

Baggergutmonodeponie Feldhofe -Kapazitätserhöhung-

Anhang 9: Geotechnischer Bericht – Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

erstellt im Auftrag der



**HPA Hamburg Port Authority AöR
Neuer Wandrahm 4
20457 Hamburg**

durch

**Umtec
Prof. Biener I Sasse I Konertz
Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB**

im September 2024

Partner
**Dipl.-Ing. Torsten Sasse
Dr. Klaus Konertz
Dipl.-Geol. Christoph Meyer
Dr. Tobias von Mücke**

Haferwende 7
28357 Bremen



Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung
Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der
geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Inhaltsverzeichnis

Kapitel		Seite
1	Veranlassung	1
2	Unterlagen	3
3	Standortverhältnisse der Baggergutmonodeponie Feldhofe	4
3.1	Lage der Deponie	4
3.2	Untergrundverhältnisse	5
3.3	Aufbau / Schichtenfolge der Baggergutmonodeponie Feldhofe	6
4	Geotechnische Einordnung	7
5	Charakteristischen Werte der geotechnischen Kenngrößen	8
5.1	Definition	8
5.2	Festlegung der charakteristischen Kennwerte	9
5.2.1	Schlick / Baggergut als Deponat	9
5.2.2	METHA-Feinsande als Deponat	17
5.2.3	Dränagesande	19
5.2.4	Basisdrainage: Kontaktreibung zwischen KDB und Sand	20
5.2.5	Schlick / Baggergut als Basisabdichtung	21
5.2.6	Profilierungseinlagerung	24
5.2.7	Teilaufhöhung	25
5.2.8	Basale Sohldichtung	26
5.2.9	Altspülfeld	28
5.2.10	Holozäne Weichschichten	30
5.2.11	Holozäne Sande	32
5.2.12	DB-Ablagerungen	34
6	Bewertung und Empfehlungen	35
7	Literaturverzeichnis	37

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung
Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der
geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakteristische Kennwerte - Schlick / bindiges Baggergut als Deponat....	16
Tabelle 2: Charakteristische Kennwerte - METHA-Feinsande als Deponat	18
Tabelle 3: Charakteristische Kennwerte - Dränagesande.....	20
Tabelle 4: Charakteristische Kennwerte - Basisabdichtung	23
Tabelle 5: Charakteristische Kennwerte - Profilierungseinlagerung.....	25
Tabelle 6: Charakteristische Kennwerte - Teilaufhöhung	26
Tabelle 7: Charakteristische Kennwerte - Basale Sohldichtung	28
Tabelle 8: Charakteristische Kennwerte - Altspülfeld.....	30
Tabelle 9: Charakteristische Kennwerte - holozäne Weichschichten.....	32
Tabelle 10: Charakteristische Kennwerte – Holozäne Sande.....	33
Tabelle 11: Charakteristische Kennwerte – DB-Ablagerungen	35

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

1 Veranlassung

Die HPA Hamburg Port Authority AöR ist Betreiberin der Baggergutmonodeponie Feldhofe. Die Deponie wurde mit Planfeststellungsbeschluss vom 03. August 2001, Aktenzeichen: M 310 – 1/99 [1]¹ i.V.m. der Ergänzung vom 14. Juli 2003 [2], welche aufgrund des Inkrafttretens der Deponieverordnung (DepV) /1/² erforderlich wurde, genehmigt. Die zur Beseitigung von Baggergut und Schlick genehmigte Endgestaltungshöhe beträgt nach Stilllegung und Rekultivierung der Deponie + 38 mNN.

Die Restkapazität der Deponie wird in wenigen Jahren erschöpft sein. Über das Restvolumen der Deponie Feldhofe hinaus steht derzeit kein Ablagerungsvolumen für Baggergut im Bundesland Hamburg zur Verfügung.

Zur langfristigen Sicherung der Entsorgungssicherheit für Baggergut ist die HPA deshalb bestrebt, die Deponie auf eine Endgestaltungshöhe von + 56 mNN nach Stilllegung und Rekultivierung zu erhöhen und so die Einlagerungskapazität der Deponie maßgeblich zu erweitern. Die Kapazitätserhöhung erfolgt ausschließlich durch eine Anpassung der Deponiekontur. Eine Anpassung der Aufstandsfläche der Deponie ist nicht vorgesehen.

Neben der Konturänderung sollen im Rahmen des künftigen Deponieausbaus auch verschiedene technische Bauteile, betriebliche Einrichtungen und Anlagenbereiche vor dem Hintergrund der gewonnenen Betriebserfahrungen modifiziert und an den Stand der Technik sowie die aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen, insbesondere die Vorgaben der Deponieverordnung (DepV) /1/, angepasst werden. Als wesentliche Änderung ist hier das Oberflächenabdichtungssystem einschließlich seiner Entwässerungseinrichtungen zu nennen.

Mit Schreiben vom 26. Juni 2017 wurde die Umttec, Prof. Biener | Sasse | Konertz Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB, mit den geotechnischen Beratungsleistungen im Zuge der Vor- und Entwurfsplanung zur Kapazitätserhöhung der Baggergutmonodeponie Feldhofe beauftragt.

¹ Die in eckige Klammern gesetzten Ziffern, wie z.B. [1], beziehen sich auf das Unterlagenverzeichnis in Kapitel 2.

² Die in Schrägstriche gesetzten Ziffern, z.B. /1/, beziehen sich auf das Literaturverzeichnis in Kapitel 7.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Bestandteil jener Beratungsleistungen ist auch die Ausarbeitung eines „Geotechnischen Berichtes“ gemäß DIN 4020 /2/, der sich in folgende Teile / Abschnitte gliedert:

- **Berichtsabschnitt 1:** Zusammenstellung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Darstellung der geotechnischen Informationen in einem *Geotechnischen Untersuchungsbericht* nach DIN EN 1997-2 /3/
- **Berichtsabschnitt 2:** Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse mit einer kritischen Beurteilung der im Berichtsabschnitt 1 aufgeführten geotechnischen Untersuchungsergebnisse in Abstimmung auf die bauliche Anlage
- **Berichtsabschnitt 3:** Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise zur Festlegung der charakteristischen Werte der Baugrundkenngößen sowie Sicherheitsnachweise und Abschätzungen von Setzungen und Setzungsunterschieden

Für die Baggergutmonodeponie Feldhofe liegt der Geotechnische Bericht – Teil 1 (mit Stand Juli 2024) bereits vor [3]. In diesem Geotechnischen Bericht – Teil 1 wurden die geotechnischen Informationen und vorliegenden Untersuchungsergebnisse wie folgt dargestellt:

- Beschreibung und Darstellung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse am Deponiestandort
- Beschreibung der Historie der Baggergutmonodeponie Feldhofe
- Darstellung des Planungsstandes zur Kapazitätserhöhung
- Darstellung und Erläuterung von Art und Umfang der vorhandenen Altbohrungen / Altaufschlüsse mit Beschreibung der aus den Altbohrungen entnommenen Bodenproben sowie der vorhandenen bodenmechanischen Laborversuche
- Darstellung und Erläuterung aller vorliegenden bodenmechanischen Feld- und Laborversuchen der planerisch relevanten Materialien und Schichten
- Zusammenstellung der Ergebnisse aller vorliegenden bodenmechanischen Laborversuche

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Der Geotechnische Bericht - Teil 1 bildet die Grundlage für die weiteren Berichtsabschnitte 2 und 3 des „Geotechnischen Berichtes“ gemäß DIN 4020 /2/.

Die einzelnen geotechnischen Sicherheitsnachweise sowie die Setzungsberechnungen und deren Auswertung und Erläuterungen erfolgen jeweils in separaten Berichten, die dem Erläuterungsbericht eigenständig beiliegen. Mit dem vorliegenden Bericht werden daher die Teile 2 und 3 zum Geotechnischen Bericht, soweit möglich und erforderlich, zusammengeführt.

In dem vorliegenden Geotechnischen Bericht – Teil 2 und 3 werden die geotechnischen Untersuchungsergebnisse aus dem Geotechnischen Bericht – Teil 1 zusammengefasst und ausgewertet. Darauf aufbauend erfolgt die Festlegung charakteristischer Material- bzw. Bodenkennwerte und soweit erforderlich, die Ableitung weiterer Forderungen und Empfehlungen.

2 Unterlagen

- [1] Planfeststellungsbeschluss nach § 31 Abs. 2 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, Aktenzeichen: M 310 - 1/99; erstellt durch die Freie und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde, Amt für Umweltschutz und Abfallwirtschaft, Hamburg, 03. August 2001.
- [2] Entscheidung zum Planfeststellungsbeschluss nach § 31 Abs. 2 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, Aktenzeichen: M 310 - 1/99; erstellt durch die Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt und Gesundheit, Amt für Umweltschutz und Abfallwirtschaft, Hamburg, 14. Juli 2003.
- [3] Baggergutmonodeponie Feldhofe, Anhang 8 zum Erläuterungsbericht: Geotechnischer Bericht - Teil 1; erstellt durch die Umttec Prof. Biener | Sasse | Konertz Partnerschaft Beratende Ingenieure und Geologen mbB, Bremen, Juli 2024.
- [4] Baggergutmonodeponie Francop und Feldhofe, Auswertung und Visualisierung von Überwachungsdaten der Qualitätssicherung, Auswertungsbericht; erstellt durch melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft, Hamburg, 06.06.2018 (überarbeitet 06.12.2019)

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

- [5] Schlickdeponie Feldhofe, Betriebshandbuch Textband; erstellt durch die Hamburg Port Authority (AöR), Hamburg, Februar 2006.
- [6] Schlickdeponie Feldhofe, Betriebshandbuch Anlageband; erstellt durch die Hamburg Port Authority (AöR), Hamburg, Januar 2007.
- [7] Schlickdeponie Feldhofe, Technische Planung der Schlickdeponie Feldhofe, 5. Technischer Entwurf (Stand Juni 1999); erstellt durch die Freie und Hansestadt Hamburg, Wirtschaftsbehörde, Amt Strom- und Hafenbau und ARGE Schlicktechnik, Hamburg, Juni 1999.
- [8] Schlicklagerstätte Feldhofe, Baugrundbericht; erstellt durch Arbeitsgemeinschaft Schlicktechnik, Hamburg, September 1994.
- [9] Baggergutmonodeponie Feldhofe, Erläuterungsbericht zur Machbarkeitsstudie Kapazitätserweiterung; erstellt durch die Umttec Prof. Biener | Sasse | Konertz, Partnerschaft Beratende Ingenieure und Geologen mbB, Bremen, November 2017.
- [10] Sonderuntersuchungen im Zusammenhang mit Stauwasserbildungen auf der Deponie Feldhofe – Dokumentation der durchgeführten Feld- und Laboruntersuchungen; erstellt durch Fichtner Water & Transportation GmbH, Hamburg, Mai 2024.
- [11] Großrahmenscherversuche zur Bestimmung der Scherparameter in der Fuge KDB Solmax HD BAM glatt/glatt // Dränsand – Prüfbericht Nr. B 19.22.105.01; erstellt durch Materialforschungs- und Prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar im Auftrag von der Siebert + Knipschild GmbH, Weimar, November 2022.

