

# **Bundesanstalt für Wasserbau**

**( BAW )**

## **Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe**

### **Gutachten für die Naßbaggerarbeiten**

Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg  
Auftrag vom: 12/1998 (mündlich)  
Auftrags-Nr.: 9851 3757  
Seitenzahl: 24  
Zahl der Anlagen: 3  
Aufgestellt von: Abteilung Wasserbau im Küstenbereich  
Referat Geotechnik Nord  
Bearbeitung: Dipl.-Geol. Heeling

Hamburg, den 12.02.99

K1 – 231.2-Elbe – 98513757 - Hee

Das Gutachten darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BAW.

## **ZUSAMMENFASSUNG**

Die WASSER- UND SCHIFFAHRTSÄMTER HAMBURG und CUXHAVEN planen zur Anpassung der Unter- und Außenelbe an die Bedürfnisse der Containerschifffahrt, die Fahrrinne zwischen Kilometer 638,9 und 748,0 zu verbreitern und auf KN –14,4 m zu vertiefen. Die BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU, ABTEILUNG WASSERBAU IM KÜSTENBEREICH, REFERAT GEOTECHNIK NORD, wurde deshalb beauftragt, ein Gutachten für die Ausschreibung und Durchführung der Naßbaggerarbeiten zu erstellen.

Der Untergrund in und neben der Fahrrinne ist aus mehreren Gutachten zur früheren Fahrrinnenvertiefung auf KN –13,5 m bereits grundsätzlich bekannt. Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse im Vertiefungsbereich wurden zusätzlich in der Fahrrinne 35 Bohrungen mit einem Vibrations-Kernentnahmegesetz bis auf 3 m unter Gewässersohle abgeteuft. Folgende Böden wurden im Untersuchungsgebiet oberhalb der neuen Plansohle angetroffen:

- Klei in Form eines  $\pm$  tonigen, feinsandigen Schluffes von breiiger bis steifer, vorwiegend von weicher Konsistenz (Bodenklasse B nach DIN 18 311; untergeordnet auch A und C), häufig mit Mudde- und Torflagen
- Holozäne Sande unterschiedlicher Lagerungsdichte (Bodenklassen E bis K, überwiegend D bis H) in Form schluffiger Feinsande oder feinsandiger Mittelsande; in den Feinsanden treten bindige und in den Mittelsanden gröbere Lagen auf
- stark sandiger Geschiebemergel halbfester Konsistenz (Bodenklasse C)

Für jeden der 16 Baggerabschnitte wurde der Baugrund gesondert beschrieben, und es wurden getrennt nach bindigen und nichtbindigen Böden Körnungsbänder der im Vertiefungsbereich angetroffenen Sedimente erstellt. Darüber hinaus wurden für die bindigen Böden Angaben zur Konsistenz und Plastizität sowie zur Anfangsscherfestigkeit gemacht und eine Klassifizierung nach DIN 18 311 vorgenommen.

Abschließend werden Empfehlungen für die Durchführung der Naßbaggerarbeiten gegeben.

## INHALT

<b>1</b>	<b>Veranlassung</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Unterlagen</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Bauwerk</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Methodik</b> .....	<b>7</b>
4.1	Baugrundaufschlüsse.....	7
4.2	Bodenmechanische Versuche.....	7
4.3	Benennung der bindigen Bodenschichten.....	8
4.4	Beurteilung der Konsistenz.....	8
<b>5</b>	<b>Baugrund</b> .....	<b>9</b>
5.1	Baggerabschnitt 1: Elbe-km 638,9 – 645,0.....	11
5.2	Baggerabschnitt 2: Elbe-km 645,0 – 650,0.....	12
5.3	Baggerabschnitt 3: Elbe-km 650,0 – 654,0.....	13
5.4	Baggerabschnitt 4: Elbe-km 654,0 – 658,0.....	13
5.5	Baggerabschnitt 5: Elbe-km 658,0 – 660,5.....	14
5.6	Baggerabschnitt 6: Elbe-km 660,5 – 670,5.....	15
5.7	Baggerabschnitt 7: Elbe-km 670,5 – 676,5.....	16
5.8	Baggerabschnitt 8: Elbe-km 676,5 – 689,7.....	16
5.9	Baggerabschnitt 9: Elbe-km 689,7 – 696,0.....	17
5.10	Baggerabschnitt 10: Elbe-km 696,0 – 700,0.....	18
5.11	Baggerabschnitt 11: Elbe-km 700,0 – 705,0.....	18
5.12	Baggerabschnitt 12: Elbe-km 705,0 – 711,0.....	19
5.13	Baggerabschnitt 13: Elbe-km 711,0 – 721,0.....	20
5.14	Baggerabschnitt 14: Elbe-km 721,0 – 731,0.....	20
5.15	Baggerabschnitt 15: Elbe-km 731,0 – 739,0.....	21
5.16	Baggerabschnitt 16: Elbe-km 739,0 – 748,0.....	21
<b>6</b>	<b>Durchführung der Naßbaggerarbeiten</b> .....	<b>22</b>

## ANLAGEN

### 1 Bohrprofile und Baggerabschnitte

- 1.1 Elbe-km 639 - 660
- 1.2 Elbe-km 660 - 690
- 1.3 Elbe-km 690 - 718
- 1.4 Elbe-km 718 – 748

### 2 Verteilung der Bodenklassen nach DIN 18 311 im Vertiefungsbereich

- 2.1 Elbe-km 639 – 689
- 2.2 Elbe-km 689 – 748

### 3 Körnungslinien

- 3.1 – 3.23 zu den Bohrungen 1\* - 40\*
- 3.24 – 3.70 zu den Bohrungen 1<sup>c</sup> – 31<sup>c</sup>
- 3.71 – 3.159 zu den Bohrungen 1 – 307
- 3.160 – 3.174 zu den Bohrungen BS22 – BS29
- 3.175 – 3.180 zu den Bohrungen 1/99 – 47/99

## LITERATUR

- BOBZIN, H. (1989): Praktische Naßbaggerei. Mitteilungen des Franzius-Institutes für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, Heft 69
- KÉZDI, A. (1969): Handbuch der Bodenmechanik, Bd. 1, VEB Verl. f. Bauwesen, Akadémiai Kiadó, Budapest, Berlin
- SCHUPPENER, B. & KIEKBUSCH, M. (1988): Plädoyer für die Abschaffung und den Ersatz der Konsistenzzahl. Geotechnik 4

## **1 VERANLASSUNG**

Die WASSER- UND SCHIFFFAHRTSÄMTER (WSÄ) HAMBURG und CUXHAVEN planen, die Fahrrinne von Unter- und Außenelbe durch Verbreiterung und Vertiefung an die Bedürfnisse der Containerschifffahrt anzupassen. Das Referat GEOTECHNIK NORD der BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU, ABTEILUNG WASSERBAU IM KÜSTENBEREICH (BAW-AK) wurde deshalb im Dezember 1998 vom WSA HAMBURG beauftragt, ein Baugrundgutachten als Grundlage für die Ausschreibung und Durchführung der Naßbaggerarbeiten zu erstellen.

## **2 UNTERLAGEN**

Folgende Unterlagen standen uns zur Verfügung:

- /U1/ Gutachten für den Ausbau der Elbe auf 13,5 m Tiefe zwischen Cuxhaven und Wedel. BAW-AK, 02.04.74, Auftragsnr. 6 1067 / 6 1079
- /U2/ Gutachten über die anstehenden Bodenarten im Bereich der Unterelbe zwischen km 743,2 und km 691,8. BAW-AK, 04.03.75, Auftragsnr. 6 1021
- /U3/ 1. Teilgutachten über Untersuchungen auf Baggerfähigkeit von Boden in der Hauptelbe. BAW-AK, 13.12.83, Auftragsnr. 3 6 1536
- /U4/ Bodenuntersuchung. Ausbau der Elbe. Gutachten. Februar 1974. BOS KALIS Westminster
- /U5/ Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe. Gutachten. Ausbaubedingte Änderung der Tidedynamik. BAW-AK, 10/96, Auftragsnr. 9353 3387

