

Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt

Planfeststellungsunterlage nach Bundeswasserstraßengesetz

Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU)

Teilgutachten zum Schutzgut Boden Unterlage H.3



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 30. September 2006

Inhaltsverzeichnis

1	AUFGABENSTELLUNG	1
2	ABGRENZUNG UND RÄUMLICHE UNTERGLIEDERUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES	1
3	DATENGRUNDLAGE	5
3.1	Charakterisierung der Datengrundlage zum Schutzgut Boden	6
3.2	Bewertung der Datengrundlage zum Schutzgut Boden	10
4	DATENVERARBEITUNG	13
4.1.1	Themenfeld Bodenbewertung	13
4.1.1.1	Übersicht über die Teilschritte der Datenverarbeitung	13
4.1.1.2	Erstellung eines Bodenkatasters	13
4.1.1.3	Aktualisierung der Digitalen Bodenkarte (DBK 25)	14
4.1.1.4	Bildung von Referenzprofilen	18
4.1.1.5	Integration der Daten aus der Biotoptypenkarte [BFBB 1997, BFG 2002, BFBB 2006]	20
4.1.2	Themenfeld Erosion und Sedimentation	21
4.1.2.1	Datenverarbeitung zur Charakterisierung der Ufererosion	21
4.1.2.2	Datenverarbeitung zur Charakterisierung der Sedimentationsdynamik.....	21
4.1.3	Leitbild für Böden im Außendeichbereich der Tideelbe	22
4.1.4	Verfahren und Kriterien zur Bewertung der Bodenfunktionen.....	23
4.1.4.1	Anwendungsbereich des Bodenfunktionbewertungsverfahrens	23
4.1.4.2	Das Bodenbewertungsverfahren von 1997	24
4.1.4.3	Aktualisierung des Bewertungsverfahrens	24
4.1.4.4	Grundsätzliche Verfahrensbestandteile: Maßstab und Datenumfang.....	26
4.1.4.5	Verfahren zur Bewertung der Teilfunktionen.....	27
4.1.4.5.1	Lebensraumfunktion	27
4.1.4.5.2	Funktion Bestandteil im Naturhaushalt.....	30
4.1.4.5.3	Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen	31
4.1.4.5.4	Archivfunktion	39
4.1.4.5.5	Integration der Ergebnisse der Teilfunktionen und Ableitung von Bodenschutztypen	42
4.1.4.5.6	Verfahren zur Gesamtbewertung des Schutzgutes Boden	44
4.1.5	Verfahren zur Prognoseerstellung.....	46
5	BESCHREIBUNG UND BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDS DER BÖDEN	47
5.1	Planerischer Ist-Zustand	47
5.2	Bodenvergesellschaftung und –verbreitung	47
5.2.1	Allgemeine Grundlagen	47
5.2.2	Bodenvergesellschaftung im marin-brackischen Bereich des Elbeästuars	49
5.2.3	Bodenvergesellschaftung im fluviatilen Bereich des Elbeästuars	50
5.2.4	Bodenvergesellschaftung im tidebeeinflussten Bereich der Nebenflüsse	51

5.3	Verbreitung der Böden im Untersuchungsgebiet	51
5.3.1	Klassifizierung von Böden nach AG BODEN [2005]	51
5.3.2	Watten (W) und Wattböden (IW)	54
5.3.3	Strandböden (IA, UA)	57
5.3.4	Rohmarsch (MR)	58
5.3.5	Kalkmarsch (MC)	59
5.3.6	Vorlandmarsch (MV).....	61
5.3.7	Kleimarsch (MN).....	61
5.3.8	Dwogmarsch (MD).....	63
5.3.9	Organomarsch (MO).....	64
5.3.10	Niedermoor (HN)	64
5.3.11	Anthropogen Böden (Y) und sonstige Böden (X)	65
5.4	Bodenbildende Prozesse.....	66
5.5	Morphologische Dynamik in Uferbereichen	69
5.5.1	Erosion in Uferbereichen	69
5.5.1.1	Bodenverluste in Bereichen mit flach ansteigenden Ufern	71
5.5.1.2	Bodenverluste in Uferbereichen mit Abbruchkanten	72
5.5.2	Sedimentation im Uferbereich	76
5.6	Allgemeine chemische und physikalische Kennwerte	77
5.6.1	Acidität	77
5.6.2	Elektrische Leitfähigkeit.....	78
5.6.3	Raumgewicht.....	79
5.6.4	Kalk.....	79
5.6.5	Organische Substanz	80
5.7	Nährstoffe	81
5.7.1	Nährstoffeinträge	81
5.7.2	Stickstoff	82
5.7.3	Phosphor	84
5.7.4	Schwefel	85
5.7.5	Kalium.....	86
5.7.6	Magnesium und Calcium	86
5.7.7	Natrium	86
5.7.8	Eisen und Mangan.....	87
5.8	Belastung der Böden mit Schadstoffen	87
5.8.1	Schwermetalle	88
5.8.2	Organische Schadstoffe	92
5.8.3	Bewertung der Schadstoffgehalte nach BBodSchV	93
5.9	Grundzüge des Bodenwasserhaushalts	95
5.10	Beschreibung von Bodenfunktionen.....	98
5.11	Bewertung der Böden anhand ihrer Bodenfunktionen.....	99
5.11.1	Wertstufen und Schutztypen der Böden im Untersuchungsgebiet.....	102
5.11.2	Charakterisierung des Untersuchungsgebietes anhand der integrierten Bodenfunktionen.....	104

6	PROGNOSE OHNE DURCHFÜHRUNG DER MAßNAHME.....	106
6.1	Flächenverluste und -gewinne an Vordeichsflächen.....	108
6.2	Änderungen im Wasserhaushalt.....	109
6.3	Schad- und Nährstoffbelastung.....	109
6.4	Änderungen des Salzgehalts.....	110
6.5	Bedeutung der Nullprognose für die Auswirkungsprognose.....	110
7	PROGNOSE DER AUSWIRKUNGEN BEI DURCHFÜHRUNG DES VORHABENS.....	111
7.1	Vorhabensbeschreibung.....	111
7.2	Beschreibung und Bewertung der maßnahmenbedingten Auswirkungen auf die Böden.....	113
7.2.1	Direkte Auswirkungen durch Verbringung von Baggergut an Land.....	113
7.2.1.1	Beschreibung der Maßnahme und der Wirkfaktoren.....	113
7.2.1.2	Auswirkungen im Bereich von Ufervorspülungen.....	117
7.2.1.2.1	Allgemeine Darstellung der Auswirkungen auf die Bodenfunktionen.....	117
7.2.1.2.2	Auswirkungen auf die Bodenfunktionen in den betroffenen Flächen.....	119
7.2.1.3	Auswirkungen im Bereich von Spülfeldern.....	125
7.2.1.3.1	Auswirkungen auf die Bodenfunktionen.....	125
7.2.1.3.2	Auswirkungen in den betroffenen Flächeneinheiten.....	126
7.2.1.4	Zusammenfassende Darstellung der maßnahmenbedingten Auswirkungen in den Verbringungsflächen.....	128
7.2.1.5	Stoffausträge aus landverbrachtem Baggergut.....	129
7.2.1.5.1	Stoffausträge aus Ufervorspülungen (UVSP).....	132
7.2.1.5.2	Stoffausträge aus Spülfeldern (SP).....	132
7.2.2	Indirekte Auswirkungen durch Veränderung der Tidedynamik.....	135
7.2.2.1	Wirkfaktorenkomplex.....	135
7.2.2.1.1	Veränderung der Tidewasserstände.....	135
7.2.2.1.2	Veränderung der Überflutungshäufigkeit.....	137
7.2.2.1.3	Veränderung der Überflutungsdauer.....	138
7.2.2.1.4	Veränderung der ufernahen Strömung.....	139
7.2.2.1.5	Veränderung der Salzgehalte.....	140
7.2.2.2	Maßnahmenbedingte Auswirkungen.....	140
7.2.2.2.1	Änderung der flächenhaften Ausdehnung von Vordeichsböden.....	140
7.2.2.2.2	Veränderung des Wasserhaushalts.....	142
7.2.2.2.3	Veränderung der Nährstoff- / Schadstoffsituation in Vordeichsböden.....	144
7.2.2.2.4	Veränderung der Salzgehalte in Vordeichsböden.....	145
7.2.3	Indirekte Auswirkungen durch Unterwasserab- und umlagerung von Baggergut.....	147
7.2.4	Indirekte Auswirkungen durch Änderungen schiffserzeugter Belastungen.....	147
7.3	Zusammenfassende Bewertung der Auswirkungen der geplanten Fahrrinnenvertiefung auf das Schutzgut Boden.....	151
8	QUELLEN.....	155
9	ANHANG.....	161

9.1	Erläuterungen	161
9.1.1	DBK 25	161
9.1.1.1	Zusatzinformationen der Bodenkarte	161
9.1.1.2	Bemerkungen zu den ausgewiesenen Bodeneinheiten	162
9.1.2	Bodenkataster.....	164
9.1.3	Verfahrensweise zur Erstellung der Referenzprofile	165
9.2	Tabellarische Zusammenstellungen.....	166
9.2.1	Prüfung erosionsbestimmender Faktoren	166
9.2.2	Zuordnung von Bodenfunktionen über die Biotoptypen	172
9.2.3	Referenzprofile	176
10	ANLAGEN.....	183

Tabellenübersicht

Tabelle 2-1:	Bearbeitungsbereich der Nebenflüsse	1
Tabelle 2-2:	Charakterisierung der Untersuchungsabschnitte	2
Tabelle 3-1:	Beschreibungs- und bewertungsrelevante Bodendaten	5
Tabelle 3-2:	Übersicht über die Datengrundlage zum Schutzgut Boden	7
Tabelle 4-1:	Symbolschlüssel zu den ausgewiesenen Bodeneinheiten	16
Tabelle 4-2:	Bodeneinheiten und –varietäten in der DBK 25	16
Tabelle 4-3:	Orientierungswerte für pH (CaCl ₂) und Rohdichte (trocken):.....	19
Tabelle 4-4:	Eingangsparameter und deren Verwendung bei den einzelnen Teilfunktionen	26
Tabelle 4-5:	Einstufung der Messwerte der Schadstoffgehalte in mg/kg Trockenmasse gem. Vorsorge- und Prüfwerte der BBodSchV.....	27
Tabelle 4-6:	Wertstufenzuordnung für die Teilfunktion "Lebensgrundlage für den Menschen"	28
Tabelle 4-7:	Bestimmung der Wertzahlen der Bodeneigenschaften.....	28
Tabelle 4-8:	Zuordnung der Wertzahl für das Kriterium Naturnähe	29
Tabelle 4-9:	Zuordnungsmatrix zur Bestimmung der Wertstufe für die Teilfunktion "Lebensgrundlage für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen"	29
Tabelle 4-10:	Wertstufenzuordnung für die Teilfunktion "Bestandteil des Wasserkreislaufs"	30
Tabelle 4-11:	Wertstufenzuordnung für die Teilfunktion "Bestandteil des Nährstoffkreislaufs" anhand des Deckungsgrades der Vegetation oder des Biotoptyps.....	31
Tabelle 4-12:	Bestimmung des A-Wertes.....	33
Tabelle 4-13:	Bestimmung des B-Wertes.....	33
Tabelle 4-14:	Bestimmung des C-Wertes	33
Tabelle 4-15:	Bestimmung des H-Wertes (Bindungsstufe in Abhängigkeit von der organischen Substanz).....	34
Tabelle 4-16:	Bestimmung des T-Wertes (Bindungsstufe in Abhängigkeit von der Bodenart).....	34
Tabelle 4-17:	Einstufung der mikrobiellen Abbauleistung für gehölzbestandene Biotope und Moore.	36
Tabelle 4-18:	Einstufung der mikrobiellen Abbauleistung (Ackerstandorte).	36
Tabelle 4-19:	Einstufung der mikrobiellen Abbauleistung für anthropogene Böden.....	37
Tabelle 4-20:	Durchschnittliche Trockenrohdsichten verschiedener Humusformen [DICKSCHAS 2001].	38

Tabelle 4-21:	Bestimmung der Wertstufe für die Teilfunktion "Pufferfunktion für Säuren".....	38
Tabelle 4-22:	Bestimmung der Bewertungsgrundzahl für die Teilfunktion "Archiv der Naturgeschichte" über Bodentyp und vorherrschende Bodenart.....	39
Tabelle 4-23:	Ableitung der Seltenheit über den Flächenanteil in gleichen Intervallen.....	40
Tabelle 4-24:	Ableitung der Seltenheit über den Flächenanteil in natürlichen Intervallen.....	40
Tabelle 4-25:	Orientierungsrahmen für die Bewertung von Böden als Archiv der Kulturgeschichte.....	41
Tabelle 4-26:	Funktionskürzel, Textform und Kapitelnummern.....	42
Tabelle 4-27:	Kriterien zur Ableitung von Bodenschutztypen.....	43
Tabelle 5-1:	Projektliste Planerischer Ist-Zustand [PROJEKTBÜRO FAHRRINNENANPASSUNG 2006d].....	47
Tabelle 5-2:	Verbreitung von Watten und Böden im Untersuchungsgebiet.....	52
Tabelle 5-3:	Verbreitung von Watten im Untersuchungsgebiet.....	55
Tabelle 5-4:	Verbreitung von Wattböden im Untersuchungsgebiet.....	56
Tabelle 5-5:	Verbreitung von Strandböden im Untersuchungsgebiet.....	58
Tabelle 5-6:	Verbreitung von Rohmarschen im Untersuchungsgebiet.....	59
Tabelle 5-7:	Verbreitung von Kalkmarschen im Untersuchungsgebiet.....	60
Tabelle 5-8:	Verbreitung von Vorlandmarschen im Untersuchungsgebiet.....	61
Tabelle 5-9:	Verbreitung von Kleimarschen im Untersuchungsgebiet.....	62
Tabelle 5-10:	Verbreitung von Dwogmarschen im Untersuchungsgebiet.....	63
Tabelle 5-11:	Verbreitung von Organomarschen im Untersuchungsgebiet.....	64
Tabelle 5-12:	Verbreitung von Anthropogenen und Sonstigen Böden im Untersuchungsgebiet.....	66
Tabelle 5-13:	Ufererosionsbestimmende Faktoren.....	70
Tabelle 5-14:	Aktuelle Abbruchraten: Vergleich zwischen Nullmessung (1997/1998) der Beweissicherung und erster Wiederholungsmessung (2001).....	73
Tabelle 5-15:	Veränderung der Abbruchraten: Vergleich zwischen Altdaten und Nullmessung (2001).....	74
Tabelle 5-16:	pH (CaCl ₂) -Werte der Vordeichsböden und der oberflächennahen Grundwässer.....	78
Tabelle 5-17:	Elektrische Leitfähigkeit der Boden-Wasserextrakte und der oberflächennahen Grundwässer.....	79
Tabelle 5-18:	Kalkgehalte der Böden.....	80

Tabelle 5-19:	Gehalt an organischer Substanz in den Vordeichsböden	81
Tabelle 5-20:	Stickstoffgesamtgehalt (N _{ges}) und C/N-Verhältnis der Vordeichsböden.....	83
Tabelle 5-21:	Nitrat- und Ammoniumgehalte im oberflächennahen Grundwasser	83
Tabelle 5-22:	Phosphorgesamtgehalte (P _{ges}) und doppelactatlösliche Gehalte (DL-P) der Vordeichsböden.....	85
Tabelle 5-23:	Vorsorge- und Prüfwerte für Schadstoffgehalte der BBodSchV (mg/kg Trockenmasse).....	88
Tabelle 5-24:	Zinkgesamtgehalt der Vordeichsböden und der oberflächennahen Grundwässer	90
Tabelle 5-25:	Belastungsstufen der Bodenschadstoffgehalte	93
Tabelle 5-26:	Belastungsstufen von Böden und Wattböden	94
Tabelle 5-27:	Flächenanteile bewerteter Böden in den einzelnen Abschnitten des Untersuchungsgebietes.....	99
Tabelle 5-28:	Flächen (ha) von Wertstufen und Bodenschutztypen in den Abschnitten.....	100
Tabelle 5-29:	Flächenanteile (%) von Wertstufen und Bodenschutztypen in den Abschnitten.....	101
Tabelle 6-1:	Übersicht von in der Null-Prognose zu berücksichtigenden Baumaßnahmen mit potentieller Bedeutung für die Vordeichsböden [PROJEKTBÜRO FAHRRINNENANPASSUNG 2006d].....	107
Tabelle 7-1:	Regelbreiten der Fahrrinne im Ist- und Soll-Zustand [PROJEKTBÜRO FAHRRINNENANPASSUNG 2006c]	112
Tabelle 7-2:	Übersicht über die Verbringungsflächen [PROJEKTBÜRO FAHRRINNENANPASSUNG 2006c]	112
Tabelle 7-3:	Charakterisierung der Verbringungsflächen.....	114
Tabelle 7-4:	Charakterisierung der Eigenschaften der aufgespülten Sedimenttypen.....	115
Tabelle 7-5:	Prognostizierte Schutztypen und Bodenfunktions-Wertstufen von den aus den aufgespülten Sedimenttypen entstehenden Böden	116
Tabelle 7-6:	Auswirkungen in der UVSP Brokdorf	120
Tabelle 7-7:	Auswirkungen in der UVSP Glückstadt / Störmündung (unterhalb).....	120
Tabelle 7-8:	Auswirkungen in der UVSP Glückstadt / Störmündung (oberhalb).....	121
Tabelle 7-9:	Auswirkungen in der UVSP Kollmar C	122
Tabelle 7-10:	Auswirkungen in der UVSP Kollmar B	122
Tabelle 7-11:	Auswirkungen in der UVSP Kollmar A	123
Tabelle 7-12:	Auswirkungen in der UVSP Hetlingen.....	124

Tabelle 7-13:	Auswirkungen in der UVSP Lühe-Wisch.....	124
Tabelle 7-14:	Auswirkungen in der UVSP Wittenbergen	125
Tabelle 7-15:	Auswirkungen auf den SP Pagensand I, II und III.....	127
Tabelle 7-16:	Auswirkungen auf dem SP Schwarztonnensand	127
Tabelle 7-17:	Maßnahmenbedingte erhebliche Auswirkungen in den UVSP und SP	128
Tabelle 7-18:	Maßnahmenbedingte Änderung der Überflutungshäufigkeit am Beispiel verschiedener typischer Geländesituationen (Quelle: Eigene Berechnungen).....	138
Tabelle 7-19:	Auswirkung der Veränderung der Salzgehalte auf das Schutzgut Boden am Beispiel der Salinitätszonen nach BÜK 50	146
Tabelle 7-20:	Bedeutung der schiffsbedingten Wellenbelastungen in den Bereichen mit Uferabbrüchen.....	150
Tabelle 7-21:	Maßnahmenbedingte Bodenverluste durch schiffserzeugte Wellenbelastungen	150
Tabelle 7-22:	Zusammenfassende Darstellung der erheblich betroffenen Flächen für das Schutzgut Boden	151
Tabelle 9-1:	Zur Erstellung der Bodenkarte benutzte bodenkundliche Kartenwerke	161
Tabelle 9-2:	Bodenartenklassen mit zugehörigen Bodenarten	162
Tabelle 9-3:	Prüfung der Erheblichkeit der erosionsbestimmenden Faktoren an Abbruchkanten	167
Tabelle 9-4:	Zuordnungstabelle der Biotoptypen	172
Tabelle 9-5:	Übersicht über die Referenzprofile.....	177

Abbildungsübersicht

Abbildung 2-1: Einteilung des Untersuchungsgebietes (Abschnitte und Abschnittsnummern).....	3
Abbildung 5-1 Jährliche Höhenveränderung durch Sedimentation oberhalb von Abbruchkanten (Quelle: Eigene Berechnungen).....	76
Abbildung 5-2 Schema der Wasserflüsse in einem bindigen Vordeichsboden.....	96
Abbildung 7-1: Solltiefen der Ausbauvariante im Längsprofil (PROJEKTBÜRO FAHRRINNENANPASSUNG 2006c).....	111
Abbildung 7-2: Schema der Emissionspfade eines Spülfelds.....	130
Abbildung 7-3: Überflutungshäufigkeiten im 10-jährigen Mittel (1995 / 2005) [PROJEKTBÜRO FAHRRINNENANPASSUNG 2006a].....	137

Abkürzungsverzeichnis

AS	Arsen
AUS	Abschnitt Außenelbe
BRU	Abschnitt Brunsbüttel
BÜK50	Bodenübersichtskarte Niedersachsen 1 : 25.000 [NLFB 2005]
C	Kohlenstoff
CD	Cadmium
CR	Chrom
CU	Kupfer
CUX	Abschnitt Cuxhaven
DBWK2	Digitale Bundeswasserstraßenkarte 1 : 2.000 [WSD 2002]
DTK25	Digitale Topographische Karte 1 : 25.000[BGK 2005]
Fe	Eisen
FK	Feldkapazität: maximaler permanenter Wassergehalt (mm)
GLU	Abschnitt Glückstadt
HG	Quecksilber
HH	Abschnitt Hamburg
KA 3	Bodenkundliche Kartieranleitung 3. Auflage [AG Boden 1982]
KA 4	Bodenkundliche Kartieranleitung 4. Auflage [AG Boden 1994]
KA 5	Bodenkundliche Kartieranleitung 5. Auflage [AG Boden 2005]
KAK	Kationenaustauschkapazität, effektiv
KW	Kohlenwasserstoffe
LDeff	effektive Lagerungsdichte
MW	Mittelwert
N	Stickstoff
NI	Nickel
NF	Nebenflüsse
nFK	nutzbare Feldkapazität: pflanzenverfügbares Wasser (mm)
TIC	Total Inorganic Carbon, Anorganischer Kohlenstoff
TM	Trockenmasse
TOC	Total Organic Carbon, Organischer Kohlenstoff
P	Phosphor
PB	Blei
PCB-28	PCB Nr. 28
PCB-52	PCB Nr. 53
PCB-101	PCB Nr. 101
PCB-138	PCB Nr. 138
PCB-153	PCB Nr. 153
PCB-180	PCB Nr. 180
pH (CaCl ₂)	-log der H ⁺ -Konzentration in CaCl ₂ - Lösung
pH (H ₂ O)	-log der H ⁺ -Konzentration in Wasser
RBS	Reichsbodenschätzung
RFA	Röntgenfluoreszenzanalyse
S	Schwefel
Skelett	Korngrößenfraktion < 2000 µm
SP	Spülfeld
Stabw	Standardabweichung
TK25	Topographische Karte 1 : 25.000 [BGK 2005]
Ton	Tongehalt (Feinkorn < 2 µm)
UG	Untersuchungsgebiet
UVSP	Uferverspülung
UWA	Unterwasserablagerungsfläche
VML	Abschnitt Vier- und Marschlande
WED	Abschnitt Wedel
ZN	Zink

1 AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) zur Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt sollen die Auswirkungen der Maßnahme auf das Schutzgut "Boden" dargestellt und bewertet werden. Hierzu ist anhand der gesammelten und neu erhobenen Daten der gegenwärtige Zustand ("Ist-Zustand") zu beschreiben und zu bewerten. Hieran anschließend ist eine Prognose zur Entwicklung des Schutzgutes ohne Durchführung ("Null-Variante") sowie nach Realisierung der Maßnahme ("Maßnahmen-Variante") durchzuführen. Im Einzelnen sind entsprechend der "Festlegung des Untersuchungsrahmens" [WSD NORD & BWA 2005] folgende schutzgutspezifische Inhalte sowohl hinsichtlich des gegenwärtigen Zustands wie auch der Prognose darzustellen und zu bewerten:

- Bodenbildung, Bodenformen und Bodenvergesellschaftung
- allgemeine chemische und physikalische Standorteigenschaften der Böden
- Bodenwasserhaushalt und Bodenstoffhaushalt
- Schadstoffbelastung
- Bodenerosion und Sedimentation im Deichvorland
- Bodenfunktionen nach BBodSchG [1998]

2 ABGRENZUNG UND RÄUMLICHE UNTERGLIEDERUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

Das Untersuchungsgebiet (UG) umfasst den Bereich, in dem die geplanten Ausbaumaßnahmen potentiell zu mess- und beobachtbaren Auswirkungen führen können. Als maximales Auswirkungsgebiet gilt dabei der gesamte vor den Landesschutzdeichen gelegene Überflutungsbereich der Tideelbe zwischen km 584,8 (Geesthacht) und 755,3 (Außenelbe), ihre Nebengewässer (Freiburger Hafenspriel, Barnkruger Loch, Wischafener Süderelbe mit Ruthenstrom, Gauensieker Schleusenfleth und Krautsander Binnenelbe) sowie die tidebeeinflussten Flussabschnitte der in die Tideelbe mündenden Nebenflüsse (Tabelle 2-1).

Tabelle 2-1: 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 Binnenelbe	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

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

Die Untersuchungsgebietsgrenzen für das Schutzgut Boden stellen landseitig die Landesschutzdeiche und wasserseitig die Elbe sowie die Nebenflüsse dar.

Tabelle 2-2: Charakterisierung der Untersuchungsabschnitte

Bezeichnung	Lage	km	Oberflächenwasserkörper n. WRRL ¹	Kennzeichnung	Salinität (S)	Fläche (ha)	
						Schutzgut	UG gesamt
Außenelbe (AUS)	Scharhörn	755,3	Küsten- gewässer	Übergang Ästuar / Nordsee	euhalin bis meso- mixohalin S = 10 - 30 g/l	722	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	2.977	28.828
	Ostemündung	704					
Brunsbüttel (BRU)	Ostemündung	704		Seeschiffahrtsstraße, keine Nebenelben, breite Watten	Flusswasser bis meso- mixohalin S = 0,5 - 10 g/l	2.067	10.629
	Störmündung	677					
Glückstadt (GLU)	Störmündung	677	Seeschiffahrtsstraße, mehrere Nebenelben und Inseln	Flusswasser bis mixo- oligohalin S = 0,5 - 3 g/l	2.900	9.760	
	Twielenfleth	650					
Wedel (WED)	Twielenfleth	650	Elbe-West	Seeschiffahrtsstraße, wenige Nebenelben und Inseln	Flusswasser S = <0,5 g/l	850	4.214
	Teufelsbrück	632					
Hamburg (HH)	Teufelsbrück	632	Hafen	Stromspaltungsgebiet mit intensiver Hafen- nutzung	Flusswasser S = <0,5 g/l	1.404	3.979
	Bunthäuser Spitze	610					
Vier- und Marschlande (VML)	Bunthäuser Spitze	610	Elbe-Ost	eingeeengter Strom- schlauch, Flussschiff- fahrt	Flusswasser S = <0,5 g/l	605	1.487
	Geesthacht Wehr	585					
Nebenflüsse (NF)	s. Tabelle 2-1	-	Neben- gewässer	eingeeengter Strom- schlauch, teilweise intensive und exten- sive Landnutzung	Flusswasser S = <0,5 g/l	7.036	7.704
Summe						18.561	99.869

*) gemäß Bestandsaufnahme durch ARGE Elbe 2004a

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, geänd. am 20. November 2001, ABl. EG L 331 vom 15.12.2001, S. 1.

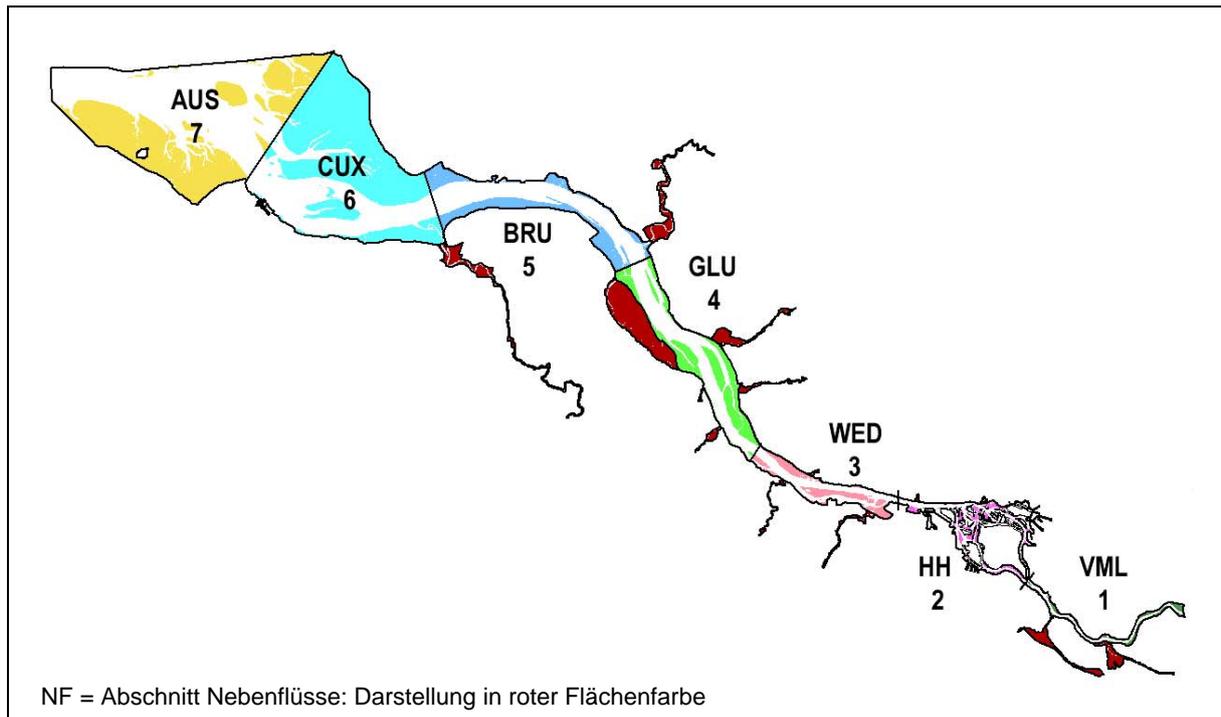


Abbildung 2-1: Einteilung des Untersuchungsgebietes (Abschnitte und Abschnittsnummern)

Die Abgrenzung des UG für das Schutzgut Boden sollte überlappungsfrei und konsistent mit der Bewertung anderer Schutzgüter (z.B. terrestrische Biotope) sein. Es sollen sowohl die rechtlichen Rahmenbedingungen als auch die natürlichen Gegebenheiten berücksichtigt werden.

Das Schutzgut Boden umfasst nach BBodSchG [1998] alle Böden, soweit ihr Schutz nicht durch andere Gesetze geregelt wird. Ausdrücklich nicht erfasst werden nach § 2 Abs.1 BBodSchG "Gewässerbetten", wobei diese nach § 1 Abs.1 WHG den Gewässergrund bis an die Linie des "mittleren Hochwassers" einschließen. Aus rechtlicher Sicht sind demnach semisubhydrische Böden (Wattböden) sowie subhydrische Böden (Unterwasserböden) nicht durch das BBodSchG sondern als Bestandteile der Gewässer über das WHG geschützt. Aus fachlicher Sicht werden semisubhydrische Böden (Wattböden) sowie subhydrische Böden (Unterwasserböden) als Böden angesehen [KUBIENA 1950, AG BODEN 2005]. Darüber hinaus ist in der Bodendefinition die Bedeutung als Standort für höhere Pflanzen enthalten ("Lebensraumfunktion", § 2 Abs 2 Nr 1 a BBodSchG), die auch bei semisubhydrischen Böden gegeben sein kann.

Unter Berücksichtigung dieser unterschiedlichen Grenzziehungen, der Schwierigkeiten, in einem dynamischen System eine eindeutigen Höhenlinie zu definieren und der Notwendigkeit, eine Konsistenz zu anderen Schutzgütern (insbesondere zu terrestrischen Biotoptypen) herzustellen, wurde als Grenzlinie zwischen dem Schutzgut Wasser und dem landseitig zu bewertenden Schutzgut Boden die untere Linie des Röhrichts und vergleichbarer Vegetationseinheiten bzw., bei Fehlen einer Vegetationsbedeckung, die MThw-Linie betrachtet. Hieraus kann sich örtlich je nach Exposition und Vegetationseinheit eine Höhenlage der Grenzlinie von MThw bis zu ca. 2 m unter

MThw (geschützte Röhrichte in geschützten Lagen) ergeben [RAABE 1986]. Damit ist der Bewertungsraum für das Schutzgut Boden gegenüber den rechtlichen Vorgaben in denjenigen Bereich des Gewässers erweitert worden, in dem üblicherweise keine Sedimentdaten vorliegen. Vegetationslose Watten werden demnach im Rahmen dieses Gutachtens nicht als Böden, sondern als mehr oder weniger intensiv durch Umlagerungen begriffene Sedimente des Gewässers angesehen. Die Bearbeitung dieser Flächen erfolgt im Gutachten zum Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente.

Der Grenzziehung zwischen Wattböden und vegetationslosen Watten folgt damit den in der aktualisierten Biotoptypenkartierung [BFBB 2006, Unterlage H.4a] dargestellten Biotoptypen.

3 DATENGRUNDLAGE

Als Datengrundlage dienen zunächst alle Daten, die bereits für die UVU 1997 [MIEHLICH et al. 1997a] erhoben wurden. An folgende Institutionen wurden Anfragen zur Lieferung aktueller und beschreibungs- und bewertungsrelevanter Bodendaten gestellt:

- Wasser- und Schifffahrtsamt Cuxhaven und Hamburg (WSA-CUX, WSA-HH)
- Hamburg Port Authority (HPA)
- Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein (LANU)
- Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFb)

Als Ergebnis der Anfrage konnten weitere Bodendaten durch das NLFb, das LANU sowie aus der Beweissicherungs-Datenbank des WSA Cuxhaven bereitgestellt werden (Tabelle 3-1).

Bei den gesammelten Daten handelt es sich um punktbezogene sowie um flächenbezogene Daten. Punktbezogene Daten enthalten Angaben zu Bodenprofilen sowie zu den im Profil ausgewiesenen Horizonten. Die Horizontdaten werden dabei in der Regel durch Analysendaten zu verschiedenen Parametern ergänzt. Flächenbezogene Daten liegen als Bodenkarten oder Biotoptypenkarten vor.

Bei der Sammlung der Bodendaten wurde darauf verzichtet, die Profildaten aus der Reichsbodenschätzung (RBS) aufzuarbeiten. Diese liegen bei den Landesämtern zum ganz überwiegenden Teil noch nicht in digitaler Form vor (lediglich für die Deichvorländer der Oste ist das RBS-Klassenzeichen digital am NLFb erhältlich).

Tabelle 3-1: Beschreibungs- und bewertungsrelevante Bodendaten

Profildaten	Kopfdaten Ort, Datum, Lage, Höhenlage, Koordinaten, Bodentyp/-subtyp, Nutzung, Vegetation, Humusform, Grundwasserstand
	Horizontdaten Horizontsymbol, Tiefenlage/Mächtigkeit, Substrat, Bodenart/Torfform, Farbe, Gefüge, Fe-Flecken und -konkretionen, Korngrößenverteilung, Skelettgehalte, Zersetzungsstufe (Torf), Bemerkung, Humusgehalte, Kalkgehalte
	Analysendaten <u>Allg. charakterisierende Parameter:</u> C _{org} , C _{anorg} , L _{eff} , Rohdichte trocken, pH (CaCl ₂ /H ₂ O), <u>Wasserhaushaltsdaten:</u> Wassergehalt, Porenvolumen, nFK, FK, <u>Elementgesamtgehalte:</u> insbes. N, P, S sowie Schwer-/halbmetalle Cd, Pb, Cr, Cu, Ni, Hg, Zr, As; <u>Gehalte organischer Schadstoffe:</u> 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 auch weitere, nicht in gängigen Schadstofflisten enthaltene Stoffe
Daten der Reichsbodenschätzung	Ackerzahl, Grünlandzahl, Koordinaten, Bodenart, Bodentyp, Horizontbezeichnung
Kartendaten	Bodenformenkarten, Topographische Karten und Daten, Biotoptypen- und Nutzungskarten
Topographische Vermessungen	Vermessung der Deichvorländer im Rahmen der Beweissicherung zur vorherigen Fahrinnenanpassung

3.1 Charakterisierung der Datengrundlage zum Schutzgut Boden

Bodendaten werden in Form von den Bohrpunkt beschreibenden Kopfdaten und das Bohrprofil beschreibenden Horizontdaten erhoben. Die Charakterisierung der Bodenhorizonte erfolgt üblicherweise bereits vor Ort durch eine Feldansprache. Häufig werden die Profildaten durch Laboranalysen verschiedener Parameter ergänzt. Nachfolgend werden die in der Datensammlung zusammengeführten Datenauszüge charakterisiert. Eine Übersicht zeigt Tabelle 3-2.

Datenauszug IfB

Der Datenauszug IFB enthält innerhalb des UG insgesamt 951 Datensätze, die im Rahmen der UVU zur Fahrinnenanpassung 1997 und weiteren Projekten erhoben wurden. Die grundlegenden Kernparameter² zu Profilen und Horizonten sind überwiegend vollständig vorhanden. Laboranalysen der wichtigsten Parameter, u.a. Schwermetallgehalte, liegen für etwa 30 % der Datensätze vor.

Datenauszug LANU

Der Datenauszug LANU enthält 205 Datensätze aus 46 Bodenprofilen [LANU 2005]. Die enthaltenen Parameter stammen überwiegend aus der Feldansprache, wobei nicht immer alle grundlegenden Kernparameter (s. o.) aufgenommen wurden. Laboranalysen wurden lediglich hinsichtlich der wichtigsten Kennwerte an etwa 35 % der Datensätze durchgeführt. Messwerte zu Elementgesamtgehalten liegen nicht vor.

Datenauszüge NLFB

Datenauszug NLFB-EP:

Bei den enthaltenen Daten handelt es sich um einen Auszug aus dem geographischen Informationssystem NIBIS. Insgesamt enthält der Datenauszug 185 Datensätze aus 16 Bodenprofilen und 22 Oberbodenproben, die im niedersächsischen Teil des UG ermittelt wurden [NLFB 2004a].

Diese Bodendaten stammen aus einer Vielzahl von Projekten mit unterschiedlichen Zielsetzungen. Entsprechend ergibt sich hinsichtlich der enthaltenen Daten ein heterogenes Bild. Die Datensätze enthalten alle grundlegenden Kernparameter (s. o.) aus der Feldansprache, Laboranalysen wurden an etwa 50 % der Datensätze hinsichtlich der wichtigsten Kennwerte durchgeführt. Die Daten der Oberbodenproben (n=22) enthalten auch Analysenwerte zu Schwermetallgehalten.

Datenauszug NLFB-BÜK50:

Bei den das UG betreffenden Daten handelt es sich um einen Auszug aus dem kartenbasierten geographischen Informationssystem NIBIS-BÜK 50 [NLFB 2004b]. Die

² Als Kernparameter sind Angaben zu Koordinaten, Bodentyp, Horizontbezeichnungen, Tiefenlage der Horizonte, Bodenarten sowie Gehalten an Humus und Kalk anzusehen. Diese stellen den minimalen Parametersatz zur hinreichenden Beschreibung von Horizonten und Profilen dar.

Bodenkarten im NIBIS bestehen aus homogenen Flächen, die jeweils durch eine Kartiereinheit beschrieben werden.

Die verwendeten Daten stammen aus der Bodenübersichtskarte 1:50.000 (BÜK 50), in der die ausgewiesenen Bodeneinheiten durch generalisierte Musterprofile charakterisiert werden. Die Musterprofile stellen grob horizontierte Bodenprofile mit 3-5 Horizonten dar, die durch die grundlegenden Kernparameter knapp charakterisiert werden. Darüber hinaus sind zu den Profilen Angaben zur Nutzung, zu den Wasserverhältnissen, zum Boden-, Geo-, Bodenartentyp sowie zur Salinität vorhanden.

Tabelle 3-2: Übersicht über die Datengrundlage zum Schutzgut Boden

Datenauszug	NLFB-EP [NLFB 2004a]	NLFB-BÜK50 [NLFB 2004b]	LANU [LANU 2005]	IFB [IFB1997]	Summe
Bereich	NDS	NDS	SH	NDS, SH, HH	
Datensätze gesamt	185	256	192	951	1584
Profile	16	65	46	113	240
Oberböden	22	-	-	-	22
Kopfdaten (Auswahl)					
Koordinaten	185	256	192	951	1584
Bodentyp	185	256	-	-	441
Geländehöhe	117	-	-	841	958
akt. Grundwasserstand	-	-	-	900	900
mittl. Grundwasserstand	117	256	-	-	373
Horizontdaten: Feldansprache (Auswahl)					
Tiefe	185	256	192	841	1474
Horizontbezeichnung	185	256	192	841	1474
Bodenart	185	-	200	841	1226
Bodenart (Gruppe)	-	256	-	-	256
Farbe	-	-	91	841	932
Gefüge	51	-	124	841	1016
Hydroximorphie	-	-	117	841	958
Durchwurzelung	-	-	100	841	941
Humus	121	256	155	841	1373
Carbonat	185	256	184	841	1466
Lagerungsdichte	170	256	150	841	1417
Substrat	185	256	136	841	1418
Geotyp	185	256	-	-	441
Horizontdaten: Laboranalysen (Auswahl)					
pH	82	-	90	390	562
TOC (C_{ges})	98	-	68	336	502
TIC (C_{anorg})	98	-	68	336	502
N	-	-	24	336	360
P	-	-	-	336	336
Cu, Cr, Ni, Pb, Zn	87	-	-	336	423
Hg, Cd, As	87	-	-	336	423
weitere Elemente	-	-	-	336	336
Organische Schadstoffe ¹⁾	-	-	-	13	13
Kationenaustauschkapazität	66	-	60	200	326
Rohdichte (trocken)	28	-	-	118	146
Feldkapazität	24	-	27	-	51
Korngrößenverteilung	75	-	85	390	550

1) KW, AOX, PCB-28, PCB-53, PCB-101, PCB-138, PCB-153, PCB-180, Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen; Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Benzo(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Pyren, Indeno(1,2,3cd)pyren, Dibenz(ah)anthracen, Benzo(ghi)perylene

Insgesamt sind in der BÜK 50 für den niedersächsischen Teil des UG 34 unterschiedliche Musterprofiltypen enthalten, für die Koordinaten an 125 Positionen angegeben werden. Somit ergeben sich punktbezogene Daten in Form von 125 Einzelprofilen. Die Musterprofile liegen zum Teil außerhalb des UG, da die beschriebenen Flächen über die Untersuchungsgebietesgrenzen hinausreichen.

Digitale Bodenkarte 1 : 25.000 (DBK 25) zur vorherigen Fahrrinnenanpassung

Die Digitale Bodenkarte DBK 25 wurde im Rahmen der UVU zur vorherigen Fahrrinnenanpassung auf Grundlage der amtlichen Bodenkundlichen Karten 1:25.000 (BK 25) erstellt, die nahezu flächendeckend für das UG vorlagen. Ihnen sind, flächenscharf abgegrenzt, Angaben zur systematischen Einordnung sowie zu den allgemeinen Kennwerten der Böden zu entnehmen. Die der BK 25 zugrunde liegenden Karten wurden bereits vor bis zu 30 Jahren erarbeitet. Bei der sehr geringen Entwicklungsgeschwindigkeit von Böden stellen sie dennoch eine geeignete Grundlage zur Beschreibung des Bodeninventars dar, soweit nicht jüngere Nutzungs-Überprägungen der Flächen stattgefunden haben. Aufgrund des Alters der Karten stimmen die Grenzverläufe der Bodeneinheiten nicht immer mit der heutigen Topographie überein. Bei größeren Abweichungen, z.B. der Uferlinie oder bei Veränderungen der Bodeneigenschaften (z.B. Aufspülungen), wurden bereits 1997 anhand von Untersuchungen des IfB und nach Informationen der Wasser- und Schifffahrtsämter Anpassungen an die damaligen Gegebenheiten vorgenommen.

Die in der Bodenkundlichen Karte 1 : 25.000 (BK 25) dargestellten wasser- und landseitigen Begrenzungen der Wattflächen folgen der aktuell gültigen amtlichen Topographischen Karte 1 : 25.000 (TK 25). Sie stellt gemäß des Bearbeitungsstandes der zugrunde liegenden topographischen Karten nicht den heutigen Zustand dar.

Die ausgewiesenen Bodeneinheiten wurden den amtlichen Bodenkarten Niedersachsens und Schleswig Holsteins entnommen und für den Hamburger Bereich ergänzt. Beide Kartenwerke folgten jeweils der seinerzeit in den jeweiligen Bundesländern gebräuchlichen Bodensystematik, die von der seit 1994 gebräuchlichen Systematik nach KA 4³ [AG BODEN 1994] bzw. der bzgl. der Klassifikation von Marschböden identischen KA 5⁴ [AG BODEN 2005] mehr oder weniger stark abweicht:

Vom geologischen Landesamt Schleswig-Holstein wurden bei der Erstellung der BK 25 zum Teil Bodeneinheiten ausgeschieden, die keine Entsprechung in der Bodenkundlichen Kartieranleitung haben ("Vorlandmarsch", "Sandvorland": BK 25, Blatt 2223 Elmshorn und Blatt 2323 Uetersen). In diesen Fällen sind 1997 die von den jeweiligen Landesämtern ausgewiesenen Einheiten übernommen worden.

Das NLFb verwendete bis in die frühen 90er Jahre eine eigenständige Marschenklassifizierung, auf deren Grundlage die niedersächsische BK 25 herausgegeben wurde. Bei der Ersterstellung der Bodenkarte 1997 war es daher nötig, eine Übersetzung der niedersächsischen Systematik in die seit 1994 gültige Bodenklassifizierung [AG

³ KA 4: Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage 1994

⁴ KA 5: Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage 2005

BODEN 1994] vorzunehmen. Diese Übersetzung erfolgte in enger Abstimmung mit dem NLFb. Die BK 25 wurde durch das NLFb nicht weitergeführt und durch die Bodenübersichtskarte 1:50.000 (BÜK 50) abgelöst, in der ebenfalls eine Anpassung an die seit 1994 gültige Marschensystematik vorgenommen wurde. Im Ergebnis liegt mit der BÜK 50 für Niedersachsen aktuell zwar eine offizielle Bodenkarte vor, die hinsichtlich der ausgewiesenen Grenzen von Bodeneinheiten von der von der im Rahmen der UVU zur vorherigen Fahrinnenanpassung erstellten Bodenkarte teilweise abweicht. Es wurde jedoch entschieden, die 1997 erstellte Bodenkarte auch im aktuellen Verfahren zu verwenden, da diese gegenüber der stark generalisierten BÜK 50 einen höheren Differenzierungsgrad aufweist und die Begrenzungen von Bodeneinheiten in der Praxis nur ungefähre Anhaltspunkte hinsichtlich des tatsächlichen Auftretens der angegebenen Bodentypen geben.

Die Übertragung der Bodeneinheiten nach KA 4 [AG BODEN 1994] entsprechen der aktuell gültigen Bodensystematik nach KA 5 [AG BODEN 2005].

Karte der Biotoptypen 1 : 5.000 [BFBB 1997]

Die Karte zeigt die Verbreitung der im UG der UVU 1997 auftretenden Biotoptypen zwischen den km 746 (Außenelbe) und 585 (Wehr Geesthacht). Aus diesen lassen sich neben den Nutzungsinformationen auch Informationen zum Stoffhaushalt, Wasserhaushalt sowie zu bodenphysikalischen und -chemischen Eigenschaften der Böden ableiten. In Bereichen jüngerer anthropogener Überprägungen oder Nutzungsänderungen entsprechen die Daten jedoch nicht dem aktuellen Stand. Hinsichtlich der natürlichen und naturnahen Biotope sind dagegen allgemein nur geringfügige Veränderungen zu erwarten. Lokal ist allerdings bei Biotopen mit hoher Sukzessionsdynamik mit stärkeren, zum Teil auch flächenhafte Veränderungen zu rechnen.

Aktualisierte Karte der Biotoptypen 1 : 5.000 [BFG 2002]

Die Karte zeigt die Verbreitung der im UG auftretenden Biotoptypen zwischen km 606 (Heuckenlock) und km 585 (Wehr Geesthacht). Hierbei handelt es sich um eine im Zuge der Beweissicherung durchgeführte luftbilddatengestützte Aktualisierung der Karte der Biotoptypen [BFBB 1997].

Aktualisierte Karte der Biotoptypen 1 : 5.000 [BFBB 2006, Unterlage H.4a]

Die Biotoptypenkartierung in aktualisierter Fassung zeigt in hoher Auflösung die im UG zwischen den km 755,3 (Außenelbe) und 632 (Wedel) auftretenden Biotoptypen. Die Ausdehnung der Biotoptypen wurde anhand aktueller Befliegungsdaten aktualisiert.

Digitale Topographische Karte 1 : 25.000 (DTK 25)

Die Digitale Topographische Karte wird im Maßstab 1 : 25.000 durch das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) herausgegeben und stellt das aktuelle amtliche topographische Kartenwerk dar. Relativ schnell veränderliche topographische Strukturen außerhalb der Nutzungsbereiche entsprechen häufig nicht dem aktuellen Stand. Dies gilt insbesondere für die Wattenflächen und Wattrinnen im Küstenbereich sowie

für durch Landgewinnung stark veränderliche Uferbereiche. Die kartographische Darstellung dieser Strukturen entspricht zum Teil dem Stand von vor über 30 Jahren.

Deutsche Bundeswasserstraßenkarte 1 : 2.000 (DBWK 2)

Die Deutsche Bundeswasserstraßenkarte im Maßstab 1 : 2.000 stellt das derzeit aktuellste Kartenwerk zur Topographie des UG dar und liefert über die DTK 25 hinaus Informationen zur derzeitigen Ausdehnung der Wattflächen, dem Verlauf von natürlichen Uferlinien und dem Stand der Uferverbauung.

Daten der Beweissicherungsdatenbank

Die Beweissicherungsdatenbank des WSD Cuxhaven [WSD CUXHAVEN 2005] enthält umfangreiche Daten der terrestrischen Beweissicherungsmessungen, die seit Abschluss der vorherigen Fahrrinnenanpassung durchgeführt worden sind. Dabei handelt es sich um Daten, die vor allem zur Beschreibung und Bewertung des Erosions- und Sedimentationsgeschehens im Uferbereich der Tideelbe genutzt werden können (Bspw. Einmessungen von Vorland-Querprofilen, Abbruchkanten, Hochwasserlinien sowie weitere Sondervermessungen). Zusätzlich zu den terrestrischen Querprofileinmessungen der Jahre 1999 – 2002 sind Altdaten aus den Jahren 1964/65, 1975 und 1981 in die Datenbank aufgenommen worden.

Die Vermessungsdaten sind zum Teil auf der CD-ROM "Übersicht der Arbeiten zur terrestrischen Beweissicherung" [WSA HAMBURG & HPA 2004] zeichnerisch dargestellt.

3.2 Bewertung der Datengrundlage zum Schutzgut Boden

Insgesamt ist festzustellen, dass die im Bodenkataster zusammengeführten Datensätze sachgemäß eine große Heterogenität hinsichtlich der enthaltenen Parameter aufweisen. Auch bezüglich der enthaltenen Werte zu den Parametern selbst bestehen qualitative Unterschiede, da Angaben zu grundlegenden Kennwerten wie Bodenart, Humus- oder Carbonatgehalt aus Laboranalysen oder aber aus Feldansprachen stammen können.

Zur Durchführung einer Bodenbewertung nach modernen Verfahren werden Daten zu einer begrenzten Anzahl von Parametern benötigt⁵, die in der Regel bei jeder Bodenprofilaufnahme mindestens durch Feldansprache aufgenommen werden. Entsprechend ist die Abdeckung von bewertungsrelevanten Daten in den Datensätzen insgesamt hoch, so dass eine Bodenbewertung aus dem vorhandenen Bodenkataster grundsätzlich durchführbar ist. Einzelne Parameter mit geringerer Datenabdeckung wie bspw. Bodendichte, pH-Wert oder Schadstoffgehalte erforderten gesonderte Ver-

⁵ Das hier angewendete Verfahren erfordert Bodendaten zu folgenden Bodenparametern: Horizontbezeichnung, Tiefenlage der Horizonte, Bodenart, Tongehalt, Humusgehalt oder Humusstufe, Carbonatgehalt oder Carbonatstufe, pH(CaCl₂), Boden-Rohdichte trocken, KAK_{pot} (Kationenaustauschkapazität), kf (gesättigte Wasserdurchlässigkeit), Schadstoffgehalte.

fahrensweisen, die detailliert in Kap. 4.1.1.4 dargestellt werden. Die Integrität der aus der Bodenbewertung gewonnenen Bewertung wird hierdurch nicht beeinträchtigt. Die Qualität der vorhandenen Bodendaten ist daher insgesamt als ausreichend zu bezeichnen.

In der Datensammlung liegen zur Bodenbewertung insgesamt 287 Bodenprofile mit 1584 Datensätzen zugrunde. Auf die gesamte Bodenfläche des UG bezogen ergibt sich somit eine Dichte von etwa 1,7 Profilen / 100 ha. Die Profile werden zur Charakterisierung von effektiv⁶ 41 Bodeneinheiten herangezogen, so dass jede Einheit im Mittel durch jeweils 10 Profile beschrieben wird (Min. 1; Max. 29 ; Stabw. 10).

Die der Bodenbewertung zugrunde liegende Datendichte ist als ausreichend anzusehen, da die Bodenlandschaft der Marschen im Vergleich zu anderen Landschaftsräumen in Bodenaufbau und Bodenverbreitung allgemein relativ gleichförmig ausgeprägt ist. Scharfe Grenzlinien zwischen Bodentypen treten in der Marsch natürlicherweise nur entlang von Kleinstrukturen (bspw. verlandeten Rinnen) auf, flächenhaft verlaufen Übergänge stets fließend.

Das angewendete Bewertungsverfahren ist relativ unempfindlich gegen die natürliche Variabilität von Böden, da die Werteinstufung der Parameterwerte 5-stufig klassiert erfolgt. So führen geringfügige Abweichungen von bspw. Bodenart, Horizont- oder Schichtmächtigkeit zu keiner Änderung der Einstufung. Im Einzelfall ist daher die Charakterisierung von Bodeneinheiten auch durch nur ein einzelnes Profil möglich, sofern es in Ausprägung und Lokalität typisch ist.

Qualität der Kartengrundlagen

Die Bodenkarte wurde aus Kartenwerken im Maßstab 1:25.000 entwickelt. Diese Kartengrundlage ist für die Fragestellung und die Größe des Bearbeitungsgebietes ausreichend. Die Kartenwerke wiederum stellen das Ergebnis der landesweiten Bodenkartierung dar und sind als solches als fachlich hochwertig zu kennzeichnen. Da die aktuelle Methodik der Bodenbewertung nur in untergeordnetem Maße auf die Bodenklassifikation abstellt, sind die unterschiedlichen Klassifikationen in den Kartengrundlagen für die Aufgabe dieser UVU nicht hinderlich.

Die Biotoptypenkarten im Maßstab 1 : 5000 sind auf Basis von Erhebungen und Luftbilddauswertungen aktualisiert, die Typologie differenziert. Die Karte erfüllt damit die gestellten Anforderungen.

Qualität der Daten der Beweissicherungsdatenbank

Die Daten der Beweissicherungsdatenbank stellen eine umfangreiche Datengrundlage zur Veränderung der Topographie im Vordeichgebiet und in den Wattengebieten dar. Zum Teil weisen die verwendeten Querprofile der terrestrischen Einmessung fehlerhafte oder willkürliche Angaben zur Lage der Abbruch-Oberkante und -Unterkanten

⁶ Von den insgesamt ausgewiesenen 41 Einheiten konnten 3 durch die vorhandenen Bodendaten nicht charakterisiert werden. Dabei handelt es sich um nur kleinräumig und lediglich in geringen Umfang auftretende Bodeneinheiten (z.B. Organomarschen).

auf. Diese Unsicherheiten wurden durch eine rechnerische Verarbeitung der Daten und Neudefinition bereinigt. Unter Einbeziehung von Messdaten der 1960er, 1970er und 1980er Jahre ermöglichen die vorliegenden Daten eine Bearbeitung mit einem großen zeitlichen Horizont.

4 DATENVERARBEITUNG

4.1.1 Themenfeld Bodenbewertung

4.1.1.1 Übersicht über die Teilschritte der Datenverarbeitung

Die Datenverarbeitung erfolgte mittels ArcMap 9.1 [ESRI 2005] in einem Geographischen Informationssystem (im Folgenden "GIS Boden" genannt). In diesem erfolgte die Bodenbewertung auf Grundlage der vorhandenen Bodendaten in Bezug zu den aus der digitalen Bodenkarte hervorgehenden Bodeneinheiten und weiteren, aus der Biotoptypenkarte entnommenen Vegetations- und Nutzungsdaten.

Die Datenverarbeitung wurde in vier Teilschritten durchgeführt:

- Zunächst wurden die punktbezogenen Daten zu einem Bodenkataster zusammengefasst.
- Im zweiten Schritt wurden die im Bodenkataster vorhandenen Bodendaten innerhalb der in der DBK 25 ausgewiesenen Flächen der Bodeneinheiten auf Plausibilität überprüft und aus diesen flächencharakterisierende Referenz-Bodenprofile generiert. Hierbei wurden auch Anpassungen der in der DBK 25 ausgewiesenen Flächeneinheiten an die vorhandene Datenlage nötig.
- Im dritten Arbeitsschritt erfolgte im GIS Boden die Verschneidung der DBK 25 mit den Daten aus der Biotoptypenkarte [BFBB 1997, BFG 2002, BFBB 2006], wodurch eine kleinteilige Zergliederung der Bodenflächen und damit eine hohe Auflösung erreicht wurde.
- Zuletzt erfolgte die Bewertung der Einzelflächen anhand des unten dargestellten Verfahrens.

Die vier Schritte werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

4.1.1.2 Erstellung eines Bodenkatasters

Die Datenauszüge NLFB-EP, NLFB-BUK50, LANU und IFB wurden in einem Bodenkataster zusammengefasst. Die Lieferung der Rohdaten erfolgte üblicherweise in mehreren, thematisch getrennten Datenauszügen (z. B. Profilkenndaten, Positionsdaten, Horizontdaten sowie chemischen oder physikalischen Analysendaten), so dass zunächst eine Rekombination zu vollständigen Datensätzen erforderlich war.

Die weitere Aufbereitung erfolgte durch Konvertierung der verschiedenen Datenauszüge in ein einheitliches Format und ihre Zusammenführung in einer gemeinsamen Datenbank im dBase(IV)-Format ("Bodenkataster"). In diesem Zusammenhang waren eine Vereinheitlichung von Feldnamen und Einheiten sowie die Anpassung von Kurzzeichen für Horizontdaten nach KA 5 notwendig. Zusätzlich wurden als weitere Kategorien eine eindeutige Datensatz-ID sowie die Datenquelle ergänzt.

Im Bodenkataster sind insgesamt 262 Profile mit insgesamt 1584 Horizont-Datensätzen enthalten. Einzelheiten zur Erstellung des Bodenkatasters sowie ein Verzeichnis der enthaltenen Parameter und Einheiten nebst Abkürzungen sind dem Anhang zu entnehmen.

4.1.1.3 Aktualisierung der Digitalen Bodenkarte (DBK 25)

Flächenbezogene Bodendaten konnten aus der Beweissicherungs-Datenbank des WSA Cuxhaven in Form einer Bodenkarte bereitgestellt werden, die bereits im Rahmen der UVU zur vorherigen Fahrinnenanpassung erstellt worden waren.

Die in der BK 25 enthaltenen Bodeneinheiten und Informationen zur vorherrschenden Bodenart wie zum mittleren Grundwasserstand (Grundwasserklassen) wurden in die aktualisierte Fassung übernommen. Die Angaben zur nutzbaren Feldkapazität (nFk), gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf) wurden nicht übernommen, da diese Parameter im Rahmen der Bodenbewertung irrelevant sind.

Zusätzlich wurden Angaben zur Salinität der Ablagerungsräume sowie zum Auftreten spezieller lokaler Bodenformen in die Karte eingearbeitet.

Topographische Aktualisierung: Da die DBK 25 auf der Grundlage der veralteten amtlichen TK 25 erstellt worden war, wurden neben der Aktualisierung der Topographie weitere Anpassungen der Grenzlinien der Bodeneinheiten notwendig. Insbesondere stellen die in der TK 25 dargestellten Wattflächen nicht die heutige Ausdehnung der Watten dar. Als aktuelle Uferlinie wurde die MThw-Linie nach DBWK 2 festgelegt. Die Aktualisierung der unteren Wattbegrenzung erfolgte anhand der aktuellen MTnw - Tiefenlinie [WSA HAMBURG 2005b]. Topographische Änderungen, z.B. durch Strombaumaßnahmen oder Aufschüttungen und Aufspülungen im Uferbereich, wurden auf Grundlage der DBWK 2 sowie anhand von Planunterlagen [PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006b] gemäß des Planerischen Ist-Zustands (PIZ) ergänzt.

Überarbeitung der dargestellten Einheiten:

Die in der DBK 25 (1997) dargestellten Einheiten bleiben in der aktualisierten DBK 25 (2005) erhalten, jedoch wurden sie in ihrer Bezeichnung an die Bodensystematik nach AG BODEN [2005] angepasst, was zum Teil eine hierarchische Umstrukturierung der Einheiten erforderte.

- Die Bezeichnungen der ehemaligen Einheiten "Sandvorland", "Sandbank" und "Vorlandmarsch" sind nicht KA 5 - konform. Die ehemalige Einheit "Sandvorland" wurde als sandige Varietät in die Einheit "Kalkmarsch" eingeordnet.
- Die ehemalige Einheit "Sandbank" wurde in die neuen Bodenklassen "Nass-Strand" bzw. "Trockenstrand" überführt. Trockenstrandböden sind aufgrund ihrer überwiegend linienhaften Struktur im Maßstab 1 : 25.000 nicht vollständig darstellbar, flächenhaft ausgewiesen wurden daher lediglich größere zusammenhängende Bereiche wie bspw. bei Scharhörn. Entsprechendes gilt für die Bodenklasse "Nass-Strand".

- Die ehemalige Einheit "Übergangswatt" wurde als hochgelegene Varietät in die "Mischwatten" eingeordnet
- Die Einheit "Marschvorland" blieb erhalten, da keine eindeutige Zuordnung zu einer anderen Einheit möglich war.

Die Einheiten wurden weiter in Varietäten untergliedert, die in der DBK 25 als textlich annotierte Teilflächen dargestellt werden (s. Tabelle 4-1 und Tabelle 4-2). Als Grundlage zur Bildung von Varietäten dienen:

- Grundwasserstandsklasse,
- Salinität des Ablagerungsraumes,
- spezielle regionale Ausbildungsformen.

Die Angabe der Grundwasserstandsklasse wurde aus der DBK 25 (1997) übernommen und erfolgt dreistufig klassiert:

- ständig grundwassergesättigter Bereich höher als 4 dm u. Geländeoberfläche
- ständig grundwassergesättigter Bereich in 4 – 8 dm u. Geländeoberfläche
- ständig grundwassergesättigter Bereich tiefer als 8 dm u. Geländeoberfläche

Die Salinität der Sedimentationsräume für Marschböden wird ebenfalls dreistufig angegeben als:

- n (tidal-marin),
- b (tidal-brackisch) und
- f (tidal-fluviatil).

Angaben zur Salinität sind lediglich für das linksseitige Elbufer in der niedersächsischen BÜK 50 enthalten. Für die rechtselbischen Bereiche wurden die Grenzen der Sedimentationsräume unter Zuhilfenahme der PSU-Isolinien [BAW 2006e] extrapoliert.

Für die Abgrenzung der Salinitätstypen von Wattböden wurden die Salinitätszuordnungen gemäß Wasserkörpereinteilung nach WRRL [BSU 2004a, 2004b, ARGE ELBE 2004a] zugrunde gelegt. Die Salinität der Sedimentationsräume für Wattböden wird ebenfalls dreistufig angegeben als:

- ma (marin),
- br (brackisch) und
- pm (perimarin).

Erwartungsgemäß sind beide Zuordnungssysteme im Grenzbereich der Uferlinie (Grenze Wattböden / Marschböden) nicht deckungsgleich.

Auf Grundlage der vorhandenen Bodendaten wurden neben den Normtypen weitere Lokalvarietäten ausgeschieden, so z. B. Typ "Obere Tideelbe", Typ "Nebenfluss", Typ "Moormarsch" (s. Tabelle 4-1).

Im Ergebnis liegen alle Einheiten in Übereinstimmung mit den Gliederungsebenen der KA 5 [AG BODEN 2005] als Bodenklassen, Bodentypen und Varietäten vor.

Die in der DBK 25 flächenhaft farblich dargestellten Einheiten charakterisieren die auftretenden Bodentypen in ihrer jeweiligen Feinkörnigkeit. Die Varietäten werden in der DBK 25 als textlich annotierte Teilflächen dargestellt (Symbolschlüssel s.Tabelle 4-1)

Tabelle 4-1: Symbolschlüssel zu den ausgewiesenen Bodeneinheiten

Haupteinheit (Bodenklasse)			
W	Vegetationsloses Watt	MD	Dwogmarsch
IW	Wattböden mit Vegetationsbedeckung	MO	Organomarsch
UA	Strandböden, Sandbankböden	YF	Aufschüttung
MV	Vorlandmarsch	YB	Abgrabung
MR	Rohmarsch	YS	Aufspülung
MC	Kalkmarsch	X	Sonstige Böden
MN	Kleimarsch		
Sedimentationstyp (semiterrestrische Bodentypen)		Salinität (semisubhydrische Bodentypen)	
n	tidal-marin	ma	marin
b	tidal-brackisch	br	brackisch
f	tidal-fluviatil	pm	perimarin
Vorherrschende Bodenart (Varietät)			
1	tonig-schluffig (Tu – Ut)		
1*	tonig-schluffsandig (Tu – Su)		
2	schluffig-sandig (U – Su)		
3	sandig (Su – Ss)		
Grundwasserklasse (Varietät)			
1	ständig grundwassergesättigter Bereich 4 dm u. Geländeoberfläche und höher		
2	ständig grundwassergesättigter Bereich 4 – 8 dm u. Geländeoberfläche		
3	ständig grundwassergesättigter Bereich tiefer als 8 dm u. Geländeoberfläche		
Sonstige lokale Varietäten			
A	Sonderform "Ästuar", stark marin geprägte Watten des Ästuars		
F	Sonderform des tidal-fluviatilen Bereiches		
MM	Sonderform "Moormarsch" mit geringmächtiger Kleilage über Torf		
NF	feinkörnige Sonderform der Nebenflüsse und verlandeten Nebenelben		
OE	Sonderform "Obere Unterelbe", zunehmender Auenboden-Charakter		
U	Sonderform im Übergangsbereich Watt - Rohmarsch		
z.B.: MNf_1.3NF (tidal-fluviatile Kleimarsch, tonig-schluffig, GW-Klasse 3, Sonderform der Nebenflüsse)			

Tabelle 4-2: Bodeneinheiten und –varietäten in der DBK 25

EINHEITEN			VARIETÄTEN	REF
<i>farbliche Darstellung in DBK 25</i>			<i>annotierte Darstellung in DBK 25</i>	
KLASSE SEMISUBHYDRISCHE BÖDEN				
Bodentyp: Vegetationsloses Watt				
	W_1	Schlickwatt	Wbr_1.1A, Wbr_1.1F, Wpm_1.1F, Wpm_1.1OE, Wpm_1.1U	-
	W_2	Mischwatt	Wbr_2.1A, Wbr_2.1F, Wpm_2.1F, Wbr_2.1U, Wpm_2.1U,	-
	W_3	Sandwatt	Wma_3.1A, Wbr_3.1A, Wbr_3.1F, Wpm_3.1F, Wpm_3.1OE	-
Bodentyp: Vegetationsbedeckte Wattböden				
	IW_1	Schlickwatt	IWbr_1.1A, IWbr_1.1F, IWpm_1.1F, IWpm_1.1OE	1 2 3

EINHEITEN			VARIETÄTEN	REF
<i>farbliche Darstellung in DBK 25</i>			<i>annotierte Darstellung in DBK 25</i>	
	IW_2	Mischwatt	IWbr_2.1A, IWbr_2.1F, IWpm_2.1F, IWbr_2.1U, IWpm_2.1U	4 5 6
	IW_3	Sandwatt	IWma_3.1A, IWbr_3.1A, IWbr_3.1F, IWpm_3.1F, IWpm_3.1OE	7 8 9
Bodentyp: Nasstrand				
	IA_3	Nasstrand	IAbr_3.2A	-
KLASSE STRANDBÖDEN				
Bodentyp: Trockenstrand				
	UA_3	Sandstrand	UAm_3.2	10
KLASSE MARSCHBÖDEN				
Bodentyp: Rohmarsch				
	MR_1	Rohmarsch, tonig-schluffig	MRn_1.2, MRn_1.3	11 12
	MR_1*	Rohmarsch, tonig-schluffsandig	MRn_1*.1	13
	MR_2	Rohmarsch, schluffig-sandig	MRn_2.2 MRb_2.2, MRn_2.3	14 15
Bodentyp: Vorlandmarsch				
	MV_2	Vorlandmarsch , schluffig-sandig	MVf_2.1	16
Bodentyp: Kalkmarsch				
	MC_1	Kalkmarsch, tonig-schluffig	MCb_1.2, MCn_1.3, MCb_1.3, MCf_1.3, MCb_1.3NF, MCf_1.3NF	17 18 19
	MC_2	Kalkmarsch, schluffig-sandig	MCb_2.2, MCn_2.3, MCb_2.3, MCf_2.3	20 21
	MC_3	Kalkmarsch, sandig	MCb_3.1	22
Bodentyp: Kleimarsch				
	MN_1	Kleimarsch, tonig-schluffig	MNf_1.2, MNb_1.2, MNf_1.2OE, MNn_1.3, MNb_1.3, MNf_1.3, MNf_1.3NF, MNf_1.3OE	23 24 25 26 27
	MN_1*	Kleimarsch, tonig-schluffigsandig	MNf_1*.3	28
	MN_2	Kleimarsch, schluffig-sandig	MNb_2.2, MNf_2.2, MNf_2.2OE, MNn_2.3M, Nb_2.3, MNf_2.3	29 30 31
	MN_3	Kleimarsch, sandig	MNf_3.3	32
Bodentyp: Dwogmarsch				
	MD_1	Dwogmarsch, tonig-schluffig	MDf_1.2, MDb_1.3, MDf_1.3	33 34
Bodentyp: Organomarsch				
	MO_1	Organomarsch, tonig-schluffig	MOf_1.1, MOf_1.1MM, MOf_1.2MM	35 36 37
KLASSE NIEDERMOORE				
Bodentyp: Niedermoore				
	HN_1	Niedermoor	HNf_1.1	38
KLASSE ANTHROPOGENE BÖDEN				
	YB	Abgrabung	YB	-
	YF	Aufschüttung	YF_2.3	39
	YS_1	Aufspülung, tonig-schluffig	YS_1.3	40
	YS_3	Aufspülung, sandig	YS_3.3	41
SONSTIGE BÖDEN				
	X	Sonstige Böden	-nicht differenziert -	-

Kurzzeichen gem. Symbolschlüssel Tabelle 4-1

REF: Referenzprofil-Nummer (Darstellung der Referenzprofile im Anhang)

4.1.1.4 Bildung von Referenzprofilen

Die Attributierung der Einheiten von Marschböden, Wattböden und Anthropogenen Böden erfolgte durch insgesamt 41 Referenzprofile, die aus 262 verwertbaren Einzelprofilen mit insgesamt 1584 Horizonten generiert wurden. Für vegetationslose Wattflächen, Nass-Strand, Abgrabungen und Sonstige Böden wurden keine Referenzprofile gebildet.

Die in der DBK 25 dargestellten Einheiten und Varietäten und die zugeordneten Referenzprofile zeigt Tabelle 4-2 (Profilbeschreibungen und Bodendaten für die Referenzprofile s. Tabelle 9-5 im Anhang).

Die Integration der Bodendaten zu Referenzprofilen erfolgte auf Basis der aus der DBK 25 (1997) vorgegebenen sowie den aus der Aggregation der Bodendaten neu gebildeten Bodeneinheiten. Hierzu wurden Horizonttypen gruppenweise und, sofern die Horizonte über größere Profilabschnitte auftreten, zusätzlich nach Tiefenlage der Horizonte zusammengefasst.

Die Referenzwerte der Referenzhorizonte bzw. Referenzprofile wurden durch Mittelwertbildung aller vorhandenen Einzelwerte einer Gruppe generiert. Um die Richtigkeit des berechneten arithmetischen Mittels zu gewährleisten, wurde die Gleichverteilung der zugrunde liegenden Einzelwerte durch Vergleich des Mittelwertes mit dem Median überprüft.

Die Referenzprofile enthalten Angaben und Referenzwerte zu den im Folgenden aufgeführten Parametern. Die angegebenen Werte konnten zum Teil vollständig aus den vorhandenen Daten ermittelt werden, zum Teil entstanden aufgrund einer zu geringen Datenbasis Datenlücken, die zur Anwendung des Bewertungsverfahrens zu schließen waren. Die im Einzelfall gewählte Vorgehensweise wird nachfolgend dargestellt (* = für das Bewertungsverfahren obligater Parameter).

1. Parametergruppe: **Geländehöhe, *Tiefenlage der Horizonte, *Bodenart, *Tongehalt, *Humusgehalt / Humusstufe, *Carbonatgehalt / Carbonatstufe*

Für die Referenzprofile konnten Werte für die genannten Parameter vollständig durch Mittelwertbildung aus den vorliegenden Bodendaten generiert werden.

2. Parametergruppe: **Horizontbezeichnung, Farbe, Gefüge, hydromorphe Fleckung*

Für diese Parameter wurden fehlende Werte aus den vorhandenen Daten anderer Profile nach gutachterlicher Einschätzung zugeordnet.

Bei der Erstellung der Referenzprofile des Bodentyps Moormarsch sowie einzelner Varietäten der Kalk- und Kleimarsch erforderte eine unzureichende Datenlage besondere Verfahrensweisen (detaillierte Darstellung siehe Anhang).

3. Parametergruppe: **pH (pH-Wert in CaCl₂), *RD (Rohdichte trocken)*

Die Datenabdeckung der Referenzprofile beträgt etwa 75 % (pH) bzw. 60 % (RD).

Fehldaten wurden aus dem Profilkontext heraus ergänzt oder mit Richtwerten ersetzt, die sich aus dem Vergleich mit ähnlichen Horizonten bzw. Profilen oder aus gutachterlicher Einschätzung ergaben. Dabei wurden die in Tabelle 4-3 dargestellte Orientie-

rungswerte veranschlagt. Zu- und Abschläge erfolgten im Einzelfall nach der Humosität der Horizonte, dem Sedimentationsmilieu sowie dem Alter der bodenbildenden Sedimente.

Tabelle 4-3: Orientierungswerte für pH (CaCl₂) und Rohdichte (trocken):

Horizonttyp	Carbonatstufe	tonig-schluffige Bodenarten		sandig-schluffige Bodenarten	
		pH (CaCl ₂)	RD	pH (CaCl ₂)	RD
Ah	c0	5,4	~ 1,0	5,8	1,15 – 1,25
eAh	c1,c2	6,8		6,8	
eAh	c3,c4	7		7,4	
Go	c0	5,9	1,3 (1,2 - 1,45)	6,9	1,3 - 1,4
eGo	c1,c2	6,8		6,8	
eGo	c3,c4	7,1		7,5	
Gr	c0	6,7	1,0 - 1,3	6,7	1,4
eGr	c1,c2	7,2		7,6	
eGr	c3,c4	7,2		7,6	

4. Parametergruppe: *KAK_{pot} (Kationenaustauschkapazität)

Die Datenabdeckung der Referenzprofile beträgt lediglich etwa 35 %. Auf eine Interpolation der fehlenden Werte wurde verzichtet, da die Bodenfunktionsbewertung (LRF2) alternativ über pH-Wert und Feuchtesituation vorgenommen werden kann [NEIDHARDT & BISCHOPINCK 1994]. Alle im UG auftretenden Bodentypen weisen eine sehr hohe KAK auf, eine bewertungsrelevante geringe KAK ist im Bewertungsverfahren lediglich den rein sandigen Aufspülflächen zu zuordnen.

5. Parametergruppe: *kf-Wert (gesättigte Wasserleitfähigkeit)

Bezüglich der ungesättigten Wasserleitfähigkeit ist keine ausreichende Datengrundlage vorhanden. Die ungesättigte Leitfähigkeit wird daher aus Rohdichte und Bodenart gemäß der Angaben in KA 5 [AG BODEN 2005] ermittelt.