3 Standortverhältnisse der Baggergutmonodeponie Feldhofe

3.1 Lage der Deponie

Die Baggergutmonodeponie Feldhofe liegt am südöstlichen Stadtrand der Freien und Hansestadt Hamburg im Stadtteil Moorfleet im Bezirk Bergedorf.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Das Deponiegelände grenzt östlich des Autobahndreiecks Hamburg Südost direkt an die Bundesautobahn (BAB) 1 und nordöstlich an den Bahndamm der S-Bahnstrecke Hamburg-Bergedorf bzw. einen hier errichteten Umschlagbahnhof der Deutschen Bahn. Im Südwesten wird der Deponiestandort durch das Gewerbegebiet Allermöhe und westlich der Deponie durch die Amandus-Stubbe-Straße sowie die BAB 25 begrenzt.

Das Deponiegelände und die angrenzenden Flächen befinden sich in einem größeren Poldergebiet. Das im Poldergebiet anfallende Wasser wird über die Hauptentwässerungsgräben „Moorfleet“, „Moorfleeter Schlauchgraben“ und „Feldhofegraben“ gefasst und mittels Pumpen in die Dove-Elbe, die ca. 400 m südwestlich der Deponie fließt, entwässert. Die im Bereich der Deponie anfallenden Wässer werden in einer Klärtechnischen Anlage, der sog. TEKLA (Teichkläranlage) im Süden des Deponiegeländes gereinigt und bei Einhaltung der wasserrechtlichen Erlaubniswerte anschließend als „unbelastet“ gekennzeichnetes Wasser über ein Pumpwerk separat in den Holzhafen eingeleitet.

3.2 Untergrundverhältnisse

Der unterhalb des Deponiegeländes anstehende Baugrund wird oberflächennah aus holozänen Transgressions- und Verlandungsablagerungen der Elbe gebildet. Bei diesen Ablagerungen handelt es sich um sog. „holozäne Weichschichten“, die im Wesentlichen aus einer heterogenen Wechselfolge von Klei, Mudde und Torf bestehen. Die Mächtigkeit der holozänen Weichschichten schwankt überwiegend zwischen einigen Dezimetern und mehreren Metern. Die Basis der holozänen Weichschichten liegt überwiegend in Tiefen zwischen ca. – 3 mNN und ca. – 5 mNN. Unterhalb der holozänen Weichschichten stehen tiefgreifend holozäne Sande an.

Die mittleren entspannten Grundwasserstände im nördlichen und westlichen Deponierandbereich liegen auf einer Höhe von ca. – 0,35 mNN. Im südlichen und östlichen Deponierandbereich liegen die mittleren entspannten Grundwasserstände auf einer Höhe von ca. – 0,50 mNN. Der maximal gemessene freie Grundwasserspiegel im Bereich der Deponie liegt gemäß den Erläuterungen im Geotechnischen Bericht - Teil 1 [3] zwischen $\pm 0,00$ mNHN und – 0,25 mNHN.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Die Wasserstände unterliegen nur geringen Schwankungen. Auch die Tide der Dove-Elbe hat hierbei einen geringen Einfluss auf den Grundwasserstand. Im Rahmen geotechnischer Nachweise kann der Bemessungswasserstand auf einer Höhe von $\pm 0,00$ mNHN angesetzt werden.

3.3 Aufbau / Schichtenfolge der Baggergutmonodeponie Feldhofe

Die holozänen Weichschichten und Sande bilden die Basis der Baggergutmonodeponie Feldhofe. Darauf ergibt sich folgender Aufbau (von oben nach unten):

- Oberflächenabdichtung
- Deponat
- Basisabdichtung
- Profilierungseinlagerung
- Teilaufhöhung
- Basale Sohldichtung
- Altspülfeld

Auf der Grundlage des Planfeststellungsbeschlusses 2001 ist der Einbau von Deponat- bzw. Baggergutlagen in einer Mächtigkeit von maximal 1,5 m erfolgt. Die Entwässerung des Baggergutes erfolgt über eine 0,3 m mächtige Sandzwischenlage oberhalb jeder einzelnen Baggergutlage. Mit Plangenehmigungsbescheid vom 20.5.2019 ist eine Mächtigkeitserhöhung der Baggergutlagen auf maximal 3,0 m möglich. Diese Erhöhung ist im Wesentlichen im Zentrum des Deponiekörpers vorgesehen. Bis einschließlich der (von unten gesehenen) vierten Baggergutlage laufen die Baggergutlagen von 3,0 m im Zentrum bis zu den Deponierändern auf eine Mächtigkeit von 1,5 m aus. Alle weiteren darüber folgenden Baggergutlagen sollen vollflächig in einer Mächtigkeit von 3,0 m aufgebracht werden. Lediglich die vorgesehene zehnte und elfte (oberste) Baggergutlage wird ggf. nur in Teilbereichen aufgebracht.

Die unterste bzw. erste Baggergutlage wurde in einer Mächtigkeit von 1,5 m bereits vollflächig fertiggestellt. Eine zusätzliche Teilerhöhung dieser Lage erfolgt nicht.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

4 Geotechnische Einordnung

Gemäß DIN EN 1997-1 /4/, DIN 4020 /2/ und DIN 1054 /5/ ist die Geotechnischen Kategorie eines Bauwerks festzulegen. Mit der Einstufung ergeben sich entsprechende Anforderungen an die geotechnischen Untersuchungen und die geotechnischen Sicherheitsnachweise. Maßgebend für die Einstufung ist gemäß DIN 1054 /5/ jenes Kriterium, das die höchste Geotechnische Kategorie ergibt.

Die Gesamtbaumaßnahme „Kapazitätserhöhung der Baggergutmonodeponie Feldhofe“ ist gemäß DIN 1054 /5/ in die Geotechnische Kategorie GK 3 einzustufen.

Als wesentliche einstufigsrelevante Kriterien für diese Einstufung sind die unterhalb der Deponie anstehenden setzungsempfindlichen holozänen Weichschichten, die hohen Bauwerkslasten (Höhe der Deponie > 50 m) sowie die langen Deponieböschungen zu nennen.

Die Geotechnische Kategorie 3 umfasst Baumaßnahmen mit hohem Schwierigkeitsgrad, die auf ungewöhnlichen oder besonders schwierigen Baugrundverhältnisse gegründet werden und die eine ingenieurmäßige Bearbeitung mit vertieften Kenntnissen und Erfahrungen der jeweiligen Spezialgebiete erfordert. Es sind geotechnische Sicherheitsnachweise sowie rechnerische Nachweise der Gebrauchstauglichkeit erforderlich. Zudem erfolgt mit dem weiteren Bau auch eine Prüfung mittels Beobachtungs- methode.

In der DIN EN 1998-1/NA:2023-11 /6/ zur Berücksichtigung von Erdbeben in Deutschland wird für den Standort der Baggergutmonodeponie Feldhofe der Spektralwert bzw. die Beschleunigung $S_{aP,R} \leq 0,1 \text{ m/s}^2$ angegeben. Der Standort weist gemäß DIN EN 1998-1/NA:2023-11 /6/ eine „sehr geringer Seismizität“ auf und die weiteren Regelungen der Normenreihe DIN EN 1998 brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

5 Charakteristischen Werte der geotechnischen Kenngrößen

5.1 Definition

Für die Gesamtmaßnahme der Kapazitätserweiterung ist eine geotechnische Betrachtung der Grenzzustände der Tragfähigkeit sowie der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit erforderlich. Gemäß DIN EN 1997-1 /4/ sind für die in diesem Zusammenhang durchzuführenden rechnerischen Nachweise charakteristische Werte der geotechnischen Kenngrößen festzulegen.

Die Wahl der charakteristischen Werte muss gemäß DIN EN 1997-1 /4/ auf Grundlage der durchgeführten Labor- und Feldversuche sowie ergänzend durch vergleichbare Erfahrungen erfolgen. Hiernach wird der charakteristische Wert als „...vorsichtige Schätzung desjenigen Wertes [...], der im Grenzzustand wirkt“ /4/ und / oder aufgrund der i.d.R. vorhandenen Streuung der Labor- und Feldversuche, sowie unter Berücksichtigung des Versuchsmaßstabs als „vorsichtiger Schätzwert (des) Mittelwertes“ /4/ festgelegt. Nach der DIN EN 1997-1 /4/ können charakteristische Werte aber auch „untere Werte sein, die niedriger sind als die wahrscheinlichsten, oder obere Werte, die darüberliegen.“ Für die Wahl charakteristischer Werte sind u.a. der Umfang der Feld- und Laborversuche sowie die Art und Anzahl der Bodenproben zu berücksichtigen, d.h. zusätzliche Untersuchungen können zu einer Anpassung charakteristischer Werte führen.

Vor diesem Hintergrund werden nachfolgend die im Geotechnischen Bericht – Teil 1 [3] dargestellten und beschriebenen geotechnischen Kenngrößen bewertet und sofern möglich, Mittelwerte oder, sofern erforderlich, der Median angegeben. Darauf aufbauend erfolgt die Festlegung der charakteristischen Werte.

Die wesentlichen Grundlagen für die Festlegung charakteristische Kennwerte des Baggerguts als Deponat und der Dränagesande bilden die aus den Eigen- und Fremdprüfungen stammenden Untersuchungsergebnisse, die regelmäßig durch die melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft, Hamburg, statistisch ausgewertet und fortgeschrieben werden [4] sowie die Ergebnisse der Laborversuche an Proben aus der Bohrkampagne 2022/2023 [10].

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Bei den untersuchten Schlickten bzw. dem Baggergut im Rahmen der Bohrkampagne 2022/2023 ist zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um Deponat handelt, dass teilweise bereits mehrere Jahre liegt und seitdem Konsolidationsprozessen unterliegt. Bei den Daten und Versuchsergebnissen der Eigen- und Fremdüberwachung handelt es sich im Wesentlichen um „frisch“ eingebautes Deponat bzw. die Liegezeit ist verhältnismäßig kurz.

Die nachfolgende Festlegung von charakteristischen Kennwerte erfolgt nicht ausschließlich durch eine statistische Ableitung sondern berücksichtigt auch eine erforderliche geotechnische Fachbeurteilung, wobei auch Vorgaben aus dem Betriebshandbuch der Deponie Feldhofe [5], [6] und die Ergebnisse aus der Technische Planung der Schlickdeponie Feldhofe aus dem Jahr 1999 [7] sowie Kenntnisse zur weiteren Depo- nieplanung einfließen.

5.2 Festlegung der charakteristischen Kennwerte

5.2.1 Schlick / Baggergut als Deponat

Bei den zu deponierenden Materialien handelt es sich im Wesentlichen um METHA-Schlicke und Feld-Schlicke sowie ggf. Gemische aus diesen Schlickarten. Da eine Homogenisierung der Schlicke vor der Ablagerung baupraktisch nicht erfolgt, ist eine getrennte Ablagerung der Schlickarten nebeneinander auch in sehr kleinräumigem Maßstab zu erwarten.

Aufgrund der unterschiedlichen Herkunft und Aufbereitung der Schlicke ergeben sich grundsätzlich etwas unterschiedliche Korngrößenzusammensetzungen. Der METHA-Schlick weist für eine Korngröße $\leq 0,063$ mm (Ton- und Schluffanteil) einen Anteil von im Mittel 71,3 M.-% auf. Beim Feld-Schlick beträgt der Anteil $\leq 0,063$ mm im Mittel 52,4 M.-%. Die Proben aus dem Deponat bei der Bohrkampagne 2022/2023 wiesen einen Anteil $\leq 0,063$ mm im Mittel 53,9 M.-% auf. Wenngleich bautechnisch bedingt eine zukünftige Lokation der Einbaubereiche der Schlicke möglich ist, so ist eine solche ggf. kleinräumige Betrachtung für die geotechnischen Sicherheitsnachweise nicht sinnvoll. Die Schlicke zur Deponierung weisen mit den genannten Korngrößenverteilungen einen bindigen Charakter auf.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Kornanalytisch handelt es sich bei den Schlickten als Deponat oder als Dichtungsmaterial um gleiche bzw. sehr ähnliche Materialien. Wesentliche Unterschiede in den Feld- und Laborwerten ergeben sich aufgrund der Einbauanforderungen an den Dichtungsbau.

