

Baggergutmonodeponie Feldhofs Kapazitätserhöhung

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

erstellt im Auftrag der



durch

**Umtec
Prof. Biener | Sasse | 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
Telefon
0421 20 75 9-0
Telefax
0421 20 75 9-999
info@umtec-partner.de
www.umtec-partner.de



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe
Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Inhaltsverzeichnis

Kapitel		Seite
1	Veranlassung	1
2	Unterlagen	3
3	Aufbau Deponiekörper und angepasstes Oberflächenabdichtungssystem	5
4	Maßgeblicher Berechnungsschnitt	6
5	Standsicherheitsberechnungen	8
5.1	Berechnungsgrundlagen	8
5.1.1	Versagensmechanismen	8
5.1.2	Teilsicherheitskonzept und Bemessungssituation	8
5.1.3	Verkehrslasten	10
5.1.4	Porenwasserdruck	11
5.1.5	Betrachtete Gleitflächen und Gleitfugen	12
5.1.6	Berücksichtigte Materialkennwerte	13
5.2	Berechnungsergebnisse	17
6	Spreizsicherheit	20
7	Zusammenfassung	24



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe
Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1** **Lage der Berechnungsschnitte Z2 und DB1, M 1 : 5.000**
- Anlage 2** **Schnittdarstellung des Berechnungsschnitts Z2**
- Anlage 3** **Gleitsicherheitsberechnungen OFAD**
- Anlage 3.1 Gleitfuge innerhalb des Oberbodens
- Anlage 3.2 Gleitfuge innerhalb des Unterbodens
- Anlage 3.3 Gleitfuge innerhalb der Kontaktfuge zwischen Unterboden und Vlies
- Anlage 3.4 Gleitfuge innerhalb der Kontaktfuge zwischen Vlies und Entwässerungsschicht
- Anlage 3.5 Gleitfuge innerhalb der Entwässerungsschicht
- Anlage 3.6 Gleitfuge innerhalb der Kontaktfuge Entwässerungsschicht und Schutzvlies
- Anlage 3.7 Gleitfuge innerhalb der Kontaktfuge zwischen Schutzvlies und Kunststoffdichtungsbahn (KDB)
- Anlage 3.8 Gleitfuge innerhalb der Kontaktfuge zwischen Kunststoffdichtungsbahn (KDB) und Ausgleichsschicht
- Anlage 4** **Böschungs- und Geländebruchberechnungen Deponiekörper**
- Anlage 4.1 Gleitkreise innerhalb der oberen Baggergutlage mit Volleinstau der Ausgleichsschicht der OFAD
- Anlage 4.2 Gleitkreise innerhalb der mittleren Baggergutlagen mit Volleinstau der Sandzwischenlagen



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe
Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

- Anlage 4.3 Gleitfuge innerhalb der Kontaktfuge Dränsand – KDB der Basisabdichtung mit Volleinstau der Sandzwischenlagen
- Anlage 4.4 Gleitkreis innerhalb des Deponiekörpers und der Basisabdichtung mit Volleinstau der Sandzwischenlagen
- Anlage 4.5 Gleitkreis innerhalb des Deponiekörpers und der basalen Sohldichtung mit Volleinstau der Sandzwischenlagen
- Anlage 4.6 Gleitkreis innerhalb des Deponiekörpers und der holozänen Weichschichten mit Volleinstau der Sandzwischenlagen
- Anlage 4.7 Gleitkreis im Bereich des Deponiefußes und der holozänen Weichschichten
- Anlage 5 Böschungs- und Geländebruchberechnungen DB-Ablagerung**
- Anlage 5.1 Gleitkreis innerhalb des Deponiekörpers und der DB-Ablagerung; mit Volleinstau der Sandzwischenlagen
- Anlage 5.2 Gleitkreis innerhalb Deponiekörper, DB-Damm und Weichschichten; mit Volleinstau der Sandzwischenlagen
- Anlage 6 Untersuchung zur Spreizsicherheit – Gleitfuge innerhalb der Kontaktfuge Dränsand – KDB der Basisabdichtung**



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

1 Veranlassung

Die Hamburg Port Authority AÖR (HPA) ist Betreiberin der Baggergutmonodeponie Feldhofe. Die Deponie wurde mit Planfeststellungsbeschluss vom 3. 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)² erforderlich wurde, zur Beseitigung von Baggergut und Schlick genehmigt. Die genehmigte Endgestaltungshöhe der Deponie nach Stilllegung und Rekultivierung beträgt + 38 mNHN.

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

Zur langfristigen Sicherung der Entsorgungssicherheit für Baggergut ist die HPA deshalb bestrebt die Einlagerungskapazität der Deponie maßgeblich zu erweitern. Eine Anpassung der Aufstandsfläche der Deponie ist nicht vorgesehen.

Die Kapazitätserhöhung erfolgt durch die Anpassung der Deponiekontur, indem die Deponieböschungsnäigung innerhalb der Kapazitätserhöhungsfläche von 1 : 8 auf 1 : 4 versteilt wird und die Endhöhe um 18 m von + 38 mNHN auf + 56 mNHN steigt. Zudem soll unter Einhaltung der Vorgaben der Deponieverordnung das Oberflächenabdichtungssystem optimiert und hierbei statt einer mineralischen Dichtung aus METHA-Material die Abdichtungsfunktion von einer geeigneten Kunststoffdichtungsbahn (KDB) oberhalb der gasdränfähigen Ausgleichsschicht übernommen werden [6].

Die Erhöhung der Einbaumächtigkeiten des Baggergutes auf maximal 3,0 m je Lage ist mit Bescheid vom 20.05.2019 [5] genehmigt und wird bereits umgesetzt.

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

Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Mit Schreiben vom 26. Juni 2017 wurde die Umtec Prof. Biener | Sasse | Konertz, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB, mit den geotechnischen Beratungsleistungen im Zuge der Vor- und Entwurfsplanung zur Kapazitätserhöhung der Deponie Feldhofe beauftragt. Bestandteil der Beratungsleistungen ist die Beurteilung der Gesamtstandsicherheit der geplanten Oberflächenabdichtung (OFAD) sowie des Deponiekörpers im Endzustand. Hierbei sind auch die im nordöstlichen Deponiebereich vorhandenen und in das Deponiebauwerk zu integrierenden ehemaligen Bodenumlagerungen der Deutschen Bahn (DB-Ablagerungen) zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der geplanten Böschungsneigungen und der Winkel der inneren Reibung / der Verbundreibungswinkel sowie der Kohäsion der einzelnen Abdichtungskomponenten, wird die im Folgenden die Standsicherheit im Endzustand für einen maßgeblichen Schnitt betrachtet.

Die Standsicherheitsnachweise der herzustellenden Oberflächenabdichtung werden im vorliegenden Fall zunächst auf Grundlage von Erfahrungswerten für den Winkel der inneren Reibung / Verbundreibungswinkel und der Kohäsion / Adhäsion der einzelnen Abdichtungskomponenten geführt. Insofern soll auch der grundsätzliche Nachweis geführt werden, dass das vorgesehene Oberflächenabdichtungssystem mit am Markt vorhandenen Materialien standsicher ausgebildet werden kann.

Darüber hinaus erfolgt eine Betrachtung zur Spreizsicherheit des Basisabdichtungssystems.



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

2 Unterlagen

Für die Ausarbeitung des vorliegenden Berichtes standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Schlickdeponie Feldhofe; Unterlagen zum Antrag auf Planfeststellung gemäß KrW-/AbfG; erstellt im Auftrag der Wirtschaftsbehörde Amt für Strom- und Hafenbau der Freien und Hansestadt Hamburg durch die Arbeitsgemeinschaft Schlicktechnik, Hamburg, 30. Juni 1999.
- [2] Entscheidung zum Planfeststellung 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, Kapazitätserhöhung -Erläuterungsbericht zur Entwurfsplanung (Entwurf); erstellt durch die Umtec Prof. Biener | Sasse | Konertz, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB, Bremen, 20. Dezember 2019.
- [4] Deponie Feldhofe, Umbau des Zentralschachtes und Optimierung der Einlagerungsschichten auf der Deponie Feldhofe, Antrag zum Planverfahren nach § 35 KrWG zur Änderung der Planfeststellung (Gz.: M310 - 1/99); erstellt durch die Hamburg Port Authority, Hamburg, 27. Juni 2018.
- [5] Änderung der Deponie Feldhofe zum Umbau des Zentralschachtes und Optimierung der Einlagerungsschichten, Plangenehmigungsbescheid, Gz. : U33-BA20621 - 06/18; erstellt durch die Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt und Energie, Hamburg, 20. Mai 2019.
- [6] Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung, Entwurfsplanung, Aufbau geplantes Oberflächenabdichtungssystem, DF-PL-EW+DB-DT-405 (M 1 : 25); erstellt durch die Umtec Prof. Biener | Sasse | Konertz, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB, Bremen, Dezember 2019.



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe
Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

- [7] Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung, Entwurfsplanung, Aufbau bestehende Dichtungssysteme und Baggerguteinbau, DF-PL-EW+DB-DT-400 (M 1 : 25); erstellt durch die Umtec Prof. Biener | Sasse | Konertz, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB, Bremen, Dezember 2019.
- [8] Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserweiterung, Entwurfsplanung, Deponiekörperschnitt Z2-Z2, DF-PL-EW+DB-LS-240 (M 1 : 250); erstellt durch die Umtec Prof. Biener | Sasse | Konertz, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB, Bremen, Dezember 2019.
- [9] Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung, Entwurfsplanung, Lageplan OK Endgestaltung (nach Setzungen), DF-PL-EW+DB-LP-140 (M 1 : 2.000); erstellt durch die Umtec Prof. Biener | Sasse | Konertz, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB, Bremen, Dezember 2019.
- [10] Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung – Bemessung der Deponieoberflächenentwässerung; erstellt durch die Umtec Prof. Biener | Sasse | Konertz, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB, Bremen, April 2019.
- [11] Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserhöhung – Geotechnischer Bericht - Teil 1: Geotechnischer Untersuchungsbericht; erstellt durch die Umtec Prof. Biener | Sasse | Konertz, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB, Bremen, September 2024.
- [12] Baggergutmonodeponie Feldhofe, Kapazitätserweiterung – Geotechnischer Bericht - Teil 2 und 3: Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse sowie Empfehlungen und Hinweise; erstellt durch die Umtec Prof. Biener | Sasse | Konertz, Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB, Bremen, September 2024.



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

3 Aufbau Deponiekörper und angepasstes Oberflächenabdichtungssystem

Der grundsätzliche Aufbau der Baggergutmonodeponie Feldhofe sieht (von oben nach unten) wie folgt aus:

- Oberflächenabdichtung
- Deponat aus Baggergut mit Sandzwischenlagen im Wechsel
- Basisabdichtung
- Profilierungseinlagerung (aus Baggergut)
- Basale Sohdichtung (aus Baggergut)
- Altpfäfelder (Wechselagerung Baggergut und Sandzwischenlagen)

Der Deponieuntergrund wird aus holozänen Weichschichten (Klei, Torfe, Mudden) und holozänen Sanden gebildet.

Das angepasste Oberflächenabdichtungssystem (OFAD) soll den Planungen [6] zufolge aus den folgenden Einzelkomponenten (von oben nach unten) bestehen:

- 20 cm Oberboden
- 80 cm Unterboden (1,2 m im Bereich der Aufforstung)
- ggf. PP-Vlies als Trenn- Filterlage mit BAM-Zulassung
- 30 cm Entwässerungsschicht
- ggf. PP-Vlies als Schutzvlies mit BAM-Zulassung
- 2,5 mm PEHD-Kunststoffdichtungsbahn (KDB) mit BAM-Zulassung
- gasdränfähige Ausgleichsschicht nach hydraulischem Erfordernis

Das zu deponierende Baggergut soll nach [4] und [5] lagenweise mit einer Mächtigkeit von bis zu 3,0 m eingebaut werden. Für die Entwässerung des Deponats sind zwischen den einzelnen Deponatlagen jeweils 0,3 m mächtige Sandzwischenlagen vorgesehen. Die Sandzwischenlagen weisen ein nach außen geneigtes Gefälle von 6% vor Setzung auf. Die bereits auf der Grundlage der Planfeststellung von 2001 [2] hergestellte unterste Baggergutlage weist eine Mächtigkeit von 1,5 m und ein Gefälle von 4% vor Setzung auf.



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Unterhalb der untersten Baggergutlage liegt die fertiggestellte Basisabdichtung gemäß [1] wie folgt (von oben nach unten):

- 30 cm Entwässerungsschicht (Basisdränage)
- 2,5 mm glatte PEHD-Kunststoffdichtungsbahn (KDB)
- 30 cm Entwässerungsschicht (Subdränage)
- 150 cm Mineralische Dichtung
- 30 cm gasdränfähige Ausgleichsschicht

Bei der Basisabdichtung und dessen einzelnen Elementen handelt es sich um ein Gewerk, welches im Wesentlichen bereits vor den Planungen zur Kapazitätserhöhung erstellt wurde. Die einzelnen Komponenten der Basisabdichtung sind nicht Gegenstand der vorliegenden Gleitsicherheitsnachweise zum geplanten Endzustand. Gleichwohl werden separate Nachweise im Rahmen von eigenständigen Standsicherheitsuntersuchungen für relevante Bauzustände geführt.

Im vorliegenden Bericht wird die Basisabdichtung im Rahmen der Betrachtungen und Berechnungen zur Geländebruchsicherheit des geplanten Gesamtdeponiekörpers als eine Schicht „Basisabdichtung“ berücksichtigt.