6. Parametergruppe: Gehalte an anorganischen sowie organischen Schadstoffen

Die Bodendaten enthalten nur lückenhafte Angaben zur Belastung mit organischen und anorganischen Schadstoffen. Die Daten zur Belastung mit anorganischen Schadstoffen stammen überwiegend aus der dem Datensatz IFB-A und wurden im Rahmen der UVU 1997 erhoben. Für den Bereich des niedersächsischen Ufers der Unterelbe konnten durch das NLfB weitere Schadstoffdaten zur Verfügung gestellt werden.

Die mittlere Schadstoffbelastung der Bodeneinheiten wird nicht anhand der einzelnen Referenzprofile, sondern für jeden Abschnitt des UG summarisch ermittelt, da die Belastung der Böden eine Funktion der Belastung der Sedimentationsräume in der Elbe ist.

Als Grundlage hierzu dienen die Elementgesamtgehaltsdaten des Bodenkatasters (n = 331 Proben) unter Zuhilfenahme von organischen Schadstoffdaten aus dem Sedimentschadstoffkataster [IFB 2006]. Hierzu wurde ein Auszug von Analysewerten zur Schadstoffbelastung in Sedimenten der Jahre 2002 - 2005 erstellt.

Die Einstufung der semisubhydrischen Wattböden erfolgte ausschließlich anhand des Auszugs aus dem Sedimentschadstoffkataster, da für Wattböden im Bodenkataster hinsichtlich der Schadstoffbelastung keine ausreichende Datenlage vorhanden ist.

In Einzelfällen war keine ausreichende Datengrundlage für die Einstufung der Abschnitte vorhanden. Da jedoch die Schadstoffbelastung der Abschnitte als eine Mischungsreihe von belasteten und unbelasteten Sedimenten anzusehen ist, wurde in diesen Fällen die Stärke der Schadstoffbelastung durch gutachterliche Einschätzung festgelegt (s. Tabelle 5-26).

4.1.1.5 Integration der Daten aus der Biotoptypenkarte [BFBB 1997, BFG 2002, BFBB 2006]

Um eine das gesamte UG umfassende Datenabdeckung zu erreichen, wurden für die Einzelgebiete die jeweils jüngsten Biotopkennzeichnungen verwendet und zu einer Biotoptypenkarte verschnitten [BFBB 1997, 2002, 2006]. Die hier verwendete Biotop-
typenkarte hat somit folgenden Bearbeitungsstand:

km 755,3 – 632:	Stand 2006
km 632 – 606:	Stand 2002
km 606 – 585 sowie Nebenflüsse:	Stand 1997

Die in der Biotoptypenkarte enthaltenen Daten wurden in das GIS Boden hineingeschnitten, wobei die außerhalb des UG für das Schutzgut Boden liegenden Bereiche verworfen wurden. Bei diesem Schritt werden die Daten zweier Datenerfassungen mit unterschiedlichem Erfassungsmaßstab verbunden (DBK 25 in 1 : 25.000, Biotoptypen 1 : 5.000), wodurch eine Reihe von Inkonsistenzen entstehen:

- Die Grenzlinien beider Kartenwerke sind dort nicht identisch, wo sie aus inhaltlichen Gründen identisch sein müssten (z. B. Grenze Watt / Land), woraus Schnittflächen unklarer Definition resultieren.
- Für einige Flächen der Bodenkarte lag kein Biotoptyp vor (zum Beispiel für das Seeve-Gebiet).
- Durch die unterschiedlichen Maßstäbe entstehen Verschnittflächen, für die die Biotope der Realität entsprechen und die Bodentypen unzweifelhaft nicht zutreffen (z. B. Biotoptyp Tümpel – Bodentyp Kleimarsch). In anderen Fällen kann dies nicht erkannt werden.
- Durch den größeren Maßstab der Biotopkartierung werden Übergänge unterschiedlicher Einheiten wesentlich feiner dargestellt als in der Bodenkarte. Es ist daher zu erwarten, dass die Bodeninformationen im Einzelfall fehlerhaft sind. Dies betrifft v. a. Kleinstrukturen wie z. B. Wettern, Gruppen, Wurten, Hofstellen.

Um grobe Unstimmigkeiten zu vermeiden, wurde die Verschneidung aus Bodentyp und Biotoptyp in der Attributtabelle der Bodenwertkarte des GIS manuell überprüft. Alle dabei als inkonsistent erkannten Flächen wurden gekennzeichnet und von der Bodenbewertung ausgeschlossen (siehe auch Tabelle 5-27.)

4.1.2 Themenfeld Erosion und Sedimentation

4.1.2.1 Datenverarbeitung zur Charakterisierung der Ufererosion

Uferrückgänge bzw. Bodenverluste finden besonders in solchen Bereichen naturnaher Uferstruktur statt, in denen Abbruchkanten ausgebildet sind. Diese Abbruchkanten werden durch Wellen- und Strömungsangriff unterhöhlt und verlagern sich daher deichwärts. Ziel der Betrachtung war es, aus der Veränderung der Lage der Abbruchkanten und deren Exposition im Gelände eine Prognose über die Veränderung der Erosionsraten nach erfolgter Fahrrinnenanpassung geben zu können. Dazu wurden zunächst die **Querprofileinmessungen** aller Jahre in eine Gesamtdatei überführt, wobei Einmessungen auf identischen Linien einheitlich gekennzeichnet und für jeden Punkt anhand der Koordinaten ein für die betrachtete Linie einheitliches Längenmaß ermittelt wurde (= Abstand in m zu dem elbfernsten Punkt aller Jahre). Anschließend wurden durch die Kombination aus automatischer Suche und individueller Kontrolle anhand der Schnittzeichnungen diejenigen Querprofileinmessungen aus dem Gesamtdatensatz herausgefiltert, die durch eine Abbruchkante (Kliff) gekennzeichnet sind. Die so ermittelten Abbruchkanten der verschiedenen Messkampagnen aus den 60er-, 70er- und 90er-Jahren sowie die aktuellsten Punkte wurden über einen Schlüssel in Beziehung gesetzt und über die Verschlüsselung die jährlichen Abbruchraten/Jahr berechnet.

Die Punkte auf den linienhaften **Einmessungen der Abbruchkanten** liegen in den verschiedenen Jahren nicht senkrecht zueinander, wodurch sich ein Vergleich von Faktorenkonstellationen als schwierig darstellt. Eine quantitative Analyse von Flächenverlusten, ausgedrückt in m², durch die Berechnung von Flächen zwischen den Linien verschiedener Jahrgänge lässt ebenfalls kaum Rückschlüsse auf Wirkungszusammenhänge zu. Daher wurde von der Verwendung dieser Daten abgesehen.

Im Zuge der weiteren Bearbeitung wurden die jüngsten Abbruchkanten nach den Querprofileinmessungen der Beweissicherung in ein GIS eingebunden und die jährlichen Abbruchraten zwischen Nullmessung und den Wiederholungsmessungen ermittelt. Die Abbruchkanten wurden, soweit vorhanden, mit älteren Abbruchraten / Jahr kartographisch verglichen. Die jüngsten Abbruchkanten sind mit den für die Erodierbarkeit von Ufern zur Verfügung stehenden relevanten Parametern (Nutzungseinheit, Bodeneinheit, Lage zu Zaun, Lage zu MThw, Lage zu Grüppen, Entfernung zur Fahrrinne) attribuiert worden. Andere Parameter (Strömungsgeschwindigkeit) wurden im Rasterformat (.tiff) als georeferenziertes Hintergrundbild in das GIS-Projekt eingefügt. Der Einfluss der Parameter wurde visuell in dem GIS-Projekt geprüft, wobei insbesondere die Gemeinsamkeiten der Profile mit Abbruchkanten von Interesse waren.

4.1.2.2 Datenverarbeitung zur Charakterisierung der Sedimentationsdynamik

Die Bestimmung der **Sedimentationsraten** erfolgte ebenfalls anhand der Daten der Querprofileinmessungen. Hierzu wurden jeweils die Bereiche 30 m oberhalb der Ab-

bruchoberkante sowie 30 m unterhalb der Abbruchunterkante betrachtet. Für jedes Querprofil mit Abbruchkante wurde die mittlere Geländehöhe der in dem Abschnitt liegenden Höhenpunkte rechnerisch ermittelt. Aus dem Vergleich der Geländehöhen mehrerer Messungen ließ sich die Sedimentationsrate für beide Geländeabschnitte bestimmen.

4.1.3 Leitbild für Böden im Außendeichbereich der Tideelbe

Der Raum der Tideelbe ist eine Kulturlandschaft. Die ursprüngliche natürliche Landschaftsabfolge vom Watt über Salzwiese/Schilfgürtel, die Weichholzaue (Weidenbruchwald), die Hartholzaue und örtlich Mooregebiete bis zum Geestrand [vgl. CLAUS 1998] wurde seit dem Beginn des Deichbaues im 12. Jahrhundert anthropogen stark verändert. Die Urbarmachung dieser Landschaft - die sog. Marschenkultur - besteht im Kern aus einer Entwässerung bei gleichzeitiger Verhinderung der Überflutung (Deichbau). Es entstanden die sogenannten Marschenbeete, langgestreckte Grünlandfluren mit parallelen Gräben im Abstand von etwa 20 m. Durch den Aushub weisen die Beete eine (geringfügig) gewölbte Form auf. Durch die Marschenkultur wurde die natürliche Vegetation in weiten Bereichen sukzessive in Grünland, bei guter Dränbarkeit auch in Ackerland umgewandelt. Gleichzeitig wurde der Überflutungsbereich durch den Deichbau stark eingegrenzt, woraus eine veränderte Sedimentationsdynamik resultierte. Insgesamt wurden im verbliebenen Vordeichsland höhere Sedimentationsraten erzielt, da sich die Schwebstoffe auf eine geringere Fläche verteilen mussten. Durch die veränderten Strömungsbedingungen (schnelleres Abfließen des Wassers) hat sich auch die Sedimentationsstruktur verändert: im Schnitt wurden grobkörnigere Sedimente abgelagert.

Neben der strukturellen Veränderung der Böden durch die marschentypischen Kulturtechniken hatten die hydrologischen Veränderungen den stärksten Einfluss auf die Böden des Untersuchungsraumes. Insgesamt wurden die Böden durch die Entwässerungsmaßnahmen trockener. Hierdurch, wie auch durch die verstärkte Aufhöhung im Bereich der Beete hat sich die Lage ständig wassergesättigter (reduzierter) Horizonte von der Geländeoberfläche in den Unterboden verschoben. Je bindiger die Böden sind, desto geringer ist allerdings dieser hydrologische Einfluss, da sich die Feuchtigkeit im Porenraum auch gegen die Schwerkraft hält. Insbesondere in der Nähe des Hafenstandorts Hamburg sind die Böden durch Veränderungen der Hydrologie (Zunahme der Tidehochwasser- und Abnahme der Tideniedrigwasserstände) infolge des Flussausbaues (Vordeichungen, Vertiefungen) verändert worden.

Das **Leitbild** für das Schutzgut Boden berücksichtigt die Kulturtätigkeit des Menschen. Landschaftstypisch sind demnach **wechsellagig geschichtete**, mehr oder weniger **entwässerte Marschenböden** unter mesophilem, extensivem Grünland, gemischt mit Röhricht oder Weidenbruch, wobei das Auftragsmaterial aus den Gräben in etwa dem der natürlichen Sedimentation entspricht. Die Hydrologie wurde durch Eindeichung und die Grabenentwässerung verändert. Entstehung und Zerstörung durch Sedimentation und Erosion sind typische dynamische Vorgänge. Ausdruck dieser Dynamik ist die mosaikartige, stark veränderliche Bodenvielfalt als Grundlage der

ästuartypischen Biotop- und Artenvielfalt. Für den Bereich zwischen MThw und MTnw sind Wattböden unterschiedlicher Korngrößenzusammensetzungen und unterschiedlichen Salz- bzw. Carbonatgehalts typisch. Die Wattböden unterliegen dem natürlichen Wechselspiel von Sedimentation und Erosion und sind im oberen Bereich bereits von Vegetation (Röhrichte, Quellerzone) bestanden.

Moderne maschinelle Veränderungen von Landschaft und Böden durch Uferbefestigungen, Wegebau, Rohrdrainagen, Aufspülungen, Kleientnahmen usw. gelten als anthropogene Störungen des Leitbildes [SCHERLE 1996]. Als "modern" wird hierbei der seit etwa 1900 verstrichene Zeitraum angesetzt. In diesem Sinne sind die stark erhöhten Schadstoffbelastungen der jüngeren Sedimente ebenfalls als nicht leitbildkonform anzusehen [RIEDEL LORJE & GAUMERT 1982].

Vor dem Hintergrund dieses Leitbildes wird die Wertigkeit der Böden vor allem durch folgende im BBodSchG genannten Teilfunktionen bestimmt:

- "Lebensraumfunktion": Lebensgrundlage für den Menschen und Lebensgrundlage für Tier- und Pflanzenwelt,
- "Bestandteil des Naturhaushalts": Teilnahme an Nährstoff- und Wasserkreislauf,
- "Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen",
- "Archivfunktion der Natur- und Kulturgeschichte"

Das Leitbild orientiert sich somit an für einen intakten Naturraum grundlegenden Funktionen, die Nutzungsfunktion der Böden als Standort für die Land- und forstwirtschaftliche Nutzung ist von dem Hintergrund dieses Leitbildes grundsätzlich von nachrangiger Bedeutung und darüber hinaus auch theoretischer Natur, da ein großer Teil der Vordeichsböden ungenutzt bzw. nicht nutzbar ist (tiefgelegene Röhrichte, vegetationsbedeckten Wattböden). Diese Flächen sind bezüglich der Nutzungsfunktion nicht bewertbar, die Nutzungsfunktion wird hier daher nicht in die Bewertung integriert.

4.1.4 Verfahren und Kriterien zur Bewertung der Bodenfunktionen

4.1.4.1 Anwendungsbereich des Bodenfunktionsbewertungsverfahrens

Oberhalb der MThw-Linie sind die zu den semiterrestrischen Böden zählenden Marschböden verbreitet. Auf höheren Flächen, insbesondere auf den Aufspülungen, finden sich vereinzelt auch terrestrische (anthropogene) Böden. Im Bereich zwischen MThw und MTnw schließen sich die semisubhydrischen Wattböden an.

Zum Schutzgut Boden gehört gemäß § 2 Abs. 1 BBodSchG "Die obere Schicht der Erdkruste, soweit sie Träger der (...) Bodenfunktionen ist, (...) ohne Grundwasser und Gewässerbetten." Somit sind alle semi- und subhydrischen Böden unterhalb der MThw bzw. MTnw-Linie per Definition von der Betrachtung ausgeschlossen. Semisubhydrischen Böden sind jedoch zeitweise nicht von Wasser bedeckt und damit auch Träger der in § 2 Abs. 2 BBodSchG beschriebenen Bodenfunktionen, insbesondere dann, wenn sie von einer Vegetation höherer Pflanzen bedeckt sind (z.B. Quellerwatt

oder Röhrichte). In welchem Maße sie Bodenfunktionen übernehmen, ist abhängig von den jeweiligen Teilfunktionen.

Für die Zwecke dieser UVU wurde das für Hamburg entwickelte Bodenfunktionsbewertungsverfahren [HOCHFELD 2005] auf semisubhydrische Böden erweitert, sofern eine Vegetationsbedeckung vorhanden ist.

Watten ohne Vegetationsbedeckung und sonstige subhydrische Böden unterhalb der MTnw-Linie werden als ständig in Umlagerung begriffene Sedimente angesehen, eine Bewertung dieser erfolgt daher nicht.

4.1.4.2 Das Bodenbewertungsverfahren von 1997

Das Verfahren von 1997 [MIEHLICH et al. 1997a] bewertete die Böden des Untersuchungsraumes anhand von vier Kriterien: S – Beeinträchtigung durch Stoffanreicherung, K – Beeinträchtigung durch landwirtschaftliche Kulturmaßnahmen, Ü – Bodenveränderung durch Überformung und N – Bewertung des Bodens als Naturkörper. Den Kriterien S, K und Ü wurde je nach Ausprägung des Standorts ein Wert von 1 (hochwertig) bis 5 (geringwertig) zugewiesen, das Kriterium N wurde entweder nicht oder in den Stufen 1 und 2 erfüllt.

Zusammenfassend wurden sog. Bodenwerttypen gebildet. Diese wurden zunächst verbal beschrieben und dann durch die Wertstufen der Einzelkriterien charakterisiert. Abschließend wurde eine Bodenwertstufe auf der Skala 1 bis 5 vergeben.

Der Bewertung des S-Wertes lag eine aufwändige Analytik und verschiedene Stofflisten zugrunde (anorganische & organische Spurenstoffe, Pflanzennährstoffe), der K-Wert wurde über die Intensität des Pflügens und der Dränung aus der Biotopkarte abgeleitet und der Ü-Wert (Auftrag, Abtrag, Versiegelung) wurde an den Profilpunkten geprüft. Der N-Wert ergab sich aus einer Verknüpfung der Unterkriterien Naturnähe (Ü-Wert), Seltenheit (Gutachtereinschätzung) und "besonderen Eigenschaften".

4.1.4.3 Aktualisierung des Bewertungsverfahrens

Das Schutzgut Boden wird in der Verwaltungsvorschrift zum UVPG [UVPVWV 1995] als Träger natürlicher Bodenfunktionen beschrieben. Diese decken sich weitgehend mit den im BBodSchG [1998] beschriebenen Bodenfunktionen. Das BBodSchG und untergesetzliches Regelwerk sowie die dazu entwickelten Fachbeiträge [AD HOC AG BODEN 2003] müssen trotz der subsidiären Auslegung nach § 3 BBodSchG seit Inkrafttreten des BBodSchG als Konkretisierung bei der Berücksichtigung des Schutzgutes Boden verstanden werden. Demnach sind Böden nicht nur Träger natürlicher Bodenfunktionen, sondern haben auch Funktionen als Archive der Natur- und Kulturgeschichte [EVERT & BAUMGÄRTNER 1993]. Schließlich stellen sie als Standort für die land- und forstwirtschaftliche Produktion auch eine Nutzungsfunktion dar, die allerdings im Rahmen der UVU nicht bewertet wird (s. Kap. 4.1.3).

Die Bewertung des Schutzgutes Boden im Rahmen der UVU knüpft direkt an den aktuellen Stand der Fachdiskussion um die Bewertung von Bodenfunktionen an. Im Ge-

gensatz zum Bewertungskonzept in der UVU 1997 hat sich in der Bewertung von Böden eine stärker funktionsbezogene Vorgehensweise durchgesetzt [vgl. HOCHFELD et al. 2002, BUNDESVERBAND BODEN 2001, JESSEN-HESSE 2002]. Bewertungskriterien werden nicht mehr übergeordnet festgelegt, sondern für jede Teilfunktion einzeln abgeleitet. Die übergeordnete "Bewertung des Bodens als Naturkörper" entfällt; diese entspricht am ehesten der jetzigen Archivfunktion. Aus den Kriterien werden Bewertungsmethoden abgeleitet, durch die sich auch die notwendigen Bodenparameter ergeben. Somit entfällt auch eine umfassende bodenkundliche Beschreibung der Böden im Untersuchungsraum nach Feld- und Laborparametern, stattdessen werden gezielt die Eingangsdaten gesammelt oder abgeleitet, die für die Bewertung der Teilfunktionen notwendig sind.

In Hamburg wurde bereits 1999 ein Verfahren zur Bewertung von Bodenfunktionen im Rahmen von Planungsprozessen entwickelt [GRÖNGRÖFT et al. 1999, 2000, HOCHFELD 1999, FITTSCHEN & GRÖNGRÖFT 2000]. Unter Einbeziehung neuer Erkenntnisse aus der Fachdiskussion [z.B. UMWELTBEBÖRDE HAMBURG 2000] und einem Vergleich bestehender Bodenbewertungsverfahren [HOCHFELD et al. 2002] im Jahr 2003 wurde das Verfahren überarbeitet und neu aufgelegt [HOCHFELD et al. 2003, HOCHFELD 2004]. Dieses Bewertungsverfahren ist für Bewertungen des Ist-Zustandes und zur Prognose im Maßstab flächenscharfer Planungen (Bauleitplanungen, Eingriffsregelung) entwickelt worden [HOCHFELD et al. 2003]. Der regionale Bezugsrahmen des Verfahrens ist der Naturraum der Stadt Hamburg, der in seinem Bodeninventar dem UG weitgehend entspricht [MIEHLICH 1986]. Ein flächenhaft großer Anteil des Hamburger Gebiets wird durch ausgesprochen heterogene Niederungsgebiete eingenommen, in dem neben Dünen und Mooren auch Übergänge von typischen zu auenähnlichen Marschböden zu finden ist. Darüber hinaus wird insbesondere der Bewertung anthropogen überprägter und zum Teil belasteter Stadtböden Rechnung getragen. Das gewählte Verfahren ist daher grundsätzlich gut für eine Bodenbewertung im Bereich der Tideelbe mit seiner dem Hamburger Raum sehr ähnlichen naturräumlichen Ausstattung geeignet.

Die Bewertung des Schutzgutes Boden sollte sich somit an dem Hamburger Verfahren orientieren (Teilfunktionen, Kriterien, Parameter, Integration), wobei im Einzelnen methodische Anpassungen notwendig waren [HOCHFELD 2005]. Diese ergaben sich zum einen dort, wo aus der flächenmäßig abweichenden Bodenverbreitung im UG eine Veränderung der Klassenbildung notwendig war. Zum anderen ist der Frage des Zielzustandes der Böden in diesem stark anthropogen geprägten Raum Rechnung zu tragen. An dieser Stelle ist auch darzustellen, in wie weit die Böden als natürlich gelten können und welche Auswirkungen sich durch ein verändertes Leitbild auf die Bewertung der einzelnen Bodenfunktionen ergeben.

Nachfolgend werden die einzelnen Verfahrensbestandteile (Grundsätzliches, Teilfunktionen, Integration, Prognose) zunächst beschrieben und die Anpassungen gegenüber der Methodik von HOCHFELD [2004] begründet.

4.1.4.4 Grundsätzliche Verfahrensbestandteile: Maßstab und Datenumfang

Die Bewertung des Ist-Zustandes erfolgt für alle Teilflächen des UG geometrisch auf der Basis der im "GIS Boden" ausgewiesenen Teilflächen und inhaltlich auf der Basis der den Flächen zugeordneten Referenzprofilen mit ihren Horizontdaten und Informationen über die Nutzung. Aus dieser Datengrundlage ergibt sich ein Maßstab von 1:25.000. Das Verfahren von HOCHFELD [2004] ist für die großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung konzipiert und findet im Rahmen der Bauleitplanung, also bei geplanten Maßnahmen mit voraussichtlich massiven Eingriffen auf das Schutzgut Boden Anwendung. Für diese Anwendung fordert das Verfahren eine flächengrößenabhängige Mindestbohrpunktdichte, die 2 – 4 Bohrpunkte pro Hektar beträgt. Im Gegensatz dazu wird im Rahmen dieses Gutachtens das Bewertungsverfahren im Maßstab 1 : 25.000 angewandt, weil mit insbesondere indirekten Auswirkungen (z. B. Veränderungen der Tidewasserstände) auf großen Flächen gerechnet wurde. Hieraus ergibt sich ein reduzierter Bedarf an Bohrpunkten, die ableitbaren Aussagen sind maßstabsbedingt entsprechend unschärfer. Eine mittlere Bohrpunktdichte von 1 Bohrung / 60 ha wird daher auch unter Berücksichtigung der Tatsache, dass für Bodenlandschaft der Marschen eine insgesamt homogene Bodenverbreitung mit fließenden Übergängen charakteristisch ist, als ausreichend angesehen.

In Tabelle 4-4 sind die betrachteten Teilfunktionen sowie die für die Bewertung der Teilfunktionen benötigten **Boden- und Flächenparameter** aufgeführt.

Tabelle 4-4: Eingangsparemeter und deren Verwendung bei den einzelnen Teilfunktionen

Eingangsparemeter	Teilfunktionen									
	LRF1	LRF2	BNH1	BNH2	AAA1	AAA2	AAA3	AAA4	AF1	AF2
Bodenart	+	+			+	+	+	+		
Biotoptyp		+	+	+					+	+
Bodentyp							+		+	+
Bodenfarbe							+			
Gefüge							+			
GOF		+								
Gutachtereinschätzung	+	+							+	+
Horizontsymbol					+	+	+	+		
Horizontlage		+			+	+	+	+		
Humusform							+	+		
Humusgehalt	+	+			+	+	+	+		
Kalkgehalt								+		
pH-Wert		+			+		+	+		
Rohdichte, trocken								+		
Schadstoffgehalte	+									
Skelettgehalt					+	+	+	+		
Torf-Substanzvolumen		+								
Substrat							+			
Sulfidgehalt					+					
Torfart		+								
Zersetzungsstufe von Torfen		+				+				

LRF = Lebensraumfunktion, BNH = Funktion "Bestandteil des Naturhaushaltes",
AAA = Funktion "Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium...", AF = "Archivfunktion",

4.1.4.5 Verfahren zur Bewertung der Teilfunktionen

4.1.4.5.1 Lebensraumfunktion

4.1.4.5.1.1 Lebensgrundlage für den Menschen (LRF1)

Verfahrensbeschreibung

Kriterium: Schadstofffreiheit des Oberbodens

Eingangsparameter: Schadstoffgehalte nach BBodSchV, Bodenart, Humusgehalt

Methode:

Die Bewertung der Teilflächen erfolgt auf der Basis der vorhandenen Daten. Die Einstufung der Messwerte erfolgt unter Verwendung der Vorsorge- und Prüfwerte der BBodSchV nach Tabelle 4-5 und deren Einstufung nach Tabelle 4-6.

Verfahrensdiskussion

Für Böden sind aktuell die Wertelisten der BBodSchV [1999] maßgeblich. Diese ersetzen die 1997 verwendeten Wertelisten nach EICKMANN & KLOKE [1994] und UVPVWV [1995]. Hierdurch wird auch eine fünfstufige Differenzierung erreicht.

Tabelle 4-5: Einstufung der Messwerte der Schadstoffgehalte in mg/kg Trockenmasse gem. Vorsorge- und Prüfwerte der BBodSchV

Parameter	Vorsorgewerte			Prüfwerte		
	Bodenart/ Humusklasse ⁵ nach KA 4			Kinderspiel- flächen	Wohn- gebiete	Park- und Frei- zeitanlagen
	T, o. >h4	L/U	S, o. ≤ h4			
Arsen				25	50	125
Blei	100 ²	70 ⁴	40	200	400	1.000
Cadmium	1,5 ¹	1 ³	0,4	10	20	50
Chrom	100	60	30	200	400	1.000
Cyanide				50	50	50
Nickel	70 ¹	50 ³	15	70	140	350
Quecksilber	1	0,5	0,1	10	20	50
Zink	200 ¹	150 ³	60	-	-	-
Aldrin	-	-	-	2	4	10
Benzo(a)pyren	1	-	0,3	2	4	10
DDT	-	-	-	40	80	200
Hexachlorbenzol	-	-	-	4	8	20
HCH-Gemisch	-	-	-	5	10	25
Pentachlorphenol	-	-	-	50	100	250
PCB	0,1	-	0,05	2	4	10

¹ Bei pH <6 gelten die Vorsorgewerte für Lehm;

² Bei pH <5 gelten die Vorsorgewerte für Lehm;

³ Bei pH <6 gelten die Vorsorgewerte für Sand;

⁴ Bei pH <5 gelten die Vorsorgewerte für Sand

⁵ Humusklasse nur für organische Schadstoffe

-: keine Angabe

Tabelle 4-6: Wertstufenzuordnung für die Teilfunktion "Lebensgrundlage für den Menschen"

Wertstufe*				
5	4	3	2	1
kein Messwert liegt über den Vorsorgewerten	Mindestens ein Messwert liegt über den Vorsorgewerten <u>und</u> kein Messwert liegt über den Prüfwerten für Kinderspielflächen	Mindestens ein Messwert liegt über den Prüfwerten für Kinderspielflächen <u>und</u> kein Messwert über den Prüfwerten für Wohngebiete	Mindestens ein Messwert liegt über den Prüfwerten für Wohnflächen <u>und</u> kein Messwert über den Prüfwerten für Park- und Freizeitanlagen	Mindestens ein Messwert überschreitet die Prüfwerte für Park- und Freizeitanlagen

*) Im Gegensatz zum Verfahren 1997 gilt: 5 = höchste Wertstufe, 1 = geringste Wertstufe

4.1.4.5.1.2 Lebensgrundlage für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen (LRF2)

Verfahrensbeschreibung

Kriterien: Seltenheit der standortrelevanten Bodeneigenschaften und Naturnähe

Eingangsparameter: KAK_{pot} und pH-Wert des Oberbodens, Feuchtesituation

Methode:

Diese Teilfunktion wird anhand der Verknüpfung der beiden Kriterien Seltenheit der standortrelevanten Bodeneigenschaften und Naturnähe bewertet. Die beiden Kriterien werden wie folgt abgeleitet:

a) Bewertung der Seltenheit der standortrelevanten Bodeneigenschaften

Die Bewertung der Seltenheit der standortrelevanten Bodeneigenschaften erfolgt für jeden Bohrpunkt bzw. jedes Leitprofil zunächst durch Einstufung der Parameter KAK_{pot} und pH-Wert des Oberbodens sowie der hydromorphen Profilmerkmale nach Tabelle 4-7, wobei für jeden Parameter eine Wertzahl bestimmt wird. Bei den hydromorphen Merkmalen wird die Oberkante eines Grundwasser-Reduktionshorizonts bzw. eines Stauwasser-Stauhizonts aus den Bodendaten abgefragt. Die Wertzahl Seltenheit der standortrelevanten Bodeneigenschaften ergibt sich aus der Wertzahl des Standortparameters mit der besten Einstufung.

Die in Tabelle 4-7 genannten Werte wurden auf der Grundlage der im UG gemessener Bodendaten generiert und so die Methode an das Gebiet angepasst.

Tabelle 4-7: Bestimmung der Wertzahlen der Bodeneigenschaften

	Wertzahl				
	5	4	3	2	1
Bodenreaktion (S) [pH (CaCl ₂)]	<5,0 >7,9	5,0 – 5,2 7,9	5,3 7,8 - 7,7	5,4 – 5,5 7,6 – 7,5	5,5 – 7,4
Nährstoffsituation (N) [KAK_{pot} in mmol _c /kg]	<9	9 – 14	15 – 30	31 – 68	>68
Feuchtesituation (W) [Oberkante *r- oder *d-Horizont in m u. GOF]	<0,2	0,2 – 0,4	0,41 – 0,8	0,81 – 1,3	>1,3

b) Bewertung der Naturnähe des Bodens

Die Bewertung der Naturnähe erfolgt durch Einstufung anhand einfacher Überprägungsmerkmale nach Tabelle 4-8. Ist die Bestimmung anhand von Bohrpunktdaten nicht möglich, ist die aus dem Biotoptyp abgeleitete Nutzung maßgeblich.

Tabelle 4-8: Zuordnung der Wertzahl für das Kriterium Naturnähe

Parameter	Wertzahl Naturnähe				
	5	4	3	2	1
Überprägung	Ungestörte Marschböden ohne Beete, Watten außerhalb von Ab- und Umlagerungen, Schilfgürtel, Bruchwald, extensiv genutzte, renaturierte oder seit mind. 5 Jahren brachliegende Bereiche	Wie Klasse 5, traditionelle Marschenbeete aber zulässig	Wie Klasse 4, aber mit intensiver Grünlandnutzung, Drainage, Arrondierung	Wie Klasse 3, aber mit weitergehenden anthropogenen Veränderungen (Wege, Uferbefestigungen usw.) auf höchstens 30 % der Teilfläche	Stärker gestört als Klasse 2, oder Anthropogene Böden
Biotoptyp	Einstufung nach Tabelle 9-4 (Anhang)				

c) Gesamtbewertung

Die Gesamtbewertung für jeden Bohrpunkt erfolgt gemäß Tabelle 4-9 durch Verknüpfung der Wertzahlen für Seltenheit und Naturnähe.

Tabelle 4-9: Zuordnungsmatrix zur Bestimmung der Wertstufe für die Teilfunktion "Lebensgrundlage für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen"

		Wertzahl Naturnähe				
		5	4	3	2	1
Wertzahl Seltenheit	5	5	4	3	2	2
	4	5	4	3	2	2
	3	5	4	3	2	2
	2	2	3	4	2	1
	1	3	2	2	1	1

Verfahrensdiskussion

Die Methode wurde gegenüber HOCHFELD [2004] zum einen dem Untersuchungsraum, zum anderen dem kleineren Maßstab angepasst. Bei der Bewertung der Seltenheit der Standorteigenschaften wurde die Klassenbildung für pH-Wert und KAK_{pot} auf der Basis der vorhandenen Daten neu vorgenommen. Die Tiefeneinstufung wurde beibehalten und entspricht der Einteilung nach Miehlich et al. [1997a], jedoch auf fünf Stufen erweitert. Bei der Bewertung der Naturnähe wurde das Verfahren deutlich vereinfacht. Leitbild sind die naturnahen, typischen Böden des Untersuchungsraumes (BOSCH 1994, BUG 2003). Im Gegensatz zu HOCHFELD [2004] wird nicht mehr

zwischen substratspezifischen, horizontspezifischen und sonstigen Merkmalen unterschieden. Stattdessen wird die profilspezifische "Überprägung" zusammenfassend beschrieben. Alternativ ist eine flächenbezogene Klassifikation anhand der Biotoptypen möglich, wenn die Bodendaten nicht ausreichen.

4.1.4.5.2 Funktion Bestandteil im Naturhaushalt

Mit der Funktion "Bestandteil des Naturhaushaltes" wird diese Bodenfunktion vom Gesetzgeber umfassend beschrieben und ist "daher auch umfassend zu verstehen" [SCHERER-LEYDECKER 2001]. Die explizite Nennung des Wasser- und des Nährstoffkreislaufs impliziert eine Unterteilung der Bodenfunktion in zwei Teilfunktionen.

4.1.4.5.2.1 Bestandteil im Wasserkreislauf (BNH1)

Verfahrensbeschreibung

Kriterium: Fähigkeit des Oberbodens zur Wasseraufnahme

Eingangsparameter: Biotoptyp

Methode:

Die Einstufung der Fläche erfolgt nach Tabelle 4-10 über die Infiltrationskapazität der Böden, die entweder aus den Referenzprofilen direkt oder aus den Biotoptypen indirekt zugeordnet wurde. Die üblichen marschentypischen Kulturtechniken (Beete, Grabenentwässerung) werden nicht als wertmindernd aufgefasst und bewertet.

Tabelle 4-10: Wertstufenzuordnung für die Teilfunktion "Bestandteil des Wasserkreislaufs"

	Wertstufe				
	5	4	3	2	1
Beschreibung	Starkregen infiltrieren vollständig	Bei mittleren Niederschlägen kann Wasser von zusätzlichen Flächen infiltrieren	mittlere Niederschläge infiltrieren vollständig	Geringe Infiltration, Abfluss bei mittleren Niederschlägen	Sehr geringe Infiltration, Abfluss bereits bei geringen Niederschlägen
Infiltrationskapazität [mm/h] kf [cm/d]	>100 >240	>20 - 100 >48 - 240	>8 - 20 >19 - 48	>1 - 8 >2,4 - 19	≤ 1 ≤ 2,4
Biotoptyp	Einstufung nach Tabelle 9-4 (Anhang)				

Verfahrensdiskussion

Auf Grund der Datenlage und der Maßstabsebene erfolgt die Bewertung vereinfachend über den Biotoptyp. Maßgeblich für die gutachterliche Einstufung war die typischerweise mit dem jeweiligen Biotoptyp verbundene Beeinträchtigung des Wasserhaushaltes. Ein geeignetes Verfahren zur Abschätzung der Infiltrationskapazität aus Bodenparametern für Oberböden besteht nach wie vor nicht [DREVES 2002].

4.1.4.5.2.2 Bestandteil im Nährstoffkreislauf (BNH2)

Verfahrensbeschreibung

Kriterium: Fähigkeit des Bodens zur Nährstoffabgabe an die Vegetation

Eingangsparameter: Deckungsgrad der Vegetation, Nutzung (Biotoptyp)

Methode:

Die Einstufung der Fläche erfolgt anhand des mittleren Deckungsgrads der Vegetation bezogen auf die Teilfläche oder nach ihrem Biotoptyp gemäß Tabelle 4-11. Acker- und Gartenbauböden werden dabei immer mit der Wertstufe 4 bewertet.

Tabelle 4-11: Wertstufenzuordnung für die Teilfunktion "Bestandteil des Nährstoffkreislaufs" anhand des Deckungsgrades der Vegetation oder des Biotoptyps.

Wertstufe	5	4	3	2	1
Deckungsgrad [%]	>75	75 – 51	50 – 26	25 – 6	5 – 0
Biotoptyp	Einstufung nach Tabelle 9-4 (Anhang)				

Verfahrensdiskussion

Die Erweiterung der Einstufung über den Biotoptyp ist notwendig, da aktuelle Daten zum Deckungsgrad der Vegetation nicht vorliegen. Die im Gebiet vorkommenden Biotoptypen wurden gutachterlich unter Berücksichtigung des für sie typischen Deckungsgrades klassifiziert. Strand- und Wattböden werden hoch bewertet, da ihr Nährstoffhaushalt, abgesehen von den erhöhten anthropogenen Einträgen über die Elbe, auch ohne Vegetation standorttypisch ist.

4.1.4.5.3 Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen

Die gesetzliche Definition dieser oft auch als (stoffliche) Regelungsfunktion bezeichneten Bodenfunktion macht deutlich, dass Stoffe im Boden ab- und aufgebaut, und/oder in ein ausgeglichenes Verhältnis gebracht werden. Die Prozesse die diese Funktionen leisten, werden mit Filterung, Pufferung und Stoffumwandlung ebenfalls eindeutig genannt. Ebenso wird der Schutz des Grundwassers genannt, wobei aber auch der Gewässerschutz allgemein verfolgt werden soll [BUNDESREGIERUNG 1995]. Mit dieser Bodenfunktion wird daher eine Vielzahl von im Boden ablaufenden Prozessen summarisch genannt, deren Erfassung und Bewertung im Einzelnen entsprechend umfangreiche Kenntnisse der Böden voraussetzt, die im Rahmen planerischer Funktionsbewertungen nicht vorliegen. Es wird hier daher entsprechend des von der

BUNDESREGIERUNG [1995] genannten Schutzaspekts ein Schwerpunkt der Betrachtung auf solche Stoffe gelegt, die auf den Boden einwirken und die eine Gefährdung der Schutzgüter Boden und Wasser darstellen können, und die nicht natürlicherweise den Stoffkreislauf der Böden bestimmen. Hierbei handelt es sich um Schadstoffe, bei denen i. d. R. anorganische und organische unterschieden werden. Ebenso stellt der Eintrag von Säuren eine Gefährdung dar, nicht zuletzt, weil sich mit zunehmender Versauerung auch die bodenbewohnende Lebensgemeinschaft grundlegend verändert. Die Säurepufferung muss dabei getrennt bewertet werden, da sie anderen Prinzipien folgt als die Pufferung anderer anorganischer und organischer Stoffe. Da bei anorganischen Schadstoffen ein Abbau nicht möglich ist, ist die Untergliederung in die nachfolgend aufgeführten vier Teilfunktionen vorgenommen worden.

4.1.4.5.3.1 Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter- und Puffereigenschaften für Schwermetalle (AAA1)

Verfahrensbeschreibung

Das Verfahren wurde nach HENNINGS [1994] entwickelt und in Teilen leicht verändert.

Kriterium: Fähigkeit zur Bindung von Schwermetallen im Boden

Eingangsparameter: Horizontsymbol, -lage und -mächtigkeit, Bodenart, Humusgehalt oder Humusstufe, pH-Wert, Skelettgehalt, Sulfide

Methode:

Die Bewertung erfolgt für jeden Profilpunkt bis 1 m Tiefe. Die Bewertungsregeln basieren auf den Bindungseigenschaften von Cadmium. Hierzu werden die nachfolgend aufgeführten Schritte zunächst für jeden Horizont einzeln durchgeführt:

1. In Abhängigkeit vom pH-Wert wird aus Tabelle 4-12 der A-Wert bestimmt.
2. In Abhängigkeit von der Humusstufe wird aus Tabelle 4-13 der B-Wert ermittelt.
3. In Abhängigkeit von der Bodenart wird aus Tabelle 4-14 der C-Wert abgeleitet.
4. A-, B- und C-Wert werden zur Bindungsstärke BS_{SM} addiert. Sollte die Summe einen Wert über 5 ergeben, so ist die Bindungsstärke gleich 5 zu setzen.

Ausnahmen:

Horizonte mit carbonatischem Skelett und einem pH-Wert über 6,8 erhalten unabhängig vom Skelettgehalt die Bindungsstärke 5.

Dauerhaft reduzierte Horizonte (Hr, Gr, Fr) ohne Sulfide (HCl-Test) erhalten pauschal die Bindungsstärke 1, mit Sulfiden die Bindungsstärke 5.

5. Die Schwermetallbindungsstärke des Horizonts ergibt sich nach Gl. 1 aus BS_{SM} -Wert, Mächtigkeit und Skelettanteil.

Wenn die Horizontoberkante oberhalb 1 m und die Unterkante unterhalb 1 m liegt, ist die Mächtigkeit des Horizonts nur innerhalb 0 bis 1 m einzusetzen.

Die Wertstufe WS für das Profil ergibt sich als ganzzahlig gerundeter Wert nach Gleichung 2. Wertstufen >5 werden mit Wertstufe 5 gleichgesetzt.

Tabelle 4-12: Bestimmung des A-Wertes

	A-Wert									
	0,0	0,5	1	1,5	2,0	2,5	3,5	4,0	4,5	5
PH (CaCl ₂)	2,5-2,7	2,8-3,2	3,3-3,7	3,8-4,2	4,3-4,7	4,8-5,2	5,3-5,7	5,8-6,2	6,3-6,7	6,8-8,0

Tabelle 4-13: Bestimmung des B-Wertes

	B-Wert			
	0	0,5	1	1,5
Humusstufe, org. Auflagehorizonte	h0, h1, h2, h7	h3, h4, Of-Horizont	h5	h6 + Oh-Horizont

Tabelle 4-14: Bestimmung des C-Wertes

	C-Wert	
	0	0,5
Bodenart	Ss, Su2, St2, Sl2, Sl3, Su3+4, Slu, Us, Uu	Sl4, Ut2-4, Uls, Ls3+4, Lsu, Ls2, Lu, St3, Tl, Ts2-4, Tu2-4, Lts, Lt2+3, Ltu, Tt

$$BS_{SMHor} = BS_{SM} \times M_{Hor} \times \frac{100 - SK}{100} \quad \text{Gl. 1}$$

$$WS = \sum BS_{SMHor} \quad \text{Gl. 2}$$

- BS_{SMHor} = Schwermetallbindungsstärke des Horizonts
 BS_{SM} = Bindungsstärke (BS = A-Wert + B-Wert + C-Wert oder Pauschalwert für Ausnahmen nach Punkt 5)
 M_{Hor} = Horizontmächtigkeit in m innerhalb der Bodentiefe 0 bis 1 m
 SK = Skelettgehalt in Vol-%
 WS = Wertstufe

Verfahrensdiskussion

Eine Anpassung gegenüber HOCHFELD [2004] ist nicht notwendig.

4.1.4.5.3.2 Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter- und Puffereigenschaften für organische Schadstoffe (AAA2)

Verfahrensbeschreibung

Das Verfahren lehnt sich an MÜLLER [1997] an, wurde aber leicht geändert.

Kriterium: Fähigkeit zur Bindung von org. Schadstoffen im Boden

Eingangsparameter: Bodenart, Humusgehaltsklasse, Horizontsymbol, -lage und -mächtigkeit, Zersetzungsstufe bei Torfen, Skelettgehalt

Methode:

Die Bewertung erfolgt für jeden Profilmittel bis max. 1 m Tiefe. Hierzu werden die nachfolgend aufgeführten Schritte zunächst für jeden Horizont einzeln durchgeführt:

1. In Abhängigkeit von Humusgehalt, Auflagehorizont und ggf. Zersetzungsstufe wird aus Tabelle 4-15 der H-Wert bestimmt.
2. In Abhängigkeit von der Bodenart wird aus Tabelle 4-16 der T-Wert abgeleitet.
3. H- und T-Wert werden zur Bindungsstärke BS_{OS} addiert.
4. Die horizontgewichtete Bindungsstärke für organische Schadstoffe BS_{OSHor} wird nach Gl. 3 berechnet.

Die Wertstufe WS für das Profil ergibt sich als ganzzahlig gerundeter Wert nach Gl. 4. Wertstufen >5 werden mit Wertstufe 5 gleichgesetzt.

Die Wertstufe der Teilfläche ergibt sich aus dem ganzzahlig gerundeten arithmetischen Mittelwert der Wertstufen der einzelnen Bohrpunkte.

Tabelle 4-15: Bestimmung des H-Wertes (Bindungsstufe in Abhängigkeit von der organischen Substanz).

Humusstufe (h)	Humusgehalt (%)	Zersetzungsstufe (z) bei Torfen	Horizont	H-Wert
0	0			0
1	<1			0,6
2	>1-2			1,3
3	>2-4			2,0
4	>4-8			2,6
5	>8-15			3,3
6	>15-30			4,0
7	>30	4 u. 5	H, Oh	4,0
7	>30	3	H, Of	3,3
7	>30	2 u. 1	H, Oi	2,6

Tabelle 4-16: Bestimmung des T-Wertes (Bindungsstufe in Abhängigkeit von der Bodenart).

Bodenart	T-Wert
x, g, gr (3-5), X, G, Gr, gS, mSgs	0
mS, fS, Su2, fSms, mSfs	0,8
Su3, Sl2, Su4, St2, Sl3, Sl4, Us, Slu, St3	1,6
Uu, Ut2, Ls4, Ls2, Lu, Ls3, Ut3, Ut4, Lt2, Uls	2,4
Lts, Ts3, Tu4, Lt3, Ts4, Tu3, Ts2, Tu2, Tl	3,2
Tt	4,0

$$BS_{OS_{Hor}} = BS_{OS} \times M_{Hor} \times \frac{100 - SK}{100} \quad \text{Gl. 3}$$

$$WS = \sum BS_{OS_{Hor}} \quad \text{Gl. 4}$$

$BS_{OS_{Hor}}$ = horizontgewichtete Bindungsstärke für org. Schadstoffe

BS_{OS} = Bindungsstärke für org. Schadstoffe, Summe aus H- und T-Wert

M_{Hor} = Horizontmächtigkeit in m innerhalb der Bodentiefe 0 bis 1 m

SK = Skelettgehalt in Vol-%

WS = Wertstufe

Verfahrensdiskussion

Eine Anpassung gegenüber HOCHFELD [2004] ist nicht notwendig.

4.1.4.5.3.3 Abbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Stoffumwandlungseigenschaften (organische Schadstoffe) (AAA3)

Verfahrensbeschreibung

Kriterium: Fähigkeit zum mikrobiellen Abbau organischer Substanzen

Eingangsparameter: Bodentyp, Horizontsymbol, Humusform, Gefüge, Farbe, pH-Wert, Humusgehalt, Bodenart, Substrat, Skelett

Methode:

Die Bewertung der Abbauleistung erfolgt über eine Abschätzung der mikrobiellen Biomasse getrennt für Gehölzbestandene Biotope und Moore, für Ackerstandorte und für Standorte mit anthropogenen Böden. Die Bezugstiefe ist der Oberboden einschließlich der organischen Auflage.

Für Grünlandstandorte, Watten und Brachen besteht derzeit keine fachlich abgestimmte Methode. Nach gutachterlicher Einschätzung erhalten sie pauschal die Wertstufe 4, bzw. 3 wenn der Deckungsgrad der Vegetation geringer 70 % liegt (z.B. bei Trockenrasen). Rohböden ohne humose Oberböden erhalten die Wertstufe 1.

a) Gehölzbestandene Biotope und Moore

Die Einstufung des Profils erfolgte nach Tabelle 4-17 anhand der Humusform.

**Tabelle 4-17: Einstufung der mikrobiellen Abbauleistung für gehölzbestan-
dene Biotope und Moore.**

Humusform	Wertstufe				
	5	4	3	2	1
aeromorph	L-Mull	F-Mull	Moder	Rohhumusartiger Moder, Graswurzelfilzmoder	Rohhumus, Hagerhumus, Streunutzungs- rohhumus
hydromorph		Feucht-Mull	Feucht-Moder	Feucht-Rohhumus	
Nasshumus			Anmoor		
Moore		Norm- Niedermoor oder Kalknieder- moor mit pH >4,8	Norm- Niedermoor mit pH <4,8	Übergangsniedermoor	Hochmoor

b) Ackerstandorte

Die Einstufung erfolgte über die Bestimmung der Humusform, welche anhand dia-
gnostischer Merkmale, dem Humusgehalt und der Bodenart bzw. dem Bodentyp wei-
ter differenziert wird:

Tabelle 4-18: Einstufung der mikrobiellen Abbauleistung (Ackerstandorte).

Humusform	Diagnostische Merkmale (Gefüge, Farbe, pH-Wert)	% Humusgehalt (0 – 0,3 m)	Wertstufe
Wurmmull	kru/sub value <3,5; chroma <3,5 pH >4,8	<4	3
		4 – 15	4
		>15	5
Kryptomull	pol/pri/sub value >3; chroma >3	<1	1
		>1	1
Sandmull	ein/gri pH >4,8	<1	1
		1 – 2	1
		2 - 4	2
		>4	3
Ackermoder	ein/gri pH <4,8	<2	1
		2 - 4	1
		>4	2

ein: Einzelkorngefüge;

kru: Krümelgefüge;

sub: Subpolyederggefüge;

pol: Polyederggefüge;

pri: Prismengefüge;

gri: Feinkoagulat [SCHLICHTING 1995]

c) Standorte mit anthropogenen Böden

Die Einstufung erfolgt nach Tabelle 4-19 anhand von Substrat und Mächtigkeit des
A-Horizontes. Soweit Bohrpunktdata verwendet wurden, ergibt sich die Wertstufe der
Teilfläche aus dem ganzzahlig gerundeten arithmetischen Mittelwert der Wertstufen
der einzelnen Bohrpunkte.

Tabelle 4-19: Einstufung der mikrobiellen Abbauleistung für anthropogene Böden.

Substrat/Bodentyp	A-Horizont	Wertstufe
umgelagertes natürliches Substrat (Bodenart Sand)	-	1
	Ai	1
	Ah	2
umgelagertes natürliches Substrat (Bodenart Lehm oder Ton)	-	1
	Ai	2
	Ah	3
Hortisol	Alle	4

Verfahrensdiskussion

Eine Anpassung ist nicht notwendig.

4.1.4.5.3.4 Pufferung von Säuren (AAA4)

Verfahrensbeschreibung

Kriterium: Fähigkeit zur Neutralisation von Säuren

Eingangsparameter: Horizontsymbol, -lage und -mächtigkeit, Tongehalt, Skelettgehalt, Trockenrohdichte, Humusgehalt, pH-Wert, Kalkgehalt

Methode:

Für jedes Profil erfolgt die Berechnung der Säureneutralisationskapazität (SNK) in mol_c/m² zunächst für jeden Horizont bis max. 1 m Tiefe. Bei höher anstehendem Grundwasser erfolgt die Berechnung bis zur Oberkante des ersten reduzierten Horizonts. Die Funktionen wurden von DICKSCHAS [2001] und BAASCH [1999] entwickelt.

Für jeden Horizont bis max. 1 m Tiefe sind folgende Berechnungen durchzuführen:

1. Berechnung der Feinbodenmenge:

$$FB_{Hor} = \rho t \times M_{Hor} \times 1000 \times \frac{100 - SK}{100} \quad \text{Gl. 6}$$

FB_{Hor} = Feinbodenmenge des Horizonts in kg/m²

ρt = Trockenrohdichte in g/cm³

M_{Hor} = Horizontmächtigkeit in m innerhalb der Bodentiefe 0 bis 1 m.

SK = Skelettanteil in Vol.-%

2. Berechnung der SNK des Horizonts:

$$SNK_{Hor} [mol_c / m^2] = (1,232 \times T + 10,116 \times H + 29,482 \times pH + 100 \times C - 72) \times FB_{Hor} \times 0,001$$

Gl. 7

- T = Tongehalt in %
- H = Humusgehalt in %
- pH = pH-Wert in CaCl₂
- C = Kalkgehalt in %

3. Für Waldstandorte mit Humusauflagen erfolgt zusätzlich die Berechnung der SNK für die Humusauflage nach Gl. 8:

$$SNK_{Humus} [mol_c / m^2] = B \times \rho t \times M_{Hor} \times 0,01 \quad \text{Gl. 8}$$

- B = Basengehalt in mmol_c/kg, Durchschnitt: Mull = 610, Moder = 390, Rohhumus = 320
- ρt = Rohdichte in g/cm³, Durchschnitt nach Tabelle 4-20
- M_{Hor} = Gesamtmächtigkeit der Humusauflage m

Tabelle 4-20: Durchschnittliche Trockenrohdsichten verschiedener Humusformen [DICKSCHAS 2001].

Humusform	ρt[g/cm ³]
L-Mull	0,05
F-Mull	0,08
Mullartiger Moder	0,10
Typischer Moder	0,13
Rohhumusartiger Moder	0,15
Rohhumus	0,20

Abschließend wird die berechnete SNK des Profils nach Gl. 9 ermittelt und nach Tabelle 4-21 einer Wertstufe zugeordnet.

$$SNK_{Prof} = SNK_{Humus} + \sum SNK_{Hor} \quad \text{Gl. 9}$$

Tabelle 4-21: Bestimmung der Wertstufe für die Teilfunktion "Pufferfunktion für Säuren".

	Wertstufe				
	1	2	3	4	5
SNK _{Prof} [mol _c /m ²]	<40	40 -100	100 – 250	250 – 600	>600

Die Wertstufe der Teilfläche ergibt sich aus dem ganzzahlig gerundeten arithmetischen Mittelwert der Wertstufen der einzelnen Bohrpunkte.

Verfahrensdiskussion

Eine Anpassung gegenüber HOCHFELD [2004] ist nicht notwendig.

4.1.4.5.4 Archivfunktion

Wie schon bei HOCHFELD [2004] soll die Zweiteilung der Archivfunktion in diejenige der Natur- und die der Kulturgeschichte beibehalten werden. Allerdings bedingt die Datenlage eine deutliche Vereinfachung der Methoden. Informationen zum Profilaufbau liegen nur bedingt vor, die meisten Daten sind Leitprofile aus denen kaum Aussagen zum Überprägungszustand oder zu besonderen Merkmalen abgeleitet werden können. Die Bewertung basiert somit auf gutachterlichen Einstufungen auf der Basis der Bodendaten und der Biotoptypen.

4.1.4.5.4.1 Archiv der Naturgeschichte (AF1)

Verfahrensbeschreibung

Kriterium: Naturnähe und Seltenheit des Bodens

Eingangsparameter: Bodentyp, Biotoptyp

Methoden:

Die Bewertung erfolgt zunächst über die Einstufung der Seltenheit des Bodentyps. Die in der DBK 25 ausgewiesenen Böden werden nach Tabelle 4-22 eingestuft. Entscheidend ist hierbei die flächenhafte Verbreitung des jeweiligen Bodentyps in Kombination mit der vorherrschenden Bodenart (Typen nach Karte 7.3 der UVU 1997) in Bezug zum Bodeninventar des UG. Zur Klasseneinteilung wurden natürliche Intervalle (Arc-View/Jenks) gewählt. Anthropogene Böden und Watten werden nicht mit berücksichtigt.

Wattböden bestehen aus jungen Sedimenten. Sie erhalten pauschal die Wertstufe 3 soweit sie natürlich abgelagert wurden. Im Bereich direkter anthropogener Störungen (Baggerungen, Ablagerungen) erhalten sie Wertstufe 5.

Anschließend werden anhand der Biotoptypen Zu- bzw. Abschläge vergeben. Diese sind der Tabelle 9-4 (Anhang) zu entnehmen.

Tabelle 4-22: Bestimmung der Bewertungsgrundzahl für die Teilfunktion "Archiv der Naturgeschichte" über Bodentyp und vorherrschende Bodenart

Seltenheit (Flächenanteil in % Bodenfläche*, natural breaks)					
	<1 %	<2 %	<5 %	<14 %	>14 %
Bodentyp + Bodenart°	Organomarsch MO_1 Kalkmarsch MC_3 Rohmarsch MR_1 Kleimarsch MN_1 Kleimarsch MN_1* Kleimarsch MN_3	Dwogmarsch MD_1 Salzmarsch MR_1*	Vorlandmarsch MV_2 Trockenstrand UA_3	Kalkmarsch MC_2 Kleimarsch MN_2	Salzmarsch MR_2 Kleimarsch MN_1 Kalkmarsch MC_1
Wertzahl	5	4	3	2	1

(*) ohne anthropogene Böden, ohne Wattflächen; °) _1 = tonig, _1* = tonig-schluffsandig, _2 = schluffig-sandig, _3 = sandig

Verfahrensdiskussion

Das Verfahren vereinfacht aufgrund fehlender Datenbasis pragmatisch. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass natürliche Böden immer ein Archiv der Naturgeschichte darstellen, insbesondere die Marschenböden erfahren durch die kontinuierliche Sedimentation eine ständige Informationszufuhr, selbst erosionsbedingte Diskordanzen lassen Rückschlüsse auf die Naturgeschichte zu (z.B. Sturmflutereignisse). Im Bereich direkter anthropogener Überprägung im Sinne einer Schicht- bzw. Ablagerungsstörung erfahren sie allerdings irreversible negative Veränderungen. Somit ist es konsequent, Böden unter natürlichen Nutzungen unabhängig von ihrer Seltenheit hohe Abschlüsse (=bessere Wertstufe) zu erteilen. Umgekehrt können Böden unter intensiver Bebauung unabhängig von der Seltenheit nur Wertstufe 5 erhalten. Hierdurch wird auch die umstrittene Bestimmung der Seltenheit relativiert. Die Seltenheit wurde auf der Ebene Bodentyp plus Bodenart über den Anteil an der gesamten Bodenfläche des UG bestimmt, dabei kann sowohl die Wahl des Bezugsraums als auch die Wahl der bodentypologischen Einheit allenfalls eine pragmatische Lösung bedeuten. Tabelle 4-23 zeigt unterschiedliche Modelle zur Ableitung der Seltenheit. Die Methode "natural breaks" und die Kombination aus Bodenart und Bodentyp wurden gewählt, weil sie am besten differenziert und alle Klassen besetzt.

Tabelle 4-23: Ableitung der Seltenheit über den Flächenanteil in gleichen Intervallen

Seltenheit (Flächenanteil in % Bodenfläche*, gleiche Intervalle)					
	<5 %	<10 %	<15 %	<20 %	>20 %
Bodentyp	Organomarsch MO Dwogmarsch MD Strandböden UA Vorlandmarsch MV	-	Salzmarsch MR	-	Kleimarsch MK Kalkmarsch MC
Bodentyp u. Bodenart*	Organomarsch MO_1 Kalkmarsch MC_3 Rohmarsch MR_1 Kleimarsch MN_3 Kleimarsch MN_1*	Dwogmarsch MD_1 Salzmarsch MR_1*	Vorlandmarsch MV_2 Trockenstrand UA_3	Kalkmarsch MC_2 Kleimarsch MN_2	Salzmarsch MR_2 Kleimarsch MN_1 Kalkmarsch MC_1

*) ohne anthropogene Böden, ohne Wattflächen;

°) _1 = tonig, _1* = tonig-schluffsandig, _2 = schluffig-sandig, _3 = sandig

Tabelle 4-24: Ableitung der Seltenheit über den Flächenanteil in natürlichen Intervallen

Seltenheit (Flächenanteil in % Bodenfläche*, natural breaks)					
	<0,5 %	<2 %	<5 %	<20 %	>20 %
Bodentyp	Organomarsch MO	Dwogmarsch MD	Trockenstrand UA Vorlandmarsch MV	Salzmarsch MR	Kleimarsch MC Kalkmarsch MK
Bodentyp u. Bodenart*	<1 % Organomarsch MO_1 Kalkmarsch MC_3 Rohmarsch MR_1 Kleimarsch MN_3 Kleimarsch MN_1*	<2 % Dwogmarsch MD_1 Salzmarsch MR_1*	<5 % Vorlandmarsch MV_2 Trockenstrand UA_3	<14 % Kalkmarsch MC_2 Kleimarsch MN_2	>14 % Salzmarsch MR_2 Kleimarsch MN_1 Kalkmarsch MC_1

*) ohne anthropogene Böden, ohne Wattflächen;

°) _1 = tonig, _1* = tonig-schluffsandig, _2 = schluffig-sandig, _3 = sandig

4.1.4.5.4.2 Archiv der Kulturgeschichte (AF2)

Verfahrensbeschreibung

Kriterium: Erhaltungsgrad und Art von vorindustriellen, über den normalen Ackerbau hinausgehenden Einwirkungen

Eingangsparameter: Lage (im Bereich ehemaliger Kulturtätigkeit), Oberflächenmerkmale (für Kulturtätigkeit)

Methode:

Die Bewertung erfolgt gutachterlich anhand der Lage zu Bereichen ehemaliger Kulturtätigkeit (Deiche, Wurten, andere archäologische Fundstätten) und anhand des Erhaltungszustands der charakteristischen Beetstrukturen. Zur Orientierung dient der nachfolgende Bewertungsrahmen.

Tabelle 4-25: Orientierungsrahmen für die Bewertung von Böden als Archiv der Kulturgeschichte

Beschreibung	Wertstufe
Böden auf archäologischen Fundstätten, Wurten, Deichen	5
Traditionelle Marschenbeete unter Grünland	5
Traditionelle Marschenbeete unter Acker	4
Böden im Nahbereich (Radius 100 m) um archäologische Fundstätten, Wurte und Deiche	3
Alle anderen Marsch-, Strand- und Wattböden	2
übrige Böden	1

Verfahrensdiskussion

Das UG ist durch nahezu flächenhafte Veränderungen der Böden durch den Menschen gekennzeichnet. Grundsätzlich können in allen Böden des Gebiets, die durch eine mehr oder weniger kontinuierliche Sedimentation entstanden sind, auch Informationen zur Kulturgeschichte enthalten sein. So enthalten sie z. B. Merkmale, die auf vorgeschichtliche rodungsbedingte Sedimente zurückzuführen sind oder Pflanzenpollen, die Aussagen über die frühere landwirtschaftliche Nutzung ermöglichen [WIECHMANN 2000]. Auch Wattengebiete mit allgemein jungen Schlickern können durch ihre Schadstoffgehalte Informationen über die Industriegeschichte enthalten. Die genannten Beispiele zur Archivfunktion im Sinne der Kulturgeschichte kommen vermutlich weitverbreitet und mit nur geringem Detaillierungsgrad in den Vordeichsböden vor. Höhere Bedeutung als Archiv der Kulturgeschichte weisen Böden auf, in denen Zeugnisse früherer lokaler Kulturtätigkeiten enthalten sind, z.B. im Bereich archäologischer Fundstätten, Wurten und alter Deiche. In den gut ausgeprägten Marschenbeeten lassen sich ebenfalls Zeugnisse der Landnutzung finden.

Die Lage von Marschenbeeten lässt sich allein aus den Bodendaten nicht sicher bestimmen. Über die Struktur des Grabensystems kann die DBWK in Kombination mit Luftbildern Hinweise liefern.

Die Lage archäologischer Fundstätten kann aus den Daten der UVU 1997 abgeleitet werden. Als zu bewertender Bereich wird die Fundstätte getrennt von ihrer näheren Umgebung (100 m Abstand) betrachtet.

4.1.4.5.5 Integration der Ergebnisse der Teilfunktionen und Ableitung von Bodenschutztypen

Verfahrensbeschreibung

Das Bewertungsverfahren liefert für jede Teilfunktion und jede Teilfläche eine Wertstufe. Somit besteht bei vollständiger Datenbasis das Ergebnis der Bodenfunktionsbewertung aus 10 Teilergebnissen für jede Teilfläche. Dieses vergleichsweise stark differenzierende Ergebnis ist als solches planerisch schwer vermittelbar, da die Einzelergebnisse fachlich und rechtlich nicht gleichgewichtig sind und einer Interpretation bedürfen. Um zu einem fachlich ausgewogenen und leichter verständlichen Ergebnis zu gelangen, ist es notwendig, die Teilergebnisse zu einem Gesamtergebnis zu integrieren. Die verwendeten Funktionskürzel und Verweise auf die jeweiligen Kapitel zeigt Tabelle 4-26.

Tabelle 4-26: Funktionskürzel, Textform und Kapitelnummern.

Funktionskürzel	Beschreibung	Kapitel
LRF	"Lebensraum und Lebensgrundlage für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen"	4.1.4.5.1
LRF1	"Lebensgrundlage für den Menschen"	4.1.4.5.1.1
LRF2	"Lebensraum und Lebensgrundlage für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen"	4.1.4.5.1.2
BNH	"Bestandteil im Naturhaushalt, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen"	4.1.4.5.2
BNH1	"Bestandteil im Wasserkreislauf"	4.1.4.5.2.1
BNH2	"Bestandteil im Nährstoffkreislauf"	4.1.4.5.2.2
AAA	"Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für Stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers"	4.1.4.5.2
AAA1	"Ausgleichsmedium für Stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter- und Puffereigenschaften für Schwermetalle"	4.1.4.5.3.1
AAA2	"Ausgleichsmedium für Stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter- und Puffereigenschaften für organische Schadstoffe"	4.1.4.5.3.2
AAA3	"Abbaumedium für Stoffliche Einwirkungen auf Grund der Stoffumwandlungseigenschaften für organische Schadstoffe"	4.1.4.5.3.3
AAA4	"Pufferung von Säuren"	4.1.4.5.3.4
AF	"Archiv der Natur- und Kulturgeschichte"	4.1.4.5.4
AF1	"Archiv der Naturgeschichte"	4.1.4.5.4.1
AF2	"Archiv der Kulturgeschichte"	4.1.4.5.4.2

Im ersten Schritt wird für jede der im Gesetz genannten natürlichen Bodenfunktionen (LRF, BNH, AAA) sowie für die Archivfunktion (AF) eine Wertzahl nach folgendem Verfahren ermittelt:

Bei der Integration der **Lebensraumfunktion (LRF)** entscheidet die Teilfunktion, welche das schlechteste Ergebnis aufweist, über das Gesamtergebnis.

LRF = *LRF1* wenn Wertstufe von *LRF2* besser als *LRF1* oder *LRF2* = *LRF1*
= *LRF2* wenn Wertstufe von *LRF1* besser als *LRF2*

Bei den **Bodenfunktionen BNH und AAA** sind die Ergebnisse der Teilfunktionen i. d. R. gleichgerichtet, daher werden diese Bodenfunktionen integriert mit dem gerundeten arithmetischen Mittelwert der jeweiligen Teilfunktionen bewertet.

$$BNH = (BNH1 + BNH2) \times 0,5$$

$$AAA = (AAA1 + AAA2 + AAA3 + AAA4) \times 0,25$$

Die Teilfunktionen der **Archivfunktion (AF)** verhalten sich nicht gleichgerichtet. Da es sich bei der Archivfunktion um eine im Falle des Verlustes vollständig irreversible Bodenfunktion handelt, bestimmt jeweils die Teilfunktion das integrierte Ergebnis der Archivfunktion, welche die beste Wertstufe erzielt hat.

$$AF = AF1 \text{ wenn Wertstufe von AF1 besser oder gleich wie AF2}$$

$$= AF2 \text{ wenn Wertstufe von AF2 besser als AF1}$$

Mit der Integration wird eine Bewertung der Böden hinsichtlich der gesetzlich genannten Bodenfunktionen erreicht, wobei die Verfahren der unterschiedlichen Bedeutung der einzelnen Teilfunktionen gerecht werden. Damit reduziert sich das Gesamtergebnis für jede bewertete Teilfläche von 10 auf 4 Wertstufen. Dieses Integrationsverfahren wurde bereits in HOCHFELD [2004] für andere Maßnahmen beschrieben, für das UG ergeben sich keine Abänderungsnotwendigkeiten.

Aus den Funktionswertstufen werden im zweiten Schritt Bodenschutztypen abgeleitet, die direkt in die Boden-Wertstufe übersetzt werden können. Tabelle 4-27 zeigt die schematische Ableitung der Bodenschutztypen. Die Ermittlung der Schutztypen erfolgt durch hierarchisches Abprüfen der Kriterien: Der Boden wird dem Schutztyp zugeordnet, dessen Bedingungen bzgl. der integrierten Funktionswertstufen zuerst erfüllt wird. Ist ein Boden z.B. bereits Schutztyp 4, weil die LRF oder AF Wertstufe 4 erreichen, so ist er nicht gleichzeitig Schutztyp 2a, auch wenn AAA Wertstufe 4 erzielt. Die Schutzwürdigkeit ist umso höher, je größer die Schutztypziffer ist. Die mit a und b getrennten Typen einer Ziffer sind gleichwertig, die Boden-Wertstufe entspricht der jeweiligen Ziffer.

Tabelle 4-27: Kriterien zur Ableitung von Bodenschutztypen

Boden-Wertstufe	Schutztyp	Wertstufen der integrierten Bodenfunktionen			
		LRF	AF	AAA	BNH
5	5a	-	5	-	-
	5b	5	-	-	-
4	4a	4	-	-	-
	4b	-	4	-	-
3	3a	3	-	-	-
	3b	-	3	-	-
2	2a	-	-	5 oder 4	-
	2b	-	-	-	5 oder 4
1	1	-	-	-	-

1 - 5 = Wertstufen, "-" = Wertstufe beliebig

Verfahrensdiskussion

Auch nach der in Schritt 1 beschriebenen Integration der Ergebnisse der Teilfunktionen entsprechend der im BBodSchG benannten Bodenfunktionen stehen die so integrierten vier Wertstufen pro Teilfläche zunächst gleichgewichtet nebeneinander. Das Gesetz sieht hier zunächst keine Bevorzugung einzelner Funktionen vor [HOLZWARTH et al. 2000]. Die verschiedenen Bodenfunktionen sind jedoch unterschiedlich wertvoll, wenn ihre Wiederherstellbarkeit als Kriterium angesetzt wird. So sind Böden bzw. Substrate mit hoher Filter- und Pufferfunktion auch künstlich relativ einfach herstellbar, indem ein entsprechendes Substrat zusammenstellt und aufgetragen wird. Böden mit einem hohen Wert als Lebensraum oder als Archiv sind dagegen über lange Zeiträume gewachsen. In diesen Böden hat sich ein natürliches standorttypisches biologisches Gleichgewicht einstellen können und in ihnen sind Informationen über die Natur- und Kulturgeschichte in Form von Horizontmerkmalen gespeichert. Diese Böden haben entsprechend einen höheren Wert, da sie nicht ohne weiteres wiederherstellbare Funktionen innehaben. Das Bewertungsverfahren trägt also dem Gedanken Rechnung, dass Böden mit einer hohen Ausprägung der Lebensraum- oder Archivfunktion eine größere Schutzwürdigkeit zugemessen wird, als Böden, die ausschließlich eine Funktion als Ausgleichsmedium oder Bestandteil des Naturhaushalts besitzen.

4.1.4.5.6 Verfahren zur Gesamtbewertung des Schutzgutes Boden

In Abhängigkeit von den Auswirkungen der jeweiligen Maßnahme können sich Änderungen von Wertzahlen der einzelnen Teilfunktionen, Änderungen der Wertstufen der integrierten Bodenfunktionen oder auch Veränderungen bei der Schutztypzuordnung ergeben. Entscheidend für die Gesamtbewertung der Auswirkungen auf das Schutzgut Boden sind die Veränderungen, die sich bei den Bodenschutztypen ergeben. Zwar können auch bereits auf der Ebene der Teilfunktionen negative Auswirkungen auftreten, die hier jedoch solange als nicht erheblich betrachtet werden, wie sie den Bodenschutztyp nicht verändern.

Zusätzlich ist bei den Auswirkungen auf die Böden die zeitliche Wirksamkeit der Veränderungen zu betrachten. Eine Verschlechterung um eine Wertstufe stellt zwar eine erhebliche negative Veränderung dar, jedoch ist diese nicht in jedem Fall auch als dauerhaft wirksam anzusehen: Während Verschlechterungen der Wertstufen der Funktionen LRF, AF, AAA in der Regel langfristig wirksam sind, können diese bei der Funktion BNH auch lediglich kurz- oder mittelfristig wirksam sein.

Eine maßnahmenbedingte negative Veränderung der Boden-Wertstufe tritt ein, wenn beispielsweise eine Bodenfläche, die vor der Maßnahme dem Schutztyp 4a zugeordnet war, nach der Maßnahme Schutztyp 2b erreicht: Sie erfährt in diesem Fall eine Verschlechterung von -2 Boden-Wertstufen. Die Untergruppen a und b sind dabei stets gleichrangig zu bewerten. Im Bewertungsverfahren können auch Verbesserungen der Bodenwertstufen erfasst werden. So ergibt eine Änderung des Schutztyp 2a zu Schutztyp 3b eine Änderung der Bodenwertstufe von +1.

Jede Verschlechterung der Schutztypkategorie bedeutet somit eine erhebliche und - wegen der Langsamkeit mit der sich Böden entwickeln - auch eine dauerhaft wirksame Veränderung.

Verfahrensdiskussion

Ziel des Bodenschutzes ist nach BBodSchG die nachhaltige Sicherung oder Wiederherstellung der Bodenfunktionen. Die Nachhaltigkeit bzw. die dauerhafte Wirksamkeit ist bei maßnahmenbedingten Eingriffen in das sich langsam entwickelnde Schutzgut Boden in der Regel gegeben. Im durchgeführten Verfahren wird eine dauerhafte Wirksamkeit als Auswirkungsdauer von über 3 Jahren definiert. Als dauerhaft wirksam werden entsprechend solche Auswirkungen angesehen, bei denen sich auch nach 3 Jahren der Ausgangszustand nicht wieder eingestellt hat. Diese Situation trifft bei Böden fast immer zu, so dass davon ausgegangen werden kann, dass Eingriffe in Böden, die als erheblich bezeichnet werden, auch dauerhaft wirksam sind.

Bei der Prüfung der Auswirkungen von Maßnahmen auf die Schutzgüter verlangt das UVPG [1990], bzw. das BNatSchG [2002] die Bewertung der Auswirkungen nach dem Kriterium der Erheblichkeit. Dabei werden jedoch vom Gesetzgeber keine eindeutigen Aussagen dazu getroffen, was erhebliche Veränderungen sind.

Im verwendeten Verfahren wird für das Schutzgut Boden eine erhebliche Auswirkung bei Eintreten einer dauerhaft wirksamen Verschlechterung um mindestens eine Bodenwertstufe festgelegt.

Dies hat zur Folge, dass sich maßnahmenbedingte Veränderungen der Lebensraumfunktion und / oder der Archivfunktion stark, und fast immer erheblich auswirken. Hingegen ist es möglich, dass sich durch eine Veränderung eine der Pufferfunktionen um eine Wertstufe verschlechtert, ohne dass sich der Schutztyp ändert und die Erheblichkeitsschwelle überschritten wird. Dieses Vorgehen wird durch die unterschiedlichen Möglichkeiten bei der Wiederherstellung der verschiedenen Bodenfunktionen gerechtfertigt (s. o.).

Im Bereich des UG sind sehr junge Böden bedingt durch die starken Sedimentationsprozesse charakteristisch (z.B. Bodentyp Rohmarsch). Im Gegensatz zu anderen Regionen erreicht dort auch die Lebensraumfunktion schneller wieder die ursprüngliche Funktion. Bei der Bewertung der dauerhaften Wirksamkeit der Auswirkungsfolgen ist dies im Einzelfall zu berücksichtigen. Außerdem kann der Fall eintreten, dass sich die bewertungsrelevanten Eigenschaften eines Bodens bereits vor der Maßnahme sehr nahe an der Klassengrenze einer Wertstufe befinden. Somit ist dann nur eine sehr geringe Veränderung notwendig, um diesen Boden in eine benachbarte Wertstufe zu bewegen. Eine Änderung des pH-Wertes um 0,1 könnte theoretisch bereits eine Wertverschlechterung um eine Stufe bedeuten. Aus diesem Grunde sind Böden, bei denen eine Wertstufenveränderung um lediglich eine Stufe prognostiziert wird, einzeln auf die Überschreitung der Erheblichkeitsschwelle zu prüfen,

4.1.5 Verfahren zur Prognoseerstellung

Für die Prognose von projektbedingten Auswirkungen auf das Schutzgut Boden wird ein Prognosehorizont von 10 Jahren verwendet. Die in dem verwendeten Hamburger Verfahren [HOCHFELD 2005] allgemein formulierten Vorgaben zur Anwendung im Prognosefall können im Rahmen der UVU auf bereits konkretisierte maßnahmenbedingte Veränderungen abstellen:

Die Prognose gliedert sich in zwei Schritte: In ersten Schritt werden die qualitativen Auswirkungen der Maßnahmen auf die Böden beschrieben, im zweiten Schritt aus dem GIS Boden die quantitative Veränderung ermittelt und bewertet.

