

GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
KLEINER ORT 2
28357 BREMEN
TELEFON (0421) 20770-0
TELEFAX (0421) 27 42 55
GLB@GRUNDBAULABOR.DE

Objekt-Nr: 14 10932
Datum: 24.03.2015
Zeichen: Els/Re
Datei: O:\14\10932\GTB1.doc

Hochwasserschutz Vegesack, Abschnitte A bis E, 28757 Bremen

Geotechnischer Bericht Nr. 1

Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen und Angaben von Bodenkennziffern

Bauherr: Bremischer Deichverband am rechten Weserufer
Am Lehester Deich 149
28357 Bremen

Objekt- und
Tragwerksplanung: Inros Lackner AG
Lindenstr. 1 A
28755 Bremen



INHALTSVERZEICHNIS

1	Anlass der geotechnischen Untersuchungen.....	3
2	Bauvorhaben (Anlagen 1 und 2).....	4
2.1	Planunterlagen	4
2.2	Vorhaben (Anlage 1)	4
2.3	Untersuchungsgebiet (Anlagen 2.0 bis 2.1.5)	4
3	Baugrund (Anlagen 2.1.1 bis 3.3)	5
3.1	Geologische und bautechnische Vorgeschichte.....	5
3.2	Baugrundaufschlüsse (Anlagen 2.0 bis 2.1.5).....	6
3.3	Baugrundverhältnisse (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.5).....	7
3.3.1	Ermittlung von Bodenprofilen aus Drucksondierungen (Anlagen 2.1.2 bis 2.1.4)	7
3.3.2	Baugrundsichtung (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.5)	9
3.3.3	Baugrundfestigkeit.....	12
3.4	Grundwasserverhältnisse	15
3.4.1	Hauptgrundwasserhorizont	15
3.4.2	Oberer Grundwasserhorizont	16
3.4.3	Weserwasserstände	16
3.5	Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen 3.1.1 bis 3.2.2).....	17
4	Baugrundbewertung	19
4.1	Allgemeines	19
4.2	Charakteristische bodenmechanische Kennwerte	20
5	Zusammenfassung	25
6	Anlagenverzeichnis	26

1 Anlass der geotechnischen Untersuchungen

Im Zuge der Umsetzung des Generalplan-Küstenschutz ist eine teilweise Erhöhung der Hochwasserschutzbauwerke in Bremen-Vegesack erforderlich. In diesem Bereich ist der Bremische Deichverband am rechten Weserufer zuständig für die Sicherheit, Unterhaltung und Pflege des Landesschutzdeiches.

Die Inros Lackner AG wurde von dem Deichverband am rechten Weserufer mit der Überprüfung der Bauteile der Landesschutzdeichlinie in diesem Gebiet beauftragt. Für die Berechnung sind grundlegende Baugrundinformationen erforderlich. Das Grundbaulabor Bremen wurde vom Bremischen Deichverband am rechten Weserufer mit den dafür erforderlichen Baugrunderkundungen und Laborarbeiten sowie die Erstellung eines Geotechnischen Berichtes beauftragt. Hierfür wurden vorhandene Baugrundaufschlüsse in dem Untersuchungsgebiet zusammengetragen und weitere erforderliche Baugrundaufschlüsse durchgeführt.

Die Ergebnisse der Zusammenstellung vorhandener Baugrunderkundungen wurden im Zuge des Planungsfortschrittes mit E-Mail vom 03.11.2014 und die Ergebnisse der ergänzenden Erkundungen mit E-Mail vom 26.02.2015 bekannt gegeben.

Dieser Geotechnische Bericht 1 enthält die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse, der Feld- und Laborversuche sowie Angaben der charakteristischen Bodenkennwerte und Berechnungsquerschnitte.

2 Bauvorhaben (Anlagen 1 und 2)

2.1 Planunterlagen

Inros Lackner SE, Bremen

- [1] Lageplan HWS Maßnahmen, Vorabzug, Maßstab 1 : 1000,
Maßstab 1 : 500, vom 30.07.2014
- [2] Querschnitte 0-0 bis 3-3, Abschnitt A, Maßstab 1 : 50 vom 13.10.2014
- [3] Leitungsplan, Vorabzug, Maßstab 1 : 500 vom 26.11.2014
- [4] Beschreibung der Hochwasserschutzlinie, Proj.-Nr. 22-13-026-1
ohne Datum
- [5] Angrenzende Bebauung im Abschnitt B, Proj.-Nr. 2013-0282
per E-Mail am 21.01.2015

GDfB, Geologischer Dienst für Bremen

- [6] Hochwasserschutz, außendeichs liegende Gewerbegebiete, ohne Maßstab,
vom 15.01.2010.

2.2 Vorhaben (Anlage 1)

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um die Hochwasserschutzbauwerke im Bereich des Vegesacker Hafens sowie entlang der Einmündung in die Lesum, die entweder erhöht oder neu gebaut werden sollen. Einen Lageplan des Untersuchungsgebietes im Maßstab 1 : 10.000 zeigt die Anlage 1.

2.3 Untersuchungsgebiet (Anlagen 2.0 bis 2.1.5)

Das zu untersuchende Gebiet ist von der Inros Lackner AG in fünf Abschnitte unterteilt worden und umfasst den Vegesacker Hafen vom „KITO-Haus“ vor dem Fähranleger (Abschnitt A), entlang des Hafenbeckens (Abschnitt B), über die anschließenden Freiflächen südwestlich des Einkaufszentrums (Abschnitt C), entlang des Einkaufszentrums am Kantjespad (Abschnitt D) und das sogenannte „Lürssen-Gelände“ (Abschnitt E).

Einen Übersichtsplan mit den Abschnittsgrenzen zeigt die Anlage 2.0.

3 Baugrund (Anlagen 2.1.1 bis 3.3)

3.1 Geologische und bautechnische Vorgeschichte

Nach der geologischen Karte, Blatt Vegesack, ist im östlichen Bereich der Untersuchungsfläche mit humosem Ton bis Ton und im westlichen Bereich mit aufgefülltem Boden (Warfen außerhalb des Weserdeiches Baggergut) zu erwarten.

