

Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt

2. Bericht

Baugrundbeurteilung

Klappstelle Giesensand, Ausgleich- und Ersatzmaßnahme Hahnöfer Nebenelbe/Mühlenberger Loch

Auftraggeber : Wasser- Schifffahrtsdirektion Nord, Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg

Auftragsnummer : 004159-B 14.09.2000 Sw/sw 4159be02e_mail.doc

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Unterlagen	1
3	Baggerorte	2
4	Allgemeine Baugrundverhältnisse	2
4.1	Klappstelle Giesensand.....	3
4.1.1	Baugrundsichtung	3
4.1.2	Bodenkennwerte	6
4.1.3	Bodenklassifizierung	7
4.2	Hahnöfer Nebelbe/Mühlenberger Loch	7
4.2.1	Baugrundsichtung	8
4.2.2	Bodenkennwerte	11
4.2.3	Bodenklassifizierung	11
5	Bodenverwertung.....	12
6	Schlussbemerkung	12

Anlagenverzeichnis

Lageplan Bohrpunkte Klappstelle Giesensand	004159-B/1.2
Bodenprofile Giesensand	004159-B/2.2
Lageplan Bohrpunkte Hahnöfer Nebelbe/Mühlenberger Loch	004159-B/1.3
Bodenprofile Hahnöfer Nebelbe/Mühlenberger Loch	004159-B/2.3
Bodenprofile Mühlenberger Loch aus Unterlage 2.6.....	004159-B/2.4
Kornverteilungskurven der Sande Klappstelle Giesensand	004159-B/3.3 bis 3.15
Kornverteilungsspektrum der gewachsenen/aufgefüllten Mittelsande (Giesensand)...	004159-B/3.16
Kornverteilungsspektrum der gewachsenen Grobsande (Giesensand).....	004159-B/3.17
Kornverteilungskurve Klei.....	004159-B/3.18
Kornverteilungskurve Mudde.....	004159-B/3.19
Kornverteilungskurven der Sande Hahnöfer Nebelbe/Mühlenberger Loch	004159-B/3.20 bis 3.22
Kornverteilungskurve Klei Hahnöfer Nebelbe/Mühlenberger Loch	004159-B/3.23
Kornverteilungskurve Schlick Hahnöfer Nebelbe/Mühlenberger Loch	004159-B/3.24
Laborflügelsondierprotokolle	004159-B/4.8 bis 4.14
Feldflügelsondierprotokolle	004159-B/7.1 bis 7.22

Die Anlagen 1.1, 1.3, 3.1, 3.2, 4.1 bis 4.7, 5 und 6 sind dem 1.Bericht „Störinnenkurve“ vom 15.06.00 beigelegt.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beziehung zwischen SPT-Werten und der Benennung der Festigkeit.....	4
Tabelle 2:	Wassergehalte der bindigen Schichten (Giesensand)	5
Tabelle 3:	Undränirt Scherfestigkeit $c_{u\ pen}$ Taschenpenetrometerwerte (Giesensand)	6
Tabelle 4:	Beziehung zwischen c_u -Werten und der Bodenklasse nach DIN 18311.....	6
Tabelle 5:	Bodenmechanische Kennwerte (cal.-Werte) (Giesensand)	7
Tabelle 6:	Bodenklassen (Giesensand)	7
Tabelle 7:	Undränirte Feldflügelscherfestigkeit τ_{FS} (Hahnöfer Nebeneibe/Mühlenberger Loch) .	9
Tabelle 8:	Wassergehalte der bindigen Schichten (Hahnöfer Nebeneibe/Mühlenberger Loch) ...	9
Tabelle 9:	Undränirte Feldflügelscherfestigkeit τ_{FS} (Mühlenberger Loch, Unterlage 2.6).....	10
Tabelle 10:	Wassergehalte der bindigen Schichten (Mühlenberger Loch, Unterlage 2.6).....	11
Tabelle 11:	Bodenmechanische Kennwerte (cal.-Werte) (Hahnöfer Nebeneibe/Mühlenberger Loch inkl. der Altbohrungen aus Unterlage 2.6).....	11
Tabelle 12:	Bodenklassen (Hahnöfer Nebeneibe/Mühlenberger Loch inkl. der Altbohrungen aus Unterlage 2.6).....	12

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Im Rahmen der Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt sind umfangreiche Nassbaggerarbeiten zur Umsetzung der Kompensationsmaßnahmen Hahnöfer Nebenelbe / Mühlenberger Loch gemäß dem Planfeststellungsbeschluss zum genannten Vorhaben erforderlich. Wir wurden vom Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg beauftragt, für drei Teilbereiche ein Nassbaggergutachten zu erstellen und die erforderlichen Bohrarbeiten zu beaufsichtigen.