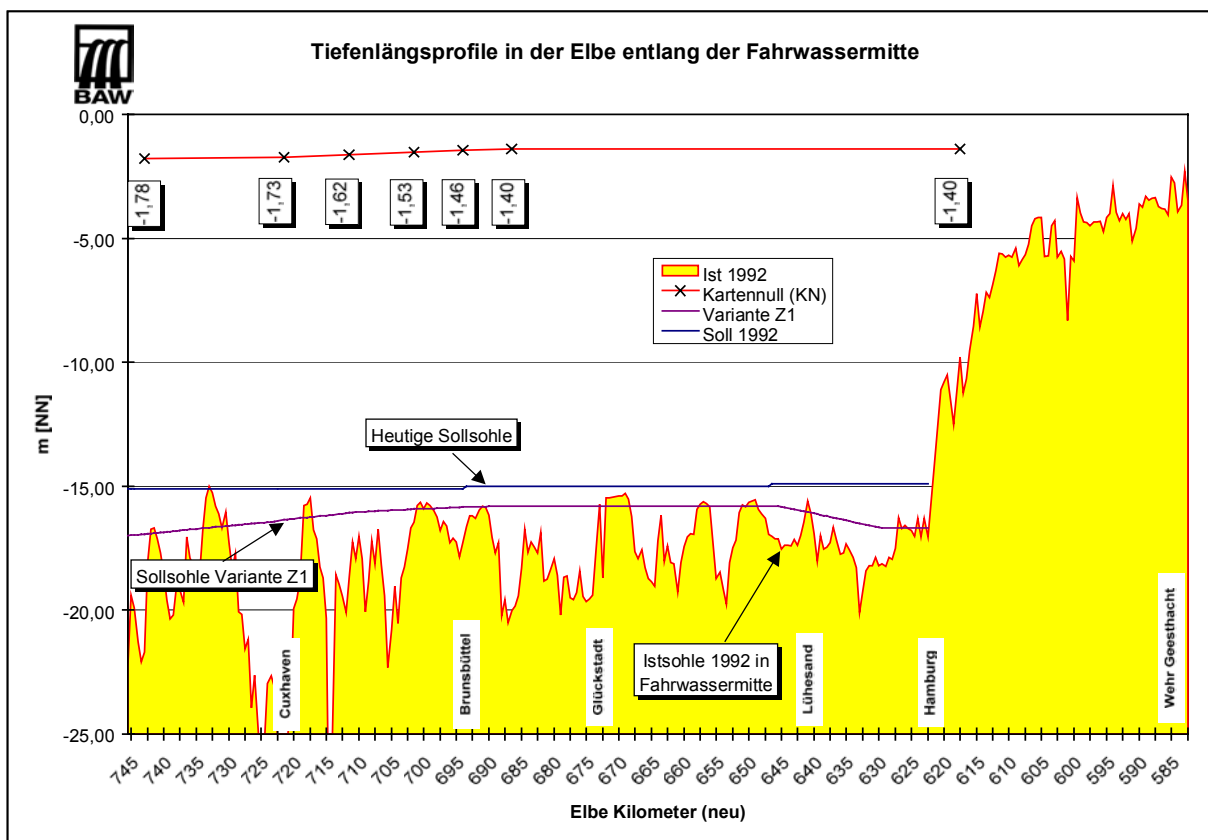
Vom Auftraggeber erhielten wir

- die als Anlagen 1.1 – 1.4 beigefügten Lagepläne mit den Ansatzpunkten und Bohrprofilen der vorhandenen Bohrungen
- die als Anlagen 2.1 und 2.2 beigefügte Darstellung der Bodenklassen nach DIN 18 311 im Vertiefungsbereich
- 14 Bodenproben der Güteklasse 3 bis 4 (gestörte Bodenproben)
- die dazugehörigen Schichtenverzeichnisse der 35 Kernentnahmen
- Körnungsbänder der bei den Unterhaltungsbaggerungen angetroffenen Sedimente

Auf der Grundlage dieser Unterlagen und Untersuchungen werden die nachfolgenden Aussagen gemacht.

### 3 BAUWERK

Die Fahrrinne von Unter- und Außenelbe soll zur Anpassung an die Containerschiffahrt zwischen Fahrrinnenkilometer 638,9 und 748,0 verbreitert und auf ca. KN -14,4 m vertieft werden (Abb. 1).



**Abb. 1 :** Geplante Vertiefung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe (Tiefenangaben in mNN, aus /U5/)

In den Lageplänen der Anlagen 1.1 - 1.4 (Tiefenangaben bezogen auf Kartennull = KN) sind auf der Grundlage der Jahreshauptpeilung 1995 die zu vertiefenden Bereiche grau schraffiert dargestellt.

## 4 METHODIK

### 4.1 Baugrundaufschlüsse

Im Rahmen früherer BAW-Gutachten wurden

- (in /U1/:) vom 05.11.73 bis zum 15.03.74 170 Kernentnahmen (1 – 105, 201 – 203, 301 – 307, 1\* - 40\*)<sup>1</sup> mit einem Vibrocore-Bohrgerät (Typ VCS) bzw. einem SENKOWITCH-Vibrationsentnahmeggerät (Typ II) von bis zu 5 m Länge,
- (in /U2/:) vom 04.09.73 bis zum 08.10.73 26 Sondierungen (1' – 31') mit einem eigenentwickelten Spezialgerät der ehemaligen FACHGRUPPE GEOLOGIE der BAW-AK sowie die Entnahme von Sedimentproben mit einem VAN VEEN – Bodengreifer und
- (in /U3/:) in der 22. und 23. KW 1983 8 Bohrungen (BS22 – BS29)

durchgeführt.

Darüber hinaus wurden vom 20.01.99 bis zum 24.01.99 mit einem Vibrationskerngerät 35 Kernbohrungen (1/99 – 47/99) von bis zu 3 m Länge in der Fahrrinne der Elbe abgeteuft.

Die Bohransatzpunkte sind den Lageplänen der Anlagen 1.1 - 1.4 zu entnehmen; dort sind auch höhengerecht (bezogen auf das aktuelle Elbe-Kartennull) die Bohrprofile dargestellt.

### 4.2 Bodenmechanische Versuche

In /U1/ bis /U4/ wurden zur Ermittlung von Bodenkennwerten an Sonderproben (Bodenproben der Güteklasse 1 und 2 nach DIN 4021) aus bindigen bzw. organischen Böden

- der natürliche Wassergehalt  $w$ ,
- mit dem Taschenpenetrometer die Scherfestigkeit des undrnierten Bodens (Anfangsscherfestigkeit  $c_u$ ) und
- an organischen Böden der Glühverlust  $V_{gl}$

bestimmt. Die Ergebnisse werden in den Kapiteln 5.1 – 5.16 für die einzelnen Baggerabschnitte dargestellt.

---

1) Die Bohrungen der einzelnen Untersuchungskampagnen sind nicht durchgängig nummeriert: teils sind Zahlen nicht besetzt, teils wurden weitere Bohrungen eingefügt und dann mit Buchstaben versehen.

An repräsentativen Bodenproben der Sande, des Kleis und aus dem Geschiebemergel wurde in /U1/ bis /U4/ sowie im Rahmen der aktuellen Gutachtenbearbeitung die Kornzusammensetzung durch Sieb-, Schlamm- und kombinierte Sieb-/Schlammanalysen ermittelt. Die Anlagen 3.1 - 3.180 zeigen ausgewählte Körnungslinien. Für die einzelnen Baggerabschnitte werden in den Kapiteln 5.1 – 5.16 die Körnungsbänder – getrennt nach bindigen und nichtbindigen Böden – dargestellt (Abb. 4 – Abb. 30).

### **4.3 Benennung der bindigen Bodenschichten**

Abweichend von den Empfehlungen der DIN 4022 „Benennen und Beschreiben von Boden und Fels“ werden die Bodenarten gemäß ihrer Kornzusammensetzung oder nach ihrer geologischen Entstehung benannt und in den Bohrprofilen der Anlagen 1.1 - 1.4 dargestellt. Bei der geologischen Bezeichnung wird zusätzlich die kornanalytische Zusammensetzung angegeben. Die nach DIN 4022 für grobkörnige Bodenarten geltenden Regeln für das Benennen der Haupt- und Nebenanteile werden auch auf fein- und gemischtkörnige Bodenarten übertragen. Prägende plastische Eigenschaften bleiben bei dieser Benennung unberücksichtigt. Durch diese Vorgehensweise können aus den Bohrprofilen bei allen Bodenarten die Korngrößenanteile abgeschätzt werden. Die in die Benennung nicht eingehenden plastischen Eigenschaften werden in der Baugrundbeschreibung angegeben und bei der Klassifizierung nach DIN 18 311 berücksichtigt (s. Kapitel 5.1 – 5.16, Anlagen 1.1 – 1.4 sowie 2.1 und 2.2).

### **4.4 Beurteilung der Konsistenz**

Die Beurteilung der Konsistenz erfolgte in den vorliegenden BAW-Gutachten (/U1/ bis /U3/) in Anlehnung an KÉZDI (1969) und nach den manuellen Prüfmethode der DIN 4022 Teil 1, Abs. 8.13, sowie über die Bestimmung der Konsistenzzahl  $I_c$  nach DIN 18 122. Die damals für den Klei ermittelten Konsistenzzahlen werden in dieses Gutachten jedoch nicht übernommen, da der Versuch bei organischen Böden wegen der Ungenauigkeit in der Wassergehaltsbestimmung an der Ausrollgrenze zu unzutreffenden Zahlenwerten führt.

Zusätzlich wurden in /U1/ und /U4/ an repräsentativen Sonderproben auch Anfangsscherfestigkeiten mit dem Taschenpenetrometer bestimmt. Den Zusammenhang zwischen der Konsistenz und den Anfangsscherfestigkeiten zeigt die Tabelle 1 (nach SCHUPPENER & KIEKBUSCH, 1988).



Manuelle Prüfmethode	mit dem Taschenpenetrometer ermittelte Scherfestigkeit des undrÄnirten Bodens $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]		Benennung der Konsistenz
Boden, der zwischen den Fingern hindurchquillt, wenn er in der Hand gedrückt wird	< 6		breiig
Boden, bei dem sich eine Faust eindrücken lÄsst	6	- 20	sehr weich
Boden, bei dem sich ein Finger eindrücken lÄsst	20	- 60	weich
Verformung nur durch Daumendruck	60	- 200	steif
Eindruck nur über Daumnagel	200	- 600	halbfest

Tab. 1: Ermittlung der Konsistenzbereiche

## 5 BAUGRUND

Nach den Ergebnissen der Bohrungen aus /U1/ bis /U4/ sowie den im Januar 1999 durchgeföhrt Kernentnahmen ist im Vertiefungsbereich mit folgenden Bodenarten zu rechnen:

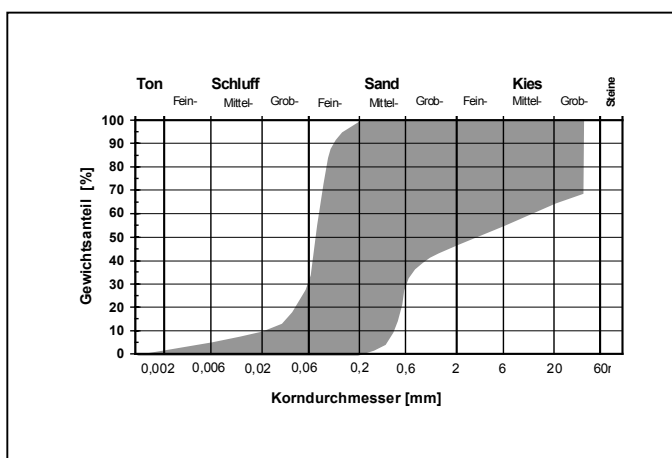


Abb. 2 : Körnungsbands der Sande und Kiese (168 Proben)

Als **nichtbindige Sedimente** treten vor allem holozäne Fein- und Mittelsande, untergeordnet auch Kiese auf; pleistozäne Sande wurden nur in Bohrung 19' unterhalb von KN -17,8 m angetroffen. Abb. 2 zeigt das Körnungsbands der Sande und Kiese. Mit bindigen Zwischenlagen oder Schlufflinsen ist besonders in den Feinsanden zu rechnen, während vor allem in den Mittelsanden auch Steine und Kieslagen vorkommen. Im hangenden Bereich sind die Sande häufig schwach humos bis humos; seltener treten auch dezimetermächtige Zwischenlagen aus

Mudde (= *Gyttja* in den älteren Gutachten) oder Torf auf. Auch mit Pflanzenresten ist zu rechnen. Mit Ungleichförmigkeitszahlen von in der Regel deutlich unter  $U = 6$  sind die Sande *enggestuft*. Die Lagerungsdichten schwanken stark zwischen *locker* über *mitteldicht* bis *dicht*. Nach DIN 18 311 sind die Sande den *Bodenklassen E bis I*, örtlich auch *D*, und die Kiese den *Bodenklassen I und K* zuzuordnen.