Nach den Datenauswertungen bis zum Jahr 2017 nach [3] wiesen die Schlicke eine mittlere Korndichte ρ_s von 2,52 g/cm³ auf. Die ermittelte Feuchtdichte ρ lag über alle Schlicke bei im Mittel ca. 1,65 g/cm³. Der Glühverlust V_{gl} betrug im Mittel 8,2 %.

Der Wassergehalt w schwankt materialbedingt und lag nach [3] für die METHA-Schlicke Mittelwerte von 64 % (MKFP-Schlick) und ca. 70% (HIP-Schlick). Die Feld-Schlicke weisen einen mittleren Wassergehalt von 35 % auf.

An den Proben aus der Bohrkampagne 2022/2023 wurde an den teils länger liegenden Schlickten (Liegezeit > 3 Jahre) ein mittlerer Wassergehalt von 39 % festgestellt. Mit den ermittelten Konsistenzzahlen I_c zwischen 0,81 und 1,38 sowie im Mittel 1,23 wies das Deponat eine steife bis überwiegend halbfeste Konsistenz auf. Vergleichende Konsistenzbestimmungen zu den Feld-Schlickten aus der Eigen- und Fremdüberwachung mit niedrigen Wassergehalten lagen nicht vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass mit dem frischen Einbau des Deponats die Konsistenzzahlen einbaubedingt niedriger liegen.

Mit der Planfeststellung bzw. der technischen Planung 1999 [7] wurden aus den an den weiteren Funktionsschichten vorliegenden Scherversuchen Ansatzkennwerte bzw. charakteristische Kennwerte für den Schlick abgeleitet und auch für das Deponat berücksichtigt. Hierbei wurden für Auflasten $\sigma \leq 97$ kN/m² der Reibungswinkel $\phi'_k = 25^\circ$ und die Kohäsion $c'_k = 0$ kN/m² sowie bei Auflasten $\sigma > 97$ kN/m² der Reibungswinkel $\phi'_k = 20^\circ$ und die Kohäsion $c'_k = 10$ kN/m² angesetzt.

An ungestörten Proben aus dem eingebauten Schlick als Deponat wurden im Rahmen der Bohrkampagne 2022/2023 insgesamt zehn CU-Versuche zur Ermittlung der effektiven Scherparameter ϕ' und c' durchgeführt. Nach den Versuchsergebnissen ergab sich augenscheinlich kein tiefenabhängiger bzw. lagenabhängiger Zusammenhang zwischen den Einzelergebnissen. Auch etwaige maßgebliche Abhängigkeiten zur Kornzusammensetzung und dem Wassergehalt konnten bei den Versuchen nicht festgestellt

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

werden (vgl. [10]). Vor diesem Hintergrund werden die vorliegenden Ergebnisse der CU-Versuche zunächst für die Deponatschichten 1-3 betrachtet.

Bei den CU-Versuchen erfolgte eine Auswertung über die Mohr'schen Spannungskreise und über die Spannungspfade. Bezogen auf die Mittelwerte ergaben sich geringfügig höhere Scherfestigkeiten bei der Auswertung über die Spannungspfade statt bei den Spannungskreisen (vgl. [3]). Bei Berücksichtigung der etwas geringeren Werte über die Mohr'schen Spannungskreise ergeben sich Mittelwerte von $\varphi' = 33,4^\circ$ und $c' = 20,6 \text{ kN/m}^2$. Der jeweils ungünstigste Reibungspartner für φ' und c' ergab sich bei den Versuchen zu $\varphi' = 30,6^\circ$ (bei $c' = 26,0 \text{ kN/m}^2$) und $c' = 8,5 \text{ kN/m}^2$ (bei $\varphi' = 35,2^\circ$).

Auf Grundlage der vorliegenden CU-Versuche am Deponat sowie der vorliegenden Scherversuche an Schlickern aus der basalen Sohldichtung und der Basisabdichtung werden die bei der Planfeststellung bzw. der technischen Planung [7] angesetzten Kennwerte für die hier vorliegenden Betrachtungen angepasst.

Das aufbereitete Baggergut wird als Deponat lagenweise eingebaut und unterliegt bereits bautechnisch mit dem Ein- und Überbau einer Konsolidation, die stärker ist als die Eigenkonsolidation aus einer natürlichen Ablagerung. Bei den Schlickern handelt es sich demnach nicht um natürliche abgelagerte und normalkonsolidierte Böden, d.h. ein kohäsiver Anteil kann auch bei kleinen Auflastspannungen berücksichtigt werden. In Abstimmung mit der HPA wird eine auflastabhängige Unterteilung der anzusetzenden Schwerparameter bzw. Scherfestigkeiten, wie bereits bei der Planfeststellung [7], weiterhin bei $\sigma \leq 97 \text{ kN/m}^2$ berücksichtigt.

Für die Festlegung der charakteristischen Kennwerte für niedrige Auflastspannungen bis $\sigma \leq 97 \text{ kN/m}^2$ werden die geringsten Einzelwerte der CU-Versuche abgemindert und können für die weiteren Betrachtungen und geotechnischen Berechnungen auf der sicheren Seite liegend mit $\varphi'_k = 30^\circ$ sowie $c'_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden.

Auf Grundlage der vorliegenden Versuchsergebnisse werden auch die charakteristischen Kennwerte für Belastungszustände mit Auflastspannungen $\sigma > 97 \text{ kN/m}^2$ angepasst bzw. erhöht. Bei höheren Auflasten bei bindigen Materialien, beispielsweise bei „überkonsolidierten“ bindigen Böden, ergibt sich ein geringerer Reibungswinkel sowie eine höhere Kohäsion gegenüber einem „normalkonsolidierten“ Zustand.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Bei der Festlegung der charakteristischen effektiven Scherparameter für $\sigma > 97 \text{ kN/m}^2$ wurden die sich über die Mohr'schen Spannungskreise der CU-Versuche o.g. ergebenden Mittelwerte zunächst auf 75 % reduziert. Die sich hierbei ergebenden Werte $\varphi' = 25^\circ$ sowie $c' = 15,5 \text{ kN/m}^2$ liegen im Bereich des 15 %-Fraktils aller Versuchswerte aus den CU-Versuchen ($\varphi' = 32,1^\circ$ sowie $c' = 15 \text{ kN/m}^2$). Auf dieser Grundlage werden die charakteristischen effektiven Scherparameter der bindigen Schlicke als Deponat für $\sigma > 97 \text{ kN/m}^2$ mit $\varphi'_k = 25^\circ$ und $c'_k = 15 \text{ kN/m}^2$ festgelegt.

Vergleichend wurden bei den Inklinometerbohrungen gemäß [3] an Proben der tieferliegenden, eingebauten Basisabdichtung aus Schlick direkte Scherversuche durchgeführt und Mittelwerte von $\varphi' = 27,5^\circ$ sowie $c' = 34,1 \text{ kN/m}^2$ ermittelt.

Die beim Einbau des Deponats per Handflügelsonde ermittelten Anfangsscherfestigkeiten τ_{HFS} bzw. undrännierten Scherfestigkeiten c_{fv} wiesen bei den Feld-Schlickten gemäß [3], [4] die größte Spannbreite mit Werten zwischen 28 kN/m^2 und 96 kN/m^2 auf. Bei den METHA-Schlickten lag die Spannbreite nach [3] zwischen ca. 31 kN/m^2 und ca. 62 kN/m^2 .

Die mittels Laborflügel ermittelten Anfangsscherfestigkeiten τ_{FS} bzw. undrännierten Scherfestigkeiten c_{fv} aus den Daten der Eigen- und Fremdprüfung der Jahre 2006 bis 2017 [3], [4] lagen für die METHA-Schlicke im Mittel bei 46 kN/m^2 , wobei die MKFP-Schlicke höhere Werte (im Mittel $53,5 \text{ kN/m}^2$) und die HIP-Schlicke niedrigere Werte (im Mittel $38,8 \text{ kN/m}^2$) aufwiesen. Die im Labor ermittelten Anfangsscherfestigkeiten τ_{FS} der Feld-Schlicke lagen mit einem Mittelwert von $38,8 \text{ kN/m}^2$ in der gleichen Größenordnung wie die HIP-Schlicke.

Aus den Daten der Fremdüberwachungsergebnisse der Jahre 2014 bis 2017 [4] ergab sich für das 5%-Fraktile der niedrigste Wert bei den Feld-Schlickten mit $c_{fv} = 18,1 \text{ kN/m}^2$ ($30,9 \text{ kN/m}^2$ bei HIP-Schlick und $37,6 \text{ kN/m}^2$ bei MKFP-Schlick). Weitere Werte zur Anfangsscherfestigkeit der Schlicke liegen gemäß [3] im Wesentlichen nur aus den Eigen- und Fremdprüfungen zum Einbau in der Basisabdichtung vor. Bei diesen in Kapitel 5.4 in [3] dargestellten Werten ergab sich aus den Versuchsergebnissen mit der Laborflügelsonde der Fremdprüfung in den Jahren 2006 – 2013 für das 5%-Quantile eine Flügelsondenscherfestigkeit von $c_{fv} = 16 \text{ kN/m}^2$. Mit Berücksichtigung eines konsistenzabhängigen Korrekturfaktors $\mu = 0,72$ ergab sich die charakteristische undrännierte Scherfestigkeit des METHA-Schlicks dann zu $c_{u,k} = 11,5 \text{ kN/m}^2$.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Am länger liegenden Deponat aus den Bohrungen 2022/2023 wurden an Proben aus Entnahmetiefen zwischen 0,7 m und maximal 5,5 m unter Gelände undrännierte Scherfestigkeiten mittels der Laborflügelsonde c_{fu} zwischen 82 kN/m² und 171 kN/m² gemessen [3], [10]. Der Mittelwert lag hierbei bei 93 kN/m². Die Werte passen auch zu den ermittelten steifen bis halbfesten Konsistenzen.

Zur Prüfung und Bewertung dieser Laborflügelwerte wurde die in den CU-Triaxialversuchen ermittelten maximalen Deviatorspannungen, die mit den c_{fu} -Werten gemäß [10] gleichgesetzt werden können, mit den zugehörigen Konsolidationsspannungen verglichen. Im nachfolgenden Bild sind die Ergebnisse mit einer Regressionsgeraden [10] dargestellt.