Nach der Baugrundkarte Bremen, Blatt Vegesack, ist im Bereich der Baufläche (Abschnitt A bis C) überwiegend das Bodenprofil 3, westlich und östlich des Hafens das Bodenprofil 8b und im südlichen Bereich (Abschnitt D und E) der Baufläche wurde das Bodenprofil 5 kartiert. Ferner ist in der Baugrundkarte im Bereich der Untersuchungsfläche eine Auffüllung aus natürlichen Bodenarten (bindig und nicht bindig) verzeichnet.

Nach dem Profil 3 ist eine Wechsellagerung von bindigen und organischen Bodenarten mit nichtbindigen Bodenarten (bis 10,00 m und mächtiger) in Talrinnen der Geest über bindigen und nichtbindigen Bodenarten zu erwarten. Es handelt sich dabei um Torf und humose Sande, Schluff und Ton im Wechsel mit Sand und Kies über Sand, Geschiebelehm oder Ton und Schluff ("Lauenburger Ton").

Nach dem Profil 5 sind nichtbindige Bodenarten (> 10,00 m mächtig) zu erwarten. Es handelt sich dabei um Sand und Kies, gemischtkörnig, mit Anteilen bis Blockgröße, stellenweise oberflächennahes Grundwasser (0,50 m bis 1,50 m unter OK Gelände).

Nach dem Profil 8 b sind nichtbindige Bodenarten (5,00 m bis 10,00 m mächtig) und/oder bindige und organische Bodenarten über bindigen Bodenarten mit weicher bis fester Konsistenz zu erwarten. Es handelt sich dabei um Sande und Kiese (gemischtkörnig) und/oder Schluff - Ton mit wechselnden Anteilen von Sand und organischen Beimengungen (z.B. Auelehm, Klei, Mudde) über Ton - Schluff mit wechselnden Anteilen von Sand ("Lauenburger Ton").

Die Oberfläche der Lauenburger Schichten, die in der Baugrundkarte Bremen Teil C als Linien gleicher Tiefenlage auf m NN bezogen in 5,00 m Abständen dargestellt wurde, ist bei - 5,00 m NN = ca. 10 m Tiefe zu erwarten. Die Lauenburger Schichten sind in den oberen 3,00 m überwiegend bindig ausgebildet.

3.2 **Baugrundaufschlüsse (Anlagen 2.0 bis 2.1.5)**

Zur Ergänzung der vorhandenen Baugrundaufschlüsse wurden in dem Untersuchungsgebiet (Abschnitt A, B, D und E) von unserem Labor vom 29.01. bis 03.02.2015 folgende Baugrundaufschlüsse durchgeführt:

Direkte Baugrundaufschlüsse:

13 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Durchmesser 45 mm bis 80 mm, t = 7 m bis 15 m.

Es ist zu beachten, dass bei dem Bohrverfahren, Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1 mit einem Durchmesser von 45 mm bis 80 mm, Steine > 63 mm nicht erkannt und gefördert werden können.

Indirekte Baugrundaufschlüsse:

12 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN-EN ISO 22476-2 (DPH), t = 12 m bis 15 m.

Die Sondierungen wurden örtlich zum Schutz von Leitungen bzw. zum Durchteufen von schwer sondierbaren Auffüllungen sowie zum direkten Aufschluss der Auffüllungen bis in Tiefen von max. 4,5 m vorgegraben, vorsondiert oder vorgerammt.

Für die Beurteilung der Baugrundverhältnisse wurden auch Ergebnisse von Fremdfirmen mit herangezogen, für deren Richtigkeit keine Gewähr übernommen wird.

Einen Lageplan aller vorhandenen und ergänzend durchgeführten Sondierungen im Maßstab 1 : 1.000 zeigt die Anlage 2.0.

Das Ergebnis der Baugrundaufschlüsse, höhengerecht im Maßstab 1 : 100 als Bodenprofile mit den Sondierdiagrammen dargestellt, zeigen die Anl. 2.1.1 bis 2.1.5.

3.3 Baugrundverhältnisse (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.5)

3.3.1 Ermittlung von Bodenprofilen aus Drucksondierungen (Anlagen 2.1.2 bis 2.1.4)

Bei Drucksondierungen (CPT-E) gemäß DIN 4094-1 werden der Spitzenwiderstand q_c und die lokale Mantelreibung f_s fortlaufend elektrisch gemessen. Aufgrund der Tatsache, dass bei diesem Sondierverfahren eine physikalische Größe (MN/m^2) gemessen wird, ist versucht worden, mit den Messwerten Zusammenhänge zu anderen bodenphysikalischen Größen zu ermitteln. Dabei wurde in den 50er Jahren von Begemann, Universität Delft, festgestellt, dass das Verhältnis von örtlicher Mantelreibung zum Spitzendruck charakteristisch für eine Bodenart ist und nicht von der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz eines Bodens abhängt. Das Reibungsverhältnis $R_f = (f_s/q_c) \cdot 100$ weist danach bei reinen Sanden niedrige Werte $R_f = 0,5 \%$ bis $1,0 \%$ und bei schluffigen Sanden $R_f = 1,1 \%$ bis $2,0 \%$ auf. In bindigen Böden nimmt die Mantelreibung zu und der Spitzenwiderstand ab, so dass hier Reibungsverhältnisse von $R_f = 2 \%$ bis 4% und bei organischen Bodenarten $R_f = 6 \%$ bis 10% typisch sind.

Das Diagramm von Begemann (entnommen aus Grundbau-Taschenbuch) mit den Bereichen der einzelnen Bodenarten zeigt die Abb. 1.