Westlich von Elbe-km 690 (s. Kapitel 5.9 – 5.16) tritt zunehmend Muschelbruch entweder fein verteilt im Boden oder in Form reiner Muschelschillagen auf.

Hauptvertreter der **bindigen Schichten** ist der holozäne **Klei** (Körnungsband s. Abb. 3). Dabei handelt es sich meist um einen schwach tonigen bis tonigen, feinsandigen, humosen Schluff, örtlich mit Zwischenlagen aus **Mudde** oder **Torf**; häufig sind Pflanzenreste zu finden – dabei können auch größere Holzteile auftreten. Der Feinsandanteil im Klei ist teils gleichmäßig in der Schluffmatrix verteilt, teils liegt eine helle Feinsand-Bänderung vor. In Abhängigkeit vom Sandgehalt ist der Klei *schwach* bis *ausgeprägt plastisch*; die Wassergehalte schwanken ebenfalls stark.

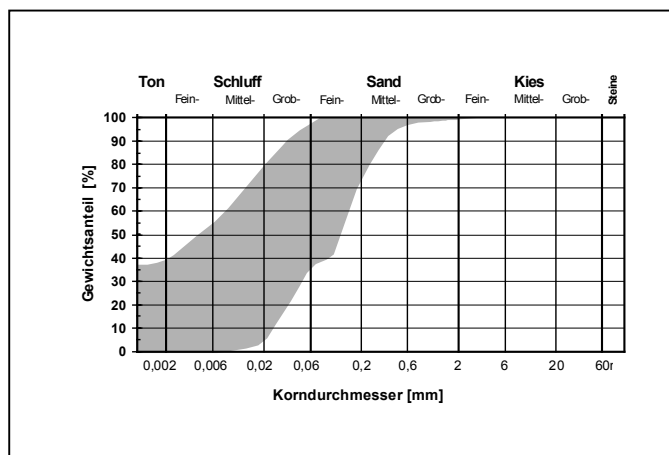
Die Konsistenz ist meist *weich* bis *steif*, örtlich auch *breiig*; damit ist der Klei in der Regel der *Bodenklasse B*, *untergeordnet auch A und C*, zuzuordnen. Örtlich tritt an der Gewässersohle *flüssiger* bis *breiiger Schlick* auf, der dann zur *Bodenklasse A* gehört. Der pleistozäne **Geschiebemergel** wurde oberhalb der neuen Plansohle nur im Baggerabschnitt 1a (s. Kapitel 5.1) in Form eines schluffigen Feinsandes, der der *Bodenklasse C* zuzuordnen ist, angetroffen.

Die Anlagen 2.1 und 2.2 zeigen eine schematisierte Darstellung der in der Fahrrinne zu erwartenden Bodenklassen nach DIN 18 311. Diese Darstellung beinhaltet keine Angaben über das Massenverhältnis der bei den Naßbaggerarbeiten anfallenden Bodenarten.

Die Einteilung des Untersuchungsgebietes in 16 Baggerabschnitte wurde vom WSA HAMBURG in Absprache mit dem WSA CUXHAVEN vorgenommen.

Im Folgenden wird pro Baggerabschnitt der Bodenaufbau oberhalb der neuen Plansohle (zuzüglich Baggertoleranz, s. Anlagen 1.1 – 1.4) auf der Grundlage der vorhandenen Baugrundaufschlüsse vorgestellt – unabhängig davon, ob die erbohrten Schichten in oder neben der Fahrrinne noch anstehen oder bereits im Rahmen der Elbvertiefung auf -13,5 m bzw. der laufenden Unterhaltungsbaggerungen mit einer Solltiefe von KN -13,8 m ausgebaggert wurden. Die Beschreibung der zu erwartenden Bodenarten in den Kapiteln 5.1 – 5.16 deckt damit einen größeren Höhenbereich ab als die Darstellung der Anlagen 2.1 und 2.2, die sich ausschließlich auf den eigentlichen Vertiefungsbereich zwischen KN -13,8 m und der neuen Plansohle bezieht.

Getrennt nach bindigen und nichtbindigen Böden wurde für jeden Baggerabschnitt aus den vorliegenden Körnungslinien ein Körnungsband erstellt (Abb. 4 – Abb. 30). Dabei wurden nur Körnungslinien aus solchen Bodenproben berücksichtigt, die entweder oberhalb der neuen Plansohle genommen wurden oder zwar aus größerer Tiefe stammen, aber aus einer Schicht, die im Vertiefungsbereich noch ansteht. Zusätzlich wurden die Körnungsbänder aus den laufenden Unter-



**Abb. 3** : Körnungsband des Kleis (27 Proben)

haltungsbaggerungen berücksichtigt. In die Beschreibung der Bodenarten gehen neben den Informationen aus den Körnungslinien auch die Ergebnisse der optischen kornanalytischen Ansprache ein, so daß die im Text beschriebene Bandbreite der auftretenden Kornfraktionen über die Körnungsband-Darstellung hinausgehen kann.

### 5.1 Baggerabschnitt 1: Elbe-km 638,9 – 645,0

Der Baggerabschnitt 1 (s. Anlagen 1.1 und 2.1) beginnt an der Amtsgrenze des WSAs HAMBURG zur FREIEN UND HANSESTADT HAMBURG bei Elbe-km 638,9. Der **östliche Teil** (Baggerabschnitt 1a: Elbe-km 638,9 – 640,0; Bohrungen 103 – 105, 103A sowie 47/99) wird zunächst gesondert beschrieben:

Nur im Baggerabschnitt 1a wurde Geschiebemergel oberhalb der neuen Plansohle angetroffen. Abb. 4 zeigt eine Körnungslinie; danach handelt es um schwach grobsandigen, schwach kiesigen Fein- und Mittelsand mit einem Ton/ Schluff-Anteil von fast 25 %. Mit Anfangsscherfestigkeiten zwischen  $c_{ti} = 230$  und  $380$  kN/m<sup>2</sup> (im Mittel  $305$  kN/m<sup>2</sup>) ist er nach Tabelle 1 von *halbfester* Konsistenz und damit der *Bodenklasse C* zuzuordnen. Die Wassergehalte liegen zwischen  $w = 0,11$  und  $0,13$  (im Mittel  $0,12$ ). Im Geschiebemergel ist mit Steinen zu rechnen.

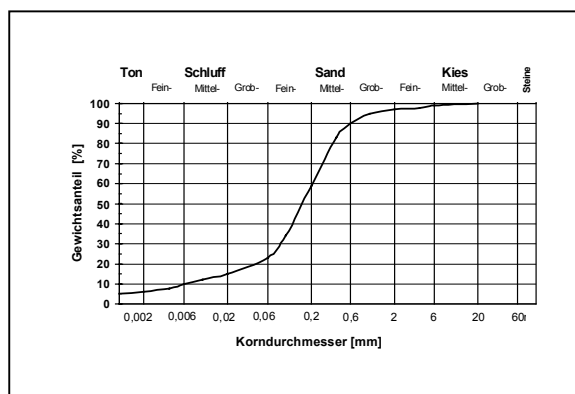


Abb. 4 : Baggerabschnitt 1a, Körnungslinie Geschiebemergel

Abb. 5 stellt das Körnungsband der Sande und Kiese im Baggerabschnitt 1a vor: Beim Sand handelt es sich um einen Mittelsand, schwach feinsandig bis feinsandig, schwach bis stark grobsandig, der meist schwach kiesig und z.T. auch schwach schluffig ist. Die Sande gehören zu den Bodenklassen F bis I, überwiegend aber zur *Bodenklasse H*. Der Kies (*Bodenklasse K*, untergeordnet I) ist sandig, wobei der Mittelsandanteil überwiegt; auch mit Steinen muß hier gerechnet werden.