Mit dem vorliegenden 2. Bericht werden die Verhältnisse an der ehemaligen Klappstelle Giesensand am nördlichen Elbufer unterhalb von Wedel und im Bereich der geplanten Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme Hahnöfer Nebenelbe / Mühlenberger Loch beschrieben (vgl. Übersichtsplan auf Anlage 004159-B/1.2 und 1.3).

2 Unterlagen

Für die Ausarbeitung des vorliegenden 2. Berichtes stehen uns neben mündlichen Informationen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- | | | | |
|-----|--|-------------|---------------|
| 2.1 | Übersichtsplan Zeichnung Nr. 2.4.1 | M 1:250.000 | vom 28.02.00 |
| 2.2 | Probennahmeplan Zeichnung Nr. 2.4.3 | M 1:5000 | vom 24.02.00 |
| 2.3 | Probennahmeplan Zeichnung Nr. 2.4.2 | M 1:10.000 | vom 24.02.00 |
| 2.4 | Baubeschreibung und Ausschreibungstext | | vom 07.03.00 |
| | (WSA Hamburg) | | |
| 2.5 | Schichtenverzeichnisse und 161 Kern-, 8 Sonderproben sowie 44 Bohrproben aus insgesamt 39 Bohrungen, 82 Protokolle von Standard-Penetration-Tests 22 Protokolle der Feldflügelsondierungen | | Mai/Juni 2000 |
| | (Firma Neumann) | | |
| 2.6 | Auszüge aus dem Baugrund- und Gründungsgutachten für die Flächenaufhöhung, den Hochwasserschutz, die Kaianlage und das Deichsiel sowie die Anlagen 2.1.1, 2.1.2 und 2.2 | | ohne Datum |
| | (iwb) | | |

3 Baggerorte

Klappstelle Giesensand

Im Rahmen des früheren Fahrriennaubaus der Elbe auf KN -13,5 m Tiefe (NN -14,90 m) wurde in den Jahren 1976 bis 1977 unter der Bezeichnung Klappstelle Giesensand eine Grube für den Umschlag des sandigen Baggergutes aus der Fahrrinne genutzt. Das Material wurde zur Aufspülung des Deichkerns zum Neubau des Landesschutzdeiches zwischen Wedel und Haseldorf verwendet und die Klappstelle anschließend überwiegend mit Sand und teilweise mit Mergel verfüllt.

Zur Bestimmung der hier jetzt vorhandenen Bodenarten und vom Übergang zwischen verklapptem zum natürlichen Boden sowie zur Beurteilung von deren Festigkeit, d.h. einer zutreffenden Klassifizierung der zu baggernden Böden, wurden aus 8 Bohrungen Kernproben für Laborversuche gewonnen und in den anstehenden Sanden Standard-Penetration-Tests durchgeführt.

Hahnöfer Nebelbe/Mühlenberger Loch

Als Kompensation für Eingriffe in den aquatischen Lebensraum wird im östlichen Teil der Hahnöfer Nebelbe eine Rinne mit Anschluss durch das Mühlenberger Loch an den Hauptstrom der Elbe gebaggert. Das anfallende Baggergut soll in der früheren Klappstelle Giesensand untergebracht werden. Dazu wird ggf. der Sand aus der Klappstelle gewonnen, dann dort zunächst bindiges organisches Material aus der Rinnenbaggerung verklappt und danach mit sandigem Baggergut abgedeckt.

Zur Bestimmung der Bodenarten sowie zur Beurteilung von deren Festigkeit und damit einer zutreffenden Klassifizierung der in o.g. Rinne zu baggernden Böden sollten aus 31 Bohrungen Kernproben für Laborversuche gewonnen und die Festigkeit der anstehenden bindigen Böden mit Feldflügelsondierungen ermittelt werden. Die Feldflügelsondierungen wurden im Auftrage der Firma Neumann vom Ing. Büro Burmann+Mandel durchgeführt. Die Sondierungen wurden mit einer elektronischen Feldflügelsonde der Firma PERO ausgeführt. Im Gegensatz zu der VAN DEN BERG SONDE wird bei der eingesetzten PERO SONDE das Drehmoment am Kopf gemessen. Bei mächtigeren Weichschichten konnte durch Überbohren jedoch sichergestellt werden, dass eine Beeinflussung der Messwerte durch Gestängemantelreibung nahezu ausgeschlossen war. Die Flügelsondierungen wurden den Bohrungen zeitlich nachfolgend und um 3 m versetzt in eigenen Bohrungen in Tiefenabschnitten von je etwa 0,5 m ausgeführt.

4 Allgemeine Baugrundverhältnisse

Die Baugrundaufschlüsse wurden von der Firma Peter Neumann aus Eckernförde in der Zeit vom 03.05.00 bis zum 15.05.00 im Giesensand und zwischen dem 17.05.00 und dem 25.05.00 in der Hahnöfer Nebelbe/Mühlenberger Loch ausgeführt. Die Bohrungen wurden von einem Schiff

durch eine mittig angeordnete Luke aus abgeteuft. Das Schiff (Elbclearing 8), eine etwa 20 m mal 8 m große ehemalige Fähre, wurde mittels Differential Global Positioning System (DGPS) auf die amtseitig mit Gauß-Krüger-Koordinaten vorgegebenen Ansatzpunkte manövriert und mit 4 Ankern stabilisiert.