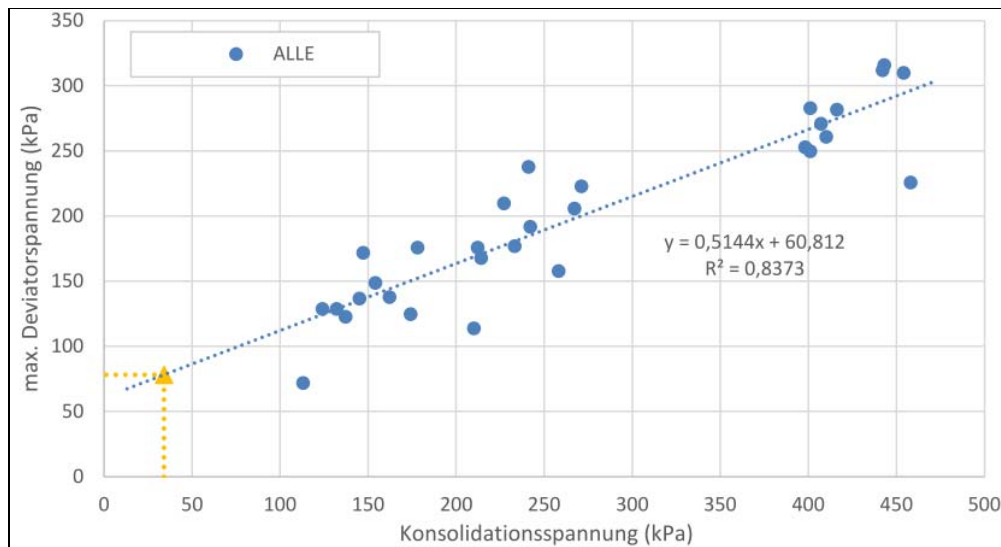


Bild 1: Extrapolation der Versuchsergebnisse der CU-Triaxialversuche zur Abschätzung der undrännierten Scherfestigkeit aus [10]

Wird die in Bild 1 angegebene Gleichung der Regressionsgerade für die Ableitung der undrännierten Laborflügelscherfestigkeit herangezogen, ergäbe sich für eine Konsolidationsspannung von 0 kN/m² bzw. unmittelbar unterhalb der Geländeoberkante eine Deviatorspannung von ca. 60 kN/m² bzw. c_u zu ca. 60 kN/m².

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Es gilt bei den insgesamt deutlich höher liegenden Anfangsscherfestigkeiten zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um nicht mehr frisch eingebautes Material und überwiegend um nicht unmittelbar an der Geländeoberkante liegende Schlicke handelt. Die tatsächliche Anfangsscherfestigkeit der obersten Schlicke ist daher aus geotechnischer Sicht als geringer zu beurteilen.

Wenngleich die Flügelscherfestigkeiten für das Deponat aus der Eigen- und Fremdprüfung der Jahre 2006 bis 2017 ebenfalls höher liegen, sollte auf der sicheren Seite liegend bei den geotechnischen Nachweisen bei „frischem“ bzw. unmittelbar aufgebrachtem Schlick die charakteristische undräßierte Scherfestigkeit $c_{u,k} = 11,5 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden. Bei längerer Liegezeit kann mit einem höheren Wert der undräßierten Scherfestigkeit gerechnet werden. Aus Konsolidationsberechnungen mit dem Baggergut ergab sich eine zu berücksichtigende Liegezeit von mindestens 6 Monaten. Die undräßierte Scherfestigkeit wurde gegenüber dem in Bild 1 abgeschätzten $c_{u,k}$ Wert bei der Deviatorspannung von 0 kN/m^2 auf der sicheren Seite liegend auf 50 % reduziert und somit mit $c_{u,k} = 30 \text{ kN/m}^2$ angesetzt. Dieser Wert liegt zudem unterhalb der im Rahmen der langjährigen Eigen- und Fremdüberwachung ermittelten Mittelwerte für die undräßierte Scherfestigkeit.

Gemäß [3] liegen an bisher eingebautem Schlick als „Deponat“ in der Baggergutmonodeponie Feldhofe keine Ödometer- bzw. Kompressionsversuche vor. Grundsätzliche Untersuchungen zur lastabhängigen Steifigkeit von METHA-Schlick wurden jedoch im Rahmen der technischen Planung der Schlickdeponie Feldhofe [7] sowie bei der Untersuchung von Schlickproben aus Inklinometerbohrungen (vgl. Anlage 4.2 zu [3]) durchgeführt. Zusätzlich liegen Untersuchungen aus einer Verfüllmaßnahme beim Draedenauhafen, Hamburg, und aus einer Dichtungsmaßnahme bei der Deponie Ihlenberg, Selmsdorf, vor. (vgl. [3]). Bei diesen Untersuchungen wurden jedoch nur Auflasten bis 400 kN/m^2 berücksichtigt. Im Rahmen der Kapazitätserhöhung sind jedoch teilweise Auflasten bis $< 600 \text{ kN/m}^2$ vorgesehen.

Nach den im Geotechnischen Bericht – Teil 1 [3] dargestellten und beschriebenen lastabhängigen Formeln und Werten zum Steifemodul, die bei einer Last von 400 kN/m^2 großteils $> 4 \text{ MN/m}^2$ liegen, kann aus geotechnischer Sicht der charakteristische Steifemodul für das mehrheitlich bindige Baggergut mit $E_s [\text{kN/m}^2] = 7,67 \times \sigma [\text{kN/m}^2] + 750$ angegeben werden. Dieser formelmäßige Zusammenhang kann dann auch für Lasten $> 400 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Feld- und / oder Laborversuche zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit am Baggergut als Deponat wurden bisher nicht durchgeführt. Aufgrund der Nutzung als Deponat ergibt sich gemäß dem Betriebshandbuch der Deponie Feldhofe [5], [6] keine besonderen Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit k . Hinzu kommt, dass das bindige Baggergut bei schneller Überschüttung im Einbau Konsolidationsvorgängen unterliegt und sich die Wasserdurchlässigkeit mit zunehmenden Konsolidationsfortschritt ändert, d.h. es wird weniger wasserdurchlässig.

Für die Beurteilung von Konsolidationsvorgängen wurden bei [7] ein Konsolidationsbeiwert $C_v = 0,3 \text{ m}^2/\text{a}$ angegeben. Nach den vorliegenden Auswertungen zum Steifemodul und der beim bisherigen Bau der Deponie ermittelten Wasserdurchlässigkeiten der Basisabdichtung [3] muss dieser Wert jedoch zu $C_v = 3 \text{ m}^2/\text{a}$ korrigiert werden.

Zur Festlegung einer charakteristischen Wasserdurchlässigkeit ist aus geotechnischer Sicht die Abhängigkeit zum jeweils vorliegenden Konsolidationsgrad zu berücksichtigen. Mit dem zuvor genannten Konsolidationsbeiwert ergibt sich die charakteristische Wasserdurchlässigkeit über die Konsolidationstheorie nach Terzaghi zu:

$$k = C_v \cdot \gamma_w / E_s$$

Darin bedeutet:

- k = Wasserdurchlässigkeitsbeiwert [m/s]
- E_s = Steifemodul [kN/m^2]: hier mit $E_s = 7,67 \times \sigma \text{ [kN}/\text{m}^2] + 750$
- σ = Auflastspannung, hier in kN/m^2
- γ_w = Wichte Wasser [kN/m^3]

Nach dieser Formel ergibt sich ohne Berücksichtigung einer Auflastspannung der höchste Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k zu $1,27 \times 10^{-9} \text{ m/s}$. Dieser Wert liegt im Bereich der gemäß dem Betriebshandbuch der Deponie Feldhofe [5], [6] für den Einbau in Dichtungsschichten geforderten Wasserdurchlässigkeit $k \leq 1,0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$. Für den „frischen“ Einbau bzw. unkonsolidierten Zustand des bindigen Baggergutes ist ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k = 1,2 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ als plausibel zu bewerten und kann für diesen Zustand als charakteristischer Wert angesetzt werden.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Aufgrund der hohen Anfangswassergehalte bzw. den nach Einbau entstehenden Trocknungsrisen/Schrumpfrissen kann die Systemdurchlässigkeit der Baggergutlagen von den Laborwerten maßgeblich abweichen.

Grundsätzlich wird nicht erwartet, dass die weitgehend vertikalen Trocknungsrisen/Schrumpfrissen maßgeblichen Einfluss auf die Gleit-/Standsicherheit haben. Dennoch wird ein nicht komplett auszuschließender Einfluss auf die Gleit-/Standsicherheit durch eine konservative Festlegung der charakteristischen Bodenkennwerte sowie zusätzlich berücksichtigte Sicherheiten in den weiteren Betrachtungen und Berechnungen angemessen berücksichtigt.

Insgesamt werden folgende charakteristische Werte der Kenngrößen für geotechnische Berechnungen festgelegt:

Tabelle 1: Charakteristische Kennwerte - Schlick / bindiges Baggergut als Deponat

Wichte über Wasser	Wichte unter Wasser	Dränierter Scherfestigkeit		Undrännierter Scherfestigkeit		Steifemodul	Durchlässigkeit	Konsolidierungsbeiwert
		Reibungswinkel	Kohäsion	Reibungswinkel	Kohäsion			
γ_k	γ'_k	ϕ'_k	c'_k	$\phi_{u,k}$	$c_{u,k}$	$E_{s,k}$	k	c_v
kN/m^3	kN/m^3	°	kN/m^2	°	kN/m^2	MN/m^2	m/s	m^2/a
16,5	6,5	30 ¹⁾ 25 ²⁾	7,5 ¹⁾ 15 ²⁾	0 0	11,5 ³⁾ 30,0 ⁴⁾	$7,67 \cdot \sigma \text{ [MN/m}^2\text{]} + 0,75$	$(9,51 \cdot 10^{-7}) / E_s \text{ [kN/m}^2\text{]}$	3,0

¹⁾ bei Auflast $\sigma \leq 100 \text{ kN/m}^2$

²⁾ bei Auflast $\sigma > 100 \text{ kN/m}^2$

³⁾ „frisch“ eingebauter Zustand

⁴⁾ Liegezeit > 6 Monat

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

5.2.2 METHA-Feinsande als Deponat

Bei den METHA-Feinsanden handelt es sich um rollige Böden, die aufgrund ihres Feinkornanteils nicht als Dränagesande verwendet werden können. Diese Materialien können ggf. untergeordnet in der Mitte der bis zu 3 m mächtigen Deponatlagen aus bindigem Baggergut als feine Lagen eingebaut werden. Das grundsätzliche bindige bodenmechanische Verhalten der bis zu 3 m mächtigen bindigen Baggergutlagen wird aus geotechnischer Sicht hierdurch nicht maßgeblich verändert. Bei einem etwaigen Einbau würde keine durchgehende Schicht aus METHA-Feinsanden vorliegen.

Der Vollständigkeit halber werden, soweit möglich, für die METHA-Feinsande geotechnische Kennwerte angegeben. Insgesamt werden diese Materialien im Rahmen der Kapazitätserhöhung jedoch nicht als relevante eigenständige Schicht eingebaut.

Nach den vorliegenden Ergebnissen in [3] wiesen die METHA-Feinsande in den Untersuchungen im Jahr 2011 Feinkornanteile (Ton- und Schluffanteil mit Korngröße $\leq 0,063$ mm) von im Mittel 40,4 M.-% auf. Bei den Untersuchungen im Jahr 1998 lag der Mittelwert bei 54,5 M.-%. Der Glühverlust V_{gl} wurde im Mittel zu 2,5 % bestimmt. Die mittlere Korndichte betrug nach [3] $\rho_s = 2,61$ g/cm³.

Der untersuchte Wassergehalt w schwankte in Abhängigkeit der Zeitpunkte der Probenahme zwischen ca. 7 % und ca. 26 % und lag nach [3] im Mittel bei 16 %. Laborergebnisse zur Feuchtdichte lagen in [3] nicht vor. Diese sind aus geotechnischer Sicht im Hinblick auf die festgestellten Korngrößenverteilungen und Wassergehalte im Bereich zwischen den Feld-Schlickern (ca. 1,70 g/cm³) und den Dränagesanden (ca. 1,75 g/cm³) zu erwarten.