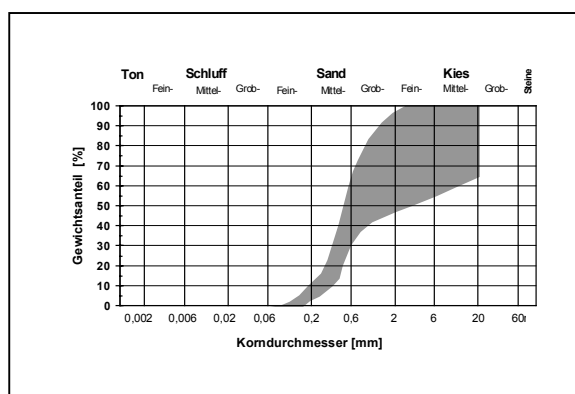
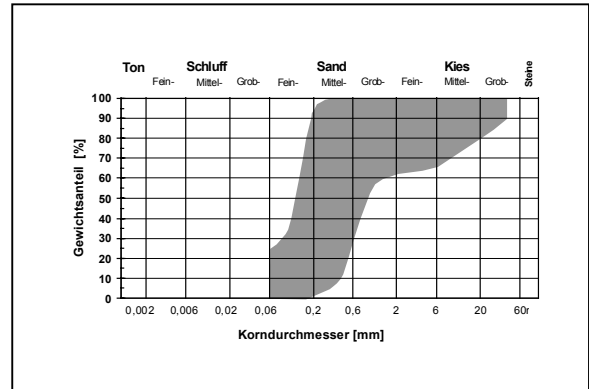


Abb. 5 : Baggerabschnitt 1a, Körnungsband Sand und Kies (6 Proben)

Klei wurde im Baggerabschnitt 1a nicht angetroffen, lediglich im **westlichen Teil** (km 640 – 645; Bohrungen 91 – 102, 94A, 98A sowie 301) des Baggerabschnittes 1 tritt er punktuell am nördlichen Fahrrinnenrand sowie als geringmächt-

ge Zwischenlage in Form eines z.T. schwach tonigen, schwach feinsandigen bis feinsandigen Schluffes auf, der in die *Bodenklasse B* gehört. Der Wassergehalt liegt zwischen  $w = 0,86$  und  $1,08$  (im Mittel bei  $0,95$ ).

Abb. 6 stellt die nichtbindigen Schichten im westlichen Teil des Baggerabschnittes 1 dar: Es handelt sich in der Regel um einen Mittelsand, meist schwach schluffig, schwach bis stark feinsandig mit stark schwankenden Anteilen an Grobsand und Kies. Untergeordnet treten auch schwach mittelsandige bis mittelsandige, schluffige, schwach kiesige, schwach grobsandige Feinsande und mittelsandige Grobsande auf. Die Sande gehören in die Bodenklassen D bis I, wobei die *Bodenklassen H und I* vorherrschen.



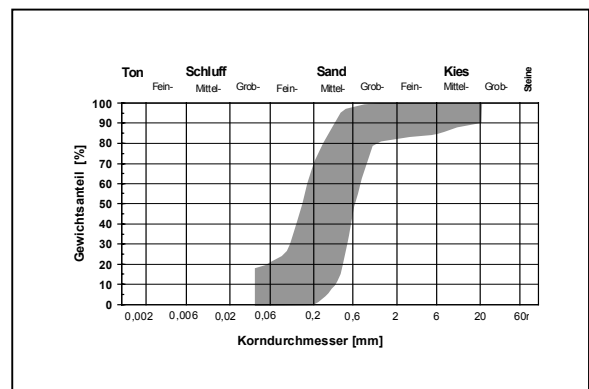
**Abb. 6 :** Baggerabschnitt 1 (ohne 1a), Körnungsband Sand und Kies (23 Proben)

## 5.2 Baggerabschnitt 2: Elbe-km 645 – 650

Zum Baggerabschnitt 2 (s. Anlagen 1.1 und 2.1) gehören die Bohrungen 80 – 90, 83A, 87I und 302; hier stehen im Vertiefungsbereich vor allem Sande an.

Klei wurde nur am nördlichen Fahrrinnenrand und als geringmächtige Zwischenlage in Form eines schwach tonigen, schwach feinsandigen bis feinsandigen Schluffes mit einem Wassergehalt von  $w = 0,84$  angetroffen. Die Anfangsscherfestigkeit liegt zwischen  $c_u = 20$  und  $60$  kN/m<sup>2</sup> (im Mittel  $40$  kN/m<sup>2</sup>), d.h. der Klei ist von *weicher* Konsistenz und damit der *Bodenklasse B* zuzuordnen.

Abb. 7 zeigt das Körnungsband für die Sande: Es handelt sich um Mittelsand mit stark wechselndem Gehalt an Fein- und Grobsand, meist schwach schluffig bis schluffig und schwach kiesig bis kiesig. Vor allem südlich der Fahrrinne treten auch größere Sedimente auf: mittelsandige Grobsande mit unterschiedlichen Kiesanteilen, schwach feinsandig bis feinsandig, z.T. schwach schluffig; Bohrung 80 mußte wegen einem Steinhindernis abgebrochen werden. Die Sande gehören in die Klassen D bis I, wobei die *Bodenklasse H* überwiegt.



**Abb. 7 :** Baggerabschnitt 2, Körnungsband Sand (20 Proben)

### 5.3 Baggerabschnitt 3: Elbe-km 650 – 654

Der Baugrund im Baggerabschnitt 3 (s. Anlagen 1.1 und 2.1) wurde durch die Bohrungen 71 - 79, 73A, 79A, 304 sowie 38/99 - 40/99, 42/99, 43/99 und 45/99 erkundet.

In diesem Bereich steht zunehmend Klei (Körnungsband s. Abb. 8) in Form eines schwach bis stark feinsandigen, meist schwach tonigen bis tonigen Schluffes an. Die Anfangsscherfestigkeiten liegen zwischen  $c_u = 20$  und  $130 \text{ kN/m}^2$ ; im Mittel bei  $80 \text{ kN/m}^2$ ; damit ist der Klei von *weicher* bis *steifer* Konsistenz und gehört in die *Bodenklasse B*. Untergeordnet tritt auch breiiger Klei der Bodenklasse A auf. Die Wassergehalte schwanken bei einem Mittelwert von  $w = 0,80$  zwischen  $0,46$  und  $0,96$ .

Als nichtbindige Sedimente treten schwach schluffige bis schluffige Fein- und Mittelsande auf, die meist schwach grobsandig bis grobsandig oder schwach kiesig sind (Abb. 9). Örtlich kommt auch mittelsandiger Grobsand vor. Sie sind den Bodenklassen D bis I, meist jedoch den *Klassen D und F* zuzuordnen.

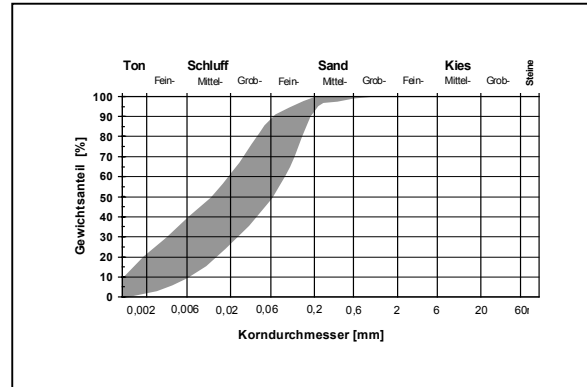


Abb. 8 : Baggerabschnitt 3, Körnungsband Klei (3 Proben)

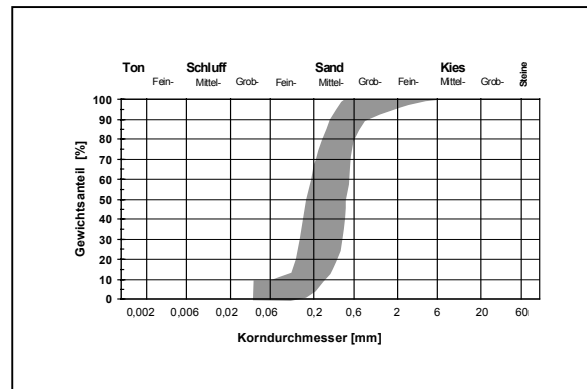


Abb. 9 : Baggerabschnitt 3, Körnungsband Sand (12 Proben)

### 5.4 Baggerabschnitt 4: Elbe-km 654 – 658

Der Baggerabschnitt 4 (s. Anlagen 1.1 und 2.1), in dem vor allem nichtbindige Böden anstehen, wurde durch die Bohrungen 60 - 70, 66A, BS22 und BS29 erkundet.

Klei wurde in der Fahrrinne selbst gar nicht und nördlich der Fahrrinne nur als dezimetermächtige Zwischenlage angetroffen (feinsandiger, schwach mittelsandiger Schluff der Bodenklasse B). Abb. 10 zeigt das Körnungsband von Bodenproben aus dem Klei südlich der Fahrrinne: hier

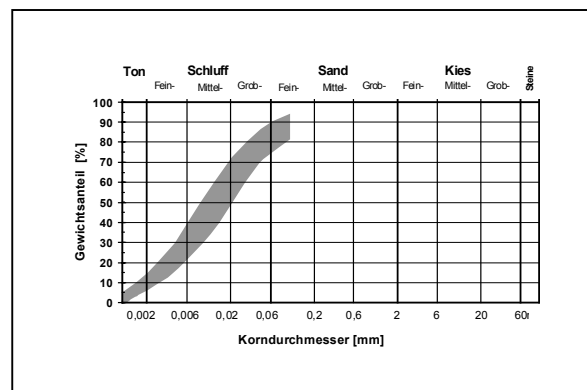


Abb. 10 : Baggerabschnitt 4, Körnungsband Klei (3 Proben)

steht ein schwach toniger bis toniger, schwach feinsandiger bis feinsandiger Schluff an. Mit Anfangsscherfestigkeiten zwischen  $c_u = 30$  und  $175 \text{ kN/m}^2$  (im Mittel  $80 \text{ kN/m}^2$ ) ist er von *weicher* bis *steifer* Konsistenz und damit überwiegend der *Bodenklasse B*, untergeordnet auch *C*, zuzuordnen. Untergeordnet wurde auch Klei der Bodenklasse *A* angetroffen. Die Wassergehalte schwanken zwischen  $w = 0,82$  und  $1,28$  (im Mittel  $1,06$ ). Als Glühverlust wurden Werte zwischen  $V_{gl} = 0,04$  und  $0,13$  (im Mittel  $0,09$ ) ermittelt.

Der Hauptanteil des Bodens im Vertiefungsbereich ist als meist schwach grobsandiger bis grobsandiger und schwach kiesiger, z.T. schwach schluffiger, schwach feinsandiger bis feinsandiger Mittelsand ausgebildet, der örtlich in mittelsandigen bis stark mittelsandigen, schwach schluffigen Feinsand übergeht (Abb. 11). Der Sand gehört in die Klassen *D* bis *I*, überwiegend in die *Bodenklassen F bis H*.