Qualitative Prognose

Ausgehend von den Bewertungsergebnissen der Ist-Zustandsbewertung nach dem oben beschriebenen Verfahren werden die Veränderungen der bewertungsrelevanten Parameter gutachterlich abgeschätzt. Grundlage für die Prognose sind die Vorhabensbeschreibung [PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006c] und die Prognosen zur Veränderung der hydrologischen Situation und den Veränderungen der Sedimentation- und Erosionssteuernden Wellenangriffe [BAW 2006d]. Unterschieden werden die direkten und indirekten Auswirkungen auf die Böden.

Quantitative Prognose

Auf der Basis der prognostizierten maßnahmenbedingten direkten und indirekten Veränderungen der Bodenschutztypen und der im Einzelnen betroffenen Flächen wird der Wertverlust bzw. -gewinn für das Schutzgut Boden bestimmt.

Während die Darstellung des Ist-Zustands des Schutzgutes Boden anhand des Maßstabes von 1 : 25.000 erfolgt, wird zur Beurteilung der maßnahmenbedingten Auswirkungen auf die betroffenen, kleinräumig stark variierenden Bodeneinheiten eine höhere Auflösung benötigt.

Die Prognose der direkten Auswirkungen auf das Schutzgut Boden erfolgt daher im Maßstab 1 : 5.000, der auch die Bearbeitung der im Bereich der Verbringungsflächen in größerem Umfang auftretenden Strandböden erlaubt.

Entsprechend wurde anhand der Karte Biotoptypen (BFBB 2006) in den betroffenen Bereichen (Verbringungsflächen) Strandböden ausgewiesen. In diesem Zusammenhang wurde neben den natürlichen Strandböden (UA_3.3) als weiterer Sondertyp die Einheit Strandböden auf anthropogen aufgespülten Sedimenten (UA_3.3Y) eingeführt. Dieser entspricht in seinen physiko-chemischen Eigenschaften den natürlichen Strandböden, weist aber hinsichtlich der Bodenfunktionen abweichende Wertigkeiten auf.

5 BESCHREIBUNG UND BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDS DER BÖDEN

5.1 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 5-1).

Tabelle 5-1: Projektliste Planerischer Ist-Zustand [PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006d]

Projekt / Plan	Planungsstand / (voraussichtliche) Fertigstellung	Land
Hahnöfersand: 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 Kohlenschiffhafen)	Fertigstellung 2011	Freie u. Hansestadt Hamburg

Die genannten Vorhaben wirken sich vor allem direkt durch Gewinn oder den Verlust von Bodenfläche auf den Ist-Zustand des Schutzgutes Boden aus. So kommt es bezüglich der Erweiterung des Europakais Cuxhaven, den Deichverstärkungen sowie in geringem Maße auch bei der Anpassung Einfahrt Vorhafen zur Überbauung bzw. Abtragung von Böden. Auch die Verfüllung des Kohlenschiffhafens bedeutet durch Herausnahme aus dem Überflutungsraum bei Anlage einer Flutschutzmauer einen Verlust von Böden. Im Falle der Kompensationsmaßnahme Hahnöfer Sand kommt es in geringem Maße zu einem Flächenzuwachs an Böden. Die Errichtung eines Tiefwasserliegeplatzes in Finkenwerder und die Herstellung der Zufahrt zum Containerterminal Altenwerder wirken sich nicht direkt auf das Schutzgut Boden aus.

5.2 Bodenvergesellschaftung und –verbreitung

5.2.1 Allgemeine Grundlagen

Marschböden werden als Böden definiert, die sich in unter tidalen Bedingungen abgelagerten Sedimenten gebildet haben. Die systematische Gliederung der Marschböden folgt im Wesentlichen dem "Reifungsgrad" der Böden, der auch durch die Marschenkultur befördert wurde. In diesem Zusammenhang kommt der Entkalkungstiefe hin-

sichtlich der Klassifikation der Marschböden eine zentrale Rolle zu, da für das Ausgangsmaterial im Grundsatz ein gewisser Kalkanteil unterstellt wird. So kann die Reihung der Bodentypen Rohmarsch – Kalkmarsch – Kleimarsch als eine Entwicklungsreihe aufgefasst werden, die eine Abnahme der Überflutungshäufigkeit und einer sich anschließenden, von der Bodenoberfläche in die unteren Bodenschichten voranschreitenden Entkalkung widerspiegelt. Die abnehmende Überflutungshäufigkeit ist durch die nahezu gesamtflächige Eindeichung der Marschen bedingt, die Ausprägung der Böden ohne die Marschkultur ist nicht bekannt.

Weitere Bodentypen der Marschen werden nach besonderen physikochemischen Eigenschaften klassifiziert. Hierzu gehören insbesondere die Dwogmarsch mit ihren wasserstauenden Dwoghorizonten, die Knickmarsch mit ihren wasserundurchlässigen Knickhorizonten, die haftwassergeprägte, stark schluffige Haftnässemarsch sowie die tonige Organomarsch, die sich uferfern in tiefgelegenen Übergangsbereichen zu anmoorigen und moorigen Böden bildet.

Die Art und Ausprägung von Marschböden wird stark von den Eigenschaften der am Anfang der Bodenbildung stehenden Ausgangssedimente und der Art und Intensität der anthropogenen Überprägungen (Marschenkultur) gesteuert. Insbesondere Korngröße und Carbonatgehalt der Sedimente sind dabei direkt von den Sedimentationsbedingungen und der Lage der Ablagerungsräume abhängig.

Mit zunehmender Entfernung von Fluss- oder Prielufern und Küsten nehmen bei Überflutungen die Strömungsgeschwindigkeiten ab, so dass ufernahe Bereiche schluffig-sandig ausgebildet sind, während uferfern abgelagerte Sedimente einen feinkörnigen Charakter aufweisen. Diese Verhältnisse können weitere Modifikationen erfahren und je nach Prall- oder Gleithangsituation des Vorlands stärker in den fein- oder grobkörnigen Bereich verschoben sein. Insgesamt sind ufernah relativ sandige Roh-, Kalk- und Kleimarschen typisch, während uferfern tonig-schluffige Kalk- und Kleimarschen mit grundwasserstauenden Dwog- und Knickmarschen sowie moorigen Organomarschen vergesellschaftet sind. Während schluffreiche Bodenarten grundsätzlich mehr Carbonat in Form fein zerriebenen Muschelkalks enthalten, sind die Gehalte in Tonen und reinen Sanden geringer. Sande mit größeren Anteilen von Mittel- und Grobsanden können auch im marinen Bereich bereits frei von Muschelkalk sein.

Mit zunehmender Entfernung der Ablagerungsbereiche von Gebieten mariner Prägung ist in den Sedimenten ein allgemein abnehmender Gehalt an fein zerriebenen Muschelkalken zu beobachten. In den oberen Abschnitten von tidebeeinflussten Flüssen kommt es schließlich zur Ablagerung von bereits primär carbonatfreien Sedimenten.

Die Überprägung der natürlichen Bodenlandschaft durch den Menschen zeigt sich auch in dem Auftreten nicht-natürlicher anthropogener Böden. Örtlich weit verbreitet sind insbesondere sandige Böden aus Spülgut (Anthropogene Regosole) sowie Aufschüttungsböden (Kolluvisole) im Bereich von Bauwerken (z.B. Deiche und Wurten).

5.2.2 Bodenvergesellschaftung im marin-brackischen Bereich des Elbeästuars

Im marinen und brackischen Küsten- und Uferbereich ist die Differenzierung in die verschiedenen Bodentypen ein überwiegend pedogenetisch gesteuerter Prozess. Die mit der Bodenalterung einhergehende Entkalkung der primär carbonatreichen Sedimente führt zur Umbildung von Kalkmarschen zu kalkfreien Kleimarschen. Im marinen und brackischen Küsten- und Flussuferbereich ist es vor dem Hintergrund der geologischen Entwicklung der Marschen und insbesondere der Bedeichungsgeschichte zu voneinander scharf abgegrenzten Bodenverbreitungsflächen gekommen, innerhalb der eine weitgehende Bodenhomogenität zu beobachten ist. So treten in den neuzeitlich bedeichten Jungmarschgebieten je nach Deichungsalter maximal 3 bis 4 dm tief entkalkte Kalkmarschen auf. Diese werden in den bereits mittelalterlich bedeichten Altmarschen im Bereich der ehemals küstennahen Hochländer und Uferwälle von den 5 - 7 dm tief entkalkten Kleimarschen abgelöst, während in den tiefer gelegenen Hinterländern die älteren und bereits vollständig entkalkten, schluffig-tonigen Klei- und Dwogmarschen auftreten. Bei letzteren handelt es sich unter entwicklungsgeschichtlichen Gesichtspunkten um sehr tonige Subtypen der Kleimarsch.

Für die Deichvorländer des marin-brackischen Bereiches sind die stets bis an die Geländeoberfläche kalkhaltigen Rohmarschen typisch. Eine Entkalkung findet aufgrund der kontinuierlichen Sedimentation carbonathaltigen Materials auf die Bodenoberfläche nicht statt. Die Böden zeigen eine den Gleyen ähnliche Grundwasserdynamik und weisen ganzjährig hohe Grundwasserstände auf. In höher aufsedimentierten Bereichen werden Rohmarschen zunehmend von Kalkmarschen abgelöst. Hier ist die Überflutungshäufigkeit geringer und die Grundwasserstände liegen tiefer. Die längeren Trockenphasen bedingen eine intensivere Bodenentwicklung, in deren Verlauf sich zunächst eine gute Gefügestruktur oder seltener bereits auch eine oberflächliche Entkalkung (max. 3 dm) ausbilden können.

Eine weitere Differenzierung erfahren die Böden durch die Salinität des Sedimentationsraumes. Während im vollmarinen und marin-brackischen Bereich Norm-Rohmarsch und Norm-Kalkmarsch (sog. "Salzmarschen") anzutreffen sind (Abschnitte Außenelbe und Cuxhaven) werden sie im stärker brackischen Bereich (Abschnitt Brunsbüttel) von Brack-Rohmarschen und Brack-Kalkmarschen abgelöst. Stärker entwickelte Marschböden (Kleimarschen) wie auch rezente carbonatfreie Sedimente treten in den heutigen unbedeichten marin-brackischen Küstenräumen nicht auf.

Wattböden stellen unter pedogenetischen Gesichtspunkten sehr junge und nur schwach entwickelte Böden dar. Sie sind im marin-brackischen Bereich stets carbonathaltig, Entkalkungsprozesse finden aufgrund der ständigen Wassersättigung der Bodenmatrix nicht statt. Je nach Salinität des Wasserkörpers lassen sich marin-brackischen Bereich des Ästuars Norm-Wattböden (marin) und Brack-Wattböden (brackisch) unterscheiden.

5.2.3 Bodenvergesellschaftung im fluviatilen Bereich des Elbeästuars

Im Gegensatz zum marin-brackischen Bereich wird die Differenzierung der Bodentypen in der perimarin (tidal-fluviatil) geprägten Unterelbe (bis Geesthacht) in zunehmend stärkerem Maße von den aus dem Oberstrom der Elbe eingetragenen kalkfreien Sedimente bestimmt. Bei der Ablagerung von primär carbonatarmen oder bereits carbonatfreien Schlickern und Sanden kann es auch im Deichvorland bereits zur Bildung von primär kalkarmen bis kalkfreien Wattböden und Marschböden kommen. Kalkgehalt und Entkalkungstiefe werden damit zunehmend vom Bodenalter entkoppelt, die Bodendifferenzierung im tidal-fluviatilen Bereich ist somit allgemein stärker sedimentogen (durch Sedimenteigenschaften) als pedogen (durch Bodenbildung) gesteuert.

Typisch für die Deichvorländer des perimarin Bereiches unterhalb Hamburgs ist daher die enge Vergesellschaftung von carbonathaltigen (seltener auch carbonatfreien) Wattböden, Rohmarschen, Kalkmarschen sowie Kleimarschen. Zwischen den genannten Bodentypen bestehen fließende Übergänge.

Die Primärcarbonatgehalte der Böden werden nicht nur im Fluss-Längsverlauf, sondern aufgrund der Abhängigkeit des Kalkgehalts von der Feinkörnigkeit der Sedimente lokal auch durch topographische Gegebenheiten differenziert. So treten im perimarin Bereich an Fluss- und Prielufern häufig noch stärker carbonathaltige sandig-schluffige Uferwälle auf, während uferferne tonig-schluffige Flächen in der Regel carbonatarm bis carbonatfrei sind. Diese topographische Abhängigkeit der Bodendifferenzierung ist in den unteren Abschnitten der Tideelbe zunächst nur undeutlich bzw. nur dort ausgeprägt, wo das Deichvorland eine ausreichende Ausdehnung erreicht (z.B. Allwörderer Außendeich).

Im weiter flussaufwärts gelegenen Abschnitt Glückstadt mit allgemein abnehmenden Carbonatgehalten tritt schließlich die sedimentationsbedingte Zonierung der Bodentypen deutlich in Erscheinung, beispielhaft ausgebildet im Mündungstrichter der Krückau als Abfolge von flussnah schluffiger Kalkmarschen, gefolgt von schluffiger und schließlich toniger Kleimarsch.

Bereits oberhalb Pagensand beginnen die Kalkmarschen in ihrer flächenhaften Ausdehnung zurückzugehen. Die Übergänge von fluviatilen Kalk- und Kleimarschen sind bei bereits stark reduzierten Carbonatgehalten fließend und nur noch undeutlich an topographische Strukturen gekoppelt. Für diesen Bereich ist die Benennung der Böden als "Vorlandmarsch" bezeichnend, da eine Zuordnung zu den Kalk- bzw. Kleimarsch nicht eindeutig möglich ist, da auch innerhalb der Profile die Carbonatverteilung ausgesprochen heterogen ist.

Die Elbesedimente selbst sind noch bis in den Bereich Hamburg schwach carbonathaltig, auch fluviatile Wattböden ("Süßwasserwatten" sind daher häufig noch schwach kalkhaltig. Oberhalb der MThw-Linie angelandete Sedimente entkalken dagegen in wenigen Jahren, daher treten im Abschnitt Wedel keine fluviatilen Kalkmarschen mehr auf, typischerweise sind hier primäre fluviatile Kleimarschen verbreitet.

Die Böden im Vordeichsgebiet der Tideelbe oberhalb Hamburgs liegen im Übergangsbereich zu den Flussauen, die hier verbreiteten Kleimarschen leiten daher bereits zu den Auenböden über. Die auftretenden Bodenarten sind weniger schluffig und zunehmend lehmig, die anstehenden Kleie enthalten häufig größere Anteile flussaufwärts erodierten und stärker vorverwitterten, kalkfreien Materials. Die Böden der oberen Tideelbe unterscheiden sich damit in ihrer Morphologie und ihrem chemischen Status deutlich von den Kleimarschen der unteren Tideelbe, sind aber definitionsgemäß zu den Marschböden zu stellen. In abgeschnittenen Altarmen und tiefergelegenen Bereichen bestehen Tendenzen zur Anmoor- und Moorbildung, die durch die Sedimentation von stark belasteten, vom Oberlauf der Elbe stammenden organischen Schlickern noch verstärkt wird.

5.2.4 Bodenvergesellschaftung im tidebeeinflussten Bereich der Nebenflüsse

In den Nebenflüssen tritt eine den Verhältnissen in der Tideelbe ähnliche Bodenvergesellschaftung auf. In den Unterläufen bzw. Mündungstrichtern sind schluffige Ausprägungen von Kalk- und Kleimarschen typisch, wobei das Auftreten von Kalkmarschen auf die küstennahen Nebenflüsse beschränkt ist. In den elbfernen Mittel- und Oberläufen treten ausnahmslos Kleimarschen auf, die flussaufwärts zunehmend toniger ausgebildet sind. Allgemein nehmen mit zunehmender Entfernung von der Tideelbe die Sedimentationsraten ab, so dass es in geschützten Lagen wie in den Oberläufen von Stör und Krückau auch zu kleinflächigen Vermoorungen und so zur Ausbildung von Organomarschen kommen konnte. Ähnliche Bedingungen herrschen auch im Mündungsbereich der Ilmenau, wo Organomarschen (in Form sog. "Moormarschen") in größerer flächenhafter Ausdehnung auftreten.

5.3 Verbreitung der Böden im Untersuchungsgebiet

Die Beschreibung der im UG auftretenden Böden erfolgt auf Grundlage der aktualisierten digitalen Bodenkarte im Maßstab 1: 25.000 (DBK 25).

5.3.1 Klassifizierung von Böden nach AG BODEN [2005]

Nach AG BODEN [2005] sowie AK BODENSYSTEMATIK [1998] werden Böden in einem hierarchischen System klassifiziert. Im UG treten Böden aus den Klassen der "Semisubhydrischen Böden", der "Marschböden", der "Strandböden" der und der "Terrestrischen anthropogenen Böden" auf. Innerhalb der Klassen werden verschiedene Bodentypen zusammengefasst. Im Falle der Marschböden sind dies u. a. die im UG verbreiteten Rohmarschen (MR), Kalkmarschen (MC), Kleimarschen (MN), Dwogmarschen (MD) und Organomarschen (MO).

Die auftretenden Bodentypen lassen sich nach Ablagerungsmilieu in drei Subtypen untergliedern. Es sind dies die Norm-, Brack- und Flusstypen des marinen, brackischen und fluviatilen Sedimentationsbereichs. So sind die Norm-Kalkmarsch (MCn),

Brackkalkmarsch (MCb) und Fluss-Kalkmarsch (MCf) Subtypen des Bodentyps "Kalkmarsch". Eine weitere Differenzierung in Varietäten erfolgt nach Textur, Höhe des Grundwasserschwankungsbereiches oder besonderen lokalen Ausbildungen.

Diese Klassifikationsregeln gelten analog für die Trocken-Strandböden (UAn, UAb, UAf) sowie die semisubhydrischen Nass-Strandböden (IAma, IAb, IAp) und die Watten. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde der Bodentyp "Watt" über die Klassifikation nach AG BODEN [2005] hinaus in vegetationslose Watten (Wma, Wbr, Wpm) und vegetationsbedeckte Wattböden (IWma, IWbr, IWpm) differenziert.

Die farblich dargestellten Bodeneinheiten der DBK 25 folgen der Systematik nach AG Boden [2005] auf dem Niveau der Bodentypen. Innerhalb der Bodentypen wurde eine weitere Untergliederung nach der Textur der Sedimente vorgenommen. Die Salinität, die nach der KA 5 als Kriterium zur Bildung von Subtypen herangezogen wird, wurde nicht in die Bodenlegende der DBK 25 integriert, sie kann jedoch der Attributierung der Flächen entnommen werden. Die verwendete Darstellungsform ist für Bodenkarten allgemein üblich.

Die Tabelle 5-2 gibt für jede Bodeneinheit die Flächengrößen in den 7 Untersuchungsabschnitten und im Gesamtgebiet an. Die Kurzzeichen der Bodeneinheiten sind den folgenden Abschnitten oder dem Symbolschlüssel Tabelle 4-1 zu entnehmen.

Tabelle 5-2: Verbreitung von Watten und Böden im Untersuchungsgebiet

BODENEINHEIT, *REF	AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME	
WATTEN										
W_1: Watt, tonig-schluffig										
	ha	-	275,8	500,4	106,3	319,5	16,2	-	-	1218,1
	%	-	0,8	1,5	0,3	0,9	<0,1	-	-	3,6
W_2: Watt, schluffig-sandig										
	ha	-	2771,8	1400,4	879,6	335,4	-	-	72,8	5459,9
	%	-	8,2	4,2	2,6	<0,1	-	-	0,2	16,3
W_3: Watt, sandig										
	ha	13507,4	11881,7	460,3	293,8	358,3	4,1	94,0	<0,1	26599,5
	%	40,3	35,5	1,4	0,9	1,1	<0,1	0,3	<0,1	79,4
Summe Watten	ha	13507	14929	2361,1	1279,7	1013	20,3	94	72,8	32062
	%	40,3	44,5	7,1	3,8	2	<0,1	0,3	0,2	99,3
WATTBÖDEN										
IW_1: Wattboden, tonig-schluffig										
	ha	66,0	40,8	47,4	30,8	55,1	74,8	-	-	314,9
	%	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	-	-	1,7
IW_2: Wattboden, schluffig-sandig										
	ha	-	221,7	105,1	217,1	59,8	-	-	23,8	627,5
	%	-	1,2	0,5	1,1	0,3	-	-	0,1	3,3
IW_3: Wattboden, sandig										
	ha	-	61,4	20,4	92,0	43,9	2,6	14,8	<0,1	235,1
	%	-	0,3	0,1	0,5	0,2	<0,1	0,1	<0,1	1,3
Summe Wattböden	ha	66	323,9	172,9	339,9	158,8	77,4	14,8	23,8	1177,5
	%	0,4	1,7	0,9	1,8	0,9	0,4	0,1	0,1	6,3

BODENEINHEIT, *REF	AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME
STRANDBÖDEN									
IA_3: Nass-Strand, sandig									
	ha	-	-	121,7	74,7	-	-	-	196,4
	%	-	-	0,5	0,3	-	-	-	0,9
UA_3: Trockenstrand, sandig									
	ha	326,7	-	-	-	-	-	-	326,7
	%	1,8	-	-	-	-	-	-	1,8
Summe Strandböden	ha	326,7	-	121,7	74,7	-	-	-	523,1
	%	1,8	-	0,5	0,3	-	-	-	2,7
ROHMARSCH									
MR_1: Rohmarsch, tonig-schluffig									
	ha	-	142,2	-	-	-	-	-	142,2
	%	-	0,8	-	-	-	-	-	0,8
MR_1*: Rohmarsch, tonig-schluffsandig									
	ha	231,5	-	-	-	-	-	-	231,5
	%	1,2	-	-	-	-	-	-	1,2
MR_2: Rohmarsch, schluffig-sandig									
	ha	17,6	1824,6	511,1	30,0	-	-	-	2383,3
	%	0,1	9,8	2,8	0,2	-	-	-	12,8
Summe Rohmarsch	ha	249,1	1966,8	511,1	30	-	-	-	2614,8
	%	0,2	10,6	2,8	0,2	-	-	-	14,0
KALKMARSCH									
MC_1: Kalkmarsch, tonig-schluffig									
	ha	-	6,3	571,5	536,8	-	-	2177,9	3292,5
	%	-	<0,1	3,1	2,9	-	-	11,7	17,7
MC_2: Kalkmarsch, schluffig-sandig									
	ha	-	328,0	465,2	312,5	-	-	395,6	1501,4
	%	-	1,8	2,5	1,7	-	-	2,1	8,1
MC_3: Kalkmarsch, sandig									
	ha	-	-	10,6	39,9	-	-	-	50,5
	%	-	-	0,1	0,2	-	-	-	0,3
Summe Kalkmarsch	ha	-	334,3	1047,3	889,2	-	-	2573,5	4844,4
	%	-	1,8	5,6	4,8	-	-	13,9	26,1
VORLANDMARSCH									
MV_2: Vorlandmarsch, schluffig-sandig									
	ha	-	-	-	558,8	-	-	-	558,8
	%	-	-	-	3,0	-	-	-	3,0
KLEIMARSCH									
MN_1: Kleimarsch, tonig-schluffig									
	ha	-	238,0	69,1	182,5	39,4	-	29,0	1987,8
	%	-	1,3	0,4	1,0	0,2	-	0,2	10,7
MN_1*: Kleimarsch, tonig-schluffsandig									
	ha	-	-	-	-	20,8	-	-	144,4
	%	-	-	-	-	0,1	-	-	0,8
MN_2: Kleimarsch, schluffig-sandig									
	ha	-	-	-	-	-	-	90,2	90,2
	%	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5

BODENEINHEIT, *REF	AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME	
MN_3: Kleimarsch, sandig										
	ha	-	-	-	-	-	21,1	121,8	-	142,9
	%	-	-	-	-	-	0,1	0,7	-	0,8
Summe	ha	-	238	69,1	182,5	60,2	21,1	150,8	2222,4	2.944,1
Kleimarsch		-	1,3	0,4	1,0	0,3	0,1	0,8	12,0	15,9
DWOGMARSCH, ORGANOMARSCH, NIEDERMOOR										
MD_1: Dwogmarsch, tonig-schluffig										
	ha	-	-	41,4	-	-	-	-	193,2	234,7
	%	-	-	0,2	-	-	-	-	1,0	1,3
MO_1: Organomarsch, tonig-schluffig										
	ha	-	-	-	-	-	<0,1	368,6		368,7
	%	-	-	-	-	-	<0,1	2,0		2,0
HN_1: Niedermoor (tonig-schluffig)										
	ha	-	-	-	-	-	-	-	9,8	9,8
	%	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	<0,1
ANTHROPOGENE BÖDEN UND SONSTIGE BÖDEN										
YF_2: Aufschüttung, schluffig-sandig										
	ha	-	-	42,5	40,4	48,0	22,2	-	68,2	221,2
	%	-	-	0,2	0,2	0,3	0,1	-	0,4	1,2
YS_1: Aufspülung, tonig-schluffig										
	ha	-	-	15,7	23,1	10,5	-	-	2,2	51,5
	%	-	-	0,1	0,1	0,1	-	-	<0,1	0,3
YS_3: Aufspülung, sandig										
	ha	0,5	110,7	157,7	798,0	572,6	1089,8	-	54,9	2784,3
	%	<0,1	0,6	0,8	4,3	3,1	5,9	-	0,3	15,0
X: Sonstige Böden										
	ha	79,5	0,9		11,7		0,2	30,5	337,6	460,4
	%	0,4	<0,1	-	0,1	-	<0,1	0,2	1,8	2,5
Summe	ha	80	111,6	215,9	873,2	631,1	1112	30,5	462,9	3517,4
Sonstige Böden	%	0,4	0,6	1,1	4,7	3,5	6	0,2	2,5	19
GESAMTSUMME	ha	721,9	2976,8	2066,9	2900,3	850,1	1403,5	605,1	7036,7	18561,4
	%	3,9	16,0	11,1	15,6	4,6	7,6	3,3	37,9	100,0

*) REF = Referenzprofilnummer; Kurzzeichen gem. Symbolschlüssel Tabelle 4-1.

Berechnete Flächenanteile bezogen auf die Gesamtfläche Böden bzw. Gesamtfläche Watten.

5.3.2 Watten (W) und Wattböden (IW)

Im UG treten Varietäten des Schlick-, Misch- und Sandwatts auf, die sich nach der Salinität des Ablagerungsraumes weiter untergliedern lassen. Diese Flächen liegen i.d.R. deutlich unterhalb des MThw und sind daher vegetationsfrei. Wattbereiche ohne Vegetationsbedeckung unterliegen verstärkt Sedimentumlagerungen. Die hier bisweilen oberflächlich auftretende Oxidationshorizonte werden aufgrund ständiger Erosion und Sedimentation in Watten als temporäre Erscheinungen angesehen. Vegetationsfreie Watten werden im Rahmen der UVU nicht als perennierende Böden aufgefasst und nicht bewertet.

Tabelle 5-3: Verbreitung von Watten im Untersuchungsgebiet

BODENEINHEIT, *REF			AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME
W_1: Watt, tonig-schluffig											
Wbr_1.1A	-	ha	-	275,8	500,4	0,3	-	-	-	-	776,5
		%	-	0,8	1,5	<0,1	-	-	-	-	2,3
Wbr_1.1F	-	ha	-	-	-	105,9	-	-	-	-	105,9
		%	-	-	-	0,3	-	-	-	-	0,3
Wpm_1.1F	-	ha	-	-	-	-	317,3	-	-	-	317,3
		%	-	-	-	-	0,9	-	-	-	0,9
Wpm_1.1OE	-	ha	-	-	-	-	-	16,2	-	-	16,2
		%	-	-	-	-	-	<0,1	-	-	<0,05
Wpm_1.1U	-	ha	-	-	-	-	2,2	-	-	-	2,2
		%	-	-	-	-	<0,1	-	-	-	<0,1
Σ		ha	-	275,8	500,4	106,3	319,5	16,2	-	-	1218,1
		%	-	0,8	1,5	0,3	0,9	<0,1	-	-	3,6
W_2: Watt, schluffig-sandig											
Wbr_2.1A	-	ha	-	2722,4	1347,4	107,8	-	-	-	-	4177,5
		%	-	8,1	4,0	0,3	-	-	-	-	12,5
Wbr_2.1F	-	ha	-	-	-	631,8	-	-	-	<0,05	631,8
		%	-	-	-	1,9	-	-	-	<0,05	1,9
Wpm_2.1F	-	ha	-	-	-	95,9	335,4	-	-	72,8	504,0
		%	-	-	-	0,3	<0,1	-	-	0,2	1,5
Wbr_2.1U	-	ha	-	49,4	53,0	42,9	-	-	-	-	145,3
		%	-	0,1	0,2	0,1	-	-	-	-	0,4
Wpm_2.1U	-	ha	-	-	-	1,2	-	-	-	-	1,2
		%	-	-	-	<0,1	-	-	-	-	<0,1
Σ		ha	-	2771,8	1400,4	879,6	335,4	-	-	72,8	5459,9
		%	-	8,2	4,2	2,6	<0,1	-	-	0,2	16,3
W_3: Watt, sandig											
Wma_3.1A	-	ha	13507,4	-	-	-	-	-	-	-	13507,4
		%	40,3	-	-	-	-	-	-	-	40,3
Wbr_3.1A	-	ha	-	11881,7	460,3	-	-	-	-	-	12342,0
		%	-	35,5	1,4	-	-	-	-	-	36,8
Wbr_3.1F	-	ha	-	-	-	293,8	-	-	-	<0,1	293,8
		%	-	-	-	0,9	-	-	-	<0,1	0,9
Wpm_3.1F	-	ha	-	-	-	-	358,3	4,1	-	-	362,3
		%	-	-	-	-	1,1	<0,1	-	-	1,1
Wpm_3.1OE	-	ha	-	-	-	-	-	-	94,0	-	94,0
		%	-	-	-	-	-	-	0,3	-	0,3
Σ		ha	13507,4	11881,7	460,3	293,8	358,3	4,1	94,0	<0,1	26599,5
		%	40,3	35,5	1,4	0,9	1,1	<0,1	0,3	<0,1	79,4
Gesamt		ha	13507	14929	2361,1	1279,7	1013	20,3	94	72,8	32062
		%	40,3	44,5	7,1	3,8	2	<0,1	0,3	0,2	99,3

*) REF = Referenzprofilnummer; Kurzzeichen gem. Symbolschlüssel Tabelle 4-1.

Berechnete Flächenanteile bezogen auf die Gesamtfläche Watten und Nass-Strände.

Tabelle 5-4: Verbreitung von Wattböden im Untersuchungsgebiet

BODENEINHEIT, *REF		AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME	
IW_1: Wattboden, tonig-schluffig											
IWbr_1.1A	1	ha	66,0	40,8	47,4	<0,1	-	-	-	-	154,3
		%	0,4	0,2	0,3	<0,1	-	-	-	-	0,8
IWbr_1.1F	2	ha	-	-	-	30,7	-	-	-	-	30,7
		%	-	-	-	0,2	-	-	-	-	0,2
IWpm_1.1F	2	ha	-	-	-	-	55,1	-	-	-	55,1
		%	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,3
IWpm_1.1OE	3	ha	-	-	-	-	-	74,8	-	-	74,8
		%	-	-	-	-	-	0,4	-	-	0,4
Σ		ha	66,0	40,8	47,4	30,8	55,1	74,8	-	-	314,9
		%	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	-	-	1,7
IW_2: Wattboden, schluffig-sandig											
IWbr_2.1A	4	ha	-	23,8	81,4	20,4	-	-	-	-	125,7
		%	-	0,1	0,4	0,1	-	-	-	-	0,7
IWbr_2.1F	5	ha	-	-	-	99,4	-	-	-	<0,1	99,4
		%	-	-	-	0,5	-	-	-	<0,1	0,5
IWpm_2.1F	5	ha	-	-	-	13,9	59,8	-	-	23,8	97,4
		%	-	-	-	0,1	0,3	-	-	0,1	0,5
IWbr_2.1U	9	ha	-	197,9	23,7	83,2	-	-	-	-	304,8
		%	-	1,1	0,1	0,4	-	-	-	-	1,6
IWpm_2.1U	9	ha	-	-	-	0,1	<0,1	-	-	-	0,1
		%	-	-	-	<0,1	<0,1	-	-	-	<0,1
Σ		ha	-	221,7	105,1	217,1	59,8	-	-	23,8	627,5
		%	-	1,2	0,5	1,1	0,3	-	-	0,1	3,3
IW_3: Wattboden, sandig											
IWma_3.1A	6	ha	-	61,4	-	-	-	-	-	-	61,4
		%	-	0,3	-	-	-	-	-	-	0,3
IWbr_3.1A	6	ha	-	-	20,4	-	-	-	-	-	20,4
		%	-	-	0,1	-	-	-	-	-	0,1
IWbr_3.1F	7	ha	-	-	-	92,0	-	-	-	<0,1	92,0
		%	-	-	-	0,5	-	-	-	<0,1	0,5
IWpm_3.1F	7	ha	-	-	-	-	43,9	2,6	-	-	46,5
		%	-	-	-	-	0,2	<0,1	-	-	0,3
IWpm_3.1OE	8	ha	-	-	-	-	-	-	14,8	-	14,8
		%	-	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1
Σ		ha	-	61,4	20,4	92,0	43,9	2,6	14,8	<0,1	235,1
		%	-	0,3	0,1	0,5	0,2	<0,1	0,1	<0,1	1,3
Gesamt		ha	66	323,9	172,9	339,9	158,8	77,4	14,8	23,8	1177,5
		%	0,4	1,7	0,9	1,8	0,9	0,4	0,1	0,1	6,3

*) REF = Referenzprofilnummer; Kurzzeichen gem. Symbolschlüssel Tabelle 4-1.

Berechnete Flächenanteile bezogen auf die Gesamtfläche Böden

Als "Wattböden" werden Flächen definiert, die im Bereich des MThw oder tiefer liegen und eine Bedeckung mit höheren Pflanzen aufweisen. Je nach Salinität des Gewässers lassen sich als Boden-Subtypen Normwattboden (Salzwatt, IWma), Brackwattboden (IWbr) und Flusswattboden (IWpm) unterscheiden.

Die Bildung von Varietäten erfolgt über die Textur der Sedimente oder die Höhenlage (Bodenvarietäten des Schlick-, Misch-, Sandwatts sowie Übergangswatts). Charakteristisch für Wattböden sind im Tiderhythmus erfolgende Überflutungen und Trockenphasen, in deren Verlauf sich in Schlickwatten und in weniger sandigen Mischwatten meist geringmächtige Oxidationshorizonte ausbilden können. Typisch für feinkörnigere Sedimente mit hohen Anteilen an organischer Substanz ("Schlick") sind Akkumulationen von Eisenmonosulfiden und Pyriten, die auch größere Anteile an sulfidisch gebundenen Schwermetallen enthalten können.

5.3.3 Strandböden (IA, UA)

Im Bereich des MThw treten Strandböden auf, die zwischen den Einheiten Wattböden und Marschböden vermitteln. Sie sind charakterisiert durch überwiegend sandiges Material, das durch Sedimentation bzw. Brandungs- und Strömungserosion mehr oder weniger stark in Umlagerung begriffen ist. Strandböden sind daher vegetationslos oder nur ausnahmsweise lückig bewachsen.

Die Strandböden werden in den amtlichen Bodenkarten aufgrund des verwendeten Maßstabs von 1:25.000 und des meist kleinflächigen Auftretens entlang der Uferlinie nicht gesondert ausgewiesen. Entsprechend fehlt in Tabelle 5-5 für verschiedene Abschnitte eine Angabe zur flächenhaften Verbreitung von Stränden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass Strände in allen Abschnitten des UG in geringerem Umfang auftreten.

Flächen größerer Ausdehnung (Sandbänke) wurden in der aktualisierten DBK 25 den Einheiten IA bzw. UA zugeordnet.

Nassstrand (IA)

Nassstrände sind wenig unterhalb der MThw-Linie gelegen und in der Regel vegetationsfrei. Überflutungen erfolgen zwar regelmäßig bei Tidehochwässern, die rasche Versickerung des Wassers nach dem Trockenfallen ermöglicht jedoch das Eindringen von Luftsauerstoff, so dass sich oberflächlich Oxidationshorizonte ausbilden. Aufgrund der ständigen Sedimentumlagerungen kommt es nicht zu einer ausdauernden Bodenbildung mit klar erkennbaren Horizonten. Nassstrände treten in Form von relativ hoch gelegenen Sandbänken (z. B. Brammer Bank) oder als linienhafte Strukturen entlang sandiger Ufer auf.

Trockenstrand (UA)

Trockenstrände sind vegetationsfrei oder tragen eine nur lückige Vegetation. Sie weisen nur schwache Merkmale einer Bodenbildung auf, da sie wie die Nassstrände noch stark durch Sedimentumlagerungen geprägt sind. Lediglich bei durch beginnenden Pflanzenbewuchs stärker festgelegten Sedimenten sind im Grundwasserschwankungsbereich schwache redoxymorphe Eisenumlösungen sowie initiale Humusanreicherungen im Oberboden feststellbar. Diese Initialböden treten auf hoch liegenden Sandbänken auf (z.B. Scharhörn) oder in wenig oberhalb MThw liegenden Bereichen entlang der Uferlinie.

Tabelle 5-5: Verbreitung von Strandböden im Untersuchungsgebiet

BODENEINHEIT, *REF		AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME
IA_3: Nass-Strand, sandig										
IAbr_3.2A	-	ha	n.b.	n.b.	121,7	74,7	n.b.	n.b.	n.b.	196,4
	%		n.b.	n.b.	0,5	0,3	n.b.	n.b.	n.b.	0,9
UA_3: Trockenstrand, sandig										
UAma_3.2	10	ha	326,7	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	326,7
	%		1,8	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1,8

*) REF = Referenzprofilnummer n.b. = nicht bekannt

Kurzzeichen gem. Symbolschlüssel Tabelle 4-1.

Berechnete Flächenanteile bezogen auf die Gesamtfläche Böden bzw. Gesamtfläche Watten.

5.3.4 Rohmarsch (MR)

Bei Rohmarschen handelt es sich um junge, unentwickelte bis schwach entwickelte Böden des Deichvorlands mit periodischer bzw. episodischer Überflutung und dadurch bedingter periodischer bzw. episodischer Zufuhr von frischen Sedimenten, die in dünnen Schichten flächenhaft abgelagert werden. Neben der regelmäßigen Sedimentation können in Rohmarschen lokal, d. h. in besonders exponierten Bereichen, auch Erosionsvorgänge in Form typischer Abbruchkanten auftreten.

Kennzeichnend für Rohmarschen sind initiale Bodenbildungsprozesse in Form von Sackung und Gefügebildung, ggf. beginnender Entsalzung und Entkalkung. Typisch ausgebildet ist dieser Bodentyp in relativ niedrig gelegenen Bereichen (tiefer als 8 dm über MThw) mit einer den Gleyen und zum Teil auch den Nassgleyen entsprechenden Grundwasserdynamik. Reduktionshorizonte treten meist zwischen 4 und 10 dm u. GOF auf, können bei geringen Geländehöhen aber bereits oberhalb 4 dm u. GOF beginnen.

Norm-Rohmarschen (MRn), sog. "Salzmarschen", sind Böden aus carbonathaltigen Sedimenten des marinen Überflutungs- und Sedimentationsraumes mit geschlossener Vegetationsbedeckung durch Halophyten. Brack-Rohmarschen (MRb) stellen Böden aus carbonathaltigen, seltener carbonatarmen oder carbonatfreien Sedimenten des brackischen Überflutungs- und Sedimentationsraumes dar. Die Vegetationsdecke enthält Anteile an Halophyten und halotoleranten Arten.

Im UG sind die o. g. Subtypen verbreitet, das Fehlen der Fluss-Rohmarschen (MRf) ist auf das frühere Klassifikationssystem nach KA3 [AG BODEN 1982] zurückzuführen, das die Ausweisung von Rohmarschen bzw. Salzmarschen außerhalb des marin beeinflussten Bereiches nicht zuließ. Entsprechende Böden wurden daher als Kalk- und Kleimarschen angesprochen.

Die Rohmarschen des UG sind typischerweise schluffig-sandig, in tonig-schluffiger Ausprägung sind sie als selten anzusehen. Sandige Rohmarschen treten im UG nicht auf.

Bei wesentlichen Einschränkungen der Überflutungs- und Sedimentationsdynamik, d.h. im Schutz von Sommerdeichen oder bei Geländehöhen erheblich oberhalb 8 dm

oberhalb MThw, oder auch bei Vorhandensein eines gut entwickelten Entwässerungsnetzes (engmaschige Grüppenstruktur) gehen die Rohmarschen in Kalkmarschen bzw. Kleimarschen über. Diese Bodentypen treten örtlich in enger Vergesellschaftung auf.

Tabelle 5-6: Verbreitung von Rohmarschen im Untersuchungsgebiet

BODENEINHEIT, *REF		AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME
MR_1: Rohmarsch, tonig-schluffig										
MRn_1.2	11	ha	-	30,0	-	-	-	-	-	30,0
		%	-	0,2	-	-	-	-	-	0,2
MRn_1.3	12	ha	-	112,2	-	-	-	-	-	112,2
		%	-	0,6	-	-	-	-	-	0,6
Σ		ha	-	142,2	-	-	-	-	-	142,2
		%	-	0,8	-	-	-	-	-	0,8
MR_1*: Rohmarsch, tonig-schluffsandig										
MRn_1*.1	13	ha	231,5	-	-	-	-	-	-	231,5
		%	1,2	-	-	-	-	-	-	1,2
MR_2: Rohmarsch, schluffig-sandig										
MRn_2.2	14	ha	17,6	1465,6	489,3	-	-	-	-	1972,5
		%	0,1	7,9	2,6	-	-	-	-	10,6
MRb_2.2	14	ha	-	-	21,9	30,0	-	-	-	51,9
		%	-	-	0,1	0,2	-	-	-	0,3
MRn_2.3	15	ha	-	359,0	-	-	-	-	-	359,0
		%	-	1,9	-	-	-	-	-	1,9
Σ		ha	17,6	1824,6	511,1	30,0	-	-	-	2383,3
		%	0,1	9,8	2,8	0,2	-	-	-	12,8
Gesamt		ha	249,1	1966,8	511,1	30	-	-	-	2614,8
		%	0,2	10,6	2,8	0,2	-	-	-	14,0

*) REF = Referenzprofilnummer; Kurzzeichen gem. Symbolschlüssel Tabelle 4-1.

Berechnete Flächenanteile bezogen auf die Gesamtfläche Böden

5.3.5 Kalkmarsch (MC)

Kalkmarschen sind junge, bereits stärker entwickelte carbonathaltige Böden, die nur noch episodisch überflutet werden. Sie weisen im marinen Bereich i. d. R. salzfreie Ah- und Go-Horizonte auf und können bereits oberflächlich entkalkt sein. Die Entkalkungstiefe ist dabei vom primären Carbonatgehalt abhängig, definitionsgemäß aber nicht größer als 4 dm. Kalkmarschen treten im UG typischerweise in höher gelegenen Bereichen (>8 dm über MThw) oder im Schutz von Sommerdeichen auf. Die Reduktionshorizonte liegen i. d. R. mindestens 10 dm u. GOF und damit vergleichsweise tief.

Je nach Überflutungs- und Sedimentationsraum werden Norm-Kalkmarsch (MCn), Brack-Kalkmarsch (MCb) und Fluss-Kalkmarsch (MCb) unterschieden. Alle drei Subtypen sind im UG vertreten. Ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt im Abschnitt Glückstadt, im Abschnitt Wedel treten bereits praktisch keine Kalkmarschen mehr auf.

Im UG treten insbesondere im brackisch-fluviatilen Übergangsbereich Kalkmarschen mit einer in ihrer Mächtigkeit variierenden carbonatführenden Deckschicht über einem kalkfreien Unterboden auf. Dabei handelt es sich zum Teil um mit jungem, carbonathaltigem Sediment überdeckte carbonatfreie Sedimente oder alte entkalkte Bodenreste (Kleimarschen). Diese Böden wurden als Kalkmarsch klassifiziert, sofern die Mächtigkeit der carbonatführenden Decke mindestens 1,5 dm beträgt.

Bei der sandigen Fluss-Kalkmarsch handelt es sich um das in der amtlichen BK 25 lediglich auf den Blättern 2223 (Elmshorn) und 2323 (Uetersen) rechtselbisch ausgewiesene "Sandvorland". Es handelt sich um relativ tief liegende Böden, die damit bereits zu Rohmarschen überleiten (Geländeoberfläche <8 dm ü. MThw). Die sandige Flusskalkmarsch ist als ein relativ seltener Subtyp der Kalkmarsch anzusehen.

Tabelle 5-7: Verbreitung von Kalkmarschen im Untersuchungsgebiet

BODENEINHEIT, *REF		AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME
MC_1: Kalkmarsch, tonig-schluffig										
MCb_1.2	17	ha	-	-	15,6	-	-	-	-	15,6
		%	-	-	0,1	-	-	-	-	0,1
MCn_1.3	18	ha	-	6,3	-	-	-	-	-	6,3
		%	-	<0,1	-	-	-	-	-	<0,1
MCb_1.3	18	ha	-	-	555,9	99,1	-	-	-	655,0
		%	-	-	3,0	0,5	-	-	-	3,5
MCf_1.3	18	ha	-	-	-	437,6	-	-	11,7	449,3
		%	-	-	-	2,4	-	-	0,1	2,4
MCb_1.3NF	19	ha	-	-	-	<0,1	-	-	498,2	498,2
		%	-	-	-	<0,1	-	-	2,7	2,7
MCf_1.3NF	19	ha	-	-	-	<0,1	-	-	1668,0	1668,0
		%	-	-	-	<0,1	-	-	9,0	9,0
Σ		ha	-	6,3	571,5	536,8	-	-	2177,9	3292,5
		%	-	<0,1	3,1	2,9	-	-	11,7	17,7
MC_2: Kalkmarsch, schluffig-sandig										
MCb_2.2	20	ha	-	-	-	3,0	-	-	-	3,0
		%	-	-	-	<0,1	-	-	-	<0,1
MCn_2.3	21	ha	-	327,8	-	-	-	-	125,6	453,4
		%	-	1,8	-	-	-	-	0,7	2,4
MCb_2.3	21	ha	-	0,2	465,2	87,0	-	-	107,8	660,2
		%	-	<0,1	2,5	0,5	-	-	0,6	3,6
MCf_2.3	21	ha	-	-	-	222,5	-	-	162,2	384,7
		%	-	-	-	1,2	-	-	0,9	2,1
Σ		ha	-	328,0	465,2	312,5	-	-	395,6	1501,4
		%	-	1,8	2,5	1,7	-	-	2,1	8,1
MC_3: Kalkmarsch, sandig										
MCb_3.1	22	ha	-	-	10,6	39,9	-	-	-	50,5
		%	-	-	0,1	0,2	-	-	-	0,3
Gesamt		ha	-	334,3	1047,3	889,2	-	-	2573,5	4844,4
		%	-	1,8	5,6	4,8	-	-	13,9	26,1

*) REF = Referenzprofilnummer; Kurzzeichen gem. Symbolschlüssel Tabelle 4-1.

Berechnete Flächenanteile bezogen auf die Gesamtfläche Böden

5.3.6 Vorlandmarsch (MV)

Vorlandmarschen werden in der BK 25 ebenfalls lediglich auf den Blättern 2223 (Elmshorn) und 2323 (Uetersen) rechtselbisch ausgewiesen. Es handelt sich um ehemals genutzte, jetzt aufgelassene, häufig vergleichsweise tief liegende Böden (Geländeoberfläche <8 dm ü. MThw) mit ausgesprochen heterogenem Bodenaufbau. Die Böden können kalkhaltige, kalkarme oder entkalkte Horizonte aufweisen. Die auftretenden Bodenarten sind überwiegend tonig-schluffig, oft sind jedoch auch mächtigere Sand- oder Tonlagen enthalten. Bei den Vorlandmarschen handelt es sich häufig um mit carbonathaltigem Sediment (überwiegend nur flach) überdeckte Böden unterschiedlichster Entwicklungs- und Alterstufen. Die Böden entsprechen daher trotz ihres sehr heterogenen Aufbaues typologisch oft einer Kalkmarsch (MC). Häufig finden sich im Unterboden auch alte, sehr tonige Kleimarschschichten. Bei nur geringmächtiger carbonathaltiger oder bereits entkalkter jüngerer Überdeckung entsprechen diese Böden typologisch einer Kleimarsch. Die Vorlandmarschen können daher weder der Kalk- noch der Kleimarsch eindeutig zugeordnet werden.

Typischerweise treten diese Böden wenig unterhalb der oberen Brackwassergrenze auf, wo überwiegend nur noch carbonatarme- bzw. carbonatefreie Sedimente abgelagert werden. Der Flächenanteil der Vorlandmarschen im UG ist gering, entsprechend handelt es sich um einen relativ seltenen Bodentyp.

Tabelle 5-8: Verbreitung von Vorlandmarschen im Untersuchungsgebiet

BODENEINHEIT, *REF	AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME	
MV_2: Vorlandmarsch, schluffig-sandig										
MVf_2.1	16	ha	-	-	-	558,8	-	-	-	558,8
		%	-	-	-	3,0	-	-	-	3,0

*) REF = Referenzprofilnummer; Kurzzeichen gem. Symbolschlüssel Tabelle 4-1.

Berechnete Flächenanteile bezogen auf die Gesamtfläche Böden

5.3.7 Kleimarsch (MN)

Kleimarschen sind Böden, die bis in eine Tiefe von über 4 dm kalkfrei sind. Kleimarschen sind mit Ausnahme des Abschnittes Außenelbe im gesamten UG weit verbreitet und kommen als Subtyp Norm-Kleimarsch (MNn), Brack-Kleimarsch (MNn) und Fluss-Kleimarsch (MNn) vor.

In Bereichen, in denen aktuell noch carbonathaltige Sedimente zur Ablagerung kommen, sind Kleimarschen als alte, entkalkte Böden anzusehen. Dies ist z. B. bei den Kleimarschen des alten Krautsander Inselkerns der Fall. Besonders in Ufernähe kann es zur Ausbildung mächtigerer carbonathaltiger Decken auf bereits mehrere dm entkalkten Böden kommen. Jede erneute Auflagerung von carbonatfreien und vor allem carbonathaltigen Sedimenten bedeuten für die sich entwickelnden Böden hinsichtlich ihres Säurestatus eine Verjüngung und damit eine Verzögerung ihrer Entwicklung.

Tabelle 5-9: Verbreitung von Kleimarschen im Untersuchungsgebiet

BODENEINHEIT, *REF		AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME	
MN_1: Kleimarsch, tonig-schluffig											
MNb_1.2	23	ha	-	-	11,7	-	-	-	-	11,7	
		%	-	-	0,1	-	-	-	-	0,1	
MNf_1.2	23	ha	-	-	-	0,1	-	-	58,6	58,6	
		%	-	-	-	<0,1	-	-	0,3	0,3	
MNf_1.2OE	24	ha	-	-	-	-	-	11,6	200,4	212,0	
		%	-	-	-	-	-	0,1	1,1	1,1	
MNN_1.3	25	ha	-	238,0	-	-	-	-	46,0	284,0	
		%	-	1,3	-	-	-	-	0,2	1,5	
MNb_1.3	25	ha	-	-	57,4	49,0	-	-	151,5	257,9	
		%	-	-	0,3	0,3	-	-	0,8	1,4	
MNf_1.3	25	ha	-	-	-	-	39,4	-	1319,7	1359,1	
		%	-	-	-	-	0,2	-	7,1	7,3	
MNf_1.3NF	26	ha	-	-	-	133,4	-	-	211,7	345,1	
		%	-	-	-	0,7	-	-	1,1	1,9	
MNf_1.3OE	27	ha	-	-	-	-	-	17,4	-	17,4	
		%	-	-	-	-	-	0,1	-	0,1	
Σ		ha	-	238,0	69,1	182,5	39,4	-	29,0	1987,8	2545,8
		%	-	1,3	0,4	1,0	0,2	-	0,2	10,7	13,7
MN_1*: Kleimarsch, tonig-schluffsandig											
MNf_1*.3	28	ha	-	-	-	-	20,8	-	144,4	165,2	
		%	-	-	-	-	0,1	-	0,8	0,9	
MN_2: Kleimarsch, schluffig-sandig											
MNb_2.2	29	ha	-	-	-	-	-	-	90,2	90,2	
		%	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5	
MNf_2.2	29	ha	-	-	-	-	<0,1	-	5,2	5,3	
		%	-	-	-	-	<0,1	-	<0,1	<0,1	
MNf_2.2OE	30	ha	-	-	-	-	192,9	408,8	150,9	752,6	
		%	-	-	-	-	1,0	2,2	0,8	4,1	
MNN_2.3	31	ha	-	2,1	-	-	-	-	44,2	46,3	
		%	-	<0,1	-	-	-	-	0,2	0,2	
MNb_2.3	31	ha	-	-	9,1	-	-	-	491,0	500,1	
		%	-	-	<0,1	-	-	-	2,6	2,7	
MNf_2.3	31	ha	-	-	-	26,9	-	-	491,1	518,1	
		%	-	-	-	0,1	-	-	2,6	2,8	
MNf_2.2OE	32	ha	-	2,1	9,1	26,9	-	192,9	408,8	1272,6	1912,5
		%	-	<0,1	<0,1	0,1	-	1,0	2,2	6,9	10,3
Σ		ha	-	-	-	-	-	-	90,2	90,2	
		%	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5	
MN_3: Kleimarsch, sandig											
MNf_3.3	32	ha	-	-	-	-	21,1	121,8	-	142,9	
		%	-	-	-	-	0,1	0,7	-	0,8	
Gesamt		ha	-	238	69,1	182,5	60,2	21,1	150,8	2222,4	2.944,1
		%	-	1,3	0,4	1,0	0,3	0,1	0,8	12,0	15,9

*) REF = Referenzprofilnummer; Kurzzeichen gem. Symbolschlüssel Tabelle 4-1.

Berechnete Flächenanteile bezogen auf die Gesamtfläche Böden

Morphologisch können auf diese Weise Böden mit stark variierenden Entkalkungstiefen entstehen. Die hieraus resultierende starke Sediment- und Bodenheterogenität zeigt sich in einem häufig kleinräumig wechselnden Mosaik primär kalkfreier Kleimarschen bis hin zu mehr oder weniger carbonathaltigen, zum Teil in den oberen Bodenbereichen auch bereits entkalkten Kalkmarschen.

In stärker fluviatil geprägten Bereichen treten zunehmend primäre Kleimarschen hinzu, die jedoch von sekundären Kleimarschen nicht sicher abzugrenzen sind.

Oberstromig Hamburgs treten Sonderformen der Kleimarsch auf, die bereits Merkmale der Auenböden aufweisen; die hier auftretenden Bodenarten sind aus dem schluffigen Bereich stärker in den lehmigen Bereich verschoben. Die abgelagerten Sedimente weisen größere Anteile flussaufwärts erodierten Materials auf und sind daher reicher an organischer Substanz und stärker vorverwittert.

Kleimarschen der Mittel und Oberläufe der Nebenflüsse weisen i. d. R. ausgesprochen tonreiche Bodenarten auf.

Kleimarschen sind im UG allgemein häufig, lediglich die sandige Kleimarsch weist nur geringe Flächenanteile im UG auf.

5.3.8 Dwogmarsch (MD)

Dwogmarschen sind alte, stets sehr tonreiche und in der Regel kalkfreie Böden mit wasserstauenden Horizonten ("Dwog-Horizonte"). Bei diesen StauhORIZONTEN kann es sich um sedimentogene Bildungen handeln, häufig stellen sie jedoch ehemalige, nun überdeckte humose bis torfige Oberflächen von auffällig dunkelbrauner bis schwarzer Farbe ("Humusdwöge") dar. Derartige Horizonte können ein Alter von 1000 bis zu 3000 Jahren aufweisen. Ihr Auftreten beschränkt sich auf relativ flussferne, strömungsberuhigte Sedimentationsbereiche so die Oberlaufabschnitte der Nebenflüsse oder elbferne Nebenelbe-Bereiche (Wischhafener Nebenelbe, Krückau).

Aufgrund ihrer geringen flächenhaften Ausdehnung sind diese Böden innerhalb des UG als selten anzusehen.

Tabelle 5-10: Verbreitung von Dwogmarschen im Untersuchungsgebiet

BODENEINHEIT, *REF		AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME
MD_1: Dwogmarsch, tonig-schluffig										
MDb_1.2	33	ha	-	-	-	-	-	-	67,0	67,0
		%	-	-	-	-	-	-	0,4	0,4
MDb_1.3	34	ha	-	-	41,4	-	-	-	-	41,4
		%	-	-	0,2	-	-	-	-	0,2
MDf_1.3	34	ha	-	-	-	-	-	-	126,2	126,2
		%	-	-	-	-	-	-	0,7	0,7
Gesamt		ha	-	-	41,4	-	-	-	193,2	234,7
		%	-	-	0,2	-	-	-	1,0	1,3

*) REF = Referenzprofilnummer; Kurzzeichen gem. Symbolschlüssel Tabelle 4-1.

Berechnete Flächenanteile bezogen auf die Gesamtfläche Böden

5.3.9 Organomarsch (MO)

Bei den Organomarschen handelt es sich um Marschböden, die zwischen Kleimarschen Dwogmarschen und Mooren vermitteln. Sie treten in vor starken Strömungen geschützten Bereichen mit oft defizitärer Sedimentation von sehr feinkörnigen Bodenarten auf und sind hier eng mit Niedermoorbildungen vergesellschaftet. Organomarschen bestehen aus sehr tonigen, stark humosen Kleien, die auch Torfcharakter annehmen können. Einschaltungen von geringmächtigen Torflagen sind häufig. Eine Sonderform stellt die "Moormarsch" (Typ MM) dar, bei der eine geringmächtige tonige Kleischicht über einem torfigen Unterboden liegt. Beide Subtypen der Organomarsch, die in den eingedeichten Marschgebieten im Übergang zu den Randmooren weit verbreitet sind, kommen im UG in nur geringen Flächenanteilen im Abschnitt VML vor und sind hier auf kleine Flächen im Bereich der Ilmenau und der Seeve beschränkt.

Tabelle 5-11: Verbreitung von Organomarschen im Untersuchungsgebiet

BODENEINHEIT, REF		AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME
MO_1: Organomarsch, tonig-schluffig										
MO _f _1.1	35	ha	-	-	-	-	-	<0,1	22,9	23,0
		%	-	-	-	-	-	<0,1	0,1	0,1
MO _f _1.1MM	36	ha	-	-	-	-	-	-	337,5	337,5
		%	-	-	-	-	-	-	1,8	1,8
MO _f _1.2MM	37	ha	-	-	-	-	-	-	8,2	8,2
		%	-	-	-	-	-	-	0,0	<0,1
Gesamt		ha	-	-	-	-	-	<0,1	368,6	368,7
		%	-	-	-	-	-	<0,1	2,0	2,0

*) REF = Referenzprofilnummer

Kurzzeichen gem. Symbolschlüssel Tabelle 4-1.

Berechnete Flächenanteile bezogen auf die Gesamtfläche Böden

5.3.10 Niedermoor (HN)

Niedermoore treten in Bereichen des Flusstals auf, die bereits vor der Bedeichung nur noch wenig durch Sedimenteinträge betroffen worden sind. Häufig handelt es sich dabei um flussferne Flächen im Bereich der Geesthänge. Im UG finden sich Niedermoore ausschließlich am geestnahen Oberlauf der Seeve. Sie weisen hier Torfmächtigkeiten von 5 - 10 dm auf.

BODENEINHEIT, *REF		AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME
HN_1: Niedermoor (tonig-schluffig)										
HN _f _1.1	38	ha	-	-	-	-	-	-	9,8	9,8
		%	-	-	-	-	-	-	<0,1	<0,1

*) REF = Referenzprofilnummer;

Kurzzeichen gem. Symbolschlüssel Tabelle 4-1.

Berechnete Flächenanteile bezogen auf die Gesamtfläche Böden

5.3.11 Anthropogen Böden (Y) und sonstige Böden (X)

Anthropogene Böden

Im UG treten drei Typen anthropogener Böden auf. Dabei handelt es sich um Aufschüttungen (YF) sowie um sandige bzw. tonige Aufspülungen (YS). Diese Böden sind im Gegensatz zu den durch starken Grundwassereinfluss geprägten Marschböden zu den grundwasserfernen terrestrischen Böden zu stellen.

Sandige Aufspülungen (YS_3) sind im UG weit verbreitet und nehmen große Flächen der Elbufer, insbesondere in und unterhalb Hamburgs in den Abschnitten HH, WED, GLU stark vertreten. Sie sind darüber hinaus auch auf den Sänden Schwarztonnen-sand, Pagensand, Rhinplatte und Neßsand weit verbreitet.

Diese anthropogenen Böden stellen auch bei einem maximalen Alter von 50 Jahren sehr junge Böden dar, die außer einer Oberbodenbildung keine profildifferenzierenden Merkmale ausgebildet haben. Die Oberbodenentwicklung auf frisch abgelagerten Spülsanden verläuft innerhalb weniger Jahre über einen Initial- bzw. Rohboden (Typ: Syrosem) zu einem anthropogenen Regosol mit Ah-C-Profil. Diese Entwicklungsstufe kann als langfristig stabil bezeichnet werden, für eine Weiterentwicklung zu Braunerden und Podsolen sind unter geeigneten Bedingungen mehrere hundert Jahre zu veranschlagen. Lediglich tiefgelegene Aufspülbereiche können bei Grundwassereinfluss innerhalb weniger Jahre durch Vergleyung verursachte Rostfleckungen aufweisen und sich zu Gleyen weiterentwickeln.

Tonige Aufspülungen (YS_1) sind im UG gering verbreitet: Sie treten kleinräumig u.a. auf Pagensand (Abschnitt GLU) und Lühesand (Abschnitt WED) auf. Charakteristisch für diese Böden sind die aus den verspülten Schlämmen stammenden hohen Schadstoffgehalte. Typische Bodenbildungsprozesse sind neben der Ausbildung von Gefügen und einer humosen Oberbodenbildung vor allem redoxymorphe Umlösungen von Eisen- und weiteren Metalloxiden durch Staunässebildung (Pseudovergleyung) bzw. in tiefen Lagen auch durch Vergleyung.

Bei Aufschüttungen (YF) handelt es sich aufgrund der Spannweite der verwendeten Materialien um sehr heterogene Böden, die häufig Bodenarten zwischen sandigen Lehmen und Sanden aufweisen. Nicht selten enthalten sie auch Bauschuttanteile und sind entsprechend häufig durch anthropogene Schad- und Nährstoffeinträge verunreinigt. Organische Substanz ist bei diesen Böden häufig in wechselnden Anteilen über das Gesamtprofil verteilt. Aufschüttungsböden lassen sich als junge, kolluvial entstandene Böden in vorverwitterten Materialien verstehen und werden nach AG BODEN [2005] als (anthropogene) Kolluvisole klassifiziert. Typische Bodenbildungen sind neben der biogenen Akkumulation von organischer Substanz im Oberboden redoxymorphe Umlösungen von Eisen und Manganoxiden durch Pseudovergleyung (bei dichten Lehm Böden) oder Vergleyung (bei Sandböden) im Unterboden. Aufschüttungen treten vor allem in den wirtschaftlich stärker genutzten Abschnitten BRU, GLU und WED in relativ gleich bleibenden Anteilen auf.

Sonstige Böden

Unter "Sonstigen Böden" (X) werden verschiedene Bodentypen auf für den Naturraum der Tideelbe untypischen Ausgangsgesteinen wie Geschiebelehm oder Schmelzwassersanden zusammengefasst. Hier handelt es sich vor allem um Parabraunerden (Tonverlagerungsböden), Pseudogleye (Stauwasserböden) oder auch Gleye (grundwasserbeeinflusste Böden) sowie ihre Übergangstypen.

Tabelle 5-12: Verbreitung von Anthropogenen und Sonstigen Böden im Untersuchungsgebiet

BODENEINHEIT, *REF		AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	SUMME	
YF_2: Aufschüttung, schluffig-sandig											
YF_2.3	39	ha	-	-	42,5	40,4	48,0	22,2	-	68,2	221,2
		%	-	-	0,2	0,2	0,3	0,1	-	0,4	1,2
YS_1: Aufspülung, tonig-schluffig											
YS_1.3	40	ha	-	-	15,7	23,1	10,5	-	-	2,2	51,5
		%	-	-	0,1	0,1	0,1	-	-	<0,1	0,3
YS_3: Aufspülung, sandig											
YS_3.3	41	ha	0,5	110,7	157,7	798,0	572,6	1089,8	-	54,9	2784,3
		%	<0,1	0,6	0,8	4,3	3,1	5,9	-	0,3	15,0
X: Sonstige Böden											
X	-	ha	79,5	0,9	-	11,7	-	0,2	30,5	337,6	460,4
		%	0,4	<0,1	-	0,1	-	<0,1	0,2	1,8	2,5
Gesamt		ha	80	111,6	215,9	873,2	631,1	1112	30,5	462,9	3517,4
		%	0,4	0,6	1,1	4,7	3,5	6	0,2	2,5	19

*) REF = Referenzprofilnummer; Kurzzeichen gem. Symbolschlüssel Tabelle 4-1.

Berechnete Flächenanteile bezogen auf die Gesamtfläche Böden

Diese Böden finden sich an der Peripherie des UG am Hangfuß der Geest auf relativ hochgelegenen Positionen und können nur selten durch hoch auflaufende Sturmfluten überflutet werden. Ihr Grundwasserhaushalt wird ganz durch die Grundwassersituation der Oberhänge bestimmt, eine Beeinflussung durch das in der Elbniederung vorherrschende Grundwasserregime ist nicht gegeben. Darüber hinaus sind in dieser Gruppe in Siedlungsbereichen kleinräumig auftretende, stark anthropogen überprägte Böden wie Hortisole (Gartenböden) und Rigosole (Tiefumbruchböden) zusammengefasst.

Sonstige Böden sind nur in unwesentlichen Anteilen im UG zu finden. Zu den sonstigen Böden werden auch nicht näher differenzierte Böden aus anthropogenen Substraten gerechnet.

5.4 Bodenbildende Prozesse

Die Genese und Bodenbildung von Marschen ist intensiv untersucht worden [z.B. KUNTZE 1965, PONS & ZONNEVELD 1965, MÜLLER 1970, BRÜMMER 1968, GIANI 1991], wobei sich die Betrachtung häufig auf die landwirtschaftlich bedeutsa-

men Böden im Schutz der Deichlinien bezog. In den Watten und Marschböden des UG, die durch regelmäßige oder episodische Überflutungen gekennzeichnet sind, treten folgende bodenbildenden Prozesse auf, die hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Typologie der Böden bereits im Kap. 5.2 genannt wurden:

Sedimentation und Erosion

Die Böden werden durch die mit dem normalen Tidegeschehen (Watten) und episodisch auftretenden Sturmtiden und Sturmfluten verbundenen Sedimentumlagerungen überprägt. Während Erosion und Sedimentation in Wattengebieten im Verlauf jeder Tide stets flächenhaft in großem Umfang auftritt, findet Sedimentation auf den Vordeichsflächen nur bei Sturmtiden oder Sturmfluten statt. Dabei nimmt die Sedimentationsrate mit dem zunehmenden Abstand zum Ufer ab. Erosionen sind auf dem Deichvorland auf linienhafte Strukturen in Form von Abbruchkanten beschränkt. Hinsichtlich der aktuell ablaufenden Bodenentwicklung bedeutet die Ablagerung von frischen Sedimenten stets eine Verjüngung des obersten Bodenhorizonts und eine relative Tieferlegung der übrigen Horizonte mit entsprechender Veränderung der physikochemischen Milieubedingungen. Durch die erhöhte Neutralisationskapazität der frisch abgelagerten Sedimentschichten gegenüber oberflächlich eingetragenen Säuren werden auch im Unterboden wirkende säureinduzierten Verwitterungsvorgänge (bspw. Entkalkung) verzögert.

Gefügebildung

Primärer Prozess bei der Entstehung der Böden ist die an die Oxidation und beginnende Austrocknung frischer Sedimente gebundene Strukturierung der Böden. Bereits mit der Besiedlung dichter Wattenvegetation treten im Oberboden regelmäßige Austrocknungsprozesse ein, bei denen die Böden zunächst nur schrumpfen, dann aber nach einem System von groben Rissen auch ein polyedrisches Gefüge ausbilden. Diese Form der Gefügebildung, die den Wasseraustausch der Böden wesentlich intensiviert, greift mit zunehmender Bodenbildung auch auf tiefere Bodenhorizonte über und ist in entwickelten Kalk- oder auch Kleimarschen bis in den Gor-Horizont ausgeprägt. In diesen Böden führen die Humusanreicherung und die biologische Aktivität im Oberboden zu einem gut ausgeprägten Krümelgefüge.

Entsalzung und Entkalkung

Die im marinen oder brackischen Milieu abgelagerten Sedimente unterliegen einem ständigen Austrag leicht löslicher Salze durch eingetragene Niederschläge, ein Prozess, der sich bei jeder Überflutungen wieder mehr oder weniger stark umkehrt. Die Verminderung der Salzgehalte setzt daher mit der Abnahme der Überflutungswahrscheinlichkeit, also mit der zunehmenden Auflandung ein. Sie ist an die oben dargestellte Gefügebildung gebunden, da erst diese eine hinreichende Durchströmung der feinkörnigen Sedimente durch Regen- und Sickerwasser gewährleistet. Während sich in den Rohmarschen noch vorwiegend die bei Hochwässern typischen Salzgehalte erhalten, sind für die höher aufgelandeten Kalk- und Kleimarschen bereits niedrigere Leitfähigkeiten im Poren- und oberflächennahem Grundwasser typisch.

Parallel zu der Abfuhr leicht löslicher Salze wird auch der mehr oder weniger hohe Kalkgehalt durch interne Säureproduktion (insbesondere der Oxidation von Sulfiden) und externe Einträge (Niederschläge) vermindert. Nachdem die internen Säurequellen verbraucht sind, benötigt die Lösung der verbliebenen Kalkgehalte über externe Säureeinträge aber vergleichsweise lange Zeiträume, so dass die jungen Vordeichsböden überwiegend noch über primäre Kalkgehalte verfügen.

Die bei der Entsalzung und Entkalkung freigesetzten Ionen werden mit dem Sicker- und Grundwasser über Gräben und Priele an die Elbe abgegeben.

Humusanreicherung

Es ist eine Besonderheit der Marschen, dass die organische Substanz von Bodenhorizonten sowohl durch die Ablagerung humushaltiger Sedimente als auch durch den Umsatz der Streu eines Standortes bedingt sein kann. Hinzu kommt, dass durch die speziellen Sedimentationsbedingungen häufig humose Horizonte im Unterboden auftreten, die ehemalige, inzwischen begrabene Oberbodenhorizonte darstellen (sogenannte Humusdwoghorizonte).

Die Humusanreicherung (Gehalte in den Böden siehe Kap. 5.6.5) resultiert damit in den Marschen aus zwei unterschiedlichen Quellen. Die charakteristischen Sedimentationsprozesse führen zu einer für andere Böden untypischen, zur Tiefe hin zu- und abnehmenden Verteilung der Humusgehalte. Hohe Wassergehalte insbesondere in den auf niedriger Geländehöhe liegenden Böden verhindern die Mineralisation der organischen Substanz und konservieren damit die vorhandenen Humusbestandteile. Damit kommt den Böden eine besondere Funktion als Archiv der Naturgeschichte zu.

Oxidation und Reduktion, Bildung hydromorpher Merkmale

Bereits in den Watten treten Prozesse der Oxidation und Reduktion auf, betreffen dort aber nur eine sehr geringmächtige Sedimentschicht. Mit der Belüftung der Sedimentoberflächen bei Niedrigwasser führt der dort eingedrungene Luftsauerstoff zu einer Oxidation reduzierter Verbindungen (Sulfide, Ammonium). Mit dem Luftabschluss durch Überflutung kann sich der Prozess umkehren, so dass erneut Sulfide gebildet werden.

In Folge der weiteren Bodenbildung nimmt die Zone vorwiegend oxidativer Zustände zur Tiefe hin stark zu, der Bereich der ständig reduzierten Zone verlagert sich auf die dauerhaft wassergesättigten Horizonte. Dieser Prozess wird durch die Kulturtechnik (insbesondere durch die Gräbenentwässerung) mit dem Ziel verstärkt, im Oberboden die für die Grünlandvegetation günstigen Belüftungsverhältnisse der Wurzeln zu erreichen. Bei einem Verfall des Grabensystems steigen die Grundwasserstände wieder an und die oxidative Zone verschmälert sich entsprechend. Durch den regelmäßigen Wechsel von oxidierten und reduzierten Zuständen im Bereich der Grundwasserwechselzone (Go bis Gor-Horizonte) findet eine Umverlagerung von Eisen- und Manganverbindungen statt, es bilden sich kennzeichnende Fleckungen heraus (hydromorphe Merkmale). Diese sind häufig an den Gefügeoberflächen und den Wurzelgängen orientiert, an denen der Sauerstoff am leichtesten in den Boden eindringen kann.

5.5 Morphologische Dynamik in Uferbereichen

Für ein Tideästuar sind permanente Umlagerungs-, Sedimentations und Erosionserscheinungen in Ufer- und Randbereichen typische dynamische Prozesse [BFG 2004]. Diese resultieren aus den vielschichtigen und komplexen Wechselbeziehungen zwischen den natürlichen Einflussfaktoren und den anthropogenen Wirkungen.

In einem sandigen Flachküstenästuar mit hoher Gezeitendynamik sind morphologische Formänderungen grundsätzlich auch als natürliches Systemverhalten zu verstehen. Hierzu zählen Sedimentationsvorgänge auf den Vordeichflächen während Sturmzeiten wie auch Uferabbruch und Neuanlandung im Rahmen des natürlichen Mäandrierens von Hauptstrom und Nebenelben. Vor dem Hintergrund des kontinuierlich steigenden Meeresspiegels⁷ ist weiterhin eine vertikale Komponente zu beachten, die sich in einer Höherlegung des gesamten Strom-Systems wie auch durch Erhöhung von MThw und Tidenhub widerspiegelt. So handelt es sich bei den Phänomenen von Uferabbrüchen in hauptstromexponierten Bereichen wie auch der Tendenz zur Verschlickung der Nebenelben um seit mehreren Jahrhunderten wirkende Prozesse, über die beispielsweise bereits in der Mitte des 19. Jahrhunderts von Krautsand berichtet wird [KOHL 1864].

Andererseits führen auch anthropogene Systemveränderungen wie Vordeichungen, Strombaumaßnahmen, Kurvenabflachungen, Rinnenvertiefung usw. zu teilweise deutlichen Veränderungen der Tidedynamik, der örtlichen Strömungsverhältnisse und damit zu einer Beeinflussung der die morphologischen Entwicklungen steuernden dynamischen Prozesse. Neben den genannten Faktoren können insbesondere auch die schiffserzeugten Wellen eine erhebliche Rolle für die Strukturierung der Uferbereiche spielen.

Im zentralen Blickpunkt stehen dabei insbesondere solche Prozesse, die zum Verlust von Böden durch Erosion führen können.

Ein Überblick der erosionsbestimmenden direkten und indirekten Faktoren wird in Tabelle 5-13 gegeben.

5.5.1 Erosion in Uferbereichen

Die Erosion von Ufern ist vor allem in vielen mehr oder weniger exponierten Bereichen der Tideelbe zu beobachten [BOCHE 2004, BFG 2004]. Untersuchungen der BfG [2004] zur historischen Entwicklung der Röhrichtbestände zeigen, dass ein Rückgang von Röhrichten vor allem an stark exponierten Ufern in Fahrrinnennähe auftritt, aber auch in geringerem Maße in den Nebenelben (Seitenarm zwischen Rhinplate und Glückstadter Ufer, Pagensander, Haseldorfer Nebenelbe) auftritt.