4 Maßgeblicher Berechnungsschnitt

Im Zuge der Errichtung der Oberflächenabdichtung sollen Deponieböschungen mit Neigungen zwischen 1 : 4 und 1 : 20 (Plateaubereich; entspricht einer Neigung von 5 %) angelegt werden (vgl. [9]). Die OK Oberflächenabdichtung ist exemplarisch im Schnitt Z2 in Anlage 2 dargestellt. Aufgrund des geometrisch eher dreiecksförmigen Grundrisses der Deponie (vgl. [9] und Anlage 1) weisen die Eck- bzw. Übergangsbereiche vom Zentralschacht aus gesehen auch flachere Neigungen auf. Innerhalb der Oberflächenabdichtung sind eine einprofilierte Plateaufahrt sowie eine umlaufende Berme geplant. Die hangabwärts gerichteten Böschungen der Plateaufahrt und der Berme weisen bei einer Länge von je ca. 10 m eine Neigung 1 : 2 auf.



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Die südöstliche Böschung weist vom Zentralschacht / Hochpunkt aus die längste Böschung mit ca. 440 m auf (vgl. Schnitt ZS2 in Anlage 1). Der Böschungsbereich mit einer Neigung 1 : 4 ist ca. 131 m lang. Zudem sind hier sowohl die einprofilierte Plateaufahrt als auch die umlaufende Berme vorgesehen. Aus standsicherheitstechnischer Sicht stellt die südöstliche Böschung mit dem Schnitt ZS2 / Z2 (vgl. Anlage 1 und Anlage 2) die maßgeblich zu bewertende Böschung für die Oberflächenabdichtung dar. Eine Darstellung der Lage des Berechnungsschnittes Z2 in Bezug auf die OK Endgestaltung findet sich in Anlage 1.

Für die standsicherheitstechnische Untersuchung der Böschungs- und Geländebruchsicherheit des Deponiekörpers wird der Schnitt Z2 ebenfalls herangezogen, da sich aus geotechnischer Sicht kein ungünstigerer Aufbau des Deponiekörpers und des Baugrundes ergibt. Die Mächtigkeit der an der Deponiebasis vorhandenen holozänen Weichschichten wurde auf der sicheren Seite liegend einheitlich mit 5,0 m berücksichtigt (vgl. [11]). Für die standsicherheitstechnische Untersuchung der Böschungs- und Geländebruchsicherheit des Deponiekörpers mit Berücksichtigung der lediglich im nordöstlich gelegenen Bodenumlagerungen der Deutschen Bahn bzw. der DB-Ablagerungen / DB-Damm auf einer Länge von ca. 400 m wird der Schnitt DB 1 herangezogen. Im Bereich der DB-Ablagerung lehnt sich beim Schnitt DB 1 der Deponiekörper mit längster Böschung der OFAD an die Ablagerung bzw. den DB-Damm an. Die Lage des Berechnungsschnittes DB 1 ist ebenfalls in Anlage 1 dargestellt.



Kapazitätserhöhung Baggertonneponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

5 Standsicherheitsberechnungen

5.1 Berechnungsgrundlagen

5.1.1 Versagensmechanismen

Bei den Elementen zur Oberflächenabdichtung handelt es sich um den Einbau von parallel zueinander verlaufenden Schichten, die in fallende Böschungsrichtung vorgegebene Schichtgrenzen bzw. Kontaktfugen mit Geotextilien aufweisen. Im Falle eines Versagens kann es daher zu hangparallelem Gleiten kommen. Zum Nachweis einer ausreichenden Sicherheit gegen hangparalleles Gleiten werden Böschungsbruchberechnungen nach DIN 4084³ mit polygonalen Gleitflächen nach dem Verfahren von JANBU durchgeführt.

Zum Nachweis einer ausreichenden Sicherheit gegen Böschungs- und Geländebruch des Deponiekörpers, der DB-Ablagerungen und des Baugrundes werden zudem Böschungsbruchberechnungen nach DIN 4084 mit Kreisgleitflächen nach dem Verfahren von BISHOP durchgeführt.

Die Böschungsbruchberechnungen erfolgen mit dem Software-Programm STABILITY (Version 13; Böschungsbruchberechnungen mit Kreisgleitflächen und polygonalen Gleitflächen nach DIN 4084) der Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik mbH (GGU), Braunschweig.

5.1.2 Teilsicherheitskonzept und Bemessungssituation

Die Berechnungen werden gemäß DIN EN 1997-1⁴ nach dem Teilsicherheitskonzept unter Ansatz entsprechender (bemessungssituationsabhängiger) Teilsicherheitsbeiwerte durchgeführt.

³ DIN 4084:2009-01; Baugrund – Geländebruchberechnungen; DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

⁴ DIN EN 1997-1:2009-09; Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Der Nachweis einer ausreichenden Standsicherheit ist erfüllt, wenn für alle in Frage kommenden Versagensmechanismen die Grenzzustandsbedingungen mit den Teilsicherheitsbeiwerten für den geotechnischen Grenzzustand GEO-3 (Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit) eingehalten sind bzw. wenn der (bemessungssituationsunabhängige) Ausnutzungsgrad $\mu \leq 1$ ist.

Der Nachweis ergibt sich wie folgt:

$$\begin{aligned} E_d &\leq R_d \\ \text{oder} \\ \mu &= E_d / R_d \leq 1,0 \end{aligned}$$

Darin bedeutet:

- E_d = Bemessungswert der resultierenden Beanspruchung parallel zur Gleitfläche bzw. der Bemessungswert des Momentes der Einwirkungen um den Gleitkreismittelpunkt
- R_d = Bemessungswert des Widerstandes parallel zur Gleitfläche bzw. der Bemessungswert des Momentes der Widerstände um den Gleitkreismittelpunkt

Zu den Beanspruchungen zählen die ständigen Einwirkungen aus dem Eigengewicht des Gleitkörpers sowie veränderlichen Einwirkungen aus dem Einbau- und Deponiebetrieb, die nur dann angesetzt werden, wenn sie ungünstig wirken.

Widerstände sind die Scherwiderstände des Bodens in der Gleitfläche aus der Reibung und Kohäsion bzw. bei Kontakt Boden mit Geokunststoff Scherwiderstände aus Kontaktreibungswinkel und Adhäsion.

Die Bemessungswerte werden ermittelt, indem die charakteristischen Kennwerte mit entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten belegt werden. In Abhängigkeit von der Bemessungssituation sind, ausgenommen bei den ständigen Einwirkungen, unterschiedliche Teilsicherheitsbeiwerte in Ansatz zu bringen.

Der Nachweis einer ausreichenden Sicherheit gegen Gleiten der OFAD sowie die Böschungsbruchberechnungen mit Gleitkörpern in der Basisabdichtung, Altspülfeld und holozänen Weichschichten erfolgen für den geplanten Endzustand und werden daher im Rahmen der Bemessungssituation BS-P (persistent situations bzw. ständige Bemessungssituation) geführt.



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Für die Bemessungssituation BS-P betragen die Teilsicherheitsbeiwerte für die geotechnischen Kennwerte (Scherwiderstände) 1,25. Die Teilsicherheiten für ungünstige veränderliche Einwirkungen (Verkehrslasten) betragen in der Bemessungssituation BS-P 1,3.

Kurzzeitige Beanspruchungen durch Baugeräte (z.B. Bremskräfte) und Belastungen durch spätere gewählte Bauverfahren (z.B. zusätzliche Baustraßen, Anfahrrampen) sowie Schneelasten werden im Rahmen von separaten Standsicherheitsnachweisen für Bauzustände in der Bemessungssituation BS-T (transient situations bzw. vorübergehende Bemessungssituation) betrachtet und sind nicht Gegenstand der vorliegenden Standsicherheitsberechnungen.

Bei der Ermittlung der maßgebenden Gleitfläche innerhalb der entsprechenden Boden- und Materialschichten der OFAD werden jeweils zwei „extreme“ Gleitflächen vorgegeben, zwischen denen anschließend mit Hilfe des Programms iterativ der maßgebende Zwischengleitkörper berechnet wird.

Bei den Berechnungen zu den Kontaktfugen Boden / Geokunststoff, d.h. bei den Berechnungen „Unterboden – Trennvlies“, „Trennvlies – Entwässerungsschicht“, „Entwässerungsschicht – KDB“ und „KDB - Ausgleichsschicht“ wird die jeweilige Kontaktfuge im Programm in einer Stärke von „10 cm“ angesetzt. Die jeweilige Kontaktfuge entspricht somit einer separaten „Schicht“. Der Annahme liegt zugrunde, dass auf diese Weise eindeutig erkannt werden kann, ob die berechnete und maßgebende Gleitfuge tatsächlich innerhalb dieser „Schicht / Kontaktfuge“ liegt.

Dieser „Schicht“ werden die die entsprechenden maßgebenden Kennwerte Verbundreibungswinkel δ_k' und Adhäsion a_k' eingegeben. Die gewählte Dicke der Kontaktfuge hat keinen maßgeblichen Einfluss auf die Berechnungsergebnisse.

5.1.3 Verkehrslasten

In Abstimmung mit der HPA Hamburg Port Authority wurde auf der Berme eine Verkehrslast (Bagger, LKW, Dumper etc.) in Form von zwei Ersatzflächenlasten mit je 35 kN/m^2 auf einer Breite von je 1,0 m und mit einem Abstand von 1,0 m zueinander berücksichtigt.



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

5.1.4 Porenwasserdruck

Bei den Berechnungen zur Gleitsicherheit der Oberflächenabdichtung wird entsprechend der untersuchten Kontaktfugen ein unterschiedlicher Ansatz des Porenwasserdruckes angesetzt werden. Gemäß den in der Bemessung der Deponieoberflächenentwässerung [10] dargestellten Berechnungen zur Aufstauhöhe für die längste Zulaufstrecke nach GDA-Empfehlung E2-20⁵ wurde für die Entwässerungsschicht sowie die Kontaktfugen Entwässerungsschicht – Schutzvlies und Schutzvlies – KDB, d.h. für die oberhalb der Kunststoffdichtungsbahn liegenden Kontaktfugen, die auf der sicheren Seite liegende Annahme eines dauerhaft konstanten Wasserstandes aus Sicker-, Stau- und / oder Schichtenwasser von 16 cm in der Entwässerungsschicht angesetzt. Bei der Rekultivierungsschicht (Ober- und Unterboden) wird davon ausgegangen, dass diese ausreichend durchlässig ist und sich hierin kein Stauwasserstand ausbilden kann.

Bei der Kontaktfuge KDB – Ausgleichsschicht, d.h. bei der auf der Unterseite der Kunststoffdichtungsbahn liegenden Kontaktfuge, wurde davon ausgegangen, dass Porenwasser aus der Entwässerung der Baggergutlagen der Ausgleichsschicht zufließen kann und ein theoretischer Volleinstau möglich ist. Vor diesem Hintergrund wurde bei der Kontaktfuge KDB – Ausgleichsschicht ein auf der sicheren Seite liegender Volleinstau der Ausgleichsschicht berücksichtigt.

Bei den Betrachtungen zum Böschungsbruch innerhalb des Deponiekörpers sowie der Geländebruchberechnungen zu den weiteren die Deponatlagen unterlagernden Schichten wurde die ebenfalls auf der sicheren Seite liegende Annahme getroffen, dass die Sandzwischenlagen aufgrund der Entwässerung der Baggergutlagen voll eingestaut sind.

⁵ GDA-Empfehlung E2-20 Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungen; 3. Auflage 1997 S.185 Bautechnik 9/2000, Bautechnik 9/2003, Überarbeitung 5/2015.



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

5.1.5 Betrachtete Gleitflächen und Gleitfugen

Im Rahmen der Gleitsicherheitsuntersuchungen der OFAD gemäß DIN 4084 werden folgende Gleitflächen nach dem Verfahren von JANBU (vgl. Kapitel 5.1.1, polygonale Gleitflächen) betrachtet:

- Gleitfläche innerhalb des Oberbodens (20 cm)
- Gleitfläche innerhalb des Unterbodens (80 cm bis 120 cm)
- Gleitfläche innerhalb der Kontaktfuge zwischen Unterboden und PP-Trennvlies
- Gleitfläche innerhalb der Kontaktfuge zwischen PP-Trennvlies und Entwässerungsschicht
- Gleitfläche innerhalb der Entwässerungsschicht mit Teileinstau der Entwässerungsschicht
- Gleitfläche innerhalb der Kontaktfuge zwischen Entwässerungsschicht und Schutzvlies mit Teileinstau der Entwässerungsschicht
- Gleitfläche innerhalb der Kontaktfuge zwischen Trennvlies und KDB mit Teileinstau der Entwässerungsschicht
- Gleitfläche innerhalb der Kontaktfuge zwischen KDB und Ausgleichsschicht mit Volleinstau der Ausgleichsschicht

Zum Nachweis der Sicherheit gegen Böschungs- und Geländebruch werden der Deponiekörper und der Baugrund zusätzlich nach dem Verfahren von BISHOP (vgl. Kapitel 5.1.1, Kreisgleitflächen) wie folgt betrachtet:

- Gleitkreise innerhalb der oberen Baggergutlage mit Volleinstau der Ausgleichsschicht der OFAD
- Gleitkreise innerhalb der mittleren Baggergutlagen mit Volleinstau der Sandzwischenlagen
- Gleitfuge innerhalb der Kontaktfuge Dränsand – KBD der Basisabdichtung mit Volleinstau der Sandzwischenlagen
- Gleitkreis innerhalb des Deponiekörpers und der Basisabdichtung mit Volleinstau der Sandzwischenlagen



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

- Gleitkreis innerhalb des Deponiekörpers und der basalen Sohldichtung mit Volleinstau der Sandzwischenlagen
- Gleitkreis innerhalb des Deponiekörpers und der holozänen Weichschichten mit Volleinstau der Sandzwischenlagen
- Gleitkreis im Bereich des Deponiefußes und der holozänen Weichschichten

Zum Nachweis der Sicherheit gegen Böschungs- und Geländebruch im Bereich der DB-Ablagerungen werden der Deponiekörper und der Baugrund ergänzend nach dem Verfahren von BISHOP (vgl. Kapitel 5.1.1, Kreisgleitflächen) wie folgt betrachtet:

- Gleitkreis innerhalb des Deponiekörpers und der DB-Ablagerung; mit Volleinstau der Sandzwischenlagen
- Gleitkreis innerhalb des Deponiekörpers, der DB-Ablagerung und den holozänen Weichschichten; mit Volleinstau der Sandzwischenlagen

5.1.6 Berücksichtigte Materialkennwerte

Die standsicherheitsrelevanten Kennwerte der einzelnen Elemente der Oberflächenabdichtung wurden zum einen auf Grundlage von Erfahrungswerten festgelegt. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der hier sukzessiv durchgeführten Standsicherheitsberechnungen sind sie zum anderen gleichzeitig als konservative Werte zu verstehen, mit denen sich eine ausreichende Standsicherheit nachweisen lässt. In Anlehnung an die Anforderungen der LAGA BQS 7-1⁶ wurde bei den nachfolgenden Kennwerten eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit des Ober- und Unterbodens sowie der Entwässerungsschicht unterstellt.