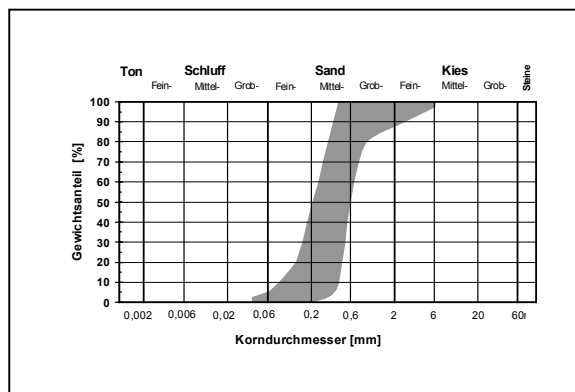


Abb. 11 : Baggerabschnitt 4, Körnungsband Sand (13 Proben)

### 5.5 Baggerabschnitt 5: Elbe-km 658,0 – 660,5

Im Baggerabschnitt 5 (s. Anlagen 1.1 und 2.1) liegen die Bohrungen 56 - 59, 55A, 57I, 305, 36/99 sowie 37/99. Hier steht oberhalb der neuen Plansohle etwa zu gleichen Teilen Klei und Sand an.

Der Klei (Körnungsband s. Abb. 12) ist als schwach bis stark feinsandiger, z.T. sogar schwach mittel- und grobsandiger Schluff, örtlich auch als Schluff/Feinsand-Gemisch, mit wechselndem Tongehalt ausgebildet. Es wurden Anfangsscherfestigkeiten von  $c_u = 20 - 75 \text{ kN/m}^2$  (im Mittel  $45 \text{ kN/m}^2$ ) und damit eine Konsistenz von *weich* bis *steif* festgestellt; der Klei gehört also in die *Bodenklasse B*. Die Wassergehalte liegen für diesen sehr sandigen Klei mit Werten zwischen  $w = 0,40$  und  $0,94$  (im Mittel  $0,68$ ) erwartungsgemäß deutlich niedriger als in den vorhergehenden Baggerabschnitten, in denen der Klei feinkörniger ist.

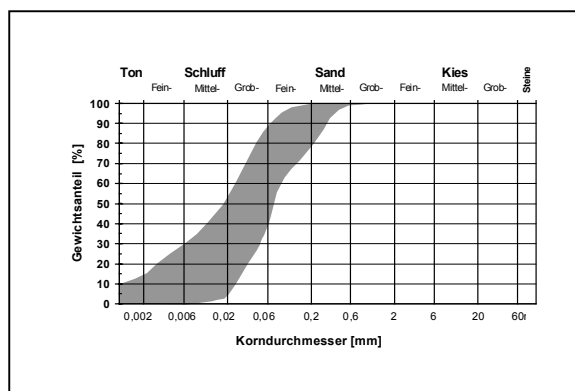


Abb. 12 : Baggerabschnitt 5, Körnungsband Klei (4 Proben)

Beim Sand (Körnungsband s. Abb. 13) handelt es sich um ein schwach schluffiges bis schluffiges Fein/Mittelsand-Gemisch; nur in Ausnahmen treten geringe Anteile an Grobsand bzw. Kies auf. Der Sand kann den Bodenklassen D bis H, hauptsächlich aber den *Klassen D und F* zugeordnet werden.

In Bohrung 57I wurde eine 0,2 m mächtige Lage aus Holz durchteuft.

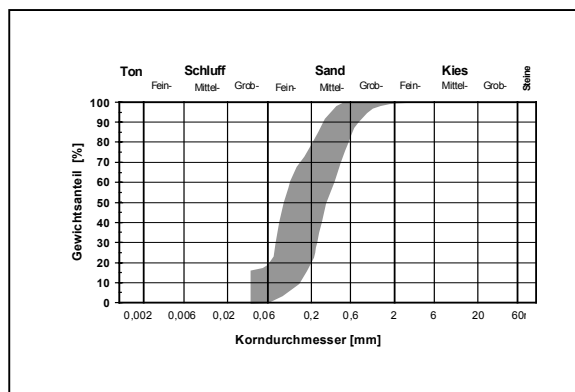


Abb. 13 : Baggerabschnitt 5, Körnungsband Sand (6 Proben)

### 5.6 Baggerabschnitt 6: Elbe-km 660,5 – 670,5

Der Baggerabschnitt 6 (s. Anlagen 1.2 und 2.1) wurde durch die Bohrungen 37 - 55, 38A, 42A, 53A, 201 - 203, 306, 307, BS23 sowie 30/99, 31/99, 34/99 und 35/99 erkundet. Im Vertiefungsbereich stehen überwiegend nichtbindige Schichten an.

Der Klei (Körnungsband s. Abb. 14) steht als meist schwach bis stark toniger, feinsandiger bis stark feinsandiger Schluff mit geringem Mittelsandgehalt an. Mit Anfangsscherfestigkeiten von  $c_u = 25 - 80 \text{ kN/m}^2$  (im Mittel bei  $50 \text{ kN/m}^2$ ) ist der Klei von *weicher* bis untergeordnet *steifer* Konsistenz und damit in die *Bodenklasse B* einzuordnen. Die Wassergehalte schwanken in Abhängigkeit vom Sandgehalt stark zwischen  $w = 0,35$  und  $1,20$ ; im Mittel liegen sie bei  $0,74$ .

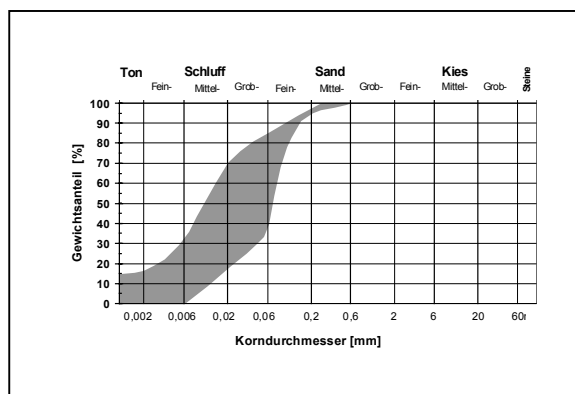


Abb. 14 : Baggerabschnitt 6, Körnungsband Klei (3 Proben)

Der Sand (Körnungsband s. Abb. 15) liegt teils als schluffiger, schwach bis stark mittelsandiger Feinsand, teils als schwach bis stark feinsandiger Mittelsand vor, der dann meist schwach grobsandig und z.T. auch schwach kiesig ist, vor. Die zugehörigen Bodenklassen liegen im Bereich von D bis H; überwiegend können die Sande in die *Bodenklasse F* eingeordnet werden.

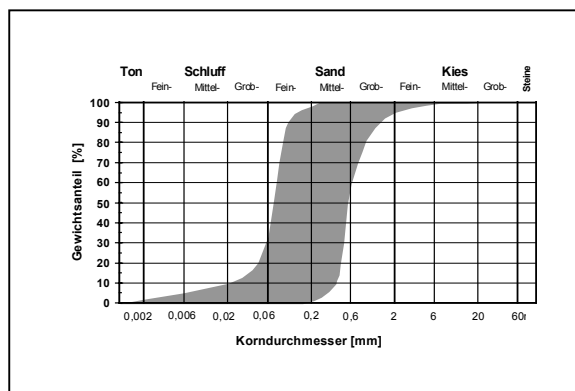


Abb. 15 : Baggerabschnitt 6, Körnungsband Sand (22 Proben)

### 5.7 Baggerabschnitt 7: Elbe-km 670,5 – 676,5

Zum Baggerabschnitt 7 (s. Anlagen 1.2 und 2.1) gehören die Baugrundaufschlüsse 24 - 36, 34A, BS24 sowie 21/99 - 27/99.

Der Klei (Körnungsband s. Abb. 16) ist als meist schwach toniger, untergeordnet auch toniger bis stark toniger, schwach bis stark feinsandiger Schluff ausgebildet; z.T. ist er auch schwach mittelsandig. Die Wassergehalte liegen zwischen  $w = 0,65$  und  $1,11$  (im Mittel  $0,91$ ). Nach den Anfangsscherfestigkeiten von  $c_u = 30 - 70 \text{ kN/m}^2$  (im Mittel  $45 \text{ kN/m}^2$ ) ist er von *weicher* bis *steifer* Konsistenz und damit der *Bodenklasse B* zuzuordnen. Örtlich wurde an der Gewässersohle auch Klei der Bodenklasse A angetroffen. Es wurde ein Glühverlust von  $V_{gl} = 0,12$  ermittelt.

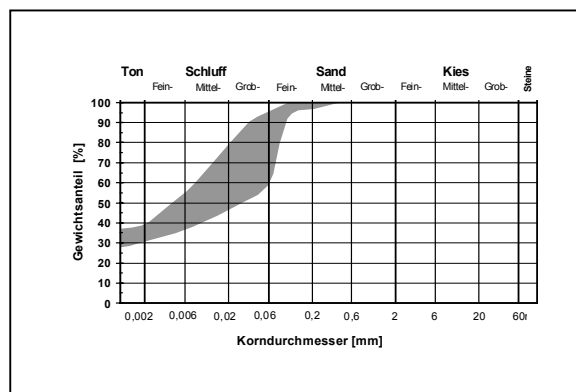


Abb. 16 : Baggerabschnitt 7, Körnungsband Klei (2 Proben)

Als Sande (Körnungsband s. Abb. 17) treten Fein- und Mittelsande auf: Die Feinsande sind schwach bis stark schluffig und schwach bis stark mittelsandig. Die Mittelsande sind meist schwach schluffig, feinsandig bis stark feinsandig und meist schwach grobsandig bis grobsandig; kiesige Anteile treten nur selten auf. Die Sande gehören in die Bodenklassen D bis H, meist jedoch in die *Bodenklasse F*.