Zusätzlich stehen für den Bereich des Mühlenberger Loches Altaufschlüsse aus Unterlage 2.6 zur Verfügung, die bei der Bewertung in diesem Bericht berücksichtigt werden.

4.1.1 Klappstelle Giesensand

Die Bohrungen wurden bis etwa NN –22,0 m abgeteuft. Die Lage ist dem Lageplan auf Anlage 004159-B/1.2 zu entnehmen. Die Höhenlage der Gewässersohle an den Ansatzpunkten schwankt zwischen NN –5,9 m und NN –7,9 m.

Auf Anlage 004159/2.2 sind die Bohrprofile nach den Angaben in den Schichtenverzeichnissen und unserer Bodenprobenbewertung höhengerecht aufgetragen worden. In den Kommentarzeilen neben den Profilen sind außer der Benennung der Bodenart nach der Korngröße und der geologischen Bezeichnung die Wassergehalte der bindigen Böden sowie die SPT-Werte in den Sanden angegeben. Die erkundeten Baugrundverhältnisse werden nachfolgend beschrieben.

4.1.2 Baugrundsichtung

In allen Bohrungen wurden teilweise unter Auffüllungen (Sand, Schlick und örtlich Geschiebemergel) bis zur Endteufe überwiegend Sande angetroffen, in die teilweise nur wenige dm dünne, aber auch mehrere Meter mächtige Lagen aus Klei, Torf oder Mudde eingelagert sind.

Grundsätzlich lässt sich der Baugrundaufbau in zwei Bereiche unterteilen (vgl. Lageplan auf Anlage 004159-B/1.2), die durch die alte Klappstelle mit den Auffüllungsböden (B3 bis B5 und B7) und Bereiche mit gewachsenen Böden (B1, B2, B6 und B8) gekennzeichnet sind. Die Übergänge zwischen gewachsenen und aufgefüllten Sanden sind jedoch fließend, da oftmals praktisch keine Unterschiede festgestellt wurden. Wegen der großen Ähnlichkeit in Zusammensetzung und auch hinsichtlich der Festigkeit ist eine genaue Unterscheidung u.E. auch nicht erforderlich.

Gewachsener Baugrund

Die in B1, B2, B6 und B8 angetroffenen gewachsenen rolligen Böden sind meistens aus feinsandigen **Mittelsanden** zusammengesetzt. Sie enthalten vereinzelt auch gröbere Bestandteile sowie Holzkohlestückchen, plattige Torfanteile, aber auch Schlufflinsen. Die Ergebnisse der SPT schwanken zwischen $N_{30} = 6$ und $N_{30} = 17$, (i.M. $N_{30} = 10,2$).

Unterhalb der Mittelsande stehen ab Tiefen zwischen NN –16,1 m (B1) und NN –19,6 m (B4) bis zur Endteufe zwischen NN –20,7 m und NN –22,4 m **Grobsande** an, die neben feineren Bestandteilen auch Kiesanteile bzw. Kieslagen, **Steine und Gerölllagen** enthalten. Die Ergebnisse der SPT schwanken zwischen $N_{30} = 6$ und $N_{30} = 17$, (i.M. $N_{30} = 10,4$).

Insgesamt ist den **gewachsenen Sanden** nach den Ergebnissen der Standard-Penetration-Tests nach DIN 4094 Beiblatt 1 Abschnitt 4.8 Bild a überwiegend eine **mitteldichte Lagerung** zu zuordnen. Nach folgender Tabelle 1, die der von der Bundesanstalt für Wasserbau genutzten Tabelle zur Bewertung von Sondierungen entspricht, kann den Sanden eine **geringe bis mittlere Festigkeit** zugewiesen werden.

Tabelle 1: Beziehung zwischen SPT-Werten und der Benennung der Festigkeit

SPT-Wert	Benennung der Festigkeit
$N_{30} < 4$	sehr gering
$N_{30} = 4$ bis 12	gering
$N_{30} = 12$ bis 22	mittel
$N_{30} = 22$ bis 38	groß
$N_{30} > 38$	sehr groß

Die in B2, B6 und B8 ab Tiefen zwischen NN –8,4 m und NN –8,8 m eingelagerten **bindigen Schichten** bestehen aus einem 0,45 m bis 1,6 m dicken aus tonigem, schwach feinsandigem, schluffigem Klei, bzw. zersetztem Torf oder humosem Schlick. Die Einlagerungen sind stellenweise mit dünnen Sandbändern durchzogen. In B6 steht innerhalb der gewachsenen Sande zwischen NN –13,5 m und NN –15,6 m eine Schicht aus feinsandiger, toniger, schwach organischer, kalkhaltiger **Mudde** an. In B1 sind in die gewachsenen Sande immer wieder dünne Torf- oder Muddebänder eingelagert.