⁶ LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“: Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-1 „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 23.09.2021



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Gemäß der GDA – Empfehlung E2–07⁷ wird für den Fall, dass langfristig der Eintrag von Kräften in das Dichtungselement (hier: KDB) und hieraus resultierende Zwangsverformungen nicht ausgeschlossen werden können, empfohlen, die Forderung $\tan \varphi_{u,k} \geq 1,1 \cdot \tan \varphi_{o,k}$ an die Gesamtscherfestigkeit im relevanten Spannungsniveau zu erfüllen. Hierdurch soll gewährleistet werden, dass im Falle eines Versagens einer einzelnen Schicht oder ggf. mehrerer Schichten, nur diejenigen Schichten versagen, die oberhalb des relevanten Dichtungselementes liegen und somit die wesentliche Dichtwirkung noch gegeben ist.

Bei der Festlegung der Werte für die Verbundreibungswinkel des Oberflächenabdichtungssystems wurde die o.g. Forderung entsprechend oberhalb und unterhalb der KDB berücksichtigt. Für einen Kontaktreibungswinkel der Kontaktfuge „KDB - Ausgleichschicht“ von 30° ergibt sich unter der o.g. Forderung der GDA-Empfehlung E2-07 ein Kontaktreibungswinkel für die Kontaktfuge „Schutzvlies - KDB“ von $\leq 27,7^\circ$.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die bei den Standsicherheitsberechnungen für die Oberflächenabdichtung berücksichtigten charakteristischen Kennwerte angegeben:

⁷ GDA-Empfehlung E2-07 Nachweis der Gleitsicherheit von Abdichtungssystemen; 3. Auflage 1997 S.111 Bautechnik 9/1998, S. 573 – 577 Bautechnik 9/2008, Überarbeitung 8/2015



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Tabelle 1: Charakteristischen Materialkennwerte Oberflächenabdichtung

Bodenart	Wichte über Wasser	Wichte unter Wasser	Innerer Reibungs- winkel / Verbundrei- bungswinkel	Kohäsion / Adhäsion
	γ_k kN/m ³	γ'_k kN/m ³	φ'_k / δ'_k °	c'_k / a'_k kN/m ²
Oberboden ¹⁾	16	8	25,0	0,5
Unterboden ¹⁾	16	8	26,0	1,5
Kies / Schotter Wartungsweg	19	11	35,0	-
Entwässerungsschicht Berme	19	11	35,0	-
Unterboden – PP-Vlies	-	-	27,7 ²⁾	-
PP-Vlies – Entwässerungsschicht	-	-	27,7 ²⁾	-
Entwässerungsschicht OFAD, Kies	19	11	35,0	-
Entwässerungsschicht - Schutzvlies	-	-	27,7 ²⁾	-
Schutzvlies - KDB	-	-	27,7 ²⁾	-
KDB – Ausgleichsschicht	-	-	30,0 ²⁾	-
Ausgleichsschicht	18	10	32,5	-
Entwässerungsschicht / Sandzwischenlagen	17,5	9,5	32,5	-

1) Anmerkung: Es sind grundsätzlich auch andere charakteristische Materialkennwerte zulässig. Die Standsicherheit ist anhand der tatsächlich zum Einsatz vorgesehenen Materialien nachzuweisen.

2) Anmerkung: Ersatzreibungswinkel bezogen auf eine Auflast von ≥ 16 kN/m²



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Die für die Böschungs- und Geländebruchberechnungen des Deponiekörpers, des Baugrundes und der DB-Ablagerung benötigten charakteristischen Kennwerte (Baggergut als Deponat, Sandzwischenlagen, Basisabdichtung, Profilierungseinlagerung, basale Sohldichtung, Altspülfeld, Baugrund, DB-Ablagerung) wurden dem Geotechnischen Bericht – Teil 2 und 3 [12] entnommen und stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 2: Charakteristische Kennwerte des vorhandenen Deponiekörpers und des Baugrundes

Bodenart	Wichte über Wasser	Wichte unter Wasser	Innerer Reibungswinkel / Verbundreibungswinkel	Kohäsion / Adhäsion
	γ_k kN/m ³	γ'_k kN/m ³	φ'_k / δ'_k °	c'_k / a'_k kN/m ²
Deponat (Schlicke), konsolidiert für $\sigma \leq 97$ kN/m ² hier: oberste Lage	16,5	6,5	30	7,5
Deponat (Schlicke), konsolidiert für $\sigma > 97$ kN/m ²	16,5	6,5	25	15
Basisabdichtung	16,5	6,5	20	10
Kontaktfuge Dränsand – KDB (Basisabdichtung)	-	-	18,1	-
Profilierungsmaterial	16,5	6,5	20	10
Basale Sohldichtung	16,5	6,5	20	10
Altspülfeld	16,5	6,5	20	10
Holozäne Weichschichten	13,5	3,5	15	15
Holozäne Sande	18	10	32,5	0
DB-Ablagerung	18	10	32,5	0



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

5.2 Berechnungsergebnisse

Die Ergebnisse der gemäß DIN EN 1997-1 und DIN 4084 durchgeführten Gleitsicherheitsberechnungen für die OFAD befinden sich jeweils in Form einer grafischen Gesamtdarstellung (Systemschnitt, charakteristische Kennwerte, Teilsicherheitsbeiwerte, Ausnutzungsgrad) in Anlage 3.

Für die Ermittlung der hangabwärts gerichteten Kräfte bzw. der treibenden Kräfte ist die betrachtete Böschungsneigung wesentlich. Daher ergeben sich die ungünstigsten bzw. höchsten Ausnutzungsgrade im Zusammenhang mit der 1 : 2 geneigten Böschung der aufgesetzten Berme. Die ermittelten Ausnutzungsgrade liegen höher als im Bereich der Böschungsneigungen 1 : 4. Der jeweils höchste ermittelte Ausnutzungsgrad μ ergibt sich wie folgt:

Tabelle 3: Ermittelter Ausnutzungsgrad μ für die Oberflächenabdichtung mit Böschungsneigung 1 : 2 bis 1 : 4

Anlage	Lage der betrachteten Kontakt- / Gleitfuge	Berechnungsverfahren	μ
Anlage 3.1	Oberboden	JANBU	0,94
Anlage 3.2	Unterboden	JANBU	0,97
Anlage 3.3	Unterboden - PP-Vlies	JANBU	0,98
Anlage 3.4	PP-Vlies - Entwässerungsschicht	JANBU	0,98
Anlage 3.5	Entwässerungsschicht	JANBU	0,86
Anlage 3.6	Entwässerungsschicht – Schutzvlies	JANBU	0,96
Anlage 3.7	Schutzvlies – Kunststoffdichtungsbahn (KDB)	JANBU	0,96
Anlage 3.8	KDB – Ausgleichsschicht	JANBU	0,88



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe **Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand**

Sämtliche Ausnutzungsgrade μ sind $\leq 1,0$. **Der Nachweis einer gemäß DIN 4084 ausreichenden Sicherheit gegen hangparalleles Gleiten der OFAD ist somit** unter Berücksichtigung der in Kapitel 5.1.6 angegebenen Mindestanforderungen an den Winkel der inneren Reibung / Verbundreibungswinkel und die Kohäsion / Adhäsion der Materialien der OFAD **erfüllt**.

Die Empfehlung der GDA – Empfehlung E2–07 für den Fall etwaiger Zwangsverformungen wird hiernach ebenfalls erfüllt und der **Nachweis, dass etwaige Schubkräfte langfristig schadlos übertragen werden können, ist erbracht**.

Vor dem endgültigen Einbau der Oberflächenabdichtung ist durch projektbezogene Laborversuche sowie ggf. Feldversuche nachzuweisen, dass die in den Berechnungen angenommenen Winkel der inneren Reibung / Verbundreibungswinkel und die Kohäsion / Adhäsion der gewählten Abdichtungsmaterialien für die OFAD auch tatsächlich eingehalten werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Betrachtungen zur Standsicherheit bei der OFAD aufgrund der getroffenen Annahmen einen abschätzenden Charakter haben. Die hier angesetzten Parameter für Böden und Geokunststoffe sind als Mindestwerte anzusehen. Abweichungen sind mit Nachweis möglich.

Die Ergebnisse der durchgeführten Böschungs- und Geländebruchberechnungen für den Deponiekörper befinden sich jeweils in Form einer grafischen Gesamtdarstellung (Systemschnitt, charakteristische Kennwerte, Teilsicherheitsbeiwerte, Ausnutzungsgrad) in Anlage 4.

Im Bereich der obersten Baggergutlage sowie im Bereich der mittleren Baggergutlagen wurden zusätzlich zum Gleitkreis mit der geringsten Sicherheit (höchster Ausnutzungsgrad) weitere theoretische Gleitkreise dargestellt. Die Ergebnisse stellen sich zusammenfassend wie folgt dar:



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Tabelle 4: Ermittelter Ausnutzungsgrad μ für den Deponiekörper

Anlage	Lage der betrachteten Kontakt- / Gleitfuge	Berechnungsverfahren	μ
Anlage 4.1	Oberste Baggergutlage	BISHOP	0,38
Anlage 4.2	Mittlere Baggergutlagen	BISHOP	0,57
Anlage 4.3	Dränsand – KDB der Basisabdichtung	JANBU	0,74
Anlage 4.4	Baggergutlagen und Basisabdichtung	BISHOP	0,57
Anlage 4.5	Baggergutlagen und basale Sohldichtung	BISHOP	0,60
Anlage 4.6	Deponiekörper und holozäne Weichschichten	BISHOP	0,67
Anlage 4.7	Holozäne Weichschichten im Bereich des Böschungsfußes	BISHOP	0,63

Bei den Böschungs- und Geländebruchuntersuchungen ergeben sich ebenfalls sämtliche Ausnutzungsgrade $\mu \leq 1,0$. **Der Nachweis einer gemäß DIN 4084 ausreichenden Sicherheit gegen Böschungs- und Geländebruch des Deponiekörpers ist somit erfüllt.**

Die Ergebnisse der durchgeführten Böschungs- und Geländebruchberechnungen für den Deponiekörper und die DB-Ablagerung befinden sich jeweils in Form einer grafischen Gesamtdarstellung (Systemschnitt, charakteristische Kennwerte, Teilsicherheitsbeiwerte, Ausnutzungsgrad) in Anlage 5.

In den Darstellungen in Anlage 5.1 und Anlage 5.2 wurden ebenfalls zusätzlich zum Gleitkreis mit der geringsten Sicherheit (höchster Ausnutzungsgrad) weitere theoretische Gleitkreise dargestellt. Die Ergebnisse stellen sich zusammenfassend wie folgt dar:



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Tabelle 5: Ermittelter Ausnutzungsgrad μ für den Deponiekörper und die DB-Ablagerung

Anlage	Lage der betrachteten Gleitfuge	Berechnungsverfahren	μ
Anlage 5.1	Deponiekörper und DB-Ablagerung	BISHOP	0,61
Anlage 5.2	Deponiekörper, DB-Ablagerung und Holozäne Weichschichten	BISHOP	0,69

Bei den Böschungs- und Geländebruchuntersuchungen ergeben sich ebenfalls sämtliche Ausnutzungsgrade $\mu \leq 1,0$. **Der Nachweis einer gemäß DIN 4084 ausreichenden Sicherheit gegen Böschungs- und Geländebruch des Deponiekörpers und der DB-Ablagerung ist somit erfüllt.**

6 Spreizsicherheit

Durch die Kapazitätserhöhung und die damit verbundenen zusätzliche Einlagerung von Baggergut können am Böschungsfuß der Basisabdichtung Schubspannungen entstehen, die ggf. zu Spreizverformungen der Basisabdichtung führen können. Um unzulässige Schubspannungen, die die Dichtungselemente der Basis nicht aufnehmen können, zu vermeiden, ist gemäß GDA-Empfehlung 2-07 und GDA-Empfehlung 2-21⁸ der Nachweis gegen Spreizen erforderlich.

Der Nachweis der Spreizsicherheit erfolgt für das Element der Basisabdichtung mit der maßgeblich geringsten Scherfestigkeit. Da es sich bei der KDB der Basisabdichtung um eine glatte KDB handelt, weist die Kontaktfuge Basisdränage (Sand) – KDB die geringste Scherfestigkeit auf. Der Kontakt- bzw. Verbundreibungswinkel wurde gemäß den Angaben im Geotechnischen Bericht Teil 2 und 3 [12] mit $\delta = 18,1^\circ$ angesetzt.

⁸ GDA-Empfehlung E2-21 Spreizsicherheitsnachweis und Verformungsabschätzung für die Deponiebasis; 1997.