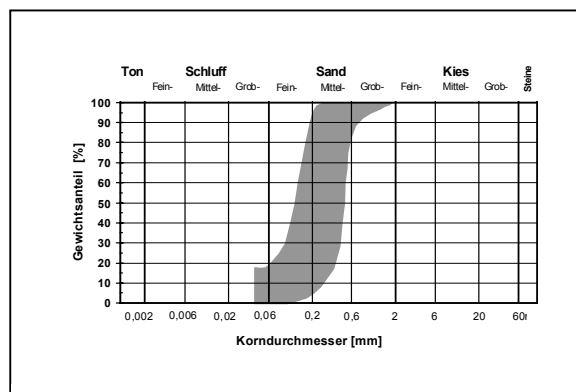


Abb. 17 : Baggerabschnitt 7, Körnungsband Sand (16 Proben)

### 5.8 Baggerabschnitt 8: Elbe-km 676,5 – 689,7

Der Baggerabschnitt 8 (s. Anlagen 1.2 und 2.1) reicht bis zur Amtsgrenze zwischen den WSÄ HAMBURG und CUXHAVEN bei Elbe-km 689,7. Er wurde durch die Bohrungen 1 – 23, 10A und BS25 - BS28 erkundet. Im Vertiefungsbereich überwiegen nichtbindige Böden.

Der Klei (Körnungsband s. Abb. 18) wurde in Form eines schwach tonigen bis tonigen, schwach bis stark feinsandigen Schluffes ange-

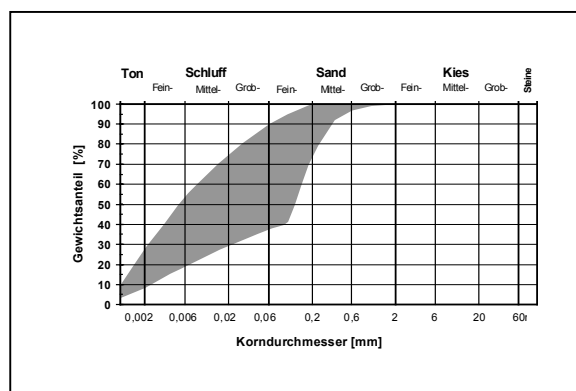


Abb. 18 : Baggerabschnitt 8, Körnungsband Klei (6 Proben)



troffen, der z.T. auch schwach mittelsandig bis mittelsandig ist. Es wurden stark wechselnde Wassergehalte zwischen  $w = 0,67$  und  $1,93$  (im Mittel  $0,97$ ) festgestellt. Mit Anfangsscherfestigkeiten von  $c_u = 20 - 80 \text{ kN/m}^2$  (im Mittel  $50 \text{ kN/m}^2$ ) ist seine Konsistenz *weich* bis *steif*; damit ist er in die *Bodenklasse B* einzuordnen. Die Glühverluste liegen zwischen  $V_{gl} = 0,03$  und  $0,13$  (im Mittel bei  $0,07$ ).

Die Sande (Körnungsband s. Abb. 19) sind schwach schluffige, meist schwach grobsandige bis grobsandige, z.T. schwach kiesige Fein- und Mittelsande der *Bodenklassen D bis F*, untergeordnet auch G und H.

In Bohrung 6 wurde unmittelbar südlich der Fahrrinne ein  $0,5 \text{ m}$  mächtiger Torf durchteuft, der in die *Bodenklasse B* einzuordnen ist.

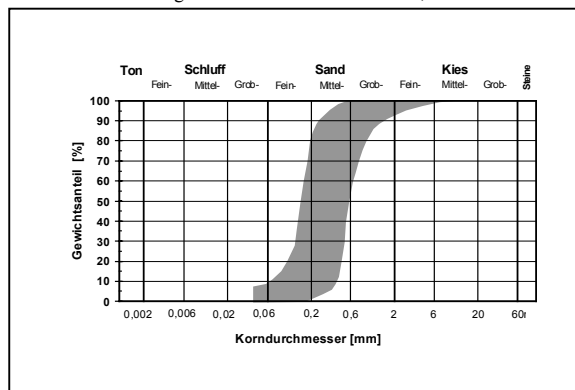


Abb. 19 : Baggerabschnitt 8, Körnungsband Sand (12 Proben)

### 5.9 Baggerabschnitt 9: Elbe-km 689,7 – 696

Der Baggerabschnitt 9 (s. Anlagen 1.3 und 2.2) wurde durch die Bohrungen 28' - 31', 37\* - 40\* und 15/99 - 18/99 erkundet: oberhalb der neuen Plansohle überwiegt im östlichen Baggerabschnitt Sand, im westlichen hingegen Klei. Vor allem im hangenden Bereich ist mit Muschelbruch bzw. reinen Muschellagen zu rechnen.

Der Klei (Körnungslinie s. Abb. 20) ist relativ sandig: es handelt sich um einen schwach bis stark feinsandigen, meist schwach mittelsandigen bis mittelsandigen Schluff, der in der Regel schwach tonig ist. Der Wassergehalt ist demzufolge mit  $w = 0,53$  relativ niedrig. Der Klei ist in die *Bodenklasse B* einzuordnen.

Bei den Sanden (Körnungsband s. Abb. 21) handelt es sich um meist schwach schluffige, schwach feinsandige bis feinsandige Mittelsande mit wechselndem Grobsandgehalt, untergeordnet treten auch kiesige Anteile auf. Die ermittelten Bodenklassen reichen von F bis H; über-

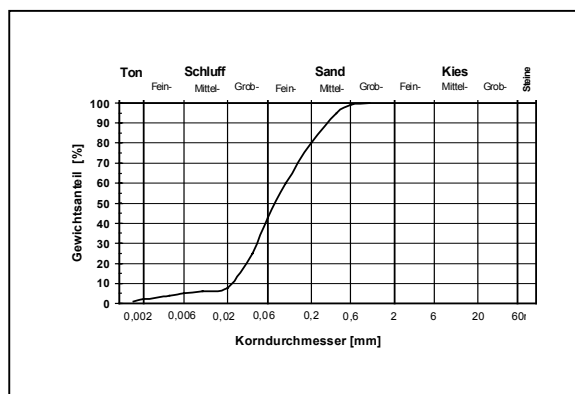


Abb. 20 : Baggerabschnitt 9, Körnungslinie Klei

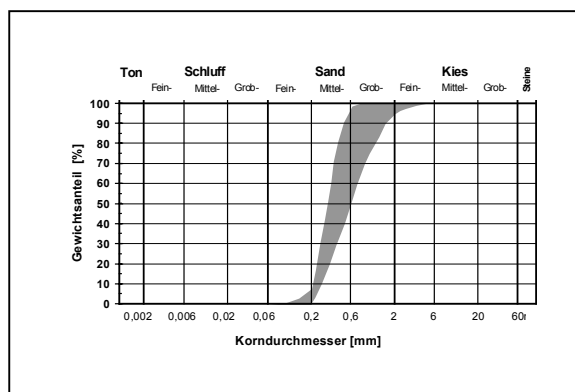


Abb. 21 : Baggerabschnitt 9, Körnungsband Sand (3 Proben)

wiegend liegen Sande der *Bodenklasse H* vor.

In Bohrung 18/99 wurde eine 0,2 m mächtige Lage aus Holzstücken durchteuft.

### 5.10 Baggerabschnitt 10: Elbe-km 696,0 – 700,0

Im Baggerabschnitt 10 (s. Anlagen 1.3 und 2.2) wurden die Bohrungen 25<sup>c</sup> - 27<sup>c</sup> sowie 33\* - 36\* abgeteuft. Hier überwiegen die bindigen Schichten. Häufig treten auch Muschellagen auf.

Der Klei (Körnungslinie s. Abb. 22) ist als schwach toniger bis toniger, schwach bis stark feinsandiger, untergeordnet auch mittelsandiger Schluff der *Bodenklasse B*, z.T. auch A, ausgebildet. Es wurden Wassergehalte zwischen  $w = 0,42$  und  $0,99$  (im Mittel  $0,61$ ) bestimmt.

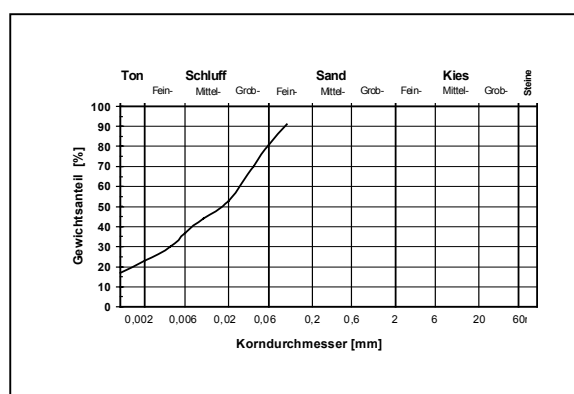


Abb. 22 : Baggerabschnitt 10,  
Körnungslinie Klei

Sand steht im Vertiefungsbereich nur in Form geringmächtiger Zwischenlagen im Klei an: Es handelt sich dann um schluffigen, z.T. mittelsandigen Feinsand der *Bodenklassen D bis F* bzw. um schwach feinsandigen bis feinsandigen, schwach schluffigen Mittelsand, der meist auch schwach grobsandig und schwach kiesig ist und zur *Bodenklasse H* gehört.

### 5.11 Baggerabschnitt 11: Elbe-km 700 – 705

Der Baggerabschnitt 11 (s. Anlagen 1.3 und 2.2) wurde durch die Bohrungen 20<sup>c</sup> - 24<sup>c</sup>, 25\* - 32\* und 11/99 - 13/99 erkundet. Oberhalb der neuen Plansohle überwiegen bindige Schichten. Häufig treten Muschellagen auf. Im oberen Bereich wurden in zwei Bohrungen Schlacke-Einlagerungen angetroffen.

Der Klei reicht von schwach feinsandigem Schluff bis zu Schluff/ Feinsand-Gemischen. Meist ist er schwach tonig, untergeordnet auch schwach mittelsandig. In der Regel ist der Klei der *Bodenklasse B*, bei sehr hohem Sandgehalt auch der Klasse D zuzuordnen. Der Wassergehalt  $w$  reicht von  $0,31$  bis  $0,77$  (im Mittel  $0,51$ ).