Auffüllungen

Die erbohrten **Auffüllungen** (B3 bis B5, B7) bestehen überwiegend aus feinsandigen, schwach grobsandigen, schwach kiesigen **Sanden**, die mit Geschiebemergel- bzw. Schluffbrocken versetzt sind. Die **Lagerungsdichte** der aufgefüllten Sande ist nach den zwischen $N_{30} = 3$ und $N_{30} = 13$, im

Mittel bei $N_{30} = 8,6$ liegenden SPT-Werten ebenfalls mit **mitteldicht** anzugeben. Die **Festigkeit** liegt entsprechend zwischen **sehr gering** und **mittel**.

In B4 wurde zwischen der Auffüllung und den gewachsenen Sanden ab NN –9,9 m bis NN -14,3 m eine Schicht aus feinsandiger, toniger, schwach organischer, kalkhaltiger **Mudde** erkundet. Auch hier sind wie in B5 immer wieder dünne bindige Schichten eingelagert bzw. Mischformen aus Torf, Klei und Mudde angetroffen worden. In B7 wurde direkt unterhalb der Auffüllung ab NN –9,0 m ein 75 cm starkes Band aus zersetztem Torf erbohrt.

Unterhalb der Auffüllungen wurden auch hier die gröberen Sande mit Stein- und Gerölllagen in **geringer bis mittlerer Festigkeit** angetroffen.

An 13 repräsentativen Proben aus den aufgefüllten und gewachsenen Sanden aller Bohrungen wurden mittels Siebanalysen (Nass- und Trockensiebung) die Kornverteilungen der Sande bestimmt und als Kurven auf den Anlage 004159-B/3.3 bis 3.15 beigefügt. Die Ergebnisse sind bei der Benennung der Bodenarten und entsprechend in den Kommentarzeilen neben den Bohrprofilen auf Anlage 004159-B/2.2 berücksichtigt. Das Kornverteilungsspektrum der gewachsenen/aufgefüllten Sande ist als Anlage 004159-B/3.16 und das der gewachsenen Sande und Kiese als Anlage 004159-B/3.17 beigefügt. Nach der gröberen unteren Grenze des Kornverteilungsspektrums sind bereichsweise nennenswerte Stein- und Geröllanteile zu erwarten.

Zur Beurteilung der bindigen Schichten wurde für je eine repräsentative Klei- und Muddeprobe die Kornverteilung bestimmt (Anlagen 004159-B/3.18 und 19). Außerdem wurden die Wassergehalte ermittelt und rechts neben den Bohrprofilen in den Kommentarzeilen auf Anlage 004159-B/2.2 angegeben. Die Ergebnisse werden nachfolgend zusammengefasst:

Tabelle 2: Wassergehalte der bindigen Schichten (Giesensand)

Bodenart	Versuchs-Anzahl	Wassergehalt %		
		Min	Max	Mittel
Klei	6	38,0	112,7	84,7
Schlick	2	67,9	108,9	88,4
Mudde	5	25,8	69,9	45,4
Torf	3	73,7	185,9	135,4
Geschiebemergel (aufgefüllt)	1	-	-	12,2

Zusätzlich wurde die undranierte Scherfestigkeit an den ungestörten Proben in unserem Labor mit dem Taschenpenetrometer bestimmt. Die Werte sind in den Kommentarzeilen neben den Bodenprofilen auf Anlage 004159-B/2.2 angegeben und nachfolgend zusammengefasst.

Tabelle 3: UndrÄnirte Scherfestigkeit $c_{u, pen}$ Taschenpenetrometerwerte (Giesensand)

Bodenart	Versuchs- Anzahl	undrÄnirte Scherfestigkeit [kN/m ²]		
		Min	Max	Mittel
Klei	6	7	27	15,2
Schlick	1	-	-	10
Mudde	4	15	55	31,2
Torf	4	12	45	31
Geschiebemergel	1	-	-	90

Die Konsistenz der angetroffenen BÖden wurde nach den manuellen PrÄufmethoden der DIN 4022 Teil 1 Abs. 8.13 beurteilt. Danach kann den bindigen BÖden ein Åberwiegend **breiige** bis stellenweise **weich/steife Konsistenz** zugewiesen werden. Nach folgender Tabelle 4 kann den bindigen Schichten in Anlehnung an die von der Bundesanstalt fÅur Wasserbau ermittelten BezugsgrÖBen fÅur die undrÄnirte Scherfestigkeit (c_u) eine Bodenklasse nach DIN 18311 zugewiesen werden.