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Bei geneigten Aufstandsflächen kann der Spreizsicherheitsnachweis für kohäsionsloses Deponiegut gemäß GDA-Empfehlung 2-21 nach dem Berechnungsverfahren nach BRAUNS⁹ erfolgen. Hierbei wird der kohäsive Anteil der Scherfestigkeit jedoch nicht berücksichtigt, so dass bei einer etwaigen Übertragung und Anwendung dieses Nachweisverfahrens auf schwach bindiges oder bindiges bzw. kohäsives Deponat ggf. eine nicht ausreichende Sicherheit gegen Spreizen zufolge hat oder sich ggf. ein verhältnismäßig hoher erforderlicher Sohlreibungswinkel ergibt.

Wenngleich beim Baggergut im Endzustand eine charakteristische Kohäsion von 15 kN/m² (vgl. Tabelle 2 in Kapitel 5.1.6) angesetzt werden kann, wird diese im Rahmen einer sehr ungünstigen Betrachtung für den Nachweis der Spreizsicherheit der Kontaktfuge Dränsand – KDB der Basisabdichtung nachfolgend nicht berücksichtigt und der Spreizsicherheitsnachweis nach dem Verfahren von BRAUNS untersucht.

Die Ermittlung des erforderlichen Sohlreibungswinkels δ_{erf} für geneigte Aufstandsflächen erfolgt bei dem Berechnungsverfahren von BRAUNS mittels folgender Gleichung:

$$\tan \delta_{\text{erf}} = \frac{\sin \phi \cdot \sin \left[\arcsin \left(\frac{\sin \beta}{\sin \phi} \right) - \beta + 2\varepsilon \right]}{1 + \sin \phi \cdot \cos \left[\arcsin \left(\frac{\sin \beta}{\sin \phi} \right) - \beta + 2\varepsilon \right]}$$

Gl.(1)

Darin bedeutet:

- ϕ = Innerer Reibungswinkel des Deponats
- β = Neigung des geböschten Deponats
- ε = Sohlneigung der Aufstandsfläche

Der Zusammenhang zwischen Böschungswinkel, Reibungswinkel der geböschten Schüttung und Sohlreibungswinkel bei geneigter Aufstandsfläche nach BRAUNS ist im folgenden Bild 1 dargestellt:

⁹ J. BRAUNS (1980): Spreizsicherheit von Böschungen auf geneigtem Gelände. Bauingenieur 55, S. 433-436. Springer-Verlag, Heidelberg.

Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe
Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

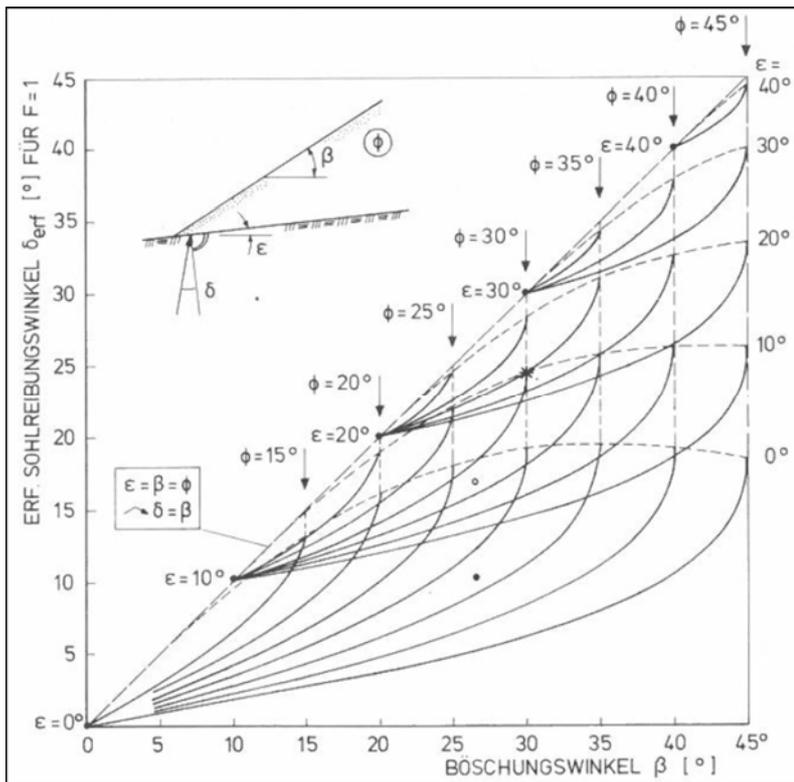


Bild 1: Abhängigkeit zwischen Böschungswinkel, Reibungswinkel der geböschten Schüttung und Sohlreibungswinkel bei geneigter Aufstandsfläche (aus BRAUNS, 1980)

Gemäß der vorliegenden Unterlage [7] wurde die KDB der Basisabdichtung mit einer Sohlneigung ε vor Setzungen von 8 % (entspricht einer Neigung 1 : 12,5 bzw. ca. 4,57°) eingebaut.

Der Reibungswinkel des Baggergutes wurde gemäß Kapitel 5.1.6 auf der sicheren Seite liegend mit $\phi = 20^\circ$ angesetzt. Die Kohäsion bleibt unberücksichtigt. Im Hinblick auf die in Gleichung (1) anzusetzende Böschungsneigung wurde die Neigung mit 1 : 4 (ca. 14,04°) angesetzt.



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Die Berechnungen nach BRAUNS berücksichtigen den Fall einer Sicherheit von $\eta = 1,0$ ($F = 1$) nach dem ehemaligen „Globalsicherheitskonzept“. Unter Berücksichtigung der GDA-Empfehlung 2-07 sowie des gültigen Teilsicherheitskonzeptes ist der nach BRAUNS ermittelte Sohlreibungswinkel mit entsprechenden Sicherheiten zu belegen. Nach dem Teilsicherheitskonzept entspricht der erforderliche Sohlreibungswinkel δ_{erf} dem 1,3-fachen Wert des nach Gleichung (1) bzw. nach BRAUNS ermittelten Sohlreibungswinkels.

Mit den zuvor gemachten Angaben zu Sohlneigung, Reibungswinkel Baggergut und Böschungsneigung beträgt der zur schadlosen Aufnahme etwaiger Schubspannungen erforderliche Sohlreibungswinkel δ_{erf} der Kontaktfuge Dränsand - KDB für den Endzustand nach Gleichung (1) $\delta_{\text{erf}} \geq 8,8^\circ$. Der erforderliche und mittels mindestens drei Laborversuchen nachzuweisende charakteristische Sohlreibungswinkel (nach dem Teilsicherheitskonzept) ergibt sich zu $\delta_{\text{erf, k}} \geq 11,5^\circ$.

Für den Fall, dass die Ermittlung des Kontakt- bzw. Verbundreibungswinkels δ in der Kontaktfuge Dränsand – KDB lediglich durch einen Laborversuch erfolgte, ist zusätzlich die Anforderung der GDA-Empfehlung 2-07 zur Ermittlung des charakteristischen Verbundreibungswinkels $\tan \delta_k = \tan \delta / 1,1$ zu berücksichtigen. In diesem Fall ergibt sich $\delta_{\text{erf, Labor}} \geq 12,7^\circ$.

Der gemäß des Geotechnischen Berichts – Teil 2 und 3 [12] zu berücksichtigende Verbundreibungswinkel der Kontaktfuge Dränsand – KDB liegt mit $\delta = 18,1^\circ$ oberhalb des erforderlichen Sohlreibungswinkels $\delta_{\text{erf, Labor}}$. **Der Nachweis gegenüber Spreizen und Aufnahme der Spreizverformungen der Abdichtungskomponenten des Basisabdichtungssystems ist somit erbracht.**

Als ergänzender Nachweis zur Aufnahme von Schubspannungen in der Kontaktfuge Dränsand – KDB, die zum Spreizen führen können, wurden für diese Kontaktfuge ergänzend Böschungsbruchberechnungen gemäß DIN 4084 mit polygonalen Gleitflächen nach dem Verfahren von JANBU (vgl. Kapitel 5.1.1) durchgeführt. Hierbei wird, wie beim Verfahren der Starrkörpermethode und der Blockgleitmethode ein Gleiten entlang der maßgeblichen Kontaktfuge untersucht. Bei dem Verfahren nach JANBU wird jedoch auf den Ansatz von Scherkräften entlang von Zwischengleitflächen verzichtet. Damit ergeben sich im Vergleich zur Starrkörper- und Blockgleitmethode geringere Sicherheiten.



Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe

Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Die Ergebnisse der durchgeführten Berechnungen zum Gleiten bzw. Aufnahme von Schubspannungen für die Kontaktfuge Dränsand – KDB befindet sich in Form einer grafischen Gesamtdarstellung (Systemschnitt, charakteristische Kennwerte, Teilsicherheitsbeiwerte, Ausnutzungsgrad) in Anlage 6. Für einen Kontakt- bzw. Verbundreibungswinkel von $18,1^\circ$ beträgt der Ausnutzungsgrad $\mu = 0,74$.

7 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht erfolgt die Untersuchung, Beschreibung und Beurteilung der Gesamtstandsicherheit der geplanten Oberflächenabdichtung (OFAD) sowie des Deponiekörpers im vorgesehenen Endzustand gemäß DIN EN 1997-1 und DIN 4084. Hierzu wurden für einen maßgeblichen Deponieschnitt Standsicherheitsberechnungen nach JANBU für hangparalleles Gleiten der Komponenten der OFAD durchgeführt. Zusätzlich wurden Böschungsbruch- und Geländebruchberechnungen für Kreisgleitflächen nach BISHOP für den Deponiekörper und die DB-Ablagerung durchgeführt.

Bei den Berechnungen wurden auf der sicheren Seite liegende Verkehrslasten sowie unterschiedliche Ansätze eines Wasseraufstaus in den Dränschichten der OFAD und der Sandzwischenlagen angesetzt. Zudem wurden die Empfehlungen der GDA – Empfehlung E2–07 für die schadlose Übertragung von Schubkräften in die KDB berücksichtigt.

Die geotechnischen Kennwerte für den Deponiekörper wurden den vorliegenden Geotechnischen Berichten [11] und [12] entnommen. Bei den berücksichtigten geotechnischen Kennwerten der OFAD (inneren Reibung / Verbundreibungswinkel und der Kohäsion / Adhäsion), handelt es sich um Erfahrungswerte sowie teils konservative Anforderungen.

Nach den in Kapitel 5.1 beschriebenen Berechnungen wurden der Nachweis einer ausreichenden Sicherheit gegen hangparalleles Gleiten der OFAD sowie der Nachweis einer ausreichenden Sicherheit gegen Böschungs- und Geländebruch des Deponiekörpers erbracht. Die Berechnungsergebnisse sind in Kapitel 5.2 dargestellt.

Im Kapitel 6 wurde der Nachweis gegenüber Spreizen und Aufnahme der Spreizverformungen der Abdichtungskomponenten des Basisabdichtungssystems geführt. Der Nachweis wurde erbracht.

Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe
Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand

Die Standsicherheit der OFAD ist anhand der tatsächlich zur Verwendung kommenden Materialien sowie unter Berücksichtigung der Vorgaben der LAGA BQS 7-1 vor dem Einbau nachzuweisen.

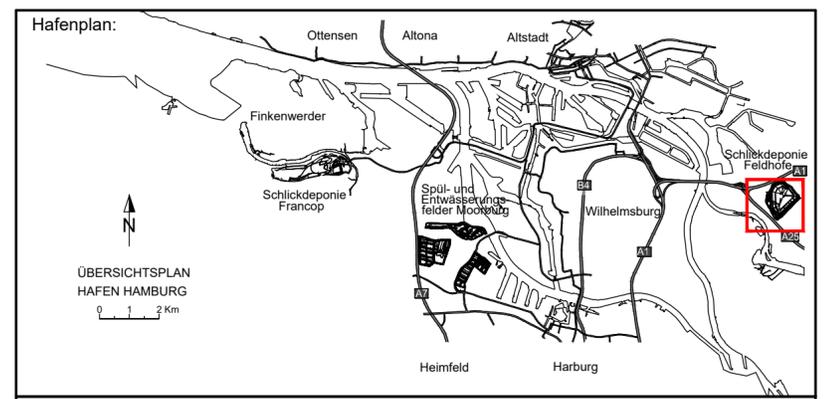
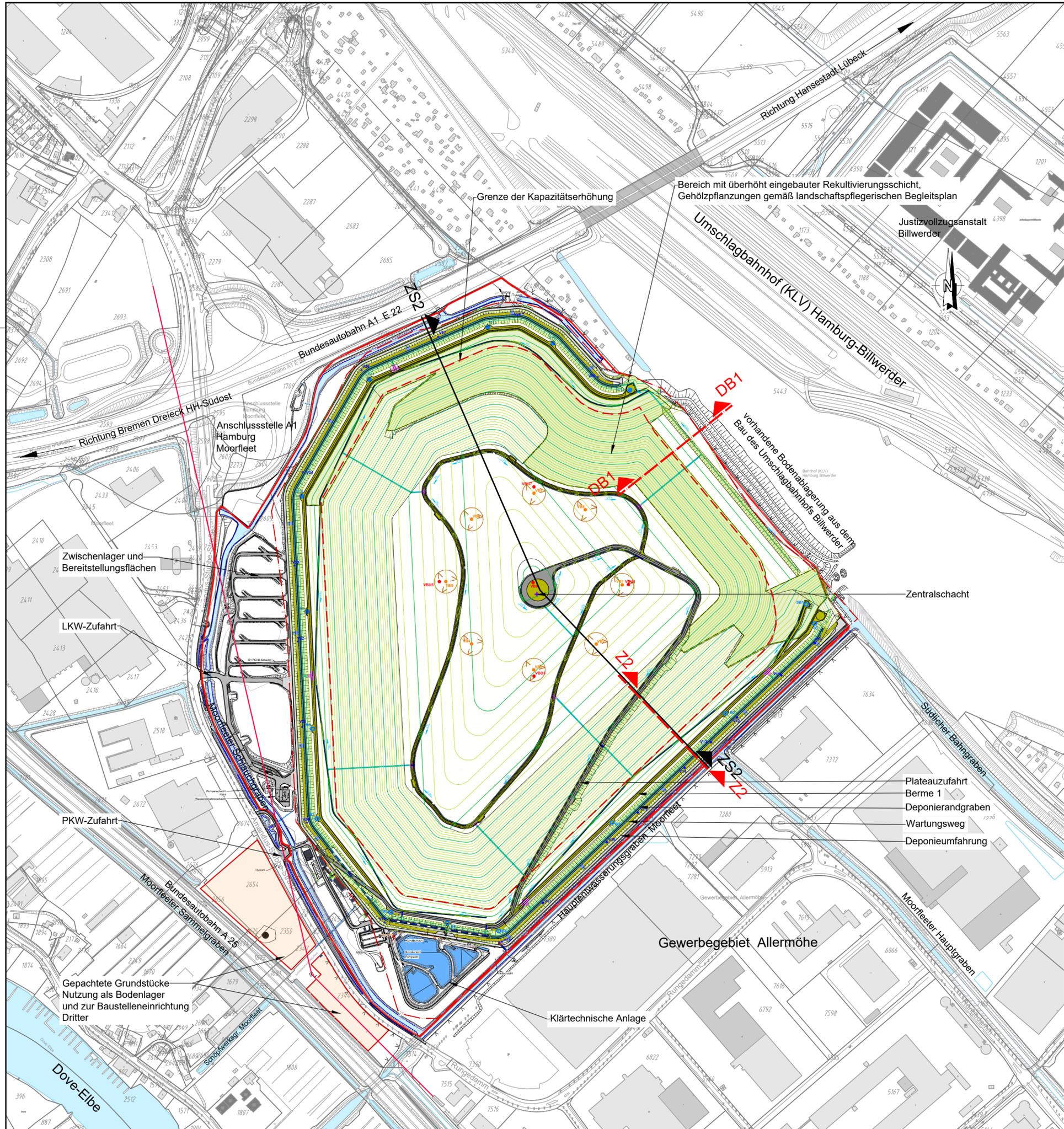
Bearbeiter:
M.Sc. Volker Hendrich