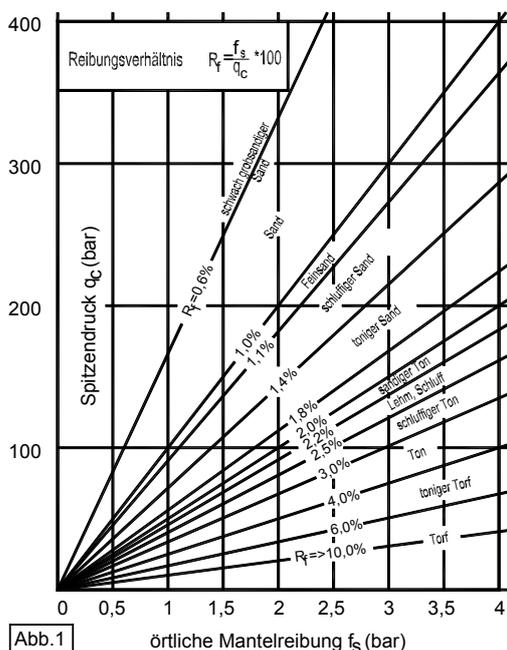


Abb.1

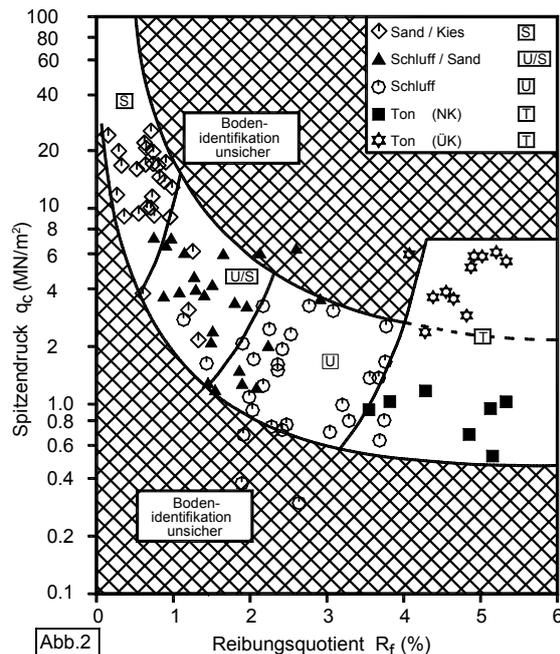


Abb.2

In weiteren Arbeiten wurde angestrebt, neben der reinen Identifikation der Bodenarten auch eine Klassifikation vorzunehmen. Douglas und Olson (1981) zeigten erstmals, dass die Grenzen zwischen den allein nach Körnungslinien eingestuften Bodenarten keine Geraden sind. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens an der Universität Hannover wurde ein Bodenidentifikationsdiagramm (Abb. 2) erarbeitet, das speziell die Belange für den norddeutschen Bereich berücksichtigt. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist im Artikel „Bodenansprache anhand von CPT-Ergebnissen“ von von Bloh/Harder (Fachzeitschrift „Tiefbau, Ingenieurbau, Straßenbau“, 12.88) veröffentlicht.

Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse wurde aufgrund umfangreicher Vergleichsuntersuchungen mit Kernbohrungen und daneben ausgeführten Drucksondierungen im Prüfgelände Mercedes-Benz AG, Papenburg, und im Güterverkehrszentrum Bremen ein eigenes EDV-Programm entwickelt. Nach ingenieurmäßiger Überprüfung wurden damit aus den Drucksondierungen Bodenprofile ermittelt. Dabei sind im Allgemeinen nur die Hauptbodenarten sowie bei Sanden schluffige Beimengungen aus den Drucksondierungen eindeutig erkennbar. Es ist besonders bei geologisch jungen, nicht vorbelasteten Böden nicht genau möglich, zwischen stark humosem Schluff (Klei) und Torf zu unterscheiden. Falls weitergehende, insbesondere geologische Benennungen vorgenommen wurden, sind diese aus den direkten Aufschlüssen oder entsprechenden Erfahrungen abgeleitet worden.

Die aus den Drucksondierungen ermittelten Bodenprofile zeigen die Anlagen 2.1.2 bis 2.1.4.

3.3.2 Baugrundsichtung (Anlagen 2.1.1 bis 2.1.5)

Aus den direkten Baugrundaufschlüssen sowie den aus den Drucksondierungen interpretierten Bodenprofilen ist die nachstehende Schichtenfolge erkennbar:

Abschnitt A:

Unter einer 1,0 m bis 4,0 m mächtigen Auffüllung aus Sanden und Schluffen, z. T. Torf folgen örtlich holozäne Weichschichten, z. T. als humose Schluffe bzw. als Torf, örtlich als stark schluffige und humose Sande, die in Tiefen von 1,5 m bis 4,45 m = + 3,15 m NN bis + 0,05 m NN von Mittel- und Feinsanden der Weserterrasse unterlagert werden. Mit Ausnahme der Sondierbohrung 0245 wurden die Wesersande in der Endtiefe der Sondierbohrungen nicht durchteuft. In der Sondierbohrung 0245 wurden ab einer Tiefe von 9,8 m = - 5,11 m NN Lauenburger Tone erbohrt, die in der Endtiefe der Sondierbohrung bei - 10,3 m NN nicht durchteuft wurden.

In den Bohrsondierungen BS 1, BS 2, BS 3 und BS 4 wurden unterhalb der Auffüllungen keine holozänen Weichschichten angetroffen. Die BS 1 musste wegen einem Betonhindernis in 1 m Tiefe verschoben werden. In den Bohrsondierungen BS 3 und BS 4 aus 01/2004 wurden in den Auffüllungen neben Bauschuttresten Knochen sowie Dieselgeruch festgestellt.

Abschnitt B:

Im Abschnitt B sind zunächst örtliche Oberflächenbefestigungen aus Pflastersteinen, Gehwegplatten oder Betonsohlen bis in 0,06 m bis 0,35 m vorhanden. Darunter bzw. ab GOK folgen in den meisten Sondierungen Auffüllungen aus überwiegend Sand, örtlich schluffig und mit Bauschuttbeimengungen sowie Sand-/Schluffgemische. In der BS 5 wurden in den Auffüllungen in 0,6 m Tiefe ein 0,3 m mächtiges Rotsteinpaket sowie in den tieferen Auffüllungen Kanalrohrreste und weitere Rotsteinreste bis in 3,3 m Tiefe angetroffen. In der BS 25/U wurde in den Auffüllungen Bauschutt, Steine und Dieselgeruch angetroffen und in der BS 26/U ist in den Auffüllungen eine 1,1 m mächtige Schicht aus Steinen und Bauschutt eingelagert. Örtlich folgen unter den Auffüllungen 0,5 m bis 4,2 m mächtige gewachsene Mittel- und Grobsande.