Nach den in [3] dargestellten Ergebnissen schwanken die Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte materialbedingt stark und lagen zwischen 2×10^{-7} m/s und 2×10^{-5} m/s. Eine Angabe eines charakteristischen Wertes ist aus geotechnischer Sicht nicht sinnvoll. Daher ist bei Verwendung eines Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes in geotechnischen Nachweisen der entsprechend ungünstigere Wert zu wählen.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung **Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise**

Die in [3] angeführten ermittelten effektiven Scherparameter aus mehreren Untersuchungskampagnen lagen für den Reibungswinkel überwiegend um $\varphi' = 30^\circ$ und $c' = 6 \text{ kN/m}^2$. Aus geotechnischer Sicht können die charakteristischen Scherparameter vorläufig mit $\varphi' = 28^\circ$ und $c' = 4 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden.

Aufgrund der materialbedingten Streubreite der METHA-Feinsande schwanken die Steifemoduli nach [3] ebenfalls stark, so dass aus geotechnischer Sicht hierzu nur eine charakteristische Spannbreite sinnvoll anzugeben ist. Im Rahmen einer etwaigen Berücksichtigung der METHA-Feinsande bei geotechnischen Nachweisen sollte der für den entsprechend zu berücksichtigenden Lastbereich erforderliche charakteristische Steifemodul aus den Tabellen in [3] angegebenen Werten einzelfallspezifisch festgelegt werden.

Insgesamt werden folgende charakteristische Werte der Kenngrößen für geotechnische Berechnungen für die METHA-Feinsande festgelegt:

Tabelle 2: Charakteristische Kennwerte - METHA-Feinsande als Deponat

Wichte über Wasser	Wichte unter Wasser	Dränierter Scherfestigkeit		Steifemodul	Durchlässigkeit
		Reibungswinkel	Kohäsion		
γ_k	γ'_{k}	φ'_k	c'_k	$E_{s, k}$	k
kN/m^3	kN/m^3	°	kN/m^2	MN/m^2	m/s
17	7	28	4	10 - 30	$2,0 \cdot 10^{-7} - 2,0 \cdot 10^{-5}$

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

5.2.3 Dränagesande

Bei den für die Dränage bzw. Sandzwischenlagen eingebauten und vorgesehenen Materialien handelt es sich um sandige Baggergutsedimente, die bei der METHA und bei den Spülfeldern anfallen. Durch die im Betriebshandbuch der Deponie Feldhofe [5], [6] vorgegebenen Anforderungen an den Liefer- und Einbauzustand der Dränagesande weisen die METHA- und Spülfeld-Dränagesande eine sehr ähnliche Zusammensetzung auf und können aus geotechnischer Sicht gemeinsam als „Dränagesande“ zusammengefasst werden.

Nach den vorliegenden Laboruntersuchungen [3] weisen die Dränagesande einen Sandanteil von im Mittel 95 M-%, einen Kiesanteil um 5 M-% sowie einen Feinkornanteil (Korndurchmesser $\leq 0,063$ mm) von im Mittel 0,2 M.-% auf.

Gemäß [3] wiesen die untersuchten Dränagesande mittlere Wassergehalte w von 4,1 % auf. Der Glühverlust V_{gl} lag im Mittel bei 0,2 %. Die mittleren Feuchtdichten ρ lagen bei 1,78 g/cm³ (METHA-Dränagesand) und 1,75 g/cm³ (Spülfeld-Sande). Die mittlere Korndichte ρ_s betrug den Auswertungen zufolge 2,62 g/cm³ [3].

Nach den in [3] dargestellten Ergebnissen wurden bei den METHA-Dränandsen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von im Mittel $k = 1,13 \times 10^{-4}$ m/s und bei den Spülfeld-Sanden von im Mittel $k = 2,0 \times 10^{-4}$ m/s festgestellt. Gemäß den Vorgaben des Betriebshandbuches der Deponie Feldhofe [5], [6] sind die Dränagesande so einzubauen, dass bei den Sandzwischenlagen eine mindestens mitteldichte Lagerung vorliegt. Zudem ist ein Durchlässigkeitsbeiwert $k \geq 1,0 \times 10^{-4}$ m/s einzuhalten. Aus geotechnischer Sicht wird daher ein charakteristischer Wert von $k = 1,0 \times 10^{-4}$ m/s festgelegt.

Gemäß [3] wurden im Jahr 2021 an zwei Proben aus Spülfeldsanden die effektiven Scherparameter untersucht. Die Proben stammten aus einer Miete und wurden mit ca. 93 % D_{Pr} im Laborversuch eingebaut. Es ergaben sich Mittelwert von $\varphi' = 32,2^\circ$ und $c' = 6,9$ kN/m². Dieser Reibungswinkel liegt in der in DIN 1055-2 /9/ und EAU 2020 /10/ angegebenen Größenordnung für mitteldicht gelagerte Sande der Bodengruppen SE, SI und SW. Der ermittelte kohäsive Anteil kann aufgrund der geringen Feinanteile als „scheinbare“ Kohäsion des sandigen Materials bewertet werden und sollte aus geotechnischer Sicht nicht berücksichtigt werden.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung **Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise**

Bei dieser Untersuchungskampagne aus dem Jahr 2021 wurden an vier Proben aus den Spülfeldsanden auch Kompressionsversuche bis zu einer Auflast von 250 kN/m² durchgeführt [3]. Der mittlere Steifemodul lag hiernach bei einer Auflast von 250 kN/m² bei $E_s = 16,7 \text{ MN/m}^2$ (jedoch $E_s = 19,3 \text{ MN/m}^2$ bei 200 kN/m²).

Vor dem Hintergrund der geringen Anzahl an Versuchen können für mitteldicht gelagerte Sande der Bodengruppen SE Werte für die Scherfestigkeit und den Steifemodul nach DIN 1055-2 /9/ und EAU 2020 /10/ angesetzt werden. Für den Steifemodul sollte aus geotechnischer Sicht jedoch eine Spannbreite berücksichtigt werden, da dieser wesentlich auflastspannungsabhängiger ist als die Scherparameter für diese Böden.

Folgende charakteristische Kennwerte für geotechnische Berechnungen werden für die Dränagesande festgelegt:

Tabelle 3: Charakteristische Kennwerte - Dränagesande

Wichte über Wasser	Wichte unter Wasser	Dränierete Scherfestigkeit		Steifemodul	Durchlässigkeit ¹⁾
		Reibungswinkel	Kohäsion		
γ_k	γ'_k	ϕ'_k / δ'_k	c'_k	$E_{s, k}$	k
kN/m ³	kN/m ³	°	kN/m ²	MN/ m ²	m/s
17,5	9,5	32,5	0	20 – 50	$1 \cdot 10^{-4}$

¹⁾ vorbehaltlich der weiteren Eignung- und Einbauprüfungen der geplanten Dränageschichten

5.2.4 Basisdränage: Kontaktreibung zwischen KDB und Sand

Gemäß der ermittelten Kontaktreibungswinkel [11] für die KDB zum Dränsand beträgt der ungünstigste Wert $\delta = 19,78^\circ$ (glänzende Oberfläche). Unter Berücksichtigung der Empfehlungen der GDA E 2-7 /11/ ergibt sich der zu berücksichtigende abgeminderte Verbundreibungswinkel der Kontaktfuge Dränsand – KDB mit $\delta = 18,1^\circ$ oberhalb des erforderlichen Sohlreibungswinkels $\delta_{\text{erf, Labor}}$.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Eine Adhäsion darf gemäß GDA E 3-8 zum Nachweis der Gleitsicherheit zwischen Dränsand – KDB nicht angesetzt werden und wird somit nicht berücksichtigt.

5.2.5 Schlick / Baggergut als Basisabdichtung

Für die bereits eingebaute Basisabdichtung wurden METHA- und Feld-Schlicke verwendet (vgl. [3]). Der Einbau erfolgte zwar unter den Vorgaben des Betriebshandbuchs der Deponie Feldhofe [5], [6] aber eine Abgrenzung ggf. kleinräumiger Ablagerungsbereiche der beiden Schlickarten ist nicht möglich.

Bei den aus den Bohrungen gewonnenen Proben im Teufenbereich der Basisabdichtung erfolgte zudem keine separate Zuordnung zu einer Schlickart, so dass eine Bewertung dieser Proben und entsprechender Laborversuche nur für die planerische Schicht „Schlick / Baggergut als Basisabdichtung“ möglich ist. Der METHA-Schlick und der Feld-Schlick werden aus geotechnischer Sicht, wie auch bei der Verwendung als Deponat (vgl. Kapitel 5.2.1), als eine Schicht „Basisabdichtung“ berücksichtigt.

Bei dem Baggergut für die Basisabdichtung handelt es sich bodenmechanisch grundsätzlich um das gleiche Baggergut, welches auch als Deponat verwendet werden soll. Aufgrund der umfangreicheren Anforderungen an Baggergut für den Dichtungsbau gegenüber dem Deponat liegen für das Baggergut als Basisabdichtung auch mehr Untersuchungen bzw. Ergebnisse aus Feld- und Laborversuchen vor. Insgesamt liegen die Ergebnisse der bodenmechanischen Versuche im Vergleich zwischen Basisabdichtung und Deponat sehr ähnlich.

Nach den Laborversuchen aus den Inklinometerbohrungen im Jahr 2019 (vgl. [3]) weist das Baggergut der Basisabdichtung einen Feinkornanteil (Korndurchmesser $\leq 0,063$ mm) von im Mittel 83 M.-% auf. Bei den kornanalytischen Untersuchungen der Eigen- und Fremdüberwachung zur Basisabdichtung [4] wurde ein mittlerer Feinkornanteil von 68 M.-% ermittelt.

Den Ergebnissen in [3] zufolge liegt der Glühverlust V_{gl} im Mittel bei 8,1 %. Der mittlere Wassergehalt w ergibt sich bei den Bohrproben zu 50,1 %. Im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung zur Basisabdichtung [4] wurden mittlere Wassergehalte bei den METHA-Schlickten von $w = 70,7$ % und bei den Feld-Schlickten von $w = 50,7$ % festgestellt. Die mittlere Korndichte ρ_s beträgt $2,48 \text{ g/cm}^3$.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Die mittlere Feuchtdichte ρ bzw. mittlere Wichte γ ergibt sich zu $1,59 \text{ g/cm}^3$ bzw. $15,9 \text{ kN/m}^3$. Die Porenzahl e beträgt im Mittel $0,99$.

Gemäß [3] beträgt die Fließgrenze w_L im Mittel $83,6 \%$, die Ausrollgrenze w_p etwa $50,3 \%$. Die Plastizitätszahl I_p beträgt im Mittel $33,4 \%$ und die Konsistenzzahl liegt im Mittel bei $I_c = 0,9$.

Für die Basisabdichtung ergibt sich aus dem Dichtungsbau eine grundsätzliche Anforderung an die langfristige Wasserdurchlässigkeit von $< 1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$. Die bei [3] und [4] angegebene Wasserdurchlässigkeit k lag im Schnelltest im Mittel bei $1,7 \times 10^{-9} \text{ m/s}$. In den Langläufertests wurde eine mittlere Wasserdurchlässigkeit k von $6,0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ ermittelt. In der LAGA-Eignungsbeurteilung /7/ wird das harmonische Mittel mit $6,4 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ angegeben.

Die mittels Handflügelsonde bestimmte Anfangsscherfestigkeit τ_{HFS} bzw. c_{fv} lag gemäß [3], [4] im Mittel zwischen $56,9 \text{ kN/m}^2$ und $60,3 \text{ kN/m}^2$. Die mittels Laborflügel untersuchte Anfangsscherfestigkeit τ_{HS} bzw. c_{fv} lag im Mittel zwischen $31,0 \text{ kN/m}^2$ und $38,8 \text{ kN/m}^2$.