Bremen, im September 2024

**Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe
Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand**

Anlage 1

Lage der Berechnungsschnitte Z2 und DB1, M 1 : 5.000



Prüfvermerke:

Auftragnehmer / Planverfasser / ausführende Firma:		Gezeichnet: Böe, 04.12.20
Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Partnerschaft Beratender Ingenieure und Geologen mbB Hafenswende 7 28357 Bremen Tel.-Nr.: 0421 / 20759 - 0		Bearbeitet: Becker, 04.12.20
		Geprüft: Sasse, 04.12.20
HPA Hamburg Port Authority Hamburg Port Authority A.ö.R. Landside Treatment and Disposal / Baggertgutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg		Hamburg, den
Bauwerk / Baumaßnahme:		(Name und Unterschrift) Bauherr

Kapazitätserhöhung
 Baggertgutmonodeponie Feldhofe

Planart: Entwurfsplanung
 Bauteil: Standsicherheitsberechnungen (Endzustand)
 Darstellung: Lage der Berechnungsschnitte Z2 und DB1

Zeichnung-Nr.: Anlage 1	Gezeichnet:
Maßstab: 1 : 5.000	Bearbeitet:
Lagestatus: 320	Geprüft:
Blattgröße: DIN A2	
Höhensystem: DHHN85	

**Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe
Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand**

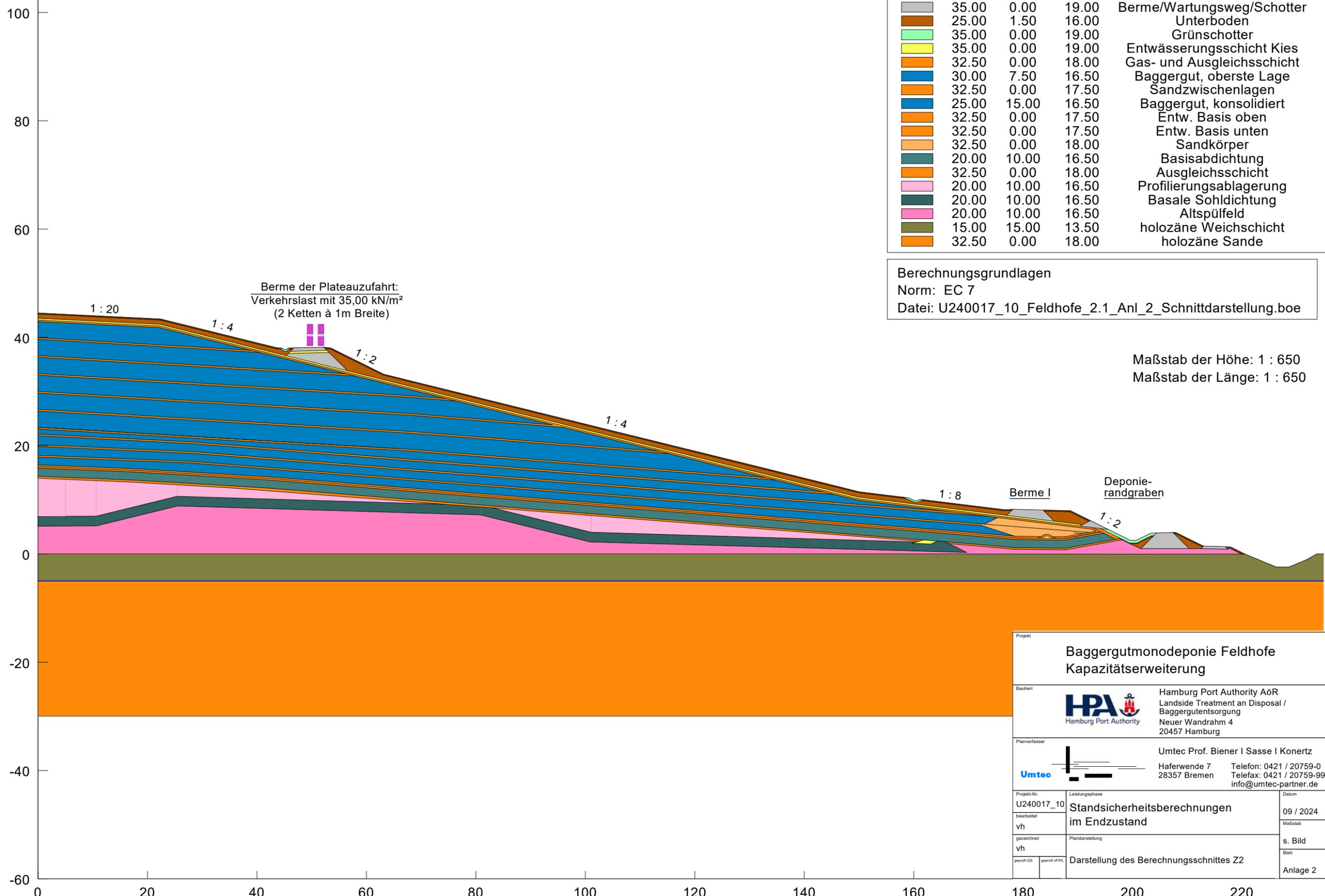
Anlage 2

Schnittdarstellung des Berechnungsschnitts Z2

Berechnungsschnitt Z2

Boden	$\phi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
■	25.00	0.50	16.00	Oberboden
■	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
■	25.00	1.50	16.00	Unterboden
■	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
■	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
■	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
■	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
■	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
■	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
■	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
■	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
■	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
■	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
■	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
■	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
■	20.00	10.00	16.50	Basale Sohdichtung
■	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
■	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
■	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande

Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_2_Schnittdarstellung.boe



Maßstab der Höhe: 1 : 650
 Maßstab der Länge: 1 : 650

Projekt Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung			
Bauherr  Hamburg Port Authority		Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment an Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg	
Planverfasser 		Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de	
Projekt-Nr. U240017_10	Leistungsphase Standsicherheitsberechnungen im Endzustand	Datum 09 / 2024	
bearbeitet vh	gezeichnet vh		Maßstab s. Bild
geprüft GS	geprüft vP/PL	Darstellung des Berechnungsschnittes Z2	
		Blatt Anlage 2	

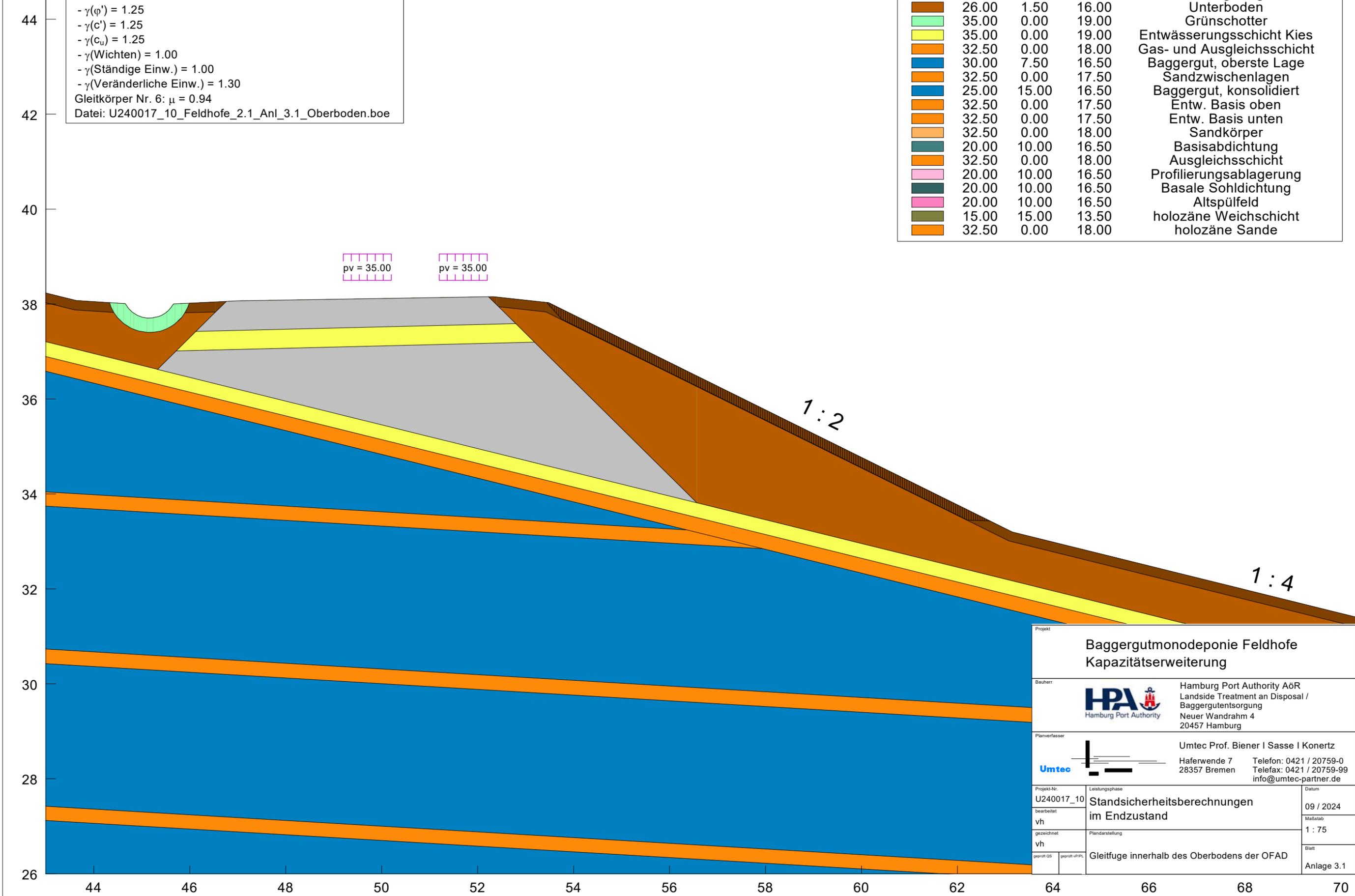
**Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe
Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand**

Anlage 3

Gleitsicherheitsberechnungen OFAD

Berechnungsgrundlagen
 6 Gleitkörper untersucht.
 Norm: EC 7
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi')$ = 1.25
 - $\gamma(c')$ = 1.25
 - $\gamma(c_u)$ = 1.25
 - $\gamma(\text{Wichten})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.})$ = 1.30
 Gleitkörper Nr. 6: $\mu = 0.94$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_3.1_Oberboden.boe