Unter den aufgefüllten und gewachsenen Sanden folgen in Tiefen zwischen 1 m und 7,25 m = + 3,3 m NN und - 2 m NN holozäne Weichschichten, überwiegend als tonige, schwach humose Schluffe, örtlich mit Torfschichten. Die holozänen Weichschichten weisen Schichtmächtigkeiten zwischen 1,2 m und 7,1 m auf. In den Bohrsondierungen 0119, 0123, BS 26/U und B 4/52 wurden unter den Auffüllungen keine holozänen Weichschichten angetroffen. Darunter folgen fein- bis grobsandige Mittelsande, die im Übergangsbereich zu den holozänen Weichschichten schluffige und humose Anteile aufweisen. In Tiefen zwischen 5,1 m und 11,65 m = - 1,65 m NN bis - 6,8 m NN folgen Lauenburger Schichten, die überwiegend als Lauenburger Ton, örtlich als Ton-/Sandgemische anstehen. Die Lauenburger Schichten wurden in der Endtiefe der Sondierbohrungen nicht durchteuft.

Abschnitt C:

Unter einer 2,4 m bis 7,3 m mächtigen Auffüllung aus Sanden, Schluffen und z. T. Geschiebelehm sowie Bauschuttresten, Rotsteinen und Schlacke, mit z. T. Heizöl- und Dieselgeruch, folgen im überwiegenden Teil Wesersande, in denen in BS 237 und BS 43 in Tiefen zwischen 4,4 m und 2,8 m 0,8 m bis 1,4 m mächtige humose Schluffe zwischengelagert sind. In BS 43 und BS 45 folgen unter den Auffüllungen 1 m und 1,6 m mächtige Torfschichten. Unter den Wesersanden folgen in 5,6 m bis 8,8 m Tiefe = + 0,1 m NN bis - 2,3 m NN Lauenburger Schichten, überwiegend als Ton, örtlich als schluffige Sande. In BS 43, BS 45 und BS 237 wurden zwischen den Wesersanden und den Lauenburger Schichten 0,5 m bis 1,7 m mächtige Beckenschluffe angetroffen.

In DS 3 (6944) stehen unter den Lauenburger Schichten in 15,7 m Tiefe = - 8,8 m NN Sande an. In den übrigen Sondierungen wurden die Lauenburger Schichten in der Endtiefe nicht durchteuft.

Abschnitt D:

Örtlich unter 0,05 bis 0,15 m mächtigen Oberflächenbefestigungen aus Beton und Asphalt bzw. 0,2 m bis 0,7 m mächtige humoser Deckschichten mit Wurzelresten folgen 1,3 m bis 7,8 m mächtige Auffüllung aus Sanden und Schluffen mit Bauschutt, Schlacke, Rotsteinresten, Glas und Keramik sowie örtlichem Dieselgeruch. Darunter folgen in den überwiegenden Profilen Fein- und Mittelsande der Weserterrassen, in denen in BS 0959 und BS 56/U in 6,1 m und 6,9 m Tiefe feinsandige Schluffe eingelagert sind. In der BS 69/U, BS 77/U und BS 75 folgen unter den aufgefüllten Böden 0,05 m bis 0,3 m mächtige Schluffschichten. In DS 278 wurden an der Basis der aufgefüllten Böden 2,5 m mächtige aufgefüllte humose Schluffe sondiert. In den tiefer geführten Sondierungen wurden ab Tiefen zwischen 6,3 m und 9,8 m = - 0,2 m NN bis - 2,3 m NN Lauenburger Schichten, überwiegend als Tone, örtlich als schluffige Sande, angetroffen. Die Lauenburger Schichten wurden in der Endtiefe der Sondierungen nicht durchteuft. Die BS 259 musste in den Wesersanden in 6 m Tiefe wegen zu großem Eindringwiderstand abgebrochen werden.

Abschnitt E:

Unter einer 0,1 m bis 0,3 m dicken Mutterbodenzone folgen 2,2 m bis 8,5 m mächtige Auffüllungen aus Sanden, Schluffen und z. T. Geschiebelehm, örtlich mit Rotsteinresten und Bauschuttbeimengungen und mit undefiniertem Geruch. Ab Tiefen zwischen 2,2 m und 8,8 m = + 3,25 m NN bis - 1,8 m NN folgen Fein- und Mittelsande der Weserterrassen, in denen in der BS 86 in 3,9 m Tiefe eine 1,1 m mächtige humose Schluffschicht eingelagert ist. In BS 6, BS 79/5564U und BS 8 wurden die Wesersande in der Endtiefe der Sondierbohrungen nicht durchteuft. In den übrigen Sondierungen folgen in Tiefen zwischen 6,5 m und 8,8 m = - 1 m NN und - 1,75 m NN Lauenburger Schichten, überwiegend als schwach feinsandige Tone. Die Lauenburger Schichten wurden in der Endtiefe der Sondierungen nicht durchteuft.

Die genaue Schichtenfolge und -mächtigkeit sowie weitere Angaben sind in den Bodenprofilen in den Anlagen 2.1.1 bis 2.1.5 dargestellt.