Es gilt jedoch zu beachten, dass die Basisabdichtung flächenmäßig fast vollständig eingebaut ist und längerfristig liegt, d.h. eine Teilkonsolidation liegt bereits vor. Insofern ist eine weitere planerische Berücksichtigung einer undrännierten Scherfestigkeit bei der Basisabdichtung aus geotechnischer Sicht nicht zielführend und bei den geotechnischen Nachweisen (ausgenommen bei ggf. Betrachtungen von Bauzuständen) nicht maßgeblich. Sollte dennoch die Berücksichtigung einer undrännierten Scherfestigkeit für die Basisabdichtung erforderlich sein, können auf der sicheren Seite liegend zunächst die Versuchsergebnisse mit der Laborflügelsonde der Fremdprüfung zur Basisabdichtung aus den Jahren 2006 – 2013 herangezogen (vgl. [3]) werden. Die Auswertungen ergaben für das 5%-Quantil eine Flügelsondenscherfestigkeit von $c_{fv} = 16 \text{ kN/m}^2$ (entspricht τ_{FS}). Unter Berücksichtigung eines konsistenzabhängigen Korrekturfaktors $\mu = 0,72$ ergab sich die charakteristische undrännierte Scherfestigkeit des ME-THA-Schlicks zu $c_{u,k} = 11,5 \text{ kN/m}^2$.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung **Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise**

Die in Anlage 4.1 des Geotechnischen Berichtes – Teil 1 [3] angegeben und mittels direktem Scherversuch ermittelten effektiven Scherparameter φ' und c' lagen bei den neun Proben im Mittel bei $\varphi' = 27,5^\circ$ und $c' = 33,1 \text{ kN/m}^2$. In Abstimmung mit der HPA Hamburg Port Authority sollten im Rahmen von geotechnischen Nachweisen die charakteristischen Werte für diese Schicht jedoch vorerst auf der sicheren Seite liegend niedriger angesetzt und hierzu die aus der Planfeststellung bzw. der technischen Planung [7] angegebenen Werte (vgl. nachfolgende Tabelle 4) berücksichtigt werden.

Im Zuge von Inklinometerbohrungen 2015 wurden zwei Kompressionsversuche an Proben aus der Basisabdichtung durchgeführt [3]. Diese liegen in der gleichen Größenordnung wie der im Kapitel 5.2.1 zum Deponat dargestellte formelmäßige Zusammenhang.

Der Konsolidationsbeiwert für die Basisabdichtung aus bindigem Baggergut ist wie im Kapitel 5.2.1 beschrieben, auf $C_v = 3 \text{ m}^2/\text{a}$ anzupassen.

Folgende charakteristische Kennwerte für geotechnische Berechnungen werden für die Basisabdichtung angegeben:

Tabelle 4: Charakteristische Kennwerte - Basisabdichtung

Wichte über Wasser	Wichte unter Wasser	Dränierter Scherfestigkeit		Undrännierter Scherfestigkeit		Steifemodul	Durchlässigkeit	Konsolidierungsbeiwert
		Reibungswinkel	Kohäsion	Reibungswinkel	Kohäsion			
γ_k	γ'_k	φ'_k	c'_k	$\varphi_{u,k}$	$c_{u,k}$	$E_{s,k}$	k	c_v
kN/m^3	kN/m^3	°	kN/m^2	°	kN/m^2	MN/m^2	m/s	m^2/a
16,5	6,5	20	10	0	11,5	$7,67 \cdot \sigma \text{ [MN/m}^2\text{]} + 0,75$	$6 \cdot 10^{-10}$	3,0

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

5.2.6 Profilierungseinlagerung

Für das Profilierungsmaterial wurden METHA- und Feld-Schlicke verwendet. Eine Abgrenzung kleinräumiger Ablagerungsbereiche der beiden Schlickarten ist, wie bei den anderen Schichten, in denen Baggergut eingebaut wurde, jedoch nicht möglich. Die vorliegenden geotechnischen Ergebnisse zum METHA-Schlick und Feld-Schlick werden hier zusammenfassen als eine Schicht „Profilierungseinlagerung“ berücksichtigt.

Nach den vorliegenden Unterlagen, die auch in [3] berücksichtigt wurden, lagen zur „Profilierungseinlagerung“ nur zwei untersuchte ungestörte Bodenproben aus den Bohrkampagnen vor. Da es sich bei dem Baggergut für die Profilierungseinlagerung kornanalytisch um das gleiche Material handelt, welches auch als Deponat und Basisabdichtung verwendet wurde, liegen die Untersuchungsergebnisse der bodenmechanischen Versuche nach [3] im Vergleich zu Basisabdichtung und Deponat sehr ähnlich. Auflast- bzw. liegezeitbedingte Schwankungen beim Wassergehalt und der Wasserdurchlässigkeit liegen im Erwartungsbereich.

Die an zwei Proben ermittelten effektiven Scherparameter φ' und c' lagen nach [3] im Mittel bei $\varphi' = 23,4^\circ$ und $c' = 47,3 \text{ kN/m}^2$ und sind unter Berücksichtigung der Auflast- und Liegezeitabhängigkeit als plausibel zu bewerten. In Abstimmung mit der HPA Hamburg Port Authority sollten im Rahmen von geotechnischen Nachweisen die charakteristischen Werte jedoch vorerst auf der sicheren Seite liegend niedriger angesetzt und hierzu die aus der Planfeststellung bzw. der technischen Planung [7] angegebenen Werte berücksichtigt werden.

Nach den Ergebnissen des an einer Probe durchgeführten Kompressionsversuches [3] liegt der Steifemodul lastabhängig etwas über dem formelmäßigen Zusammenhang zum Deponat in Kapitel 5.2.1.

Aus geotechnischer Sicht können die für geotechnische Nachweise erforderlichen charakteristischen Kennwerte zur Profilierungseinlagerung auf der sicheren Seite liegend von den Schlickten / Baggergut als Basisdichtung aus dem Kapitel 5.2.5 wie folgt übernommen werden:

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung **Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise**

Tabelle 5: Charakteristische Kennwerte - Profilierungseinlagerung

Wichte über Wasser	Wichte unter Wasser	Dränierter Scherfestigkeit		Undrännierter Scherfestigkeit		Steifemodul	Durchlässigkeit	Konsolidierungsbeiwert
		Reibungswinkel	Kohäsion	Reibungswinkel	Kohäsion			
γ_k	γ'_k	φ'_k	c'_k	$\varphi_{u,k}$	$c_{u,k}$	$E_{s,k}$	k	c_v
kN/m^3	kN/m^3	°	kN/m^2	°	kN/m^2	MN/m^2	m/s	m^2/a
16,5	6,5	20	10	0	11,5	$7,67 \cdot \sigma [\text{MN/m}^2] + 0,75$	$6 \cdot 10^{-10}$	3,0

5.2.7 Teilaufhöhung

Für die Teilaufhöhung wurden METHA- und Feld-Schlicke verwendet. Eine Abgrenzung kleinräumiger Ablagerungsbereiche der beiden Schlickarten ist, wie bei den anderen Schichten, in denen Baggergut eingebaut wurde, jedoch nicht möglich. Die vorliegenden geotechnischen Ergebnisse zum METHA-Schlick und Feld-Schlick werden hier zusammenfassen als eine Schicht „Teilaufhöhung“ berücksichtigt.

Zur „Teilaufhöhung“ lagen gemäß [3] nur Ergebnisse aus einer untersuchten Bodenprobe vor. Da es sich bei dem Baggergut der Teilaufhöhung kornanalytisch um das gleiche Material handelt, welches auch als Deponat und Basisabdichtung verwendet wurde, liegen die Untersuchungsergebnisse der bodenmechanischen Versuche nach [3] im Vergleich zu Basisabdichtung und Deponat sehr ähnlich. Der Glühverlust lag hier mit 11,1 M.-% etwas höher.

Die an einer Probe ermittelten effektiven Scherparameter φ' und c' lagen nach [3] im bei $\varphi' = 29,4^\circ$ und $c' = 41,8 \text{ kN/m}^2$ und sind unter Berücksichtigung der Auflast- und Liegezeitabhängigkeit als plausibel zu bewerten. In Abstimmung mit der HPA Hamburg Port Authority sollten im Rahmen von geotechnischen Nachweisen die charakteristischen Werte jedoch vorerst auf der sicheren Seite liegend niedriger angesetzt und hierzu die aus der Planfeststellung bzw. der technischen Planung [7] angegebenen Werte berücksichtigt werden.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Nach den Ergebnissen des an einer Probe durchgeführten Kompressionsversuches [3] liegt der Steifemodul im Bereich des formelmäßigen Zusammenhangs zum Deponat in Kapitel 5.2.1. Bei den Laststufen $> 50 \text{ kN/m}^2$ wurden sogar höhere Steifemoduli gemessen.

Aus geotechnischer Sicht können für die „Teilaufhöhung“ die gleichen charakteristischen Kennwerte angegeben werden, wie für das Deponat (vgl. Kapitel 5.2.1) und die Basisabdichtung (vgl. Kapitel 5.2.5). Folgende charakteristische Kennwerte für geotechnische Berechnungen werden für die Teilaufhöhung angegeben:

Tabelle 6: Charakteristische Kennwerte - Teilaufhöhung

Wichte über Wasser	Wichte unter Wasser	Dränierter Scherfestigkeit		Undrännierter Scherfestigkeit		Steifemodul	Durchlässigkeit	Konsolidierungsbeiwert
		Reibungswinkel	Kohäsion	Reibungswinkel	Kohäsion			
γ_k	γ'_k	φ'_k	c'_k	$\varphi_{u,k}$	$c_{u,k}$	$E_{s,k}$	k	c_v
kN/m^3	kN/m^3	°	kN/m^2	°	kN/m^2	MN/m^2	m/s	m^2/a
16,5	6,5	20	10	0	11,5	$7,67 \cdot \sigma \text{ [MN/m}^2] + 0,75$	$6 \cdot 10^{-10}$	3,0

5.2.8 Basale Sohldichtung

Für die basale Sohldichtung wurden METHA- und Feld-Schlicke verwendet. Der Einbau des Baggergutes als Dichtung erfolgte unter den Vorgaben des Betriebshandbuches der Deponie Feldhofe [5], [6]. Der METHA-Schlick und der Feld-Schlick werden aus geotechnischer Sicht, wie auch bei der Basisabdichtung (vgl. Kapitel 5.2.5), als eine Schicht „basale Sohldichtung“ berücksichtigt.

Bei dem verwendeten Baggergut zur basalen Sohldichtung handelt es sich kornanalytisch um das gleiche Material, welches auch für die Basisabdichtung verwendet wurde. Die Untersuchungsergebnisse der bodenmechanischen Versuche nach [3] liegen daher im Vergleich zu Basisabdichtung sehr ähnlich.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Nach den Ergebnissen in [3] weist das Baggergut in der basalen Sohldichtung einen Feinkornanteil (Korndurchmesser $\leq 0,063$ mm) von im Mittel 70,9 M.-% auf und liegt in der gleichen Größenordnung wie das Baggergut als Deponat, für die Basisabdichtung, Profilierungseinlagerung und Teilaufhöhung.

Der Glühverlust V_{gl} lag im Mittel bei 7,6 %. Der mittlere Wassergehalt w lag bei 44,7 % und damit niedriger als bei den untersuchten Proben des Deponats und der Basisabdichtung. Die Feuchtdichte ρ lag im Mittel bei $1,70 \text{ g/cm}^3$. Dies ist im Hinblick auf die Lage der Schicht und die sattgefundenen Konsolidationsprozesse als plausibel zu bewerten. Die Korndichte ρ_s wurde nach [3] im Mittel zu $2,48 \text{ g/cm}^3$ bestimmt.