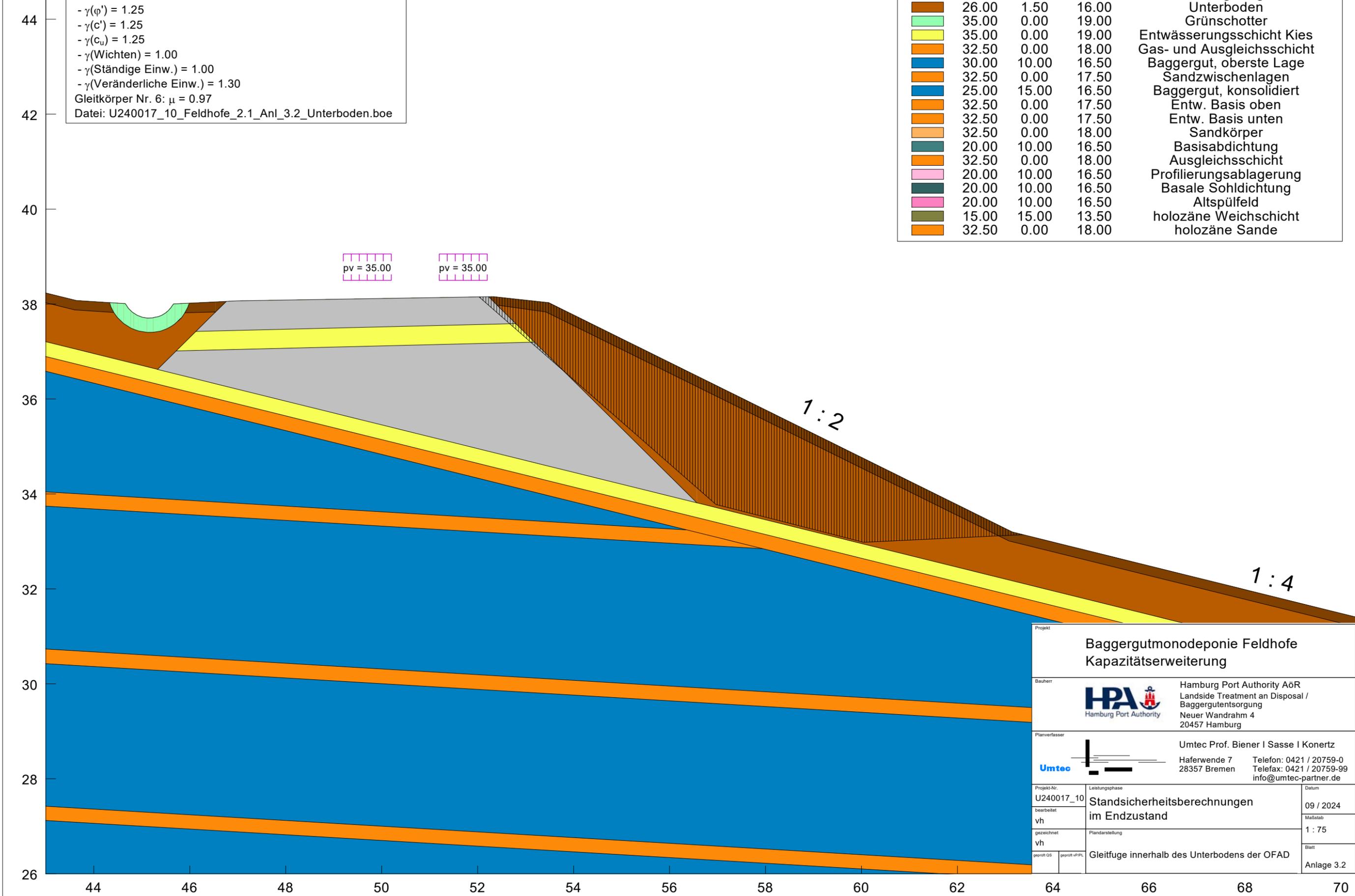
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	26.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.50	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande



Projekt		
Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr		Hamburg Port Authority A6R Landside Treatment an Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg
Planverfasser		Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de
Projekt-Nr.	Leistungsphase	Datum
U240017_10	Standstabilitätsberechnungen im Endzustand	09 / 2024
bearbeitet	Planarstellung	Maßstab
vh	Gleitflüge innerhalb des Oberbodens der OFAD	1 : 75
gezeichnet		Blatt
vh		Anlage 3.1

Berechnungsgrundlagen
 8 Gleitkörper untersucht.
 Norm: EC 7
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Gleitkörper Nr. 6: $\mu = 0.97$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_3.2_Unterboden.boe

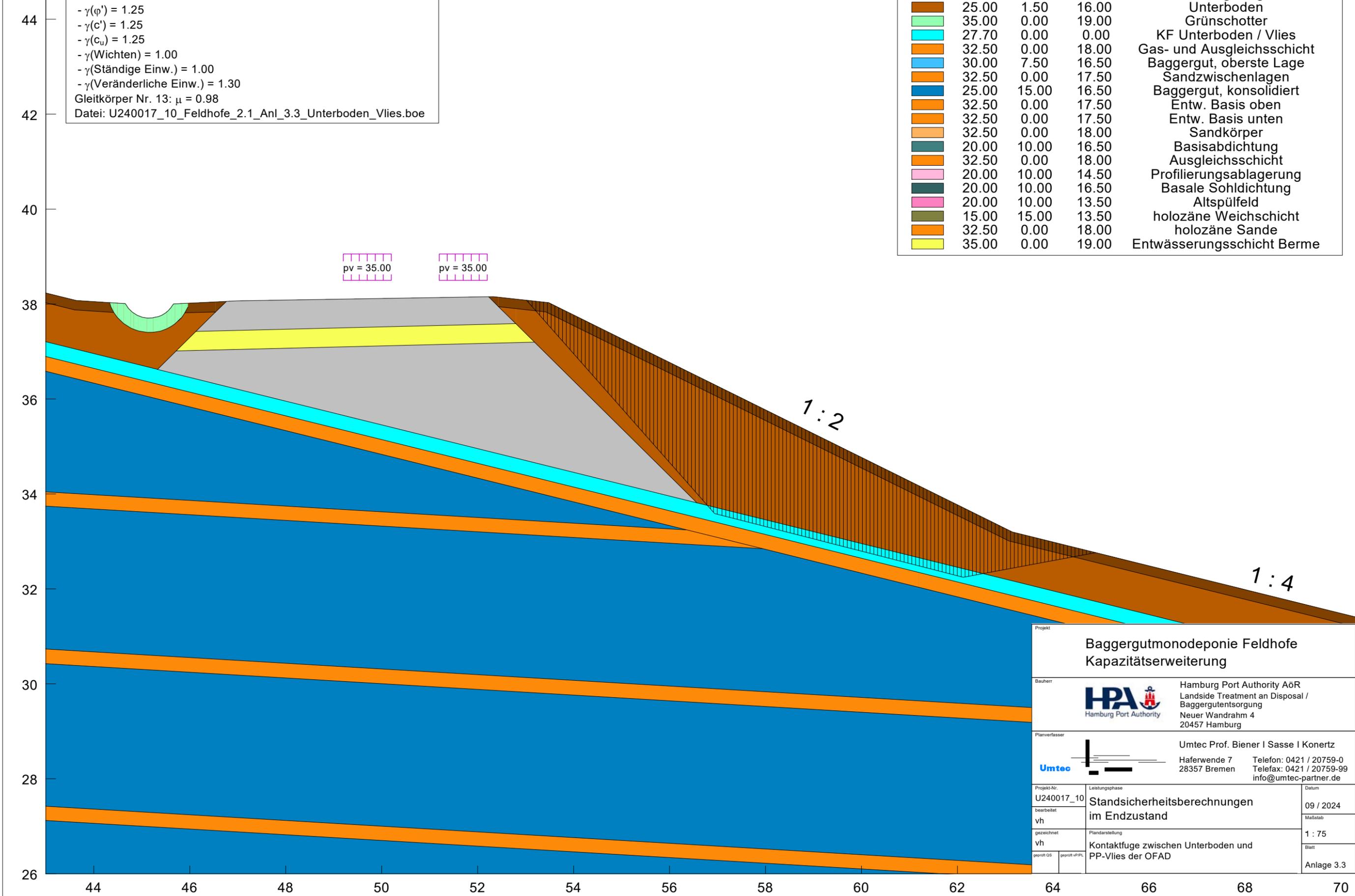
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	26.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	10.00	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.50	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande



Projekt		
Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr		
 Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment an Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg		
Planverfasser		
 Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen		Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de
Projekt-Nr.	Leistungsphase	Datum
U240017_10	Standicherheitsberechnungen im Endzustand	09 / 2024
bearbeitet		Maßstab
vh		1 : 75
gezeichnet	Planarstellung	Blatt
vh		Anlage 3.2
geprüft QS	geprüft vP/PL	
	Gleitflüge innerhalb des Unterbodens der OFAD	

Berechnungsgrundlagen
 12 Gleitkörper untersucht.
 Norm: EC 7
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi')$ = 1.25
 - $\gamma(c')$ = 1.25
 - $\gamma(c_u)$ = 1.25
 - $\gamma(\text{Wichten})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.})$ = 1.30
 Gleitkörper Nr. 13: $\mu = 0.98$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_3.3_Unterboden_Vlies.boe

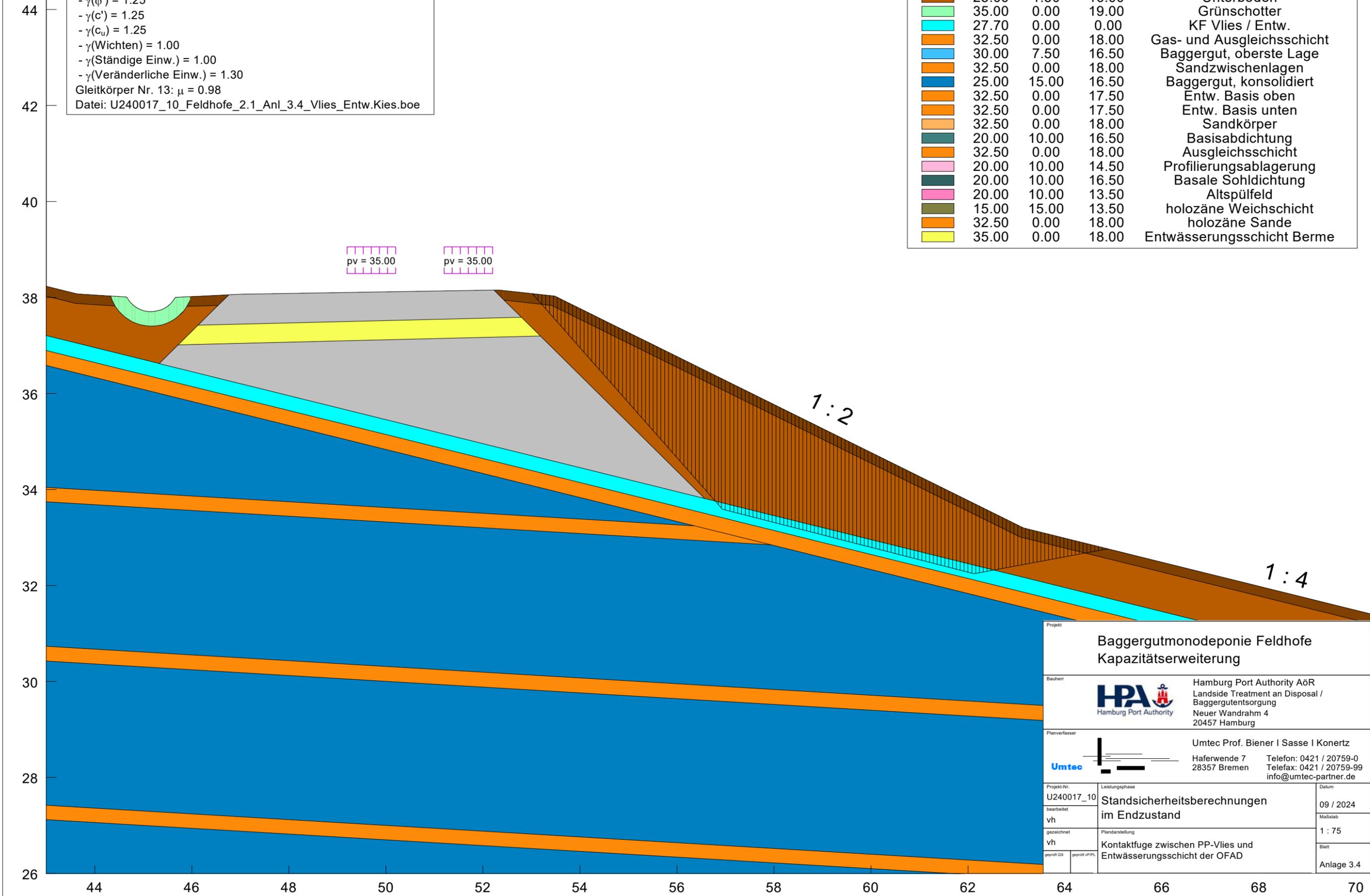
Boden	φ_{k} [°]	c_{k} [kN/m ²]	γ_{k} [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	25.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	27.70	0.00	0.00	KF Unterboden / Vlies
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	14.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.50	Basale Sohlabdichtung
	20.00	10.00	13.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Berme



Projekt		
Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr		
 Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment an Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg		
Planverfasser		
 Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen		
Projekt-Nr.		Datum
U240017_10		09 / 2024
bearbeitet		Maßstab
vh		1 : 75
gezeichnet		Blatt
vh		Anlage 3.3
geprüft QS	geprüft v-PL	

Berechnungsgrundlagen
 12 Gleitkörper untersucht.
 Norm: EC 7
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi')$ = 1.25
 - $\gamma(c')$ = 1.25
 - $\gamma(c_u)$ = 1.25
 - $\gamma(\text{Wichten})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.})$ = 1.30
 Gleitkörper Nr. 13: $\mu = 0.98$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_3.4_Vlies_Entw.Kies.boe