3.3.3 Baugrundfestigkeit

Aus den Sondierwiderständen der schweren Rammsonde (DPH) nach DIN-EN ISO 22476-2, kann bei nichtbindigen Böden unmittelbar auf die Baugrundfestigkeit geschlossen werden. Als Festigkeit ist hier die Eigenschaft eines nichtbindigen Bodens bezeichnet, die durch Lagerungsdichte, Korngröße und -rauigkeit gekennzeichnet ist und sich in der Größe des Steifemoduls E_S sowie des Winkels der inneren Reibung φ' äußert. Es kann von folgendem Zusammenhang zwischen den Schlagzahlen n_{10} und der Baugrundfestigkeit ausgegangen werden:

Schlagzahlen n_{10}	Benennung der Festigkeit	Lagerung
0 - 1	sehr gering	sehr locker
1 - 2	gering	locker
2 - 5	mittel	mitteldicht
5 - 10	groß	dicht
> 10	sehr groß	sehr dicht

Aus den Sondierwiderständen der Drucksonde (CPT) nach DIN 4094 kann bei nichtbindigen Böden unmittelbar auf die Baugrundfestigkeit geschlossen werden. Als Festigkeit ist hier die Eigenschaft eines nichtbindigen Bodens bezeichnet, die durch Lagerungsdichte, Korngröße und -rauigkeit gekennzeichnet ist und sich in der Größe des Steifemoduls E_S sowie des Winkels der inneren Reibung φ' äußert. Es kann von folgendem Zusammenhang zwischen dem Spitzendruck und der Baugrundfestigkeit ausgegangen werden:

Spitzendruck q_c [MN/m ²]	Benennung der Festigkeit	Lagerung
0 - 2	sehr gering	sehr locker
2 - 4	gering	locker
4 - 10	mittel	mitteldicht
10 - 20	groß	dicht
> 20	sehr groß	sehr dicht

Die Schichtgrenzen in den Sanden wurden nach den Grenzfestlegungen des Spitzendruckes der vorstehenden Tabelle vorgenommen und können aus den jeweiligen Darstellungen in den Bodenprofilen mit den daneben aufgezeichneten Drucksondierungsdiagrammen entnommen werden.

Abschnitt A:

Die Rammsondierungen zeigen in den Auffüllungen (in BS 1 unterhalb der 1,5 m Tiefen Vorgrabung) Schlagzahlen von $n_{10} = 1 \text{ MN/m}^2$ bis i. M. 5 MN/m^2 und weisen auf eine sehr geringe bis mittlere Festigkeit hin. In den Übergangsbereichen von der Auffüllung zu den Sanden bzw. in den eingelagerten Weichschichten wurden z. T. nur geringe bis sehr geringe Festigkeiten erkundet. In den darunter folgenden Wesersanden wurden überwiegend Schlagzahlen von $n_{10} = 5 \text{ MN/m}^2$ bis 15 MN/m^2 , z. T. $> 15 \text{ MN/m}^2$ erkundet, die auf eine große bis sehr große Festigkeit hinweisen.

Abschnitt B:

In den aufgefüllten Böden (örtlich unterhalb der bis in Tiefen zwischen 2 m und 4,5 m vorgegrabenen, bzw. -gerammten Bereiche) zeigen die Drucksondierungen Spitzendrucke von $q_c = 1 \text{ MN/m}^2$ bis 5 MN/m^2 , $q_{c,max} = 10 \text{ MN/m}^2$ sowie Schlagzahlen von $n_{10} = 1 \text{ MN/m}^2$ bis 5 MN/m^2 , z. T. $> 5 \text{ MN/m}^2$, was überwiegend auf sehr geringe bis mittlere Festigkeiten hindeutet.

In den darunter folgenden Weichschichten fallen die Spitzendrucke erwartungsgemäß auf $q_c \leq 1 \text{ MN/m}^2$ ab und zeigen eine sehr geringe Festigkeit. In den darunter folgenden Wesersanden wurden Spitzendrucke von $q_c = 5 \text{ MN/m}^2$ bis 15 MN/m^2 , z. T. $> 15 \text{ MN/m}^2$ erkundet, die auf eine mittlere bis große, z. T. sehr große Festigkeit hinweisen.

In den darunter folgenden Lauenburger Tonen fallen die Spitzendrucke erwartungsgemäß auf $q_c = \text{rd. } 1 \text{ MN/m}^2$, mit zunehmender Tiefe bis rd. 3 MN/m^2 und zeigen eine sehr geringe bis geringe Festigkeit. In den zwischengelagerten Sanden der Lauenburger Schichten steigen die Spitzendrucke auf $q_c \geq 10 \text{ MN/m}^2$, z. T. $> 20 \text{ MN/m}^2$ an und zeigen eine große bis sehr große Festigkeit.

Abschnitt C:

In den aufgefüllten Böden (örtlich unterhalb der 1,2 m bis 3 m tiefen Vorgrabungen) zeigen die Drucksondierungen Spitzendrücken von $q_c \leq 1 \text{ MN/m}^2$ bis 5 MN/m^2 , z. T. $> 5 \text{ MN/m}^2$, was auf überwiegend sehr geringe bis geringe Festigkeiten hindeutet. In der Drucksondierung DS 3 (6944) wurden in den Auffüllungen Spitzendrücke von $q_c = 5 \text{ MN/m}^2$ bis 10 MN/m^2 z. T. $> 10 \text{ MN/m}^2$ erkundet, die auf eine mittlere bis große Festigkeit hinweisen.

In den darunter folgenden Wesersanden wurden Spitzendrücke von $q_c = 10 \text{ MN/m}^2$ bis 15 MN/m^2 , z. T. $> 15 \text{ MN/m}^2$ erkundet, die auf eine große, z. T. sehr große Festigkeit hinweisen.

In den darunter folgenden Lauenburger Tonen fallen die Spitzendrücke erwartungsgemäß auf $q_c \leq 1 \text{ MN/m}^2$, mit zunehmender Tiefe bis rd. 3 MN/m^2 und zeigen eine sehr geringe bis geringe Festigkeit. In den zwischengelagerten (sowie in DS 3(6944) untergelagerten) Sanden der Lauenburger Schichten, steigen die Spitzendrücke auf $q_c \geq 10 \text{ MN/m}^2$, z. T. $> 20 \text{ MN/m}^2$ an und zeigen eine große bis sehr große Festigkeit.