Die nach [3] an insgesamt drei Proben aus Inklinometerbohrungen untersuchte Wasserdurchlässigkeit k betrug im Mittel $1,9 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ und ist als plausibel zu bewerten. Als charakteristischer Wert kann für die basale Sohldichtung ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert $k = 2,0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ angesetzt werden.

Mittels Laborflügelsonde wurde eine Flügelscherfestigkeit c_{fv} von im Mittel $56,3 \text{ kN/m}^2$ festgestellt. Die mittels Taschenpenetrometer ermittelte Scherfestigkeit lag nach [3] im Mittel bei $104,3 \text{ kN/m}^2$.

Die effektiven Scherparameter φ' und c' wurden im Labor im Mittel zu $\varphi' = 27,2^\circ$ und $c' = 51,5 \text{ kN/m}^2$ ermittelt und sind unter Berücksichtigung der Auflast- und Liegezeitabhängigkeit als plausibel zu bewerten. In Abstimmung mit der HPA Hamburg Port Authority sollten im Rahmen von geotechnischen Nachweisen die charakteristischen Werte jedoch vorerst auf der sicheren Seite liegend niedriger angesetzt und hierzu die aus der Planfeststellung bzw. der technischen Planung [7] angegebenen Werte berücksichtigt werden.

Nach den Ergebnissen des an einer Probe durchgeführten Kompressionsversuches [3] liegt der Steifemodul im Bereich des formelmäßigen Zusammenhangs zum Deponat in Kapitel 5.2.1. Im Lastbereich $200 \text{ kN/m}^2 - 400 \text{ kN/m}^2$ wurde ein Steifemodul $E_s = 7,1 \text{ MN/m}^2$ festgestellt.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung **Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise**

Aus geotechnischer Sicht können für die „Basale Sohldichtung“ folgende charakteristische Kennwerte für geotechnische Berechnungen angegeben werden:

Tabelle 7: Charakteristische Kennwerte - Basale Sohldichtung

Wichte über Wasser	Wichte unter Wasser	Dränierte Scherfestigkeit		Undräßierte Scherfestigkeit		Steifemodul	Durchlässigkeit	Konsolidierungsbeiwert
		Reibungswinkel	Kohäsion	Reibungswinkel	Kohäsion			
γ_k	γ'_k	ϕ'_k	c'_k	$\phi_{u,k}$	$c_{u,k}$	$E_{s,k}$	k	c_v
kN/m^3	kN/m^3	°	kN/m^2	°	kN/m^2	MN/m^2	m/s	m^2/a
16,5	6,5	20	10	0	50	$7,67 \cdot \sigma \text{ [MN/m}^2\text{]} + 0,75$	$2 \cdot 10^{-10}$	3,0

5.2.9 Altspülfeld

Das Altspülfeld besteht aus bindigem Baggergut und Sanden sowie aus Gemischen dieser Böden. Eine Abgrenzung kleinräumiger Ablagerungsbereiche ist nicht möglich. Es ist eher mit fließenden Übergängen zwischen Sanden und bindigem Baggergut zu rechnen.

In der technischen Planung zur Deponie Feldhofe [7] und dem Baugrundbericht aus dem Jahr 1994 [8] wurde das Altspülfeld bisher in die beiden Extremfälle „Sand“ und „bindiges Baggergut“ bzw. „Schlick“ unterteilt und hierfür Ansatzkennwerte angegeben. Im Rahmen der Kapazitätserhöhung kann aus geotechnischer Sicht die Berücksichtigung lediglich einer Schicht „Altspülfeld“ erfolgen. Hierzu sind die charakteristischen Kennwerte so zu wählen, dass sie für die erforderlichen geotechnischen Sicherheitsnachweise auf der sicheren Seite liegen.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Die mittlere Feuchtdichte ρ wurde nach [3] zu $1,52 \text{ g/cm}^3$ bestimmt und liegt in der Größenordnung des Baggergutes als Deponat (vgl. Kapitel 5.2.1) und bei der Basisabdichtung (vgl. Kapitel 5.2.5). Dies passt zum mittleren Wassergehalt von 95,5 %, der höher als beim Baggergut als Deponat und als Basisabdichtung liegt. Der Glühverlust V_{gl} lag im Mittel bei 16,5 %.

Das Altspülfeld liegt direkt oberhalb der holozänen Weichschichten. Nach den vorliegenden Ergebnissen der Labor- und Feldversuche kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden, dass es eine teilweise Vermischung der Proben mit den oberen Bereichen der Weichschichten gegeben hat. Auch ist nicht auszuschließen, dass die Wassergehalte in den Proben des Altspülfeldes teilweise durch die entwässernden Weichschichten beeinflusst sind.

Die Angabe eines charakteristischen Wertes zur Wasserdurchlässigkeit ist aufgrund der Inhomogenität des Altspülfeldes nicht möglich und aus geotechnischer Sicht nicht sinnvoll.

Die mittels einem direkten Scherversuch ermittelte Endscherfestigkeit bzw. die effektiven Scherparameter lagen bei $\varphi' = 40,0^\circ$ und $c' = 12,9 \text{ kN/m}^2$. In einem Triaxialversuch wurden effektiven Scherparameter von $\varphi' = 13,0 \text{ kN/m}^2$ und $c' = 22,0 \text{ kN/m}^2$ ermittelt. Mit diesen beiden Versuchsergebnissen kann nicht ausgeschlossen werden, dass hier zwei unterschiedliche Materialien (eher sandig und eher bindig) untersucht wurden. Mit den in der technischen Planung [7] angegebenen Ansatzkennwerten der Scherfestigkeit des Altspülfeldes aus Schlick von $\varphi' = 20,0^\circ$ und $c' = 10 \text{ kN/m}^2$ ergeben sich bei Auflasten $> 100 \text{ kN/m}^2$ geringere Scherfestigkeiten als bei Berücksichtigung der Scherparameter für Sand von $\varphi' = 32,5^\circ$ und $c' = 0 \text{ kN/m}^2$. Bei der Kapazitätserhöhung liegt die Auflast oberhalb des Altspülfeldes überwiegend deutlich $> 100 \text{ kN/m}^2$. Auf der sicheren Seite liegen können daher effektive Scherparameter für Schlicke / bindiges Baggergut angesetzt werden. Die Aufgrund der Tiefenlage, Liegezeit und Inhomogenität ist die Verwendung einer undrained Scherfestigkeit beim Altspülfeld aus geotechnischer Sicht nicht sinnvoll.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung **Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise**

Die in [3] dargestellten Ergebnisse des an einer Bohrprobe aus dem „Altspülfeld“ untersuchten Steifemoduls liegen aus geotechnischer Sicht sehr niedrig und entsprechen eher der Größenordnung eines Torfes. Mit den nach [3] vorliegenden Daten ist dieses Untersuchungsergebnis als vorläufig nicht plausibel zu bewerten und sollte bei der Festlegung des charakteristischen Wertes nicht verwendet werden.

Aus geotechnischer Sicht sollte das Altspülfeld materialtechnisch wie ein bindiges Baggergut bzw. wie das Deponat angenommen werden. Folgende charakteristische Kennwerte werden somit für geotechnische Berechnungen für das Altspülfeld angegeben:

Tabelle 8: Charakteristische Kennwerte - Altspülfeld

Wichte über Wasser	Wichte unter Wasser	Dränierter Scherfestigkeit		Steifemodul	Konsolidierungsbeiwert
		Reibungswinkel	Kohäsion		
γ_k	γ'_k	φ'_k	c'_k	$E_{s, k}$	c_v
kN/m^3	kN/m^3	°	kN/m^2	MN/m^2	m^2/a
16,5	6,5	20	10	$7,67 \cdot \sigma \text{ [MN/m}^2\text{]} + 0,75$	3,0

5.2.10 Holozäne Weichschichten

Die holozänen Weichschichten setzen sich aus überwiegend organischem Klei und Torfen sowie Mudden zusammen. Die Zusammensetzung ist inhomogen und variiert z.T. sehr kleinräumig. Eine Abgrenzung von Ablagerungsbereichen unterschiedlicher Zusammensetzung ist hierbei kaum möglich. Die „holozänen Weichschichten“ werden daher als eine Schicht betrachtet. Die Minimal- und Maximalwerte sowie Streubreiten sind im Geotechnischen Bericht – Teil 1 [3] angegeben.

Der Wassergehalt w lag im Mittel bei 83,4 %. Die Fließgrenze w_L lag im Mittel bei 142,9 %, die Ausrollgrenze w_P im Mittel bei 61,0 %. An den untersuchten Weichschichten wurde der Glühverlust V_{gl} zu im Mittel 16,8 % bestimmt.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung

Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Nach den Korngrößenverteilungen betrug der Feinkornanteil (Korndurchmesser $\leq 0,063$ mm) am gewaschenen Probenanteil im Mittel 80,8 M.-%. Der Median lag bei 91,9 M.-%.

Unter Berücksichtigung der grundsätzlich inhomogenen Zusammensetzung der holozänen Weichschichten und des z.T. lokal variierenden Sandanteils wurde die Feuchtdichte ρ im Mittel zu $1,52 \text{ g/cm}^3$ bestimmt. Auf der sicheren Seite liegend wird die Feuchtdichte in Anlehnung an die Technische Planung der Schlickdeponie Feldhofe [7] mit $1,35 \text{ g/cm}^3$ angesetzt.

Der mittlere Wasserdurchlässigkeitsbeiwert betrug gemäß [3] $k = 1,68 \times 10^{-10} \text{ m/s}$.

Die an den holozänen Weichschichten per Laborflügelsonde ermittelte Anfangsscherfestigkeit τ_{FS} bzw. c_{fv} lag im Mittel bei $41,5 \text{ kN/m}^2$. Aufgrund der o.g. Fließgrenze kann bei einem Korrekturfaktor um $\mu = 0,60$ die undrained Scherfestigkeit $c_{u,k}$ mit $24,0 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden. Es gilt jedoch auch hier zu beachten, dass die holozänen Weichschichten schon langfristig überbaut sind. Insofern ist bei der Kapazitätserhöhung eine weitere planerische Berücksichtigung einer Anfangsscherfestigkeit aus geotechnischer Sicht nicht sinnvoll.

Die effektiven Scherparameter φ' und c' wurden nach [3] im Labor im Mittel zu $\varphi' = 24,5^\circ$ und $c' = 30,5 \text{ kN/m}^2$ ermittelt. Die mittels Triaxialversuch ermittelten effektiven Scherparameter lagen im Mittel bei $\varphi' = 18,1 \text{ kN/m}^2$ und $c' = 18,4 \text{ kN/m}^2$. Unter Berücksichtigung der Ansatzkennwerte aus dem Baugrundbericht von 1994 [8] können als charakteristischen Werte $\varphi' = 15,0 \text{ kN/m}^2$ und $c' = 15,0 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden.