Der Rückgang der Röhrichte lässt sich nicht ausschliesslich auf ufernahe Erosionsvorgänge zurückführen, da als Ursachen zusätzliche Faktoren in Betracht kommen können (s. Tabelle 5-13). Nur selten lassen sich lokal einzelne, primär wirkende Wir-

⁷ Es wird von einer säkularen Anstiegsrate von 25 cm / 100 a ausgegangen. Für die letzten 1000 Jahre ist von einem Anstieg von etwa 100 cm auszugehen.

kungspfade erkennen, wie beispielsweise Erosionsvorgänge im nördlichen Bereich Eschschallen als Folge einer Prallhangsituation. Grundsätzlich ist aber auch die Erosion von Sedimenten unterhalb MThw oder im Bereich von Abbruchkanten als ein beteiligter Faktor am Rückgang von Röhrichtbeständen anzusehen. Die örtliche Verteilung von Bereichen mit zurückgehenden Röhrichtbeständen kann daher auch Anhaltspunkte zu allgemeinen Erosionstendenzen an Ufern liefern.

Tabelle 5-13: Ufererosionsbestimmende Faktoren

Parameter	Unterparameter	Wirkung	Bedeutung für Ausbildung und Rückverlegung von Abbruchkanten
Landseitige Faktoren			
Boden	Textur	indirekt	Begünstigte Erosion bei schluffigen und sandigen Bodenarten; tonige Bodenarten aufgrund Adhäsions- und Kohäsionskräften resistenter
Vegetation	Vegetationseinheit	indirekt	Dichte und Art der Vegetation wirken sich auf die Erodierbarkeit des Bodens aus
	Nutzung	bei Viehtritt direkt	Viehverbiss kann Ausbreitung bestimmter Vegetationseinheiten landwärts unterbinden; Viehtritt kann Abbrüche fokussieren
	Zäune	indirekt	Können Schutz vor Viehtritt, Viehverbiß oder unsachgemäßen Befahrungen der Uferbereiche bieten, wirken auf die Vegetation
Kulturtechnik	Eindeichungen	indirekt	Durch Einengung der Vordeichsländer können sich die Sedimentationsraten im terrestrischen Bereich im Vergleich zu den Sedimentationsraten im Watt erhöhen. Eine unterschiedliche Höhenentwicklung von Deichvorland und Watt kann zu einer Versteilung der Ufer führen.
	Uferverbau	indirekt	Schutz des Bodens vor Abtrag
	Gruppen und Priele	indirekt	Lokale Schwächepunkte in der Uferlinie, an denen Wellen eine größere und ungeschützte Angriffsfläche haben
Flussseitige Faktoren			
Schiffserzeugte Wellen	Relative Fahrgeschwindigkeit	direkt	Größe und Energie von schiffserzeugten Wellen stehen in Beziehung zur relativen Geschwindigkeit des Schiffes
	Schiffstyp	direkt	Größe und Energie von schiffserzeugten Wellen stehen in Beziehung zur Größe und Form des Schiffsrumpfes
	Anzahl der Schiffe	direkt	Steuert Häufigkeit der schiffserzeugten Wellen
	Abstand zur Fahrrinne (Passierabstand)	indirekt	Steuert die Intensität der Uferbelastung durch schiffserzeugte Wellen: je näher die Fahrrinne, desto größer ist die Beanspruchung durch die schiffserzeugten Wellen.
Seegangs-Wellen	Fetch	direkt	Windinduzierte Wellen sind abhängig von der effektiv vom Wind überstrichenen Weglänge
	Windrichtung und -stärke	direkt	Zentraler Parameter für Größe und Energie von Wellen
Tidehub	Strömungsgeschwindigkeit	direkt	Stärkere und länger andauernde ufernahe Strömung kann Bodenpartikel und -aggregate lösen
	MThw -Höhe	indirekt	Dauer des Wellenangriffs wird durch die Höhenlage des Geländes zu MThw mitbestimmt
Sturmtiden, Sturmfluten	Frequenz, Dauer	direkt	Wirksamkeit des Wellenangriffs wird durch Häufigkeit und Dauer der Hochfluten bestimmt.
Morphologie	Exposition	indirekt	Höhenlage der Abbruchunterkante zum MThw; Lagebedingte Angreifbarkeit durch Wellen, Strömung und Wind

Vielfach geht die Erosion in exponierten Bereichen mit Anlandungen an geschützten Ufern einher, die mehrere Meter pro Jahr betragen können. In diesen Bereichen ist eine Ausbreitung von Röhrichtbeständen zu beobachten. Eine Bilanzierung der natürlichen Röhrichtentwicklung durch die BfG [2004] zeigt, dass sich in der Tideelbe stromab Hamburgs die Röhrichte seit den letzten 30 Jahren insgesamt leicht ausgebreitet haben. Hieraus kann abgeleitet werden, dass sich Sedimentation und Erosion etwa im Gleichgewicht befinden bzw. dass möglicherweise die Sedimentation in geschützten Bereichen schwach überwiegt. In diesem Zusammenhang kann auch die Tendenz der Nebenelben zur Verschlickung gesehen werden. In stromexponierten Bereichen finden sich demgegenüber Hinweise auf überwiegende Erosionsprozesse.

Grundsätzlich können Bodenverluste an allen nicht gesicherten Uferabschnitten auftreten, wobei entlang der Tideelbe zwei natürliche Uferformen unterschieden werden können:

- flach ansteigende, von Vegetation (z. B. Röhrichten) bewachsene Ufer, die vom hohen Watt bis in das Supralitoral reichen.
- Ufer mit steilen vegetationslosen Wänden (Kliff, Abbruchkante) und in der Regel mit einem vorgelagerten, meist schmalen Strand. Die Höhe der Kliffs beträgt meist 10 bis 70 cm. Diese können annähernd lotrechte Wände aufweisen, sind aber häufig flacher geneigt.

In den folgenden Abschnitten wird auf die speziellen Erosionsvorgänge an beiden Ufertypen näher eingegangen.

5.5.1.1 Bodenverluste in Bereichen mit flach ansteigenden Ufern

Flach geneigte Ufer treten am Ufer der Elbe als Strände oder Röhrichte mit einer meist breiten vorgelagerten Wattfläche auf. In diesen Bereichen kann es zu erosiven und nicht-erosiven Bodenverlusten kommen. Erosive Verluste treten in vielen, in der Regel sehr Wellenschlag-exponierten Bereichen, vor allem in Fahrrinnennähe auf, so bspw. am Nordufer des Hanskalbsands oder stromauf der Mündung der Wischhafener Nebenelbe [BfG 2004]. Die Erosion betrifft dabei nicht nur den Uferbereich, sondern setzt bereits unterhalb der MThw-Linie im unteren Watt und Flachwasser ein.

Nicht-erosive Bodenverluste können durch Veränderungen der Tidedynamik auftreten. So führt ein Anstieg des MThw zu einer landwärts gerichteten Verschiebung der MThw-Linie, was zunächst unmittelbar einen Flächenverlust von Böden an den flach geneigten Ufern bedeutet. Unklar ist jedoch, in wie weit das Flusssystem im morphologischen Nachlauf diese neue Uferlinie stabilisiert oder ob es mittelfristig durch Sedimentation zu einer neuen Gleichgewichtseinstellung von Sedimentation und Erosion und damit zu einer erneuten Vorverlegung der MTHW-Linie kommt. Hinweise auf derartige Prozesse ergeben sich aus den Auswertungen der Querprofileinmessungen der Deichvorländer und Watten im Rahmen der Beweissicherung und von Altdaten, die seit 1958 erhoben wurden. Demnach sind örtlich auch im unteren Uferbereich vor den Abbruchunterkanten z. T. erhebliche Sedimentanlandungen zu beobachten (s. Abschnitt 5.5.2).

5.5.1.2 Bodenverluste in Uferbereichen mit Abbruchkanten

Bodenverluste können in größerem Umfang in den Bereichen naturnaher Uferstrukturen stattfinden, in denen Abbruchkanten (Kliffs) ausgebildet sind.

Im Rahmen dieser Untersuchung wird eine Abbruchkante durch einen fast senkrechten morphologischen Sprung im flusswärts gelegenen Uferbereich, der durch Wellenangriff rückverlegt werden kann, definiert.

Die Querprofile der terrestrischen Beweissicherung zeigen, dass gerade die schmalen Abbruchkanten im Regelfall etwas über MThw liegen und daher nicht durch vegetationsloses Watt, sondern von oberhalb MThw gelegenen Stränden und u. U. dann auch durch Landröhricht abgegrenzt sind. Daneben treten untergeordnet auch Abbruchkanten unterhalb der MThw-Linie im Wattbereich auf (ausschließlich im Bereich Eschschallen).

Es wurden insgesamt fünf aktive und räumlich zusammenhängende Abbruchbereiche entlang der Tideelbe identifiziert, in denen die Uferlinie in der Vergangenheit teilweise erheblich, in anderen Bereichen nur unbedeutend zurückverlegt wurde:

- Neufelder Watt
- beidseitig der Ostemündung (inklusive Belumer Außendeich und Hadelner Außendeich)
- Bütteler Außendeich
- beidseitig des Freiburger Hafenspriel (inklusive Allwördener Außendeich und Brammer Sand)
- Bereich Eschschallen

Daneben tritt der Ufertyp "Kliff" vereinzelt in folgenden Bereichen auf:

- Außendeichs Blomesche Wildnis
- Außendeichs Krautsand
- Asseler Sand
- Bützfleth
- Schwarztonnensand
- Hanskalbsand
- Weitere Abbruchkanten können entlang der Nebenflüsse auftreten.

Nachfolgend werden die morphologischen Veränderungen der Abbruchkanten seit den ersten Vermessungskampagnen (1958) beschrieben. Erwartungsgemäß werden die Abbruchkanten mehr oder weniger stark deichwärts rückverlegt. Dazu kommt typischerweise ein "Aufwärtswandern" der Abbruchunterkanten im Laufe der Zeit, d.h. der aktuelle Wellenangriff an der Abbruchunterkante erfolgt in einer höheren Geländelage als früher. Gemessen am heutigen MThw verändert sich die Lage der früheren Abbruchunterkanten üblicherweise von "unterhalb MThw" zu "oberhalb MThw". Außerdem wird im Zuge der Wanderung die Abbruchkante schmaler. Regional können auch zwei übereinander gelegene Abbruchkanten auftreten.

Die Abbruchvorgänge an den Ufern sind als mehr oder weniger diskontinuierlich ablaufende Prozesse zu verstehen. Die Abbruchkanten werden durch das regelmäßige Tidegeschehen überwiegend nur schwach beeinflusst. Uferabbrüche entstehen vielmehr als eine Folge auftretender Belastungsspitzen in Form von starkem Wellenschlag, wobei diese regelmäßig (Schiffsverkehr) oder unregelmäßig (bspw. Sturmfluten) auftreten können. Im Extremfall sind nach längeren Stabilitätsphasen des Ufers auch in kurzer Zeit durch z. B. Sturmflutereignisse hohe Verluste von mehreren Metern möglich. Aufgrund der starken Bedeutung von derartigen Einzelereignissen ist zu berücksichtigen, dass die im Zuge der Beweissicherung der vorherigen Fahrrinnenanpassung ermittelten Abbruchraten für die lediglich 3 Jahre auseinander liegenden Messungen (Nullmessung 1997/98 und Wiederholungsmessung 2001) mit Unsicherheiten behaftet sind. Demgegenüber liefern die seit 1958 bzw. 1977 erhobenen Einmessungen relativ zuverlässige Mittelwerte. Diese sind allerdings nicht auf das aktuelle Erosionsgeschehen übertragbar.

In Tabelle 5-14 werden Mittelwerte für die Abbruchraten bereichsbezogen dargestellt. Negative (<0 m/a) Abbruchraten sind vermutlich auf fehlerhafte geodätische Einmessungen zurückzuführen. Da jedoch auch die Querprofile mit negativen Abbruchraten durch eine Veränderung der Abbruchkante gekennzeichnet sind, wurden diese Werte miteinbezogen.

Die bereichsweise gemittelten Abbruchraten variieren aktuell zwischen 0,43 m/a und 2,54 m/a, wobei im Einzelfall auch Werte bis über 9 m Verlust/Jahr auftreten können. Aus der Zusammenstellung ist erkennbar, dass das Auftreten starker Abbruchraten (Mittelwert >1 m/a) im Längsprofil der Tideelbe in verschiedenen Abschnitten vorkommt.

Der Vergleich der jährlichen Abbruchraten seit der vorherigen Fahrrinnenanpassung mit älteren Abbruchraten (Tabelle 5-15) zeigt, dass sich die Abbruchraten i.d.R. deutlich verringert haben. Ausnahmen bilden hierbei vereinzelte Profile, nicht jedoch zusammenhängende Abbruchbereiche. Selbiges gilt auch für einen Vergleich zwischen den Abbruchraten 1965-1977 und 1977-1998: Die älteren Abbruchraten sind mit Ausnahme des Bereiches Eschschallen deutlich höher.

Tabelle 5-14: Aktuelle Abbruchraten: Vergleich zwischen Nullmessung (1997/1998) der Beweissicherung und erster Wiederholungsmessung (2001)

Abbruchbereich	Abbruchraten (m/a)			Anzahl Querprofile
	Mittelwert	Minimum	Maximum	
Neufelder Watt	1,48	0,13	3,47	12
Ostemündung	2,54	-0,20	9,25	51
Bütteler Außendeich	0,56	0,05	2,07	20
Freiburger Hafenpriel	0,87	-0,74	4,25	40
Eschschallen	0,43	-0,06	1,65	13
Außendeichs Blomesche Wildnis	1,87	1,34	2,73	4
Krautsand	1,60	1,52	1,68	2
Asseler Sand	1,25			1
Bützfleth	(0,11*)			1

* Wert für den Bereich Bützfleth untypisch, da benachbart zu dem Querprofil Abbruchraten bis 3,7 m/a aufgetreten sind. Als Gebietsmittel mit 1,8 m/a gerechnet.

Tabelle 5-15: Veränderung der Abbruchraten: Vergleich zwischen Altdaten und Nullmessung (2001)

Abbruchbereich	Abbruchraten (m/a)							
	Mittelwert		Minimum		Maximum		Anzahl Querprofile	
	1965-1977	1977-1998	1965-1977	1977-1998	1965-1977	1977-1998	1965-1977	1977-1998
Neufelder Watt	-	3,83	-	2,83	-	5,12	-	5
Ostemündung	-	4,04	-	1,44	-	6,25	-	7
Bütteler Außendeich	-	1,44	-	1,37	-	1,50	-	2
Freiburger Hafentriel	3,98	1,66	0,40	-0,31	7,65	4,18	25	31
Eschschallen	0,73	1,00	0,12	0,11	1,48	1,84	11	9
Außendeichs Blome- sche Wildnis	-	-	-	-	-	-	-	-
Krautsand	-	-	-	-	-	-	-	-
Asseler Sand	4,08	0,14	-	-	-	-	-	1
Bützfleth	-	-	-	-	-	-	-	4

Um mögliche maßnahmenbedingte Einflüsse auf die Ausbildung von Abbruchkanten und die Erosionsraten quantifizieren zu können, werden die bekannten anthropogenen und natürlichen erosionsbestimmenden Faktoren in einer tabellarischen Aufstellung (s. Anhang) erläutert sowie verbal-argumentativ die Erheblichkeit des jeweiligen Einflusses geprüft. Die Einstufung erfolgt über eine Skala von "gering" bis "sehr hoch".

Die Prüfungen der landseitigen wie auch wasserseitigen Faktoren im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Ufererosion zeigen, dass die beteiligten Faktoren teilweise eng zusammenhängen und nicht immer klar voneinander abgrenzbar sind. Insgesamt sind jedoch offenbar regional unterschiedliche Faktoren bedeutsam. Der allgemein festgestellte Rückgang der Ufererosion in Verbindung mit einer zunehmenden Verringerung der Kantenhöhe deutet auf ein sich stabilisierendes System hin, was mit einer vergleichsweise stabilen Hydrodynamik der Tideelbe erklärt werden könnte. Weiterhin zeigt sich, dass dem Abstand zur Fahrrinne eine hohe Bedeutung für die Ufererosion zukommt und dass aus der Datenlage ein Rückschluss auf die Bedeutung des nach 2001 stark angestiegenen Schiffsverkehrs noch nicht möglich ist.

Von der BAW [2006d] werden die Wirkungsmechanismen, die aktuellen Dimensionen und die ausbaubedingten Veränderungen der schiffserzeugten Wellenbelastungen für das UG dargestellt. In Bezug auf mögliche Ufererosionen lassen sich die Wirkungsmechanismen wie folgt zusammenfassen:

- Maßgebliche Schiffswellensysteme sind a) das durch den Absenk angeregte langwellige Primärwellensystem und b) das kurzwellige Sekundärwellensystem.
- Die schiffserzeugten Belastungen in seitlich und zur Tiefe begrenzten Gewässern hängen im wesentlichen ab von a) der Schiffsgeschwindigkeit durch Wasser, b) dem Passierabstand zum Ufer, c) den Teilquerschnittsverhältnissen von Schiff und Wasserstraße und d) dem Verhältnis von Tiefgang des Schiffs zur Gesamtwassertiefe.
- Die Höhe der Primärwellen nimmt mit größer werdenden Querschnittsverhältnissen von Hamburg Richtung Nordsee tendenziell ab, die Höhe der Sekundärwellen zu.
- Die langwelligen Primärwellen wirken insbesondere durch Porenwasserüberdrücke und dadurch ausgelöste Materialablösungen auf die Ufer während die kurzwelligen Sekundärwellen dynamische Belastungen ausüben.

Aufgrund der Morphologie von Fahrrinne und Seitenbereichen lässt sich das Elbe-Ästuar hinsichtlich der Wirksamkeit der Schiffswellenbelastungen in 3 Hauptbereiche unterteilen:

Abschnitt Hafen-Hamburg bis Schwarztonnensand (km 620 – 666)

Der Bereich wird zum tiefen- und seitenbegrenzten Fahrwasser (Kanalfahrt) gerechnet, in dem die langperiodischen Primärwellen zumindest die gleiche Größenordnung wie die kurzperiodischen Sekundärwellen erreichen. Es werden Werte von $z_A \approx 0,5 - 1,1$ m und H_S bis $\approx 1,0$ m erreicht (z_A = Absenk, H_S = Amplitudenhöhe Sekundärwelle, s. Unterlage H.1d).

Abschnitt Schwarztonnensand bis Brunsbüttel (km 666 – 698)

In diesem Übergangsbereich breiten sich die Wellen in Abhängigkeit von den Schiffgrößen unterschiedlich aus. Während für PPM-Containerschiffe noch die Bedingungen der ‚Kanalfahrt‘ gelten treten für kleinere Containerschiffe Bedingungen wie beim seitlich unbegrenzten Fahrwasser auf. Für die Belastungen der Ufer ist der Passierabstand maßgeblich. Es werden Werte im Maximum von $z_A \approx 1,2$ m und H_S bis $\approx 1,1$ m erreicht.

Abschnitt Brunsbüttel bis zur See (km >698)

Durch die Aufweitung der Tideelbe in diesem Bereich lassen sich häufig bei normalen Wetterlagen die schiffserzeugten Wellen nicht mehr von den Windwellen unterscheiden. Daher sind bei größeren Passierabständen langperiodische Schiffswellen im Allgemeinen vernachlässigbar, Sekundärwellen können $H_S < 1,0$ m erreichen. Zwischen Osteriff und Altenbruch treten aufgrund des geringeren Passierabstands am südlichen Ufer Belastungen mit Werten von $z_A \approx 0,5$ und H_S bis $\approx 1,4$ m auf.

Eine statistische Auswertung der im Ist-Zustand realisierten Fahrgeschwindigkeiten der Schiffe zeigt [BAW 2006d], dass die Geschwindigkeiten nur im Mittel ungefähr den für die aktuelle Fahrrinnenanpassung festgelegten Schiffsgeschwindigkeiten gegen Grund entsprechen, die Maximalgeschwindigkeiten überschritten im inneren Ästuar (oberhalb Brunsbüttel) die Bemessungsgeschwindigkeiten erheblich. Eine für den Nahbereich von Wedel durchgeführte Klassifikation der Geschwindigkeiten nach Schiffstypen ergab, dass die höchsten Geschwindigkeiten von dem Feederverkehr gefahren werden, dass aber auch die großen Containerschiffe mit ihren Maximalgeschwindigkeiten deutlich oberhalb der aktuellen Bemessungsgeschwindigkeiten liegen (bei tideunabhängiger Fahrt rund 50 % Überschreitung der Maximalgeschwindigkeit, bei tideabhängiger Fahrt rund 40 %). BAW [2006d] fasst daher zusammen, dass *"schon heute bei der Überschreitung der Bemessungsgeschwindigkeiten auch durch große tiefgeladene Containerschiffe hohe schiffserzeugte Belastungen entlang der Unter- und Außenelbe auftreten müssen, wie sie anhand von Messungen in der Natur belegt werden können."*

5.5.2 Sedimentation im Uferbereich

Die Auswertung von Höhenveränderungen im Bereich der durch Abbruchkanten betroffenen Vordeichsländer durch die bei hohen Hochwässern erfolgende Sedimentation ergibt, dass die Sedimentationsrate im Median bei 1 cm/a, als Mittelwert bei 2,1 cm/a liegt (Abbildung 5-1).

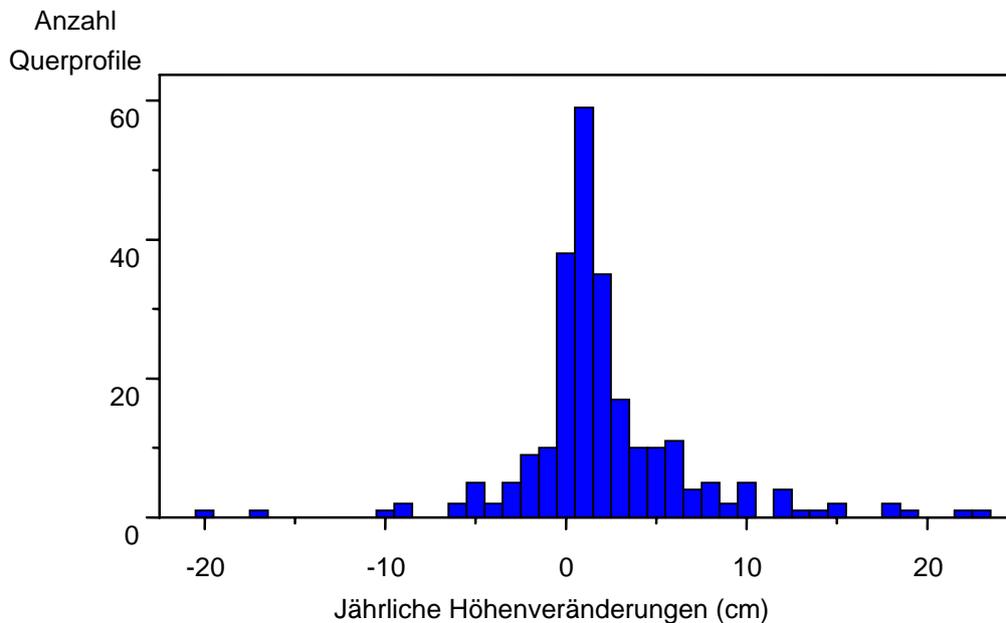


Abbildung 5-1 Jährliche Höhenveränderung durch Sedimentation oberhalb von Abbruchkanten (Quelle: Eigene Berechnungen)

Bezüglich der zeitlichen Entwicklung deutet sich eine Abnahme von der Zeitspanne 1965 – 1975 auf die Zeitspanne 1975 – 1998 an, die durch die zahlreichen Messungen im Rahmen der Beweissicherung aber noch nicht bestätigt wird. Auch unterhalb der Abbruchkanten finden bei insgesamt stärkerer Streuung der Werte teilweise erhebliche Sedimentablagerungen statt, die im Mittel 0,7 (Median 2,0) cm/a betragen.

Die Sedimentation findet in ähnlicher Größenordnung auch auf den Flächen statt, die nicht durch Abbruchkanten geprägt sind. Entscheidend ist eine dichte Vegetationsdecke, die bei Hochwässern die in dem Ästuar - insbesondere in den Watten - mobilisierten Schwebstoffe fangen.

5.6 Allgemeine chemische und physikalische Kennwerte

5.6.1 Acidität

Die Bodenacidität beeinflusst direkt oder indirekt chemische, physikalische und biologische Eigenschaften der Böden. Hierzu gehören u. a. die Verfügbarkeit von Nähr- und Schadstoffen, die biologische Aktivität, die Art des Bodengefüges und die Funktion als Pflanzenstandort. Der Gehalt der Böden an dissoziationsfähigem Wasserstoff (H) und an austauschbaren Aluminiumionen (Kationensäure) bedingt das Ausmaß der Bodenacidität. Wesentliche Quellen für H^+ -Ionen in Böden sind die Bildung von Kohlensäure sowie von organischen Säuren durch die mikrobielle Oxidation von Biomasse, die Abgabe von H-Ionen durch Pflanzenwurzeln bei der Kationenaufnahme, die Nitrifikation, die Oxidation von zweiwertigen Eisen- und Manganionen und von Eisensulfiden sowie der Eintrag saurer Niederschläge. Der Versauerung von Böden können verschiedene Puffersysteme entgegenwirken. Hierzu gehören die Pufferung durch Carbonate (pH-Bereich oberhalb pH 6), durch variable Ladungen der mineralischen und organischen Austauschere (pH-Bereich zwischen etwa pH 8 bis pH 3), durch Silikate (unterhalb pH 6) sowie durch Oxide und Hydroxide (unterhalb pH 3). Das Vorhandensein von Puffersubstanzen bewirkt bis zu ihrem Verbrauch einen in bestimmten Bereichen konstanten pH-Wert im Boden [SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002].

Die pH-Werte der Böden steigen von Geesthacht (ca. pH 5 - 6) bis zur Elbmündung (ca. pH 7,5 - 8) generell an. Sowohl die in den Untersuchungsabschnitten "Vierlande" und "Hamburg" deutlich niedrigeren pH-Werte, als auch die auffällige Abnahme der Spannweiten innerhalb einer Bodensequenz im Abschnitt "Cuxhaven" lassen sich anhand der Kalkgehalte erklären. Aufgrund des fast vollständigen Fehlens von Kalk liegen die pH-Werte im Untersuchungsabschnitt "Vierlande" und "Hamburg" unterhalb pH 7. Andere Puffersysteme (s. o.) oder anthropogene Einträge (Ammoniumdüngung, saure Niederschläge) und die mögliche Ablagerung sulfidhaltiger Sedimente (Versauerung durch Sulfidoxidation) haben unterschiedlichen Einfluss auf die Böden und bedingen so auch die höheren Spannweiten der Messwerte. Unterhalb vom Untersuchungsabschnitt "Hamburg" weist die überwiegende Mehrzahl der Proben Kalkgehalte und somit pH-Werte entsprechend dem Carbonatpuffersystem auf. Bei Einzelproben mit auffällig niedrigen pH-Werten handelt es sich um kalkfreie oder sehr kalkarme Proben oder um Proben aufgespülter, kalkfreier Sande. Ihre sehr geringe Pufferkapazität ist bereits durch saure Niederschläge erschöpft, so dass sie als stark sauer eingestuft werden müssen. Die Oberböden der meisten Böden weisen niedrigere pH-Werte auf als die Unterbodenproben. Dies ist natürlicherweise auf verschiedene Prozesse der Bodenbildung und die erhöhte biologische Aktivität, aber auch auf versauernd wirkende Einträge über die Niederschläge zurückzuführen. Die regelmäßige Ablagerung frischer Sedimente wirkt diesen Versauerungsprozessen jedoch entgegen, so dass die pH-Unterschiede zwischen Ober- und Unterböden meist nur gering sind. Bei fehlender Sedimentation, z.B. auf den hoch aufgespülten Sanden der Spülfelder, kommt es daher zu einer stärkeren Versauerung der Oberböden. In den Untersu-

chungsabschnitten "Vierlande" und "Hamburg" sind die pH-Werte als mäßig bis schwach sauer und in den Untersuchungsabschnitten "Wedel" bis "Cuxhaven" als schwach alkalisch zu bezeichnen.

Im Vergleich zu den an Bodenproben bestimmten pH-Werten weisen pH-Werte von oberflächennahen Grundwässern, neben geringen jahreszeitlichen Schwankungen, ebenfalls geringfügig höhere Spannweiten zwischen Geesthacht und Hamburg (Untersuchungsabschnitte "Vierlande" und "Hamburg") als unterhalb Hamburgs auf (Tabelle 5-16). Insgesamt liegen die pH-Werte der oberflächennahen Grundwässer im gesamten UG etwa zwischen pH 6 und pH 7,5.

Tabelle 5-16: pH (CaCl₂) -Werte der Vordeichsböden und der oberflächennahen Grundwässer

Abschnitt	Oberböden		Unterböden		oberflächennahes Grundwasser	
	Spanne	Median	Spanne	Median	Spanne	Median
VML	4,8 – 6,7	5,8	5,2 - 6,9	5,9	5,8 - 7,4	6,4
HH	6,3 - 7,1	6,6	4,9 - 7,2	6,4	6,5 - 7,6	7,0
WED	4,0 - 7,6	7,1	4,3 - 7,7	7,15	6,7 - 7,4	7,0
GLU	5,7 - 7,3	7,1	6,1 - 7,6	7,2	6,6 - 7,6	7,1
BRU	7,0 - 7,8	7,3	6,2 - 7,8	7,4	6,6 - 7,6	7,0
CUX	6,6 - 8,0	7,6	7,5 - 8,1	7,75	6,7 - 7,3	7,0

Die pH-Werte der Böden liegen im optimalen Bereich für die Nährstoffversorgung und die biologische Aktivität. Zu pH-abhängigen erhöhten Schwermetallfreisetzungen könnte es möglicherweise in belasteten Böden oberhalb Hamburgs kommen, da unterhalb von pH 6,5 eine zunehmende Mobilisierung der Schwermetalle einsetzen kann.

5.6.2 Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit wässriger Medien ist abhängig von deren Ionen-Gehalt sowie von der Art der Ionen. Salze gehen in Form ihrer Ionen in Lösung und sind daher, in Abhängigkeit von ihrer Konzentration und Zusammensetzung, bestimmend für die Höhe der elektrischen Leitfähigkeit. Die elektrische Leitfähigkeit ermöglicht daher Rückschlüsse auf den ungefähren Salzgehalt von Wässern oder wässrigen Lösungen.

Der marine Einfluss auf die Elbe und damit auch auf die Vordeichsböden der Elbe erstreckt sich etwa bis Höhe Glückstadt. Dies wird bei der Betrachtung der elektrischen Leitfähigkeiten der oberflächennahen Grundwässer sowie der Wasserextrakte von Bodenproben (Tabelle 5-17). deutlich. Bei relativ geringen jahreszeitlichen Schwankungen weisen die Grundwässer zwischen Geesthacht und Asseler Sand (Untersuchungsabschnitt "Vierlande" bis "Glückstadt") elektrische Leitfähigkeiten von meist unter 2000 µS/cm auf, die Extrakte der Bodenproben Leitfähigkeiten von meist unter 1000 µS/cm. Stromabwärts des Asseler Sandes weisen die Leitfähigkeiten der Oberbodenextrakte überwiegend Leitfähigkeiten unterhalb 2000 µS/cm auf, in Unterbodenproben treten z. T. deutlich höhere Werte auf. Der Grund hierfür ist zum einen darin zu sehen, dass der Grundwasserkörper mit der Brackwasserzone der Elbe in

Verbindung steht, zum anderen verlagert sich durch Überflutungsereignisse eingetragenes Salz in kurzer Zeit in den Unterboden. Lediglich während und kurz nach der Überflutung verweilt salzhaltigeres Wasser im Oberboden. Die Salzgehalte im Oberboden sind daher stark überflutungsabhängig und z. B. an niedrig liegenden Standorten sehr viel höher als auf erhöhten Uferwällen. Die oberflächennahen Grundwässer weisen im Bereich Asseler Sand noch Werte knapp oberhalb 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf, steigen aber in Richtung Außenelbe sehr stark an und liegen dort häufig oberhalb 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Insgesamt sind bei den Grundwässern der Untersuchungsabschnitte "Brunsbüttel" und "Cuxhaven" deutliche jahreszeitliche Schwankungen festzustellen, die auf die unterschiedlichen Überflutungshäufigkeiten und die damit verbundenen Salzeinträge mit dem Überflutungswasser zurückzuführen sind.

Tabelle 5-17: Elektrische Leitfähigkeit der Boden-Wasserextrakte und der oberflächennahen Grundwässer

Abschnitt	Oberböden ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		Unterböden ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		Oberflächennahes Grundwasser ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
	Spanne	Median	Spanne	Median	Spanne	Median
VML	65 - 202	115	19 – 340	75,5	457 - 1006	726
HH	124 - 698	298	24 – 1136	136	671 - 1423	915
WED	30 - 774	205	11 – 870	364,5	868 - 1831	1481
GLU	37 - 1795	447	14 – 3220	583,5	664 - 2390	1306
BRU	399 - 2720	675	190 – 2840	1033	1610 - 11230	4250
CUX	150 - 5170	3380	242 – 4790	2115	2970 - 19800	9900

5.6.3 Raumgewicht

Das Raumgewicht (Trockenmasse bezogen auf das Gesamtvolumen) wird durch die Korngrößenverteilung und das Bodengefüge beeinflusst.

Meist weisen die untersuchten Vordeichsböden Raumgewichte zwischen etwa 0,8 und 1,6 g/cm^3 auf, wobei das Raumgewicht der Oberböden aufgrund der höheren biologischen Aktivität und höheren Gehalten organischer Substanz mit 0,8 - 1,1 g/cm^3 niedriger liegt als in den Unterböden mit Werten zwischen 1,1 - 1,6 g/cm^3 . Horizonte mit höheren Anteilen an Feinkorn und organischer Substanz (Schlick) sowie Horizonte aus bindigen Materialien (Klei), die ganzjährig wassergesättigt sind, weisen deutlich niedrigere Raumgewichte von etwa 0,4 bis 0,7 g/cm^3 auf.

5.6.4 Kalk

Der Kalkgehalt der Böden ermöglicht, neben der bodentypologischen Einstufung, die Entwicklung der Böden im Hinblick auf Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Nähr- und Schadstoffen abzuschätzen.

In den Untersuchungsabschnitten "Vierlande" und "Hamburg" sind die Kalkgehalte erwartungsgemäß sehr niedrig und häufig unterhalb der Nachweisgrenze (Tabelle 5-18). Die Böden werden nach Bodenkundlicher Kartieranleitung [AG BODEN 2005] als carbonatfrei bzw. an einzelnen Standorten als sehr carbonatarm bis carbonatarm bezeichnet.

Punktuell auftretende Carbonate sind hier auf den Oberböden beschränkt und werden nicht durch carbonathaltige Sedimente, sondern durch Schneckenschalen oder anthropogene Verunreinigungen (Schuttreste) hervorgerufen.

Tabelle 5-18: Kalkgehalte der Böden

Abschnitt	Oberböden (% C _{anorg})		Unterböden (% C _{anorg})	
	Spanne	Median	Spanne	Median
VML	0 – 0,05	0	0 – 0,06	0
HH	0 – 0,08	0	0 – 0,21	0
WED	0 – 0,72	0,64	0 – 0,4	0,2
GLU	0 – 0,92	0,32	0 – 0,75	0,43
BRU	0,06 – 1,03	0,65	0 – 0,82	0,57
CUX	0 – 0,82	0,42	0 – 0,77	0,46

Unterhalb Hamburgs (Untersuchungsabschnitte "Wedel" bis "Cuxhaven") variiert der Kalkgehalt in den Oberböden sowie auch in den Unterböden sehr stark, die Böden sind jedoch allgemein als schwach bis mittel carbonathaltig zu bezeichnen. Aufgrund von regelmäßigen Einträgen frischer kalkhaltiger Sedimente kommt es in den Oberböden häufig zu höheren Kalkgehalten als in den Unterböden. Dieser ständige Kalk eintrag über die Sedimente wirkt einer Entkalkung der Böden entgegen. An einzelnen Standorten weisen die Oberböden und z. T. auch die Unterböden deutlich niedrigere Kalkgehalte auf, was z. B. auf eine stellenweise vollständige Entkalkung von Bodenschichten zurückzuführen ist (Kleimarschen).

In den kalkhaltigen Böden des UG ist aufgrund der Carbonatpufferung von einer stabilen Bodenreaktion mit pH-Werten oberhalb von pH 6 auszugehen.

5.6.5 Organische Substanz

Die organische Substanz des Bodens besteht aus abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Organismen und deren Abbauprodukten (Streu) sowie den aus diesen Abbauprodukten im Boden neu gebildeten Huminstoffen. Aufgrund verschiedener Abbau- und Umwandlungsreaktionen stellt die organische Substanz einen wichtigen Speicher für die hauptsächlich organisch gebundenen Nährstoffe (N, P, S) dar. Durch die hohe Kationenaustauschkapazität und die Möglichkeit, Komplexbindungen mit Metallen einzugehen, wirkt sich der Gehalt an organischer Substanz auch auf die Verfügbarkeit weiterer Nähr- und Schadstoffe aus. Außerdem beeinflusst die organische Substanz die Bildung und Stabilität des Bodengefüges und die Wasserhaltekapazität des Bodens positiv.

Aus Tabelle 5-19 sind die im Vergleich zu den Oberböden meist deutlich niedrigeren Gehalte an organischer Substanz in den Unterböden sowie ein Maximum der Unterbodengehalte im Untersuchungsabschnitt "Glückstadt" zu erkennen. In den Oberböden nehmen die Gehalte an organischer Substanz von Geesthacht bis zur Mündung tendenziell ab.

Tabelle 5-19: Gehalt an organischer Substanz in den Vordeichsböden

Abschnitt	Oberböden (%)			Unterböden (%)		
	Spanne	Median	arithm. Mittelwert*	Spanne	Median	arithm. Mittelwert
VML	0,11 – 17,48	5,26	6,11	<0,01 – 13,76	0,89	1,74
HH	1,50 – 18,04	8,89	9,42	0,10 – 18,82	0,58	2,68
WED	0,71 – 10,77	6,78	6,43	0,17 – 6,52	2,50	2,77
GLU	1,05 – 15,81	6,99	7,31	<0,01 – 6,66	2,98	2,93
BRU	2,61 – 9,61	5,62	5,72	0,19 – 4,70	2,08	2,05
CUX	1,10 – 10,32	4,23	4,72	0,28 – 2,87	0,87	1,09

Auch die großen Spannweiten der Werte verringern sich in Richtung Elbmündung. Zusätzlich zur sekundären Humusanreicherung (nutzungs- und zeitabhängig) sind die Gehalte an organischer Substanz stark von dem primären Gehalt der abgelagerten Sedimente abhängig. Sande weisen nur geringe Gehalte primärer organischer Substanz auf, feinkornreiches Material (Schlick) hingegen hohe Gehalte. Im Vergleich von Schlickten aus dem Abschnitt "Vier- und Marschlande" mit solchen aus dem Abschnitt "Glückstadt" wird deutlich, dass der Gehalt an organischer Substanz im Schlick zwischen Hamburg und Cuxhaven, bei gleichen Feinkornanteilen, abnimmt. Hohe Feinkornanteile bedingen hohe Gehalte vor allem primärer organischer Substanz. Die hohe Bodenfeuchte der schlickreichen Böden führt außerdem zu einem verminderten Abbau des organischen Materials. Sehr niedrige Gehalte in sandigen Proben, z.B. der Inseln oder sandiger Uferwälle, sind durch das Fehlen primärer Humusanreicherung und das sehr geringe Bodenalter bedingt.

5.7 Nährstoffe

5.7.1 Nährstoffeinträge

Die Gehalte an Nährstoffen in Marschenböden sind abhängig von den ursprünglichen Gehalten in den abgelagerten Sedimenten, von den episodischen Einträgen neuer Sedimente und den im Elbwasser gelösten Stoffen [ANDRESEN 1996, DUVE 1996], von zusätzlichen Einträgen über die Luft und durch die Düngung landwirtschaftlicher Flächen sowie von den verschiedenen Verluste (z. B. Ernteentzug, Auswaschung). Die für den Nährstoffhaushalt relevanten Prozesse werden im folgenden erläutert:

Nährstoffeinträge durch Sedimentation und Infiltration

Feinkörnige Sedimente mit hohen Anteilen an organischer Substanz (Schlick) weisen hohe Nährstoffgehalte auf. DUVE [1996] gibt für Grünland auf dem Asseler Sand einen Stickstoffgesamteintrag von etwa 160 kg N/ha*a an, von denen ca. 150 kg/ha*a über Sedimente und nur 6 kg/ha*a durch Infiltration von Elbwasser eingetragen werden. Im Vergleich zu den hohen Einträgen sind die Stickstoffausträge durch den Grundwasserabfluss mit 2 - 6 kg/ha*a unbedeutend. Aus den von DUVE [1996] in den frischen Sedimenten ebenfalls bestimmten Kalium- und Calciumgehalten lassen sich bei Sedimentationsraten von durchschnittlich 5,5 kg/m²*a ebenfalls hohe Einträge von Kalium (121 kg/ha*a) und Calcium (2040 kg/ha*a) errechnen.

Nährstoffeinträge durch Düngung

Aufgrund des hohen natürlichen Nährstoffgehaltes der Vordeichsböden wird, sofern überhaupt gedüngt wird, allgemein nur der Stickstoffentzug durch Dünger ergänzt.

Im Mittel werden auf die Grünlandflächen etwa 130 kg/ha*a Stickstoff in Form von vorwiegend mineralischem Dünger aufgetragen. Diese Menge liegt in gleicher Größenordnung, wie sie DUVE [1996] für den Stickstoffeintrag durch Sedimente berechnet hat (s. o.).

Nährstoffeinträge über die Luft

Stoffeinträge erfolgen in die Böden über trockene (Staub) oder nasse Deposition (Niederschläge). Dabei liegen die Nährstoffeinträge über die Luft für Stickstoff zwar etwa doppelt so hoch wie die Einträge durch Infiltration von Elbwasser, aber sie betragen nur etwa 10 % der Stickstoffeinträge durch die Sedimente.

Für Phosphat ergeben sich etwa gleich hohe Beträge, während die Einträge über die Luft für Kalium zwischen 20 und 50 %, für Magnesium zwischen 10 und 25 %, für Calcium <5 % und für Natrium zwischen 15 und 40 % der Einträge durch Infiltration von Elbwasser betragen. Im Vergleich zu den Einträgen über die Sedimente sind die Lufteinträge von Alkali- und Erdalkalielelementen gering [MIEHLICH et al. 1997a].

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Nährstoffeinträge über die Luft sehr gering sind. Hinzu kommen Nährstoffausträge, die etwa in der Größenordnung der Lufteinträge liegen oder diese z. T. deutlich überschreiten.

5.7.2 Stickstoff

Stickstoff gehört neben Kalium zu den Nährelementen, die in Pflanzen mit den höchsten Gehalten vorkommen. Er liegt in Böden meist zu mehr als 95 % in organischer Bindung vor, wird von Pflanzen allerdings in mineralischer Form als Nitrat oder Ammonium aufgenommen. Aufgrund der organischen Bindungsform korreliert der Stickstoffgehalt in Böden eng mit dem Gehalt an organischem Kohlenstoff. Der Quotient dieser beiden Parameter wird als C/N-Verhältnis bezeichnet, er kennzeichnet die Qualität der organischen Substanz im Hinblick auf die mikrobielle Abbaubarkeit und damit die mögliche Stickstoffmineralisierung und -nachlieferung für Pflanzen. Ist das C/N-Verhältnis der organischen Stoffe > 25, kann es zur N-Immobilisierung kommen.

Der bei der Mineralisierung in Form von NH_3 oder NH_4^+ freigesetzte Stickstoff wird unter aeroben Bedingungen in Nitrat umgewandelt (Nitrifikation), wobei durch Freisetzung von Protonen eine Bodenversauerung stattfindet, die aber in den meisten Böden des UG durch Pufferung abgefangen wird, so dass sich der pH-Wert nicht verändert. Aufgrund der hohen Löslichkeit und der geringen Adsorption im Boden kann es zu hohen Nitratverlusten durch Auswaschung kommen, unter anaeroben Bedingungen (Wassersättigung >80 %) kommt es auch zu Verlusten durch Denitrifikation. Im Gegensatz zu Nitrat wird Ammonium aufgrund der positiven Ladung an Kationenaustauscher des Bodens angelagert. Außerdem wird Ammonium von Tonmineralen nicht austauschbar gebunden.

In Abhängigkeit von den Gehalten an organischer Substanz in den Vordeichsböden schwanken auch die Stickstoffgesamtgehalte in weiten Grenzen (Tabelle 5-20). Da die Stickstoffgesamtgehalte in Böden meist zwischen 0,2 und 4,0 g/kg betragen [SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 2002], sind die Gehalte in den Oberböden der Außendeichsflächen, die häufig über 4 g/kg liegen, als hoch zu bezeichnen. Hohe bis sehr hohe Gehalte an Stickstoff treten aufgrund der oben beschriebenen Abhängigkeit von der organischen Substanz in Schlickten und Kleien mit hohen Anteilen an organischem Kohlenstoff (vorwiegend Oberböden) auf, während Sande sehr geringe und die lehmigen Unterböden meist nur geringe Stickstoffgehalte aufweisen.

Die C/N-Verhältnisse liegen in den meisten der untersuchten Vordeichsböden zwischen 10 und 15, die Böden weisen daher eine hohe biologische Aktivität auf.

Tabelle 5-20: Stickstoffgesamtgehalt (Nges) und C/N-Verhältnis der Vordeichsböden

Abschnitt	Oberböden				Unterböden			
	Nges (g/kg)		C/N-Verhältnis		Nges (g/kg)		C/N-Verhältnis	
	Spanne	Median	Spanne	Median	Spanne	Median	Spanne	Median
VML	0,2 - 6,8	2,6	10 - 16	12	NG - 5,5	0,4	7 - 17	12
HH	NG - 8,6	4,2	11 - 16*	13*	NG - 6,4	0,2	10 - 22	14
WED	0,2 - 5,2	3,4	10 - 24	12	NG - 3,1	1,4	9 - 17*	12*
GLU	0,3 - 8,3	3,7	9 - 20	11	NG - 3,6	1,5	8 - 19*	13*
BRU	1,6 - 5,6	2,7	5 - 15	12,5	0,1 - 2,1	0,9	7 - 25	14
CUX	0,4 - 5,7	2,1	10 - 18	12	0,1 - 1,6	0,5	6 - 17	11

* = Einzelne Proben wurden aufgrund sehr niedriger Gehalte an organischem Kohlenstoff oder an Stickstoff nicht in die Berechnung einbezogen.

NG = Gehalt unterhalb der Nachweisgrenze (0,1 g/kg)

Durch die Bestimmung von Nitrat und Ammonium im oberflächennahen Grundwasser (Tabelle 5-21) wird der größte Anteil gelöster Stickstoffverbindungen erfasst. Im Vergleich zu den häufig hohen Stickstoffgesamtgehalten in den Böden sind die Gehalte an gelöstem Ammonium und Nitrat als niedrig zu bezeichnen. In der überwiegenden Mehrzahl der Proben liegen die Gehalte im Bereich der mittleren Ammoniumgehalte des Niederschlags. Im Vergleich zu den Gehalten im Porenwasser der Elbsedimente oder von Baggerschlämmen sind auch die relativ hohen Gehalte in den Untersuchungsabschnitten "Brunsbüttel" und "Cuxhaven" als niedrig zu bezeichnen.

Tabelle 5-21: Nitrat- und Ammoniumgehalte im oberflächennahen Grundwasser

Abschnitt	Nitrat (mg N/l)			Ammonium (mg N/l)		
	Spanne	Median	arithm. Mittelwert*	Spanne	Median	arithm. Mittelwert*
VML	<0,23 - 33,61	4,54	8,84	<0,1 - 0,40	<0,1	0,02
HH	<0,23 - 6,01	3,46	2,78	<0,1 - 0,35	<0,1	0,05
WED	<0,23 - 2,35	<0,23	0,18	<0,1 - 1,64	0,12	0,28
GLU	<0,23 - 12,2	<0,23	1,10	<0,1 - 1,30	0,16	0,27
BRU	<0,23 - 8,54	<0,23	0,24	<0,1 - 9,40	0,25	1,18
CUX	<0,23 - 3,82	<0,23	0,14	<0,1 - 11,74	0,48	0,83

Bei Gehalten unterhalb der Nachweisgrenze (1 mg NO₃/l, 0,23 mg NO₃-N/l bzw. 0,1 mg NH₄-N/l) wurde zur Berechnung des arithmetischen Mittelwertes "0" eingesetzt.

5.7.3 Phosphor

Phosphor liegt in Böden in organischer (vor allem Phytate) und anorganischer Bindung (bei den hier gemessenen pH-Werten meist Calciumphosphate) vor. In Abhängigkeit von pH-Wert und Redoxmilieu kommt es auch zur Bildung von Aluminium- oder Eisenphosphaten. Außerdem liegt ein Teil des Bodenphosphats an Eisen- und Aluminiumhydroxiden oder -oxiden sowie an Tonmineralen adsorbiert vor. Die organische Substanz adsorbiert Phosphat vor allem bei Vorliegen von Komplexbindungen mit Fe^{3+} oder Al^{3+} . Die Löslichkeit der Bodenphosphate hängt von ihrer Art und dem pH-Wert des Bodens ab und ist in schwach sauren bis neutralen Böden am größten. Lösliche organische Phosphorverbindungen können in der Bodenlösung bis zu 70 % des gesamten gelösten Phosphors ausmachen, aber wahrscheinlich sind sie für Pflanzen nicht verfügbar. Aufgrund seiner allgemein geringen Verfügbarkeit stellt dieser wichtige Pflanzennährstoff häufig in Böden den limitierenden Faktor für Pflanzenwachstum dar [SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 2002].

Die Phosphorgesamtgehalte der Böden können im Vergleich zu Böden anderer Naturräume allgemein als hoch bis sehr hoch bezeichnet werden (Tabelle 5-22). Vor allem die Gehalte der Oberböden liegen mit 0,2 - 0,8 g/kg häufig über den Angaben von SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL [2002] für ‚normale‘ Böden. Erklärbar sind die im Vergleich mit den Unterböden meist höheren Gehalte der Oberböden mit den höheren Gehalten an organischer Substanz. Diese Beziehung drückt sich auch in einer hohen Korrelation zwischen den Gehalten dieser beiden Parameter aus. Die z. T. sehr hohen Gehalte einzelner Proben sind auf die großen Anteile an organischer Substanz zurückzuführen, die vor allem durch hohe Anteile an pflanzlichen Resten oder an Schlick hervorgerufen werden. Aufgrund einer ebenfalls engen Korrelation zwischen den Eisen- und Phosphorgesamtgehalten ist zu vermuten, dass ein großer Anteil des anorganisch gebundenen Phosphors in Form von an Eisenoxiden adsorbiertem Phosphat vorliegt.

Da auf den Vordeichflächen über die Düngung keine Phosphoreinträge stattfinden (Ausnahme: Gülle- und Jauche-Düngung), sind die hohen Phosphorgehalte auf Einträge durch Ablagerung frischer Sedimente zurückzuführen. Diese weisen, je nach Gehalt an organischer Substanz, Phosphorgesamtgehalte bis 5,8 g/kg auf [MIEHLICH et al. 1997a]. Horizonte, die kaum Feinkornanteile und keine oder nur geringe Gehalte an organischer Substanz aufweisen (z.B. in den Sanden der Inseln oder in Uferwällen), haben dementsprechend nur geringe Phosphorgesamtgehalte von meist unter 0,4 g/kg.

Zur Bestimmung der Phosphorversorgung von Böden wird in Deutschland u. a. die Doppellactatmethode (DL) angewandt. Sie dient der Bestimmung von pflanzenaufnehmbaren Hauptnährstoffgehalten bzw. des Düngerbedarfs. Die DL-P-Gehalte (Tabelle 5-22) korrelieren in den untersuchten Böden eng mit den Phosphorgesamtgehalten, wobei die Anteile der DL-P-Gehalte an den Gesamtgehalten zwischen etwa 0,5 und 25 % variieren.

Sehr niedrige DL-P-Gehalte treten vor allem in den Böden des Untersuchungsabschnittes "Vierlande" sowie auch in sandigen Horizonten von Böden der übrigen Untersuchungsabschnitte auf. Sehr hohe DL-P-Gehalte kommen fast ausschließlich in

den schlickreichen Böden des Untersuchungsabschnittes "Hamburg" vor. Die Böden der übrigen Untersuchungsabschnitte nehmen, mit Ausnahme der sandigen Horizonte, eine Mittelstellung ein.

Aufgrund der regelmäßigen Phosphorzufuhr durch frische Sedimente ist eine Phosphor-Düngung dieser Vordeichsflächen nicht erforderlich. Ausnahmen hiervon stellen die Bereiche sandiger Uferwälle und die Sande der Inseln dar, die eine Phosphorunterversorgung aufweisen. Die "Phosphordüngung" der Böden durch frisch abgelagerte Sedimente wird besonders an den sehr hohen Gehalten der Schlicke im Untersuchungsabschnitt "Hamburg" deutlich, die z.T. in einem Bereich liegt, in dem bei landwirtschaftlicher Nutzung eine Überdüngung angezeigt wäre.

Tabelle 5-22: Phosphorgesamtgehalte (P_{ges}) und doppelactatlösliche Gehalte (DL-P) der Vordeichsböden

Abschnitt	P_{ges} – Oberböden (g/kg)		P_{ges} – Unterböden (g/kg)		DL-P – Oberböden (g/kg)	
	Spanne	Median	Spanne	Median	Spanne	Median
VML	0,16 - 6,28	0,77	0,11 - 2,52	0,53	<0,01 - 0,46	0,06
HH	0,19 - 4,61	1,25	0,15 - 3,02	0,30	0,18 - 0,49	0,36
WED	0,28 - 2,00	1,21	0,23 - 1,08	0,66	0,01 - 0,19	0,11
GLU	0,35 - 2,78	1,11	0,30 - 1,64	0,73	0,01 - 0,17	0,15
BRU	0,56 - 1,44	1,00	0,20 - 1,11	0,58	0,03 - 0,16	0,05
CUX	0,44 - 1,60	0,80	0,24 - 0,68	0,41	<0,01 - 0,13	0,08

5.7.4 Schwefel

Schwefel ist ein für Pflanzen und Tiere wichtiges Nährelement und kommt in Böden sowohl in organischer als auch in anorganischer Bindung vor. Unter aeroben Bedingungen liegt der anorganische Schwefelanteil vorwiegend in Form von Sulfaten, unter anaeroben Bedingungen vorwiegend als Sulfid vor. Im Gegensatz zu den schwerlöslichen Sulfiden unterliegen die relativ leicht löslichen Sulfate im humiden Klimabereich der Auswaschung. Gelangen sulfidhaltige Bodenschichten unter aerobe Bedingungen (Aushub, Absenkung des Grundwasserspiegels, Aufspülung an Land), werden sie zu Sulfaten oxidiert. Hierbei werden Protonen abgegeben, die zu einer starken Versauerung führen können. Bei der Bodenbildung aus jungen Marschsedimenten wird die Sulfidoxidation i. d. R. durch Lösung und Auswaschung vorhandener Carbonate gepuffert. Absenkungen des pH-Wertes treten erst dann auf, wenn der Carbonatpuffer erschöpft ist.

Von den untersuchten Böden weisen die Oberbodenproben häufige Schwefelgehalte zwischen 0,5 und 2,5 g/kg auf. Die Unterbodenproben liegen in ihren Gehalten häufig unterhalb der Oberbodenwerte. Dies ist zum einen auf die Anreicherung schwefelhaltiger organischer Substanz in den Oberböden zurückzuführen, zum anderen darauf, dass ein Teil der tieferen Proben aus teilweise belüfteten Horizonten stammt, in denen nur geringe oder keine Sulfidbildung stattfindet. Proben aus reduzierten Bereichen (Gr-Horizonte) weisen i. d. R. die höchsten Schwefelgehalte innerhalb der Unterbodenproben auf und übersteigen dann meist auch die Gehalte der Oberböden. Insgesamt liegen die Schwefelgesamtgehalte im Bereich häufiger Bodengehalte, die SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL [2002] mit 0,2 bis 2 g/kg angeben. Die geringsten

Gehalte treten dabei in sandigen Horizonten ohne nennenswerte Anteile an organischer Substanz auf. In bindigen Horizonten treten, infolge unterschiedlicher Anreicherung von organischer Substanz und der von der Wassersättigung abhängenden Sulfidbildung, stärkere Schwankungen in den Schwefelgehalten auf. Über die Ablagerung von schwefelhaltigen Sedimenten wird den tidebeeinflussten Böden regelmäßig Schwefel zugeführt, so dass es in diesen Böden nicht zu einem Schwefelmangel für die Vegetation kommt.

5.7.5 Kalium

Die Kaliumgesamtgehalte der Böden liegen meist zwischen 8 und 20 g/kg, sandige Böden weisen teilweise nur Gehalte von 2 g/kg auf. Anhand der DL-Kaliumgehalte kann gezeigt werden, dass die Mehrzahl der Böden eine ausreichende Kaliumversorgung der Vegetation aufweist. Auch bei den Kaliumgehalten der oberflächennahen Grundwässer wird ein mariner Einfluss auf die Elbe und damit auf die Vordeichsböden deutlich. Während die Kaliumgehalte in den Abschnitten "Vierlande" bis "Glückstadt" meist unter 10 mg/l betragen, steigen sie im Abschnitt "Brunsbüttel" an und erreichen im Abschnitt "Cuxhaven" Gehalte bis zu 158 mg/l.

5.7.6 Magnesium und Calcium

Die Magnesiumgesamtgehalte der Böden zeigen eine den Kaliumgesamtgehalten sehr ähnliche Verteilung. Bei großen Schwankungen zwischen 0,5 und 12 g/kg weisen sandige Böden meist die niedrigsten Magnesiumgehalte auf. Die Medianwerte steigen vom Untersuchungsabschnitt "Wedel" Richtung Cuxhaven deutlich an, was auf den Magnesiumgehalt der teilweise dolomitischen Kalke in marinen Sedimenten zurückzuführen ist. Die Magnesiumgehalte der oberflächennahen Grundwässer zeigen mit niedrigen Gehalten in den Abschnitten "Vierlande" bis "Glückstadt" und mit hohen Gehalten in den Abschnitten "Brunsbüttel" und "Cuxhaven" ebenfalls eine marine Beeinflussung an.

Die Calciumgesamtgehalte sind vor allem durch die Kalkgehalte geprägt und weisen eine ähnliche Verteilung wie die des Kalks (siehe Kap. 5.6.4) auf. Bei ebenfalls niedrigen Gehalten in sandigen Böden ist ein Maximum der Calciumgesamtgehalte in den Abschnitten "Glückstadt" und "Brunsbüttel" zu erkennen. Durch die Lösung von Kalk bedingt, steigen die Calciumgehalte in den oberflächennahen Grundwässern von Abschnitt "Wedel" bis "Cuxhaven" an.

5.7.7 Natrium

Durch den relativ gleichmäßigen Anstieg der Natriumgesamtgehalte in den Vordeichsböden zwischen Geesthacht und Cuxhaven wird auch durch dieses Element der marine Einfluss im UG verdeutlicht. In noch stärkerem Maß zeigen dies die Natrium- und auch die Chloridgehalte der oberflächennahen Grundwässer. In beiden Fällen sind die Gehalte vom Abschnitt "Vierlande" bis in den Abschnitt "Glückstadt" ein-

heitlich niedrig und steigen innerhalb des Abschnittes "Glückstadt" (Untersuchungsfläche Assel) in Richtung Außenelbe deutlich an.

5.7.8 Eisen und Mangan

Die Eisengesamtgehalte der Böden schwanken in allen Untersuchungsabschnitten zwischen 1 und 50 g/kg (Einzelproben bis 95 g/kg). Sandige Böden weisen wiederum niedrige Gehalte auf. Böden mit höherem Feinkornanteil und höherem Gehalt an organischer Substanz sowie Horizonte mit Eisenanreicherungen (aerob und anaerob) weisen hohe Eisengehalte auf. Dies führt in einigen Schlickten (z.B. des Heuckenlocks) zu Eisengesamtgehalten von bis zu 90 mg/kg. Die Eisengehalte in den oberflächennahen Grundwässern weisen eine von den Feststoffgehalten abweichende Verteilung auf. Während die Gehalte in den Grundwässern der Abschnitte "Vierlande" und "Hamburg" deutlich unter 1 mg/l liegen, kommen in den übrigen Abschnitten teilweise hohe Gehalte von über 10 mg/l (im Abschnitt "Brunsbüttel" bis 80 mg/l) vor. Diese teilweise erhöhte Eisenmobilität wird auf die Art und Menge der organischen Substanz sowie auf tiefe Redoxpotentiale an den entsprechenden Standorten zurückgeführt.

Abweichend von den Eisengesamtgehalten weisen die Mangangesamtgehalte der Vordeichsböden eine dem Gehalt an organischer Substanz ähnliche Verteilung auf. Höchste Mangangehalte kommen in schlickreichen Oberböden vor, geringe Gehalte wiederum in sandigen Böden. Die Verteilung der gelösten Mangangehalte im oberflächennahen Grundwasser ist mit sehr geringen Gehalten in den Abschnitten "Vierlande" und "Hamburg" sowie erhöhten Gehalten in den übrigen Abschnitten ähnlich derjenigen des gelösten Eisens.

5.8 Belastung der Böden mit Schadstoffen

Böden in Überflutungsbereichen von Flüssen stellen eine Senke für die mit dem Fluss antransportierten Schadstoffe dar. Dies kann auch für die Böden der Küste gelten, wenn die Schadstoffe bereits das marine Milieu erreicht haben. In Abhängigkeit von der Sedimentationsrate und der Herkunft der abgelagerten Partikel (Elbe-Oberstrom siehe HEISE et al. [2005] Elbe oder Nordsee) sind daher die Böden des UG mehr oder weniger stark mit Schadstoffen belastet.

Eine Einstufung der Schadstoffbelastungen von Böden ist gemäß der Vorsorge- und Prüfwertlisten der BBodSchV (1999) vorzunehmen. In diesen sind Angaben zu den gängigen Schadstoffen enthalten (Tabelle 5-23). Die Bindungsfähigkeit für Schadstoffe ist in Böden stark vom Anteil adsorptionsfähiger Bestandteile (Organische Substanz und Tongehalt) sowie von der Acidität der Böden und dem Lösungsverhalten der jeweiligen Stoffe abhängig. Die Vorsorgewerte der BBodSchV werden daher nach der Bindungsfähigkeit der Böden differenziert, wobei bezüglich der Spurenmetalle drei Gruppen, bezüglich der genannten organischen Schadstoffe zwei Gruppen gebildet werden:

Tabelle 5-23: Vorsorge- und Prüfwerte für Schadstoffgehalte der BBodSchV (mg/kg Trockenmasse)

Parameter	Vorsorgewerte			Prüfwerte		
	Bodenart/ Humusklasse ⁵ nach KA 4			Kinderspiel- flächen	Wohn- gebiete	Park- und Frei- zeitanlagen
	T, o. >h4	L/U	S, o. ≤ h4			
Arsen				25	50	125
Blei	100 ²	70 ⁴	40	200	400	1.000
Cadmium	1,5 ¹	1 ³	0,4	10	20	50
Chrom	100	60	30	200	400	1.000
Cyanide				50	50	50
Nickel	70 ¹	50 ³	15	70	140	350
Quecksilber	1	0,5	0,1	10	20	50
Zink	200 ¹	150 ³	60			
Aldrin				2	4	10
Benzo(a)pyren	1		0,3	2	4	10
DDT				40	80	200
Hexachlorbenzol				4	8	20
HCH-Gemisch				5	10	25
Pentachlorphenol				50	100	250
PCB	0,1		0,05	2	4	10

¹ Bei pH <6 gelten die Vorsorgewerte für Lehm; ² Bei pH <5 gelten die Vorsorgewerte für Lehm
³ Bei pH <6 gelten die Vorsorgewerte für Sand; ⁴ Bei pH <5 gelten die Vorsorgewerte für Sand
⁵ Humusklasse nur für organische Schadstoffe

Spurenmetalle:

T Bodenarten mit hohem Tongehalten: Tt, Tu2, Tu3, Tu4, Tl, Ts2, Lt3

S Bodenarten mit geringen Tongehalten: Ss, St2, Su2, Su3, Su4, Sl2, Sl3

L/U: alle übrigen Bodenarten

Organische Schadstoffe:

>h4 Böden mit hohem Gehalt an organischer Substanz: ≥ 8 %C.

≤ h4 Böden mit geringerem Gehalt an organischer Substanz: <8 %C.

Die Berücksichtigung des pH erfolgt bei den Spurenmetallen stoffspezifisch gesondert.

Im Folgenden wird die aktuelle Schadstoffbelastung der Böden dargestellt und abschließend eine Bewertung der Belastungen durchgeführt.

5.8.1 Schwermetalle

In Böden und Sedimenten sind Schwermetalle vor allem an die organische Substanz sowie an Sesquioxide und Tonminerale gebunden. Unter reduzierenden Bedingungen kommt es auch zur Ausfällung von Metallsulfiden. Im Überschwemmungsbereich der Flüsse überwiegt der Schwermetalleintrag in die Böden durch die Ablagerung schwermetallbelasteter Sedimente, von denen insbesondere solche mit hohem Feinkornanteil und hohem Gehalt an organischer Substanz (Schlicke) stark mit Schwermetallen angereichert sein können.

Zink

Den Zinkgehalten kommt eine Indikatorfunktion für die Schwermetallbelastung der Böden zu [MIEHLICH et al. 1997a]. Im Folgenden wird daher die Zinkbelastung der Böden detailliert beschrieben.

Zink ist ein in der Natur weit verbreitetes Element und gehört zu den essentiellen Spurenelementen. In hohen Konzentrationen wirkt es jedoch toxisch auf Pflanzen und Mikroorganismen. In Böden ist es vor allem austauschbar und an die organische Substanz gebunden, sowie an Eisen-, Mangan- und Aluminiumoxiden adsorbiert oder in diese okkludiert. Außerdem kann es in Tonmineralen und anderen Silikaten sowie in definierten Zinkverbindungen (belastete Böden) vorliegen. Bei pH-Werten unterhalb pH 7 liegen etwa 40 - 60 % des Zinks in organischer Bindung vor, oberhalb pH 7 sinkt dieser Anteil, wobei der an Eisen- und Manganoxide adsorbierte Zinkanteil auf 40 – 70 % (in belasteten Böden bis auf 85 %) ansteigt. Unter reduzierenden Bedingungen kann es zur Ausfällung von Zinksulfid kommen, das aufgrund seiner sehr schlechten Löslichkeit nicht pflanzenverfügbar ist. In Wässern liegen die gelösten Zinkanteile meist als Hydroxo-Komplexe oder bei hohen pH-Werten (oberhalb pH 6,5) auch in löslichen organischen Komplexen vor. Zink ist das häufigste, in der industriellen Produktion benutzte Schwermetall. Es wird seit fast zweitausend Jahren von Menschen gewonnen und vor allem im Korrosionsschutz, in Legierungen und in Pigmenten eingesetzt. Zinkverbindungen dienen auch als Fungizide und Insektizide. Da Zinkerze i. d. R. auch andere Schwermetalle enthalten, kommt es bei Zinkanreicherungen in Böden häufig gleichzeitig zu erhöhten Gehalten an Cadmium, Blei und Kupfer [SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 2002].

Im UG bestehen zwischen den Zinkgesamtgehalten und den Gehalten an organischer Substanz, Eisen und Ton signifikante positive Korrelationen, was den wichtigsten Bindungsformen von Zink entspricht. Wie bereits für einige Nährstoffe beschrieben, weisen daher feinkornreiche Böden mit hohen Anteilen an organischer Substanz die höchsten Zinkgehalte auf, während in Böden aus Sand meist nur sehr niedrige Zinkgesamtgehalte auftreten. Dieser Zusammenhang gilt in gleicher Form auch für die weiteren Schwermetalle, was auch durch die signifikanten Korrelationen zwischen den Zinkgehalten und den Gehalten der übrigen Schwermetalle und Arsen bestätigt wird. Da die Beziehung zwischen Zink und anderen Spurenelementen von weiteren Faktoren abhängig ist, kann aus dem Zinkgehalt nicht exakt auf die Gehalte anderer Elemente geschlossen werden. Generell kann aber davon ausgegangen werden, dass in Böden mit hohen Zinkgehalten auch andere Schwermetalle in erhöhten Konzentrationen vorliegen. Aufgrund unterschiedlicher Eigenschaften in den Ober- und Unterböden (Anteil an organischer Substanz, Redoxmilieu etc.) und unterschiedlicher spezifischer Beladung in der Feinkornfraktion der abgelagerten Sedimente sind die Beziehungen in den Unterböden meist deutlich schlechter als in den Oberböden.

Im gesamten UG werden die Vorsorgewerte für Zink (60 mg/kg für Sand, 150 mg/kg für Schluff/Lehm, 200 mg/kg für Ton) der BBodSchV häufig überschritten. Während dies nur auf weniger als 25 % der Unterbodenproben zutrifft, weisen von den Oberbodenproben fast 60 % Zinkgesamtgehalte oberhalb 200 mg/kg auf. Von den Wattproben weisen die Sandproben erwartungsgemäß niedrige Zinkgehalte auf, während die Schlickproben in der Mehrzahl über den Vorsorgewerten liegen.

Der hauptsächliche Zink-Eintrag (wie auch der übrigen Schadstoffe) erfolgt in die Vordeichsböden über die Ablagerung von Sedimenten. Der Zinkgesamtgehalt steigt dabei vor allem mit zunehmendem Gehalt an organischer Substanz und der Zunahme des Feinkornanteils an, wobei der Gehalt der Sedimente an organischer Substanz sowie

die spezifische Belastung der Sedimente in Richtung Cuxhaven abnimmt [MIEHLICH et al. 1997b]. Dies ist u. a. auf die Vermischung mit nicht oder gering belasteten marinen Sedimenten zurückzuführen.

Insgesamt betrachtet treten die höchsten Zinkgesamtgehalte in feinkörnigen, humusreichen Horizonten häufig überfluteter Böden der Untersuchungsabschnitte "Vierlande" und "Hamburg" auf (zwischen 600 und 3000 mg/kg; Tabelle 5-24). In den Untersuchungsabschnitten "Wedel" und "Glückstadt" weisen ähnliche Böden ebenfalls hohe Zinkgehalte auf, die aber meist zwischen 300 und 600 mg/kg liegen. In den Untersuchungsabschnitten "Brunsbüttel" und "Cuxhaven" liegen die Zinkgehalte auch in feinkörnigen, humosen Oberböden meist unterhalb 300 mg/kg, in Neufeld jedoch im deichnahen Bereich bei bis zu 400 mg/kg. Die, durch Einmischung von nicht oder gering belasteten marinen Sedimenten, abnehmende Zinkbelastung in den Böden in Richtung Cuxhaven spiegelt sich auch in den Zinkgehalten älterer Sedimente wider, die z. B. im Untersuchungsabschnitt "Hamburg" häufig um 2000 mg/kg und im Untersuchungsabschnitt "Glückstadt" um 500 mg/kg Zink in der Korngrößenfraktion <63 µm aufweisen. Ebenso wie hohe bis sehr hohe Gehalte kommen auch niedrige Zinkgehalte auf allen Untersuchungsflächen vor. Es handelt sich hierbei entweder um sandige, meist humusarme Böden in Ufernähe (Uferwälle) oder um die hochaufgespülten Sande der Inseln, die außerhalb des Tidegeschehens liegen. Bindige Unterbodenhorizonte, meist ebenfalls ohne nennenswerte Anteile an organischer Substanz, die zu vorindustrieller Zeit abgelagert wurden, weisen ebenfalls nur sehr geringe Zinkbelastungen auf. Aufgrund sinkender Maximalgehalte wird somit die Spannweite der Zinkbelastung in Richtung Nordsee kleiner.

Die für einzelne Vordeichsstandorte vorliegenden Zinkgesamtgehalte des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung [NLFB 2004] stimmen gut mit den hier dargestellten Ergebnissen überein.

Erhöhte Zink-Gehalte im Grundwasser lassen sich z. T. auf sehr hohe Feststoffgehalte zurückführen. Im Vergleich zu den Elbwassergehalten weisen die oberflächennahen Grundwässer zwar häufig mäßig bis deutlich erhöhte Zinkgehalte auf, meist liegen die Zinkgehalte im oberflächennahen Grundwasser jedoch unter 100 µg/l und damit weit unterhalb des Prüfwert der BBodSchV (500 µg/l) für den Pfad Boden - Grundwasser.

Tabelle 5-24: Zinkgesamtgehalt der Vordeichsböden und der oberflächennahen Grundwässer

Abschnitt	Oberböden (mg/kg)		Unterböden (mg/kg)		oberflächennahes Grundwasser (µg/l)	
	Spanne	Median	Spanne	Median	Spanne	Median
VML	48 - 1538	161	16 - 838	83	<10 - 90	28
HH	33 - 1808	476	19 - 3267	37	<10 - 365	46
WED	20 - 909	273	17 - 371	76	<10 - 62	16
GLU	28 - 727	336	28 - 608	95	<10 - 70	15
BRU	100 - 302	212	19 - 257	86	<10 - 227	21
CUX	54 - 431	137	26 - 159	54	<10 - 249	76

Weitere Spurenmetalle

Aufgrund des gleichen Eintragspfades über abgelagerte Sedimente und der hauptsächlichlichen Bindung an die organische Substanz und Ton weisen die **Kupfer**gesamtgehalte eine den Zinkgehalten ähnliche Verteilung auf. Überschreitungen der Vorsorgewerte der BBodSchV (20 - 60 mg/kg) kommen bei etwa 20 % der Proben vor, bei denen es sich fast ausschließlich um Oberböden handelt. Flussabwärts des Untersuchungsabschnittes "Brunsbüttel" wird der Vorsorgewert nicht überschritten.

Mit Ausnahme der Wässer aus dem Abschnitt "Cuxhaven" liegen die Kupfergehalte der Mehrzahl der untersuchten oberflächennahen Grundwässer im Bereich der Elbwassergehalte. Im marin beeinflussten Abschnitt "Cuxhaven" kommt es durch Komplexbildung zu erhöhten Kupfermobilitäten, die allerdings noch deutlich unter dem Prüfwert für den Pfad Boden – Grundwasser liegen (50 µg/l).

Auch die Belastung der Böden durch **Blei** verhält sich analog der Zinkbelastung. Die Mehrzahl der Proben weist Bleigesamtgehalte in der Größenordnung der Vorsorgewerte der BBodSchV (40 – 100 mg/kg) auf. Bei den Proben mit erhöhten Bleigehalten handelt es sich meist um Oberböden und Schlicke, wobei der Maßnahmenwert für Grünlandflächen im Hinblick auf die Pflanzenqualität (1200 mg/kg) nicht überschritten wird. Mit Abnahme der spezifischen Belastung der Elbsedimente in Richtung Nordsee sinkt auch die Belastung der bindigen, humosen Böden. Sandige, humusarme Böden (Uferwälle, hoch aufgespülte Inseln) weisen in allen Untersuchungsabschnitten ebenfalls die geringsten Bleigesamtgehalte auf.

Auch **Nickel** und **Chrom** werden hauptsächlich über belastete Sedimente in die Böden eingetragen und liegen vorwiegend an die organische Substanz gebunden oder an Ton und Sesquioxide adsorbiert vor. Von der überwiegenden Mehrzahl der Böden wird der Vorsorgewert der BBodSchV (Ni: 15 - 70 mg/kg; Cr: 30 - 100 mg/kg) nicht oder nur geringfügig überschritten. Erhöhte Gehalte kommen auch hier vor allem in Oberböden und Schlickten vor. Mit der abnehmenden spezifischen Belastung der Sedimente in Richtung Nordsee nehmen auch die Belastungen der Vordeichsböden mit diesen beiden Schwermetallen generell ab.

Die schon bei den anderen Schwermetallen beschriebene Belastungsverteilung trifft auch für **Cadmium** zu. Böden, die die Vorsorgewerte der BBodSchV (0,4 - 1,5 mg/kg) überschreiten, kommen in allen Untersuchungsabschnitten vor. Bei ihnen handelt es sich ebenfalls meist um Oberböden mit hohen Anteilen an organischer Substanz und Ton bzw. um Schlick. In den schlickigen Böden der Abschnitte "Vierlande" und "Hamburg" treten Werte >10 mg/kg auf, die aber nicht die Maßnahmenwerte für Grünland im Hinblick auf die Pflanzenqualität (20 mg/kg) überschreiten.