Tabelle 4: Beziehung zwischen c_u -Werten und der Bodenklasse nach DIN 18311

c_u -Wert [kN/m ²]	Bodenklasse ge- mÄB DIN 18311
$c_u < 20$	A
$20 < c_u < 100$	B
$100 < c_u < 600$	C

4.1.3 Bodenkennwerte

Nach den Laborversuchen, der kornanalytischen Bodenprobenbewertung in unserem geotechnischen Labor, den Angaben in den Schichtenverzeichnissen sowie unseren Erfahrungen mit vergleichbaren BÖden kÖnnen folgende, in Tabelle 5 zusammengestellte Bodenkennwerte (cal.-Werte) eingefÅuhrt werden:

Tabelle 5: Bodenmechanische Kennwerte (cal.-Werte) (Giesensand)

Bodenart	Wichte γ/γ' [kN/m ³]	Steifemodul Es [MN/m ²]	Scherfestigkeit	
			φ' [°]	c' [kN/m ²]
Sande aufgefüllt: gewachsen:	18/10	30	32,5	0
	19/11	>40	35	0
Klei	16,5/6,5	1,0 – 3,0	15	10
Schlick	14/4	1,0	15	5
Mudde	16/6	1,5	15	10
Torf	12/2	0,5 – 1,0	15	15

4.1.4 Bodenklassifizierung

Zur Beurteilung der Böden hinsichtlich Ihrer Baggerfähigkeit können für die in der Klappstelle Giesensand erkundeten Böden auf Grundlage der vorliegenden Untersuchungsergebnisse sowie Tabelle 4 nachfolgende Bodenklassen angegeben werden.

Tabelle 6: Bodenklassen (Giesensand)

Boden	Bodenklasse		
	DIN 18 196	DIN 18 300	DIN 18311
Klei	OT	2 – 4	A bis B
Schlick	F/OT	2	A
Mudde	F	2 – 4	A bis B
Torf	HZ	2 – 3	A bis B
Sande (gewachsen/aufgefüllt)	SE - GW	3 – 5	(D) E bis K

4.2 Hahnöfer Nebelbe/Mühlenberger Loch

Im Bereich der Hahnöfer Nebelbe und des Mühlenberger Lochs wurden insgesamt 31 Bohrungen abgeteuft. Die Lage der Ansatzpunkte ist dem Lageplan auf Anlage 004159-B/1.3 zu entnehmen. Die Bohrungen sollten bis NN –4,5 m abgeteuft werden. Die Höhenlage der Gewässersohle an den Ansatzpunkten schwankt zwischen NN –1,65 m (B1) und tiefer als NN –4,9 m (B31, Gewässersohle nicht erreicht). Tendenziell sind die Wassertiefen im Mühlenberger Loch und dem Übergang zur Hahnöfer Nebelbe (B1 bis B11) geringer als im übrigen Teil der Hahnöfer Nebelbe.

Auf Anlage 004159-B/2.3 sind die Bohrprofile nach den Angaben in den Schichtenverzeichnissen und unserer Bodenprobenbewertung höhengerecht aufgetragen worden. In den Kommentarzeilen neben den Profilen sind außer der Benennung der Bodenart nach der Korngröße und der geologischen Bezeichnung die Wassergehalte der bindigen Böden sowie die Ergebnisse der Feldflügelsondierungen und die an den UP's bestimmten Taschenpenetrometer- bzw. Laborflügelwerte angegeben.

Ein Schichtenverlauf im Sinne eines geotechnischen Schnittes zwischen den Bohrprofilen wurde auf o. g. Anlage wegen der starken Wechsellagerung nicht angegeben. Für jede Bohrung ist jedoch die Bodenklasse der überwiegenden Bodenart unter dem Bohrprofil vermerkt.

Die erkundeten Baugrundverhältnisse werden nachfolgend beschrieben.

4.2.1 Baugrundsichtung

In den Bohrungen B5, B6, B14, B15, B18 bis B26 wurden nur bindige Schichten aus **Klei, Torf, Mudde** und **Schlick** angetroffen. In den Bohrungen B9 bis B13, B28 und B30 wurden überwiegend nur **Sande** mit dünnen Einlagerungen aus bindigen Böden erbohrt. In den übrigen Bohrungen wurden dagegen sowohl bindige als auch sandige Schichten erkundet. In drei Bohrungen wurde die Gewässersohle trotz Versetzens bis zur vorgegeben Tiefe bei NN –4,5 m nicht erreicht (B17 sowie B31 und B31a).

Die teilweise in Mächtigkeiten bis zu 3 m angetroffenen Sande sind aus Fein- und Mittelsanden mit örtlich organischen bzw. schluffigen Beimengungen zusammengesetzt. Lediglich der in B30 erbohrte Sand ist bei gleicher Zusammensetzung nach den Angaben der Schichtenverzeichnisse aufgefüllt.