Abschnitt D:

In der Drucksondierung DS 278 wurden in den Auffüllungen bis 1,7 m Tiefe Spitzendrücke von $q_c = 1 \text{ MN/m}^2$ bis 4 MN/m^2 erkundet, die auf eine sehr geringe bis geringe Festigkeit hinweisen. Die aufgefüllten Sande bis in 4,6 m Tiefe zeigen mit Spitzendrücken von $q_c = 10 \text{ MN/m}^2$ bis 20 MN/m^2 eine große bis sehr große Festigkeit und die Spitzendrücken von $q_c \leq 1 \text{ MN/m}^2$ bis 2 MN/m^2 in den darunter bis in 7,1 m Tiefe folgenden aufgefüllten humosen Schluffe weisen auf eine sehr geringe Festigkeit hin.

Die Drucksondierungen DS 251 und DS 259 zeigen in den Wesersanden unterhalb der 0,4 m und 2 m tief vorgegrabenen, bzw. -gerammten Bereiche Spitzendrücke von $q_c \leq 5 \text{ MN/m}^2$ bis 10 MN/m^2 , (DS 259) bzw. von überwiegend $q_c > 15 \text{ MN/m}^2$, was auf eine mittlere, bzw. sehr große Festigkeit hindeutet.

In den darunter folgenden Lauenburger Tonen fallen die Spitzendrücke erwartungsgemäß auf $q_c = \text{rd. } 1 \text{ MN/m}^2$, mit zunehmender Tiefe bis rd. 3 MN/m^2 und zeigen eine sehr geringe bis geringe Festigkeit. In den zwischengelagerten Sanden der Lauenburger Schichten, steigen die Spitzendrücke auf $q_c \geq 3 \text{ MN/m}^2$ bis 7 (DS 251) bzw. $q_c > 15 \text{ MN/m}^2$ (DS 259) an und zeigen eine gering bis mittlere bzw. sehr große Festigkeit.

Abschnitt E:

Die Rammsondierungen zeigen in den Auffüllungen Schlagzahlen von $n_{10} = 1 \text{ MN/m}^2$ bis i. M. 4 MN/m^2 , z. T. $> 5 \text{ MN/m}^2$ und weisen auf eine sehr geringe bis mittlere, örtlich große Festigkeit hin. In den darunter folgenden Wesersanden wurden Schlagzahlen von $n_{10} = 1 \text{ MN/m}^2$ bis 8 MN/m^2 erkundet, die auf eine überwiegend mitteldichte und örtlich sehr lockere bzw. große Festigkeit hinweisen.

3.4 Grundwasserverhältnisse

3.4.1 Hauptgrundwasserhorizont

Nach den durchgeführten Baugrundaufschlüssen sind die unter der Auffüllung und den humosen Weichschichten anstehenden Wesersande der Grundwasserleiter des Hauptgrundwasserhorizontes. Den Grundwassernichtleiter bilden die anstehenden Lauenburger Schichten.

Aufgrund der Mächtigkeit der z. T. anstehenden, sehr gering durchlässigen humosen Schluffschichten ist ein z. T. gespannter Grundwasserhorizont vorhanden.

In der Kleinbohrung BS 3 in Abschnitt A wurde ein Peilfilter eingebaut, dessen Filterstrecke in den Sanden des Hauptgrundwasserleiters liegt. Während der Sondierarbeiten am 29.01.2015 wurde ein Grundwasserstand in Ruhe in 3,23 m Tiefe = + 1,23 m NN eingemessen.

In der Kleinbohrung BS 10 in Abschnitt E wurde ein Peilfilter eingebaut, dessen Filterstrecke in den Sanden des Hauptgrundwasserleiters liegt. Während der Sondierarbeiten am 02.02.2015 wurde ein Grundwasserspiegel in Ruhe in 3,83 m Tiefe = + 1,76 m NN eingemessen.

Der Grundwasserstand des Hauptgrundwasserleiters wird beeinflusst vom tideabhängigen Wasserstand der Lesum. Abhängig vom Abstand zur Lesum und von der Durchlässigkeit des Untergrundes ist eine Dämpfung der Schwankungsbreite vorhanden.

3.4.2 Oberer Grundwasserhorizont

Die eingelagerten humosen Schluffschichten wirken als Grundwasserstauer für einen oberen Grundwasserhorizont, für den die überlagernde Auffüllung den Grundwasserleiter bildet.

Im Bereich der bindigen und humosen Schluffschicht ist insbesondere bei sandigen Zwischenschichten oder darüber lagernden Auffüllungen mit stauendem Schichtenwasser in Abhängigkeit von Niederschlägen zu rechnen. Bei lang anhaltenden Niederschlägen ist im ungünstigsten Fall davon auszugehen, dass sich Schichtenwasser bis zur Geländeoberkante anstaut.

3.4.3 Weserwasserstände

Der Wasserstand der Lesum ist wie der Weserwasserstand tideabhängig. Vom Wasser- und Schifffahrtsamt Bremen, Abteilung Gewässerkunde, sind folgende hydrologische Werte der Weser für den Pegel Vegesack (Kilometer 17,850 re) gemessen worden:

HHThw (28.01.1994)	+	5,33 m NN
MThw 01/10	+	2,39 m NN
MTnw 02/10	-	1,55 m NN
NNTnw (15.03.1964)	-	3,29 m NN

3.5 Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen 3.1.1 bis 3.2.2)

Von den gestörten Bodenproben wurden in unserem Labor folgende bodenmechanische Kennziffern ermittelt:

Auffüllung, bindig: Schluff und Sand, , z. T. stark humos, tonig, z. T. Torf

Bodengruppe (DIN 18196)

OU – UL, z. T. HZ

Wassergehalt (DIN 18121)

$w_n = 23,8 - 100,3 \%$

Auffüllung, nichtbindig: Sande, z. T. schluffig, humos, tlw. schwach kiesig mit Bauschuttbeimengungen

Bodengruppe (DIN 18196)

SE – SU, z. T. SU*

Korngrößenverteilung (DIN 18123)

Schluffkorn $d \leq 0,06$ mm = 1 - 10 %

Sandkorn $d = 0,06 - 2,0$ mm = 88 - 99 %

Kieskorn $d \geq 2,0$ mm = 0 - 9 %

Wassergehalt (DIN 18121)

$w_n = 28,4 \%$

Schluff, tonig, feinsandig, schwach humos

Bodengruppe (DIN 18196)