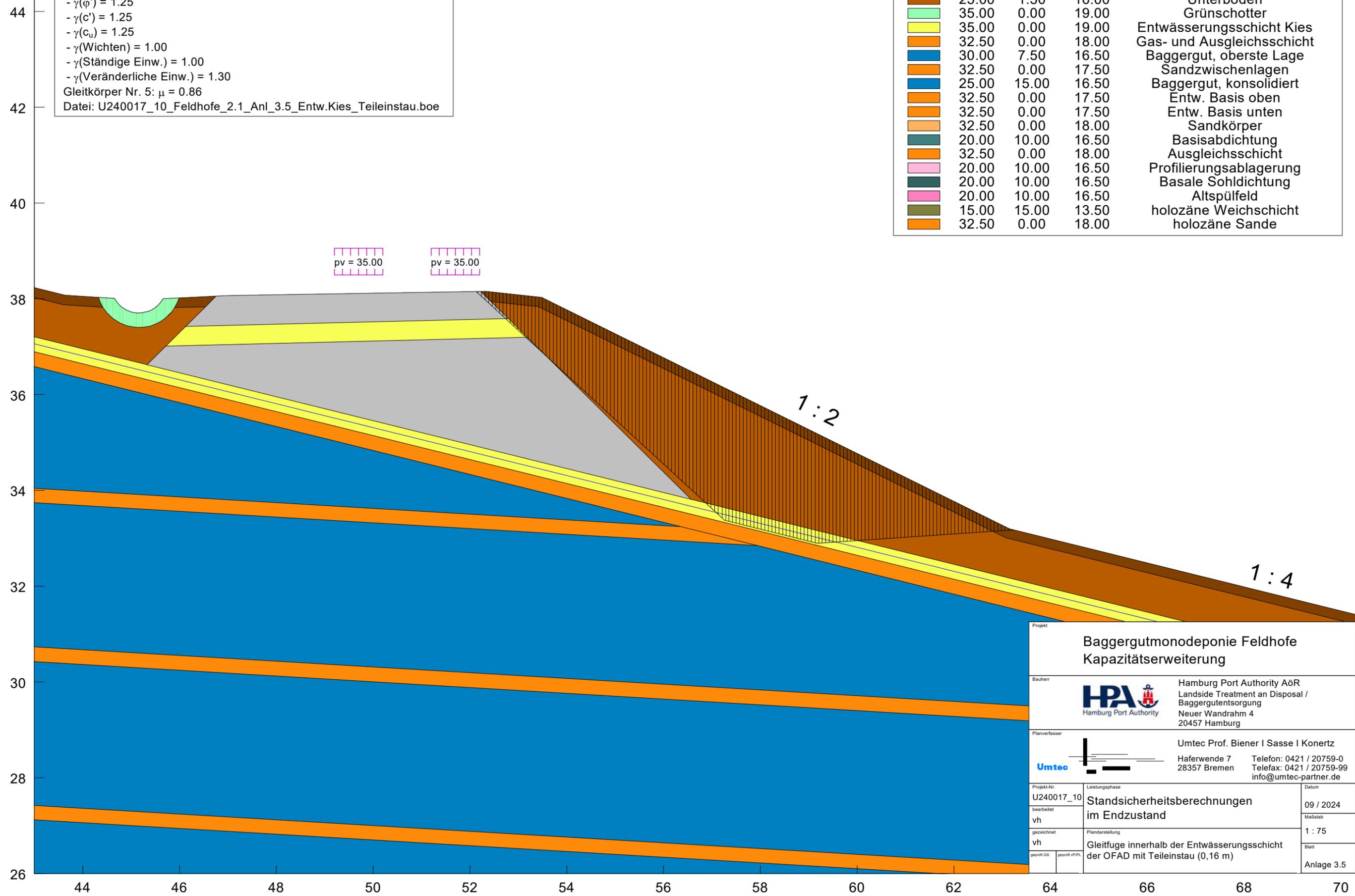
Boden	φ_{k} [°]	c_{k} [kN/m ²]	γ_{k} [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	25.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	27.70	0.00	0.00	KF Vlies / Entw.
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	18.00	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	14.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.50	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	13.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande
	35.00	0.00	18.00	Entwässerungsschicht Berme



Projekt		
Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr		
 Hamburg Port Authority Landside Treatment an Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg		
Planverfasser		
 Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen		Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de
Projekt-Nr.	Leistungsphase	Datum
U240017_10	Standicherheitsberechnungen im Endzustand	09 / 2024
bearbeitet		Maßstab
vh		1 : 75
gezeichnet	Planarstellung	Blatt
vh	Kontaktfuge zwischen PP-Vlies und Entwässerungsschicht der OFAD	Anlage 3.4
geprüft QS	geprüft v-PL	

Berechnungsgrundlagen
 6 Gleitkörper untersucht.
 Norm: EC 7
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi')$ = 1.25
 - $\gamma(c')$ = 1.25
 - $\gamma(c_u)$ = 1.25
 - $\gamma(\text{Wichten})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.})$ = 1.30
 Gleitkörper Nr. 5: $\mu = 0.86$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_3.5_Entw.Kies_Teileinstau.boe

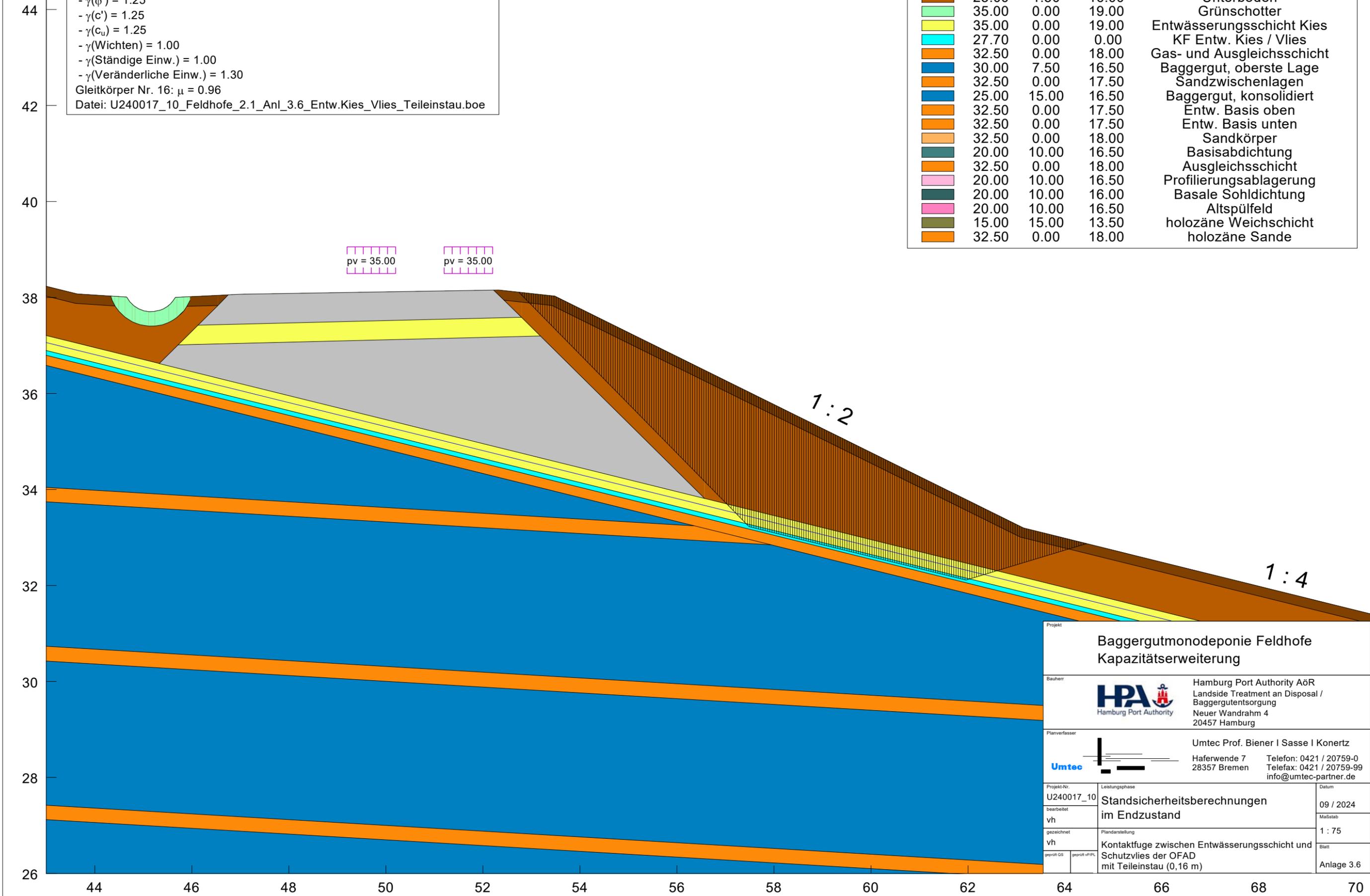
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	25.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.50	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande



Projekt		
Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr		
 Hamburg Port Authority		Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment an Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg
Planverfasser		
		Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de
Projekt-Nr.	Leistungsphase	Datum
U240017_10	Standicherheitsberechnungen im Endzustand	09 / 2024
bearbeitet	gezeichnet	Maßstab
vh	vh	1 : 75
geprüft QS	geprüft v-PL	Blatt
	Gleitfuge innerhalb der Entwässerungsschicht der OFAD mit Teileinstau (0,16 m)	Anlage 3.5

Berechnungsgrundlagen
 16 Gleitkörper untersucht.
 Norm: EC 7
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi')$ = 1.25
 - $\gamma(c')$ = 1.25
 - $\gamma(c_u)$ = 1.25
 - $\gamma(\text{Wichten})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.})$ = 1.30
 Gleitkörper Nr. 16: $\mu = 0.96$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_3.6_Entw.Kies_Vlies_Teileinstau.boe

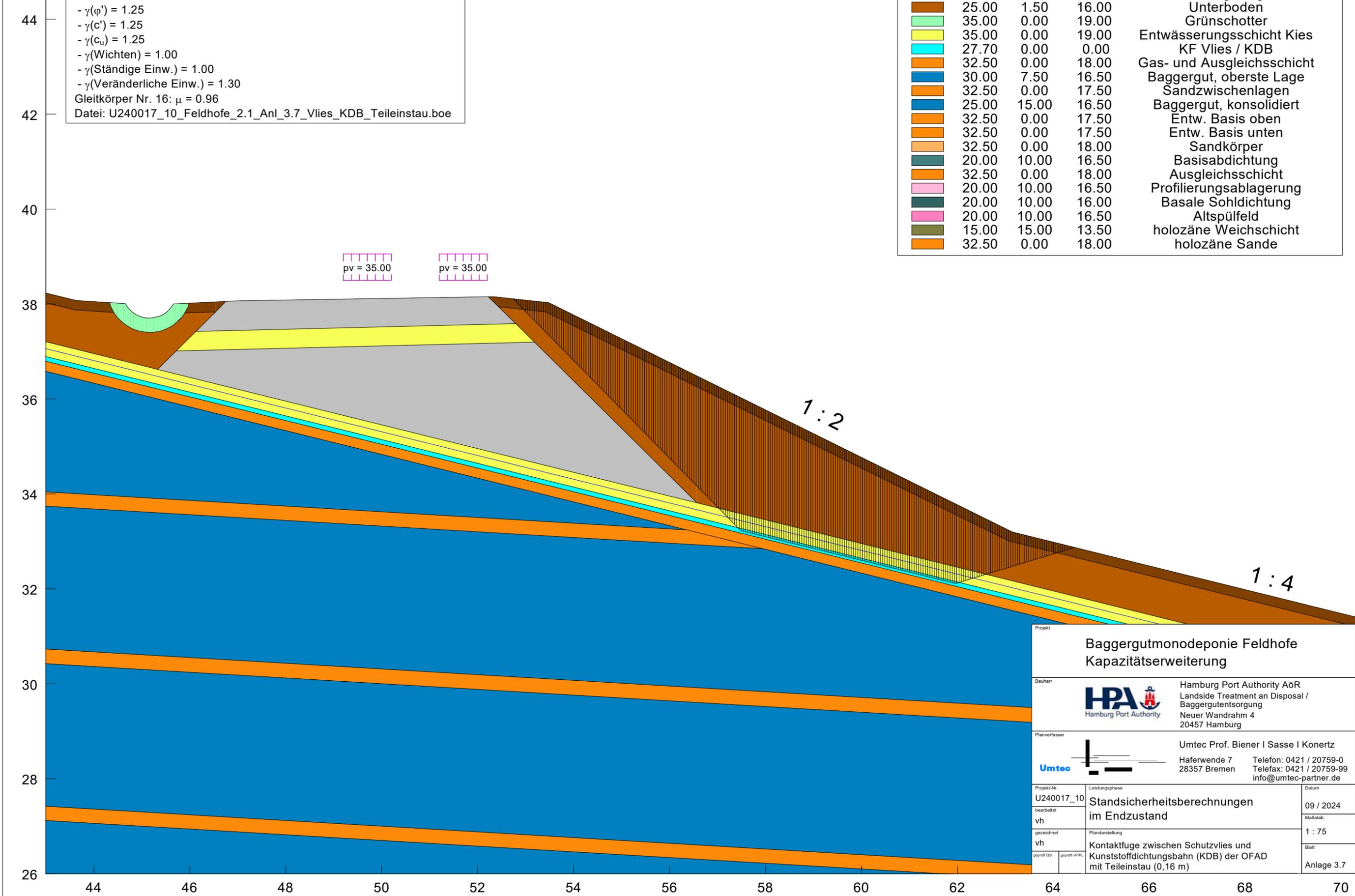
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	25.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
	27.70	0.00	0.00	KF Entw. Kies / Vlies
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.00	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande



Projekt		
Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr		Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment an Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg
Planverfasser		Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de
Projekt-Nr.	Leistungsphase	Datum
U240017_10	Standsicherheitsberechnungen im Endzustand	09 / 2024
bearbeitet		Maßstab
vh		1 : 75
gezeichnet	Planarstellung	Blatt
vh	Kontaktfuge zwischen Entwässerungsschicht und Schutzvlies der OFAD mit Teileinstau (0,16 m)	Anlage 3.6
geprüft QS	geprüft v-PL	

Berechnungsgrundlagen
 16 Gleitkörper untersucht.
 Norm: EC 7
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi')$ = 1.25
 - $\gamma(c')$ = 1.25
 - $\gamma(c_u)$ = 1.25
 - $\gamma(\text{Wichten})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.})$ = 1.30
 Gleitkörper Nr. 16: $\mu = 0.96$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_3.7_Vlies_KDB_Teileinstau.boe