In der Hahnöfer Nebeneibe wurden überwiegend bindige Schichten als Klei aus tonigem, schwach feinsandigen Schluff, Schlick, zersetztem Torf oder kleistreifiger Mudde erbohrt. Die bindigen Schichten im Mühlenberger Loch sind in gleicher Weise zusammengesetzt. Die einzelnen Bestandteile und Schichtgrenzen sind den Bohrprofilen auf Anlage 004159-B/2.3 zu entnehmen.

Die mit der Feldflügelsonde bestimmten undrännierten Scherfestigkeiten der Weichschichten liegt nach den als Anlagen 004159-B/7.1 bis 7.22 beigefügten Protokollen zwischen 1,7 kN/m² und 55,5 kN/m². Nachfolgend sind je Bodenart die Minimal-, Maximal- und Mittelwerte sowie die durchgeführte Anzahl tabellarisch zusammengefasst. Die einzelnen Werte sind ebenfalls den Kommentarteilen auf Anlage 004159-B/2.3 zu entnehmen.

Tabelle 7: Undrännierte Feldflügelscherfestigkeit τ_{FS} (Hahnöfer Nebeneibe/Mühlenberger Loch)

Bodenart	Versuchs-Anzahl	undrännierte Scherfestigkeit [kN/m ²]		
		Min	Max	Mittel
Klei	22	3,6	52,1	27,7
Schlick	7	6,9	35,0	18,9
Mudde	7	1,7	49,7	17,8
Torf	8	12,6	55,5	24,9

Zusätzlich wurde die undrännierte Scherfestigkeit an den ungestörten Proben bzw. den aufgeschnittenen Kernproben in unserem Labor mit dem Taschenpenetrometer bzw. der Laborflügelsonde

bestimmt. Die Werte sind in den Kommentarzeilen neben den Bodenprofilen auf Anlage 004159-B/2.3 angegeben bzw. als Laborflügelprotokolle auf den Anlagen 004159-B/4.8 bis 4.14 beigelegt.

Die im Labor ermittelten Werte sind bis auf B3 und B4 im Oberen Schlick etwa um die Hälfte kleiner als die im Feld bestimmten Flügelcherfestigkeiten. Als Ursache kann u.E. nur der Effekt des Aufweichens durch das im Ringspalt zwischen Bodenprobe und Kernrohr befindliche Wasser sowie die Beeinflussung durch den Transport angesehen werden. Für die Klassifikation der Bodenarten werden daher die in situ bestimmten Feldflügelwerte zugrunde gelegt.

Zur weiteren Beurteilung der Böden wurden die Kornverteilungen an drei repräsentativen Sand- (Anlagen 004159-B/3.20 bis 3.22), einer Schlick- (Anlage 004159-B/3.23) und einer Kleiprobe (Anlage 004159-B/3.24) bestimmt und ebenso wie die für die bindigen Bodenarten ermittelten Wassergehalte rechts neben den Bohrprofilen in den Kommentarzeilen auf Anlage 004159-B/2.3 angegeben. Die Wassergehalte werden nachfolgend zusammengefasst:

Tabelle 8: Wassergehalte der bindigen Schichten (Hahnöfer Nebelbe/Mühlenberger Loch)

Bodenart	Versuchs-Anzahl	Wassergehalt %		
		Min	Max	Mittel
Klei	29	34,9	141,7	110,7
Schlick	24	42,0	127,0	70,8
Mudde	3	58,5	74,5	65,3
Torf	22	68,7	309,6	194,5

Mühlenberger Loch (Altbohrungen B17 bis B32 aus Unterlage 2.6)

Der Bodenaufbau des nordöstlichen Endes der geplanten Rinne wird entsprechend den aus Unterlage 2.6 entnommenen Bohrungen B17 bis B31 beschrieben. Im Gegensatz zu den Erkundungsbohrungen B1 bis B31 (Anlage 004259-B/2.3), die etwa in der Mitte der geplanten Rinne abgeteuft wurden, liegen diese Bohrungen alle östliche der geplanten Rinne (vgl. Lageplan Anlage 004259-B/1.3). Zur Beurteilung wurden nur etwa die oberen 6 m der teilweise wesentlich tiefer führenden Bohrungen herangezogen und auf Anlage 004259-B/2.4 dargestellt.

Auf die Darstellungen eines Schichtenverlaufes wurde auch auf Anlage 004159-B/2.4 wegen der starken Wechsellagerung verzichtet. Für jede Bohrung ist jedoch die Bodenklasse der überwiegenden Bodenart unter dem Bohrprofil vermerkt.

Die Sohlentiefe nimmt von etwa NN -1 m im Südwesten auf etwa NN -3,4 m im Nordosten Richtung Elbfahrwasser zu. Die Zusammensetzung der bis zur Ausbaulinie bei NN -3,90 m angetroffenen Bodenschichten ist ähnlich heterogen wie der Schichtenaufbau in der Hahnöfer Nebelbe. Zum überwiegenden Teil steht bis zur Ausbaulinie **Schlick** aus sandigem, tonigen Schluff mit organischen Beimengungen an. Die **Konsistenz** des zu baggernden Schlicks wird in Unterlage 2.6 mit

überwiegend **breiig bis flüssig** und nur vereinzelt mit steif angegeben. In B19, B22, B23, B26, B31 und B32 wurden teilweise unter einer dünnen Schlickschicht überwiegend schwach schluffige bis schluffige **Feinsande** mit organischen Beimengungen und örtlich eingelagerten Holzkohlestückchen erbohrt.