Abb. 23 zeigt das Körnungsband der Sande. Es handelt sich um schwach schluffige bis schluffige Fein- und Mittelsande der *Bodenklassen D bis H*. Die Mittelsande sind meist auch schwach grobsandig und schwach kiesig.

In Bohrung 20<sup>c</sup> wurde unterhalb von KN –20,7 m Geschiebemergel angetroffen.

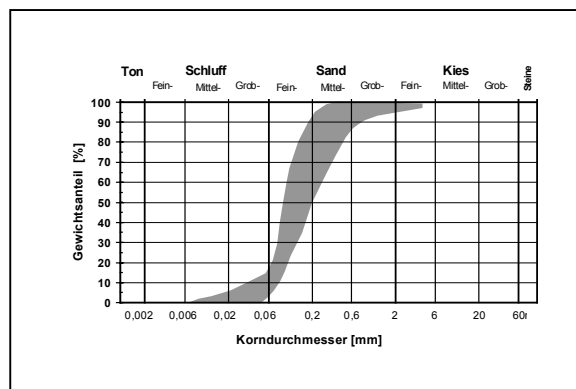


Abb. 23 : Baggerabschnitt 11, Körnungsband Sand (3 Proben)

### 5.12 Baggerabschnitt 12: Elbe-km 705 – 711

Im Baggerabschnitt 12 (s. Anlagen 1.3 und 2.2) liegen die Bohrungen 17<sup>c</sup> - 19<sup>c</sup>, 19\* - 24\* und 6/99 - 8/99. Dieser Bereich wird bestimmt durch feinkörnige, nichtbindige Böden, in denen häufig Muschellagen vorkommen.

Klei tritt nur untergeordnet in Form eines schwach bis stark tonigen, schwach bis stark feinsandigen Schluffes der *Bodenklasse B* auf, der z.T. auch schwach mittelsandig ist. Es wurde ein Wassergehalt von  $w = 0,63$  ermittelt. Dem Körnungsband (Abb. 24) liegen zwei Bodenproben eines Kleis sehr feinkörniger Ausbildung zugrunde.

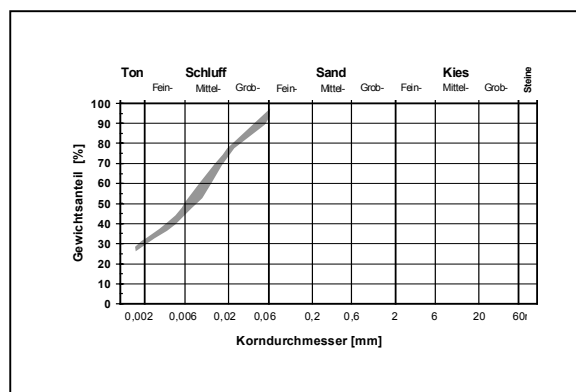


Abb. 24 : Baggerabschnitt 12, Körnungsband Klei (2 Proben)

Der Sand (Körnungsband s. Abb. 25) ist als schwach bis untergeordnet auch stark schluffiges, z.T. schwach grobsandiges Fein/Mittelsand-Gemisch ausgebildet, das überwiegend den *Bodenklassen D bis F*, untergeordnet auch G und H, zuzuordnen ist. In Bohrung 19<sup>c</sup> wurden unterhalb von KN –17,8 m pleistozäne Sande angetroffen.

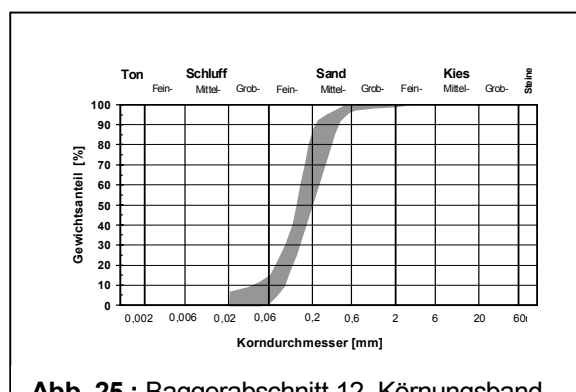


Abb. 25 : Baggerabschnitt 12, Körnungsband Sand (9 Proben)

### 5.13 Baggerabschnitt 13: Elbe-km 711 – 721

Im Baggerabschnitt 13 (s. Anlagen 1.3, 1.4 und 2.2) wurden die Bohrungen 9' - 16' sowie 9\* - 18\* und 18a\* abgeteuft. Im östlichen Bereich überwiegt oberhalb der neuen Plansohle Klei, während weiter westlich vor allem grobkörnige Sande anstehen.

Der Klei (Körnungsband s. Abb. 26) ist als schwach toniger, schwach bis stark feinsandiger Schluff bzw. Feinsand/Schluff-Gemisch ausgebildet. Entsprechend liegen die Wassergehalte mit Werten zwischen  $w = 0,27$  und  $0,68$  (im Mittel  $0,48$ ) sehr niedrig. Bei Anfangsscherfestigkeiten von  $c_{ui} = 10 - 100 \text{ kN/m}^2$  (im Mittel  $60 \text{ kN/m}^2$ ) liegt seine Konsistenz zwischen *sehr weich* und *steif*, und er ist damit in die *Bodenklasse B* einzuordnen. Es wurde ein Glühverlust von  $V_{gl} = 0,09$  bestimmt.

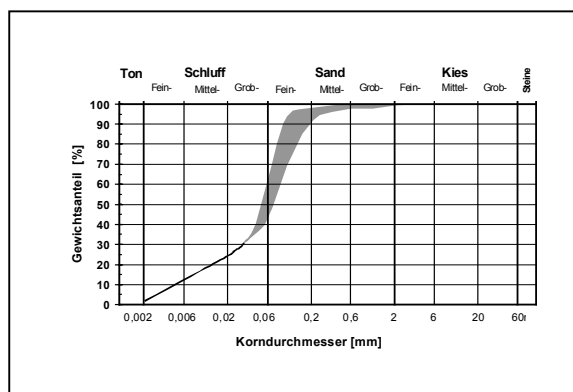


Abb. 26 : Baggerabschnitt 13, Körnungsband Klei (2 Proben)

Im östlichen Teil des Baggerabschnittes 13 treten die Sande nur untergeordnet und dann als schwach bis stark schluffige, z.T. schwach mittel-sandige Feinsande der *Bodenklasse D*, untergeordnet auch E und F, auf. Weiter westlich stehen hauptsächlich schwach feinsandige bis feinsandige, schwach grobsandige bis grobsandige und meist schwach kiesige Mittelsande der Bodenklassen D bis I an, wobei die *Bodenklasse H* überwiegt. Das Körnungsband in Abb. 27 beinhaltet beide Sandtypen.

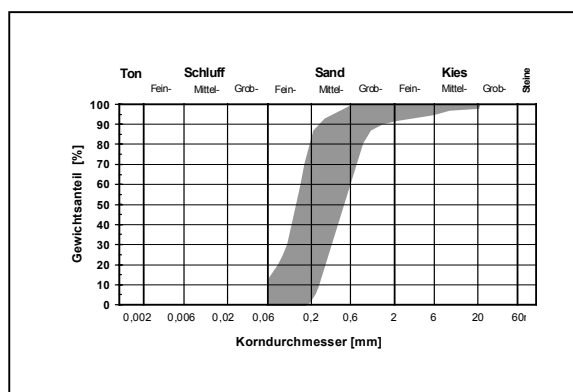


Abb. 27 : Baggerabschnitt 13, Körnungsband Sand (9 Proben)

### 5.14 Baggerabschnitt 14: Elbe-km 721 – 731

Der Baggerabschnitt 14 (s. Anlagen 1.4 und 2.2) wurde durch die Bohrungen 8\* und 5/99 erkundet. Es wurde kein Klei im Vertiefungsbereich angetroffen.

Die Sande (Körnungsband s. Abb. 28) sind z.T. schwach schluffige Gemische aus Fein-, Mittel-

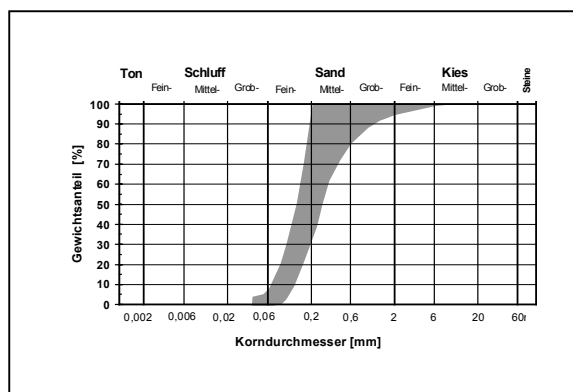


Abb. 28 : Baggerabschnitt 14, Körnungsband Sand (2 Proben)

und Grobsand mit unterschiedlichen Kiesgehalten.

In der Bohrung 5/99 wurde ein 0,1 m mächtiger Torf *weicher* Zustandsform erbohrt, der damit in die *Bodenklasse B* gehört.

### 5.15 Baggerabschnitt 15: Elbe-km 731 – 739

Zum Baggerabschnitt 15 (s. Anlagen 1.4 und 2.2) gehören die Bohrungen 5\* - 7\* sowie 1/99 - 4/99; auch hier stehen fast ausschließlich nichtbindige Böden an. In Bohrung 3/99 wurden im hangenden Bereich Schlacke-Einlagerungen angetroffen.

Klei wurde nur in der Bohrung 7\* in den unteren Dezimetern des Vertiefungsbereiches in Form eines schwach tonigen, schwach feinsandigen Schluffes der *Bodenklasse B* angetroffen.

Der Sand ist im Baggerabschnitt 15 durchgehend von Muschelbruch durchsetzt. Nach der kornanalytischen Ansprache handelt es sich um schwach schluffige und/oder schwach grobsandige Fein- und Mittelsande (Körnungsband s. Abb. 29) der *Bodenklassen D bis F*; untergeordnet tritt auch mittelsandiger Grobsand der *Bodenklasse H* auf.