Aufgrund der verhältnismäßig inhomogenen Zusammensetzung der holozänen Weichschichten, insbesondere des organischen Anteils, streuen die Steifemoduli z.T. stark. Im Baugrundbericht der ARGE Schlicktechnik von 1994 [8] wurde dies bereits dargestellt. Hier wurde ein Ansatzkennwert bzw. charakteristische Steifemodul mit $E_s = 0,9 \text{ MN/m}^2$ bis $5,2 \text{ MN/m}^2$ im Lastbereich 50 kN/m^2 bis 500 kN/m^2 angegeben. Hiernach ergibt sich der lastabhängige Steifemodul formelmäßig zu etwa $E_s [\text{MN/m}^2] \approx 9,0 \times \sigma [\text{MN/m}^2] + 0,6$. Die im Geotechnischen Bericht – Teil 1 [3] angegebenen Steifemoduli liegen formelmäßig etwas niedriger um $E_s [\text{MN/m}^2] \approx 6,0 \times \sigma [\text{MN/m}^2] + 0,6$ und werden als charakteristischer Wert berücksichtigt.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung **Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise**

Der Konsolidierungsbeiwert C_v kann gemäß [3], [7] und [8] mit $0,7 \text{ m}^2/\text{a}$ angesetzt werden.

Folgende charakteristische Kennwerte werden für geotechnische Berechnungen für die holozänen Weichschichten angesetzt:

Tabelle 9: Charakteristische Kennwerte - holozäne Weichschichten

Wichte über Wasser	Wichte unter Wasser	Dränierte Scherfestigkeit		Undränierte Scherfestigkeit		Steifemodul	Durchlässigkeit	Konsolidierungsbeiwert
		Reibungswinkel	Kohäsion	Reibungswinkel	Kohäsion			
γ_k	γ'_k	ϕ'_k	c'_k	$\phi_{u,k}$	$c_{u,k}$	$E_{s,k}$	k	c_v
kN/m^3	kN/m^3	°	kN/m^2	°	kN/m^2	MN/m^2	m/s	m^2/a
13,5	3,5	15	15	-	24,0	$6,0 \cdot \sigma \text{ [MN/m}^2\text{]} + 0,6$	$2 \cdot 10^{-10}$	0,7

5.2.11 Holozäne Sande

Die unterhalb der Weichschichten anstehenden grundwasserführenden holozänen Sande weisen gemäß [3] einen Sand- und Kiesanteil (Korngröße $> 0,063 \text{ mm}$) von im Mittel 98,8 M.-% auf. Der ermittelte Wassergehalt w liegt im Mittel bei 14,8 %. Der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k beträgt im Mittel $4,0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$. Weitere am Standort durchgeführte Untersuchungen zu den im Untergrund anstehenden holozänen Sanden wurden gemäß [3] nicht durchgeführt.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung **Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der** **geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise**

In der technischen Planung der Schlickdeponie Feldhofe [7] und im Baugrundbericht von 1994 [8] wurden für die holozänen Sande Ansatzkennwerte für einen mitteldicht gelagerten Sand mit einer Feuchtwichte $\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$ und einem Reibungswinkel $\phi' = 32,5$ sowie einem Steifemodul $E_s = 40$ bis 80 MN/m^2 angegeben. Diese Werte können auch, wie in Kapitel 0 zu den Dränagesanden beschrieben, auch aus den Angaben der DIN 1055-2 /9/ und EAU 2020 /10/ für mitteldicht gelagerte Sande der Boden- gruppen SE, SI und SW entnommen werden.

Diese Ansatzkennwerte sind plausibel und werden weiterhin als charakteristische Kennwerte für die holozänen Sande angesetzt. Unter Berücksichtigung des bisherigen Baufortschritts der Baggergutmonodeponie Feldhofe und der damit verbundenen Er- höhung der Auflasten auf den holozänen Sanden kann der untere Wert zum Steifemo- dul aus geotechnischer Sicht von 40 MN/m^2 auf 60 MN/m^2 erhöht werden.

Neben den o. g. Kenngrößen liegen mit dem Geotechnischen Bericht – Teil 1 [3] keine weiteren Ergebnisse aus Feld- und Laborversuchen vor. Folgende charakteristische Kennwerte werden für die holozänen Sande angesetzt:

Tabelle 10: Charakteristische Kennwerte – Holozäne Sande

Wichte über Wasser	Wichte unter Wasser	Dränierete Scherfestigkeit		Steifemodul	Durchlässigkeit
		Reibungs- winkel	Kohäsion		
γ_k	γ'_k	ϕ'_k / δ'_k	c'_k	$E_{s, k}$	k
kN/m^3	kN/m^3	°	kN/m^2	MN/ m^2	m/s
18	10	32,5	0	60 - 80	$4 \cdot 10^{-4}$

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung
Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der
geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

5.2.12 DB-Ablagerungen

Bei den im nordwestlichen Randbereich der Deponie liegenden Bodenablagerungen der Deutschen Bahn handelt es sich um Mischböden aus bindigen und sandigen Anteilen.

Gemäß [3] weisen die DB-Ablagerungen einen Wassergehalt w von im Mittel 23,1 % auf. In der technischen Planung der Deponie Feldhofe [7] mit Stand 1994 wurden für die DB-Ablagerungen bereits charakteristische Kennwerte angegeben. Weitere diesbezügliche Labor- und Feldversuche sind seitdem nicht bekannt. Vor dem Hintergrund, dass eine eindeutige Abgrenzung und bodenmechanische Einteilung der DB-Ablagerung als bindiges oder sandiges Material aufgrund der inhomogenen Schüttung kaum möglich ist, wurde bei der Scherfestigkeit auf der sicheren Seite liegend die im Labor ermittelte Kohäsion nicht berücksichtigt. Nach den Angaben der Technischen Planung [7] kann der unterste charakteristische Reibungswinkel zu $\varphi'_k = 32,5^\circ$ angesetzt werden.

Wenngleich die DB-Ablagerungen bereits seit Anfang der 1990er Jahre am Standort liegen, wurde in Abstimmung mit der HPA Hamburg Port Authority die auf der sicheren Seite liegende Annahme eines locker gelagerten Sandes getroffen. Dies und die Angaben der technischen Planung [7] berücksichtigend, kann der charakteristische Steifemodul E_s mit $15 - 25 \text{ MN/m}^2$ angesetzt werden.

Untersuchungen zur Wasserdurchlässigkeit der DB-Ablagerungen wurden nicht durchgeführt. Aufgrund der inhomogenen Ablagerung ist die Festlegung eines charakteristischen Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes k kaum möglich. Sofern im Rahmen weiterer Planungen erforderlich, kann unter Berücksichtigung der Angaben der EAU 2020 /10/ die Wasserdurchlässigkeit der DB-Ablagerungen vorläufig mit $k \approx 5 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ angesetzt werden.

Folgende charakteristische Kennwerte können für geotechnische Nachweise für die DB-Ablagerungen angesetzt werden:

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung **Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise**

Tabelle 11: Charakteristische Kennwerte – DB-Ablagerungen

Wichte über Wasser	Wichte unter Wasser	Dränierter Scherfestigkeit		Undrännierter Scherfestigkeit		Steifemodul	Durchlässigkeit
		Reibungswinkel	Kohäsion	Reibungswinkel	Kohäsion		
γ_k	γ'_k	φ'_k / δ'_k	c'_k	$\varphi_{u,k}$	$c_{u,k}$	$E_{s,k}$	k
kN/m ³	kN/m ³	°	kN/m ²	°	kN/m ²	MN/ m ²	m/s
18	10	32,5	0	-	-	15 - 25	$5 \cdot 10^{-7}$

6 Bewertung und Empfehlungen

In dem vorliegenden Geotechnischen Bericht – Teil 2 und 3 werden die geotechnischen Untersuchungsergebnisse aus dem Geotechnischen Bericht -Teil 1 [3] zusammengefasst und ausgewertet. Hierauf aufbauend erfolgte die Festlegung bzw. Angabe relevanter charakteristischer Material- bzw. Bodenkennwerte. Daher ist der vorliegende Geotechnische Bericht – Teil 2 und 3 auch nur im Zusammenhang mit dem zugehörigen Geotechnischen Bericht – Teil 1 vollständig. Detaillierte Angaben zu einzelnen Kennwerten und Laborversuchen finden sich im Geotechnischen Bericht – Teil 1 [3].

Eine Angabe von Ansatzkennwerten erfolgte bereits im Rahmen der technischen Planung der Baggergutmonodeponie Feldhofe im Jahr 1999 [7]. Mit den im Geotechnischen Bericht – Teil 1 [3] aufgeführten Ergebnissen der im Rahmen der Planung und des weiteren Baus der Baggergutmonodeponie Feldhofe bis zum Jahr 2022 durchgeführten Feld- und Laborversuche wurden diese Kennwerte geprüft und im vorliegenden Geotechnischen Bericht - Teil 2 und 3 soweit erforderlich angepasst. Die hier festgelegten und angegebenen charakteristischen Kennwerte sind zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes als plausibel zu bewerten.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung
Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

Einige Kennwerte, wie z.B. der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert und der Steifemodul sind auflastabhängig. Da sich mit den weiteren Bau- und Verbringungsphasen bis zum geplanten Endzustand ständig neue Auflastsituationen für die jeweils unterlagernden Schichten und Materialien ergeben, können sich die im Rahmen der vorliegenden Planungen angegebenen charakteristische Kennwerte jedoch auch weiterhin ändern und sind im Zuge der weiteren Deponatverbringung zu verifizieren und ggf. anzupassen.

Zudem werden im Rahmen der zukünftigen Eigen- und Fremdprüfungen weitere Laboruntersuchungen und Auswertedaten hinzukommen, die ggf. einen wesentlichen Einfluss auf die Mittelwerte bzw. den Median-Wert und somit auch auf die Bewertung und Festlegung von charakteristischen Kennwerten haben können.

Die vorliegenden charakteristischen Werte können, für die im Zuge der weiteren Planungen zur Kapazitätserhöhung erforderlichen geotechnischen Sicherheitsnachweise verwendet werden. Im Wesentlichen sind für die Planung der Kapazitätserhöhung der Deponie Feldhofe folgende geotechnischen Nachweise erforderlich:

- Untersuchung der Standsicherheit der Oberflächenabdichtung
- Untersuchung der Standsicherheit der Deponie bzw. der Sicherheit gegen Böschungs- und Geländebruch im Bau- und Endzustand
- Untersuchung der Spreizsicherheit
- Beurteilung der Konsolidationsverlaufes
- Untersuchung des Setzungsverhaltens und Berechnung / Abschätzung der Setzungen

Diese Nachweise werden jeweils in separaten Berichten / Fachgutachten geführt, erläutert und dargestellt.

Bearbeiter:



Bremen, im September 2024

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung
Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

7

Literaturverzeichnis

- /1/ Bund: DepV
Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts, „Verordnung über Deponien und Langzeitlager“ (Deponieverordnung – DepV) vom 27. April 2009; BGBl. I, Nr. 22, S. 900, geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 27. September 2017, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
- /2/ DIN 4020:2010-12, Geotechnische Untersuchung für bautechnische Zwecke – ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2; DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- /3/ DIN EN 1997-2:2010-10, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik -Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes; DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- /4/ DIN EN 1997-1:2014-03, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik -Teil 1: Allgemeine Regeln; DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- /5/ DIN 1054:2021-04, Baugrund -Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau- Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1; DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- /6/ DIN EN 1998-1/NA:2023-11, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- /7/ Eignungsbeurteilung von METHA-Material zur Herstellung von mineralischen Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien; Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“, 16.06.2008.

Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung
Anhang 9: Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise

- /8/ DIN 18196:2023-02, Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke; DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- /9/ DIN 1055-2:2010-11, Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngößen; DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- /10/ Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen EAU 2020 (12. Auflage); Ernst & Sohn, Hamburg/Essen.
- /11/ Nachweis der Gleitsicherheit von Abdichtungssystemen, GDA-Empfehlungen (3. Auflage), Bautechnik 8/2015.