Auf den unteren Dezimetern bis zur Ausbaulinie bei NN –3,90 m und darunter stehen dann Kleiböden und Torfe, teilweise mit Sandbändern oder Sandschichten, in Wechsellagerung an. In B20 bis B21, B25, B29 und B32 wurden unterhalb von Weichschichten ab Koten zwischen NN –3,8 m bis NN –7 m Feinsande erbohrt.

Im Rahmen der Baugrunderkundung für das Gutachten der Unterlage 2.6 wurden mit der elektronischen Feldflügelsonde (*System VAN DEN BERG*) die undrännierten Scherfestigkeiten ermittelt. Die Werte sind neben den Bohrprofilen höhengerecht aufgetragen und werden in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 9: Undrännierte Feldflügelscherfestigkeit τ_{FS} (Mühlenberger Loch, Unterlage 2.6)

Bodenart	Versuchs-Anzahl	undrännierte Scherfestigkeit [kN/m ²]		
		Min	Max	Mittel
Klei	4	18	46	31
Schlick	29	5	52	43,8
Torf	4	29	54	21,4

Die Werte liegen über den in der Hahnöfer Nebeneibe in Tabelle 7. Der relativ hohe Mittelwert für die undrännierte Scherfestigkeit des Schlicks ist u.E. auf die Einlagerung von Sandbändern oder von Pflanzenresten zurückzuführen.

Die in Unterlage 2.6 angegebenen Wassergehalte werden ebenfalls zur Bewertung herangezogen und in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 10: Wassergehalte der bindigen Schichten (Mühlenberger Loch, Unterlage 2.6)

Bodenart	Versuchs-Anzahl	Wassergehalt %		
		Min	Max	Mittel
Klei	20	33,1	157	84,9
Schlick	29	25,7	107,0	49,4
Torf	15	77,6	431	232

Die Wassergehalte liegen beim Schlick und beim Klei deutlich ca. 30% unterhalb der in der Hahnöfer Nebeneibe ermittelten und in Tabelle 8 angegebenen Werte für die Neubohrungen B1 bis B31. Dies erklärt zum Teil auch die in den Altbohrungen B17 bis B32 festgestellten höheren Flügel-scherfestigkeiten. Beim Torf sind die Wassergehalte in den Altbohrungen höher als die im Bereich Hahnöfer Nebeneibe/Mühlenberger Loch bestimmten Werte, was in der Tendenz mit den im Müh-

lenberger Loch niedrigeren Flügelscherfestigkeiten korrespondiert. Der niedrige mittlere Wassergehalt des Schlicks deutet auch hier wieder auf eine örtlich vorhandene Sandbänderung hin.

4.2.2 Bodenkennwerte

Nach den Laborversuchen, der kornanalytischen Bodenprobenbewertung in unserem geotechnischen Labor, den Angaben in den Schichtenverzeichnissen sowie unseren Erfahrungen mit vergleichbaren Böden können folgende, in Tabelle 11 zusammengestellte Bodenkennwerte (cal.-Werte) eingeführt werden:

Tabelle 11: Bodenmechanische Kennwerte (cal.-Werte) (Hahnöfer Nebelbe/Mühlenberger Loch inkl. der Altbohrungen aus Unterlage 2.6)

Bodenart	Wichte γ/γ' [kN/m ³]	Steifemodul Es [MN/m ²]	Scherfestigkeit	
			φ [°]	c' [kN/m ²]
Sande gewachsen/aufgefüllt	18/10	30	3 2,5	0
Klei	16,5/6,5	2	15	10
Schlick	14/4	1	10	5
Mudde	16/6	1,5	15	10
Torf	12/2	0,5	15	15

4.2.3 Bodenklassifizierung

Aufgrund der Klassifikationsmerkmale können für die im Mühlenberger Loch und in der Hahnöfer Nebelbe erkundeten Böden nachfolgende Bodenklassen angegeben werden. Dabei wird für die Klassifizierung der Böden nach DIN 18311 die Tabelle 4 herangezogen.