Auch bei **Quecksilber** erfolgt der Haupteintrag in die Vordeichsböden über die Ablagerung feinkörniger, humoser Sedimente. Die hohe Quecksilberbelastung der aus den letzten Jahrzehnten stammenden Sedimente wird durch die meist sehr hohe Belastung der Oberböden im Vergleich zu den Unterböden deutlich. Der Vorsorgewert der BBodSchV (0,1 - 1 mg/kg) wird daher vor allem in Oberbodenproben überschritten. Die Belastungshöhe überschreitet in allen Abschnitten in einzelnen hoch belasteten Schlickten die Maßnahmenwerte für Grünland im Hinblick auf die Pflanzenqualität (2 mg/kg).

Zur Einstufung der Gesamtgehalte an **Arsen** liegen in der BBodSchV keine Vorsorgewerte vor, die Belastungen können aber im Vergleich zu natürlichen Hintergrundwerten als mittel bis hoch eingestuft werden. In den Abschnitten Vierlande – Glückstadt übersteigen einzelne Oberbodenproben die Maßnahmenwerte für Grünland im Hinblick auf die Pflanzenqualität (50 mg/kg).

Im Gegensatz zu den meisten Schwermetallen liegen die Arsengehalte der oberflächennahen Grundwässer überwiegend deutlich oberhalb der Elbwassergehalte (häufig ca. 2 - 3 µg/l). Vor allem in den Untersuchungsabschnitten "Wedel" bis "Brunsbüttel" treten stark erhöhte Arsengehalte im oberflächennahen Grundwasser auf, die dann z. T. auch den Prüfwert zur Beurteilung des Wirkungspfads Boden- Grundwasser (10 µg/l) deutlich überschreiten.

5.8.2 Organische Schadstoffe

Organische Schadstoffe werden insbesondere von der organischen Substanz des Bodens gebunden, wodurch es zu einer Akkumulation im humosen Oberboden kommen kann. Eingebunden in die organische Substanz des Bodens sind organische Schadstoffe nur gering verlagerbar und weitgehend vor mikrobiellem Abbau oder Aufnahme durch Pflanzen geschützt. Auch organische Schadstoffe werden hauptsächlich über die Ablagerung belasteter Sedimente in die Vordeichsböden eingetragen.

Die Gehalte an **Mineralöl-Kohlenwasserstoffen** (KW) der untersuchten Oberböden liegen unterhalb der Nachweisgrenze von 50 mg/kg. Da die Schlicke in den Untersuchungsabschnitten "Vierlande" und "Hamburg" zwischen 60 und 250 mg KW/kg enthalten (eine hochbelastete Einzelprobe mit fast 4400 mg/kg), ist davon auszugehen, dass auch in die Vordeichsböden Mineralöl-Kohlenwasserstoffe eingetragen werden, diese unter den aeroben Bedingungen in den Oberböden jedoch mikrobiell abgebaut werden. Neben den möglicherweise erhöhten Sedimentbelastungen in den Abschnitten "Vierlande" und "Hamburg" ist in den anaeroben Schlickern der mikrobielle Abbau teilweise oder vollständig unterbunden, so dass es hier zu einer Anreicherung kommt.

Die Gehalte an absorbierbaren organischen Halogenverbindungen (AOX) liegen in den Untersuchungsabschnitten "Brunsbüttel" und "Cuxhaven" mit 50 - 75 mg/kg relativ niedrig. In den übrigen Abschnitten weisen einige Böden zwar ähnlich niedrige Gehalte auf, es kommen in Schlickern oder schlickreichen Böden jedoch auch AOX-Gehalte bis etwa 175 mg/kg vor. Die AOX-Gehalte liegen in den einzelnen Untersuchungsabschnitten über den Gehalten in jungen Sedimenten, was auf die Ablagerung höher belasteter Sedimente in früherer Zeit zurückzuführen ist.

Bei den **PCB**-Gehalten (PCB Summe 6⁸) wurden Konzentrationen von <1 bis 57 µg/kg gemessen [MIEHLICH et al. 1997b]. Die Gehalte liegen damit abgesehen von einer Probe unterhalb der Vorsorgewerte der BBodSchV.

⁸ DIN 51527: PCB-Kongenere Nr. 28, 52, 101, 138, 153, 180

Die Mehrzahl der untersuchten Böden weist niedrige **PAK**-Gehalte (PAK 16⁹) auf, die unterhalb des Vorsorgewertes der BBodSchV (3 mg/kg) liegen, nur einzelne Schlicke aus den Untersuchungsabschnitten "Vierlande" und "Hamburg" liegen darüber. Dies gilt ebenso für den Vorsorgewert von Benzo(a)pyren (0,3 mg/kg). Aufgrund einer, mit Ausnahme von Dibenz(a, h)anthracen, sehr engen Korrelation zwischen den Einzelgehalten und der PAK-Summe ist von einer relativ einheitlichen Verteilung der Einzelsubstanzen auszugehen. Insgesamt können die Böden der Untersuchungsabschnitte "Wedel" bis "Cuxhaven" als mit PAK gering belastet eingestuft werden. In den Abschnitten "Vierlande" und "Hamburg" ist die Belastung gering bis mäßig (Schlicke).

Eine Belastung der Vordeichsböden tritt auch bei **Dioxinen** auf. Für die rechtselbischen Vordeichsländer wurden die Konzentrationen bestimmt. Danach geht die Belastung von ca. 43 ng I-TEQ/kg bei Geesthacht über 15 ng/kg im Bütteler Außendeich auf ca. 6 ng/kg im Bereich Neufelder Koog zurück [MNU-SH 1992]. Im Mündungsbereich der Nebenflüsse traten Werte bis zu 75 ng I-TEQ/kg auf, allerdings auch hier mit einem abnehmenden Trend zur Nordsee.

5.8.3 Bewertung der Schadstoffgehalte nach BBodSchV

Die Schadstoffbelastung der Böden resultiert aus der natürlichen Ablagerung von belasteten Sedimenten im Deichvorland durch Hochwasserereignisse. Die Höhe der Schadstoffbelastung resultiert dabei aus dem Mischungsverhältnis von belasteten oberstromig eingetragenen und unbelasteten Sedimenten des Ästuars, wobei die Belastung stromab abnimmt. Die Belastungssituation der Böden im UG ist entsprechend abschnittsweise zu betrachten.

Die Bewertung der Schadstoffbelastung in den Böden erfolgt gemäß Tabelle 5-25 anhand der Vorsorge- und Prüfwerte der BBodSchV (1999), die die Feinkörnigkeit, den Gehalt an organischer Substanz und das Lösungsverhalten der verschiedenen Schadstoffgruppen berücksichtigen.

Tabelle 5-25: Belastungsstufen der Bodenschadstoffgehalte

Belastungsstufe	Kriterien
5	kein Schadstoff liegt über den Vorsorgewerten
4	Mindestens ein Schadstoff liegt über den Vorsorgewerten und kein Messwert liegt über den Prüfwerten für Kinderspielflächen
3	Mindestens ein Schadstoff liegt über den Prüfwerten für Kinderspielflächen und kein Messwert über den Prüfwerten für Wohngebiete
2	Mindestens ein Schadstoff liegt über den Prüfwerten für Wohnflächen und kein Messwert über den Prüfwerten für Park- und Freizeitanlagen
1	Mindestens ein Schadstoff überschreitet die Prüfwerte für Park- und Freizeitanlagen

⁹ EPA-Liste 610 (=PAK 16): Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Pyren, Benzo(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren (BaP), Indeno(1,2,3-cd)pyren, Dibenz(a,h)anthracen, Benzo(g,h,i)perylen

Tabelle 5-26: Belastungsstufen von Böden und Wattböden

Abschnitt	alle Böden ohne sandige Spülfelder	Sandwattböden, Strände, sandige Spülfelder	Misch- u. Übergangswattböden mit Vegetationsbedeckung	Schlickwattböden mit Vegetationsbedeckung
AUS	5 ^[1]	5 (55)	5 (60)	4 ^[1]
CUX	4 (26)	5 (26)	5 (41)	4 (3)
BRU	4 (29)	5 (12)	4 (29)	4 (6)
GLU	4 (54)	5 (21)	4 (45)	4 (6)
WED	4 ^[2]	4 (12)	4 (23)	4 (4)
HH	3 (13)	4 ^[2]	4 (27)	3 (52)
VML	4 (18)	4 (15)	4 (16)	3 (4)
NF (Nebenflüsse)	wie jeweiliger Abschnitt ¹ ^[1]	4(16)		

^[1] keine Belastungsdaten vorhanden, Zurdnung erfolgte nach gutachterl. Einschätzung

^[2] zu geringe Datengrundlage (n=4), Wertstufe wurde auf "4" festgelegt

Als Grundlage zur Einstufung dienen dabei die Schadstoffdaten des Bodenkatasters. Für die Wattböden wurden die Schadstoffdaten des Sedimentschadstoffkatasters [IfB 2006] zugrunde gelegt, da entsprechende Daten im Bodenkataster nicht in ausreichendem Maße vorliegen (s. Kap. 4.1.4.5.1.1).

Die Einstufung der einzelnen Abschnitte des UG zeigt Tabelle 5-26.

Hinsichtlich der Schadstoffbelastung der Böden im UG ist unterhalb des Abschnittes "Hamburg" generell eine Abnahme zu beobachten. Der Abschnitt "Hamburg" selbst stellt dabei einen Belastungsschwerpunkt dar (Belastungsstufe 3), während die Schadstoffgehalte im Abschnitt "Vier-und Marschlande" etwas tiefer liegen.

Bezüglich der terrestrischen und semiterrestrischen Böden zeigt sich, dass hier die Vorsorgewerte überwiegend überschritten werden (Belastungsstufe 4). Im Abschnitt "Hamburg" werden dagegen bereits auch die Prüfwerte für Kinderspielplätze häufig überschritten (Belastungsstufe 3 und kleiner). Allgemein gering belastet sind dagegen alle Böden im Abschnitt "Außenelbe" sowie die feinkornarmen Böden der sandigen Spülfelder und Strandböden (Belastungsstufe 5).

Größere Belastungsspannweiten ergeben sich für die in ihrer Textur stärker differenzierten subhydrischen Wattböden. Niedrige Belastungen weisen vor allem die Sandwattböden auf (Belastungsstufe 5), lediglich in den Abschnitten "Hamburg" und "Vier-und Marschlande" wird eine Belastungsstufe von 4 erreicht. Bei Misch- und Übergangswattböden liegen die Belastungsstufen etwas höher als bei den Sandwattböden. Die höchsten Belastungen weisen mit Belastungsstufe 4 allgemein die Schlickwattböden auf, wobei die Schadstoffgehalte in den Abschnitten "Hamburg" und "Vier-und Marschlande" mit der Belastungsstufe 3 am höchsten sind.

In den Nebenflüssen ergibt sich für die Wattböden ein Belastungswert von 4. Zur Bewertung der semiterrestrischen Vordeichsflächen liegen im Bodenkataster keine Daten vor. Da es sich jedoch bei den hier abgelagerten Sedimenten zum überwiegenden Teil um aus der Tideelbe eingetribenes Material handelt, können für die unteren,

mündungsnahen Bereiche die Belastungswerte aus den jeweiligen Abschnitten angesetzt werden.

5.9 Grundzüge des Bodenwasserhaushalts

Als Kompartimente des Ökosystems nehmen die Böden am Wasserkreislauf teil. Infolge ihrer porösen Struktur können sie Wasser aufnehmen, speichern und auch wieder an andere Kompartimente abgeben.

Der Wasserhaushalt von Böden ist allgemein von folgenden Vorgängen abhängig:

- Summe der Niederschläge (Regen, Schnee, Tau),
- Abfluss von der Bodenoberfläche,
- Summe der Verdunstung (Interzeption, Evaporation, Transpiration),
- Versickerung in den Untergrund und
- Kapillarer Aufstieg aus dem Untergrund.

Diese Vorgänge führen zu einer ständigen Änderung des im Boden gespeicherten Wassergehaltes.

Der Wasserhaushalt der Vordeichsböden wird im Gegensatz zu anderen Böden durch einen zusätzlichen hydrologischen Prozess, nämlich den tideabhängigen Einträgen von Elbwasser geprägt. Der Einfluss der Elbe ist zeitlich und örtlich sehr verschieden und hängt nach FISCHER [1994] von folgenden Faktoren ab:

- von den hydraulischen Eigenschaften der Böden (Porenverteilung, gesättigte und ungesättigte Wasserleitfähigkeiten),
- von der Höhenlage und damit der Überflutungshäufigkeit,
- von der Nähe zum Vorfluter und
- von der Strukturierung der Vorlandmarsch durch Priele und Gruppen.

In Abhängigkeit von der Jahreszeit oder auch von dem Verlauf der Tidewasserstände können selbst in einem Boden sehr verschiedene Flussgrößen bedeutsam sein. Um dies zu verdeutlichen ist in Abbildung 5-2 ein Schema der Wasserflüsse für einen lehmigen Vordeichsboden unter Grünland in Prielnähe für zwei Situationen dargestellt:

Wintersituation

Es ist die Situation nach einem hohen Hochwasserereignis dargestellt: In diesem Fall ist in den Boden zunächst Elbwasser infolge der Überflutung eingedrungen (Z_0) (zusätzlich evtl. Niederschlag, N). Der Wasservorrat des Bodens wurde dadurch erhöht (ΔR). Ein großer Teil des Wassers ist oberflächlich abgeflossen (A_0), das Infiltrat hat zu einem starken Anstieg des Grundwasserstandes (GW) geführt. Nun fließt Wasser im Oberboden seitlich in die Gruppen ab (A_1), z. T. auch direkt zum Priel (A_2). Ein geringer Anteil verdunstet (V) in Form von Evaporation.

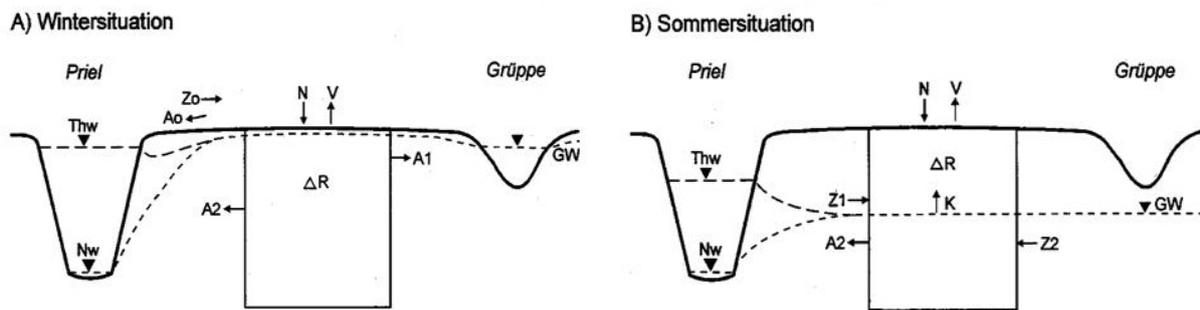


Abbildung 5-2 Schema der Wasserflüsse in einem bindigen Vordeichsboden

Sommersituation

Es ist die Situation nach einer anhaltenden Schönwetterperiode dargestellt: Unter diesen Bedingungen ist der Grundwasserspiegel deutlich abgesunken. Niederschläge (N) erhöhen den Wasservorrat (ΔR), die Verdunstung (V) in Form von Evapotranspiration ist hoch. Wasser steigt von der Grundwasseroberfläche in den durchwurzelten Oberboden kapillar auf (K). Im Untergrund finden seitliche Grundwasserbewegungen statt: Bei Hochwasser dringt über die Prielböschung Wasser bis in den Unterboden vor (Z1). Bei Niedrigwasser fließt Wasser in Richtung Priel ab (A2), von den prielferner gelegenen Böden strömt Grundwasser nach (Z2).

In beiden Situationen treten tideabhängige Schwankungen des Grundwasserstandes, bedingt durch den Wechsel zwischen Tidehochwasser (Thw) und dem Niedrigwasserstand im Priel (Nw), nur im Ufer- und Prielrandbereich auf.

Der Bodenwasserhaushalt ist von den verschiedenartig aufgebauten Böden und lokal unterschiedlichen topographischen Situationen abhängig. Allgemein lassen sich die Verhältnisse im UG wie folgt beschreiben:

In den sandigen Böden der Vordeichsflächen ist der Grundwasserstand überflutungsabhängigen starken kurzfristigen Schwankungen unterworfen, während ein typischer Jahresgang mit hohen Grundwasserständen im Frühjahr und starker Austrocknung im Sommer und Herbst weniger deutlich ausgeprägt ist. Hoch auflaufende Tiden spiegeln sich, ebenso wie auch der Tidezustand (Ebbe, Flut) des Systems in einem Anstieg oder Abfall des Grundwasserspiegels wider. Die Wassergehalte zeichnen sich durch große Schwankungsbreiten zwischen minimalen und maximalen Gehalten aus. Mit Zunahme des Anteils an feinkörnigem Material werden die kurzfristigen Wasserstandsänderungen geringer und es bildet sich i. d. R. ein deutlicher Jahresgang des Grundwasserstandes heraus. Einzelne hoch auflaufende Tiden lassen sich nicht mehr in einem sofortigen Grundwasseranstieg nachweisen. Die Wasserdurchlässigkeit ist geringer und die Wasserspeicherefähigkeit im Vergleich zu den Sanden deutlich erhöht. Dies hat zur Folge, dass sich in den Bodenkörper eindringende Niederschlags- und Überflutungswässer erst zeitlich verzögert auf den Grundwasserspiegel auswirken.

Die Schwankungsbreite der Bodenwassergehalte nimmt mit zunehmendem Feinkornanteil des Bodens deutlich ab. Unterhalb von etwa 0,4 bis 0,6 m Tiefe tritt zumindest kurzfristig Wassersättigung auf. Häufig kommt es auch in den Oberböden zu einer zeitweiligen Wassersättigung. Auch bei den im Jahresverlauf geringsten Wassergehalten ist meist noch ein Anteil pflanzenverfügbaren Wassers vorhanden, teilweise liegen die niedrigsten Wassergehalte sogar noch im Bereich der Feldkapazität. In den sandigen Böden wird auch in tieferen Bodenschichten meist keine volle Wassersättigung erreicht, und in den Oberböden kann es in den Sommermonaten zu Wassermangel für die Vegetation kommen, da die minimalen Wassergehalte dann teilweise nicht mehr pflanzenverfügbar sind.

In den landwirtschaftlich als Grünland genutzten Vordeichsländern mit bindigen Böden reguliert das Entwässerungssystem aus Grütten und Prielen den Grundwasserstand. Höchstwasserstände bis an die Geländeoberfläche treten üblicherweise im Winterhalbjahr nach hohen Hochwässern (Sturmfluten) auf. Die erste Entwässerung (auf ca. 30 cm unter GOF) erfolgt über die Grütten sehr rasch (innerhalb weniger Tage). Die weitere Entwässerung geschieht langsam über den Abfluss in den Prielen. Im Sommerhalbjahr wird dem Boden auch durch Verdunstung (Evapotranspiration) so viel Wasser entzogen, dass der Grundwasserstand auf Werte unterhalb des Prielwasserstandes abfallen kann. In diesen Phasen findet dann eine Bewässerung aus den Prielen statt [FISCHER 1994]. In genutzten Böden wird der Bodenwasserhaushalt zusätzlich durch die Intensität der Drainagemaßnahmen beeinflusst. Insbesondere im Vergleich von etwa gleiche Geländehöhen aufweisenden Flächen auf dem Twieflethersand und Eschschallen fällt auf, dass bei der dränierten Fläche mit gut ausgebauten Grüttenystemen der Jahresgang des Grundwasserstandes deutlich stärker ausgeprägt ist als in Bereichen, wo das ehemals vorhandene Drainagesystem schon seit langem nicht mehr unterhalten wird. Hier liegt der Wasserstand vor allem in den Sommermonaten deutlich höher [MIEHLICH et al. 1997a].

Neben der Bodenart hat auch die Geländehöhe einen starken Einfluss auf den Bodenwasserhaushalt. Hoch gelegene Standorte werden seltener überflutet, so dass weniger Wasser in die Fläche infiltriert und den Bodenwasserspeicher auffüllen kann. Zudem trocknen die Oberböden in Trockenphasen stärker aus, da der maximale kapillare Aufstieg aufgrund des tiefer unter der Geländeoberfläche liegenden Grundwasserspiegels den Oberboden nicht mehr erreicht.

Die feinkörnigen Böden niedriger Geländehöhe (bis ca. 0,5 m über MThw), die bevorzugt von Röhrichten bestanden sind, werden zwar regelmäßig überflutet, die Gesamtmenge an Infiltrat ist jedoch relativ niedrig, da während der Niedrigwasserphase nur eine minimale natürliche Entwässerung stattfindet [FISCHER 1994, PERSSON 1990]. Die Grundwasserstände sind entsprechend ganzjährig (fast) auf Höhe des Geländeniveaus.

Tiden mittlerer Höhe haben auf den Wasserhaushalt bindiger Vordeichsböden praktisch keinen Einfluss. Die Auswirkung des mit dem Tidehochwasser im Priel erhöhten Wasserstands wurden von FISCHER [1994] nur in bis zu 15 m Entfernung noch festgestellt, wobei unter mittleren Tidebedingungen während des Hochwasserzeitraumes

nur eine Behinderung des Abflusses stattfindet, nicht aber eine nennenswerte Infiltration von Prielwasser in die Böschung. Bei niedrigen Tiden intensiviert sich die Entwässerung der Vordeichsländer, bei hohen Hochwässern nimmt der Einfluss bedeutend zu, wenn das Elbwasser sich über die Gruppen in die Fläche ausbreiten kann.

Eine Besonderheit hinsichtlich des Wasserhaushalts stellen ufernahe tiefgründige Sandböden dar. In diesen schwankt der Grundwasserspiegel tideabhängig über mehrere Dezimeter Höhe, ufernah bis zu dem Maß des Tidenhubs [PERSSON 1990]. Besonders am direkten Ufer verweilt das Wasser nur kurze Zeit im Boden, es wird ständig durch frisches Infiltrat überdeckt, während bereits in 60 m Entfernung der Austausch des Grundwassers schon stark verlangsamt ist.

Eine Klassifizierung der Bodenwasserhaushaltstypen des UG in Abhängigkeit von topographischen und Nutzungsfaktoren erfolgte durch MIEHLICH et al. [1997a].

5.10 Beschreibung von Bodenfunktionen

Böden erfüllen grundsätzlich zahlreiche Funktionen im Naturhaushalt, als Produktionsfaktor wie auch als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte. Die Funktionalität der Böden im UG ist Basis für die Bodenbewertung, die sich nach den im §2 durch das BBodSchG definierten und damit zu schützenden Bodenfunktionen richtet. Einzelheiten zur Definition und Bewertung der Bodenfunktionen sind Kap. 4.1.4 zu entnehmen.

Die im UG vorherrschenden Watt- und Marschböden sind hinsichtlich ihrer natürlichen Funktionen im besonderen Maße mit den abiotischen und biotischen Faktoren des Tideästuars verbunden. Die Böden werden dabei sowohl von dem Fluss und Meer "beeinflusst", nehmen aber auch regulierend Einfluss auf die angrenzenden Systemkompartimente.

Offensichtlich ist die besondere Funktionalität der Böden als Lebensraum und Lebensgrundlage für die spezifische Vegetation und Tierwelt wie auch die im Boden lebenden Organismen. Die hohen Nährstoffgehalte und die auch in sommerlichen Trockenzeiten hohe Verfügbarkeit von Bodenwasser bedingen eine hohe Produktivität der natürlichen Pflanzengesellschaften. Die auf die zeitweise wassergesättigten Verhältnisse angepasste Bodenzönose kann die Biomasse mehr oder weniger wirksam umsetzen und stellt wiederum eine wichtige Nahrungsgrundlage für die in großen Zahlen im Gebiet rastenden Zugvögel und Wintergäste dar. Die durch Sedimentumlagerungen und Wellen- und Eisbelastungen jungen Böden der Uferzone bilden einen Lebensraum für seltene Pionierarten.

Die Böden erfüllen auch eine wichtige Transformatorfunktion bei der Umsetzung von eingetragenen Stoffen. Dies betrifft sowohl die am Standort produzierte organische Substanz wie auch die Stoffe, die bei den Überflutungen mit dem Elbwasser eingetragen werden (z. B. Stickstoffverbindungen, organische Schadstoffe). Für einen Teil der eingetragenen Stoffe stellen die regelmäßig überfluteten Böden einen langfristigen Speicher dar und schützen somit andere Kompartimente (z. B. Nordsee) vor Belastungen. Über die in den Böden umgesetzten Kohlenstoffverbindungen gelangen erheblich Mengen an gelöstem Hydrogencarbonat in die Tideelbe und die angrenzende Nordsee.

Aufgrund der vorwiegend geringen anthropogenen Überprägung und dichten Vegetation können die Marschböden am Wasser- und Stoffhaushalt der Landschaft intensiv teilnehmen. Hinsichtlich des Wasserhaushalts ist aber der Einfluss der Elbe auf die Böden intensiver als dass die Böden die Hydrologie der Tideelbe selbst beeinflussen können. In Abhängigkeit von der Morphologie wird im Falle von Sturmfluten ein Teil der Wellenenergie bereits in den Vordeichsländer verbraucht. Damit erfüllen die Flächen auch eine Funktion für den Küstenschutz.

Von besonderer Bedeutung sind die Funktionen für das Klima der Region, da die hohe Bodenfeuchte für eine starke Dämpfung von Temperaturschwankungen sorgt und zu eine gleichmäßig hohen Luftfeuchte beiträgt.

5.11 Bewertung der Böden anhand ihrer Bodenfunktionen

Die für das Schutzgut Boden bewertete Gesamtfläche beträgt insgesamt 16.444 ha und umfasst damit 89 Prozent der Fläche der Böden und Wattböden (18.561 ha). 11 Prozent der Bodenfläche konnten nicht bewertet werden. Die Gründe hierfür liegen einerseits in aus bei der Verschneidung der Bodenkarte mit der Biotoptypenkarte entstandenen Inkonsistenzen (vergl. Kapitel 4.1.1.5), andererseits werden Flächen der Einheit "Sonstige Böden" nicht bewertet, da diese keine eindeutig definierbaren Eigenschaften aufweisen. Die durch Inkonsistenzen betroffenen Flächen¹⁰ verteilen sich gleichmäßig auf alle im UG vorhandenen Bodentypen.

Die Bewertung der Böden im Ist-Zustand wurde nach dem in Kap. 4.1.4.5 dargestellten Verfahren zunächst für alle Teilfunktionen durchgeführt und anschließend entsprechend der Vorgaben zur Integration für alle Flächen die Schutztypen abgeleitet.

Die Flächenanteile der bewerteten Böden und Bodenschutztypen zeigen die Tabelle 5-27 bis Tabelle 5-29. Die flächenhafte Verteilung der Wertstufen kann der Karte der Bodenbewertung entnommen werden.

Tabelle 5-27: Flächenanteile bewerteter Böden in den einzelnen Abschnitten des Untersuchungsgebietes

Abschnitte	AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML	NF	Gesamt
Gesamtfläche	721,9	2.976,8	2.066,9	2.900,3	850,1	1.403,5	605,1	7.036,7	18.561,4
bewertete Fläche [ha]	620,8	2.761,1	1.950,3	2.774,8	826,0	1.086,8	523,8	5.899,9	16.443,5
nicht bewertete Fläche [ha]	101,1	215,7	116,6	125,5	24,1	316,7	81,3	1.136,8	2.117,9
Anteil bewertete Fläche [%]	86,0	92,8	94,4	95,7	97,2	77,4	86,6	83,8	88,6

¹⁰ Es handelt es sich überwiegend um langgestreckte und sehr schmale Bereiche entlang von Grenzlinien, die im Kartenbild nicht darstellbar sind.

Tabelle 5-28: Flächen (ha) von Wertstufen und Bodenschutztypen in den Abschnitten

Abschnitte	AUS [ha]	CUX [ha]	BRU [ha]	GLU [ha]	WED [ha]	HH [ha]	VML [ha]	NF [ha]	Gesamt [ha]	
Boden-Wertstufen										
5	583,5	855,6	872,2	990,3	151,7	183,2	370,6	930,4	4.937,5	
4	7,5	1.422,4	385,6	178,5	23,2	34,9	67,7	549,5	2.669,2	
3	27,7	133,4	184,6	57,1	<0,1	<0,1	8,8	414,5	826,0	
2	0,5	297,6	423,1	1.480,6	559,7	247,9	27,5	3.848,7	6.885,6	
1	1,6	52,2	84,8	68,4	91,5	620,8	49,1	156,8	1.125,1	
Summe	620,8	2.761,1	1.950,3	2.774,8	826,0	1.086,8	523,8	5.899,9	16.443,5	
Schutztypen										
5a	566,8	851,6	872,2	990,3	151,7	183,2	370,6	930,4	4.916,8	
5b	16,7	4,1	-	-	-	-	-	-	20,8	
4a	7,5	1.294,9	349,0	69,6	19,2	-	7,3	192,6	1.940,1	
4b	-	127,5	36,6	108,9	4,0	34,9	60,4	356,9	729,1	
3a	-	133,4	184,2	57,1	-	<0,1	8,8	413,8	797,2	
3b	27,7	-	0,4	-	-	-	-	0,7	28,8	
2a	<0,1	202,2	293,3	643,8	39,3	17,6	11,4	1.907,7	3.115,3	
2b	0,4	95,4	129,8	836,8	520,4	230,3	16,1	1.941,0	3.770,3	
1	1,6	52,2	84,8	68,4	91,5	620,8	49,1	156,8	1.125,1	
Summe	620,8	2.761,1	1.950,3	2.774,8	826,0	1.086,8	523,8	5.899,9	16.443,5	
Wertstufen der integrierten Bodenfunktionen										
AF	5	566,8	851,6	872,2	990,3	151,7	183,2	370,6	930,1	4.916,5
	4	24,2	1.092,8	304,6	175,7	23,2	34,9	60,4	546,9	2.262,6
	3	27,7	3,6	138,0	35,3	<0,1	<0,1	5,5	39,5	249,6
	2	1,6	719,5	458,9	765,9	43,8	13,7	87,3	4.292,2	6.382,9
	1	0,4	93,6	176,5	807,6	607,4	855,0	<0,1	91,3	2.632,0
Summe	620,8	2.761,1	1.950,3	2.774,8	826,0	1.086,8	523,8	5.899,9	16.443,5	
LRF	5	540,9	237,3	17,6	87,0	-	-	-	-	882,9
	4	50,1	1.442,3	654,1	893,2	169,7	-	234,3	479,8	3.923,6
	3	-	277,9	216,1	158,8	0,8	182,0	68,0	792,0	1.695,6
	2	29,3	650,4	836,3	757,8	40,6	38,8	180,3	4.416,9	6.950,5
	1	0,4	153,2	226,1	877,9	614,9	866,0	41,2	211,2	2.991,0
Summe	620,8	2.761,1	1.950,3	2.774,8	826,0	1.086,8	523,8	5.899,9	16.443,5	
AAA ¹¹	5	-	-	-	-	-	-	-	1,5	1,5
	4	16,7	2.085,4	1.503,8	1.437,0	39,3	17,6	44,5	2.650,1	7.794,3
	3	226,1	310,5	256,2	967,2	540,5	335,5	337,8	3.161,0	6.134,8
	2	312,0	41,3	17,3	30,8	87,4	671,0	126,7	63,5	1.350,0
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	554,8	2.437,2	1.777,3	2.435,0	667,2	1.024,1	509,0	5.876,1	15.280,6	
BNH	5	619,2	2.660,6	1.818,9	2.594,5	683,6	436,7	454,2	5.585,6	14.853,3
	4	-	35,0	-	107,2	50,5	26,4	15,7	12,0	246,8
	3	1,6	16,2	37,0	1,8	1,1	11,6	11,3	191,9	272,5
	2	-	13,4	22,5	13,5	3,0	205,9	15,4	37,0	310,7
	1	<0,1	36,0	71,8	57,8	87,8	406,2	27,2	73,4	760,2
Summe	620,8	2.761,1	1.950,3	2.774,8	826,0	1.086,8	523,8	5.899,9	16.443,5	

¹¹ Ohne semisubhydrische Böden (Wattböden, Nass-Strand)

Tabelle 5-29: Flächenanteile (%) von Wertstufen und Bodenschutztypen in den Abschnitten

Abschnitte	AUS [ha]	CUX [ha]	BRU [ha]	GLU [ha]	WED [ha]	HH [ha]	VML [ha]	NF [ha]	Gesamt [ha]	
Boden-Wertstufen										
5	94,0	31,0	44,7	35,7	18,4	16,9	70,8	15,8	40,9	
4	1,2	51,5	19,8	6,4	2,8	3,2	12,9	9,3	13,4	
3	4,5	4,8	9,5	2,1	-	<0,1	1,7	7,0	3,7	
2	0,1	10,8	21,7	53,4	67,8	22,8	5,3	65,2	30,9	
1	0,3	1,9	4,4	2,5	11,1	57,1	9,4	2,7	11,1	
Summe	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Schutztypen										
5a	91,3	30,8	44,7	35,7	18,4	16,9	70,8	15,8	40,5	
5b	2,7	0,1	-	-	-	-	-	-	0,4	
4a	1,2	46,9	17,9	2,5	2,3	-	1,4	3,3	9,4	
4b	-	4,6	1,9	3,9	0,5	3,2	11,5	6,0	4,0	
3a	-	4,8	9,4	2,1	-	<0,1	1,7	7,0	3,1	
3b	4,5	-	<0,1	-	-	-	-	<0,1	0,6	
2a	<0,1	7,3	15,0	23,2	4,8	1,6	2,2	32,3	10,8	
2b	0,1	3,5	6,7	30,2	63,0	21,2	3,1	32,9	20,1	
1	0,3	1,9	4,4	2,5	11,1	57,1	9,4	2,7	11,1	
Summe	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Wertstufen der integrierten Bodenfunktionen										
AF	5	91,3	30,8	44,7	35,7	18,4	16,9	70,8	15,8	40,5
	4	3,9	39,6	15,6	6,3	2,8	3,2	11,5	9,3	11,5
	3	4,5	0,1	7,1	1,3	-	-	1,0	0,7	1,8
	2	0,3	26,1	23,5	27,6	5,3	1,3	16,7	72,7	21,7
	1	0,1	3,4	9,1	29,1	73,5	78,7	-	1,5	24,4
Summe	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
LRF	5	87,1	8,6	0,9	3,1	-	-	-	-	12,5
	4	8,1	52,2	33,5	32,2	20,5	-	44,7	8,1	24,9
	3	-	10,1	11,1	5,7	0,1	16,7	13,0	13,4	8,8
	2	4,7	23,6	42,9	27,3	4,9	3,6	34,4	74,9	27,0
	1	0,1	5,5	11,6	31,6	74,4	79,7	7,9	3,6	26,8
Summe	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
AAA ¹²	5	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	<0,1
	4	2,7	75,5	77,1	51,8	4,8	1,6	8,5	44,9	33,4
	3	36,4	11,2	13,1	34,9	65,4	30,9	64,5	53,6	38,8
	2	50,3	1,5	0,9	1,1	10,6	61,7	24,2	1,1	18,9
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	89,4	88,3	91,1	87,8	80,8	94,2	97,2	99,6	91,1	
BNH	5	99,7	96,4	93,3	93,5	82,8	40,2	86,7	94,7	85,9
	4	-	1,3	-	3,9	6,1	2,4	3,0	0,2	2,1
	3	0,3	0,6	1,9	0,1	0,1	1,1	2,2	3,3	1,2
	2	-	0,5	1,2	0,5	0,4	18,9	2,9	0,6	3,1
	1	<0,1	1,3	3,7	2,1	10,6	37,4	5,2	1,2	7,7
Summe	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

¹² Ohne semisubhydrische Böden (Wattböden)

5.11.1 Wertstufen und Schutztypen der Böden im Untersuchungsgebiet

Die Böden des UG weisen hinsichtlich ihrer Wertigkeit zwei Schwerpunkte auf. Es dominieren die hochwertigen und sehr hochwertigen Böden mit der **Wertstufe 4** (13,4 %) und **Wertstufe 5** (40,9 %). Daneben nehmen auch die weniger wertvollen Böden der **Wertstufe 2** (30,9 %) große Anteile ein. Böden mittlerer Wertigkeit (**Wertstufe 3**) treten in allen Abschnitten in nur untergeordnetem Maße auf (<0,1 % bis 9,5 %, im Mittel 3,5 %). Böden geringer Wertigkeit (**Wertstufe 1**) nehmen einen mittleren Flächenanteil von 11,1 % ein. Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass überbaute Böden im Bereich von Straßen und Siedlungen nicht bewertet werden konnten, da Informationen zum Biotoptyp dieser Flächen in den zugrundeliegenden Daten fehlen. Es ist aber davon auszugehen, dass in diesen Bereichen ganz überwiegend mehr oder weniger stark anthropogen überprägte (insbesondere versiegelte) Böden der Wertstufe 1 vorherrschen.

Innerhalb der einzelnen Abschnitte zeigen sich je nach der Natürlichkeit bzw. der Intensität der anthropogenen Überprägung deutliche Verschiebungen. So weisen die Abschnitte Hamburg und Wedel wie auch die Nebenflüsse allgemein größere Anteile geringwertiger Böden auf, während in den Abschnitten Außenelbe bis Brunsbüttel und im Abschnitt Vier- und Marschlande hochwertige Böden vorherrschen. Anhand der Verteilung der Wertstufen in noch relativ leitbildkonformen Abschnitten wie "Außenelbe", "Cuxhaven" und "Vier- und Marschlande" ist ersichtlich, dass im UG die Dominanz hochwertiger Böden als leitbildtypisch anzusehen ist. In den genannten Abschnitten gehen die Anteile an mittelwertigen Böden der Wertstufe 3 bereits stark zurück, die Anteile an den Wertstufen 2 und 1 sind unbedeutend.

Die Verteilung der Schutztypen im Untersuchungsgebiet zeigt, dass die Einstufung der sehr wertvollen Böden in **Wertstufe 5** (40,9 %) vor allem aufgrund ihrer sehr hohen Bedeutung hinsichtlich der Funktion als Archiv der Kultur- und Naturgeschichte (AF) erfolgt.

Der **Schutztyp 5a** tritt in sämtlichen Abschnitten des UG in hohen Anteilen auf, im Abschnitt 7 (Außenelbe) ist er nahezu ausschließlich vorhanden. Es handelt sich dabei entweder um naturnahe und / oder seltene Marschen- und Wattböden oder um Böden, an denen die typische Marschenkultivierung anhand von Deichen oder traditionellen Marschenbeeten gut nachvollziehbar ist. Daher sind auch anthropogene (Deich-)Böden in dem höchsten Schutztyp kategorisiert.

Böden des **Schutztyps 5b** haben eine sehr hohe Bedeutung bezüglich der Lebensraumfunktion (LRF). Sie sind nur zu einem geringen Anteil in der Wertstufe 5 vertreten. Dabei handelt es sich ausschließlich um Böden aus den Abschnitten "Außenelbe" und "Cuxhaven", die am wenigsten durch Schadstoffe belastet sind.

Aufgrund der flussaufwärts zunehmenden Schadstoffbelastung der Böden sind keine terrestrischen Bodenflächen der Untersuchungsgebietesabschnitte 1 - 6 in diese Kategorie eingeordnet. Im Abschnitt 7 (Außenelbe) wird der Schutztyp von unbelasteten Watt- und Marschenböden, sowie im Abschnitt 4 (Glückstadt) von Wattböden gebildet.

Eine ähnliche Zusammensetzung zeigen auch die Böden der **Wertstufe 4** (13,4 %). In dieser Klasse sind Böden mit **Schutztyp 4a** und **Schutztyp 4b** enthalten, die noch eine hohe Bedeutung hinsichtlich der Lebensraumfunktion (Schutztyp 4a) oder bezüglich der Funktion als Archiv der Kultur- und Naturgeschichte (Schutztyp 4b) haben. Es handelt sich um natürliche Böden, die kleinere Abstriche in der Lebensraumfunktion und der Archivfunktion aufgrund ihrer weiten Verbreitung erhielten, und daher nicht dem höchsten Schutztyp zugeordnet sind. Typische Bodentypen dieser Schutztypklasse sind Roh-, Kalk- und Kleimarschen.

In der **Wertstufe 3** sind Böden insgesamt mittlerer Wertigkeit enthalten, denen eine mittlere Bedeutung für die Lebensraumfunktion (**Schutztyp 3a**) sowie für die Funktion als Archiv der Kultur- und Naturgeschichte (**Schutztyp 3b**) zukommt. Die enthaltenen Bodenflächen nehmen zusammen nur 3,7 % des UG ein, treten dabei aber in allen Untersuchungsabschnitten auf. In diese Schutztypklasse ist neben den klassischen Marschenböden auch der Bodentyp Vorlandmarsch enthalten.

Die weniger wertvollen Böden der **Wertstufe 2** (30,9 %) beinhalten zu einem Drittel den **Schutztyp 2a** und zu zwei Dritteln den **Schutztyp 2b**.

Der Schutztyp 2a hat hohen oder sehr hohen Wert als Aufbau-, Ausgleichs- und Abbaumedium (AAA). In die Schutztypklasse 2a fallen weit verbreitete Marschentypen (Roh-, Kalk- und Kleimarschen). Der Grad der Natürlichkeit der genannten Böden ist regional sehr unterschiedlich. Der Biotyp variiert zwischen Typen intensiver Nutzung und naturnahen Typen. Das Bild der Böden des Schutztyps 2a wird auch durch anthropogene Böden bestimmt, die zum Teil aufgrund ihrer Bodenart eine gute Bewertung als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen erhielten. Im Einzelnen sind dies tonige Aufspülungen und schluffige Aufschüttungen.

Der Schutztyp 2b weist eine hohe oder sehr hohe Wertigkeit hinsichtlich der Funktion als Bestandteil im Naturhaushalt (BNH), d. h. im Nährstoff- und Wasserkreislauf auf. Die Schutztypklasse 2b repräsentiert etwa 20 % der bewerteten Bodenflächen. Die vorkommenden Böden sind natürliche Roh-, Kalk- und Kleimarschen, die entweder landwirtschaftlich intensiv genutzt sind oder durch besondere, standortfremde Nutzungen eingenommen werden.

Dem Schutztyp 2b sind außerdem Böden auf aufgespülten sandigen Substraten zugeordnet. Diese Böden sind v. a. im oberen Bereich des UG in den Abschnitten "Vier- u. Marschlande" bis "Glückstadt" anzutreffen. Die Einstufung in die Schutztypkategorie 2b – und nicht in 1 – resultiert aus der Funktion dieser anthropogenen Böden als Bestandteil des Naturhaushaltes: Sie weisen eine gute Fähigkeit zur Wasseraufnahme und ggf. zur Nährstoffabgabe an die Vegetation auf.

Böden des **Schutztyps 1** (11,1 %) weisen für keine Funktion eine hohe oder sehr hohe Bedeutung auf. Hinsichtlich der Funktionen AF und LRF werden außerdem auch keine mittleren Wertigkeiten erreicht. Bei Böden des Schutztyps 1 handelt es sich um vegetationslose Bodenflächen wie sandige Aufspülungen in Ufernähe und durch teilweise Überbauung sehr stark anthropogen überprägte Böden.

Der Schutztyp 1 tritt in den Abschnitten überwiegend nur in untergeordneten Anteilen auf. Lediglich im Abschnitt "Hamburg" werden mit 57 % sehr hohe Anteile erreicht.

5.11.2 Charakterisierung des Untersuchungsgebietes anhand der integrierten Bodenfunktionen

Archivfunktion (AF)

Die Bewertung der Böden hinsichtlich der Archivfunktion für die Natur- und Kulturgeschichte erfolgt nach der Seltenheit und Natürlichkeit der Böden (AF1) sowie der Art und dem Erhaltungsgrad vorindustrieller Nutzungen (AF2).

In den Abschnitten 7, 6, und 5 ("Außenelbe", "Cuxhaven" und "Brunsbüttel") treten in großer Ausdehnung relativ seltene Bodentypen wie Rohmarschen und Trockenstrände auf. Die Anteile an hochwertigen und sehr hochwertigen Böden sind in diesen Abschnitten entsprechend hoch. Insbesondere im Abschnitt "Außenelbe" entfallen über 90 % der Flächen auf die Wertzahl 5.

In den Abschnitten "Cuxhaven", "Brunsbüttel" und "Glückstadt" werden seltene Bodentypen zunehmend von häufigen Bodentypen (tonigen und tonig-schluffigen Kalk- und Kleimarschen) abgelöst, die aber aufgrund ihrer Natürlichkeit häufig ebenfalls als hoch (Wertzahl 4) oder sehr hoch (Wertzahl 5), bewertet werden.

Die Anteile von häufigen oder anthropogenen Böden (Spülfelder) z.T. mit intensiver Nutzung (Intensivgrünland) oder Flächen mit anthropogener Störungen (Wertstufen 1 und 2) nehmen oberhalb des Abschnitts "Cuxhaven" beständig zu, die Wertstufen verschieben sich dabei zunehmend in Richtung der Wertstufe 1. Im Bereich "Wedel" und "Hamburg" entfallen 75 % und mehr der Bodenflächen auf die Wertstufe 1. Der Abschnitt "Vier- u. Marschlande" ähnelt in der Einstufung den Abschnitten "Außenelbe" und "Cuxhaven". Im Bereich der Nebenflüsse treten weniger seltene Böden auf; mehr als 70 % der Fläche fallen in die Wertstufe 2.

Lebensraumfunktion (LRF)

Bezüglich der Lebensraumfunktion werden Böden über die Schadstofffreiheit (LRF1) sowie Seltenheit der Standorteigenschaften (LRF2) bewertet.

Weitgehend schadstofffrei Böden nehmen im Abschnitt "Außenelbe" große Flächen ein (87 %). Auch in den bereits stärker belasteten Abschnitten "Cuxhaven", "Brunsbüttel" und "Glückstadt" treten noch große Anteile an Böden der Wertstufe 2 auf, wobei diese von 50 % auf 20 % zurückgehen. Böden der Wertstufe 5 fehlen in diesen und den stromaufwärtigen Abschnitten. In gleichem Maße nehmen weniger wertvolle Böden mit relativ häufigen Standorteigenschaften (Wertstufe 2) zu. Böden der Wertstufe 1 stellen sandige vegetationslose Aufspülungen oder teilweise überbaute Böden dar. Sie nehmen bereits im Abschnitt "Glückstadt" 30 % ein und sind in den Abschnitten "Wedel" und "Hamburg" zu mehr als 70 % vertreten. Im Abschnitt "Vier- u. Marschlande" treten wiederum große Anteile hochwertiger Boden auf (44,7 %), die aber aufgrund der erhöhten Schadstoffbelastung lediglich die Wertstufe 2 erreichen. In den Nebenflüssen dominieren mit über 70 % Böden der Wertstufe 2, was auf das Vorherrschen häufiger Böden mit weit verbreiteten Bodeneigenschaften zurückzuführen ist.

Funktion als Aufbau-, Ausgleichs- und Abbaumedium (AAA)

Die Wertigkeit der Böden hinsichtlich "der" der Funktion als Aufbau-, Ausgleichs- und Abbaumedium bemisst sich nach der Fähigkeit zur stofflichen Umsetzung bzw. Speicherung von Schadstoffen und Säuren. Diese Eigenschaften werden vor allem von dem Anteil an Feinkorn, der Bodenreaktion (pH) sowie die Feuchteverhältnisse gesteuert.

Die Böden des UG zeigen ganz allgemein mittlere bis gute Bewertungen. Große Anteile der Wertstufe 4 finden sich in den Abschnitten "Cuxhaven", "Brunsbüttel" und "Glückstadt" (45 % – 70 %) und den "Nebenflüssen". Größere Anteile der Wertstufe 3 sind dagegen in den Abschnitten "Wedel", "Hamburg" und "Vier- u. Marschlande" vertreten, da hier sandige Böden bzw. sandige Aufspülung stark vertreten sind (30 – 60 %). Die mäßige bis schlechte Einstufung von über 85 % der Böden im Abschnitt "Außenelbe" (Wertstufen 2 und 3) ist auf die weite Verbreitung von Böden mit hohem Grundwasserstand (eingeschränkte Luftkapazität) zurückzuführen.

Funktion Bestandteil des Naturhaushalts (BNH)

Die Bewertung der Funktion als Bestandteil des Naturhaushalts (BNH) erfolgt über die Fähigkeit der Böden zu Wasseraufnahme (BNH1) und zur Nährstoffabgabe an die Vegetation (BNH2). Diese Eigenschaften sind im Wesentlichen vom Grad der Versiegelung und Verdichtung der Böden sowie von der Vegetationsdichte abhängig. Die bewerteten Böden sind hiervon in der überwiegenden Mehrzahl nicht betroffen, so dass in fast allen Abschnitten mit hohen Flächenanteilen von über 90 % die Wertstufe 5 erreicht wird. Ausnahmen stellen die Abschnitte "Wedel" und "Hamburg" dar. Hier sind in größeren Anteilen teilweise überbaute Böden und sandige Spülfelder vertreten, die zum Teil nur geringe Vegetationsbedeckungen aufweisen. Entsprechend werden in den Abschnitten "Hamburg" 37,4 % und im Abschnitt "Wedel" 10,6 % der Flächen mit der Wertstufe 1 bewertet.

6 PROGNOSE OHNE DURCHFÜHRUNG DER MAßNAHME

Die Tideelbe ist als ein dynamisches System zu verstehen, das auch ohne Realisierung der Fahrrinnenanpassung natürlichen Veränderungen unterworfen ist. Außerdem führen anthropogene Einflüsse zu zusätzlichen Veränderungen des Zustands. Hiervon sind sowohl das Tidegewässer als Ganzes als auch die darin enthaltenen Böden betroffen. Die Veränderungen können dauerhaft wirksam oder zeitlich begrenzt sein. Im Folgenden werden die natürlichen und anthropogenen Einflüsse auf die Bodenentwicklung beschrieben. Für die Nullvariante wird dabei ein Prognosezeitraum von 10 Jahren unterstellt.

Natürliche Einflüsse auf die Bodenentwicklung

Die Entwicklung der Marsch- und Wattböden erfolgt durch fortlaufende Sedimentation von sandigen und tonig-schluffigen Schlickern während des Tidegeschehens (Wattböden) oder im Verlauf von Sturmfluten (Marschböden). Die Marschen sind daher durch Schichtungen unterschiedlicher Sedimente sowie durch das Auftreten von fossilen Bodenhorizonten und Torfschichten gekennzeichnet [BLUME 1983]. Entscheidend für die Auflandung der Marschen ist daher das Zusammenspiel der die Sedimentation steuernden Prozesse.

Neben den Tideverhältnissen sind auch die Schwebstoff- bzw. Sedimentbeladung des Elbwassers sowie die Salinität für die Marschenentwicklung bedeutsam. Natürliche Trends wie der durch einen Klimawandel bedingte Anstieg des Meeresspiegels wirken sich entsprechend stark auf das Kompartiment "Vordeichsböden" im Ökosystem Tideelbe aus. Folgende Entwicklungen werden für die Prognose der Nullvariante unterstellt.

- Für die Parameter "jährlicher Oberwasserabfluss", "Sturmfluthöhe bei Cuxhaven", "Salzgehalt bei Cuxhaven" und "Lufttemperatur" werden keine Veränderungen angenommen.
- Für den säkularen Anstieg des "Meeresspiegels" (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.

Anthropogene Einflüsse auf die Bodenentwicklung

Im Folgenden werden die für das Schutzgut Boden relevanten Vorhaben genannt, die unabhängig von der Fahrrinnenvertiefung im UG geplant werden.

Einen Überblick über die Baumaßnahmen mit potentieller Bedeutung für die Vordeichsböden gibt Tabelle 6-1.

Tabelle 6-1: 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 (siehe Tabelle 6-1) werden von der BAW-DH modelliert und in Unterlage H.1e dargestellt. Die tidedynamisch größte Auswirkung haben die Verfüllungen der Hafenbecken. Sie führen zu einer Reduktion des Tide-Schwingungsvolumens, was eine Verstärkung des Tidehubs zur Folge hat. Die übrigen Maßnahmen haben nur geringe Auswirkungen auf die Tidedynamik. Durch die beabsichtigten Verfüllungen von Hafenbecken prognostiziert die BAW eine Zunahme des MThw zwischen km 690 und 585 um maximal + 1 cm und einen Absenk des MTnw zwischen km 705 und 600 um im Mittel – 1 cm, max. – 2 cm bei km 633).

Nährstoff-Fracht

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.

Schadstoff-Fracht

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 Schadstofffracht weiter sinkt oder stagniert, jedoch keine Umkehrung des Trends einsetzt.

Veränderung der Unterhaltungs- und Verklappungsstrategie

Im Rahmen der Nullprognose wird keine entscheidende Veränderung der Unterhaltungs- und Verklappungsstrategie auf Bundes- und Delegationsstrecke unterstellt. Dies bedeutet insbesondere, dass keine Verbringung an Land geplant ist und dass eine Zunahme der Gewässerunterhaltung durch Schlickeggen und Umlagerungen im Bereich der Delegationsstrecke (Abschnitt "Hamburg" und obere Teile von "Wedel") das heutige Maß nicht übersteigt. In diesem Zusammenhang ist bei unveränderter Baggerstrategie auch der Anfall an Baggergut in Lage und Intensität nicht signifikant verändert, so dass diesbezüglich bei Überflutungen keine veränderten Sedimentationsraten in den Vordeichsflächen zu erwarten sind.

6.1 Flächenverluste und -gewinne an Vordeichsflächen

Wegen der erwarteten Erhöhung des Meeresspiegels während des Prognosezeitraumes um etwa 2,5 cm ist eine Beeinträchtigung von flach geneigten Uferbereichen nicht auszuschließen. In diesen Bereichen könnte es dort zu Flächenverlusten kommen, wo die Anstiegsraten des Meeresspiegels die Sedimentationsraten der Vordeichsländereien übertreffen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass mit dem Anstieg des MSL auch die Überflutungshäufigkeit und damit auch die Menge des im Deichvorland abgelagerten Sediments ansteigt. Die Auswertungen der im Zuge der Beweissicherung erhobenen Daten [WSA HAMBURG 2004, WSA CUXHAVEN 2005] ergaben im Unterelberaum Sedimentationsraten von im Mittel 2,1 cm pro Jahr. Diese Werte liegen größenordnungsmäßig im Bereich der Raten, die sich für den Asseler Sand aus von DUVE [1995] ermittelten Daten ergeben: so erfolgt hier eine jährliche Aufhöhung des Geländes zwischen 3,1 und 4,2 cm im Schilfbereich sowie zwischen 0,5 und 0,6 cm / Jahr im Grünlandbereich. Gleiche Sedimentationsbedingungen über längere Zeit vorausgesetzt, würden diese Sedimentationsraten ausreichen, um einen prognostizierten Meeresspiegelanstieg von 25 cm / 100 Jahren ausgleichen zu können.

Ein natürlicher Anstieg des MThw könnte daneben die Erosionen an Abbruchkanten (Kliffs) fördern, weil der Wellenangriff durch die zunehmende Wassertiefe am Kliff zunimmt.

Auch durch den sich abzeichnenden Trend einer zunehmenden Häufigkeit mittlerer Sturmfluten ist mit einer Verstärkung der Erosionswirkung an den Kliffs zu rechnen, da dann die Wellenangriffe im Bereich der Abbruchkanten häufiger und stärker stattfinden. Unsicher ist jedoch, in wie weit die genannten Effekte im Prognosezeitraum durch einen systeminternen morphologischen Nachlauf aufgefangen werden.

Gleichzeitig besteht in geschützten Lagen der Seitenräume die Tendenz zur Anlandung von Sedimenten unterhalb der MThw-Linie [BfG 2004], sodass generell die Tendenz einer Sedimentverlagerung aus flussexponierten Bereichen in die Seitenräume besteht.

Es ist anzunehmen, dass in Abhängigkeit von der örtlichen Ausprägung der Faktoren wie bspw. "Änderung der Strömungsgeschwindigkeit", "Änderung des MThw", jetzige

Ufermorphologie usw. auch ohne Durchführung der geplanten Maßnahme örtlich teils Erosionsprozesse, teils Sedimentationsprozesse überwiegen werden.

Die anthropogen bedingten, überwiegend geringen Änderungen der Tidekennwerte (Vergrößerung des Tidenhubs) durch Verfüllungen von Hafenbecken werden die zuvor genannten Effekte tendenziell verstärken. Die stärksten Wirkungen werden dabei im Bereich des Hamburger Hafens selbst auftreten, wobei die Ufer hier jedoch überwiegend durch Spundwände und Deckwerk eingenommen werden. Die Auswirkungen anthropogener Änderungen auf die Tidedynamik sind entsprechend vernachlässigbar gering.

Für die Erosionsvorgänge an schiffswellen-exponierten Uferstrecken, bei denen schon im Ist-Zustand ständige Bodenverluste auftreten (vgl. Kap. 5.5.1.2), ist die Entwicklung der Schiffsgröße, der Verkehrsaufkommen und der Fahrgeschwindigkeiten maßgeblich. Das Verkehrsaufkommen auf der Unter- und Außenelbe wird sich – sollte das Vorhaben nicht verwirklicht werden – gegenüber dem derzeitigen Zustand voraussichtlich nicht erhöhen. Allerdings ist davon auszugehen, dass sich die Anteile einzelner Schiffstypen am Gesamt-Verkehrsaufkommen ändern werden. So ist ein Anstieg bei den Containerschiffen und ein Rückgang bei den Mehrzweckschiffen zu erwarten. Diese Entwicklung war bereits in den vergangenen Jahren zu beobachten [ISL 2006] und wird sich ohne Verwirklichung des Vorhabens vermutlich ebenso fortsetzen wie der Trend zu größeren Schiffseinheiten.

6.2 Änderungen im Wasserhaushalt

Erhöhungen der Tide-Hochwasserstände, wie sie durch einen Anstieg des Meeresspiegels auftreten, führen in bindigen, schlecht drainierenden Vordeichsböden graduell zu einer zunehmenden Vernässung und dadurch bedingten Luftmangelerscheinungen. In den genutzten, höher gelegenen und durch Entwässerungsgräben drainierten Böden sind die genannten Effekte vernachlässigbar. In den tiefer gelegenen und aufgrund ihrer Nässe ungenutzten Böden wird die mögliche Veränderung des Wasserhaushalts durch die auch unter natürlichen Bedingungen stattfindende Sedimentation vollständig ausgeglichen bzw. von ermittelten aktuellen Raten von 2 cm/a übertroffen.

6.3 Schad- und Nährstoffbelastung

Der Eintrag von Schad- und Nährstoffen in die Vordeichsländer wird neben der Nutzung (Eintrag von Düngemitteln) vor allem von der Qualität der sedimentierenden Schwebstoffe bzw. der bei Sturmfluten suspendierten Elbsedimente bestimmt.

Hinsichtlich der Schad- und Nährstoffbelastung von Sedimenten ist innerhalb des Prognosezeitraumes mit keiner Verschlechterung zu rechnen, tendenziell können dagegen in allen Abschnitten weitere Verbesserungen der meßbaren Spurengehalte erwartet werden [ARGE 2005b].

Mit einem Anstieg des Anteils von zunehmend geringer belasteten Schwebstoffen und Sedimenten bei der Ablagerung im Bereich der Vordeichsländer ist auch eine allmäh-

liche Verringerung der Sedimentbelastung in den oberen Schichten der Böden zu erwarten. Dabei werden die jungen, geringer belasteten Sedimente durch Bodenlebewesen teilweise in den bestehenden, stärker belasteten Oberboden eingemischt. Die Verringerung der oberflächlichen Schadstoffbelastung erfolgt somit zum Teil durch Überlagerung, zum Teil durch "Verdünnung" der älteren Ablagerungen.

6.4 Änderungen des Salzgehalts

Eine geringfügige stromaufwärts gerichtete Verlagerung der Brackwasserzone, wie sie bei einem sich fortsetzenden Trend im Anstieg des Meeresspiegels grundsätzlich anzunehmen ist, hat die Verschiebung der Brackwassermarsch um einen entsprechenden Differenzbetrag zur Folge. Hierdurch kommt es zu einer flächenhaften Reduzierung der Süßwasserwatten zugunsten von Brackmarschen und Brackwatten.

6.5 Bedeutung der Nullprognose für die Auswirkungsprognose

Die dargestellten natürlichen und anthropogenen Veränderungen der Böden des UG beschreiben die Veränderungen des Ist-Zustands, die auch ohne Durchführung der Maßnahme im UG eintreten werden. Die Darstellung der gegenüber dem Ist-Zustand maßnahmenbedingt eintretenden Änderungen erfolgt in Abschnitt 7.

7 PROGNOSE DER AUSWIRKUNGEN BEI DURCHFÜHRUNG DES VORHABENS

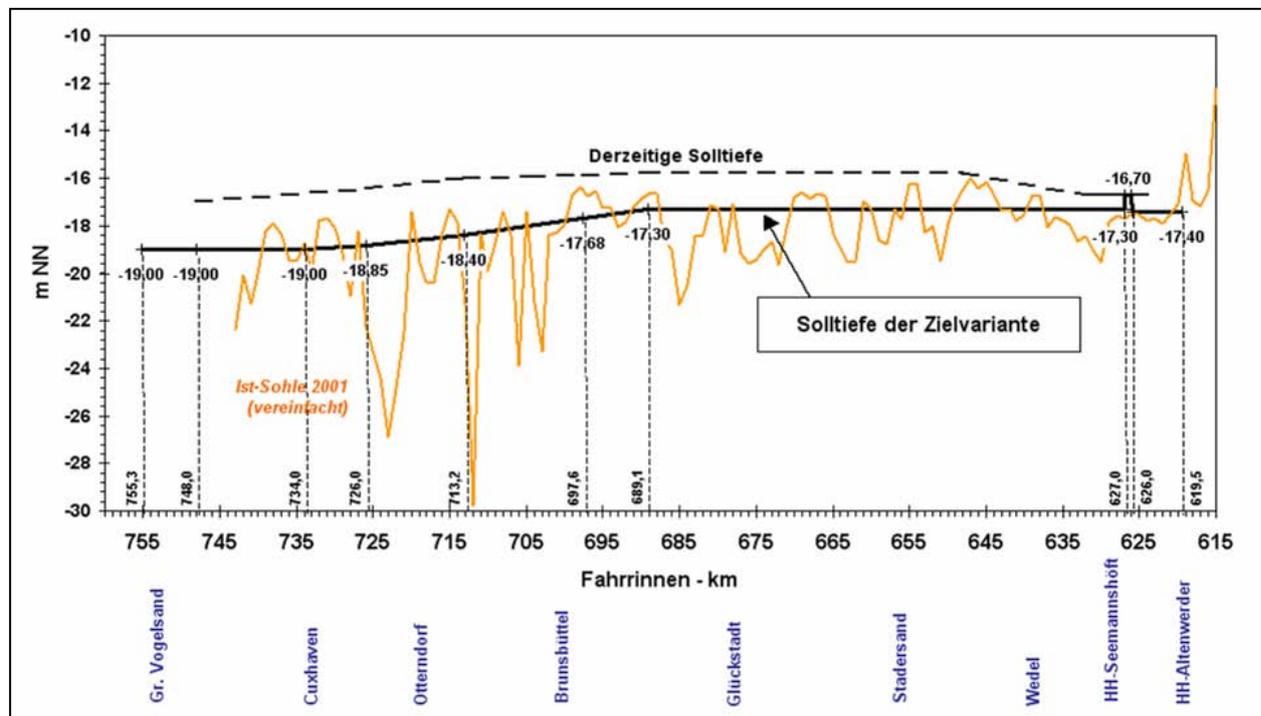
7.1 Vorhabensbeschreibung

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

Es ist geplant, 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 vertiefen (Abbildung 7-1). Darüber hinaus sind auch örtlich Verbreiterungen der Fahrrinne sowie die Einrichtung einer Begegnungsstrecke geplant (Tabelle 7-1).

Mit der Vertiefung verknüpft ist die Anlage von Unterwasserablagerungsflächen, Über-tiefenverfüllungen, Ufervorspülungen sowie von Spülfeldern. Diese dienen der Verbringung des Baggergutes und übernehmen teilweise zusätzlich auch strombau-liche Funktionen.

Abbildung 7-1: Solltiefen der Ausbauvariante im Längsprofil (PROJEKTBURO FAHRINNENANPASSUNG 2006c)



**Tabelle 7-1: 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 Rethe-Wendekreis	624,5 bis 621,8	200 abnehm. auf 180	200 abnehm. auf 180 (Verlegung um 15 m)
Rethe-Wendekreis bis südl. Wendekreis CTA	621,8 bis 619,5	200	200

Tabelle 7-2: 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)	676,5 - 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	10,92	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

Durch den Ausbau fallen (inkl. Begegnungsstrecke und eines Warteplatzes vor Brunsbüttel, vgl. Unterlage B.2) im Profilmaß¹³ insgesamt 33,4 Mio. m³ Baggergut an (entsprechend ca. 38,5 Mio. m³ Schutenmaß), die sich auf rd. 28,4 Mio. m³ in der Bundesstrecke und rd. 5 Mio. m³ in der Delegationsstrecke verteilen [PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006c]. Bei dem gebaggerten Material handelt es sich überwiegend um Grob- bis Mittelsande, Feinsande, schluffige Feinsande und Schluff sowie um Klei und Geschiebemergel.

Der überwiegende Teil des gebaggerten Materials wird in Tiefwasserbereichen (Unterwasserablagerungen und Übertiefenverfüllungen) verbracht. In geringerem Umfang erfolgt eine Verbringung durch Verspülung in ufernahen Wattenbereichen (Uferverspülungen) oder durch Ablagerung auf Spülfeldern. Eine Übersicht der geplanten Verbringungsstellen zeigt Tabelle 7-2. Die größere Kapazität der Verbringungsstellen gegenüber dem Baggergut anfall im Profilmaß ergibt sich durch die Volumenvergrößerung durch die Auflockerung und Wasserzumischung bei der Baggerung.

Bezogen auf das Schutzgut Boden sind solche Maßnahmenkomponenten von direkter Relevanz, die zu einer Inanspruchnahme von Böden führen. Dies sind die Uferverspülungen und die Unterbringungen auf Spülfeldern. In den folgenden Ausführungen zu den Wirkkomplexen wird auch auf diese Maßnahmen eingegangen.

7.2 Beschreibung und Bewertung der maßnahmenbedingten Auswirkungen auf die Böden

7.2.1 Direkte Auswirkungen durch Verbringung von Baggergut an Land

7.2.1.1 Beschreibung der Maßnahme und der Wirkfaktoren

Bei der Ablagerung von Baggergut als Uferverspülungen (UVSP) kann es zur Überdeckung von bereits vorhandenen Böden kommen, wobei sowohl oberhalb der MThw-Linie liegende semiterrestrische Böden (v.a. Marschböden, Strandböden) als auch tiefer liegende semisubhydrische Böden (Wattböden) betroffen sein können.

Der überwiegende Teil der Uferverspülungen erfolgt gemäß Ausbauplanung bis auf ein Niveau von etwa 0,1 m unterhalb des örtlichen MThw (UVSP Brokdorf; UVSP Glückstadt / Stör (ober- und unterhalb); UVSP Kollmar A, B, C; UVSP Lühe-Wisch). In den UVSP wird flussseitig eine Böschung mit Neigungen von 1:10 bis 1:20 aufgespült. Die Auffüllung der verbleibenden Bereiche erfolgt auf ebenem Niveau. Landseitig soll eine Überspülung von vegetationsbestandenen Bereichen vermieden werden.

Verwendet werden soll sandiges, schadstoffarmes Material, das eine hohe Lagestabilität aufweist, so dass ein Wiedereintritt in die Fahrrinne vermindert wird.

¹³ Das Profilmaß bezieht sich auf das Volumen des gewachsenen Bodens an der Gewässersohle.

Als Folge der Aufspülung kommt es neben der Überdeckung bestehender Böden zur Entstehung neuer Bodenflächen (Anthropogene Böden) auf Kosten von Wattflächen.

Aufspülungen oberhalb der MThw-Linie sind lediglich bei den Ufervorspülungen Hetlingen und Wittenbergen geplant.

Hetlingen: Die aufzuspülende Fläche wird durch eine Hafeneinfahrt in zwei Teilflächen von 8,6 ha (stromab) und 5,8 ha (stromauf) unterteilt. Die Vorspülung soll mit einer Neigung von 1:10 von -1,4 mNN bis auf +2,00 mNN erfolgen. Oberhalb liegende, uferwärtige Bereiche werden einer flacheren Neigung an das vorhandene Geländere relief angepasst und bis maximal +3,00 mNN aufgespült.

Wittenbergen: Bei der vorgesehenen Vorspülung handelt es sich um einen etwa 25 ha großen Strandabschnitt, der sich über 2 km Länge erstreckt. Im Zuge der Ufervorspülung ist eine Auffüllung der Bühnenfelder vorgesehen, die mit einer Neigung von i. d. R. 1:15 von -2,00 mNN bis etwa +2,00 mNN reicht. Höher liegende, uferwärtige Bereiche werden einer flacheren Neigung bis maximal +3,00 mNN aufgespült.

Desweiteren sollen im Rahmen der Maßnahme insgesamt etwa 2,3 Mio. m³ Baggergut auf Spülfeldern abgelagert werden. Bei den aufzuspülenden Flächen handelt es sich um den südlichen Teil des Schwarztonnensands sowie um drei Spülfelder auf Pagensand. Während der Verspülung und auch nach Beendigung der Maßnahme ist vor allem im Bereich der Spülfelder mit Stoffausträgen durch Sickerwasser zu rechnen.

Weitere Informationen zu den Verbringungsflächen sind in Tabelle 7-3 zusammengefasst.

Tabelle 7-3: Charakterisierung der Verbringungsflächen

Verbringungsfläche	km	Höhe (mNN)	MThw (mNN)	Neigung	Kapazität (Mio m ³)	Fläche (ha)
UFERVORSPÜLUNGEN						
Brokdorf	683,0 - 684,5	-1,40 – +1,40	1,53	1:10	0,118	12,9
Glückstadt / Störmündung (unterstromig)	678,5 - 681,5	-1,40 – +1,40	1,55	1:20	1,5	113,7
Glückstadt / Störmündung (oberstromig)	676,0 - 678,0	-1,40 – +1,40	1,56	1:20	1,36	105,7
Kollmar (A, B, C)	664,0 - 668,7	-1,40 – +1,50	1,61	1:20	0,306	44,6
Hetlingen	648,5 - 650,5	-1,40 – +2,00 +2,00 – +3,00	1,79	1:10 abflachend	0,13	14,1
Wittenbergen	636,0 - 638,0	-2,00 – + 2,00 +2,00 – +3,00	2,00	1:15 abflachend	0,200	24,9
Wisch (Lühe)	643,8 - 644,5	-1,40 – +1,70	1,81	1:10 1:15	0,286	13,9
SPÜLFELDER						
Schwarztonnensand	~ 664	+5,00	-	eben	0,92	61,9
Pagensand (I, II, III)	~ 660	+8,00 – +12,00	-	eben	1,295	37,7

Überdeckung von Böden

Durch die Aufspülung von Baggergut an Land werden vorhandene natürliche und anthropogene Böden überdeckt. Hierdurch kommt es je nach Art des abgelagerten Sediments zur Entstehung von Sedimentdecken ohne humose Oberböden und ohne Vegetationsbedeckung ("Rohböden"). Die sich in den neu aufgespülten Sedimenten entwickelnden neuen Böden unterscheiden sich durch Geländehöhe und Stoffbestand oft erheblich von den überdeckten Böden und weisen entsprechend veränderte Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen auf. Im Watt werden zum Teil bestehende Wattböden überdeckt, zum Teil entstehen über vormaligen Wattflächen zusätzliche Böden (Anthropogene Böden), ohne dass es dabei zu einer Überdeckung von bestehenden semisubhydrischen Böden kommt.

Stoffausträge aus aufgespülten Sedimenten

Während des Aufspülvorgangs und bei den nachfolgend einsetzenden bodenbildenden Prozessen kommt es zu Sickerwasserabflüssen und insbesondere durch Oxidations- und Mineralisationsvorgänge zu einem Austrag gelöster Stoffe. Je nach Stoffbestand der Sedimente kann es hierdurch zu einer Belastung benachbarter Böden und Oberflächengewässer durch Eintrag von Nähr- und Schadstoffen kommen.

Charakterisierung der an Land und auf Spülfeldern abgelagerten Sedimente

Gemäß der Vorhabensbeschreibung [PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006c] ist die Verbringung von folgenden Sediment-Typen an Land geplant:

- Ufervorspülungen (UVSP): Feinsande, Mittelsande (größere Sande)
- Spülfelder (SP):
 - Schwarztonnensand: Feinsand, Schluff unter 6 dm Reinsand
 - Pagensand: Schluffige Feinsande aus der künftigen Unterhaltsbaggerung

Zur Abschätzung der durch eine Überdeckung veränderten Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen wird von einer Ablagerung der in Tabelle 7-4 charakterisierten Sediment-Typen ausgegangen. Bei den angegebenen Werten zu chemischen und physikalischen Eigenschaften handelt es sich um Durchschnittswerte der entsprechenden Sedimenttypen nach MIEHLICH et al. [1997b].

Tabelle 7-4: Charakterisierung der Eigenschaften der aufgespülten Sedimenttypen

Sedimenttyp	Tiefe (m)	Bodenart	TOC (%)	TIC (%)	Ton (%)	pH	Verbringungsort
1	0 – 100	Ss: Reinsand	<0,1	<0,1	<1	6,8	alle UVSP
2	0-60 60-100	Ss 6 dm Reinsand über Su3 mittel schluffigem Sand	<0,1 3,5	<0,1 <0,3	<1 4	6,8 6,8	SP Schwarztonnensand
3	0-100	Uls: lehmig-sandiger Schluff	3,5	<1	12	7	SP Pagensand

Hinsichtlich der Bewertung der aufgespülten Böden wird ein Zustand vorausgesetzt, der sich langfristig, d. h. während eines Prognosezeitraums von 10 Jahren auf den Flächen einstellt (Tabelle 7-5). Im Hinblick auf die lange Entwicklungszeit von Böden wird es innerhalb dieser vergleichsweise kurzen Zeit nur in geringem Umfang zur Ausbildung charakteristischer Bodenbildungshorizonte kommen. In der Regel erfolgt unter geeigneten Umständen lediglich die Ausbildung von Ah-Horizonten. Bei fehlendem Grundwassereinfluss entstehen somit innerhalb des Prognosezeitraums A-C-Rohböden (Regosole) bzw. bei vorhandenem Grundwassereinfluss Übergangstypen zu Gleyen. Die Stärke der sich künftig einstellenden Vegetationsbedeckung ist nur schwer prognostizierbar, die angegebenen Deckungsgrade stellen grobe Schätzwerte dar.

Es wird davon ausgegangen, dass sich auf den Sedimenten des Typs 3 (Tabelle 7-5) aus lehmig-sandigen Schluffen (Schlick) kurzfristig eine dichte Vegetationsdecke etabliert. Sedimente des Typs 2 werden auf hochgelegenen, grundwasserfernen Flächen aufgespült. Es ist zu erwarten, dass sich lediglich eine sehr lückige, an Trockenheit angepasste Vegetation ansiedelt. Die Stärke der Vegetationsausbildung auf Sedimenten des Typs 1 ist stark von der Lage und der Grundwassersituation abhängig. Es wird angenommen, dass sich auf den bis auf ein Niveau von knapp unterhalb der MThw-Linie überspülten Wattböden innerhalb des Prognosezeitraums eine lückige Vegetationsbedeckung einstellt. Für Sedimente des Typs 1, die bis auf ein Niveau oberhalb der MThw-Linie aufgespült werden, wird angenommen, dass sich langfristig eine nur spärliche Vegetationsbedeckung ausbildet. Sofern landseitig bestehende Böden oberhalb der MThw-Linie nur durch eine geringmächtige Sedimentdecke überspült werden, erfolgen bezüglich der Deckungsgrade der prognostizierten Vegetationsdecke im Einzelfall Zuschläge¹⁴. So kann beispielsweise davon ausgegangen werden, dass sich auf einer flach überspülten Rohmarsch kurzfristig eine dichte Vegetationsdecke etabliert. Bei der Überspülung von hochgelegenen sandigen Aufspülungen ohne Grundwasseranschluss ist dieses jedoch nicht zwangsläufig gegeben.