OU, UL, UM, UA

Korngrößenverteilung (DIN 18123)

Feinstes $d \leq 0,002$ mm = 22 %

Schluffkorn $d = 0,002 - 0,06$ mm = 51 %

Sandkorn $d = 0,06 - 2,0$ mm = 27 %

Kieskorn $d \geq 2,0$ mm = 0 %

Wassergehalt (DIN 18121)

$w_n = 28,7 - 44,2 \%$

Wesersande, z. T. schwach schluffig, schwach kiesig

Bodengruppe (DIN 18196)

SE - SU

Korngrößenverteilung (DIN 18123)

Feinstes	$d \leq 0,002$	mm	=		10	%
Schluffkorn	$d = 0,002 - 0,06$	mm	=	0	- 9	%
Sandkorn	$d = 0,06 - 2,0$	mm	=	88	- 100	%
Kieskorn	$d \geq 2,0$	mm	=	0	- 6	%

Torf, schwach sandig

Bodengruppe (DIN 18196)

HZWassergehalt (DIN 18121) $w_n = 63,9 - 352$ %**Lauenburger Schichten: Ton, z. T. Schluff/Sand, tonig**

Bodengruppe (DIN 18196)

TL - TA, UL

Korngrößenverteilung (DIN 18123)

Feinstes	$d \leq 0,002$	mm	=	17	- 22	%
Schluffkorn	$d = 0,002 - 0,06$	mm	=	35	- 51	%
Sandkorn	$d = 0,06 - 2,0$	mm	=	27	- 48	%
Kieskorn	$d \geq 2,0$	mm	=		0	%
Wassergehalt (DIN 18121)			$w_n =$	17,3	- 30,6	%

4 Baugrundbewertung

4.1 Allgemeines

Die ausgeführten Baugrundaufschlüsse geben eine exakte Aussage über die Baugrundsichtung nur für den jeweiligen Untersuchungspunkt. Für die dazwischen liegenden Bereiche sind nur Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich.

Für die nachfolgende Baugrundbeschreibung wurden neben den Baugrundaufschlüssen auch Informationen aus Baugrundkarten und geologischen Karten herangezogen. Weiterhin wurden die Erfahrungen aus geotechnischen Untersuchungen nahegelegener Bauvorhaben berücksichtigt. Unter Einbeziehung dieser Unterlagen und Erkenntnisse sind folgende Baugrundverhältnisse im Untersuchungsgebiet zu erwarten:

Unter örtlich vorhandenen Oberflächenbefestigungen aus Pflaster, Beton und Asphalt folgen bis zu rd. 8 m mächtige Auffüllungen aus Sand und Schluff, z. T. mit Geschiebelehm und Bauschuttbeimengungen und Recyclingmaterialien, in denen in unterschiedlichen Tiefen Heizöl- und Dieselgeruch, sowie in Abschnitt E undefinierter Geruch festgestellt wurde.

Unter den Auffüllungen folgen im Allgemeinen humose Weichschichten aus humosen Schluffen, örtlich Torf, mit stark unterschiedlicher Mächtigkeit, örtlich, wo die Weichschichten im Bereich der Auffüllungen bereits ausgetauscht wurden folgen gut tragfähige Wesersande, örtlich sind die Weichschichten auch den Wesersanden zwischengelagert.

Die Wesersande werden in Tiefen zwischen rd. $\pm 0,0$ m NN und rd. $- 5$ m NN von Lauenburger Schichten (Ton mit Sandzwischen-schichten) unterlagert.

Die Baugrundaufschlüsse zeigen insgesamt unregelmäßige Schichtungen der unterschiedlichen Bodenarten. Die Mächtigkeit der einzelnen Bodenarten sind sehr stark unterschiedlich, insbesondere die Mächtigkeit und auch die Zusammensetzung der Auffüllung. Die angetroffenen Baugrundverhältnisse entsprechen den allgemeinen Erwartungen mit den üblichen Schwankungsbereichen, die aus den bereits vorhandenen Baugrunderkundungen und geologischen Karten bekannt sind.

Bei den nachfolgenden Angaben zur Bemessung der Hochwasserschutzbauwerke ist zu berücksichtigen, dass die aus den Drucksondierungsprofilen interpretierten Auffüllungen nur eine Aussage über bindigen und nichtbindigen Baugrund zulassen. Detaillierte Angaben zu der Zusammensetzung der Auffüllung, wie Bauschuttbeimengungen, Geschiebelehmanteil, humose Anteile im Schluff usw. können nur durch direkte Baugrundaufschlüsse gewonnen werden.

4.2 Charakteristische bodenmechanische Kennwerte

Aufgrund der Versuchsergebnisse der Labor- und Feldversuche und nach Erfahrungswerten mit vergleichbaren Bodenarten können für erdstatische Berechnungen folgende charakteristische Bodenkennwerte in den angegebenen Berechnungsquerschnitten angesetzt werden:

Abschnitt A:

BS 1

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
GOK	+ 5,1	Auffüllung, Bauschutt, Tragsch.	19/11	35,0	0
+ 5,1	+ 3,7	Auffüllung, Sand	18/10	32,5	0
+ 3,7	± 0,0	Sand	19/11	35,0	0

BS 2 und BS 3

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
GOK	+ 3,0	Auffüllung, Sand	18/10	32,5	0
+ 3,0	- 2,0	Sand	19/11	37,5	0
-2,0	- 5,0	Sande	19/11	35,0	0

BS 4

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
GOK	+ 2,0	Auffüllung, Sand	18/10	32,5	0
+ 2,0	+ 1,2	Auffüllung, Torf, sandig	13/ 3	17,5	0
+ 1,2	- 7,5	Sand	19/11	35,0	0

BS 2, BS 3, BS 4 (8168)

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
GOK	+ 1,0	Auffüllung, Sand und Schluff	18/ 9	22,5	0
+ 1,0	± 0,0	Torf, schluffig	13/ 3	17,5	2,5
± 0,0	- 5,5	Sand	19/11	35,0	0

Abschnitt B:

BS 11, BS 12

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
GOK	+ 2,0	Auffüllung, Sand	18/10	32,5	0
+ 2,0	+ 1,0	Schluff	17/ 7	20,0	5
+ 1,0	± 0,0	Torf	12/ 2	17,5	2
± 0,0	- 3,0	Sand	19/11	37,5	0
- 3,0	- 10,0	Lauenburger Ton	20/10	22,5	10

DS 284, DS 285

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
GOK	+ 3,0	Auffüllung	18/10	30,0	0
+ 3,0	- 2,2	Schluff, humos	17/ 7	20,0	5
- 2,2	- 4,0	Sand	18/10	35,0	0
- 4,0	- 7,0	Lauenburger Ton	20/10	22,5	10

DS 226

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel φ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
+ 0,6	- 2,1	Auffüllung, Schluff	17/ 7	20,0	5
- 2,1	- 5,0	Sand	19/11	35,0	0
- 5,0	- 10,0	Lauenburger Ton	20/10	22,5	5

DS 231

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel φ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
+ 0,5	- 0,3	Auffüllung, Schluff	17/ 7	20,0	2,5
- 0,3	- 5,5	Schluff, sandig	17/ 7	22,5	5
- 5,5	- 6,8	Sand, schluffig	18/ 9	30,0	2,5
- 6,8	- 14,0	Lauenburger Ton	20/10	22,5	10

DS 232

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel φ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
+ 1,0	- 0,8	Auffüllung und Sand, schluffig	18/ 9	25,0	0
- 0,8	- 6,2	Schluff, humos	17/ 7	20,0	5,0
- 6,2	- 15	Lauenburger Ton	20/10	22,5	7,5

Abschnitt C:

DS 281, 279

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel φ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
GOK	± 0,0	Auffüllungen, Sand und Schluff	17/ 7	25,0	0
± 0,0	- 2,0	Sand	19/11	35,0	0
- 2,0	- 14	Lauenburger Ton	20/10	22,5	7,5

DS 280

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
GOK	+ 0,1	Auffüllungen, Sand, schluffig	18/ 9	27,5	0
+ 0,1	- 14	Lauenburger Ton	20/10	22,5	10

DS 3 (6944)

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
GOK	- 0,4	Auffüllung, Sand	18/10	32,5	0
- 0,4	- 1,9	Sand	19/11	35,0	0
- 1,9	- 7,0	Lauenburger Ton	20/10	22,5	10

Abschnitt D:

DS 278

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
+ 5,3	+ 2,4	Auffüllung, Sand	19/11	35,0	0
+ 2,4	- 0,2	Auffüllung, Schluff, humos	17/ 7	20,0	7,5
- 0,2	- 2,4	Lauenburger Ton	20/10	22,5	10
- 2,4	- 4,1	Pleistozäne Sande	19/11	37,5	0
- 4,1	- 6,9	Lauenburger Ton	20/10	22,5	10

DS 259

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
+ 5,5	- 0,7	Sande	19/11	35,0	0
- 0,7	- 14	Lauenburger Ton	20/10	22,5	10

DS 251

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
+ 7,5	- 0,8	Sand	19/11	35	0
- 0,8	- 11	Lauenburger Ton	20/10	22,5	7,5

Abschnitt E:

BS 6

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
GOK	- 1	Auffüllung, Sand	18/10	32,5	0
- 1	- 3	Sand	19/11	35,0	0

BS 7, BS 8A

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
GOK	- 1,8	Auffüllung, Sand	18/10	30,0	0
- 1,8	- 3,0	Lauenburger Ton	20/10	22,5	10

BS 9 und 10

Tiefe von [mNN]	Tiefe bis [mNN]	Bodenart	Wichte γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
GOK	+ 1,4	Auffüllung, Sand	18/10	30	0
+ 1,4	- 1	Sand	18/10	32,5	0
- 1	- 4	Lauenburger Ton	20/10	22,5	10

Die vorstehenden Werte gelten für die beschriebenen Bodenschichten im ungestörten Zustand. Bei baustellenbedingten Auflockerungen oder Verwässerungen der Bodenschichten muss mit entsprechenden Verschlechterungen gerechnet werden.

5 Zusammenfassung

Das geplante Vorhaben umfasst den Neubau bzw. Erhöhung der vorhandenen Hochwasserschutzbauwerke im Untersuchungsgebiet zwischen dem „KITO-Haus“ vor dem Fähranleger (Abschnitt A) und dem „Lürssen-Gelände“ (Abschnitt E).

Unter örtlich vorhandenen Oberflächenbefestigungen besteht der Baugrund aus bis zu rd. 8 m mächtigen Auffüllungen in stark unterschiedlicher Zusammensetzung. Überwiegend sind schluffige Sande mit Bauschuttbeimengungen und Recyclingmaterialien sowie eingelagerte Schluffschichten zu erwarten. Darunter folgen allgemein humose Weichschichten in stark unterschiedlicher Mächtigkeit, die von den Terrassensanden der Weser unterlagert werden. In größerer Tiefe folgen Lauenburger Schichten.

Weitere Einzelheiten sowie die Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen und Angaben zu den charakteristischen Kennwerten sind im Bericht gegeben.



Dipl.-Ing. Jens Behnke
Geschäftsführer



i. A.
Bau-Ing. Jakob Elsler B. Sc.



Verteiler:

Bauherr: Bremischer Deichverband am rechten Weserufer
Am Lehester Deich 149
28357 Bremen 1 x

Objektplanung- und
Tragwerksplanung: Inros Lackner AG
Lindenstr. 1 A
28755 Bremen 1 x

6 Anlagenverzeichnis

I N H A L T	Anlage Nr.	
	von	bis
1. Lageplan	1	
2. Felduntersuchungen		
2.0 Übersichtsplan Sondierungen	2.0	
2.1 Bodenprofile aus Sondierbohrungen, Drucksondierungen und Rammsondierungen	2.1.1	2.1.5
3. Laboruntersuchungen		
3.1 Korngrößenverteilungen	3.1.1	3.1.5
3.2 Bodenmechanische Kennziffern	3.2.1	3.2.3