Tabelle 12: Bodenklassen (Hahnöfer Nebelbe/Mühlenberger Loch inkl. der Altbohrungen aus Unterlage 2.6)

Boden	Bodenklasse		
	DIN 18 196	DIN 18 300	DIN 18 311
Klei	OT	2-4	A bis B
Mudde	F	2-3	A bis B
Schlick	F/OT	2-3	A bis B
Torf	HZ	2-3	(A) B
Sand (gewachsen/aufgefüllt)	SE – SW	3 (4)	D bis I

5 Bodenverwertung

Für die Sande im Bereich der Klappstelle Giesensand ist für den überwiegenden Teil auch bei Einlagerung von dünnen bindigen Schichten eine Verwertung als Baustoff zum Beispiel zur Flächenaufhöhung oder als Abdeckung grundsätzlich gegeben. Die aufgefüllten Sande sind jedoch mit

Schluff- und Geschiebemergelbrocken durchsetzt, wodurch Einschränkungen hinsichtlich einer Verwendung z.B. als Dränsande, Filtersande oder kapillarbrechender Schichten bestehen.

Im Bereich der Hahnöfer Nebeneibe und des Mühlenberger Loches beschränkt sich der Bereich einer möglichen Sandgewinnung und Verwertung auf den Abschnitt zwischen B9 und B13 sowie die Bereiche um die Altbohrungen B 19, B 22, B 23, B 26, B 31 und B 32 aus Unterlage 2.6.

Alle anstehenden bindigen Böden werden bei der Nassbaggerung zu sehr in ihrer Konsistenz gestört, als dass eine Nutzung für bautechnische Zwecke in Betracht kommt. Sofern die organischen, bindigen Böden landwirtschaftlich genutzt werden sollten, empfehlen wir zusätzliche chemische Analysen durchführen zu lassen.

6 Schlussbemerkung

Für die Klassifizierung der anstehenden Bodenarten im Bereich der **Klappstelle Giesensand** zwischen km 645,97 bis km 646,64 wurden 8 Wasserbohrungen ausgeführt. Danach wurden ab Gewässersohle überwiegend gewachsene, aber auch aufgefüllte Sande angetroffen. Innerhalb bzw. oberhalb der gewachsenen Sande wurde aber auch Klei, Torf, Mudde oder Schlick erbohrt. Die aufgefüllten Sande sind zum Teil mit Schluff- bzw. Mergelbrocken durchsetzt. Die Festigkeit der Sande kann anhand der Standard-Penetration-Tests mit mittel angegeben werden. Grundsätzlich lassen sich anhand der vorliegenden Ergebnisse die Festigkeiten der aufgefüllten Sande nicht von den gewachsenen unterscheiden. Die aufgefüllten Sande sind jedoch mit Schluff- und Geschiebemergelbrocken durchsetzt, wodurch Einschränkungen hinsichtlich der Verwendung bestehen. Grundsätzlich sind die Sande für Flächenaufhöhungen und Abdeckungen geeignet. Die bindigen Böden können aufgrund des Aufweichens während des Baggerns kaum für bautechnische Zwecke genutzt werden. Falls sie auf landwirtschaftliche Nutzflächen verbracht werden sollten, empfehlen wir zusätzliche chemische Analysen.

Im Bereich **Hahnöfer Nebeneibe / Mühlenberger Loch** wurden insgesamt 31 Bohrungen bis in Tiefen von max. NN -5,60 m abgeteuft und zusätzlich 17 Altbohrungen für den nordöstlichen Teil der geplanten Rinne den Bewertungen zugrundegelegt. Danach stehen zwischen B9 und B13 fast reine Sande an. In der Hahnöfer Nebeneibe stehen dagegen im wesentlichen bindige Schichten aus Klei, Schlick, Mudde, Torf und deren Mischformen an. Häufig tritt eine natürliche Wechsellagerung von sandigen und bindigen Schichten auf. Eine Verwertung des Baggergutes ist u.E. nur für die Sande aus o.g. Bereich (B9 bis B13) sinnvoll. Im Bereich der Altbohrungen sind lediglich die Bereiche um B19, B22, B23 und B26 sowie B31 und B32 für eine Sandgewinnung geeignet.

Aufgrund umfangreicher Laborversuche sowie den vor Ort durchgeführten Standard-Penetration-Tests und Feldflügelsondierungen werden die Bodenklassen angegeben. Im Bereich der Klapp-

stelle Giesensand können nach DIN 18311 die Bodenklassen **E bis K** (örtlich D) angegeben werden. Wobei vereinzelt auch mit **Steinen** und **Gerölllagen** zu rechnen ist. Die Sande im Bereich der Hahnöfer Nebelbe und des Mühlenberger Loches sind etwas weniger kieshaltig, so dass hier die Bodenklassen **D bis I** angegeben werden können.

Die bindigen Böden können für beide untersuchten Bereiche aufgrund der in situ ermittelten ange-troffenen undrännierten Scherfestigkeit bzw. der Laborversuche überwiegend in die Klassen **A** und untergeordnet **B** eingestuft werden.

Sachbearbeiter:



Schwieger

Verteiler:

WSA Hamburg, Herr Grimm

INGENIEURGESELLSCHAFT
ENDERS und DÜHRKOP



i.V. Kordinand

(3fach und auf Datenträger oder per E-Mail)