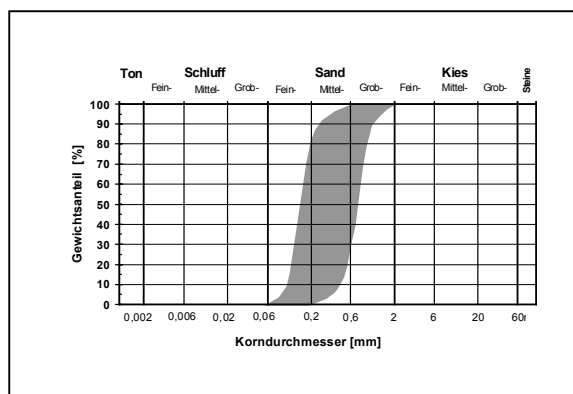


Abb. 29 : Baggerabschnitt 15, Körnungsband Sand (3 Proben)

### 5.16 Baggerabschnitt 16: Elbe-km 739 – 748

Der Baggerabschnitt 16 (s. Anlagen 1.4 und 2.2) wurde durch die Bohrungen 1<sup>c</sup> - 7<sup>c</sup> und 1\* - 4\* erkundet.

In diesem Baggerabschnitt wurde kein Klei angetroffen.

Die Sande (Körnungsband s. Abb. 30) sind als meist schwach schluffige bis schluffige, schwach grobsandige Fein/Mittelsand-Gemische der *Bodenklassen D bis F* mit viel Muschelschill

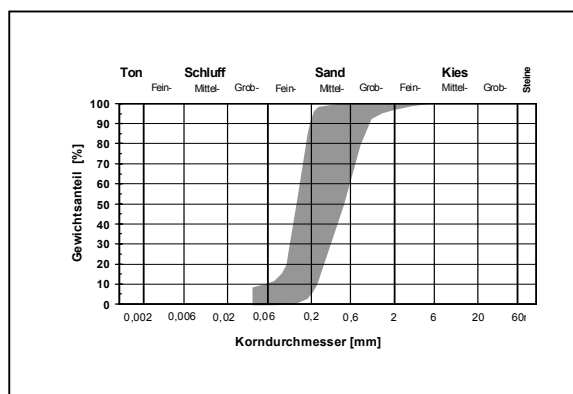


Abb. 30 : Baggerabschnitt 16, Körnungsband Sand (9 Proben)

ausgebildet. Zusätzlich treten auch gröbere Zwischenlagen (feinsandige und schwach bis stark grobsandige Mittelsande mit geringem Kiesgehalt der *Bodenklasse H*) auf.

## 6 DURCHFÜHRUNG DER NAßBAGGERARBEITEN

Die Durchführung der Naßbaggerarbeiten erfolgt auf Grundlage der DIN 18 311, worin die Böden nach ihrer Lösungsfestigkeit klassifiziert sind. Auf der Grundlage dieser Klassifizierung kann der Geräteeinsatz und die Durchführung der Baggerarbeiten geplant werden. Im Folgenden werden die *kursiv* gekennzeichneten Abschnitte aus BOBZIN (1989) zitiert.

Böden der Bodenklasse A (= fließende Bodenarten) treten im Untersuchungsgebiet nur örtlich oberflächennah auf (Schlick, breiiger Klei). Für sie gilt: *Das Lösen des Bodens dieser Bodenklasse bereitet keine Schwierigkeiten. Für den Transport ist eine große Anzahl von Schuten erforderlich. Wird der Boden an Land abgelagert, sind die Spülfelder entsprechend zu dimensionieren, da der Wasseranteil erheblich ist. Im Laderaum eines Hoppersaugbaggers wird sich diese Bodenart nur schwer absetzen.*

Der Klei ist aufgrund seiner meist weichen bis breiigen Konsistenz in der Regel in die Bodenklasse B (= weiche bis steife bindige Bodenarten) einzuordnen. Zu dieser Bodenklasse schreibt BOBZIN: *Das Lösen dieses Bodens bereitet weder dem Eimerkettenbagger noch einem Schneidkopf- oder Schneidradsaugbagger Schwierigkeiten. Nach dem Lösen geht die Klasse B in der Regel in die Klasse A über. Der Einsatz von Hopperbaggern ist nicht empfehlenswert, da einerseits beim Lösen Schwierigkeiten entstehen können, andererseits, falls der Boden gelöst ist, im Hopperraum wiederum nur ein sehr langsamer Absetzprozeß zu erwarten ist.*

Die Bodenklasse C (= steife bis feste bindige Bodenarten) wird im Vertiefungsbereich durch den Geschiebemergel bzw. durch örtlich festeren Klei vertreten: *Beim Einsatz eines Eimerkettenbaggers wird bei dieser Bodenart eine optimale Leistung zu erreichen sein, falls der Boden verklappt werden soll. Das Entleeren der Schute mit einem Schutensauger ist bei dieser Bodenart schwierig, da der Boden infolge der entstehenden Klumpen sehr schlecht anzusaugen ist. Gut dagegen ist der Einsatz eines Schneidkopfsaugbaggers mit nicht zu kleiner Schneidkopfantriebsleistung. Allerdings besteht bei zu geringer Schneidkopfdrehzahl die Gefahr des Verstopfens am Schneidkopf. Aus diesem Grunde empfiehlt sich nicht der Einsatz eines Schneidsaugbaggers, da der Boden zu sehr in den Fördergefäßen haftet. Ebenfalls nicht zu empfehlen ist der Einsatz eines Laderaumsaugbaggers.*

In die Bodenklasse D (= rolligbindige Bodenarten) gehören die stark schluffigen Feinsande sowie besonders sandiger Klei, der dann kornanalytisch ein Feinsand/Schluff-Gemisch darstellt: *Für diese Bodenart bietet sich der Einsatz eines Schneidkopf- oder Schneidradsaugbaggers an. Ein Grundsauger wird bereits bei höherem Anteil von Mittelsand große Schwierigkeiten haben.*

Für die Böden der Bodenklasse E (= gleichförmige, feinkörnige, rollige Bodenarten) gilt: *Der Zu-  
lauf des Bodens beim Lösen ist stark von der Lagerungsdichte abhängig. Ist diese nicht zu hoch,  
lassen sich mit einem Grundsauger hohe Leistungen erzielen. Dieser Boden ist gut zum Verspülen  
geeignet, vor allen Dingen dann, wenn der Schluff- und Tonanteil ungefähr bei 10 % liegt. Gene-  
rell können bei dieser Bodenart alle bekannten Naßbaggergeräte eingesetzt werden.*

Die Bodenklassen F (feinkörnige rollige Bodenarten), G (mittelkörnige rollige Bodenarten) und H  
(gemischtkörnige rollige Bodenarten) stellen den Hauptanteil der im Untersuchungsgebiet an-  
stehenden nichtbindigen Böden. Hierzu BOBZIN: *Für das Baggern dieser Bodenart (Bodenklasse F)  
sind alle Naßbaggergeräte geeignet. Bei großen Spülentfernungen sollte der Schluff- und Tonan-  
teil bei 10% liegen ... Bei den Klassen G und H sind wiederum alle Naßbaggergeräte geeignet;  
allerdings sind bei geringen Schluff- und Tonanteilen große Energien erforderlich. Ein hoher  
Grobsandanteil wird Ansaugprobleme beim kleineren Hopperbagger zur Folge haben.*

Die Bodenklasse I (grob- und gemischtkörnige rollige Bodenarten) repräsentiert die gröberen nicht-  
bindigen Böden im Übergangsbereich vom Sand zum Klei: *Nur Eimerkettenbagger oder Schneid-  
kopf- bzw. Schneidradsaugbagger sind hier einsetzbar, allerdings sind bei höherem Anteil von  
Kies große Antriebsleistungen beim Verspülen notwendig. Grundsauger fallen bereits bei zuneh-  
menden Kiesanteilen aus, da das Ansaugen schwierig ist.*

Böden der Bodenklasse K (grobkörnige rollige Bodenarten), d.h. ± sandige Kiese, kommen im  
Vertiefungsbereich nur untergeordnet vor. Für sie gilt: *Der Einsatz eines Eimerkettenbaggers ist  
bei dieser Bodenart selten, aber noch möglich. Schneidkopf- bzw. Schneidradsaugbagger sind nur  
dann einzusetzen, wenn sie über genügend große Antriebskräfte sowohl am Schneidkopf als auch  
an der Baggerpumpe verfügen.*

Die **Anlagen 2.1 und 2.2** („Verteilung der Bodenarten nach DIN 18311 im Vertiefungsbereich“) zeigen auf der Grundlage der vorhandenen Baugrundaufschlüsse sowie in Kenntnis der bei den lau-  
fenden Unterhaltungsbaggerungen geförderten Böden schematisiert die in der Fahrrinne im Vertie-  
fungsbereich (d.h. zwischen der derzeitigen Solltiefe für die Unterhaltungsbaggerungen bei KN –  
13,8 m und der neuen Plansohle zuzüglich Baggertoleranz) zu erwartenden Bodenklassen. Der  
Übersicht halber wurden die Bodenklassen D bis H (gelb) sowie I und K (hellbraun)  
zusammengefaßt. Bei diesem Farbcode geht es nur um eine qualitative Darstellung der anstehenden  
Bodenarten und nicht um eine Quantifizierung der Baggermengen (Massen) aus den jeweiligen  
Bodenklassen.

Genauere Informationen zu den Bodenklassen können den Profilen der Anlagen 1.1 – 1.4 entnom-  
men werden bzw. aus den Kornverteilungen der Anlagen 3.1 - 3.180 örtlich nachvollzogen werden.

Für Rückfragen stehen wir zur Verfügung.

**Hamburg, den 12. Februar 1999**  
**BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU**

Im Auftrag

Bearbeiterin

(Dipl.-Ing. Eißfeldt)

(Dipl.-Geol. Heeling)