Tabelle 7-5: Prognostizierte Schutztypen und Bodenfunktions-Wertstufen von den aus den aufgespülten Sedimenttypen entstehenden Böden

Bodeneinheit	Sedimenttyp	Deckungsgrad (%)	Schutztyp	Integrierte Funktionen				Einzelfunktionen									
				AF	LRF	AAA	BNH	AF		LRF		AAA				BNH	
								1	2	1	2	1	2	3	4	1	2
Ufervorspülungen, oberhalb MThw-Linie																	
YS_3.3 PROG	1	<5	1	1	1	2	3	1	1	4*	1	2	1	1	2	5	1
Ufervorspülungen, unterhalb MThw-Linie																	
IW_3.1 PROG	1	25 – 50	2b	1	1	-	4	1	1	4*	2	3	-	1	2	5	3
Spülfelder																	
YS_2.3 PROG	2	<5	1	1	1	2	3	1	1	4	1	3	1	1	2	5	1
YS_1.3 PROG	3	>75	2a	1	1	4	4	1	1	4	1	5	4	2	4	3	5

*) in Abschnitten GLU, BRU, CUX, AUS Wertstufe 5

¹⁴ Der Deckungsgrad der Vegetation betrifft die Bewertung der Funktion BNH2.

7.2.1.2 Auswirkungen im Bereich von Uferverspülungen

7.2.1.2.1 Allgemeine Darstellung der Auswirkungen auf die Bodenfunktionen

Im Rahmen der Maßnahme sind Uferverspülungen (im folgenden UVSP) durch sandige Sedimente vorgesehen. Der überwiegende Teil der aufzuspülenden Fläche liegt unterhalb MThw. Hier treten in unterschiedlichen Anteilen vegetationsbedeckte Wattböden sowie unbewachsene Wattflächen auf, wobei letztere flächenmäßig überwiegen. Zum Teil werden in geringerem Umfang auch Böden oberhalb der MThw-Linie betroffen (Marschböden und Böden aus bestehenden sandigen Aufspülungen).

Die maßnahmenbedingten Auswirkungen auf die Bodeneigenschaften und -funktionen sowie die resultierenden Schutztypen lassen sich wie folgt charakterisieren:

Fall 1: Überdeckung von uferfernen anthropogenen Böden aus aufgespülten Sanden

Fall 2: Überdeckung von anthropogenen Strandböden aus aufgespülten Sanden

Fall 3: Überdeckung von natürlichen Strandböden

Fall 4: Überdeckung von Wattböden

Fall 5: Überdeckung uferferner natürlicher Böden

Fall 6: Überdeckung stark anthropogen überprägter Böden

Fall 1: Überdeckung von uferfernen anthropogenen Böden aus aufgespülten Sanden durch Sedimenttyp 1

Die durch die Aufspülung entstehenden Rohböden weisen Ähnlichkeiten zu den bereits bestehenden Böden in aufgespülten, sandigen Sedimenten (YS_3.3) auf. Dabei handelt es sich um grundwasserferne, mäßig trockene Böden aus Reinsanden, die als marschenuntypisch anzusehen sind. Die Wertigkeit dieser anthropogenen Böden ist bezüglich der integrierten Archivfunktion sehr gering (Wertstufe 1). Auch die integrierte Lebensraumfunktion ist als niedrig zu bewerten (Wertstufe 1). Dabei folgt die schlechte Einstufung nicht vorrangig aufgrund der Schadstoffbelastung (LRF1: 4 – 5), sondern vor allem durch ihre anthropogene Entstehung (geringe Natürlichkeit) und die Häufigkeit ihrer Standorteigenschaften (LRF2: 1). Im Gegensatz zu den bestehenden aufgespülten Böden mit Pflanzendecke weisen die neu entstandenen Böden innerhalb des Prognosezeitraums lediglich eine sehr lückige Vegetationsbedeckung auf, humose Oberböden fehlen weitgehend. Die Einstufung der maßnahmebedingt entstehenden Böden hinsichtlich der integrierten Aufbau-, Ausgleichs- und Abbaufunktion (AAA) ist daher in der Regel um 1 Wertstufe schlechter als bei den bestehenden Böden. Ähnliches gilt für die integrierte Funktion als Bestandteil des Naturhaushalts (BNH), da die Wertigkeit zum Teil aus der Dichte der Vegetationsdecke resultiert (BNH2). Die Veränderung der integrierten Funktion BNH beträgt in der Regel –2 Wertstufen.

Insgesamt ergibt sich für die betroffenen Böden eine Verschlechterung um eine Stufe von Schutztyp 2b zu 1. Diese resultiert aus den Verschlechterungen der integrierten Funktionen AAA und BNH um –1 bis –2 Wertstufen. Die maßnahmenbedingten Auswirkungen auf bestehende Böden aus aufgespülten Sedimenten sind als erheblich zu

bezeichnen. Sie sind über den Prognosezeitraum hinaus jedoch reversibel, da angenommen wird, dass sich eine dem Ist-Zustand vergleichbare Vegetation etabliert.

Fall 2: Überdeckung von anthropogenen Strandböden aus aufgespülten Sanden durch Sedimenttyp 1

Strandböden aus aufgespülten Sedimenten (UA_3.3Y) stellen geringwertige Böden des Schutztyps 2b dar, da sie keine wertvollen Funktionen bezüglich der Archivfunktion und der Lebensraumfunktion besitzen. Sie unterscheiden sich von den durch die Überdeckung entstehenden Böden lediglich durch ihre geringere Höhe über MThw und ihre Exposition zum Wellenschlag. Die anthropogenen Strandböden sind lagebedingt frei von Vegetation, sie weisen jedoch eine standortgemäße Funktion als Bestandteil des Naturhaushalts auf und werden hier entsprechend hoch bewertet (Wertstufe 5). Demgegenüber sind die höher gelegenen, neu entstehenden Böden bezüglich dieser Funktion durch die potentiell mögliche, jedoch innerhalb des Prognosezeitraums von 10 Jahren überwiegend fehlende Vegetationsbedeckung als geringwertig einzustufen.

Der Schutztyp verändert sich durch die Überdeckung um –1 Wertstufe von 2b zu 1. Gleichzeitig werden an der neuen Uferlinie anthropogene Strandböden wiederhergestellt, die funktionsgleich mit den überdeckten Böden sind und die gleiche Wertigkeit besitzen. Die maßnahmenbedingten Auswirkungen auf anthropogene Strandböden sind daher trotz Veränderung des Schutztyps als nicht erheblich zu bezeichnen.

Fall 3: Überdeckung von natürlichen Strandböden durch Sedimenttyp 1

Natürliche Strandböden (UA_3.3) entsprechen in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften weitgehend den anthropogenen Strandböden. Sie weisen jedoch zusätzlich hochwertige Funktionen als Archiv der Naturgeschichte (AF1) auf und sind aufgrund der Natürlichkeit und der Seltenheit der Bodeneigenschaften auch bezüglich der Lebensraumfunktion (LRF) als wertvoll anzusehen. Sie entsprechen daher dem Schutztyp 5a. Eine Überdeckung von Stränden mit sandigen Sedimenten führt zu einem Verlust der standorttypischen Überflutungsdynamik und damit zu einer Verschlechterung aller Bodenfunktionen. Der Schutztyp ändert sich um –3 Stufen von Wertstufe 5a zur Wertstufe 2b. Bezüglich der natürlichen Strandböden ist die Überdeckung daher als erheblich einzustufen. Diese Verschlechterung ist aufgrund des Verlustes der Archivfunktion irreversibel.

Fall 4: Überdeckung von Wattböden durch Sedimenttyp 1

Wattböden (IW) besitzen wie die natürlichen Strandböden hochwertige Funktionen als Archive der Naturgeschichte und einen hohen Wert hinsichtlich der Lebensraumfunktion. Die maßnahmenbedingte Überdeckung mit sandigem Sediment bedeutet einen Verlust der Archiv- und Lebensraumfunktion (Verschlechterung um 4 Wertstufen). Darüber hinaus führt der Verlust der standorttypischen Grundwasser- und Überflutungsdynamik zu einer Verschlechterung der integrierten Bodenfunktion als Bestandteil im Naturhaushalt (BNH) um –1 Wertstufen. Der Schutztyp ändert sich um –3 Stufen von Schutztyp 5a zu 2b. Die Auswirkung einer Überdeckung von Wattböden ist

daher als erheblich einzustufen. Auch nach Wiederbesiedlung durch Vegetation ist die Verschlechterung über den Prognosezeitraum hinaus irreversibel, da die Archivfunktion nicht und die Lebensraumfunktion nur zum Teil wiederhergestellt werden.

Fall 5: Überdeckung uferferner natürlicher Böden durch Sedimenttyp 1

Bei den nicht unmittelbar am Ufer liegenden semiterrestrischen natürlichen Böden handelt es sich um eine hinsichtlich der Bodeneigenschaften sehr heterogene Gruppe. Je nach Lage der Verbringungsflächen handelt es sich um Rohmarschen (MR), Kalkmarschen (MC) oder Kleimarschen (MN). Diese liegen in den betroffenen Bereichen stets in unmittelbarer Nähe zum Strand oder Watt und sind hier häufig ungenutzt. Entsprechend sind diese Böden in der Regel nur wenig anthropogen beeinflusst. Die Bewertungen der Archivfunktion und Lebensraumfunktion dieser Böden sind hoch, daher weisen diese Böden häufig den Schutztyp 5a oder Schutztyp 4a auf. Stärker anthropogen überprägte natürliche Böden entsprechen häufig dem Schutztyp 2a oder Schutztyp 2b. Die Überdeckung der Böden mit sandigem Sediment erfolgt im uferwärtigen Bereich in der Regel nur durch eine geringmächtige Decke. Diese führt jedoch zu einer vollständigen Veränderung der standörtlichen Bodeneigenschaften hinsichtlich der hier natürlicherweise auftretenden Korngrößen, der Grundwasserdynamik und des Stoffhaushalts. Die Böden verlieren neben ihren Funktionen als Bestandteil im Naturhaushalt und als Aufbau-, Ausgleichs- und Abbaumedium vor allem ihre meist wertbestimmenden Funktionen als Archiv und Lebensraum. Die Überdeckung von uferfernen Böden führt zu einem Wertverlust um –1 bis –3 Wertstufen, die maßnahmenbedingten Auswirkungen sind erheblich und irreversibel.

Fall 6: Überdeckung stark anthropogen überprägter Böden durch Sedimenttyp 1

In geringen Flächenanteilen treten geringwertige Böden der Wertstufe 1 auf. Hierbei handelt es sich um verschiedene Böden, die durch aktuelle Nutzung stark überprägt, teilweise überbaut oder durch eine geringe oder fehlende Vegetationsbedeckung charakterisiert sind. Bei der Überdeckung dieser Böden können sich hinsichtlich der integrierten Einzelfunktionen Verschlechterungen sowie auch Verbesserungen ergeben. Diese führen jedoch zu keiner Veränderung des Schutztyps. Die Überdeckung stark anthropogen überprägter Böden ist als nicht erheblich zu betrachten.

7.2.1.2.2 Auswirkungen auf die Bodenfunktionen in den betroffenen Flächen

Nachfolgend werden die Auswirkungen der Uferverspülungen (UVSP) auf die betroffenen Böden beschrieben. Als Grundlage hierzu dienen die in der Vorhabensbeschreibung dargestellten Umrisslinien der Maßnahmenggebiete [PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006c]. Diese Linien sind nicht immer in Übereinstimmung mit den textlichen Beschreibungen. Bei einer gemäß der Textfassung in der Vorhabensbeschreibung durchgeführten Beseitigung bis –0,1 m MThw können Auswirkungen auf die oberhalb der MThw-Linie liegenden Böden vermieden werden (In folgenden Tabellen Angabe "E" in Klammern). Nicht vermeidbar sind dagegen Auswirkungen auf die vegetationsbestandenen Wattböden unterhalb der MThw-Linie.

Tabelle 7-6: Auswirkungen in der UVSP Brokdorf

UVSP BROKDORF														
Bodentyp	Fläche*		Wertstufen und maßnahmenbedingte Veränderungen (Δ)											E**
	(m ²)	(%)	Schutztyp			Einzelfunktionen								
			IST	PROG	Δ	AF	Δ	LRF	Δ	AAA	Δ	BNH	Δ	
IWbr_3.1A	8.659	6,71	5a	2b	-3	5	-4	5	-4	-	-	5	-1	ja
UAb_3.3	401	0,31	5a	2b	-3	5	-4	5	-4	2	-	5	5	(ja)
MCb_3.1	344	0,26	5a	2b	-3	5	-4	4	-3	4	-2	5	-1	(ja)
YS_3.3	682	0,53	2b	1	-1	1	-	1	-	3	-1	5	-2	(ja)
UAb_3.3Y	58	0,04	2b	1	-1	1	-	1	-	2	-	5	-2	nein
IWbr_3.1A	1.077	0,83	1	1	-	2	-1	2	-1	-	-	1	2	nein
YS_3.3	10	<0,01	1	1	-	1	-	1	-	2	-	1	2	nein
YS_3.3	23	0,02	n.b.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nein
SUMME	11.254	8,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*) bezogen auf Gesamtfläche des Maßnahmensgebietes;

***) E: Erheblichkeit

n.b.: nicht bewertet; Angabe "E" in Klammern: s. Seite 119

Der Anteil der Böden innerhalb der aufzuspülenden Fläche der **UVSP Brokdorf** ist mit 8,7 % bzw. einer Flächengröße von 1,1 ha gering. Die Maßnahme führt zur Überdeckung von 0,9 ha Böden des Schutztyps 5a. Bei diesen handelt es sich neben Brack-Kalkmarsch und natürlichen Strandböden überwiegend um vegetationsbedeckte Brack-Sandwattböden.

Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 2b, die Änderung der Wertstufen beträgt –3. Weitere erheblich betroffene Böden stellen 0,07 ha anthropogene Böden aus aufgespülten Sanden (Wertstufe 2b) dar. Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 1, die Änderung der Wertstufen beträgt –1. Die Überspülung der Anthropogenen Strände (UAb_3.3Y) führt zu einer Abwertung um eine Wertstufe. Da diese bei Durchführung der Maßnahme jedoch flussseitig neu entstehen, ist die Auswirkung als neutral und damit nicht erheblich anzusehen.

Tabelle 7-7: Auswirkungen in der UVSP Glückstadt / Störmündung (unterhalb)

UVSP GLÜCKSTADT / STÖRMÜNDUNG (unterhalb)														
Bodentyp	Fläche*		Wertstufen und maßnahmenbedingte Veränderungen (Δ)											E**
	(m ²)	(%)	Schutztyp			Einzelfunktionen								
			IST	PROG	Δ	AF	Δ	LRF	Δ	AAA	Δ	BNH	Δ	
IWbr_2.1A	6.094	0,54	5a	2b	-3	5	-4	4	-3	-	-	5	-1	ja
IWbr_2.1U	185.797	16,33	5a	2b	-3	5	-4	4	-3	-	-	5	-1	ja
MCb_3.1	10	<0,01	5a	2b	-3	5	-4	4	-3	3	-1	5	-1	(ja)
MCb_3.1	1.383	0,12	5a	2b	-3	5	-4	4	-3	4	-2	5	-1	(ja)
UAb_3.3	223	0,02	5a	1	-4	5	-4	5	-4	2	-	5	-2	(ja)
MRb_2.2	315	0,03	4a	2b	-2	2	-1	4	-3	4	-2	3	1	(ja)
MRb_2.2	2.211	0,19	4a	2b	-2	4	-3	4	-3	3	-1	5	-1	(ja)
MRb_2.2	4.544	0,4	4a	2b	-2	4	-3	4	-3	4	-2	5	-1	(ja)
YS_3.3	103	0,01	2b	1	-1	1	-	1	-	3	-1	5	-2	(ja)
IWbr_2.1U	1.477	0,13	1	1	-1	2	-1	2	-1	-	-	1	3	nein
IWbr_2.1A	332	0,03	1	1	-	2	-1	2	-1	-	-	1	3	nein
YS_3.3	8	<0,01	1	1	-	1	-	1	-	2	-	1	2	nein
SUMME	202.498	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*) bezogen auf Gesamtfläche des Maßnahmensgebietes

***) E: Erheblichkeit; Angabe "E" in Klammern: s. Seite 119

Der Anteil der betroffenen Böden innerhalb der aufzuspülenden Fläche der **UVSP Glückstadt / Störmündung (unterhalb)** beträgt 17,8 %, was einer Flächengröße von 20,2 ha entspricht. Annähernd die gesamte Bodenfläche wird durch erhebliche Auswirkungen betroffen. 95 % der erheblich betroffenen Böden entsprechen dem Schutztyp 5a. Dabei handelt es sich überwiegend um vegetationsbedeckte Übergangsmischwattböden und zu einem geringeren Teil um natürliche Strandböden und Brack-Kalkmarschen.

Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 2b, die Änderung der Wertstufen beträgt –3. Desweiteren sind in geringerem Maße Rohmarschböden erheblich betroffen, die dem Schutztyp 4a angehören, sowie weitere kleine Flächenanteile von anthropogenen Aufspülungen und anthropogen gestörten Brack-Übergangswattböden (Schutztypen 2b bzw. 2a). Die neu entstehenden Böden entsprechen je nach Deckungsgrad der sich einstellenden Vegetation dem Schutztyp 2b bzw. 1, die Änderung der Wertstufen beträgt –2 bzw. –1.

Tabelle 7-8: Auswirkungen in der UVSP Glückstadt / Störmündung (oberhalb)

UVSP GLÜCKSTADT / STÖRMÜNDUNG (oberhalb)														
Bodentyp	Fläche*		Wertstufen und maßnahmenbedingte Veränderungen (Δ)											E**
	(m ²)	(%)	Schutztyp			Einzelfunktionen								
			IST	PROG	Δ	AF	Δ	LRF	Δ	AAA	Δ	BNH	Δ	
IWbr_2.1A	71.655	6,78	5a	2b	-3	5	-4	4	-3	-	-	5	-1	ja
UAb_3.3	19	<0,01	5a	1	-4	5	-4	5	-4	2	-	5	-2	(ja)
MRb_2.2	3.938	0,37	4a	2b	-2	4	-3	4	-3	4	-2	5	-1	(ja)
MRb_2.2	511	0,05	3a	2b	-1	2	-1	3	-2	4	-2	5	-1	(ja)
MRb_2.2	131	0,01	2a	2b	-	2	-1	2	-1	4	-2	5	-1	nein
IWbr_2.1A	868	0,08	1	1	-	2	-1	2	-1	-	-	1	2	nein
MRb_2.2	29	<0,01	1	1	-	2	-1	2	-1	3	-1	1	2	nein
SUMME	77.151	7,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*) bezogen auf Gesamtfläche des Maßnahmegebietes;

**) E: Erheblichkeit; Angabe "E" in Klammern: s. Seite 119

Der Anteil der betroffenen Böden innerhalb der aufzuspülenden Fläche der **UVSP Glückstadt / Störmündung (oberhalb)** beträgt 7,3 %, was einer Flächengröße von 7,7 ha entspricht. Annähernd die gesamte Bodenfläche wird durch erhebliche Auswirkungen betroffen. 93 % der erheblich betroffenen Böden entsprechen dem Schutztyp 5a. Dabei handelt es sich überwiegend um vegetationsbedeckte Brack-Wattböden und zu einem geringeren Teil um natürliche Strandböden.

Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 2b (überspülte Wattböden) bzw. 1 (überspülte Strandböden), die Änderung der Wertstufen beträgt –3 bzw. –2. Darüberhinaus sind etwa 7 % Böden der Schutztypen 3a und 4a (Brack-Rohmarschböden) erheblich betroffen, die Änderung beträgt –1 bzw. –2 Wertstufen.

Tabelle 7-9: Auswirkungen in der UVSP Kollmar C

UVSP KOLLMAR C															
Bodentyp	Fläche* (m ²) (%)		Wertstufen und maßnahmenbedingte Veränderungen (Δ)												E**
			Schutztyp			Einzelfunktionen									
			IST	PROG	Δ	AF	Δ	LRF	Δ	AAA	Δ	BNH	Δ		
IWbr_3.1F	187	0,17	5a	2b	-3	5	-4	2	-1	-	-	1	3	ja	
IWbr_3.1F	1.438	1,34	5a	2b	-3	5	-4	5	-4	-	-	5	-1	ja	
IWbr_3.1F	1.956	1,8	4b	2b	-2	4	-3	2	-1	-	-	1	2	ja	
YS_3.3	1.859	1,72	2b	1	-1	1	-	1	-	3	-1	5	-2	(ja)	
Uaf_3.3Y	2.224	2,06	2b	1	-1	1	-	1	-1	2	-	5	-2	nein	
IWbr_3.1F	9.057	8,40	1	1	-	2	-1	2	-1	-	-	1	2	nein	
YS_3.3	618	0,57	1	1	-	1	-	1	-	2	-	1	2	nein	
YS_3.3	795	0,74	n.b.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nein	
SUMME	18.134	16,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

*) bezogen auf Gesamtfläche des Maßnahmegebietes;

**) E: Erheblichkeit

n.b.: nicht bewertet ; Angabe "E" in Klammern: s. Seite 119

Der Anteil der betroffenen Böden innerhalb der aufzuspülenden Fläche der **UVSP Kollmar C** beträgt 16,8 %, was einer Flächengröße von 1,8 ha entspricht. Lediglich etwa die Hälfte der vorhandenen Bodenfläche wird durch erhebliche Auswirkungen betroffen. Etwa ein Drittel der durch erhebliche Auswirkungen betroffenen Böden entsprechen dem Schutztyp 5a (vegetationsbedeckte Brack-Sandwattböden) und dem Schutztyp 4b (Brack-Sandwattböden im näheren Bereich einer untergegangenen Siedlung).

Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 2b, die Änderung der Wertstufen beträgt –3. Bei zwei Drittel der erheblich betroffenen Bodenfläche handelt es sich um anthropogene Strandböden und sandige Aufspülungen, die dem Schutztyp 2b angehören. Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 1, die Änderung der Wertstufen beträgt –1. Auch die Überspülung der Anthropogenen Strände (UAb_3.3Y) führt zu einer Abwertung um eine Wertstufe. Da diese jedoch flussseitig neu entstehen, ist die Auswirkung als neutral und damit nicht erheblich anzusehen. Etwa die Hälfte der vorhandenen Bodenflächen wird von geringwertigen Wattböden im Bereich von Bühnen und Deckwerken mit Röhrichtbewuchs eingenommen. Die Auswirkungen durch Überdeckung der Böden in diesem Bereich sind nicht erheblich.

Tabelle 7-10: Auswirkungen in der UVSP Kollmar B

UVSP KOLLMAR B															
Bodentyp	Fläche* (m ²) (%)		Wertstufen und maßnahmenbedingte Veränderungen (Δ)												E**
			Schutztyp			Einzelfunktionen									
			IST	PROG	Δ	AF	Δ	LRF	Δ	AAA	Δ	BNH	Δ		
IWbr_3.1F	19.655	14,02	5a	2b	-3	5	-4	5	-4	-	-	5	-1	ja	
YS_3.3	2.563	1,83	2b	1	-1	1	-	1	-	3	-1	5	-2	(ja)	
Uaf_3.3Y	446	0,32	2b	1	-1	1	-	1	-1	2	-	5	-2	nein	
IWbr_3.1F	2.890	2,06	1	1	-	2	-1	2	-1	-	-	1	2	nein	
YS_3.3	58	0,04	1	1	-	1	-	1	-	2	-	1	2	nein	
YS_3.3	10	0,01	n.b.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nein	
SUMME	25.622	18,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

*) bezogen auf Gesamtfläche des Maßnahmegebietes

**) E: Erheblichkeit

n.b.: nicht bewertet; Angabe "E" in Klammern: s. Seite 119

Der Anteil der betroffenen Böden innerhalb der aufzuspülenden Fläche der **UVSP Kollmar B** beträgt 18,3 %, was einer Flächengröße von 2,56 ha entspricht. Der überwiegende Teil der vorhandenen Bodenfläche (87 %) wird durch erhebliche Auswirkungen betroffen. 87 % der durch erhebliche Auswirkungen betroffenen Böden entsprechen dem Schutztyp 5a. Dabei handelt es sich überwiegend um vegetationsbedeckte Brack-Sandwattböden.

Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 2b, die Änderung der Wertstufen beträgt -3. Bei 13,4 % der durch erhebliche Auswirkungen betroffenen Boden handelt es sich um anthropogene Böden des Schutztyps 2b. Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 1, die Änderung der Wertstufen beträgt -1. Auch die Überspülung der Anthropogenen Strände (UAb_3.3Y) führt zu einer Abwertung um eine Wertstufe. Da diese jedoch flussseitig neu entstehen, ist die Auswirkung als neutral und damit nicht erheblich anzusehen.

Tabelle 7-11: Auswirkungen in der UVSP Kollmar A

UVSP KOLLMAR A														
Bodentyp	Fläche*		Wertstufen und maßnahmenbedingte Veränderungen (Δ)											E**
	(m ²)	(%)	Schutztyp			Einzelfunktionen								
			IST	PROG	Δ	AF	Δ	LRF	Δ	AAA	Δ	BNH	Δ	
IWbr_3.1	25.149	12,98	5a	2b	-3	5	-4	5	-4	-	-	5	-1	ja
MCf_2.3	134	0,07	5a	2b	-3	5	-4	4	-3	4	-2	5	-1	(ja)
Uaf_3.3	183	0,09	5a	1	-4	5	-4	5	-4	2	-	5	-2	(ja)
YS_3.3	2.655	1,37	2b	1	-1	1	-	1	-	3	-1	5	-2	(ja)
Uaf_3.3Y	408	0,21	2b	1	-1	1	-	1	-1	2	-	5	-2	nein
IWbr_3.1F	2.178	1,12	1	1	-	2	-1	2	-1	-	-	1	2	nein
YS_3.3	24	0,01	1	1	-	1	-	1	-	2	-	1	2	nein
YS_3.3	18	0,01	n.b.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nein
SUMME	30.749	15,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*) bezogen auf Gesamtfläche des Maßnahmensgebietes

**) E: Erheblichkeit

n.b.: nicht bewertet; Angabe "E" in Klammern: s. Seite 119

Der Anteil der betroffenen Böden innerhalb der aufzuspülenden Fläche der **UVSP Kollmar A** beträgt 15,9 %, was einer Flächengröße von 3,1 ha entspricht. Annähernd die gesamte Bodenfläche wird durch erhebliche Auswirkungen betroffen. 90 % der Böden mit erheblichen Auswirkungen entsprechen dem Schutztyp 5a. Dabei handelt es sich überwiegend um vegetationsbedeckte Brack-Sandwattböden und zu einem geringeren Teil um natürliche Strandböden und Fluss-Kalkmarschen.

Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 2b, die Änderung der Wertstufen beträgt -3. Zehn Prozent der erheblich betroffenen Böden stellen anthropogene Strandböden und sandige Spülböden dar, die dem Schutztyp 2b angehören. Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 1, die Änderung der Wertstufen beträgt -1. Ein Teil der vorhandenen Bodenflächen wird von geringwertigen Wattböden im Bereich von Buhnen und Deckwerken mit Röhrichtbewuchs eingenommen. Die Auswirkungen durch Überdeckung der Böden in diesem Bereich sind nicht erheblich.

Tabelle 7-12: Auswirkungen in der UVSP Hetlingen

UVSP HETLINGEN															
Bodentyp	Fläche* (m ²) (%)		Wertstufen und maßnahmenbedingte Veränderungen (Δ)												E**
			Schutztyp			Einzelfunktionen									
			IST	PROG	Δ	AF	Δ	LRF	Δ	AAA	Δ	BNH	Δ		
IWpm_2.1F	336	0,24	5a	2b	-3	5	-4	4	-3	-	-	5	-1	ja	
YS_3.3	5.482	3,88	2b	1	-1	1	-	1	-	3	-1	5	-2	ja	
Uaf_3.3Y	20.545	14,6	2b	1	-1	1	-	1	-1	2	-	5	-2	nein	
IWpm_2.1F	461	0,33	1	1	-	2	-1	2	-1	-	-	1	2	nein	
YS_3.3	6	<0,01	1	1	-	1	-	1	-	2	-	1	2	nein	
SUMME	26.830	19,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

*) bezogen auf Gesamtfläche des Maßnahmensgebietes

***) E: Erheblichkeit

Der Anteil der betroffenen Böden innerhalb der aufzuspülenden Fläche der **UVSP Hetlingen** beträgt 19 %, was einer Flächengröße von 26,8 ha entspricht. 20 % der vorhandenen Bodenfläche werden durch erhebliche Auswirkungen betroffen. 5 % der durch erhebliche Auswirkungen betroffenen Böden entsprechen dem Schutztyp 5a (vegetationsbedeckte Fluss-Mischwattböden).

Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 2b, die Änderung der Wertstufen beträgt -3. Bei 95 % der erheblich betroffenen Bodenfläche handelt es sich um anthropogene sandige Spülböden, die dem Schutztyp 2b angehören. Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 1, die Änderung der Wertstufen beträgt -1. Drei Viertel der vorhandenen Bodenflächen werden von anthropogenen Strandböden (UA_3.3 Y) eingenommen. Die Auswirkungen einer Überdeckung dieser Böden ist nicht erheblich, da diese beim Spülvorgang im Bereich des neuen Ufers erneut hergestellt werden.

Der Anteil der betroffenen Böden innerhalb der aufzuspülenden Fläche der **UVSP Lühe-Wisch** beträgt 3,8 %, was einer Flächengröße von lediglich 0,5 ha entspricht. Etwa die Hälfte der vorhandenen Bodenfläche (51 %) wird durch erhebliche Auswirkungen betroffen.

Tabelle 7-13: Auswirkungen in der UVSP Lühe-Wisch

UVSP LÜHE – WISCH															
Bodentyp	Fläche* (m ²) (%)		Wertstufen und maßnahmenbedingte Veränderungen (Δ)												E**
			Schutztyp			Einzelfunktionen									
			IST	PROG	Δ	AF	Δ	LRF	Δ	AAA	Δ	BNH	Δ		
IWpm_3.1F	1.306	0,94	5a	2b	-3	5	-4	4	-3	-	-	5	-1	ja	
YS_3.3	680	0,49	2b	1	-1	1	-	1	-	3	-1	5	-2	(ja)	
Uaf_3.3Y	674	0,49	2b	1	-1	1	-	1	-1	2	-	5	-2	nein	
IWpm_3.1F	2.328	1,68	1	1	-	2	-1	2	-1	-	-	1	2	nein	
YS_3.3	260	0,19	1	1	-	1	-	1	-	2	-	1	2	nein	
SUMME	5.248	3,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

*) bezogen auf Gesamtfläche des Maßnahmensgebietes

***) E: Erheblichkeit ; Angabe "E" in Klammern: s. Seite 119

Die durch erhebliche Auswirkungen betroffenen Böden entsprechen jeweils etwa zur Hälfte dem Schutztyp 5a (vegetationsbedeckte Fluss-Sandwattböden) bzw. Schutztyp 2b (anthropogene Strandböden und sandige Aufspülungen). Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 2b bzw. 1, die Änderung der Wertstufen beträgt –3 bzw. –1.

Tabelle 7-14: Auswirkungen in der UVSP Wittenbergen

UVSP WITTENBERGEN															
Bodentyp	Fläche*		Wertstufen und maßnahmenbedingte Veränderungen (Δ)												E**
	(m ²)	(%)	Schutztyp			Einzelfunktionen									
			IST	PROG	Δ	AF	Δ	LRF	Δ	AAA	Δ	BNH	Δ		
IWpm_3.1F	75	0,03	5a	2b	-3	5	-4	4	-3	-	-	5	-1	ja	
YS_3.3	6.964	2,8	2b	1	-1	1	-	1	-	3	-1	5	-2	ja	
Uaf_3.3Y	23.061	9,28	2b	1	-1	1	-	1	-1	2	-	5	-2	nein	
IWpm_3.1F	8.498	3,42	1	1	-	2	-1	2	-1	-	-	1	2	nein	
YS_3.3	976	0,39	1	1	-	1	-	1	-	2	-	1	2	nein	
YS_3.3	381	0,15	n.b.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nein	
SUMME	39.573	15,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

*) bezogen auf Gesamtfläche des Maßnahmensgebietes

***) E: Erheblichkeit

n.b.: nicht bewertet

Der Anteil der betroffenen Böden innerhalb der aufzuspülenden Fläche der **UVSP Wittenbergen** beträgt 15,9 %, was einer Flächengröße von 3,9 ha entspricht. Lediglich 17 % der vorhandenen Bodenfläche wird durch erhebliche Auswirkungen betroffen. Es handelt sich dabei um sandige Aufspülungen, die dem Schutztyp 2b angehören.

Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 1, die Änderung der Wertstufen beträgt –1. Lediglich ein sehr kleiner Teil der durch erhebliche Auswirkungen betroffenen Böden entsprechen dem Schutztyp 5a (vegetationsbedeckte Fluss-Sandwattböden). 20 % der vorhandenen Bodenflächen werden von anthropogenen Strandböden (UA_3.3Y) eingenommen. Die Auswirkungen einer Überdeckung dieser Böden sind nicht erheblich, da diese beim Spülvorgang im Bereich des neuen Ufers erneut hergestellt werden.

7.2.1.3 Auswirkungen im Bereich von Spülfeldern

7.2.1.3.1 Auswirkungen auf die Bodenfunktionen

Im Bereich der Spülfelder (im folgenden SP) bestehen junge, anthropogene Böden in aufgespülten Sedimenten unterschiedlichen Alters. Entsprechend sind die vorhandenen Böden hinsichtlich der Archivfunktion als geringwertig einzustufen (Wertstufe 1). Aufgrund der geringen Natürlichkeit der Böden und der Häufigkeit der standörtlichen Bodeneigenschaften ist auch die Wertigkeit hinsichtlich der Lebensraumfunktion "LRF"

gering (Wertstufe 1). Über die Einstufung in Schutztypen entscheiden daher die Wertigkeiten bezüglich der Funktionen AAA und BNH.

Spülfeld Schwarztonnensand

Für das geplante Spülfeld Schwarztonnensand ist die Ablagerung des Sedimenttyps 2 (Tabelle 7-4). vorgesehen. Bei den hier vorhandenen Böden handelt es sich um etwa 30 Jahre alte, sandige und nährstoffverarmte Regosole. Auf diesen hat sich eine an Trockenheit angepasste, lückige Vegetation etabliert, die aufgrund des Alters der liegenden Sedimente auch zur Herausbildung von initialen und vollständig ausgebildeten A-Horizonten geführt hat. Die vorhandenen Böden entsprechen dem Schutztyps 2b. Nach erfolgter Aufspülung und Abdeckung mit Reinsanden entsteht an ihrer Stelle ein junger Rohboden mit graduell günstigerer Basenversorgung. Da von einer sehr langsamen Wiederansiedlung von Vegetation auszugehen ist, kommt es innerhalb des Prognosezeitraums kaum zu einer erneuten Ausbildung von humosen Oberböden. Da auch langfristig von einer im Mittel nur spärlichen Vegetationsbedeckung auszugehen ist, entsprechen die Böden nach Durchführung der Maßnahme dem Schutztyp 1.

Spülfeld Pagensand

Für das geplante Spülfeld Pagensand ist die Ablagerung des Sedimenttyps 3 vorgesehen. Bei den bestehenden Böden handelt es sich um ältere Aufspülungen von a) sandigen und b) schluffig-tonigen (schlickigen) und mit Schadstoffen belasteten Sedimenten.

Die überspülten sandigen Böden entsprechen aufgrund ihrer hohen Wertigkeit hinsichtlich der Funktion als Bestandteil im Naturhaushalt (BNH) dem Schutztyp 2b. Die nach Aufspülung entstehenden Böden sind schluffig-tonig und weisen hinsichtlich der Aufbau-, Ausgleichs- und Abbaufunktion (AAA) eine höhere Wertigkeit auf, sie entsprechen daher dem Schutztyp 2a. Es kommt zu keiner Veränderung der Bodenwertstufe. Die maßnahmenbedingten Auswirkungen sind nicht erheblich.

Die überspülten schlickigen Böden entsprechen aufgrund ihrer hohen Wertigkeit hinsichtlich der Aufbau-, Ausgleichs- und Abbaufunktion (AAA) dem Schutztyp 2a. Die nach Aufspülung entstehenden Böden weisen gleiche Einstufungen auf, auch sie entsprechen dem Schutztyp 2a. Es kommt zu keiner Veränderung der Bodenwertstufe. Die maßnahmenbedingten Auswirkungen sind nicht erheblich.

7.2.1.3.2 Auswirkungen in den betroffenen Flächeneinheiten

Die auf den Teilflächen des **SP Pagensand** bestehenden Böden stellen sandige und schluffig-tonige Spülböden des Schutztyps 2b und des Schutztyps 2a dar. Sie nehmen eine Fläche von insgesamt etwa 29 ha ein. Auf dem SP Pagensand II besteht zusätzlich ein Gewässer von etwa 4 ha Größe. Diese Fläche stellt keine Bodenfläche dar und wurde nicht bewertet. Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 2a, eine Änderung der Bodenwertstufe tritt nicht ein. Die maßnahmenbedingten Auswirkungen sind somit nicht erheblich.

Tabelle 7-15: Auswirkungen auf den SP Pagensand I, II und III

UVSP SP PAGENSAND III														
Bodentyp	Fläche*		Wertstufen und maßnahmenbedingte Veränderungen (Δ)											E**
	(m ²)	(%)	Schutztyp			Einzelfunktionen								
			IST	PROG	Δ	AF	Δ	LRF	Δ	AAA	Δ	BNH	Δ	
YS_3.3	15.498	12,57	2b	2a	-	1	-	1	-	3	1	4	-	nein
YS_3.3	107.826	87,43	2b	2a	-	1	-	1	-	3	1	5	-1	nein
SUMME	123.324	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SP PAGENSAND I														
Bodentyp	Fläche*		Wertstufen und maßnahmenbedingte Veränderungen (Δ)											E**
	(m ²)	(%)	Schutztyp			Einzelfunktionen								
			IST	PROG	Δ	AF	Δ	LRF	Δ	AAA	Δ	BNH	Δ	
YS_3.3	33.556	23,52	2b	2a	-	1	-	1	-	3	1	5	-1	nein
YS_1.3	109.075	76,47	2a	2a	-	1	-	1	-	4	-	5	-1	nein
SUMME	142.631	99,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SP PAGENSAND II														
Bodentyp	Fläche*		Wertstufen und maßnahmenbedingte Veränderungen (Δ)											E**
	(m ²)	(%)	Schutztyp			Einzelfunktionen								
			IST	PROG	Δ	AF	Δ	LRF	Δ	AAA	Δ	BNH	Δ	
YS_3.3	35.218	31,89	2b	2a	-	1	-	1	-	3	1	5	-1	nein
YS_1.3	34.886	31,59	2a	2a	-	1	-	1	-	4	-	5	-1	nein
YS_1.3	859	0,78	n.b.	2a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nein
YS_3.3	39.473	35,74	n.b.	2a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	nein
SUMME	70.104	63,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*) bezogen auf Gesamtfläche des Maßnahmensgebietes

**) E: Erheblichkeit

n.b.: nicht bewertet

Die auf dem **SP Schwarztone sand** bestehenden Böden stellen ausnahmslos sandige Spülböden des Schutztyps 2b dar, die eine Fläche von etwa 61,9 ha einnehmen. Die neu entstehenden Böden entsprechen dem Schutztyp 1, die Änderung der Wertstufen beträgt -1. Die maßnahmenbedingten Auswirkungen sind somit erheblich.

Tabelle 7-16: Auswirkungen auf dem SP Schwarztone sand

SP SCHWARZTONNENSAND														
Bodentyp	Fläche*		Wertstufen und maßnahmenbedingte Veränderungen (Δ)											E**
	(m ²)	(%)	Schutztyp			Einzelfunktionen								
			IST	PROG	Δ	AF	Δ	LRF	Δ	AAA	Δ	BNH	Δ	
YS_3.3	195.536	31,60	2b	1	1	1	-	1	-	3	-1	4	-1	ja
YS_3.3	422.703	68,29	2b	1	1	1	-	1	-	3	-1	5	-2	ja
YS_3.3	636	0,1	1	1	-	1	-	1	-	3	-1	2	1	nein
SUMME	618.875	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*) bezogen auf Gesamtfläche des Maßnahmensgebietes

**) E: Erheblichkeit

7.2.1.4 Zusammenfassende Darstellung der maßnahmenbedingten Auswirkungen in den Verbringungsflächen

Die maßnahmenbedingte Überdeckung von Böden zeigt in der UVSP Glückstadt/Stör (oberhalb) und der UVSP Glückstadt/Stör (unterhalb) die stärksten Auswirkungen, da hier große Flächen mit ausschließlich natürlichen semiterrestrischen Böden, Stränden und Wattböden betroffen sind (Tabelle 7-17). Die mittlere Änderung des Schutztyps beträgt –3.

Tabelle 7-17: Maßnahmenbedingte erhebliche Auswirkungen in den UVSP und SP

Verbringungsfläche	Bodenfläche*		Anteil erheblich betroffener Böden		mittlere Änderung des Schutztyps (gewichtet)
	(%)	(ha)	(%)	(ha)	
Ufervorspülungen					
UVSP Glückstadt / Stör (unterhalb)	17,8	20,2	99,1	20	-3,0
UVSP Glückstadt / Stör (oberhalb)	7,30	7,7	98,6	7,6	-2,9
UVSP Kollmar A	15,86	3,1	91,5	2,8	-2,8
UVSP Kollmar B	18,27	2,6	86,8	2,3	-2,8
UVSP Brokdorf	8,73	2,4	89,3	2,1	-2,5
UVSP Kollmar C	16,83	1,8	29,9	0,5	-2,0
UVSP Hetlingen	19,02	2,7	21,2	0,6	-1,3
UVSP Wittenbergen	15,92	3,9	17,8	0,7	-1,0
UVSP Lühe-Wisch	3,78	0,5	37,8	0,2	-2,3
Spülfelder					
SP Schwarztonnensand	100	61,9	100	61,9	-1,0
SP Pagensand (I, II, III)	100	34,7	0	0	keine
SUMME	-	-	-	98,7	-

*) bezogen auf Gesamtfläche des Maßnahmensgebietes

Ebenfalls erhebliche Auswirkungen sind in den UVSP Brokdorf, Kollmar A und Kollmar B festzustellen (Mittlere Änderung des Schutztyps = –2,5 bis –3), jedoch sind hier nur Flächen mittlerer Größe betroffen (2,3 bis 2,8 ha). In den UVSP Kollmar C und Lühe-Wisch ist das Schutzgut Boden durch mittelstarke erhebliche Auswirkungen betroffen. Die mittlere Änderung des Schutztyps beträgt –2 bis –2,3. Es handelt sich um kleinere Flächen zwischen 0,2 und 0,5 ha. Weniger schwere erhebliche Auswirkungen sind in den UVSP Hetlingen und Wittenbergen zu verzeichnen, da hier zum großen Teil bereits bestehende aufgespülte Flächen vorliegen. Die mittlere Änderung des Schutztyps beträgt –1 bis –1,3. Es handelt sich um kleine Flächen von 0,6 bzw. 0,7 ha.

Gemäß dem Erläuterungstext sollen bei der Durchführung der Maßnahme landseitig oberhalb der MThw-Linie liegende und vegetationsbestandene Flächen nicht überspült werden. Auf diesem Wege kann ein Teil der maßnahmenbedingten erheblichen Auswirkungen auf Böden vermieden werden. Vegetationsbestandene Wattböden sind hiervon verfahrensbedingt jedoch überwiegend ausgenommen, da diese häufig bis 0,6 m (maximal 1,3 m) unter MThw herabreichen. Da ihre Überspülung die Erheblichkeit der Auswirkungen wesentlich bestimmt, ist davon auszugehen, dass die prognostizierten erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Boden bei Durchführung der Maßnahme überwiegend eintreten.

Auf den Spülfeldern treten erhebliche maßnahmenbedingte Auswirkungen lediglich auf Schwarztonnensand auf. Die Änderung der Bodenwertstufe beträgt -1 , jedoch ist mit ca. 60 ha eine relativ große Fläche betroffen.

7.2.1.5 Stoffausträge aus landverbrachtem Baggergut

Durch die Ablagerung an Land werden die Gewässersedimente dem aquatischen Milieu entzogen und den Einflüssen von Vegetation und Klima ausgesetzt. Die einsetzenden internen Stoffumsetzungen führen zur Freisetzung von Schad- und Nährstoffen, die über die Gas- oder Flüssigphase in die Atmosphäre oder das Grundwasser bzw. in benachbarte Böden eingetragen werden. Dabei sind ein unmittelbarer Austrag während der Aufspülphase (durch Spülwasser) sowie ein langfristig wirkender Austrag durch Infiltration und Durchsickerung von Niederschlagswasser zu unterscheiden. Die Größenordnung der ausgetragenen Stoffe ist von der Beschaffenheit des abgelagerten Sediments abhängig: Während die Austräge aus sandigen Sedimenten gering sind, weisen feinkörnige Schlicke potentiell große Mengen freisetzbarer Stoffe auf.

Umsetzungsprozesse

Bereits beim Aufspülvorgang kommt es zur vollständigen Oxidation der Sedimente. Je nach Anteil sauerstoffzehrender organischer Substanz kann sich nach Ablagerung erneut ein reduzierendes Milieu ausbilden, sofern hohe Grundwasserstände im Sediment vorherrschen. Bei grundwasserferner Lagerung bildet sich ein belüfteter Grundwasserschwankungsbereich, dessen Mächtigkeit und Schwankungsamplitude von der Infiltration von Niederschlägen der Durchlässigkeit der Sedimente abhängig ist.

Als erster unmittelbar nach der Ablagerung einsetzender Prozess kommt es zur **Entsalzung** und **Auswaschung leicht löslicher Kationen**. Während die nahezu vollständige Auswaschung leicht löslicher Salze (wie z. B. Na und Cl) in wenigen Monaten erfolgt, bleiben weitere, leicht lösliche Ionen wie Ca, Mg, Sulfate oder Nitrate in der Bodenlösung nachweisbar, da eine Nachlieferung aus der Feststoffphase erfolgt. Als ein zentraler Prozess ist in belüfteten Sedimenten die intensiv ablaufende **Mineralisierung von organischer Substanz** und die damit verbundene Freisetzung von Nährstoffen wie N, S, P, Mg, Fe zu sehen. Auch in sauerstofffreien, reduzierten Sedimenten finden in geringerem Maße Umsetzungsprozesse von organischer Substanz statt, wobei es zur Bildung von Gasen (v. a. Methan) kommt. Die Belüftung von reduzierten Sedimenten führt zur **Oxidation** von Metallsulfiden, gelösten Metallen wie Fe^{2+} und Mn^{2+} oder zur Oxidation von Ammonium (Nitrifikation). Die zunächst in großen Mengen anfallenden Anionen Nitrat und Sulfat verbleiben nur zum geringen Teil im Sediment und werden überwiegend in das Grundwasser ausgewaschen. Die bei allen Oxidationsprozessen, auch bei der Mineralisation anfallenden Säuren können durch verschiedene sedimentspezifisch wirkende **Pufferungssysteme** neutralisiert werden. In dem Baggergut ist dabei besonders der Carbonatpuffer hervorzuheben [BLUME et al. 1998]. Die bei der **Carbonatlösung** freiwerdenden Ca^{2+} -Ionen führen mit weiteren Ionen (Mg^{2+} , K^+) zu einer **Umbelegung der Ionentauscher** und werden von diesen austauschbar und pflanzenverfügbar in der Feststoffphase gehalten.

Das **Verhalten von Spurenelementen** ist von mehreren Faktoren abhängig, die auf die unterschiedlichen Metalle spezifisch wirken [BOURG 1995]. So erhöht sich die Löslichkeit der Spurenmetalle exponentiell mit dem Absinken des pH-Werts in der Reihenfolge $Cd > Zn > Cu > Pb > Hg$. Für die frisch entstehenden Böden sind jedoch vor allem Redoxspannung und Salzgehalt entscheidend, da der pH-Wert langfristig durch die Pufferkapazität der Sedimente stabilisiert wird [GRÖNGRÖFT et al.1998]. Die Bedeutung der Adsorptionsfähigkeit als mobilitätsmindernder Faktor ist schwer einschätzbar, da die feinkornreichen Sedimente mit einer hohen Adsorptionsfähigkeit in der Regel gleichzeitig die am stärksten belasteten Sedimente darstellen.

Das **Verhalten von organischen Spurenstoffen** wird von der Interaktion der chemischen Eigenschaften der Spurenstoffe und der Sedimente bestimmt. Diese werden dabei zusätzlich von den o. g. Prozessen beeinflusst. Dabei ist hinsichtlich der Verlagerbarkeit vor allem die Bindungsfähigkeit der organischen Schadstoffe zu berücksichtigen. Mit der Auswaschung von hydrophilen und polaren Stoffen ist zu rechnen, sofern diese reversibel in den Sedimenten gebunden sind. Lipophile organische Spurenstoffe weisen dagegen häufig reversible Bindungen mit hochmolekularen organischen Komponenten auf. Ein Austrag dieser Stoffe kann über wirksame Sorptionsgleichgewichte durch Nachlieferung in das Sickerwasser erfolgen, sofern die Textur des Sediments eine effektive Durchströmung von Porenwasser zulässt. Dies ist vor allem in konsolidierten Schlickten nicht zu erwarten, so dass Schadstoffe überwiegend gespeichert werden. Änderungen der Mobilitäten der Stoffe und ihrer Derivate können während ihres Ab- und Umbaus vor allem unter oxischen Bedingungen erfolgen.

Wasserhaushalt und Emissionspfade

Abbildung 7-2 zeigt schematisch die Wasser- und Emissionspfade eines Spülfelds.

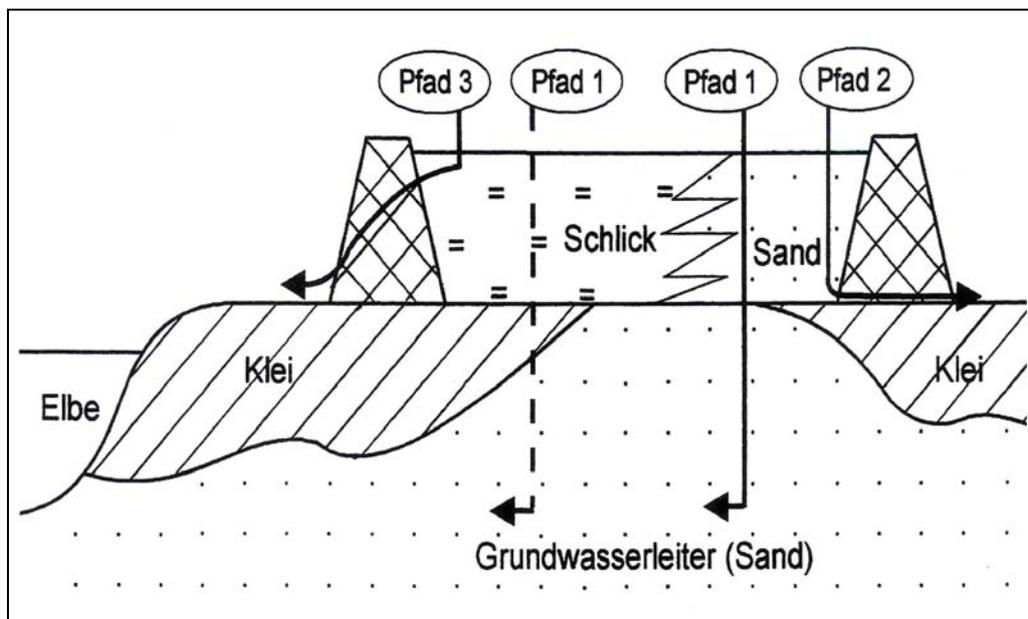


Abbildung 7-2: Schema der Emissionspfade eines Spülfelds

Es sind folgende drei Pfade zu betrachten:

Pfad 1: Durchsickerung des Spülguts wie auch der Spülkörperbasis, Eindringen des Wassers in den Grundwasserleiter und laterale Zuströmung zur Elbe. Dieser Pfad kommt vor allem auf Flächen vor, auf denen sandiges Spülgut auf relativ sandigem Untergrund liegt. Die Sickerrate reiner Sandflächen beträgt ca. 450 mm/a. In den übrigen Bereichen ist die Sickerrate mit ca. 30 mm sehr gering.

Pfad 2: Durchsickerung des Spülguts und Anstau auf der geringdurchlässigen Spülkörperbasis, lateraler Abfluss mit Austritt des Wassers an den Fußzonen der Spüldämme. Dieser Pfad kommt auf Flächen vor, auf denen sandiges Spülgut auf lehmigem Untergrund (Klei) liegt. Die Sickerrate beträgt dort ca. 450 mm/a.

Pfad 3: Oberflächliches Eindringen des Niederschlagswassers in den Spülkörper, lateraler Abfluss auf geringdurchlässigen Schichten des Spülkörpers (Schlick) mit Austritt des Wassers im Böschungsbereich der Spüldämme. Dieser Pfad findet auf Flächen statt, in denen schlickiges Spülgut liegt. Die Abflussrate beträgt etwa 300 mm/a.

Die genannten unterschiedlichen Abflussraten resultieren aus den vegetationsbedingt abweichenden Vegetationseinheiten auf Schlick (nitrophile Sukzessionsgesellschaften mit Gehölzen) und Sanden (mesophile Halbtrockenrasen).

Emissionsverhalten landverbrachter Sedimente

Im Rahmen der UVU zur vorherigen Fahrrinnenanpassung [MIEHLICH et al. 1997a] erfolgten eingehende Untersuchungen zum Emissionsverhalten landverbrachter Sedimente, die nachfolgend in gekürzter Form wiedergegeben werden.

Der **Austrag von Salzen** aus Baggergut des brackischen Bereichs ist zeitlich begrenzt, da mittelfristig auch in Sedimenten mit geringeren Durchlässigkeiten eine weitgehende Auswaschung von Salzen erreicht wird. Pflanzengiftige Spitzenbelastungen können lediglich bei Aufspülung von gut drainierenden, sandigen Sedimenten erreicht werden. Diese sind jedoch kurzfristiger Natur.

Der **Austrag von Stickstoff** ist aufgrund der hohen Mobilität der freigesetzten Nitrate unmittelbar nach der Ablagerung am höchsten und mit Frachten von <3 bis über 130 kg N/ha stark von der sedimentspezifischen Durchlässigkeit und den Gehalten organischer Substanz abhängig. Langfristig geben lediglich Schlicke mittlere Frachten von 20 bis 40 kg N/ha*a ab, was etwa die zweifache Menge der derzeitigen atmosphärischen Deposition ausmacht. Die Nitrat-Emissionen aus sandigen Sedimenten sind daher mittelfristig vernachlässigbar.

Auch der **Austrag von Phosphat** ist nach der Ablagerung aus Schlick am höchsten (10 – 100 kg P/ha*a) und geht dann auf Werte von <1 kg P/ha*a zurück. Vor allem im Umfeld von Schlick-Spülfeldern ist mit Anreicherungen dieses Nährstoffs zu rechnen.

Der **Austrag von Spurenelementen** ist abhängig von der jeweiligen stoffspezifischen Mobilität. Zink, Blei, Cadmium und Kupfer werden in nur geringem Maße über den Wasserpfad verlagert, wobei vorübergehend erhöhte Salzgehalte zu einer Zunahme der Mobilität führen. Lediglich Arsen ist auch unter reduzierten Bedingungen bis einem

gewissen Grad mobil und kann entsprechend in erhöhten Konzentrationen ausgewaschen werden. Bezogen auf den Gesamtvorrat in den Sedimenten sind die Austräge gering (3 – 20 µg/l), sind jedoch unter den Aspekt der Wirkung auf die Biosphäre zu würdigen.

Weitere auswirkungsrelevante Austräge stellen während des Spülvorgangs sauerstoffzehrende Stoffe wie Ammonium, Eisen und Mangan dar. Diese verbrauchen zunächst den Sauerstoffvorrat des Spülwassers (ca. 5 -12 g O₂/m³), weitere Zehrungen erfolgen im Einlaufbereich der Elbe.

7.2.1.5.1 Stoffausträge aus Ufervorspülungen (UVSP)

In sandigen Sedimenten sind Schwebstoffe und Anteile von Korngrößen <20 µm nur in Spuren enthalten. Bei der Vorspülung im Uferbereich und den damit verbundenen Sickerwasseraustritten ist mit keinen relevanten Stoffausträgen von Schad- oder Nährstoffen zu rechnen.

Nach Beendigung der Vorspülung verbleiben die Sedimente in der Regel unterhalb der mittleren Hochwasserlinie. Lediglich in den UVSP Hetlingen und UVSP Wittenbergen erfolgt eine Aufspülung bis zu 1 m oberhalb des MThw-Niveaus. Es wird daher lediglich in den hochgelegenen Bereichen der letztgenannten UVSP zur Ausbildung nennenswerter belüfteter Bodenzonen kommen, aus denen nach Oxidation und Mineralisation der Schwebstoffe durch Niederschläge weiterhin (in geringem Maße) Nähr- und Schadstoffe in das Grundwasser ausgetragen werden können. Die Größenordnung der Stoffausträge ist im Vergleich zu den Gehalten im Porenwasser liegender Sedimente vernachlässigbar. Gleiches gilt für den Eintrag über den Grundwasserpfad in das Elbwasser.

7.2.1.5.2 Stoffausträge aus Spülfeldern (SP)

SP Pagensand

Auf Pagensand ist eine Aufspülung von Schluff und Feinsand ("Schlick") auf drei Teilflächen vorgesehen (zur physikochemischen Charakterisierung des zu verbringenden Spülguts siehe Tabelle 7-4). Das Baggergut wird aus der zukünftigen Unterhaltsbaggerung stammen. Bei der Verbringung werden überwiegend bestehende, durch Spüldämme eingefasste Teilflächen genutzt (Pagensand I und Pagensand II). Die Teilfläche Pagensand III wird neu angelegt, so dass zunächst aus dem im inneren Bereich anstehenden Material Spüldämme errichtet werden.

Boden- und Untergrundverhältnisse

Bei dem zu überspülenden Untergrund handelt es sich bei den Teilflächen Pagensand I und Pagensand III um sandige Altspülflächen. Im Teilbereich Pagensand II steht im nordwestlichen Bereich ebenfalls altabgelagertes sandiges Spülgut an (ca. 40 % der Fläche), während in der südöstlichen Abschnitt feinkornreiche Schlickaufspülungen vorliegen (ca. 60% der Fläche).

Unter den bestehenden Spülfeldern mit Spüldammeinfassung (Pagendsand I und II) steht als gewachsener Boden konsolidierter, lehmig-toniger Klei mit geringen Wasserdurchlässigkeiten an. Unter den bereits bestehenden sandigen Aufspülungen der Teilfläche Pagendsand III überwiegen feinsandige natürliche Substrate mit großen Durchlässigkeiten für Sickerwasser.

Auswirkungen durch Sickerwasseraustrag

Auf den Teilflächen wird ein Stoffaustrag hauptsächlich über den Pfad 3 erfolgen. Dieser Pfad findet auf den schlickigen Teilflächen statt.

Dabei dringt Niederschlagswasser oberflächlich in den Spülkörper aus Schlickten ein. Der Abfluss erfolgt lateral auf geringdurchlässigen Schichten des Spülkörpers und tritt im gesamten Böschungsbereich der Spüldämme aus. Die Abflussrate beträgt ca. 300 mm/a.

Das Wasser gelangt aus der Spülfläche in die angrenzenden Oberflächengewässer und auch Böden, emittiert werden vor allem Stickstoff (als Nitrat), Schwefel (als Sulfat) und einige Spurenmetalle (Zink, Cadmium, Kupfer). Die Auswirkungen auf die Elbe werden als geringfügig eingeschätzt, da der tidebedingte Verdünnungsgrad sehr hoch ist. Für die Zusammensetzung des Elbwassers im Wattenbereich vor der Spülfläche werden daher keine Veränderungen erwartet. Im Böschungsbereich bewirkt der Nährstoffeintrag, dass die sich bildenden Röhrichte stark mit Nährstoffen versorgt werden. Durch die Wasserzufuhr ist es außerdem möglich, dass sich die Röhrichte oberhalb der tidebedingten Höhenstufe ansiedeln können. Der Eintrag von Wasser und Nährstoffen betrifft ausschließlich Böden aus sandigen Spülsedimenten, die damit eine dauerhafte Eutrophierung erfahren. Die geringen Gehalte an gelöstem Zink, Cadmium und Kupfer werden in den angrenzenden Böden gebunden, so dass allenfalls mit lokal begrenzten Spurenmetallanreicherungen zu rechnen ist.

Sofern es beim Spülvorgang zu einer Klassierung der Korngrößen kommt, können Stoffausträge ebenso über weitere Pfade erfolgen.

In Bereichen mit überwiegend sandigem Spülgut erfolgt eine vollständige Durchsickerung des Spülkörpers und eine laterale Ableitung, sofern im Untergrund stauende Schichten vorhanden sind (Pfad 2). Diesbezüglich können die Teilflächen Pagendsand I und II betroffen werden, die stauende Klei- oder Schlickschichten aufweisen.

Dabei erfolgt nach Durchsickerung des Spülguts ein Anstau auf der geringdurchlässigen Spülkörperbasis. Es kommt zu einem lateralen Abfluss mit Austritt des Wassers an den Fußzonen der Spüldämme. Die Sickerate beträgt dort ca. 300 mm/a. Über diesen Pfad werden nur in geringem Maße Nährstoffe und Schadstoffe in die angrenzenden Systeme transportiert. Zwar ist die Abflussrate sowohl am Anfang wie auch auf Dauer hoch, jedoch sind die Stoffkonzentrationen abgesehen von der direkten Spülphase sehr gering. Daher gehen von diesem Emissionspfad keine signifikanten Auswirkungen auf die Elbe oder die angrenzenden Bodenflächen aus.

Die Teilfläche Pagensand III weist keine stauenden Schichten im Untergrund auf, so dass bei einer Klassierung der Korngrößen durch die Aufspülung auch Abflüsse über den Pfad 1 erfolgen können.

Dabei kommt es zu einer Durchsickerung des Spülguts wie auch der Spülkörperbasis, das Wasser dringt in den Grundwasserleiter ein und strömt lateral der Elbe zu. Da im Spülfeldbereich vorwiegend Sande die Spülfeldbasis bilden, ist die Sickerrate auch unterhalb des Spülkörpers hoch (im langjährigen Mittel ca. 450 mm/a). Aufgrund der Tatsache, dass bereits weite Teile der Insel aufgespült sind, der fehlenden Grundwassernutzung sowie des vermutlich engen Kontaktes zum Elbwasser wird diesem Emissionspfad keine Bedeutung beigemessen. Hinsichtlich kritischer Stoffe wie Ammonium (im Mittel 20 mg N/l) und Arsen (im Mittel 11 µg/l) sowie auch der in erhöhter Konzentration vorhandenen Stoffe Eisen (9 mg/l) und Mangan (12 mg/l) [MEHLICH et al. 1997a] ist davon auszugehen, dass diese bereits nutzungsbedingt im Grundwasserleiter und auch in dem Porenwasser der Elbsedimente in leicht erhöhten Gehalten vorhanden sind, so dass weder eine erhebliche Beeinträchtigung des Grundwassers noch eine Beeinträchtigung der Elbe zu erwarten ist. Böden werden lediglich im Bereich des Spüldeichfusses in geringem Maße durch Nährstoffeinträge und tendenziell feuchtere Verhältnisse betroffen.

SP Schwarztonnensand

Auf Schwarztonnensand ist die Verbringung von schluffigen Feinsanden vorgesehen. Nach Abschluß der Aufspülung erfolgt eine Überdeckung aus 6 dm Reinsand. (zur physikochemischen Charakterisierung des zu verbringenden Spülguts siehe Tabelle 7-4). Das Baggergut stammt aus den gebaggerten Abtragsflächen zwischen km 640 und 672,3. Die Aufspülung erfolgt nach der Errichtung eines Spüldeichs aus Material, das im Innenbereich des Spülfelds gewonnen wird.

Bei dem zu überspülenden Untergrund handelt es sich um sandige Altspülflächen, die sandigen natürlichen Ablagerungen aufliegen. Die auf Schwarztonnensand vorhandenen Substrate weisen großen Durchlässigkeiten für Sickerwasser auf.

Auswirkungen durch Sickerwasseraustrag

Maßnahmenbedingte Auswirkungen treten auch auf Schwarztonnensand in Form von Stoffemissionen aus den aufgespülten Sedimenten auf. Aufgrund der durchgehend guten Durchlässigkeit der liegenden wie auch der aufzuspülenden Sedimente erfolgt ein Stoffaustrag überwiegend über den Pfad 1. Dabei kommt es zu einer Durchsickerung des Spülguts wie auch der Spülkörperbasis, das Wasser dringt in den Grundwasserleiter ein und strömt lateral der Elbe zu. Im Einzelnen gilt das bereits im Zusammenhang mit dem Spülfeld Pagensand Gesagte. Den auf diesem Emissionspfad ausgetragenen Stoffen wird keine Bedeutung beigemessen, so dass weder eine erhebliche Beeinträchtigung des Grundwassers noch eine Beeinträchtigung der Elbe zu erwarten ist. Böden werden lediglich im Bereich des Spüldeichfusses in geringem Maße durch Nährstoffeinträge und tendenziell feuchtere Verhältnisse betroffen.

Die Auswirkungen der Nähr- und Schadstoffausträge auf die umliegenden Watten werden ebenfalls als geringfügig eingestuft.

Zusammenfassende Bewertung

Bezogen auf die die Spülfelder umgebenden Böden gehen von der Spülfläche insbesondere durch Wasser- und Nährstoffeinträge Auswirkungen aus, die deren bisherigen Stoffhaushalt verändern. Die betroffenen Böden sind jedoch gegen die Zufuhr von Nährstoffen kaum empfindlich, da diese bereits relativ nährstoffreich sind und die Bindungsfähigkeit für Nährstoffe in den sandigen Ausgangssubstraten beschränkt ist. Hinsichtlich des Wasserhaushalts werden die Böden insofern betroffen, als dass sich entgegen der potentiell trockenen Verhältnisse durch Sickerwasserzutritt feuchtere bis staunasse Zustände einstellen. Diese Veränderungen sind langfristig wirksam, jedoch bezüglich der Wertigkeit der Böden nicht als negativ zu bewerten. Hinsichtlich des wertbestimmenden Bodenmerkmals "Schadstoffgehalt" (Lebensraumfunktion LRF 1) kann es auf den das Spülfeld umgebenden Randstreifen zu einer Verschlechterung kommen. Diese maßnahmenbedingte negative Auswirkung führt jedoch weder zu einer Verschlechterung der Gesamtfunktion LRF noch zu einer Verschlechterung der Wertigkeit der umliegenden Böden. Die Auswirkungen sind damit als gering negativ wirkend, jedoch als nicht erheblich einzuschätzen.

Während des Aufspülvorgangs kommt es zu Belastungen des Elbwassers mit sauerstoffzehrenden Verbindungen, die in dem ablaufenden Spülwasser enthalten sind. Diese negativen Auswirkungen sind nur kurzfristig wirksam, die ufernahen Böden werden daher nur gering und nicht erheblich betroffen.

7.2.2 Indirekte Auswirkungen durch Veränderung der Tidedynamik

7.2.2.1 Wirkfaktorenkomplex

7.2.2.1.1 Veränderung der Tidewasserstände

Veränderung des mittleren Tidehochwassers

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] 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 Hafenpriel 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.

7.2.2.1.2 Veränderung der Überflutungshäufigkeit

Das MThw entspricht einem Höhenniveau, das von 50% aller eintretenden Hochwässer erreicht wird. Oberhalb des MThw nimmt die Überflutungshäufigkeit ab. Bis zum Springtide-Niveau (ca. 20 cm oberhalb MThw) erfolgen noch regelmäßige Überflutungen mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von etwa 30%. Höher gelegene Geländebereiche werden nur sporadisch durch Sturmfluten überflutet, die Überflutungshäufigkeit nimmt mit zunehmender Geländehöhe weiter ab (Abbildung 7-3).

Durch eine Veränderung der Höhenlage des MThw ergibt sich eine Veränderung der Überflutungshäufigkeiten der Vordeichsböden.

Um dies zu verdeutlichen wurden die maßnahmenbedingten Änderungen der Überflutungshäufigkeiten beispielhaft für typische Flächen des UG ermittelt (Tabelle 7-18). Die Berechnung erfolgte auf Grundlage der Eintrittswahrscheinlichkeit von Hochwasserständen an verschiedenen Pegeln der Elbe [PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006a] sowie unter Berücksichtigung der von der BAW prognostizierten MThw-Änderungen [BAW 2006a].

Maximale Änderungen der Überflutungshäufigkeit treten im MThw-nahen Bereich auf. Hier werden unterhalb Hamburgs Beträge von etwa $\pm 2,5\%$ erreicht, was einer relativen Änderung von 5 bis 6 % entspricht. Oberhalb Hamburgs sind die Änderungen geringer, sie liegen im MThw-nahen Bereich um 1 % oder darunter (relative Änderung $< 2\%$). Im Niveau mittlerer und hoher Geländehöhen (> 50 cm oberhalb MThw) mit seltenen Überflutungen beträgt die Veränderung der Überflutungshäufigkeit lediglich 0,1 % (entsprechend einer relativen Änderung von 3 bis 4 %).

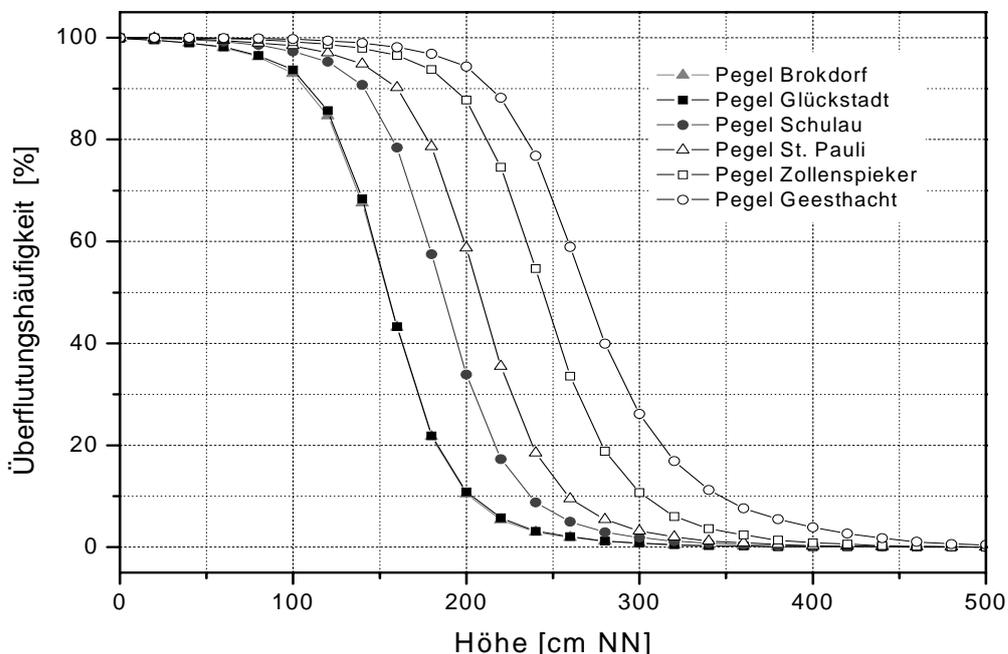


Abbildung 7-3: Überflutungshäufigkeiten im 10-jährigen Mittel (1995 / 2005)
[PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006a]

Tabelle 7-18: Maßnahmenbedingte Änderung der Überflutungshäufigkeit am Beispiel verschiedener typischer Geländesituationen (Quelle: Eigene Berechnungen)

Beispiele typischer Flächeneinheiten	MThw-Änderung [cm]	Gelände-höhe [mNN]	Bezugspegel	Überflutungshäufigkeit [% der Tiden]			
				Winterhalbjahr ⁺ (November – April)		Gesamtjahr ⁺⁺	
				Ist-Zustand	Prognose	Ist-Zustand	Prognose
<i>Bereich Cuxhaven – Brunsbüttel</i>							
Salzwiese, tiefliegend	-2	2,1	Brokdorf	12,6	12,25	7,7	7,25
Salzwiese, typische Höhe	-2	2,3	Brokdorf	7,4	7,2	4	3,85
Salzwiese, hochliegend	-2	2,6	Brokdorf	4,6	4,5	1,9	1,8
<i>Bereich Glückstadt</i>							
Röhricht, sehr tiefliegend	+2	1,6	Glückstadt	46,25	47,25	43,1	45,7
Röhricht, sehr tiefliegend	+2	1,7	Glückstadt	36,4	37,4	32,5	34,6
Grünland, tiefliegend	+2	2,2	Glückstadt	10,55	10,85	5,7	6,24
Grünland, typische Höhe	+2	2,4	Glückstadt	7,15	7,25	3,1	3,36
Grünland, hochliegend	+2	2,7	Glückstadt	4,55	4,6	1,63	1,71
<i>Bereich Twielenfleth</i>							
Grünland, mittlere Höhe	+2	2,6	Schulau	9,7	9,9	4,95	5,25
<i>Bereich Grünerdeich</i>							
Flutrasen, mittlere Höhe	+1	2,5	Zollenspieker	52,6	53,6	44,1	45,2

+ Grundlage Abflussjahr 2005

++ Grundlage 10-jähriges Mittel 1996/2005

7.2.2.1.3 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 tiefliegenden 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 tiefliegenden 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 dar. Hier wird die Überflutungsdauer um bis zu 7,5 Minuten (im Bereich der UWA "Medemrinne-Ost" örtlich bis 12,5 Minuten) zurückgehen.

7.2.2.1.4 Veränderung der ufernahen Strömung

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 [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 Hauptrinne 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 und nördlich der UWA Kratzsand 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 im Allgemeinen auch eine Erhöhung der an der Gewässersohle morphologisch wirksamen Bodenschubspannung verbunden. Im Ist-Zustand liegt die Bodenschubspannung in den Wattflächen unter $0,4$ N/m². In tiefen Rinnen treten allgemein Werte um $0,8$ N/m² auf [BAW 2006a, 2006b]. Höhere Werte als 1 N/m² finden sich im Bereich der Fahrrinne. Maßnahmebedingte Zunahmen der Bodenschubspannungen von $0,2$ bis $0,3$ N/m² 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.

7.2.2.1.5 Veränderung der Salzgehalte

Die maßnahmenbedingten Änderungen der Tidedynamik bewirken eine stromaufwärts gerichtete Verschiebung der Brackwassergrenze sowie eine Veränderung der Salzgehalte in der Brackwasserzone.

Die Lage der oberen Brackwassergrenze und die Salzgehalte des Elbwassers werden von der jeweiligen Stärke des Oberwasserabflusses bestimmt. Bei mittlerem Oberwasserabfluss nehmen die mittleren Salzgehalte zwischen Altenbruch und Brammer Bank (km 721 – 678) um + 0,6 PSU sowie im Neufelder Watts um + 1 PSU zu (BAW 2006a). Sehr starke Zunahmen um + 2 PSU sind kleinräumig im westlichsten Teil des ufernahen Bereich des Neufelder Watts zu verzeichnen. Die Änderungen der angegebenen Salzkonzentrationen gelten in großen Zügen ebenfalls für Situationen mit hohem und niedrigem Oberwasserabfluss, jedoch verschiebt sich die flussaufwärtige Grenze des von einer Erhöhung der Salzgehalte betroffenen Bereiches jeweils bis km 670 (minimaler Oberwasserabfluss) bzw. km 692 (maximaler Oberwasserabfluss).

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 nicht betroffen, bei den stromab mündenden Nebenflüssen (Oste, Stör) beschränken sich die Veränderungen auf den Mündungsbereich und betragen maximal 0,4 PSU.

7.2.2.2 Maßnahmenbedingte Auswirkungen

7.2.2.2.1 Änderung der flächenhaften Ausdehnung von Vordeichsböden

Bei einer statischen Betrachtungsweise ist mit einer maßnahmenbedingten Veränderung der Tidekennwerte eine Änderung der flächenhaften Ausdehnung von semiterrestrischen Böden und Wattflächen verbunden.

So würde eine Erhöhung des MThw eine Aufwärtsverschiebung der MThw-Linie und somit einen Flächenverlust von oberhalb MThw gelegenen semiterrestrischen Böden (z.B. Trockenstrandböden) bedeuten. Die Wattböden definieren sich über ihre Lage unterhalb MThw und ihre Vegetationsbedeckung. Die Erhöhung der MThw-Linie würde entsprechend eine zunehmende Überflutung der betroffenen Vegetationseinheiten bewirken, weshalb eine uferaufwärtige Verschiebung des Komplexes aus Vegetation und Wattboden erfolgen würde. Da nutzungsbedingt (Beweidung) oder aufgrund der Ufermorphologie (Abbruchkante) keine unbegrenzte Aufwärtsverlegung erfolgen kann, wäre ein Verlust von Röhrichten und Wattböden zu folgern. Mit einer MThw-Erhöhung ist auf den Wattflächen außerdem eine Abwärtsverlegung der mittleren Niedrigwasserlinie (Vergrößerung des Tidenhubs) verbunden, weshalb stromseitig eine Vergrößerung der Wattflächen eintreten würde.

Eine maßnahmenbedingte Erniedrigung des MThw hätte entsprechend eine entgegengesetzte Wirkung wie zuvor beschrieben.

Die Auswertungen von im Rahmen der Beweissicherung seit 1998 eingemessenen Querprofilen der Vordeichsländer und seit 1958 erhobenen Altdaten zeigen, dass die oben dargestellte Betrachtungsweise nicht geeignet ist, die durch Änderungen der Tidekennwerte (insbesondere durch eine Erhöhung des MThw) bewirkten maßnahmenbedingten Auswirkungen hinreichend zu beschreiben. Darüberhinaus konnte durch eine Analyse der Entwicklung der Schilfröhrichte in den letzten 30 bis 50 Jahren [BFG 2004] gezeigt werden, dass in den vergangenen Jahrzehnten keine Abnahme, sondern eine leichte Zunahme der Röhrichte festzustellen ist und dass die Röhrichtentwicklung nicht monokausal durch den Anstieg des MThw, sondern von verschiedenen unabhängigen Faktoren gesteuert wird.

Im Ufervorfeld unterhalb von Abbruchkanten (hohe Wattbereiche und Strandsaum zwischen MThw-Linie und Abbruchunterkante) wurden neben lokal auftretender Erosion von Sedimenten überwiegend Sedimentablagerungen festgestellt, für die im Mittel eine Rate von 0,7 (Median 2,0) cm/a ermittelt wurden. Als Grund hierfür werden systemstabilisierende Ausgleichsvorgänge vermutet, die zu einer Wiederherstellung der für das jeweilige Ufer typischen morphologischen Zustände führen (Abschnitt 5.5.2). Die Sedimentationsrate reicht größenordnungsmäßig aus, den natürlichen säkularen Anstieg des MSL wie auch den anthropogenen durch Flussbaumaßnahmen hervorgerufenen Anstieg zu kompensieren. Es ist somit festzustellen, dass bei einem Anstieg des MThw von einer "Überflutung" ufernaher Bereiche nicht ausgegangen werden kann sondern dass Sedimentations- und Erosionsvorgänge in ähnlicher Größenordnung auch in Bereichen mit flach geneigten Ufern ablaufen. Die Verteilung von Uferbereichen mit Erosions- bzw. Sedimentationstendenzen ist insgesamt sehr heterogen, jedoch deutet sich an, dass in sehr stromexponierten Bereichen häufiger Erosionstendenzen festzustellen sind als in geschützten Lagen [BFG 2004].

Insgesamt lässt sich schlussfolgern, dass es bei einer maßnahmenbedingten Erhöhung des MThw in Bereichen im Ufervorfeld nicht zwängsläufig zu einer landwärtigen Verschiebung der mittleren Hochwasserlinie-Linie und damit nicht zu Bodenverlusten kommt. Wahrscheinlich ist dagegen, dass sich nach einer Anhebung des MThw der morphologische Ausgangszustand der Uferstruktur ohne Flächenverluste auf einem höheren Niveau überwiegend wiederherstellt. Ebenso bestehen keine Anhaltspunkte zu der Annahme, dass aufgrund einer Erhöhung des MThw örtlich wesentliche Veränderungen der Tendenz von Erosion bzw. Sedimentation eintreten werden.

Für Ufer mit bestehenden Abbruchkanten ist jedoch durch einen maßnahmenbedingten Anstieg des MThw in geringem Maße eine zunehmende Belastung der Steilufer zu folgern. Eine Quantifizierung dieses Wirkungspfades aus den ausgewerteten Daten ist jedoch nicht möglich, da dieser in der Regel durch z. T. stärker wirkende natürliche und anthropogene Faktoren überlagert wird (s. Abschnitt 5.5.1.2).

Da das Auftreten von Röhrichtbeständen an potentiell geeignete Standorte (resp. semisubhydrische Böden) gebunden ist, können die Untersuchungen der BfG [2004] zur historischen Entwicklung der Röhrichte zuverlässige Anhaltspunkte zu einer Änderung der räumlichen Verbreitung von Wattböden liefern. Die BfG stellt fest, dass es im Ver-

lauf der letzten 30 Jahre zu keiner Abnahme der Röhrichtbestände im untersuchten Gebiet gekommen ist, sondern ihre Verbreitung oberhalb Hamburgs stagniert bzw. in der Unterelbe stromab bis Glückstadt sogar leicht zugenommen hat. Bezüglich der Verbreitung von Wattböden im Allgemeinen ist abzuleiten, dass es durch das ansteigende mittlere Hochwasser in der Vergangenheit zu keinen Flächenverlusten gekommen ist und dies durch eine maßnahmenbedingte weitere Anhebung des MThw im prognostizierten Rahmen auch innerhalb des Prognosehorizonts nicht zu erwarten ist.

Bei einer Analyse der räumlichen Verteilung von Röhrichten unterschiedlicher Entwicklungstrends zeigt sich, dass diese allgemein in stromexponierten Bereichen tendenziell rückläufig, in geschützten Bereichen (Nebenelben) dagegen häufig in Ausbreitung begriffen sind. Auf die Entwicklungsrichtung von Wattböden übertragen bedeutet dies, dass stromexponierte Flächen in ihrer Verbreitung zurückgehen, während es vor allem in den Seitenbereichen im Schutz von Sänden und Inseln zu starker Sedimentation unterhalb MThw bzw. zur Ablagerung von Anwachs bis über die mittlere Hochwasserlinie kommt. Die Gründe für diesen Entwicklungstrend sind in einem Wirkungskomplex zu suchen, der natürliche wie auch anthropogene ausbaubedingte Faktoren beinhaltet (s. Abschnitt 5.5). Eine Trennung der Einzelfaktoren hinsichtlich ihres Wirkungsgrades ist nicht möglich, jedoch ist anzunehmen, dass auch maßnahmenbedingte Wirkungen, wie z.B. schiffsbedingte Wellenbelastungen, beteiligt sind (s. hierzu Abschnitt 7.2.4).

Es ist nach den Untersuchungen der BfG [2004] davon auszugehen, dass die neugebildeten semisubhydrischen Wattböden und semiterrestrischen Böden die Verluste in stärker exponierten Bereichen vollständig ausgleichen. Es werden daher durch maßnahmenbedingte Wasserstandsänderungen keine Bodenverluste und damit keine erheblichen Auswirkungen eintreten.

7.2.2.2 Veränderung des Wasserhaushalts

Der Bodenwasserhaushalt wird vor allem von Infiltration und Interzeption von Niederschlägen sowie durch Evaporation und Transpiration bestimmt. Zusätzliche Wasserflüsse stellen bei Vordeichsböden die Infiltration nach Überschwemmung sowie Abflüsse bzw. Zuflüsse über Gräben, Gräben und Priele dar. Die genannten Faktoren sind in Abhängigkeit von der Höhenlage der Böden, der Bodenart und der Lage zum Drainagesystem bzw. zum Vorfluter unterschiedlich stark wirksam [PERSSON 1990, PREISINGER 1991, ZEYSSIG 1992, FISCHER 1994].

Die Grundzüge des Wasserhaushalts der Böden des UG sind in Abschnitt 5.9 erläutert. Veränderte Tidewasserstände können theoretisch einen Einfluss auf alle Böden haben, die wenigstens bei extremen Hochwässern überflutet werden bzw. bei denen der Grundwasserstand unter diesen Bedingungen einen Beitrag für die Wasserversorgung der Vegetation leistet. Die hochliegenden Sande werden demnach von einer veränderten Tidedynamik nicht betroffen. Für alle übrigen Bereiche gilt, dass die Auswirkungen getrennt für unterschiedliche Situationen zu betrachten ist:

In **sandigen Böden des Uferbereichs** bestimmen die Tidewasserstände den Grundwasserstand und damit die Frage, in welchem Maße die Vegetation mit Wasser versorgt ist. Änderungen des MThw und des MTnw wirken sich damit auf den Wasserhaushalt grundsätzlich aus.

In den **bindigen und nicht dränierten Böden** ist der Bodenwasserhaushalt stark von der Höhenlage bzw. der Häufigkeit und jahreszeitlichen Verteilung der Überflutungen geprägt. Tiefliegende Standorte, die regelmäßig überflutet werden, sind dauerhaft nass und daher typischerweise von Röhrichten bestanden. In Phasen niedrig auflaufender Tidehochwässer können die Bodenwassergehalte im Sommerhalbjahr verdunstungsbedingt etwas absinken. Diese Standorte erfahren bei einer Zunahme der Überflutungshäufigkeit praktisch keine Veränderung des Wasserhaushalts, da die Wassereinträge aufgrund bestehender Nässe nicht vermehrt werden können. In höher liegenden, selten überfluteten Flächen kann sich mit einer Erhöhung der Überflutungshäufigkeit eine Stabilisierung des sommerlichen Wasserhaushalts in der Form einstellen, dass die erhöhten Wassereinträge die hohen Verdunstungsverluste besser ausgleichen können.

Die **bindigen dränierten Böden** der Vordeichsgebiete, wozu die zahlreichen Grünländereien gehören, werden hinsichtlich ihres Wasserhaushalts vor allem von der Intensität der Drainage gesteuert. Da bei einer Überflutung der Flächen der freie Porenraum nur einfach gesättigt werden kann, steuert nur die Zahl, nicht aber die Dauer der Überflutungen den Wassereintrag des überflutenden Elbwassers. Der Grundwasserspiegel dieser Flächen ist daher weitgehend unabhängig von den Tidewasserständen, eine Änderung derselben hat daher auch nur geringe Auswirkungen.

Die maßnahmebedingten Veränderungen der Tidewasserstände (BAW [2006a], siehe Abschnitt 7.2.2.1.1) haben aufgrund ihrer geringen Beträge und der für weite Bereiche des UG untergeordneten Bedeutung der Tidewasserstände keine Auswirkungen auf den Wasserhaushalt der Böden. Die unterkritischen Effekte der geänderten Tidewasserstände werden in vielen Fällen auch dadurch folgenlos, dass die **Zunahme des MThw** durch entsprechende Sedimentationsvorgänge auf den Vordeichsländern kompensiert wird. Der letztgenannte Effekt ist auch für die sandigen Uferböden zu unterstellen, so dass selbst bei diesen Böden, die von den Tidewasserständen am stärksten abhängig sind, eine Erhöhung des MThw unerheblich ist. Generell ist ein maßnahmenbedingter **Absunk des MThw** bei gleichzeitiger sedimentationsbedingter Erhöhung der Bodenoberfläche und eine daraus resultierende Verminderung der Vernässung langfristig folgenreicher für relativ hochliegende Böden des UG, deren Wasserhaushalt nicht durch Entwässerungen anthropogen gesteuert wird. In diesem Fall werden die Böden hinsichtlich der Aufbau-, Ausgleichs- und Abbaufunktion für stoffliche Einwirkungen (AAA1, AAA2, AAA4) positiv, bezüglich der Lebensraumfunktion (LRF2; Kriterium: Seltenheit der Standorteigenschaften) jedoch negativ beeinflusst. Da bei dieser Einzelfunktion das Kriterium der Naturnähe gleichwertig ist, kann es lediglich bei relativ hochgelegenen Böden mit weniger seltenen Standorteigenschaften, d.h. Grundwasserständen > 8 dm unter Geländeoberfläche (Wertstufe 2), zu schlechteren Einstufungen der Einzelfunktion LRF2 kommen. Diese Änderungen sind

bezüglich der Lebensraumfunktion als negativ zu bewerten, jedoch bewirken sie in keinem Fall eine Änderung des Schutztyps oder der Bodenwertstufe. Ein maßnahmebedingter Absink des MThw führt somit zu tendenziell negativen, jedoch aufgrund des geringen Betrags nicht zu erheblichen Auswirkungen auf die Böden.

7.2.2.2.3 Veränderung der Nährstoff- / Schadstoffsituation in Vordeichsböden

Ein Anstieg des Mittleren Tidehochwassers und der so bewirkten Verlängerung der Überflutungsdauer und -häufigkeit führt im Deichvorland der Elbe und in den unterhalb der Schließhöhe der Sperrwerke gelegenen Bereichen der Nebenflüsse zu einer erhöhten Ablagerung von Flusssedimenten und zu einer stärkeren Infiltration von Elbwasser in die Böden. Hiermit verbunden ist ein zusätzlicher Eintrag von Nähr- und Schadstoffen.

Wie in Abschnitt 5.7 dargelegt, stellt der Nährstoffeintrag über die Sedimente in nichtgedüngten Biotopen des UG bei weitem die wichtigste Nährstoffquelle dar, während die Nährstoffeinträge über die Infiltration von Elbwasser und den Luftpfad vergleichsweise gering sind. In landwirtschaftlich genutzten Biotopen kommt die Düngung hinzu, die bei Grünländern für Stickstoff eine ähnliche Größenordnung erreicht, wie der Eintrag über die Sedimente. Andere gedüngte Nutzungen (Acker, Gartenbaufläche und Obstbau) müssen hier nicht betrachtet werden, weil sie fast ausschließlich in den Vordeichsländern der Nebenflüsse oberhalb der Schließhöhe der Sperrwerke auftreten und damit eine maßnahmenbedingte Änderung auszuschließen ist. Auch für die Schadstoffeinträge ist die Ablagerung von Sedimenten die wichtigste Quelle, während der Eintrag über den Luftpfad gering und über die landwirtschaftliche Nutzung vernachlässigbar ist.

Die Nähr- und Schadstoffgehalte der Elbsedimente zeigen im Längsprofil starke Unterschiede [MIEHLICH et al. 1997b]. Bei stoffspezifisch unterschiedlichem Verlauf liegen die Gehalte der meisten Stoffe in den Untersuchungsabschnitten "Vierlande" und "Hamburg" am höchsten und nehmen flussabwärts rasch ab, so dass die Stoffeinträge in die betroffenen Vordeichsböden bei gleicher Sedimentationsrate unterschiedlich stark sind. Dies spiegeln auch die Stoffgehalte in den Vordeichsböden (Abschnitt 5.7) wieder. Ausnahmen bilden die aus dem Ästuar verstärkt eingetragenen Nährstoffe Magnesium, Calcium und Kalium.

Aus den Untersuchungen zur Entwicklung der Sedimentqualität (Teilgutachten H2b zum Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente) läßt sich ableiten, dass der Gehalt fast aller Schadstoffe in den vergangenen Jahren abgenommen hat. Es ist zu erwarten, dass dieser Trend anhält. Dies bedeutet, dass die im Prognosezeitraum abgelagerten Sedimente geringer belastet sein werden als die Oberböden im Ist-Zustand. Durch anhaltende Sedimentation verbessert sich der Schadstoffgehalt im Oberboden, der für die Wirkung auf die Biosphäre entscheidend ist. Die maßnahmenbedingt sehr geringe Erhöhung der Sedimentationsrate führt daher in der Tendenz zu einer geringfügigen Abnahme der Schadstoffgehalte und damit zu einer tendenziellen Verbesserung der Funktionsfähigkeit der Oberböden. Die Verbesserung wird langsamer eintre-

ten, als sich aus der Sedimentation errechnen läßt, weil die frischen Sedimente durch Bodenorganismen in den Boden erst eingearbeitet werden müssen.

Auch die Nährstoffgehalte der Makronährstoffe Stickstoff und Phosphor haben in den vergangenen Jahren sowohl im Elbwasser als auch im Sediment abgenommen [ARGE ELBE 2004b, 2005b]. Gegenüber dem Ist-Zustand bedeutet dies im Hinblick auf den Zielzustand ebenfalls eine Verbesserung der Bodenfunktionen.

Die Abnahme der Nähr- und Schadstoffgehalte in den Oberböden der Vordeichsländer wird langsam ablaufen, aber dauerhaft sein, solange die Gehalte der Elbsedimente geringer als die der Oberböden sind. Da die Maßnahme insgesamt zu einer Verbesserung der Bodenfunktionen führt, werden keine erheblichen negativen Auswirkungen auf das Schutzgut Boden entstehen.

7.2.2.2.4 Veränderung der Salzgehalte in Vordeichsböden

Die maßnahmenbedingt flussaufwärts gerichtete Verschiebung der Brackwasserzone führt zu einem erhöhten Salzeintrag in semiterrestrische Vordeichsböden und in Wattböden. Der Eintrag in bisher durch Salz nicht oder nur sehr gering beeinflusste Gebiete hat entsprechend eine Verschiebung der Brackwasserwattböden und Brackmarschen stromauf und einen Verlust von Süßwasserwattböden und Flussmarschen zur Folge. In bisher wenig salzbeeinflussten Vordeichsböden kommt es zu veränderten Bodeneigenschaften wie einer erhöhten Na-Belegung der Austauscheroberflächen. In bereits im Ist-Zustand salzbeeinflussten Böden kann aufgrund der höheren Einträge von Chloriden und Sulfaten die potentielle Mobilität verschiedener Schwermetalle erhöht werden [MIEHLICH et.al. 1997a].

Zur Differenzierung von marinen, brackischen und fluviatilen semiterrestrischen und semisubhydrischen Bodeneinheiten existieren keine exakten Definitionen. Nach KA 5 kann eine Einordnung über das Auftreten von Zeigerpflanzen erfolgen. In der vorliegenden Untersuchung folgt die Abgrenzung der oberhalb MThw liegenden Böden den Grenzziehungen in der Bodenkundlichen Übersichtskarte 1 : 50.000 (BÜK 50), die als Kriterium nicht das Auftreten charakteristischer Zeigerarten sondern das Ablagemilieu der Sedimente heranzieht. Die unterhalb MThw liegenden Wattböden werden nach ihrer Lage in den Gewässertypen der WRRL [ARGE 2004a] in die haline, brackische oder limnische Zone geordnet. Auch die Zuordnung der brackischen Wattböden zum Wasserkörper "Übergangsgewässer" nach WRRL mit ihrer obere Brackwassergrenze in der Höhe der Schwingemündung stellt eine deutliche Entkopplung von pflanzensoziologischen Kriterien dar. Darüber hinaus wird eine Grenzziehung dadurch erschwert, dass die Lage der Brackwasserzone als variabel anzusehen ist. Dies bezieht sich zum einen auf einen zeitlichen Horizont von 1000 Jahren (entsprechend dem Sedimentalter bis 2 m Tiefe) wie auch auf die jüngere Vergangenheit mit einschneidenden strombaulichen Maßnahmen seit Beginn des 20. Jahrhunderts. Darüber hinaus ist auch eine permanente Lageänderung in Abhängigkeit vom Oberwasserabfluss zu beachten.

Aufgrund fehlender allgemein anerkannter Definitionen zu den Salinitätstypen von Böden und der zeitlichen Veränderlichkeit der Lage der Brackwasserzone kann keine

quantitative Aussage zur Veränderungen der Flächenanteile der betroffenen Bodentypen getroffen werden. Potentiell werden durch eine Verschiebung der Brackwasserzone von im Mittel 1500 m [BAW 2006a] Böden jedoch relativ großflächig betroffen.

In Tabelle 7-19 werden beispielhaft die Bodengewinne und -verluste aufgeführt, indem die Abgrenzungen der Salinitätszonen für semiterrestrische Böden der BÜK 50¹⁵ herangezogen werden. Danach nehmen die halinen Böden um 60 ha zu, die brackischen um 20 ha und die limnischen um 40 ha ab. Innerhalb der einzelnen Klassen treten 67 ha Bodenverlustflächen auf, die nicht durch gleichzeitige Flächengewinne kompensiert werden können.

Tabelle 7-19: Auswirkung der Veränderung der Salzgehalte auf das Schutzgut Boden am Beispiel der Salinitätszonen nach BÜK 50

Einheit*	Dimension	Fläche (ha)	Mittlere Wertstufe (gewichtet)
Marine Wattböden			
	Gewinn	8	4,6
Marine Marschen			
	Gewinn	52	2,6
Brackwattböden			
	Gewinn	15	4,8
	Verlust	- 8	4,6
	Bilanz	7	-
Brackmarschen			
	Gewinn	25	2,7
	Verlust	- 52	2,6
	Bilanz	- 27	-
Flusswattböden			
	Verlust	- 15	4,8
Flussmarschen			
	Verlust	- 25	2,7
	Gesamtsumme der bilanzierten Verluste	- 67	-

*) Es wurden ausschließlich natürliche Bodeneinheiten berücksichtigt.

Die Betrachtung der Auswirkungen durch eine Verschiebung der Salinität zeigt im Einzelnen, dass die Fläche der Brackwattböden zunimmt und gleichzeitig insgesamt 26,6 ha Brackmarschen zugunsten von marinen Salzmarschen verloren gehen. Flächenverluste sind ebenfalls bei den Flusswattböden und Flussmarschen zu verzeichnen. Hier gehen dem Bodeninventar 15 ha bzw. 24,9 ha verloren. Es sind keine geeigneten Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung der Auswirkungen herstellbar.

¹⁵ Die Grenze zwischen marinen Marschen und Brackmarschen wird gemäß BÜK 50 in Höhe der Einfahrt Nord-Ostseekanal (km 698) festgelegt, die Grenze von Brack- zu Flussmarschen befindet sich an der Mündung des Ruthenstroms (km 670). Es erfolgt somit nach der Prognose der BAW [2004a] jeweils eine Verschiebung von km 798 nach km 696,5 bzw. von km 670 bis km 668,5.

Der Verlust an Flusswattböden, Flussmarschen sowie an Brackmarschen ist nicht erheblich, da das verwendete Bewertungsverfahren den verschiedenen Salinitäten der Böden keine unterschiedlichen Wertigkeiten zuordnet. Entsprechend kommt es bei der Änderung der Salinität zu keinen Änderungen der Wertstufen der betroffenen Böden. Gleichwohl sind die maßnahmenbedingten Änderungen als negativ einzuschätzen, weil die limnischen Böden und Wattböden auf nationaler wie internationaler Ebene erheblich seltener als die salzbeeinflussten Formen sind.

7.2.3 Indirekte Auswirkungen durch Unterwasserab- und umlagerung von Baggergut

Durch die Verbringung von Sedimenten in Unterwasserablagerungsflächen und Umlagerungsstellen kann es zu lokalen und zeitlich begrenzten Erhöhungen des Schwebstoffkonzentrationen, zu Veränderungen der Stoffgehalte in den Schwebstoffen wie auch zu zeitlich und örtlich begrenzten Veränderungen der im Wasser gelösten Stoffe kommen. Aufgrund ihrer räumlichen und zeitlichen Begrenzung führen diese Prozesse innerhalb des Prognosezeitraums zu keinen maßnahmenbedingten Veränderungen der Böden.

Auch die Veränderungen der Strömungsbedingungen durch Unterwasserablagerungsflächen haben zum Teil starke Strömungszunahmen in den Böschungsbereichen der Fahrrinne zur Folge, Auswirkungen auf die angrenzenden Böden im Uferbereich treten jedoch nicht ein. Nach Berechnungen der BAW [2006a, 2006b] ist überwiegend eine Verringerung der Strömungsgeschwindigkeiten im Uferbereich zu erwarten, so dass hier überwiegend mit einer verstärkten Sedimentation und weniger mit einer zunehmenden Erosion zu rechnen ist. Dies gilt insbesondere für die Nebenelben.

Durch punktuelle Zunahmen der ufernahen Strömung hervorgerufene mögliche Bodenverluste unterhalb der MThw-Linie sind allein durch die Zunahme der Strömungsgeschwindigkeiten nicht prognostizierbar. Da Erosionsvorgänge in vielfach stärkerem Maße durch natürliche Uferexposition und schiffsbedingte Wellenbelastung gesteuert werden, wird die Anlage der Unterwasserablagerungsstellen bezogen auf das Schutzgut Boden überwiegend als auswirkungsneutral betrachtet.

7.2.4 Indirekte Auswirkungen durch Änderungen schiffserzeugter Belastungen

Durch die Verstärkung der schiffsbedingten Belastungen von Ufern kann es zu einer Zunahme der Erosion von Böden kommen. Wie in Kap. 5.5.1 dargestellt, betrifft dies einerseits die Erosion flachgeneigter und zumeist sandiger Ufer sowie die an die Rückverlegung von Abbruchkanten gebundene Erosion von bindigen Böden. Aufgrund der komplexen Wirkungszusammenhänge bei der Entstehung und Ausbreitung von schiffserzeugten Wellen kommt die BAW [2006d] zu der Schlussfolgerung, dass abgesicherte quantitative Prognosen der ausbaubedingten Änderungen der schiffserzeugten Belastungen für das System der Tideelbe nur durch hydraulische Modellver-

suche gewährleistet werden können. Abgesicherte rechnerische Ermittlungen sind dagegen nicht möglich.

Die ausbaubedingten Änderungen der schiffserzeugten Belastungen ergeben sich grundsätzlich aus

- Veränderungen des Stromquerschnitts
- Veränderungen der Schiffsgeschwindigkeit
- Veränderungen des Tiefgangs der Schiffe
- Verschiebungen der Fahrtzeiten innerhalb der Tide
- Veränderungen der Flottengröße und -struktur
- Veränderungen der Fahrrinnenränder
- Veränderungen der Tidedynamik

Für die Prognose der Belastungsänderungen durch die Fahrrinnenanpassung stellt die BAW [2006d] zwei Vergleiche an: a) Vergleich der Belastungen des zukünftigen Bemessungsschiffs "Post-Panmax 46" (PPM46) mit denjenigen des heutigen größten Schiffstyps "Post-Panmax 43" (PPM43) und b) Vergleich des zukünftigen Bemessungsschiffs mit dem der aktuellen Fahrrinnenanpassung zugrunde liegenden Schiffstyp "Post-Panmax 32" (PP32). Für den allgemeinen Schiffsverkehr mit geringeren Abmessungen und Tiefgängen werden aufgrund der Fahrrinnenanpassung keine wesentlichen Änderungen der Belastungen unter der Voraussetzung angenommen, dass sich das Fahrverhalten, also insbesondere die Geschwindigkeiten der Schiffe, nicht ändern.

Eine Prognose der zukünftigen Schiffsflottengröße und -struktur wird von ISL [2006] gegeben. Als Ist-Zustand wird dabei der Verkehr des Jahres 2004 betrachtet und diesem die prognostizierten Zahlen für die Jahre 2010 und 2015 gegenüber gestellt. Dabei ergibt sich, dass von 2004 bis 2015 die Zahl der jährlich Hamburg anlaufenden Schiffe, die größer sind als das Bemessungsschiff der letzten Fahrrinnenanpassung (Panmax 32) sind, von 2550 auf 4560 und damit um den Faktor 1,8 zunimmt. Neben den von der BAW [2006d] dargestellten Zunahmen der Wellenbelastungen des Einzelschiffs sind daher auch Zunahmen über die Veränderung der Flottengröße und -struktur zu berücksichtigen.

Eine Prognose der die Wellenbelastung stark beeinflussenden Entwicklung der Schiffsgeschwindigkeit liegt bisher nicht vor. Zum Erhalt der Unterwasser- und Uferstrukturen werden in der Vorhabensbeschreibung für alle Abschnitte Festlegungen der maximalen Schiffsgeschwindigkeiten getrennt für die tideabhängig verkehrenden Abgänger und den tideunabhängigen Verkehr getroffen, die sich auf die energiewirksame Fahrt durchs Wasser beziehen. Diese Festlegungen sind auch Grundlage der folgenden Prognosen. In wieweit eine Einhaltung der Geschwindigkeiten eintritt oder ob wie im Ist-Zustand erhebliche Überschreitungen auftreten werden, kann nicht sicher vorher gesagt werden. Da die Schiffsgeschwindigkeiten exponentiell die Wellenbildung beeinflussen, kann dies erhebliche zusätzliche Auswirkungen auf die Erosionsvorgänge haben.

Für eine Trennung der natürlichen und der durch Schiffswellen induzierten Belastungen als Ursache der festgestellten Ufererosionen liegen keine gesicherten Erkenntnisse vor. Im Rahmen einer worst-case Risikobetrachtung wurde daher angenommen, dass an den stärker exponierten Uferbereichen die schiffserzeugten Belastungen eine dominierende Rolle für die beobachteten Erosionsraten spielen und demnach entsprechend Zunahmen der Wellenbelastungen sich auch in Zunahmen der Erosionsvorgänge auswirken. Die Erosion wurde dabei als linear abhängig von der Wellenbelastung des Einzelschiffs und der Schiffsfrequenz betrachtet. In Tabelle 7-20 werden daher zunächst die festgestellten Erosionsraten im Ist-Zustand den aktuellen schiffsbedingten Primärwellenhöhen und deren maßnahmenbedingten Veränderungen gegenüber gestellt. Unter Einbeziehung des um den Faktor 1,8 steigenden Verkehrsaufkommens sind abschließend für alle Gebiete mit aktueller Bodenerosion die relativen Veränderungen in % dargestellt. Danach steigt trotz der angepassten Fahrgeschwindigkeiten die Wellenbelastung in einzelnen Gebieten um bis zu 36 %. Die am intensivsten betroffenen Gebiete sind die Bereiche beidseitig der Ostemündung, der Büttele Außendeich und das Ufer bei Bützfleth.

Tabelle 7-20 zeigt die aktuellen Abbruchraten und die maßnahmenbedingte Erhöhung der Abbruchraten, die mit der betroffenen Uferstrecke (= Bereich, in dem die Querprofile vermessen wurden) zu einer Bodenverlustfläche (in ha) in einer Zeitspanne von 10 Jahren verrechnet wurde. Für die von der Bodenerosion zusätzlich betroffene Fläche wird von einem vollständigen Verlust der Bodenfunktionen ausgegangen (entspricht Wertstufe 0), da aufgrund des starken Wellenangriffs die an diesen Stellen zunächst entstehende Wattfläche auch innerhalb des Prognosezeitraums vegetationslos verbleibt.

Der durch schiffsinduzierte Wellenbelastungen verursachte Bodenverlust errechnet sich unter o. g. Vorgaben zu etwa 9,5 ha (Tabelle 7-21). Dabei ist zu beachten, dass sich die Angaben der BAW zu den Wellenhöhen auf eine Belastungssituation im Bereich der Niedrigwasserlinie beziehen ("worst-case-Risikobetrachtung"). Tatsächlich treten im Bereich des MThw jedoch Wellen geringerer Höhe auf. So reduziert sich beispielsweise der geschwindigkeitsabhängige langperiodische Absunkwert vom Nahbereich des Schiffes bis zur oberen Kante der Flachwasserböschung auf einer Strecke von 200 m um 50 %, während auf dem Flachwasserbereich keine Abminderung der langperiodischen Belastung feststellbar ist [ULICZKA, KONDZIELLA & FLÜGGE 2004].

Tabelle 7-20: Bedeutung der schiffsbedingten Wellenbelastungen in den Bereichen mit Uferabbrüchen

Abbruchbereich	Mittlere Abbruchrate (m/a)	Passierabstand (m)	Maximale Primärwellenhöhe (Z _{Amax} m)	Änderung Primärwellenhöhe (Δz _A m)	maximale Änderung Primärwellenhöhe (% Ist-Zustand)	maximale Änderung Primärwellenbelastung (%)
Neufelder Watt (705 – 708)	1,48	4300	[0,5]*	<0,05	0	0
Ostemündung (703,5 – 710,5)	2,54	1270	0,5	≈ 0,1	20	36
Bütteler Außendeich (691,5 – 692)	0,56	770	1,2	0,1 – 0,2	17	31
Freiburger Hafenspriel (684,5 – 688)	0,87	1370	1,2	<0,05	4	8
Eschschallen (660,5 – 663,5)	0,43	(geschützt)	-	-	-	-
Blomesche Wildnis (676 – 677,5)	1,87	1560	1,2	≤ 0,05	4	8
Krautsand (670,5 – 671,5)	1,60	730	1,2	≤ 0,05	4	8
Asseler Sand (663)	1,25	1400	0,5 – 1,1	≤ 0,05	8	14
Bützfleth (658,5)	1,80	600	0,5 – 1,1	≤ 0,1	16	29

*) im Vergleich zu Windwellen vernachlässigbar

Tabelle 7-21: Maßnahmenbedingte Bodenverluste durch schiffserzeugte Wellenbelastungen

Abbruchbereich	Mittlere Abbruchrate (Ist-Zustand) (m/a)	Maßnahmenbedingte Zunahme der Abbruchrate (m/a)	Betroffene Uferstrecke (m)	Bodenverlust in 10 Jahren (ha)	Betroffene Bodenwertstufen
Neufelder Watt (705 – 708)	1,48	0	4.160	0	4a
Ostemündung (703,5 – 710,5)	2,54	0,91	7.450	6,78	Ost: 4a West: 4b
Bütteler Außendeich (691,5 – 692)	0,56	0,17	4.770	0,81	2b 50 %, 5a 50 %
Freiburger Hafenspriel (684,5 – 688)	0,87	0,07	13.190	0,92	West: 3a 50% 2a 50% Ost: 2a 50% 3a 20% 5a 30%
Eschschallen (660,5 – 663,5)	0,43	0	3.150	0	5a
Blomesche Wildnis (676 – 677,5)	1,87	0,15	800	0,12	3a 50%, 4a 50%
Krautsand (670,5 – 671,5)	1,60	0,13	100	0,01	4a
Asseler Sand (663)	1,25	0,18	100	0,02	4b
Bützfleth (658,5)	1,80	0,52	1.680	0,87	4b
Summe Bodenverluste				9,53	

7.3 Zusammenfassende Bewertung der Auswirkungen der geplanten Fahrinnenvertiefung auf das Schutzgut Boden

Die geplanten Maßnahmen zur Anpassung der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt wirken direkt und indirekt auf die Böden des UG. Es werden folgende Wirkfaktorenkomplexe unterschieden:

Direkte Auswirkungen

- durch Verbringung von gebaggerten Sedimenten an Land bzw. im Watt

Indirekte Auswirkungen

- durch Veränderung der Tidedynamik
- durch Unterwasserab- und umlagerung von Baggergut
- durch Änderungen schiffserzeugter Belastungen

Nach den Modellrechnungen der Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg, bewirkt die Maßnahme eine geringe Veränderung der Tidedynamik. Diese beinhalten einen Anstieg des Tidehochwassers, Abnahme des mittleren Tidehalb- und -niedrigwassers, Zunahme der Überflutungsdauer, Zu- bzw. Abnahme der ufernahen Strömung und der Transportkapazitäten, Zunahme der schiffserzeugten Wellenbelastung und die Verschiebung der Brackwasserzone flussaufwärts. Örtlich wird auch ein Absink des MThw sowie ein Anstieg des MTnw prognostiziert. Nach der Vorhabensbeschreibung [PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006c] werden ca. 6,3 Mio. m³ Baggergut in Ufervorspülungen (insgesamt ca. 4 Mio. m³) sowie auf Spülfeldern auf Pagensand und Schwarztonnensand (zusammen 2,3 Mio. m³) abgelagert.

Im Folgenden werden die für das Schutzgut Boden prognostizierten direkten und indirekten Auswirkungen dargestellt. Die maßnahmenbedingten Auswirkungen werden als erheblich negativ bewertet, wenn sich die Bodenwertstufe um – 1 oder mehr Wertstufen verschlechtern. Eine tabellarische Darstellung der erheblich negativ betroffenen Flächen erfolgt in Tabelle 7-22.

Tabelle 7-22: Zusammenfassende Darstellung der erheblich betroffenen Flächen für das Schutzgut Boden

Maßnahmenbedingte Veränderung	Erheblich betroffene Fläche		Auswirkung auf die Böden Beschreibung
	Größe (ha)	mittlere Änderung der Bodenwertstufe	
Überdeckung von Böden	98,7	–1,6	Änderung der Bodenfunktionen, Änderung der Bodenwertstufe
Verlust durch schiffsbedingte Wellenbelastungen	9,5	–3,8	Erosion von Bodenflächen
SUMME	108,2	-	-

Die **Ablagerung von Sedimenten in Ufervorspülungen und Spülfeldern** hat als direkte Auswirkung zum einen die Überdeckung bestehender Böden zur Folge, zum

anderen kommt es während und nach der Aufspülung zu Stoffausträgen aus den abgelagerten Sedimenten.

Durch die Anlage von Ufervorspülungen kommt es durch die Überdeckung zu erheblichen negativen Änderungen der Bodenfunktionen der betroffenen Böden. Sofern die Überspülung entsprechend der Planungen in der Beschreibung des Vorhabens (PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006c) nur bis etwas unterhalb der MThw-Linie durchgeführt wird, werden durch die Maßnahme in den UVSP Brokdorf, Stör, Kollmar und Wisch lediglich Wattböden betroffen. Für die UVSP Hetlingen und Wittenbergen sind Aufspülungen bis + 3 m NN vorgesehen, so dass hier in größerem Maße auch oberhalb der MThw-Linie gelegene semiterrestrische Böden betroffen werden. Die vorhandenen Böden weisen zum Teil maßnahmenbedingte Änderungen der Bodenwertstufe auf. Diese Änderungen werden als erheblich negativ bewertet.

Bei der Aufspülung auf Spülfeldern treten durch die Überdeckung bestehender Böden nur auf Schwarztonnensand Änderungen der Bodenwertstufen ein. Die Veränderungen werden entsprechend als erheblich bewertet. Auf dem Spülfeld Pagensand erfolgt durch die Aufspülung keine Veränderung der Wertigkeit der Böden, die Änderungen sind als nicht erheblich zu bewerten. Die Größe der betroffenen Flächen können Tabelle 7-17 bzw. detailliert dem Abschnitt 7.2 entnommen werden.

Die Auswirkungen des Eintrags von Sickerwasser in die Elbe wird als unerheblich, der Eintrag in die im Randbereich des Spülfeldes liegenden Böden als negativ, jedoch nicht erheblich eingestuft. Die mögliche Belastung der Elbe durch sauerstoffzehrende Verbindungen im Ablaufwasser des Spülvorgangs wird ebenfalls als nicht erheblich bewertet.

Nach den Untersuchungen zu indirekten Auswirkungen auf die Böden durch eine **Änderung der Tidedynamik** werden zum Teil negative, jedoch keine erheblichen Auswirkungen eintreten. Im Einzelnen wurde festgestellt:

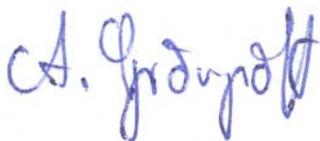
- Auswirkungen auf die morphologischen Veränderungen der Vordeichsländer und des oberen Watts aufgrund von Änderungen der Tidedynamik werden zum Teil als negativ, jedoch nicht als erheblich eingestuft. In Bereichen mit erhöhtem MThw treten negative Auswirkungen einerseits in Form einer zunehmenden Wellenbelastung von Abbruchkanten und einem Trend zur verstärkten Erosion von Böden und Sedimenten in stromexponierten Bereichen bei gleichzeitiger Bildung von neuen Böden durch Sedimentation in geschützten Seitenbereichen (Nebenelben) auf. Da diese Entwicklungsrichtung jedoch zum Teil als natürlich wirkender Prozess anzusehen ist und die Entstehung neuer Böden die Verluste kompensiert, ist von einer negativen, jedoch nicht von einer erheblichen maßnahmenbedingten Auswirkung auszugehen.
- Die Auswirkungen der geänderten Tidedynamik auf den Wasserhaushalt der Böden sind neutral zu beurteilen, da einerseits die verstärkten Sedimentationsvorgänge die Änderung der Überflutungsvorgänge kompensieren und der Wasserhaushalt der großflächigen, als Grünland genutzten Marschböden insbesondere von der künstlichen Entwässerungsintensität gesteuert wird.

- Die Nähr- und Schadstoffsituation der Böden wird durch die Maßnahme nicht verändert, tendenziell ist sogar mit einer Verbesserung der Schadstoffsituation zu rechnen. Die Auswirkungen sind daher als weder negativ noch erheblich zu bewerten.
- Durch die Verschiebung der Brackwasserzone werden süßwassergeprägte Flusswatten und -marschen in salzwasserbeeinflusste Bodenformen umgewandelt werden. Die Bodenformen beider Salinitäten werden im Ist-Zustand als sehr wertvolle Böden (Bodenwertstufe 5) eingestuft, eine Änderung der Wertstufe tritt daher nicht ein. Die Veränderung wird entsprechend als nicht erheblich, jedoch als negativ eingestuft, da die Flusswatten und -marschen national wie international seltener sind als die salzbeeinflussten Formen.

Nach den von der BAW [2006a] getroffenen Aussagen werden Auswirkungen auf das Schutzgut Boden durch Unterwasserablagerung und -umlagerung von Baggergut nicht eintreten. Ein wesentlicher Wirkungspfad besteht vor allem durch eine mögliche Verstärkung ufernaher Strömungen. Bis auf wenige und in ihrer Größenordnung vernachlässigbare Beträge prognostiziert die BAW in Uferbereichen keine Zunahme von Strömungsgeschwindigkeiten. Da die erosive Wirkung auf Ufer auch auf weiteren, zum Teil stärker wirkenden Faktoren beruht, wird die Anlage von Unterwasserablagerungsflächen als auswirkungsneutral betrachtet.

Änderungen schiffserzeugter Belastungen folgen aus der prognostizierten Verkehrszunahme und aus den zunehmenden Schiffsgößen, die eine Erhöhung von Primär- und Sekundärwellen verursachen. Die Verstärkung der schiffsbedingten Belastungen auf die Ufer führt zu einer Zunahme der Erosionsrate von Uferböden, insbesondere durch Abbruchkanten. Der Verlust von Böden wird als erheblich negativ eingestuft.

Hamburg, den 30. September 2006



(Dr. A. Gröngröft)

8 QUELLEN

- Ad hoc-AG Boden [2003]: Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens und der Gefahr der Entstehung schädlicher Bodenveränderungen sowie der Nutzungsfunktion "Rohstofflagerstätte" nach BBodSchG. Personenkreis "Grundlagen der Bodenfunktionsbewertung" Im Auftrag des Bund-Länder-Ausschuss Bodenforschung BLA-GEO.
- AG Boden [1982]: Bodenkundliche Kartieranleitung, 3. Aufl. E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- AG Boden [1994]: Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl. E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- AG Boden [2005]: Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Aufl. E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- AK Bodensystematik [1998]: Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 86: 1-180, Göttingen..
- Andresen, J. [1996]: Eigenschaften der Feststoff- und Lösungsphase von Außendeichböden der Unterelbe und der Beeinflussung durch Überflutung. Dissertation im FB Geowissenschaften, Univ. 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.
- Baasch, A. [1999]: Methodischer Vergleich von Titrationsverfahren zur Bestimmung der Säureneutralisationskapazitäten von Böden. Unveröff. Dipl. am Institut für Bodenkunde, Universität 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.1c. 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.
- BBodSchG [1998]: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. BGBl I 1998, 502, geändert. d. Art. 3 G v. 09.12.2004.
- BBodSchV [1999]: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. BGBl I 1999, 1554, geändert. d. Art. 2 V v. 23.12.2004.
- BfBB [1997]: Biotoptypenkartierung zur UVU "Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt" 1 : 5.000. BfBB Hamburg.
- BfBB [2006]: Biotoptypenkartierung zur UVU "Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt" 1 : 5.000, Unterlage H4.a, BfBB Hamburg.
- BfG [2002]: Biotoptypenkartierung km 606 (Heuckenlock) bis km 585 (Wehr Geesthacht) 1 : 5.000, Koblenz.
- BfG [2004]: 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.
- Blume, H.P. [1983]: Landwirtschaft, Landschaft und Böden Schleswig-Holsteins. Exkursionsführer VDLUFA-Kongress, Kiel.

- Blume, H.-P.; Bohne, K.; Döring, H.-W.; Fleige, H.; Horn, R.; Kaupenjohann, M.; Krahmer, U.; Zahn, M. et al. [1998]: Filter und Puffereigenschaften von Böden und deren Ermittlung im Felde - Stand und Aussichten. In: DVWK Schriften 122:379-402.
- BNatSchG [2002]: Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege. BGBl. I 2002, 1193.
- Boche T. [2004]: Evaluierung der durch Sog und Wellenschlag verursachten Georisiken im Uferbereich der Tideelbe zwischen Wedel und der Außenelbe. Unveröff. Diplomarbeit, Hamburg.
- Bosch, C. [1994]: Versuch einer "Roten Liste natürlicher Böden" zum Schutz von Seltenheit und Naturnähe von Böden. In: Bodenschutz (Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser), Hrsg. Rosenkranz et al., KZ 7050. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Bourg, A. C. M.; Loch, J. P. G. [1995]: Mobilization of Heavy Metals as Affected by pH and Redox Conditions. In: W. Salomons & W. M. Stigliani (eds.): Biogeodynamics of Pollutants in Soils and Sedimentes. Risk Assessment of Delayed and Non-linear Responses. Springer: Berlin, S. 87-102.
- Brümmer, G. [1968]: Untersuchungen zur Genese der Marschen. Diss. Univ. Kiel, 350 S.
- BSU [2004a]: Umsetzung der EG - Wasserrahmenrichtlinie - Landesinterner Bericht zum Bearbeitungsgebiet Hamburgische Küstengewässer. Amt für Umweltschutz, Hamburg.
- BSU [2004b]: Umsetzung der EG - Wasserrahmenrichtlinie - Landesinterner Bericht zum Bearbeitungsgebiet Elbe / Hafen. Amt für Umweltschutz, Hamburg.
- BUG [2003]: Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg, Schutzwürdige Böden. Daten-CD-ROM.
- Bundesregierung [1995]: Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung, Verlag Kohlhammer, Bonn.
- Bundesverband Boden [2001]: Bodenschutz in der Bauleitplanung – Vorsorgeorientierte Bewertung. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Dickschas, U. [2001]: Bestimmung der Säureneutralisationskapazität natürlicher und anthropogener Substrate. Zur Beurteilung ihrer Prognostizierbarkeit und Erstellung einer Klassifizierung für eine funktionale Bodenbewertung norddeutscher Böden. Unveröff. Diplomarbeit an der Univ. Hamburg
- Dreves, A. [2002]: Beurteilung von Verfahren zur Bestimmung der Infiltrationsrate von Böden im Rahmen der planerischen Bodenbewertung. Unveröff. Diplomarbeit an der Univ. Hamburg.
- Duve, J. [1996]: Bilanzierung des Stoffhaushalts von Vordeichsländern der Tideelbe. Hmbg. Bodenkundl. Arbeiten, Hamburg.
- Eikmann, T. & Kloke, A. [1994]: Ableitungskriterien für die ElkmANN-KLOKE-Werte. In: DECHEMA Fachgespräche Umweltschutz: Bewertung von >Schwermetallen in Böden von Ballungsgebieten. DECHEMA, S. 469-500, Frankfurt/M.
- ESRI – Environmental Systems Research Institute [2005]: ArcViewGIS 9.2, deutsch.
- Evert, M. & Baumgärtner, M. [1993]: Natur- und kulturräumliche Wertigkeit von Böden. In: UVP-report 4:214-216.
- Fischer, S. M. [1994]: Untersuchungen zum Wasserhaushalt tidebeeinflusster Vorlandmarschen im Ästuar der Elbe. Hamb. Bodenkundl. Arbeiten 27, Hamburg.
- Fittschen, R. & Gröngröft, A. [2000]: Einrichtung zweier Spülflächen im Rahmen der Unterhaltungsbaggerung Schwinge/Stader Hafen. Bodenkundliche Untersuchung und gutachterliche Stellungnahme zur Prüfung der Schutzgüter Wasser und Boden. Unveröff. Bericht an das Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg.
- Giani, L. [1991]: Entwicklung und Eigenschaften von Marschenböden im Deichvorland der südlichen Nordseeküste. Habilitationsschrift im Fachbereich Biologie, Universität Oldenburg.
- Gröngröft, A., U. Jähnig, G. Miehlisch, R. Lüschow, V. Maass & B. Stachel [1998]: Distribution of metals in Sedimentes of the Elbe Estuary in 1994. Wat. Sci. Tech. 37, S.109-116.
- Gröngröft, A., B. Hochfeld & G. Miehlisch [1999]: Funktionale Bewertung von Böden bei großmaßstäbigen Planungsprozessen. Unveröff. Abschlußbericht an die Umweltbehörde der Stadt Hamburg. Hamburg: Teil A: 91 S, Teil B: 58 S., Teil C: 41 S., Teil D: 89 S.

- Gröngröft, A., B. Hochfeld & G. Miehlich [2000]: Funktionale Bewertung von Böden bei großmaßstäbigen Planungsprozessen: Konzept und offene Fragen eines für die Stadt Hamburg entwickelten Verfahrens. In: *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 93:15-18.
- Gröngröft, A., Hochfeld, B. & G. Miehlich [2001]: Ist die Bewertung der Lebensraumfunktion im Rahmen der Bodenschutzplanung machbar? In: *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 96:723-724.
- Gröngröft, A.; Hochfeld, B. & G. Miehlich [1999]: Funktionale Bewertung von Böden bei großmaßstäbigen Planungsprozessen. Unveröff. Abschlussber. i.A. Umweltbehörde Hamburg.
- Heise, S.; Claus, E.; Heininger, P.; Krämer, T.; Krüger, F.; Schwartz, R. & U. Förstner [2005]: Studie zur Schadstoffbelastung der Sedimente im Elbeeinzugsgebiet. Bericht erstellt i. A. von HPA, Hamburg.
- Hennings, V. [1994]: Methodendokumentation Bodenkunde. In: *Geologisches Jahrbuch Hannover. Reihe F*, 31. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Hochfeld, B. [1999]: Funktionale Bewertung von Böden bei großmaßstäbigen Planungsprozessen – Anwendungstest am Beispiel Billwerder und Sülldorf. Unveröff. Diplomarbeit an der Univ. Hamburg.
- Hochfeld, B.; Gröngröft, A. & Miehlich, G. [2002]: Klassifikationssystem zur Bewertung der Leistungsfähigkeit und Schutzwürdigkeit der Böden als Entscheidungshilfe für die Raumplanung unter Berücksichtigung des Bodenschutzes. Umweltbundesamt FKZ 299 74 235.
- Hochfeld, B.; Gröngröft, A. & Miehlich, G. [2003]: Großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung für Hamburger Böden - Verfahrensbeschreibung und Begründung. Unveröff. Gutachten i.A. Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg.
- Hochfeld, B. [2004]: Bodenfunktionsbewertung. *Hamb. Bodenkundl. Arb.* 54, Hamburg.
- Hochfeld, B. [2005]: Angepasstes Hamburger Verfahren zur Bodenbewertung. In: Gröngröft, A., S. Schwank & B. Hochfeld: *Sammlung, Aufbereitung und Bewertung vorhandener Daten und Informationen für das Schutzgut Boden und das Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente*. Inst. f. Bodenkunde, Universität Hamburg.
- Holzwarth, F.; Radtke, H; Hilger, B. & Bachmann, G. [2000]: Bundes-Bodenschutzgesetz/Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Handkommentar, 2. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Bodenschutz & Altlasten 5. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co, Berlin.
- IfB [1997]: Bodendatenkollektiv zur UVU zur Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Inst. f. Bodenkunde, Universität Hamburg, Hamburg.
- IfB [2006]: Sedimentschadstoffkataster. Datensammlung zur Belastung von Sedimenten der Tidelbe mit Schad- und Nährstoffen 1994 - 2005. Aus: UVU zur Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt, Teilgutachten H 2. Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente.
- ISL [2006]: Untersuchung zum zukünftigen Schiffsverkehr auf der Außen- und Unterelbe. Unveröffentlichtes Gutachten. Inst. f. Seeverkehrswirtschaft u. Logistik, Bremen
- Jessen-Hesse, V. [2002]: Vorsorgeorientierter Bodenschutz in der Raum- und Landschaftsplanung – Leitbilder und methodische Anforderungen, konkretisiert am Beispiel der Region Berlin-Brandenburg. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Kneib, W. D. [1989]: Böden – Einheit und Vielfalt. In: Rosenkranz et al. (Hrsg.): *Bodenschutz – Ergänzb. Handb.* Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2. Lfg. II/89.
- Kohl, Johann Georg [1864]: *Nordwestdeutsche Skizzen. Fahrten zu Wasser und zu Lande in den unteren Gegenden der Weser, Elbe und Ems.* Band 2. Kühnemann Verlag, Bremen.
- Kraus, F. [1994]: Kommunale Neuwerk. Insel im Nationalpark Hamburgisches Wattenmeer – Veränderungen seit 1980. Unveröff. Diplomarbeit, FB Geographie, Universität Hamburg.
- Kubiens, W (1950): *Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas.* Enke Verlag, Stuttgart.
- Kuntze, H. [1965]: *Die Marschen. Schwere Böden in der landwirtschaftlichen Evolution.* Parey Verlag, Hamburg, 127 S.
- LANA [1996]: *Methodik der Eingriffsregelung – Vorschläge zur bundeseinheitlichen Anwendung der Eingriffsregelung nach § 8 BNatSchG, Gutachten im Auftrag der Länderarbeitsge-*

- meinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA), Hrsg. Umweltministerium Baden-Württemberg.
- LANU [2005]: Datenzusammenstellung zu Bodendaten im Vordeichsgebiet der Tideelbe. Landesamt f. Natur und Umwelt, Flintbek.
- Miehlich, G. (1986): Guidebook for a tour of landscapes, soils and landuse in the Federal Republic of Germany. Tour I: Freshwater marsh of the Elbe river. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 51, S.99-128.
- Miehlich, G.; Kiene, A.; Gröngröft, A.; Neuschmidt, O.; Franke, S. & Graack, G. [1997a]: Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Materialband V: Fachgutachten Schutzgut Boden. Unveröff. Gutachten an das WSA Hamburg und die Wirtschaftsbehörde Hamburg.
- Miehlich, G.; Gröngröft, A.; Jähnig, U.; Neuschmidt, O.; Walter, F.; Franke, S. & Schwartz, R. [1997b]: Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Materialband III: Fachgutachten Sedimente. Unveröff. Gutachten an das WSA Hamburg und die Wirtschaftsbehörde Hamburg.
- MNU-SH [1992]: 3. Zwischenbericht zur Dioxinbelastung des Deichvorlands, der Elbe und ihrer Nebenflüsse. Ministerium für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Kiel
- Müller, U. [1997]: Auswertungsmethoden im Bodenschutz – Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NiBIS).
- Müller, W. [1970]: Zur Genese und Klassifikation der Marschböden. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 10/2, S.294-301.
- Munsell [2000]: Munsell Soil Color Charts, year 2000 revised washable edition, GretagMacbeth, NY.
- Neidhardt, C. & Bischofinck, U. [1994]: UVP – Teil Boden: Überlegungen zur Bewertung der Natürlichkeit anhand einfacher Bodenparameter. In: *Natur und Landschaft*, 2:49-53.
- Nöthlich, I. [1989]: Sauerstoffzehrung von Sedimenten in der Unterelbe. In: Umweltbehörde hamburg (Hrsg.): *Der Hafen – eine ökologische Herausforderung*, 174f. Hamburg.
- NLFB [2004a]: Datenauszug aus NiBIS zu Bodendaten im Vordeichsgebiet der Tideelbe. Nieders. Landesamt f. Bodenforschung, Hannover.
- NLFB [2004b]: Datenzusammenstellung zu Musterprofilen der BÜK 50 im Vordeichsgebiet der Tideelbe. Nieders. Landesamt f. Bodenforschung, Hannover.
- Persson, J. [1990]: Das Naturschutzgebiet Heuckenlock: Hydrologische Untersuchungen in einem tidebeeinflussten Vordeichsland. Unveröff. Diplomarbeit, Univ. Hamburg, FB Geologie, Hamburg.
- Projektbüro Fahrrinnenanpassung [2004]: Machbarkeitsstudie einer Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt, Projektbüro Fahrrinnenanpassung, Hamburg.
- Projektbüro Fahrrinnenanpassung [2006a]: Zusammenstellung von Jahrestabellen der Summenhäufigkeiten des Thw an den Pegeln Brokdorf, Glückstadt, Schulau, St. Pauli, Zolenspieker, Geesthacht f. Abflussjahr 2005. 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.
- Pons, L.J. & Zonneveld, J.S. [1965]: Soil Ripening and Soil Classification. *Bull. Int. Inst. Land Reclamation and Improvement*, 13, Wageningen, 128 S.
- Preisinger, H. [1991]: Strukturanalyse und Zeigerwert der Auen- und Ufervegetation im Hamburger Hafen- und Hafenrandgebiet. *Diss. Botanicae Bd. 174*. J. Cramer, Berlin.
- Raabe, E.W. [1986]: Die Gliederung der Ufervegetation unterhalb Hamburgs. *Mittlg. zum Natur- und Umweltschutz in Hamburg*. Hrsg. Naturwacht Hamburg e.V., Hamburg.

- Riedel-Lorje, J. C. & Gaumert, T. [1982]: 100 Jahre Elbeforschung - Hydrobiologische Situation und Fischbestand 1842 - 1943 unter dem Einfluss von Stromverbau und von Sieleinleitungen. Archiv für Hydrobiologie/Suppl. 61, 3, Hamburg
- Scheffer/Schachtschabel [2002]: Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Aufl. Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg.
- Scherer-Leydecker, C. [2001]: Bodenschutzrecht. Rechts- und Verwaltungsvorschriften - Kommentierungen und Handlungshilfen - Angrenzende Rechtsbereiche ecomed Sicherheit. Kessler Verlagsdruckerei Landsberg am Lech.
- 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.
- Uliczka, K., B. Kondziella & G. Flügge [2004]: Dynamisches Fahrverhalten sehr großer Containerschiffe in seitlich begrenztem extremen Flachwasser. HANSA, 141. Jg., Nr. 1, Hamburg.
- Umweltbehörde Hamburg (Hrsg.) [2000]: Workshop Bodenfunktionsbewertung. Unveröff. Skript eines Workshops am 11.4.2000 in Hamburg.
- 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.
- UVPVwV [1995]: Allg. Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung. Bundesregierung, 1995GMBI, S. 671.
- Wiechmann, H. [2000]: Gutachten zur Erhebung und Bewertung von Böden mit Archivfunktion zur Natur- und Kulturgeschichte. Unveröff. I.A. Umweltbehörde Hamburg.
- WSA Hamburg & HPA [2004]: Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt – 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
- Zeyssig, H. [1992]: Stoffaustausch zwischen Elbe und ufernahem Grundwasser in einem tidebeeinflussten Vordeichsland (NSG Heuckenlock). Unveröff. Diplomarbeit, FB Geologie, Univ. Hamburg.

9 ANHANG

9.1 Erläuterungen

9.1.1 DBK 25

Die zur Erstellung der DBK 25 als Grundlage benutzten Bodenkarten (BK 25) bzw. Bodenkundlichen Standortkarten der Länder Schleswig-Holstein und Niedersachsen sind Tabelle 9-1 zu entnehmen.

Tabelle 9-1: Zur Erstellung der Bodenkarte benutzte bodenkundliche Kartenwerke

Blatt-Nr.	Karten-Name	Maßstab	Jahr
1919	Dieksand (S.-H.)	1:25.000	1981
2019	Kaiser-Wilhelm-Koog (S.-H.)	1:25.000	1980
2020/ 2021	Marne/Brunsbüttel (S.-H.)	1:25.000	1978
2022	Wilster (S.-H.)	1:25.000	1978
2119	Otterndorf (Nieders.)	1:25.000	1966
2120	Neuhaus (Oste) (Nieders.)	1:25.000	1968
2121	Freiburg (Nieders.)	1:25.000	1968
2121	Freiburg (S.-H.)	1:25.000	1977
2122	Krempe (S.-H.)	1:25.000	1977
2221	Wischhafen (Nieders.)	1:25.000	1971
2222	Glückstadt (Nieders.)	1:25.000	1972
2222	Glückstadt (S.-H.)	1:25.000	1979
2223	Elmshorn (S.-H.)	1:25.000	1983
2321	Himmelpforten (Nieders.)	1:25.000	1981
2322	Stade Nord (Nieders.)	1:25.000	1981
2323	Uetersen (S.-H.)	1:25.000	1984
2324	Pinneberg (S.-H.)	1:25.000	1988
2423	Horneburg (Nieders.)	1:25.000	1983
2424	Wedel (S.-H.)	1:25.000	1983
2524	Buxtehude (Nieders.)	1:25.000	1983
2627	Winsen (Nieders.)	1:25.000	1992
-	Bodenübersichtskarte Vier- u. Marschlande	1:50.000	1971
-	Bodenkundliche Standortkarte Bremen	1:200.000	1978
-	Bodenkundliche Standortkarte Oldenburg	1:200.000	1977
2527	Geologische Karte Hamburg / Bergedorf (Bohrprofile)	1:25.000	1991
2527	Geologische Karte Hamburg / Bergedorf (Grundkarte)	1:25.000	1991

9.1.1.1 Zusatzinformationen der Bodenkarte

Angaben zum den ausgewiesenen Bodenartenklassen

In den in der DBK angegebenen Bodenartenklassen wurden die auftretenden Bodenarten nach Tabelle 9-2 zusammengefasst [AG BODEN 2005].

Tabelle 9-2: Bodenartenklassen mit zugehörigen Bodenarten

UVU-Klasse	Bodenarten
1	T, TI, Tu, Lt, Lu, Ut, UI
2	Ls, U, Us, St, Sl, Su
3	S

T=Ton, t=tonig/ L=Lehm, l=lehmig/ U=Schluff, u=schluffig/ S= Sand, s=sandig

Angaben zum Grundwasserstand (GW)

Der in den Bodenkarten dargestellte Grundwasserstand wird in den niedersächsischen BK 25 als "mittlerer Grundwasserstand" (MGW) angegeben. Dieser ist nach AG BODEN [AG BODEN 1982] das errechnete Mittel langfristiger Messungen unter Einbeziehung der Dauer der jeweiligen Grundwasserstände. Der MGW stellt somit nicht die Mitte des Go-Horizontes dar, nähert sich ihr aber, wenn kurzfristige Grundwasserhöchst- und -tiefststände unberücksichtigt bleiben. Auf den schleswig-holsteinischen BK 25 wird nur allgemein die Bezeichnung "Grundwasserstand" aufgeführt. Für die UVU-Bodenkarte wurde davon ausgegangen, dass es sich hierbei ebenfalls um den MGW handelt. Die Angaben aus den BK 25 wurden wie folgt eingeteilt:

1 = GW nahe GOF (oberhalb 4 dm unter GOF)

2 = GW 4 bis 8 dm unter GOF

3 = GW tiefer als 8 dm unter GOF

Auch bei diesem Parameter werden die Angaben in den Originalkarten in z.T. großen Spannen gemacht (z.B. 4 -13 dm u.GOF). In solchen Fällen wurde der niedrigere Wert übernommen.

9.1.1.2 Bemerkungen zu den ausgewiesenen Bodeneinheiten

Allgemeines

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle konnten die Informationen aus den BK 25 sicher in die Bodeneinheiten nach AG BODEN 1994 umgesetzt werden. Im folgenden wird für solche Flächen, für die keine BK 25 vorliegen oder die Angaben in den Karten für eine sichere Zuordnung nicht ausreichen (z.B. Ausweisung von Rohmarschen in Niedersachsen) bzw. nicht mehr den heutigen Gegebenheiten entsprechen (z.B. inzwischen errichtete Spülfelder), die Zuweisung der Bodeneinheiten erläutert. Die Kartenblätter entsprechen nicht den Untersuchungsabschnitten.

Die Zuordnung der Deiche zur Bodeneinheit "Aufschüttung" wurden nicht vorgenommen. Es handelt sich hierbei meist nur um sehr schmale Streifen (halbe Deichbreite) entlang der Grenze des UG, da i.d.R. die Deichkrone diese Grenze darstellt.

Grenzverschiebungen zwischen der heutigen Topographie und den Bodeneinheiten treten im Uferbereich häufig auf und sind durch das unterschiedliche Alter der jeweiligen Karten und der z.T. starken Reliefänderung im Tidebereich (Priele, Sandbänke, Ufersäume, etc.) begründet.

Aufgrund des z.T. recht lange zurückliegenden Erscheinungsdatums einiger BK 25 wurden heute durch das UG verlaufende Landesschutzdeiche (z.B. im Bereich Kraut-

sand) nicht als Aufschüttung erfaßt, sondern sind mit der ehemals vorhandenen Bodeneinheit unterlegt.

Abschnitt Wedel

Der Uferverlauf wurde im Bereich des Mühlenberger Lochs den aktuellen Verhältnissen angepasst (Erweiterung von Werksflächen durch Aufspülung).

Abschnitt Glückstadt

Die Grenzen der Verbreitung von Norm-/ Brack- und Flusstypen der Marschböden auf schleswig-holsteinischer Seite sind nicht als linienscharf zu betrachten, da in den BK 25 keine Angaben über die Sedimentationsmilieus vorliegen, in denen die Sedimente abgelagert wurden. Die Grenziehung zwischen marinen, brackischen und fluviatilen Zonen erfolgte in Anlehnung an die Verhältnisse, wie sie für die niedersächsische Seite nach BÜK 50 angegeben sind.

Die Bodeneinheiten von Pagensand geben im Gegensatz zur BK 25 die Verhältnisse mit Stand 1997 wieder.

Im Bereich von Krautsand werden "Sonstige Böden" ausgewiesen, da es sich hier zumindest teilweise um "Stadtböden" handeln dürfte. In dem gesamten Gebiet der Wischhafener Ne-benelbe kommen viele Wurten vor, die für das Gebiet kennzeichnend sind. Sie wären der Einheit "Aufschüttung" zuzuordnen, wurden aufgrund ihrer Kleinflächigkeit aber nicht ausgewiesen.

Abschnitt Brunsbüttel

Die Ausweisung der Einheiten Misch- und Schlickwatt auf niedersächsischer Seite erfolgte aufgrund von Sedimentuntersuchungen im Rahmen der UVU zur Fahrrinnenanpassung 1999.

Die Grenzen der Verbreitung von Norm-/ Brack- und Flusstypen der Marschböden auf schleswig-holsteinischer Seite sind nicht als linienscharf zu betrachten, da in den BK 25 keine Angaben über die Sedimentationsmilieus vorliegen, in denen die Sedimente abgelagert wurden. Die Grenziehung zwischen marinen, brackischen und fluviatilen Zonen erfolgte in Anlehnung an die Verhältnisse, wie sie für die niedersächsische Seite nach BÜK 50 angegeben sind.

Die häufig, meist aber kleinflächig von der heutigen Topographie abweichende Verbreitung der Bodeneinheiten wurde nicht angepaßt. Im Bereich des Oste-Sperrwerks und der Zufahrtsstraßen wurden die ehemaligen Bodeneinheiten durch sandreiche Aufspülungen ersetzt, die hier im Rahmen der Baumaßnahmen durchgeführt wurden. Schlick- und Mischwatten wurden im Bereich Freiburg durch das IfB 1997 anhand von eigenen Sedimentuntersuchungen zugeordnet.

Abschnitt Cuxhaven

Die Bodeneinheiten am Mittellauf der Oste wurden in Ermangelung geeigneter Unterlagen 1997 durch das IfB anhand von eigenen Untersuchungen und der für den Unterlauf vorhandenen Bodenkarte eingeteilt.

Da nur für Teile der Wattflächen auf schleswig-holsteinischer Seite Angaben in den BK 25 vorliegen, wurden diese zum größten Teil anhand der zugrunde gelegten topographischen Karten abgegrenzt. Mit Ausnahme der am schleswig-holsteinischen Ufer gelegenen Wattflächen erfolgte die Zuordnung der Wattbodeneinheiten im Rahmen der UVU 1997 auf Grundlage von eigenen Sedimentuntersuchungen.

Für die Vordeichsflächen zwischen Grodener Hafen und Medemsand wurde die Rohmarschverbreitung aufgrund der örtlichen Gegebenheiten und der angrenzenden Karte angenommen. Die Bodenart ist unsicher, Überprägungen durch den Deichbau sind hier zu erwarten. Im Gebiet Hadelner und Belumer Außendeich treten im Bereich des Hauptdeiches im Oberboden kalkfreie Schichten mit Mächtigkeiten von 3-5 dm, z.T. bis 8 dm auf. Die Flächen im Bereich Hadelner Außendeich wurden aufgrund ihrer Lage vor dem Landesschutzdeich und den Ergebnissen aus eigenen Untersuchungen durch das IfB 1997 trotzdem als Rohmarsch eingestuft. Für die Flächen im Bereich Belumer Außendeich wurden im Rahmen der UVU zur vorherigen Fahrbahnanpassung nur vor dem Sommerdeich Rohmarsch, dahinter Kalk- und Kleimarschen abgegrenzt.

Auf schleswig-holsteinischer Seite entspricht die Uferlinie, d.h. die Grenzlinie zwischen Salzmarsch und Watt, im Bereich zwischen Neufeld und Trischen-Damm nach Anpassung im Rahmen der UVU dem Stand 1997.

Abschnitt Aussenelbe

Das Watt in der Außenelbe wurde in Ermangelung anderer Karten aus den zugrunde gelegten topographischen Karten abgegrenzt und aufgrund von Sedimentuntersuchungen im Rahmen der UVU zur vorherigen Fahrbahnanpassung als Sandwatt ausgewiesen. Die Salzmarsch bei Cuxhaven-Duhnen wurde der Bodenkundlichen Standortkarte 1:200.000 entnommen, die Bodenart ist unsicher. Die Angaben für die Insel Neuwerk stammen aus KRAUS [1994]. Die Böden der Inseln Scharhörn und Nigehörn wurden als "sonstige Böden" gekennzeichnet, da es sich bei den sandigen Ufern und Dünen vor allem um Rohböden handeln dürfte. Aufgrund der auf Nigehörn inzwischen eingetretenen Dünenbildung wurde eine Ausweisung als "Aufspülung, sandreich" nicht mehr vorgenommen.

9.1.2 Besonderheiten bei der Zusammenstellung der Bodendaten

Im Datenauszug des LANU [LANU 2005] waren die analytisch bearbeiteten Horizonte z. T. nicht deckungsgleich mit den in der Profilbeschreibung ausgewiesenen, so dass für diese Neuberechnungen von Messwerten nötig wurden. Dabei wurde den Proben jeweils diejenige Horizontnummer aus der Horizont-Datei zugewiesen, in deren Tiefenbereich sie liegt. Lag eine Probe auf der Grenze zweier Horizonte, wurden ihre Werte dem höher liegenden Horizont zugerechnet. In dem Fall, dass in einem Horizont mehrere Proben genommen und analysiert wurden, erfolgt eine nach Mächtigkeit der Probeentnahmebereiche gewichtete Mittelwertbildung. Fehlende Werte blieben unberücksichtigt und wurden nicht in die Neuberechnung einbezogen.

Von den an 125 Punkten angegebenen 34 unterschiedlichen Musterprofilen des Datenauszugs NLFB-BUK 50 wurden lediglich 65 Profile in das Bodenkataster übernommen, da in den Teilflächen der DBK25 zum Teil mehrere identische Musterprofile lokalisiert waren. Von diesen wurde jeweils nur ein Profil übernommen, weitere Musterprofile gleichen Typs innerhalb einer Fläche wurden gestrichen.

9.1.3 Verfahrensweise zur Erstellung der Referenzprofile

Bei der Erstellung der Referenzprofile musste berücksichtigt werden, dass die Datelage in Teilen uneindeutig bzw. nicht repräsentativ ist. Dies drückt sich z.B. darin aus,

- dass die in den jeweiligen Flächen der DBK 25 lokalisierten Bodendaten nicht in jedem Fall die ausgewiesene Bodeneinheit repräsentieren,
- dass die einer Bodeneinheit zuzuordnenden Bodenmerkmale regional aber auch überregional streuen und
- dass die Böden z. T. hinsichtlich ihrer Merkmale als Übergangstypen zu benachbarten Einheiten anzusprechen waren.

Da die Bildung von Referenzprofilen innerhalb der jeweiligen Einheiten eine hinreichende Homogenität der zugrunde liegenden Bodendaten erfordert, waren eine Überprüfung und Aggregation der Bodendaten hinsichtlich ihres Flächenbezugs notwendig. Hierzu wurde wie folgt verfahren:

Zur Prüfung der Einheiten auf Homogenität der enthaltenen Daten wurden die Bodentypen auf Subtypenniveau neu klassifiziert. In diesem Zusammenhang wurden verschiedene Faktoren zugrunde gelegt, wie z.B. Sedimentationsräume, Primärcarbonatgehalte der Ausgangssedimente, Entwicklungsalter der Böden (Entkalkungstiefen), Auftreten von Überdeckungen durch rezente, kalkhaltige Sedimentdecken verschiedener Mächtigkeiten sowie Auftreten von carbonathaltigen Sedimenten im grundwassergesättigten Bereich.

Die Überprüfung ergab, dass innerhalb der durch die durch die DBK 25 vorgegebenen Bodenhaupteinheiten die Bodendaten nur zum Teil eine hinreichende Homogenität aufweisen. Die für die Charakterisierung der jeweiligen Flächen ungeeigneten, nicht-repräsentativen Bodenprofile (u. a. falscher Bodentyp) wurden ausgegliedert und in möglichst eng benachbarte, passende Flächen eingeordnet. Innerhalb einer Fläche mehrfach auftretende, identische Musterprofile aus der BÜK 50 wurden jeweils nur einmal berücksichtigt.

Als ein weiteres Ergebnis der Aggregation zeigte sich, dass in verschiedenen Einheiten der Kalkmarsch, der Kleimarsch und der weiteren Bodenuntereinheiten (Varietäten) lokale oder typologische Sonderformen ausgewiesen werden können.

Dabei handelt es sich um den Typ "Moormarsch" ("MM", einer Sonderform der Organomarsch), verschiedene sehr tonreiche Typen der Nebenflüsse ("NF") und Sonderformen von Kleimarschen der oberen Tidelbe ("OE"), die Übergangsformen zu den Auenböden darstellen. Schlick-, Misch-, Sand-, und Übergangswatten wie auch Wattböden wurden aufgrund ihrer unterschiedlichen Belastungssituation durch Schadstoffe

in Lokaltypen des marinen und brackischen Bereiches ("MB"), des unteren Tideelbereiches ("F") und des oberen Tideelbereiches oberhalb Seemannshöft ("OE") sowie besonders hoch gelegene Übergangswattböden ("U") untergliedert.

Das Kriterium des Sedimentationsmilieus ist in diesem Zusammenhang nicht zur Ausweisung von Varietäten geeignet.

Weiterhin zeigte sich in einem Fall, dass sich eine in der DBK 25 dargestellte Fläche aufgrund der vorhandenen Datenlage nicht eindeutig charakterisieren lässt. Dabei handelt es sich um die Untereinheit "tonig-schluffsandige Kalkmarsch, GW-Klasse 3" (MCf_1*.3), die als kleine Fläche am Mittellauf der Oste auftritt. Sie lässt sich anhand der vorhandenen Bodendaten nicht eindeutig von den Untereinheiten "tonige Kalkmarsch, GW-Klasse 3" (MCf_1.3) und "schluffsandige Kalkmarsch, GW-Klasse 3" (MCf_2.3) abgrenzen, da sich letztgenannte Typen hinsichtlich der Bodenarten lediglich im Unterbodenbereich unterscheiden. Die Untereinheit "tonig-schluffsandige Kalkmarsch, GW-Klasse 3" wurde daher in die Untereinheit "tonige Kalkmarsch, GW-Klasse 3" (MCf_1.3NF) eingegliedert.

Besondere Verfahrensweisen bei der Bildung von Referenzprofilen

Zur Charakterisierung der Bodeneinheiten "tonige Organomarsch" (MO_1) und "tonige Organomarsch, Typ Moormarsch" (MO_1 MM) sind im Bodenkataster keine Daten vorhanden. Daher wurden standardisierte, für diese Böden typische Referenzprofile zugrunde gelegt, die nach gutachterlichen Erfahrungswerten zusammengestellt wurden.

In Einzelfällen wurden für kleinere Flächen mit abweichenden Grundwasserregimen aus bereits bestehenden Referenzprofilen weitere Referenzprofile abgeleitet, indem die Horizontierung bezüglich ihrer hydromorphen Beeinflussung modifiziert wurde. Alle weiteren Parameterwerte wurden unverändert übernommen. Es handelt sich um folgende Referenzprofile (Symbolschlüssel s. Tabelle 4-1):

Ref.-Profil Nr. 17: MC_1.2 aus Ref.-Profil Nr. 18: MC_1.3;

Ref.-Profil Nr. 20: MC_2.2 aus Ref.-Profil Nr. 21: MC_2.3;

Ref.-Profil Nr. 23: MN_1.2 aus Ref.-Profil Nr. 25: MN_1.3;

Ref.-Profil Nr. 24: MN_1.2OE aus Ref.-Profil Nr. 27: MN_1.3OE

9.2 Tabellarische Zusammenstellungen

9.2.1 Prüfung erosionsbestimmender Faktoren

Tabelle 9-3: Prüfung der Erheblichkeit der erosionsbestimmenden Faktoren an Abbruchkanten

Beobachtung	Interpretation und Bewertung
<p>1. Exposition</p> <p>Insgesamt liegen die Abbruchkanten (AK) bis auf wenige Ausnahmen flussabwärts Bützfleth beidseitig der Elbe.</p> <p>Die Mehrzahl der Abbruchbereiche (Ausnahme: Eschschallen) liegt in einem nicht durch vorgelagerte Sande/Inseln geschützten Bereich. Demgegenüber weist das Naturschutzgebiet Asseler Sand mit unverbauten Ufern, dem der Schwarztonnensand vorgelagert ist, nur ein Profil mit Abbruchkante auf, das zudem durch eine Prielöffnung gekennzeichnet ist.</p> <p><u>Höhenlage der jüngsten Abbruchunterkanten (m=Mittelwert, in Klammern Spannweite) mit Angabe des MThw / typische Lage alter Abbruchkanten</u></p> <p>Neufelder Watt: m = 1,85 mNN, (1,38 - 2,25); MThw: 1,50 m / mittig MThw</p> <p>Beidseitig der Ostemündung: m = 1,82 mNN (0,65 - 2,63); MThw: 1,50 m</p> <p>Bütteler Außendeich: m = 2,06 mNN (0,93 - 2,73); MThw: 1,49 m / unterhalb MThw</p> <p>östlich Freiburger Hafenpriels: m = 1,64 mNN (0,38 - 2,43); MThw: 1,53 m</p> <p>östlich Freiburger Hafenpriels: m = 1,31 mNN (0,52 - 1,82); MThw: 1,53 m / unterhalb bis mittig MThw</p> <p>Bereich Eschschallen: m = 0,71 mNN (0,07 - 2,22); MThw: 1,69 m / unterhalb MThw</p> <p>Außendeichs Blomesche Wildnis: m = 1,65 mNN (1,39 - 1,87); MThw: 1,56 m / nur 1 Profil mit Altdaten: keine Abbruchkanten</p> <p>Außendeichs Krautsand: m = 0,51 mNN (0,48 - 0,54); MThw: 1,60 m / keine Altdaten</p> <p>Bützfleth: 2001 nur ein Profil mit AK, sonst Sandvorspülungen: 0,08 mNN, MThw 1,70 m / unter MThw</p> <p><u>Regionale Auffälligkeiten:</u></p> <p>Bütteler Außendeich: Oberhalb alten, mit Deckwerk gesicherten Abbruchkanten (Lage: unterhalb heutigem MThw) haben sich neue Abbruchkanten gebildet.</p> <p>Eschschallen: Abbruchkanten liegen unterhalb MThw.</p> <p>Außendeichs Krautsand: Abbruchkanten unterhalb MThw.</p> <p>Außendeichs Asseler Sand: Einfluss durch "Barnbeker Loch".</p> <p>Bützfleth: Abschnittsweise Sandvorspülungen 2001.</p> <p><u>Exposition zur mittleren Flutstromgeschwindigkeit (FSG m/s):</u></p> <p>Neufelder Watt: Die AK werden von dem mittleren</p>	<p>Das Nicht- Auftreten von Abbruchkanten oberhalb Bützfleths ist nicht generell interpretierbar und ist daher wahrscheinlich (Einzel-) Faktoren, wie dem zunehmenden Uferverbau bzw. bei naturnahen Ufern der Bodenart oder dem Schutz durch vorgelagerte Inseln zuzuschreiben.</p> <p>Vorgelagerte Inseln/Sande bieten den Ufern Schutz vor Wind- und Wellenangriff und tragen so meistens zur Ausbildung von flach geneigten Ufern bei. Eine Ausnahme bildet hierbei der Bereich Eschschallen.</p> <p>Die große Mehrzahl der bei der 2. Wiederholungsmessung im Zuge der Beweissicherung vermessenen Abbruchkanten liegt über MThw. Ausnahmen bilden hierbei die Bereiche Bützfleth, Eschschallen, und ein 800 m langer Abschnitt im Bereich des Freiburger Hafenpriels (km 687). Bei km 687 treten erwartungsgemäß höhere mittlere Flutstromgeschwindigkeiten im Bereich der Abbruchkanten auf.</p> <p>Die Prüfung der Lage der Abbruchbereiche und der Karte der mittleren Flutstromgeschwindigkeit (FSG) im</p>

Beobachtung	Interpretation und Bewertung										
<p>Flutstrom nicht erreicht</p> <p>Beidseitig der Ostemündung: Über weite Strecken, auch im Bereich der höchsten Abbruchraten von >3 m/a bei km 704 geringe FSG von 0,0 – 0,15 m/s; bei km 710 lokale Erhöhung der FSG (0,15 – 0,30 m/s) genau im Bereich der dort punktuell auftretenden Abbruchkante</p> <p>Bütteler Außendeich: 0,0 bis 0,3 m/s</p> <p>Beidseitig des Freiburger Hafenpriels: Generell 0,0 – 0,15 m/s, im Bereich der höchsten Abbruchraten bei km 687 kommt der schnellere Flutstrom (0,6 – 0,75 m/s) analog zum Abstand zur Fahrrinne der Abbruchkante am nächsten</p> <p>Bereich Eschschallen: Lage der AK unter MThw</p> <p>Außendeichs Blomesche Wildnis: geringe FSG von 0,0 – 0,15 m/s</p> <p>Außendeichs Krautsand: AK liegen laut Karte im Bereich mittlere FSG 0,0 – 0,15 m/s, dabei beträgt die Entfernung zu einem mittleren Flutstrom von 0,45 – 0,6 m/s ca. 150 m</p> <p>Bützfleth: 0,0 – 0,15 m/s</p>	<p>Rasterbild hat ergeben, dass die mittlere Flutstromgeschwindigkeit wahrscheinlich nur lokal (Ostemündung, Krautsand) einen Einfluss auf die Ausbildung und die Rückverlegung von Abbruchkanten hat. Da die Mehrzahl der Abbruchkanten im Bereich geringer FSG liegt, bzw. von dem Flutstrom nicht erreicht wird, kann die FSG nicht von entscheidender Bedeutung sein. Unklar ist, warum die Abbruchkanten im Bereich Eschschallen trotz ihrer Lage unter MThw nicht unter den Einfluss höherer FSG geraten.</p> <p>Der Einfluss der natürlichen Exposition des Ufers zu Wind, Wellen und Strömung wird insgesamt als "mittel" bewertet.</p>										
<p>2. Bodenarten</p>											
<p>Die Zuordnung der Abbruchkanten (AK) zu den Bodenarten erfolgte mit Hilfe der Bodenkarte, in der die Bodeneinheiten u. a. über die Bodenart beschrieben werden.</p> <p><u>Attributierung der AK mit den Einheiten der Bodenkarte:</u> Anzahl sämtliche junge AK(125)/ Anzahl junge AK mit Abbr.-Rate >1m/a (64):</p> <table border="0"> <tr> <td>Aufspülung, sandreich:</td> <td>9 AK / 3AK</td> </tr> <tr> <td>Mischwatt:</td> <td>24 AK / 18 AK</td> </tr> <tr> <td>Salz-Rohmarsch, schluffig:</td> <td>58 AK / 32 AK</td> </tr> <tr> <td>Kalkmarsch, schluffig:</td> <td>28 AK / 9AK</td> </tr> <tr> <td>Kalkmarsch, tonig:</td> <td>6 AK / 2AK</td> </tr> </table> <p>Im Uferbereich der Unter- und Außenelbe kommen tonige Bodenarten nur untergeordnet vor. Im Bereich des Allwörderer Außendeichs (Bodeneinheit: v.a. tonige Kalkmarsch/10 a) liegen die vorkommenden Abbruchkanten v. a. unterhalb des MThw im Mischwatt oder in der vorgelagerten schluffigen Kalkmarsch.</p> <p>Die fünf in der Bodeneinheit "tonige Kalkmarsch" (Allwörderer Außendeich) vorkommenden Abbruchkanten scheinen sich erst vor kurzem in die genannte Bodeneinheit eingeschnitten zu haben, da gemäß der Bodenkarte von 1997 der "tonigen Kalkmarsch" die Einheit "schluffige Kalkmarsch" vorgelagert ist (die durch den fortgeschrittenen Uferückgang heute nicht mehr existieren dürfte). Dies wird auch von der Lage der älteren Abbruchkanten in der Fläche "schluffige Kalkmarsch" bestätigt. Ähnliches trifft auch für den Abbruchbereich bei Bützfleth vor Dow Chemical zu, wo die Abbruchkante aus dem Mischwatt in die tonige Kalkmarsch zurückverlegt worden ist.</p>	Aufspülung, sandreich:	9 AK / 3AK	Mischwatt:	24 AK / 18 AK	Salz-Rohmarsch, schluffig:	58 AK / 32 AK	Kalkmarsch, schluffig:	28 AK / 9AK	Kalkmarsch, tonig:	6 AK / 2AK	<p>Aufgrund der starken Generalisierung in der Bodenkarte ist bei einem kleinräumig variierenden Faktor wie "Bodenart" die Attributierung als "grob" zu klassifizieren.</p> <p>Im aktuellen Zustand entspricht die prozentuale Verteilung der Abbruchkanten hinsichtlich Bodenarten in etwa (visuelle Prüfung) der Häufigkeit des Auftretens der Bodenarten im Uferbereich von Unter- und Außenelbe.</p> <p>Das Auftreten von Abbruchkanten in tonigen Uferbereichen beruht vermutlich auf der Entstehung der Abbruchkanten in ehemals vorgelagerten schluffigen Böden. Daher deutet sich an, dass die Entstehung von Abbruchkanten an schluffige und sandige Bodenarten gebunden ist.</p> <p>Die weitere Beobachtung der Abbruchraten an den sechs Profilen im Bereich der tonigen Kalkmarsch würde weitere Rückschlüsse auf den Einfluss der Bodenart auf die Abbruchrate zulassen. Wir nehmen an, dass die Intensität des Abbruchs in den kommenden Jahren zurückgeht (siehe. Prognose).</p>
Aufspülung, sandreich:	9 AK / 3AK										
Mischwatt:	24 AK / 18 AK										
Salz-Rohmarsch, schluffig:	58 AK / 32 AK										
Kalkmarsch, schluffig:	28 AK / 9AK										
Kalkmarsch, tonig:	6 AK / 2AK										

Beobachtung	Interpretation und Bewertung
<p>In den sich flussabwärts aneinander anschließenden Flächen Asseler Sand – Krautsand – Allwördener Außendeich ist nur der Allwördener Außendeich durch einen starken Uferrückgang charakterisiert. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der drei Flächen ist der oben genannte Streifen "schluffige Kalkmarsch" im Bereich des Allwördener Außendeichs, der in Krautsand und Asseler Sand fehlt. Allerdings gibt es noch weitere Unterscheidungskriterien, wie den dem Asseler Sand vorgelagerten Schwarztonnensand.</p>	<p>Das Auftreten von Abbruchkanten im Allwördener Außendeich, nicht jedoch in Krautsand und Asseler Sand, deutet ebenfalls auf einen nicht unerheblichen Einfluss der Bodenart auf die Bildung von Abbruchkanten hin.</p> <p>Wie unter "Abstand zu Fahrrinne" erläutert, ist der Uferrückgang im unbefestigten Bereich bei Bützfleth trotz ufernaher Fahrrinne (Abstand <600 m) nicht wesentlich, während in sämtlichen anderen Gebieten mit ufernaher Fahrrinne Uferbefestigungen durchgeführt worden sind. Wir nehmen an, dass es im Bereich Bützfleth aufgrund der relativ erosionsresistenten tonigen Kalkmarsch in den Bützflether Vordeichflächen nicht zu ausgeprägtem Uferrückgang kommt.</p> <p>Der Einfluss der Bodenart wird als "mittel" eingestuft, da in den schluffigen und sandigen Bodenarten auch Uferstrukturtypen mit flacher Böschungsneigung ausgeprägt sind (z. B. Baljer Außendeich).</p>
<p>3. Vegetation</p> <p><u>Biotoptypen:</u></p> <p>Neufelder Watt: Obere Salzwiese, intensiv genutzt; Salzwiese der Ästuare. Die Abbruchraten im intensiv genutzten Bereich sind nicht höher als im Biotop "Salzwiese der Ästuare"</p> <p>Beidseitig der Ostemündung: Weit verbreitet sind Salzwiesen; außerdem mesophiles Marschengrünland ; Intensivgrünland der Marschen, Brutvogelgebiet ; Flutrasen ; Brackwasserwatt ohne Vegetation höherer Pflanzen ; Brackwasserwatt-Röhricht. Abbruchraten >3 m/a treten in erster Linie östlich der Ostemündung bei vorherrschendem Biototyp "Salzwiese der Ästuare" auf. Kein Profil im Intensivgrünland der Marschen weist eine Abbruchrate von >3m/a auf.</p> <p>Bütteler Außendeich: Abbruchkanten liegen bei Hinterlegung der Biotoptypenkarte v.a. im Übergangsbereich Flutrasen/Intensivgrünland. Die Höhenpunkte der Abbruchoberkanten von durchschnittlich über 2 mNN legen die Vermutung nahe, dass die Grenzen der Biotoptypenkarte nicht aktuell sind und die Abbruchkanten sämtlich in Intensivgrünland ausgeprägt sind.</p> <p>Beidseitig des Freiburger Hafenpriels: Haupteindruck mesophiles und intensiv genutztes Marschengrünland, untergeordnet Flutrasen, Salzwiesen und Röhrichte. Typische Marschenentwässerung durch eng angelegte Gruppen.</p> <p>Bereich Eschschallen: ausschließlich Röhrichte Außendeichs Blomesche Wildnis: brachgefallenes Intensivgrünland</p> <p>Außendeichs Krautsand: Flusswatt ohne Vegetation höherer Pflanzen</p> <p>Bützfleth: Hybridpappelforst</p> <p>Asseler Sand: Röhricht</p>	<p>Die Ausprägung der Vegetation in den Abbruchbereichen stellt sich analog zu den Höhenlagen heterogen dar.</p> <p>Die Beurteilung des Parameters Vegetation erfolgt als "gering".</p>

Beobachtung	Interpretation und Bewertung																
4. Kulturtechnik																	
<p><u>Eindeichungen</u></p> <p><u>Jährliche Höhenveränderung der Vordeichsländer oberhalb von Abbruchkanten durch Sedimentation:</u> Mittelwert 2,1 cm/a Median 1,0 cm/a</p> <p><u>Jährliche Höhenveränderung der Vordeichsländer unterhalb von Abbruchkanten durch Sedimentation:</u> Mittelwert 0,7 cm/a Median 2,0 cm/a</p> <p><u>Gruppen/Priele:</u> Der Abbruchbereich Freiburger Hafenspriel ist beidseitig durch Priele und Gruppen resp. Marschenbeete strukturiert.</p>	<p>Die pauschale Betrachtung der Höhenveränderungen unter- bzw. oberhalb der Abbruchkanten bestätigt den Eindruck allgemein erhöhter Sedimentationsraten auf den Vordeichsländern im Vergleich zu den Watten nicht. Vielmehr muss, erkennbar an der großen Differenz zwischen Mittelwert und Median bei der jährliche Höhenveränderung der Vordeichsländer unterhalb von Abbruchkanten durch Sedimentation, lokal differenziert werden: Es gibt einige Bereiche mit hohen Erosionsraten (=geringe Sedimentationsrate) im Watt, wodurch der Mittelwert relativ gering ausfällt. Der höhere Median zeigt aber, dass an der Mehrzahl der Abbruchunterkanten relativ starke Sedimentation stattfindet. Daher bewerten wir den Einfluss der in der Vergangenheit erfolgten Eindeichungen in Bezug auf unterschiedliche Sedimentationsraten als gering. Die mit Eindeichungen einhergehenden Nutzungsveränderungen und deren Einfluss auf die Erosion werden bei der Betrachtung dieses Unterpunktes nicht berücksichtigt.</p> <p>Im Bereich des Freiburger Hafenspriel stellen Gruppen und Priele im Uferbereich Schwachpunkte gegenüber dem Wellenangriff dar. Greift an zwei benachbarten Gruppenmündungen die Erosion verstärkt an, so muss zwangsläufig auch das Ufer zwischen den beiden Mündungen rückverlegt werden. Zudem werden die Gruppen und Priele aus Nutzungsgründen maschinell bewirtschaftet. Die maschinelle Räumung führt durch sukzessive Verbreiterung der Entwässerungsstrukturen und durch Entfernung potentiell uferbefestigender Vegetation zusätzlich zu einer Schwächung des Ufers. Die Einstufung des Unterparameters Gruppen/Priele aufgrund der genannten Gesichtspunkte erfolgt als "sehr hoch".</p> <p>Die Gesamtbeurteilung des Parameters "Kulturtechnik" wird mit "mittel" vorgenommen.</p>																
5. Schiffserzeugte Wellen																	
<p><u>Geschwindigkeit der Schiffe in kn (tideunabhängig / tideabhängig langsam (schnell):</u></p> <table border="0"> <tr> <td>Neufelder Watt:</td> <td>12/11(15)</td> </tr> <tr> <td>Beidseitig der Ostemündung:</td> <td>12/11(15)</td> </tr> <tr> <td>Bütteler Außendeich:</td> <td>12/10 (14)</td> </tr> <tr> <td>Beidseitig des Freiburger Hafenspriel:</td> <td>10-12/8-10/12-14)</td> </tr> <tr> <td>Bereich Eschschallen:</td> <td>10/8-12</td> </tr> <tr> <td>Außendeichs Blomesche Wildnis:</td> <td>10/10(14)</td> </tr> <tr> <td>Außendeichs Krautsand:</td> <td>10/8(12)</td> </tr> <tr> <td>Bützfleth:</td> <td>10/8(12)</td> </tr> </table> <p>Schiffsgrößen: Diverse, Bemessungscontainerschiff für letzte Vertiefung: Länge: bis 300 m</p>	Neufelder Watt:	12/11(15)	Beidseitig der Ostemündung:	12/11(15)	Bütteler Außendeich:	12/10 (14)	Beidseitig des Freiburger Hafenspriel:	10-12/8-10/12-14)	Bereich Eschschallen:	10/8-12	Außendeichs Blomesche Wildnis:	10/10(14)	Außendeichs Krautsand:	10/8(12)	Bützfleth:	10/8(12)	<p>Die Geschwindigkeiten der Schiffe unterscheiden sich nicht erheblich in den durch AK betroffenen Gebieten. Oberhalb Freiburger Hafenspriel ab km 685 beträgt die Geschwindigkeit der tideunabhängig fahrenden Schiffe nur 10 anstatt 12 kn. Sehr hohe Abbruchraten (>3 m) treten auffälligerweise erst unterhalb km 685 auf. Allerdings ist in diesen Bereichen auch der Abstand zur Fahrrinne relativ gering.</p> <p>Für die Auswertung fehlen uns Angaben zu früheren Geschwindigkeitsbegrenzungen. Es ist denkbar, dass die Schiffe früher zwar kleiner waren, durch höhere Fahrtgeschwindigkeiten die Wellen aber energetisch wirksamer waren.</p> <p>Die passierenden Schiffe variieren in ihrer Größe entlang der einzelnen Abbruchbereiche nicht. Eine vergleichende Betrachtung ist folglich nicht machbar. Über den gesamten Längsverlauf von Unter- und Au-</p>
Neufelder Watt:	12/11(15)																
Beidseitig der Ostemündung:	12/11(15)																
Bütteler Außendeich:	12/10 (14)																
Beidseitig des Freiburger Hafenspriel:	10-12/8-10/12-14)																
Bereich Eschschallen:	10/8-12																
Außendeichs Blomesche Wildnis:	10/10(14)																
Außendeichs Krautsand:	10/8(12)																
Bützfleth:	10/8(12)																

Beobachtung	Interpretation und Bewertung
<p>Breite: 32,30 m Tiefgang in Salzwasser: 13,50 m</p> <p>Anzahl der Schiffspassagen am Beispiel der Containerschiffe bei km 640 (Schulau): 1997: 1784 1998: 1878 1999: 2163 2000: 2363 2001: 3336 2002: 5912</p> <p>Höhe der schiffserzeugten Wellen im Uferbereich: Primär- und Sekundärwellen können in ufernahen Bereichen (Pegel Hetlingen) Höhen bis zu 1 m erreichen (BOCHE 2004)</p>	<p>ßnelbe haben die Schiffgrößen in der Vergangenheit zugenommen.</p> <p>Die starke Zunahme des Schiffverkehrs auf Unter- und Außenelbe, insbesondere der großen Containerschiffe, bedingt eine Zunahme der schiffserzeugten Wellen</p> <p>Schiffe erzeugen in Abhängigkeit von ihrer Größe- und Fahrtgeschwindigkeit sowie ihrer Anzahl hohe Wellen. Die Intensität des Angriffs auf das Ufer wird jedoch in erster Linie durch den Parameter Abstand zur Fahrrinne gesteuert. Zudem haben trotz zunehmender Schiffgrößen und stark zunehmender Verkehrsintensität die Erosionsraten i. A. abgenommen und können somit nicht ausschlaggebende Faktoren für die Erosion sein. Allerdings gibt es noch keine Bezugsdaten der terrestrischen Beweissicherung seit der starken Zunahme des Schiffverkehrs ab 2001. Wir vergeben für die schiffserzeugten Wellen (Parameter Schiffgröße und -geschwindigkeit, Anzahl der Schiffe) die Bewertung "gering".</p>
<p>6. Abstand zur Fahrrinne</p>	
<p>Der Abstand des Ufers zur Fahrrinne variiert in weiten Bereichen. Zur Beurteilung der Erheblichkeit des Einflussfaktors wurden sowohl die besonders fahrrinnen-nahen Bereiche betrachtet als auch die Bereiche mit aktiven Abbruchkanten auf ihren Abstand zur Fahrrinne geprüft.</p> <p><u>Charakterisierung der Bereiche, bei denen der Abstand Uferlinie (hier: HW-Linie aus DBWK) zu Fahrrinne <600 m beträgt:</u></p> <p>km 727-L bis km 717-L (unterhalb Otterndorf): Uferbefestigung mit Deckwerk, teilweise starker Watabtrag</p> <p>km 691-R bis km 686-R (bei St. Margarethen): Uferbefestigung mit Steinschüttungen und Asphalt</p> <p>km 683-R bis km 681-R (oberhalb Brokdorf): Uferbefestigungen mit Asphalt</p> <p>km 669-R bis km 667-R (unterhalb Kollmar): Uferbefestigungen mit Asphalt, Beton und Steinschüttungen</p> <p>km 660-L bis 654-L (bei Bützfleth): Die Situation des Ufertyps stellt sich heterogen dar: Vor Dow Chemical (Profil 658754-L) ist ein Kliff ausgeprägt, es gibt befestigte Abschnitte, außerdem Sandvorspülungen sowie naturnahe relativ flach geneigte Böschungen an denen ein Uferrückgang festzustellen ist (z. B. Profil 656817-L).</p> <p>km 654-R bis 649-R (bei Hetlinger Schanze): Wie bei Bützfleth gibt es hier sowohl unbefestigte relativ flache Ufer, an denen ein deutlicher Rückgang deichwärts erkennbar ist, sowie befestigte steile Böschungen</p> <p>km 647-L bis km 644-L (bei Steinkirchen): Über weite Teile des Abschnittes sind steile Ufer durch Steinschüttungen oder Pflasterungen gesichert</p>	<p>Die Sicherung der beschriebenen fahrrinnennahen Uferbereiche durch Steinschüttungen oder anderes Deckwerk legt die Vermutung nah, dass dies, verursacht durch die Nähe zur Fahrrinne, stark erosionsgefährdete Bereiche waren, bzw. bei naturnahen, relativ flachen Ufern noch sind.</p>

Beobachtung	Interpretation und Bewertung
<p>km 643-R bis >km 639-R : Die Ufer sind steil und in naturfremden Zustand (Steinschüttungen, Pflasterung)</p> <p>Abstand Bereiche mit Abbruchkanten zu Fahrrinne (m):</p> <p>Neufelder Watt: durchschnittlich 4301 m, MIN 4064 m, Max 5012 m</p> <p>Beidseitig der Ostemündung: durchschnittlich 1270 m, MIN 852 m, MAX 1536 m</p> <p>Bütteler Außendeich: durchschnittlich 767 m, MIN 721 m, MAX 806 m</p> <p>Beidseitig des Freiburger Hafenpriels: durchschnittlich 1365 m, MIN 946 m, MAX 1991; Abbruchrate dort am höchsten, wo Fahrrinne am dichtesten ist</p> <p>Bereich Eschschallen: Nebengelbe, von Fahrrinne durch Pagensand abgeschottet</p> <p>Außendeichs Blomesche Wildnis: durchschnittlich 1557 m, MIN 1530 m, MAX 1578 m</p> <p>Außendeichs Krautsand: durchschnittlich 730 m, MIN 724 m, MAX 740 m</p> <p>Bützfleth: <600 m</p>	<p>In den Bereichen mit aktiven Abbruchkanten wird durch die Bereiche Krautsand, wo nur Abbrüche bei besonders naher Fahrrinne auftreten, Bützfleth (Abstand <600 m) und Freiburger Hafenpriel (Abbruchrate korreliert zu Abstand Ufer-Fahrrinne), der Eindruck bestätigt, dass der Abstand zur Fahrrinne einen erheblichen Einfluss auf die Uferstruktur hat. In anderen Bereichen (z. B. Neufelder Watt) muss die Ausbildung von Abbruchkanten jedoch durch andere Faktorenkonstellationen bedingt sein.</p> <p>Erheblichkeit des Faktors "Abstand zur Fahrrinne" auf den Rückgang des Ufers wird als "hoch" bewertet.</p>

9.2.2 Zuordnung von Bodenfunktionen über die Biotoptypen

Tabelle 9-4: Zuordnungstabelle der Biotoptypen

Name Biotyp	LRF2_NAT	BNH1	BNH2	AF1_ZU
Alter Landschaftspark	3	1	1	0
Alter Landschaftspark, brachgefallen	3	1	1	0
Artenarmer Scherrasen	1	1	1	-3
Artenarmer Tide-Weiden-Auwald (ohne Besonderheiten)	1	1	1	-3
Artenreicher Flutrasen bei Altengamme	1	1	1	-3
Artenreicher Flutrasen bei Altengamme, avifaunistisch bedeutsam	1	1	1	-3
Artenreicher Scherrasen	1	1	1	-3
Artenreicher Scherrasen/Campingplatz	3	1	1	0
Bäume des Siedlungsbereichs: (Kopf)-Weide	2	1	1	-1
Basenreicher Lehm-/Tonacker	3	1	1	0
Basenreicher Lehm-/Tonacker, brachgefallen	3	1	1	0
Basenreicher Lehm-/Tonacker, mit Mais bestanden	3	1	1	0
Bielenburger Wäldchen	1	1	1	-3
Birken- und Zitterpappel-Pionierwald	1	1	1	-3
Brachgefallener Sandacker	3	1	1	0
Brachgefallenes Intensivgrünl. trockener Standorte	3	1	1	0
Brackwasserwatt-Röhricht	1	1	1	-3
Brackwasserwatt-Röhricht mit vegetationsfreien Bereichen	1	1	1	-3
Eichen-Mischwald im nicht mehr überfluteten Bereich	1	1	1	-3
Einzelbäume, Baumreihen: Esche	1	1	1	-3
Einzelbäume, Baumreihen: Kulturpappel	3	1	1	0
Einzelbäume, Baumreihen: Weide	1	1	1	-3
Elb-Uferflur auf Hanskalbsand	1	1	1	-3
Elb-Uferflur vor Hetlingen und Wittenbergen	1	1	1	-3
Erlenwald entwässerter Standorte (Pinnau)	1	1	1	-3
Extensiv genutzte Ästuar-Salzwiese in Neufeld	2	1	1	-1

Name Biotoptyp	LRF2_NAT	BNH1	BNH2	AF1_ZU
Extensivere Obstbaumplantage mit großen Bäumen	3	1	1	0
Feldhecke mit standortfremden Gehölzen	3	1	1	0
Fichtenforst	1	1	1	-3
Flusswatt-Röhricht	1	1	1	-3
Flusswatt-Röhricht auf Spülfeld Glückstadt	5	1	1	3
Flusswatt-Röhricht, Schilf	1	1	1	-3
Flutrasen	1	1	1	-3
Flutrasen mit Obstbäumen	2	1	1	-1
Flutrasen mit Schilfröhricht der Brackmarsch	1	1	1	-3
Flutrasen, Beweidung	2	1	1	-1
Freibad	5	4	5	3
Gemüse-Gartenbaufläche	3	1	1	0
Grabeland	3	1	1	0
Grünland-Einsaat	3	1	1	0
Halbruderale Brache mittlerer Standorte auf Stover Werder	1	1	1	-3
Halbruderale Gras- und Staudenflur feuchter Standorte	1	1	1	-3
Halbruderale Gras- und Staudenflur feuchter Standorte mit Obstbäumen	2	1	1	-1
Halbruderale Gras- und Staudenflur mittlerer Standorte	1	1	1	-3
Halbruderale Gras- und Staudenflur mittlerer Standorte mit Obstbäumen	2	1	1	-1
Halbruderale Gras- und Staudenflur mittlerer Standorte, Gartenbrache	3	1	1	0
Halbruderale Gras- und Staudenflur mittlerer Standorte, verbuscht	1	1	1	-3
Halbruderale Gras- und Staudenflur trockener Standorte	1	1	1	-3
Halbruderale Gras- und Staudenflur trockener Standorte guter Ausprägung	1	1	1	-3
Halbruderale Gras- und Staudenflur tr. Standorte mit Sukzessionsgebüsch	1	1	1	-3
Halbruderale Gras- und Staudenflur trockener Standorte, verbuscht	1	1	1	-3
Hartholzauwald im Überflutungsbereich	1	1	1	-3
Hausgarten mit Grossbäumen	3	1	1	0
Heterogenes Hausgartengebiet	3	1	1	0
Hybridpappelforst	1	1	1	-3
Hybridpappelforst mit Weidengebüsch	2	1	1	-1
Intensiv genutzter Badestrand	4	1	1	1
Intensiv gepflegter Park	3	1	1	0
Intensiv gepflegter Park, brachgefallen	3	1	1	0
Intensiv gepflegter Park, brachgefallen mit Sukzessionsgebüsch	3	1	1	0
Intensivgrünland der Auen	3	1	1	0
Intensivgrünland der Auen / Deich	4	1	1	1
Intensivgrünland der Auen mit Obstbäumen	3	1	1	0
Intensivgrünland der Auen mit Schilflandröhricht	3	1	1	0
Intensivgrünland der Auen mit mesophilen Anteilen am Deich	4	1	1	1
Intensivgrünland der Auen sehr guter Ausprägung	3	1	1	0
Intensivgrünland der Auen, ungepflegt	3	1	1	0
Intensivgrünland der Marschen	3	1	1	0
Intensivgrünland der Marschen (Sportplatz)	5	1	1	3
Intensivgrünland der Marschen (ungepflegt) mit Obstbäumen	3	1	1	0
Intensivgrünland der Marschen / Deich	4	1	1	1
Intensivgrünland der Marschen / Deich (gute Ausprägung)	4	1	1	1
Intensivgrünland der Marschen / Deich, beweidet	4	1	1	1
Intensivgrünland der Marschen mit Landröhricht	3	1	1	0
Intensivgrünland der Marschen mit Obstbäumen	3	1	1	0
Intensivgrünland der Marschen, Brutvogelgebiet	3	1	1	0
Intensivgrünland der Marschen, beweidet	3	1	1	0
Intensivgrünland der Marschen, beweidet, Brutvogelgebiet	3	1	1	0
Intensivgrünland der Marschen, brachgefallen	3	1	1	0
Intensivgrünland der Marschen, ungepflegt	3	1	1	0
Intensivgrünland der Marschen, ungepflegt (Brutvogelgebiet)	3	1	1	0
Intensivgrünland der Marschen, ungepflegt (gute Ausprägung)	3	1	1	0
Intensivgrünland der Auen, brachgefallen	3	1	1	0
Intensivgrünland trockener Standorte	3	1	1	0
Intensivgrünland trockener Standorte / Deich	4	1	1	1
Intensivgrünland trockener Standorte mit mesophilen Anteilen am Deich	5	1	1	3
Kälberkropf-Ufestaudenflur auf Hanskalbsand	1	1	1	-3
Kiefernforst	1	1	1	-3
Kläranlage	5	5	5	3
Laubforst aus einheimischen Arten	1	1	1	-3
Laubwald-Jungbestand	1	1	1	-3

Name Biototyp	LRF2_NAT	BNH1	BNH2	AF1_ZU
Mesophile Gebüsche	1	1	1	-3
Mesophile Gebüsche/Baumreihe/Fremdholzanteil	1	1	1	-3
Mesophiler Buchenwald des Tieflands	1	1	1	-3
Mesophiles Deichgrünland an Schleusse Geesthacht	4	1	1	1
Mesophiles Grünland mässig feuchter Standorte	2	1	1	-1
Mesophiles Grünland mässig feuchter Standorte mit Obstbäumen	2	1	1	-1
Mesophiles Grünland mässig feuchter Standorte mit Sumpfdotterblumen	2	1	1	-1
Mesophiles Grünland mässig feuchter Standorte mit halbruderalen Gras- und Staudenfluren	2	1	1	-1
Mesophiles Grünland mässig feuchter Standorte, brachgef.	2	1	1	-1
Mesophiles Grünland mässig feuchter Standorte, gute Ausprägung	2	1	1	-1
Mesophiles Grünland, ungepflegt	2	1	1	-1
Mesophiles Marschengrünland	2	1	1	-1
Mesophiles Marschengrünland (zoologisch wertvoll)	2	1	1	-1
Mesophiles Marschengrünland mit gefährdeten Arten	2	1	1	-1
Mesophiles Marschgrünland auf Deich	4	1	1	1
Nadelwald-Jungbestand	2	1	1	-1
Nährstoffreiche Nasswiese	2	1	1	-1
Nährstoffreiche Nasswiese, sehr gute Ausprägung	2	1	1	-1
Naturgarten	3	1	1	0
Naturnahe Felgehölze	2	1	1	-1
Naturnahe Felgehölze mit halbrud. Gras- u. Uferstauden mittl. Standorte	2	1	1	-1
Naturnahe Felgehölze, Schwarzpappel	2	1	1	-1
Naturnahe Felgehölze, Weiden und Kulturpappeln	2	1	1	-1
Naturnahe Felgehölze, Zitterpappel	2	1	1	-1
Naturnaher Sandstrand	1	1	1	-3
Naturnaher Sandstrand (auch Süswasser)	1	1	1	-3
Naturnaher Sandstrand mit Weidengebüsch	1	1	1	-3
Naturnaher Sandstrand, gute Ausprägung	1	1	1	-3
Neü Parkanlage	3	1	1	0
Neuzeitlicher Ziergarten	3	1	1	0
Neuzeitlicher Ziergarten, brachgefallen	3	1	1	0
Obere Salzwiese des Brackübergangs	1	1	1	-3
Obere Salzwiese, beweidet	2	1	1	-1
Obere Salzwiese,intensiv genutzt	2	1	1	-1
Obere Salzwiese,intensiv genutzt, strukturreich	2	1	1	-1
Obst- und Gemüsegarten	3	1	1	0
Obst- und Gemüsegarten, brachgefallen	3	1	1	0
Obst- und Gemüsegarten, brachgefallen mit Uferstauden	3	1	1	0
Obstbaumplantage	3	1	1	0
Obstbaumplantage mit halbrud. Gras- und Staudenflur feuchter Standorte	3	1	1	0
Obstbaumplantage, brachgefallen	3	1	1	0
Obstbaumplantage, sehr intensiv (Herbizideinsatz)	3	1	1	0
Obstwiesen	2	1	1	-1
Pionierveg. nasser nährstoffreicher Standorte	1	1	1	-3
Pionierveg. nasser nährstoffreicher Standorte auf dem Weg zum Röhricht	1	1	1	-3
Queller -Schlickgras-Watt	1	1	1	-3
Queller -Schlickgras-Watt, Grobsand	1	1	1	-3
Queller-Watt	1	1	1	-3
Rohrglanzgras-Landröhricht	1	1	1	-3
Rohrglanzgras-Landröhricht mit Uferstauden	1	1	1	-3
Rohrglanzgras-Landröhricht mit Wasserschwadenanteilen	1	1	1	-3
Rohrglanzgras-Landröhricht, schlechte Ausprägung	1	1	1	-3
Rohrglanzgras-Landröhricht, verbuscht	1	1	1	-3
Rohrkolben-Landröhricht	1	1	1	-3
Rohrkolben-Landröhricht mit Wasserschwadenanteilen	1	1	1	-3
Rohrkolben-Landröhricht, schlechte Ausprägung	1	1	1	-3
Ruderalflur frischer bis feuchter Standorte	1	1	1	-3
Ruderalflur frischer bis feuchter Standorte auf Spülfeld, verbuscht	1	1	1	-3
Ruderalflur frischer bis feuchter Standorte, verbuscht	1	1	1	-3
Ruderalflur trockenwarmer und feuchter Standorte (verbuscht, Spülfeld)	5	1	1	3
Ruderalflur trockenwarmer Standorte	1	1	1	-3
Ruderalflur trockenwarmer Standorte auf Hafen-/Schleusenanlage	5	1	1	3
Ruderalflur trockenwarmer Standorte auf Spülfeld	5	1	1	3
Ruderalflur trockenwarmer Standorte auf Spülfeld, verbuscht	5	1	1	3

Name Biototyp	LRF2_NAT	BNH1	BNH2	AF1_ZU
Ruderalflur trockenwarmer Standorte auf ehemaligen Hafene	5	1	1	3
Ruderalflur trockenwarmer Standorte, verbuscht	5	1	1	3
Ruderalflur trockenwarmer und feuchter Standorte (Spülfeld)	5	1	1	3
Ruderalflur trockenwarmer und feuchter Standorte (Spülfeld, mosaikartig)	5	1	1	3
Ruderalisierte Küstendünen-Vegetation auf künstl. Sandvorspülung	5	1	1	3
Röhricht der Dünentäler und Dünenrandzonen, Mahd	2	1	1	-1
Salzwiese der Ästuare	1	1	1	-3
Sandacker	3	1	1	0
Sandbank	1	1	1	-3
Scherrasen	1	2	2	-3
Schilf-Landröhricht	1	1	1	-3
Schilf-Landröhricht auf Spülfeld	5	1	1	3
Schilf-Landröhricht mit zoolog. Bedeut.	1	1	1	-3
Schilf-Landröhricht, schlecht Ausprägung	1	1	1	-3
Schilf-Landröhricht, verbuscht	1	1	1	-3
Schilf-Röhricht der Brackmarsch	1	1	1	-3
Schilf-Röhricht der Brackmarsch, Neufelder Bucht	1	1	1	-3
Schilf-Röhricht der Brackmarsch, avifaunistisch bedeutsam	1	1	1	-3
Schlickgras-Watt	1	1	1	-3
Seggen-, binsen- od. hochstaudenr. Flutrasen	1	1	1	-3
Seggen-, binsen- od. hochstaudenr. Flutrasen mit Obstbäumen	2	1	1	-1
Seggenried nährstoffreicher Standorte	1	1	1	-3
Siedlungsgehölz aus überw. einheim. Baumarten	2	1	1	-1
Siedlungsgehölze aus überw. nicht heim. Baumarten	2	1	1	-1
Silbergras-Flur	1	1	1	-3
Sonst. Sukzessionsgebüsch auf Anpfl. zurückgehend	1	1	1	-3
Sonstige Sport-, Spiel- und Freizeitanlage	5	1	1	3
Sonstige Weidefläche	3	1	1	0
Sonstiger Gehölzbestand auf künstl. Sandvorspülung, Grobsand	5	1	1	3
Sonstiger Offenbodenbereich	3	3	5	0
Sonstiger Sand-Magerrasen	1	1	1	-3
Sonstiges Landröhricht	1	1	1	-3
Sonstiges Sukzessionsgeb. m. erh. Fremdholzanteil	1	1	1	-3
Sonstiges Sukzessionsgebüsch	1	1	1	-3
Sonstiges Sukzessionsgebüsch auf Spülfeld	5	1	1	3
Sonstiges Weiden-Ufergebüsch	1	1	1	-3
Sonstiges mesophiles Grünland	2	1	1	-1
Sonstiges mesophiles Grünland / Deich	4	1	1	1
Sonstiges mesophiles Grünland magerer Standorte /Deich	2	1	1	-1
Sportplatz	5	3	3	3
Spülfeld-Magerrasen Glückstadt Süd	5	1	1	3
Spülfeld-Magerrasen Nesssand/Hanskalbsand	5	1	1	3
Spülfeld-Magerrasen Pagensand	5	1	1	3
Spülfeld-Magerrasen Schwarztonnensand	5	1	1	3
Standortfremde Feldgehölze	2	1	1	-1
Standortfremde Feldgehölze mit Pappelanteil/ Weidengebüsch	2	1	1	-1
Standortfremde Feldgehölze mit Pappeln	2	1	1	-1
Standortfremde Feldgehölze mit halbruderaler Gras- und Staudenflur	2	1	1	-1
Standortfremdes Gebüsch	3	1	1	0
Strandsimsen-Röhricht der Brackmarsch	1	1	1	-3
Strandsimsen-Röhricht der Brackmarsch, Neufelder Bucht	1	1	1	-3
Strandsimsen-Röhricht der Brackmarsch, beweidet	2	1	1	-1
Strandwiese	1	1	1	-3
Strauch-Baumhecke	3	1	1	0
Strauchhecke	3	1	1	0
Strauchhecke: Weiden	2	1	1	-1
Strukturarme Kleingartenanlage	3	2	2	0
Strukturreiche Kleingartenanlage	3	2	2	0
Sumpfdotterblumenw. im Münd.ber. d. Ilmenau	1	1	1	-3
Sumpfdotterblumenwiese, seggenarm	1	1	1	-3
Sumpfiger Weiden-Auwald	1	1	1	-3
Sumpfiges Weiden-Auengebüsch	1	1	1	-3
Sumpfiges Weiden-Auengebüsch an Ilmenau	1	1	1	-3
Sumpfiges Weiden-Auengebüsch/Weiden-Auwald	1	1	1	-3
Tide-Auwald am Sporthafen Wedel	1	1	1	-3

Name Biototyp	LRF2_NAT	BNH1	BNH2	AF1_ZU
Tide-Auwald an Nordspitze Kattwyck -Halbinsel	5	1	1	3
Tide-Auwald auf der Elbinsel Pagensand	1	1	1	-3
Tide-Auwald in West-Kraül	1	1	1	-3
Tide-Auwald mit Schwarzpappeln	1	1	1	-3
Tide-Weiden-Auwald (ohne Besonderheiten)	1	1	1	-3
Tide-Weiden-Auwald (ohne Besonderheiten) mit Landröhricht	1	1	1	-3
Typisches Weiden-Auengebüsch	1	1	1	-3
Typisches Weiden-Auengebüsch (geplant)	2	1	1	-1
Typisches Weiden-Auengebüsch auf Spülfeld	5	1	1	3
Typisches Weiden-Auengebüsch auf der Rhinplate	1	1	1	-3
Typisches Weiden-Auengebüsch mit Pappelgebüsch	1	1	1	-3
Typisches Weiden-Auengebüsch mit Sandstarn	1	1	1	-3
Typisches Weiden-Auengebüsch mit Uferstäuden	1	1	1	-3
Typisches Weiden-Auengebüsch mit halbruderaler Staudenflur	1	1	1	-3
Typisches Weiden-Auengebüsch, Bishorster Sand/Auerg	1	1	1	-3
Typisches Weiden-Auengebüsch, Spülfeld Glückstadt Süd	5	1	1	3
Uferstaudenflur auf der Kattwyck-Halbinsel	5	1	1	3
Uferstaudenflur der Stromtäler	1	1	1	-3
Uferstaudenflur der Stromtäler mit Weidengebüsch	1	1	1	-3
Uferstaudenflur der Stromtäler, aufkommende Verbuschung	1	1	1	-3
Uferstaudenflur der Stromtäler, sehr gute Ausprägung	1	1	1	-3
Untere Salzwiese (Beweidung)	2	1	1	-1
Untere Salzwiese, Gruppenstruktur, beweidet	2	1	1	-1
Untere Salzwiese, besonders naturnah und strukturreich	1	1	1	-3
Untere Salzwiese, beweidet	2	1	1	-1
Untere Salzwiese, beweidet mit Gruppenstruktur	2	1	1	-1
Untere Salzwiese, beweidet mit natürlichem Relief	2	1	1	-1
Untere Salzwiese, mit natürlichem Relief	1	1	1	-3
Untere Salzwiese, mit natürlichem Relief, beweidet	2	1	1	-1
Untere Salzwiese, mit natürlichem Relief, beweidet, strukturreich	2	1	1	-1
Untere Salzwiese, naturnah	1	1	1	-3
Vegetationsarmes Spülfeld	5	1	1	3
Wasserschwaden-Landröhr. mit zoolog. Bedeut.	1	1	1	-3
Wasserschwaden-Landröhricht	1	1	1	-3
Wasserschwaden-Landröhricht mit Rohrglanzgras-Landröhricht	1	1	1	-3
Wasserschwaden-Landröhricht mit Rohrkolben-Landröhricht	1	1	1	-3
Wechselfeuchte Brenndoldenwiese	2	1	1	-1
Weiden-Sumpfbüsch nährstoffreicher Standorte	1	1	1	-3
Ziergebüsch aus überw. einheim. Gehölzarten	3	1	1	0
Ziergebüsch aus überw. nicht heim. Gehölzarten	3	1	1	0
Zwei Seggenrieder im Mündungsstr. der Ilmenau	1	1	1	-3
vegetationsloser Strand mit Schilflandröhricht	1	1	4	-3
verwildertes Kulturweiden-Auengebüsch	1	1	1	-3
verwildertes Kulturweiden-Auengebüsch (Brache)	1	1	1	-3
verwildertes Kulturweiden-Auengebüsch/ehemaliger Weidenforst	1	1	1	-3

9.2.3 Referenzprofile

Tabelle 9-5: Übersicht über die Referenzprofile

Nr.	Typ	BA	GW	Var	BoA	Hor-Nr	n (HORIZ)	n (PROFIL)	GH	OK	UK	Horiz	BoArt	Ton	CO ₃	pH	Hu	RG	Gef	KA 5
1	IW	1	1	A	tu	1	4	4	1,20	0	0,03	eFo	Us	6,25	6,35	7,9	0	1,10	pol	IW
	IW	1	1	A	tu	2	5	4		0,03	0,54	eFr1	Us	5,50	6,48	7,7	0	1,30	ein	IW
	IW	1	1	A	tu	3	4	4		0,66	1,00	eFr2	Uls	8,25	5,75	7,7	0	1,30	ein	IW
2	IW	1	1	F	tu	1	1	1	0,70	0	0,01	(e)Fo	Ls2	21,00	1,25	6,8	11,50	1,50	pol	IW
	IW	1	1	F	tu	2	1	1		0,01	0,05	(e)For	Lu	23,50	1,25	7,2	3,00	1,30	koh	IW
	IW	1	1	F	tu	3	1	1		0,05	0,1	eFr1	Lu	23,50	8,50	7,2	0	1,30	koh	IW
	IW	1	1	F	tu	4	1	1		0,10	0,2	eFr2	Ls2	21,00	8,50	7,2	0	1,30	koh	IW
	IW	1	1	F	tu	5	1	1		0,20	0,5	eFr3	Ls2	21,00	3,00	7,2	0	1,30	koh	IW
	IW	1	1	F	tu	6	1	1		0,50	1	(e)Fr4	Ss	2,50	1,25	7,6	0	1,60	ein	IW
3	IW	1	1	OE	tu	1	1	1	1,55	0	0,3	For	Lt2	31,70	0	6,4	15,43	0,45	pol	IW
	IW	1	1	OE	tu	2	1	1		0,30	0,6	Fr1	Lt2	31,50	0	5,9	14,44	0,40	koh	IW
	IW	1	1	OE	tu	3	1	1		0,60	0,8	Fr2	Lts	26,50	0	5,8	11,66	0,57	koh	IW
	IW	1	1	OE	tu	4	1	1		0,80	0,9	Fr3	St2	11,10	0	4,5	6,89	0,80	ein	IW
	IW	1	1	OE	tu	5	1	1		0,90	1	Fr4	Ss	4,90	0	6,5	1,62	1,00	ein	IW
4	IW	2	1	A	us	1	3	3	0,80	0	0,05	eFo	Su2	3,83	5,30	7,5	0,50	1,50	ein	IW
	IW	2	1	A	us	2	4	3		0,05	0,80	eFr1	Ls3	20,88	5,20	7,6	0	1,20	koh	IW
	IW	2	1	A	us	3	4	3		0,80	1,00	eFr2	Sl3	8,50	6,67	7,6	0	1,50	ein-koh	IW
5	IW	2	1	F	us	1	3	3	1,00	0	0,05	eFo	Sl4	15,67	2,67	7,5	4,83	1,20	pol	IW
	IW	2	1	F	us	2	6	3		0,05	0,60	eFr1	Ls2	18,00	6,58	7,6	0	1,30	koh	IW
	IW	2	1	F	us	3	4	2		0,60	1,00	eFr2	Ss	2,50	3,50	7,6	0	1,50	koh	IW
6	IW	2	1	U	us	1	7	7	1,40	0,01	0,05	eFo-Ah	Su4	7,58	6,23	7,6	1,76	1,20	sub-ein	IW
	IW	2	1	U	us	2	3	7		0,05	0,25	eFo	Ss	2,50	10	7,6	0,33	1,50	sub-ein	IW
	IW	2	1	U	us	3	2	7		0,25	0,55	eFor	Su3	5,00	9,00	7,6	0	1,50	ein	IW
	IW	2	1	U	us	4	10	7		0,55	1,00	eFr	Su4	7,88	7,53	7,6	0,10	1,60	ein	IW
7	IW	3	1	A	s	1	1	1	1,20	0	0,1	eAh-Fo	Su4	4,00	5,80	8,1	1,76	1,20	ein	IW
	IW	3	1	A	s	2	1	1		0,10	0,75	zeFr1	Su3	3,00	5,80	8,0	0,33	1,50	ein	IW
	IW	3	1	A	s	3	1	1		0,75	1,00	zeFr2	Uls	12,50	6,00	7,8	0,10	1,40	ein	IW
8	IW	3	1	F	s	1	2	2	1,30	0	0,15	(e)Fo	Ss	2,50	0,63	6,8	1,50	1,50	kru	IW
	IW	3	1	F	s	2	2	2		0,15	0,20	(e)For	Sl4	11,75	0,75	7,2	2,46	1,30	ein	IW
	IW	3	1	F	s	3	4	2		0,20	0,80	(e)Fro	Ss	2,50	0,63	7,6	0	1,60	ein	IW
	IW	3	1	F	s	4	3	2		0,80	1,00	eFr	Ss	2,50	6,08	7,6	0	1,60	ein	IW
9	IW	3	1	OE	s	1	2	2	1,00	0	0,05	For	Ss	1,90	0	7,0	0,90	1,50	ein	IW
	IW	3	1	OE	s	2	2	2		0,05	0,10	Fr1	Ss	1,95	0	5,6	0,21	1,60	ein	IW
	IW	3	1	OE	s	3	2	2		0,10	0,20	Fr2	Ss	1,90	0	6,7	0	1,69	ein	IW
	IW	3	1	OE	s	4	4	2		0,20	1,00	Fr3	Ss	2,50	0	6,7	0	1,60	ein	IW

Nr.	Typ	BA	GW	Var	BoA	Hor-Nr	n (HORIZ)	n (PROFIL)	GH	OK	UK	Horiz	BoArt	Ton	CO ₃	pH	Hu	RG	Gef	KA 5
10	UA	3	2		s	1	0	0	1,8	0,00	0,01	A(i)	Ss	2,50	0	6,8	0	1,50	ein	UA
	UA	3	2		s	2	0	0		0,01	0,60	C	Ss	2,50	0	6,8	0	1,60	ein	UA
	UA	3	2		s	2	0	0		0,60	1,00	Gw	Ss	2,50	0	6,8	0	1,60	ein	UA
11	MR	1	2		tu	1	1	1	2,00	0	0,20	eAh-Go	Tu4	30	5,50	7,0	22,50	1,10	sub-pol	MR
	MR	1	2		tu	2	1	1		0,20	0,50	eGro	Tu4	30	5,50	7,1	0	1,32	pol	MR
	MR	1	2		tu	3	1	1		0,50	2,00	eGr	Tu4	30	5,50	7,2	0	1,25	koh	MR
12	MR	1	3		tu	4	4	3	2,35	0,03	0,20	eAhGo	Lu	25,50	4,50	7,0	13,50	1,10	sub-pol	MR
	MR	1	3		tu	5	1	3		0,20	0,60	eGo	Ls2	21,00	3,00	7,1	1,50	1,30	sub-pol	MR
	MR	1	3		tu	6	3	3		0,60	0,85	eGro	Tu4	27,83	5,00	7,1	0	1,25	sub-pol	MR
	MR	1	3		tu	7	5	3		0,85	2,00	eGr	Lu	28,40	4,70	7,2	0	1,25	koh	MR
13	MR	1*	1		su-tu	1	3	3	1,90	0	0,20	eAh-Go	Tu4	32,50	4,00	7,0	11,50	1,10	sub-pol	MR
	MR	1*	1		su-tu	2	4	3		0,20	0,39	eGro	Tu4	31,88	4,50	7,1	0	1,32	pol	MR
	MR	1*	1		su-tu	3	4	3		0,39	2,00	eGr	Tu4	31,88	4,50	7,2	0	1,25	koh	MR
14	MR	2	2		us	1	23	23	2,00	0	0,20	eGo-Ah	Uls	15,90	4,88	7,2	7,86	1,10	kru	MR
	MR	2	2		us	2	29	23		0,20	0,40	eAh-Go	Uls	16,63	3,51	7,7	5,61	1,06	sub	MR
	MR	2	2		us	3	17	23		0,40	0,65	eGo	Slu	11,16	5,35	7,7	0,76	1,30	sub	MR
	MR	2	2		us	4	17	23		0,65	0,75	eGro	Uls	14,50	3,70	7,7	0,59	1,30	koh	MR
	MR	2	2		us	5	8	23		0,75	0,90	eGor	Sl4	14,74	3,64	7,7	0,72	1,40	koh	MR
	MR	2	2		us	6	33	23		0,90	2,00	eGr	Su3	7,12	4,74	7,6	0,61	1,40	koh	MR
15	MR	2	3		us	1	12	12	2,35	0	0,25	eGo-Ah	Sl3	10,69	3,49	7,2	5,80	1,06	kru-sub	MR
	MR	2	3		us	2	9	12		0,25	0,40	eAh-Go	Lu	19,28	3,16	6,9	3,80	1,08	sub-pol	MR
	MR	2	3		us	3	15	12		0,40	0,75	eGo	Uls	10,65	3,33	7,5	0,74	1,29	sub	MR
	MR	2	3		us	4	17	12		0,75	1,35	eGro	Ls2	22,59	4,07	7,8	0,55	1,22	sub-pol	MR
	MR	2	3		us	5	5	12		1,35	1,80	eGor	Ls3	17,80	4,50	8,0	0	1,15	koh	MR
	MR	2	3		us	6	25	12		1,80	2,40	eGr	Ls3	19,00	4,27	7,6	0,33	1,15	koh	MR
16	MV	2	1		us	1	17	10	1,95	0	0,25	eGoAh	Lu	21,28	2,41	7,1	8,55	0,73	kru-sub	MC
	MV	2	1		us	2	3	10		0,25	0,40	Gro	Tu3	37,50	0	6,6	3,83	1,25	koh	MC
	MV	2	1		us	3	4	10		0,40	0,50	(e)Go	Ls2	21,23	1,36	6,8	1,96	1,40	koh	MC
	MV	2	1		us	4	7	10		0,50	0,80	eGor	Ls2	21,21	2,08	6,6	1,12	1,01	koh	MC
	MV	2	1		us	5	27	10		0,80	2,00	eGr	Ls2	23,06	2,79	7,2	0,56	0,94	koh	MC
17	MC	1	2		tu	1	28	28	2,20	0	0,10	eAh	Lu	24,29	3,87	7,1	7,31	0,97	kru-sub	MC
	MC	1	2		tu	2	22	28		0,10	0,30	eAhGo	Lu	23,14	3,33	7,1	4,05	1,08	sub	MC
	MC	1	2		tu	3	40	28		0,30	0,60	eGo	Lu	24,95	2,82	7,1	1,50	1,34	pri-pol	MC
	MC	1	2		tu	3	40	28		0,60	0,75	eGor1	Lu	24,95	2,82	7,1	1,50	1,34	pri-pol	MC
	MC	1	2		tu	4	12	28		0,75	1,00	eGor2	Lt2	26,37	3,71	7,2	0,96	1,39	pri	MC
	MC	1	2		tu	5	10	28		1,00	1,35	(e)Gor	Tu3	31,95	1,98	7,3	1,21	1,20	koh	MC
	MC	1	2		tu	6	6	28		1,35	1,50	eGr	Lu	22,00	3,31	7,5	1,18	1,17	koh	MC
	MC	1	2		tu	7	28	28		1,50	2,00	eGr	Lu	26,02	4,39	7,2	2,28	0,93	koh	MC

Nr.	Typ	BA	GW	Var	BoA	Hor-Nr	n (HORIZ)	n (PROFIL)	GH	OK	UK	Horiz	BoArt	Ton	CO ₃	pH	Hu	RG	Gef	KA 5
18	MC	1	3		tu	1	28	28	2,20	0	0,10	eAh	Lu	24,29	3,87	7,1	7,31	0,97	kru-sub	MC
	MC	1	3		tu	2	22	28		0,10	0,30	eAhGo	Lu	23,14	3,33	7,1	4,05	1,08	sub	MC
	MC	1	3		tu	3	40	28		0,30	0,75	eGo1	Lu	24,95	2,82	7,1	1,50	1,34	pri-pol	MC
	MC	1	3		tu	4	12	28		0,75	1,00	eGo2	Lt2	26,37	3,71	7,2	0,96	1,39	pri	MC
	MC	1	3		tu	5	10	28		1,00	1,35	(e)Gro	Tu3	31,95	1,98	7,3	1,21	1,20	koh	MC
	MC	1	3		tu	6	6	28		1,35	1,50	eGor	Lu	22,00	3,31	7,5	1,18	1,17	koh	MC
	MC	1	3		tu	7	28	28		1,50	2,00	eGr	Lu	26,02	4,39	7,2	2,28	0,93	koh	MC
19	MC	1	3	NF	tu	1	6	6	2,45	0	0,20	(e)Ah	Ut4	24,67	0,75	6,8	4,64	1,15	kru	MC
	MC	1	3	NF	tu	2	10	6		0,20	0,60	eGo	Tu3	30,50	3,58	7,0	1,40	1,34	pri-pol	MC
	MC	1	3	NF	tu	3	6	6		0,60	1,10	eGo	Tu3	35,92	4,29	6,7	0,83	1,28	pri	MC
	MC	1	3	NF	tu	4	11	6		1,10	2,00	eGr	Tu3	36,64	5,04	6,9	1,95	1,20	koh	MC
20	MC	2	2		us	2	29	29	2,30	0	0,10	eAh	Lu	19,24	3,22	6,8	6,01	0,80	kru	MC
	MC	2	2		us	3	14	29		0,10	0,30	Ah-Go	Lu	22,34	4,53	7,1	4,04	0,80	sub	MC
	MC	2	2		us	4	56	29		0,30	0,60	eGo	Uls	16,20	3,63	7,3	0,84	1,29	pol	MC
	MC	2	2		us	4	56	29		0,60	0,85	eGor	Uls	16,20	3,63	7,3	0,84	1,29	pol	MC
	MC	2	2		us	5	29	29		0,85	1,20	eGr	Uls	16,47	4,81	7,4	1,07	1,20	koh	MC
	MC	2	2		us	6	31	29		1,20	2,00	Gr	Lu	20,34	4,41	7,4	1,27	1,29	koh	MC
21	MC	2	3		us	2	29	29	2,30	0	0,10	eAh	Lu	19,24	3,22	6,8	6,01	0,80	kru	MC
	MC	2	3		us	3	14	29		0,10	0,30	Ah-Go	Lu	22,34	4,53	7,1	4,04	0,80	sub	MC
	MC	2	3		us	4	56	29		0,30	0,85	eGo	Uls	16,20	3,63	7,3	0,84	1,29	pol	MC
	MC	2	3		us	5	29	29		0,85	1,20	eGro	Uls	16,47	4,81	7,4	1,07	1,20	koh	MC
	MC	2	3		us	6	31	29		1,20	2,00	Gr	Lu	20,34	4,41	7,4	1,27	1,29	koh	MC
22	MC	3	1		s	1	2	2	2,15	0	0,05	eAh	Slu	13,50	3,99	7,5	5,15	1,15	kru	MC
	MC	3	1		s	2	2	1		0,05	0,15	eAh-Go	Sl2	6,50	10	7,5	1,5	1,35	sub	MC
	MC	3	1		s	3	2	2		0,15	0,30	eGo	Sl2	6,50	10	7,5	0,50	1,35	sub	MC
	MC	3	1		s	4	2	2		0,30	1,00	eGr	Sl2	6,50	10	7,5	0,50	1,35	ein	MC
23	MN	1	3		tu	1	15	19	2,15	0	0,20	Ah	Lu	29,93	0	5,4	7,48	1,15	kru	MN
	MN	1	3		tu	2	14	19		0,20	0,55	Go	Tu3	31,73	0	5,9	1,41	1,18	sub	MN
	MN	1	3		tu	3	18	19		0,55	1,00	Gor	Lu	20,96	0	5,9	0,39	1,32	pol	MN
	MN	1	3		tu	4	9	19		1,00	2,00	Gr	Lu	19,96	0	6,7	0,84	1,25	koh	MN
24	MN	1	2	OE	tu	1	5	5	3,35	0	0,10	Go-Ah	Ls2	20,18	0	5,5	5,99	1,15	kru	MN
	MN	1	2	OE	tu	2	4	5		0,10	0,40	Ah-Go	Ls2	18,33	0	4,8	3,01	1,48	sub	MN
	MN	1	2	OE	tu	3	4	5		0,40	0,60	Go	Ls2	19,34	0	5,5	1,23	1,32	sub	MN
	MN	1	2	OE	tu	3	4	5		0,60	1,00	Go	Ls2	19,34	0	5,5	1,23	1,32	sub	MN
25	MN	1	3		tu	1	15	19	2,15	0	0,20	Ah	Lu	29,93	0	5,4	7,48	1,15	kru	MN
	MN	1	3		tu	2	14	19		0,20	0,55	Go	Tu3	31,73	0	5,9	1,41	1,18	sub	MN
	MN	1	3		tu	3	18	19		0,55	1,05	eGo	Lu	20,96	5,76	7,3	0,39	1,32	pol	MN
	MN	1	3		tu	4	9	19		1,05	2,00	eGr	Lu	19,96	3,97	7,2	0,84	1,25	koh	MN

Nr.	Typ	BA	GW	Var	BoA	Hor-Nr	n (HORIZ)	n (PROFIL)	GH	OK	UK	Horiz	BoArt	Ton	CO ₃	pH	Hu	RG	Gef	KA 5
26	MN	1	3	NF	tu	1	4	4	2,25	0	0,25	Go-Ah	Tu3	37,50	0	5,4	1,50	1,25	-	MN
	MN	1	3	NF	tu	2	4	4		0,25	1,00	Go	Tu3	37,50	0	5,9	0	1,40	-	MN
	MN	1	3	NF	tu	3	4	4		1,00	2,00	Gr	Tu3	37,50	0	5,9	0	1,20	-	MN
27	MN	1	3	OE	tu	1	5	5	3,35	0	0,10	Go-Ah	Ls2	20,18	0	5,5	5,99	1,15	kru	MN
	MN	1	3	OE	tu	2	4	5		0,10	0,40	Ah-Go	Ls2	18,33	0	4,8	3,01	1,48	sub	MN
	MN	1	3	OE	tu	3	4	5		0,40	1,05	Go	Ls2	19,34	0	5,5	1,23	1,32	sub	MN
	MN	1	3	OE	tu	4	6	5		1,05	1,40	Gro	Sl4	13,79	0	5,9	0,29	1,44	sub	MN
	MN	1	3	OE	tu	5	4	5		1,40	1,70	Gor	Uls	12,00	0	5,9	0	1,40	koh	MN
	MN	1	3	OE	tu	6	5	5		1,70	2,00	Gr	Su4	4,20	0	6,5	0	1,40	ein	MN
28	MN	1*	3		tu-us	1	1	1	2,30	0	0,20	Go-Ah	Tu3	37,50	0	5,4	6,00	1,15	-	MN
	MN	1*	3		tu-us	2	1	1		0,20	1,00	Go	Tu3	37,50	0	5,9	0	1,40	-	MN
	MN	1*	3		tu-us	3	1	1		1,00	2,00	Gr	Tu3	37,50	0	5,9	0	1,25	-	MN
29	MN	2	2		us	1	1	1	1,90	0	0,35	Ah	Lt2	32,00	0	5,4	5,19	1,15	pol	MN
	MN	2	2		us	2	1	1		0,35	0,75	Go	Slu	10,80	0	5,9	0,40	1,30	pol	MN
	MN	2	2		us	3	1	1		0,75	1,00	Gor	Ls2	21,00	0	5,9	0,60	1,35	-	MN
	MN	2	2		us	4	1	1		1,00	1,40	Gr	Lt2	27,10	0	6,4	0,79	1,35	-	MN
	MN	2	2		us	5	1	1		1,40	2,00	eGr	Sl3	11,70	7,08	7,6	1,10	1,20	-	MN
30	MN	2	2	OE	us	1	13	18	3,45	0	0,10	Ah	Sl3	10,25	0	6,3	8,51	0,83	kru	MN
	MN	2	2	OE	us	2	9	18		0,10	0,40	Go-Ah	Sl2	6,62	0	6,4	1,96	1,38	kru-sub	MN
	MN	2	2	OE	us	3	8	18		0,40	0,75	(M-)Go	Ls2	17,53	0	6,1	1,96	1,43	sub	MN
	MN	2	2	OE	us	4	23	18		0,75	1,15	Gor1	Sl3	9,25	0	6,2	0,14	1,46	ein-sub	MN
	MN	2	2	OE	us	5	8	18		1,15	1,85	Gor2	Su2	4,69	0	6,6	0,22	1,40	ein	MN
	MN	2	2	OE	us	6	6	18		1,85	2,30	Gr	Ss	3,27	0	5,2	0,90	1,40	ein	MN
31	MN	2	3		us	1	1	4	2,45	0	0,10	(e)Ah	Lt3	44,00	0,25	6,6	2,96	1,15	kru	MN
	MN	2	3		us	2	3	4		0,10	0,15	Go-Ah	Lu	27,67	0	5,6	4,20	1,15	kru	MN
	MN	2	3		us	3	2	4		0,15	0,25	Go-Ah	Lu	22,50	0	6,1	2,82	1,25	kru	MN
	MN	2	3		us	4	4	4		0,25	0,60	Go	Uls	16,25	0	6,0	0,72	1,30	sub	MN
	MN	2	3		us	5	4	4		0,60	1,10	(e)Go	Slu	16,25	0,94	6,0	0,63	1,30	pol	MN
	MN	2	3		us	6	3	4		1,10	2,00	(e)Gr	Lu	21,17	0,63	6,5	0,17	1,25	koh	MN
32	MN	3	3		s	1	2	2	3,40	0	0,15	Ah	Sl3	8,50	0	5,8	2,88	0,96	ein-kru	MN
	MN	3	3		s	2	3	2		0,15	0,45	M	Sl3	8,20	0	5,4	0,36	1,46	sub	MN
	MN	3	3		s	3	3	2		0,45	0,70	C	Ss	3,13	0	5,8	0	1,50	ein	MN
	MN	3	3		s	4	3	2		0,70	1,30	Go	Ss	2,23	0	6,9	0,33	1,44	ein	MN
	MN	3	3		s	5	3	2		1,30	2,50	Gr	Ss	2,50	0	6,9	0	1,40	ein	MN
33	MD	1	2		tu	1	1	1	2,00	0	0,30	Ap	Tu3	37,50	0	5,4	1,50	1,25	-	MD
	MD	1	2		tu	2	1	1		0,30	0,60	Go-Sw	Tu3	37,50	0	5,9	0	1,35	-	MD
	MD	1	2		tu	3	1	1		0,60	1,10	Go-Sd	Tu3	37,50	0	5,9	0	1,40	-	MD
	MD	1	2		tu	4	1	1		1,10	2,00	fGo-Gr	Tu3	37,50	0	6,5	0	1,15	-	MD

Nr.	Typ	BA	GW	Var	BoA	Hor-Nr	n (HORIZ)	n (PROFIL)	GH	OK	UK	Horiz	BoArt	Ton	CO ₃	pH	Hu	RG	Gef	KA 5
34	MD	1	3		tu	1	1	4	1,95	0	0,10	(e)Ah	Lu	23,50	1,25	6,5	6,00	1,15	kru	MD
	MD	1	3		tu	2	4	4		0,10	0,40	Ah	Tu3	28,35	0	5,1	7,07	1,15	pol	MD
	MD	1	3		tu	3	6	4		0,40	0,80	Go1	Ut4	25,00	0	5,9	0,75	1,35	pri	MD
	MD	1	3		tu	4	4	4		0,80	1,20	(e)Go2	Tu3	37,33	0,17	7,2	1,33	1,36	pri	MD
	MD	1	3		tu	5	1	4		1,20	1,40	Gor	Lu	23,50	3,00	7,2	0	1,35	koh	MD
	MD	1	3		tu	6	3	4		1,40	2,00	(e)Gr	Ut4	24,33	0,42	7,2	0,50	1,15	koh	MD
35	MO	1	1		tu	1	0	0	1,80	0	0,30	oAh-Go	Lu	23,50	0	5,4	12,00	1,20	kru-sub	MO
	MO	1	1		tu	2	0	0		0,30	0,50	oGro	Tu3	37,50	0	5,8	8,00	1,40	pol	MO
	MO	1	1		tu	3	0	0		0,50	0,70	onHr	Hnp	-	0	5,8	35,00	0,51	-	MO
	MO	1	1		tu	4	0	0		0,70	1,30	oGr	Tu2	50	0	6,1	8,00	1,40	koh	MO
	MO	1	1		tu	5	0	0		1,30	1,60	oGr	Lt3	40	0	6,1	4,80	1,30	koh	MO
	MO	1	1		tu	6	0	0		1,60	2,00	Gr	Ut3	14,50	0	6,5	2,00	1,00	koh	MO
36	MO	1	1	MM	tu	1	0	0	1,80	0	0,10	oAh-Go	Lu	23,50	0	5,4	12,00	1,20	kru-sub	MO\HN
	MO	1	1	MM	tu	2	0	0		0,10	0,30	oGro	Tu3	37,50	0	5,8	8,00	1,40	pol	MO\HN
	MO	1	1	MM	tu	3	0	0		0,30	1,00	nHr	Hnp	-	0	5,8	35,00	0,51	-	MO\HN
	MO	1	1	MM	tu	4	0	0		1,00	1,30	oGr	Tu2	50	0	6,1	8,00	1,30	koh	MO\HN
	MO	1	1	MM	tu	5	0	0		1,30	1,60	oGr	Lt3	40	0	6,1	4,80	1,02	koh	MO\HN
	MO	1	1	MM	tu	6	0	0		1,60	2,00	Gr	Ut3	14,50	0	6,5	2,00	1,00	koh	MO\HN
37	MO	1	2	MM	tu	1	0	0	1,80	0	0,10	oAh-Go	Lu	23,50	0	5,4	12,00	1,20	kru-sub	MO\HN
	MO	1	2	MM	tu	2	0	0		0,10	0,30	oGro	Tu3	37,50	0	5,8	8,00	1,40	pol	MO\HN
	MO	1	2	MM	tu	3	0	0		0,30	0,60	nHw	Hnp	-	0	5,8	35,00	0,51	-	MO\HN
	MO	1	2	MM	tu	3	0	0		0,60	1,00	nHr	Hnp	-	0	5,8	35,00	0,51	-	MO\HN
	MO	1	2	MM	tu	4	0	0		1,00	1,30	oGr	Tu2	50	0	6,1	8,00	1,30	koh	MO\HN
	MO	1	2	MM	tu	5	0	0		1,30	1,60	oGr	Lt3	40	0	6,1	4,80	1,02	koh	MO\HN
38	HN	1	1		tu	1	0	0	1,80	0	0,30	nHv	Hnp	37,50	0	5,8	35,00	0,80	kru-pol	HN
	HN	1	1		tu	2	0	0		0,30	1,00	nHr	Hnp	37,50	0	5,8	35,00	0,50	-	HN
39	YF	2	3		s-us	1	8	6	2,15	0	0,35	(e)jAh	Slu	12,75	0,18	6,8	15,77	1,15	kru	RQ-YK
	YF	2	3		s-us	2	3	6		0,35	0,85	(e)jCv	Uls	11,50	1,58	7,0	5,89	1,35	sub	RQ-YK
	YF	2	3		s-us	3	17	6		0,85	2,20	jGo	Sl2	7,88	0	6,7	0,53	1,35	ein	RQ-YK
	YF	2	3		s-us	4	9	6		2,20	3,00	Gr	Sl2	7,17	0	6,7	0	1,35	ein	RQ-YK
40	YS	1	3		tu	1	1	1	8,70	0	0,10	(e)jAh	Tu3	41,00	0,48	6,7	2,24	1,15	kru-sub	RQ-YK
	YS	1	3		tu	2	1	1		0,10	0,28	(e)jC1	Lt3	43,00	0,44	6,8	2,65	1,35	pol-pri	RQ-YK
	YS	1	3		tu	3	1	1		0,28	0,60	(e)jC2	Tu3	35,00	0,56	5,9	3,72	1,35	sau	RQ-YK
	YS	1	3		tu	4	1	1		0,60	0,90	(e)jC3	Tu3	42,00	0,47	6,6	2,83	1,35	pol	RQ-YK
	YS	1	3		tu	5	1	1		0,90	1,15	(e)jC4	Tu3	43,00	0,35	6,7	2,24	1,35	pol	RQ-YK
	YS	1	3		tu	6	1	1		1,15	2,00	(e)jC5	Ss	2,50	0,48	7,0	0,33	1,40	ein	RQ-YK

Nr.	Typ	BA	GW	Var	BoA	Hor-Nr	n (HORIZ)	n (PROFIL)	GH	OK	UK	Horiz	BoArt	Ton	CO ₃	pH	Hu	RG	Gef	KA 5
41	YS	3	3		s	1	16	14	4,40	0	0,10	eAh	Slu	15,78	3,70	6,8	6,41	1,45	kru	RQ-YK
	YS	3	3		s	2	27	14		0,10	0,20	jAh	Ss	3,56	0	5,6	4,65	1,35	kru-sub	RQ-YK
	YS	3	3		s	3	7	14		0,20	0,50	jCv	Ss	3,07	0	5,1	0,21	1,35	ein	RQ-YK
	YS	3	3		s	4	5	14		0,50	0,75	jC	Ss	2,50	0	4,3	0,04	1,35	ein	RQ-YK
	YS	3	3		s	5	50	14		0,75	1,40	jGo	Ss	2,50	0	7,0	0,01	1,46	ein	RQ-YK
	YS	3	3		s	6	24	14		1,40	2,00	jGro	Ss	2,56	0	7,0	0,31	1,40	ein	RQ-YK

Nr = Referenzprofilnummer, Typ = Bodeneinheit DBK25, BA = Bodenart (Kurzzeichen), GW = Grundwassertyp (Kurzzeichen), Var = Varietät (Kurzzeichen), BoA = Bodenart, HorNr = Horizontnr., n (HORIZ) = Anzahl der zugrundeliegenden Horizonte, n (PROFIL) = Anzahl der zugrundeliegenden Profile, GH = Geländehöhe, OK = Oberkante, UK = Unterkante, Horiz = Horizontbezeichnung, BoArt = Bodenart [AG BODEN 2005], Ton = Gew.-% Ton, CO₃ = Gew.-% Ca-Carbonat, pH = pH (CaCl₂), Hu = Gew.-% Humus, RG = Raumgewicht, Gef = Gefüge, KA 5 = Bodentyp nach KA 5 [AG BODEN 2005].

10 ANLAGEN

Anlage 1: Bodenkarte 1 : 50.000 (16 Kartenblätter mit 1 Legende)

Anlage 2: Bodenwertkarte 1 : 50.000 (16 Kartenblätter mit 1 Legende)