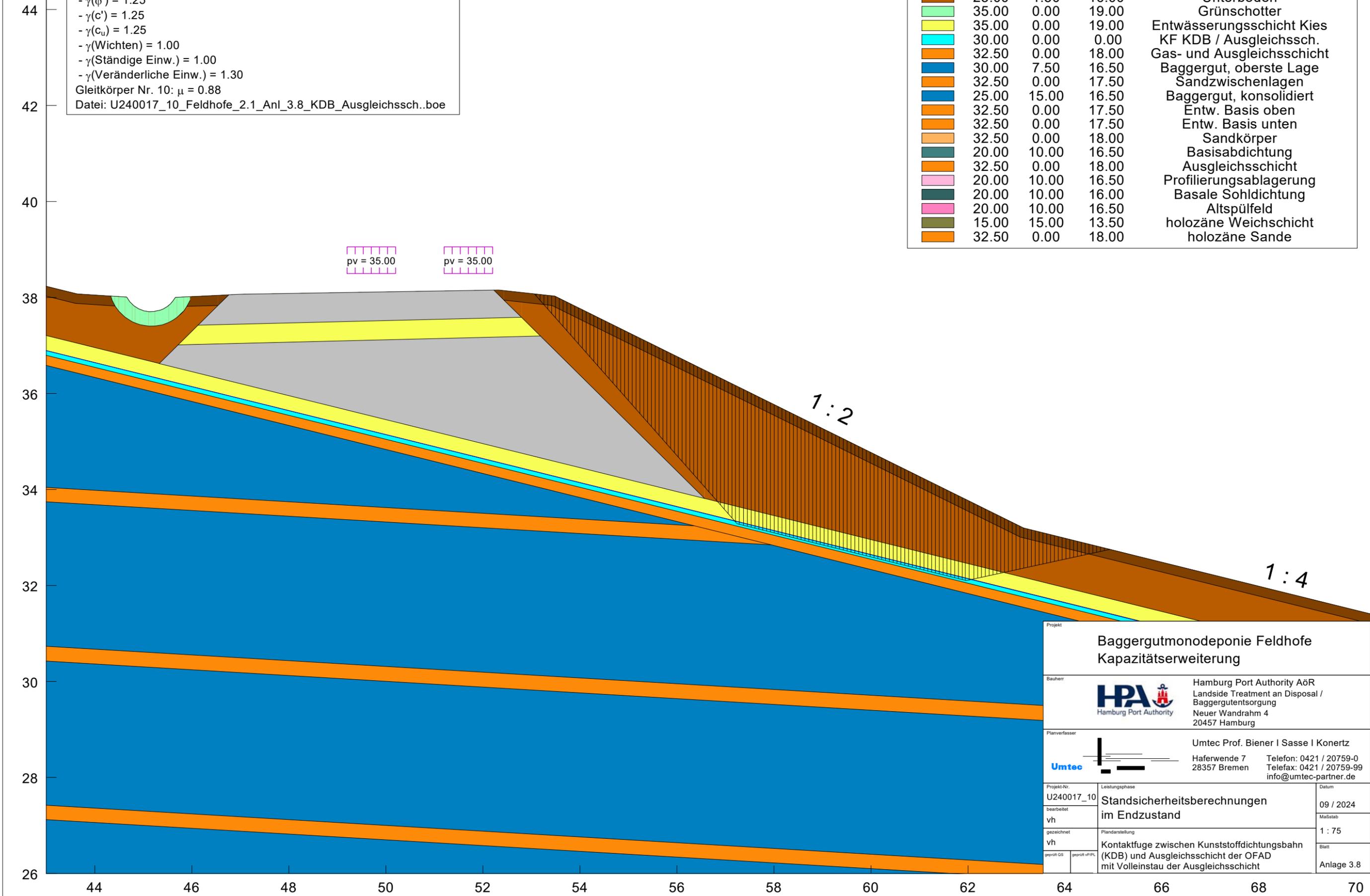
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	25.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
	27.70	0.00	0.00	KF Vlies / KDB
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.00	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande



Projekt		
Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr		
 Hamburg Port Authority Landside Treatment an Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg		
Planverfasser		
 Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen		Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de
Projekt-Nr.	Leistungsphase	Datum
U240017_10	Standstabilitätsberechnungen im Endzustand	09 / 2024
bearbeitet		Maßstab
vh		1 : 75
gezeichnet	Planarstellung	Blatt
vh	Kontaktfuge zwischen Schutzvlies und Kunststoffdichtungsbahn (KDB) der OFAD mit Teileinstau (0,16 m)	Anlage 3.7
geprüft QS	geprüft v-PL	

Berechnungsgrundlagen
 10 Gleitkörper untersucht.
 Norm: EC 7
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi')$ = 1.25
 - $\gamma(c')$ = 1.25
 - $\gamma(c_u)$ = 1.25
 - $\gamma(\text{Wichten})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.})$ = 1.30
 Gleitkörper Nr. 10: $\mu = 0.88$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_3.8_KDB_Ausgleichssch..boe

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	25.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
	30.00	0.00	0.00	KF KDB / Ausgleichssch.
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.00	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande

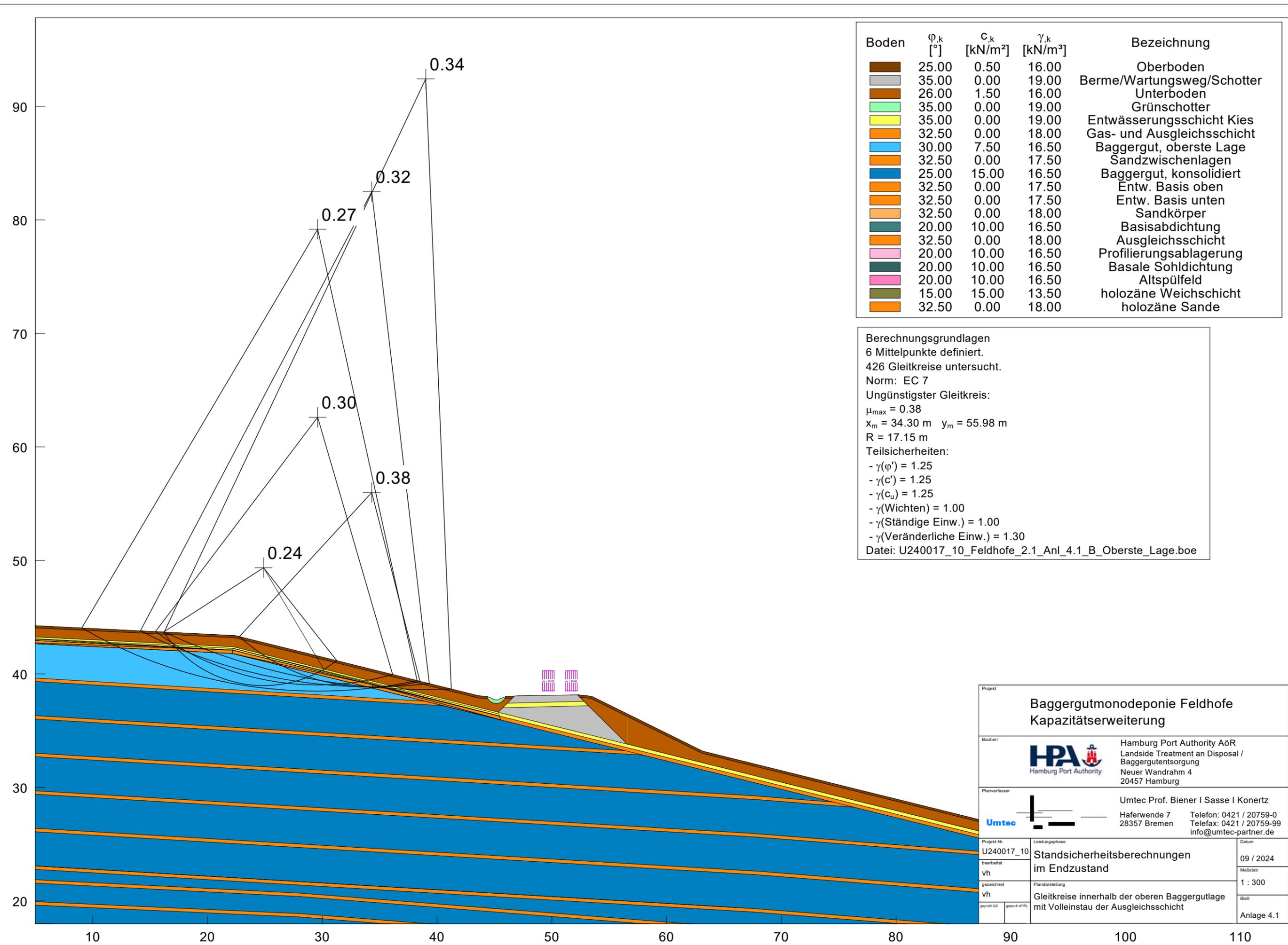


Projekt		
Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr		
 Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment an Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg		
Planverfasser		
 Umttec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen		
Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de		
Projekt-Nr. U240017_10	Leistungsphase Standsicherheitsberechnungen im Endzustand	Datum 09 / 2024
bearbeitet vh		Maßstab 1 : 75
gezeichnet vh	Planarstellung Kontaktfuge zwischen Kunststoffdichtungsbahn (KDB) und Ausgleichsschicht der OFAD mit Volleinstau der Ausgleichsschicht	Blatt Anlage 3.8
geprüft GS	geprüft vP/PL	

**Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe
Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand**

Anlage 4

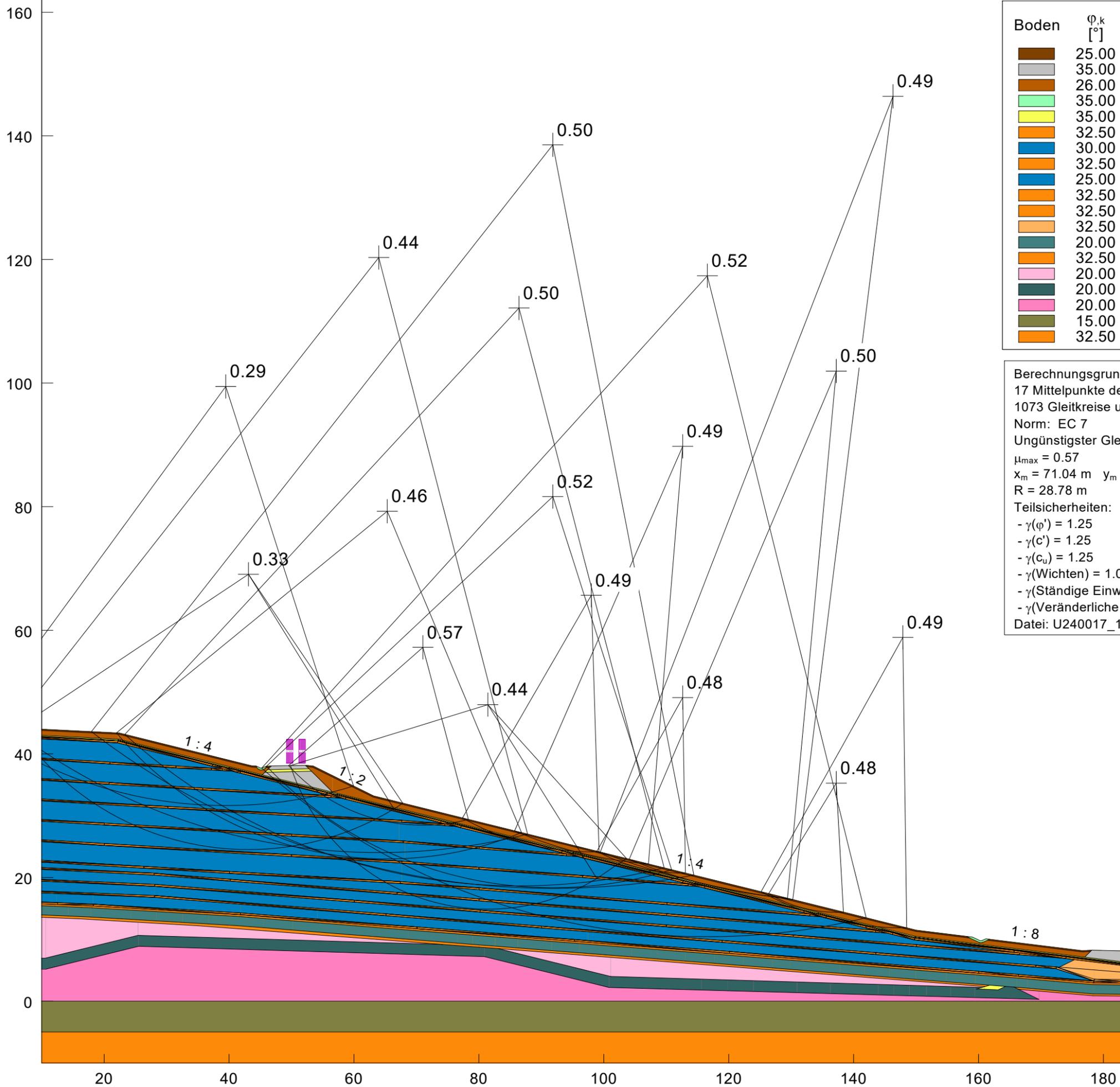
Böschungs- und Geländebruchberechnungen Deponiekörper



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
■	25.00	0.50	16.00	Oberboden
■	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
■	26.00	1.50	16.00	Unterboden
■	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
■	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
■	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
■	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
■	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
■	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
■	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
■	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
■	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
■	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
■	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
■	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
■	20.00	10.00	16.50	Basale Sohldichtung
■	20.00	10.00	16.50	Altpülfeld
■	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
■	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande

Berechnungsgrundlagen
 6 Mittelpunkte definiert.
 426 Gleitkreise untersucht.
 Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.38$
 $x_m = 34.30 \text{ m}$ $y_m = 55.98 \text{ m}$
 $R = 17.15 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_4.1_B_Oberste_Lage.boe

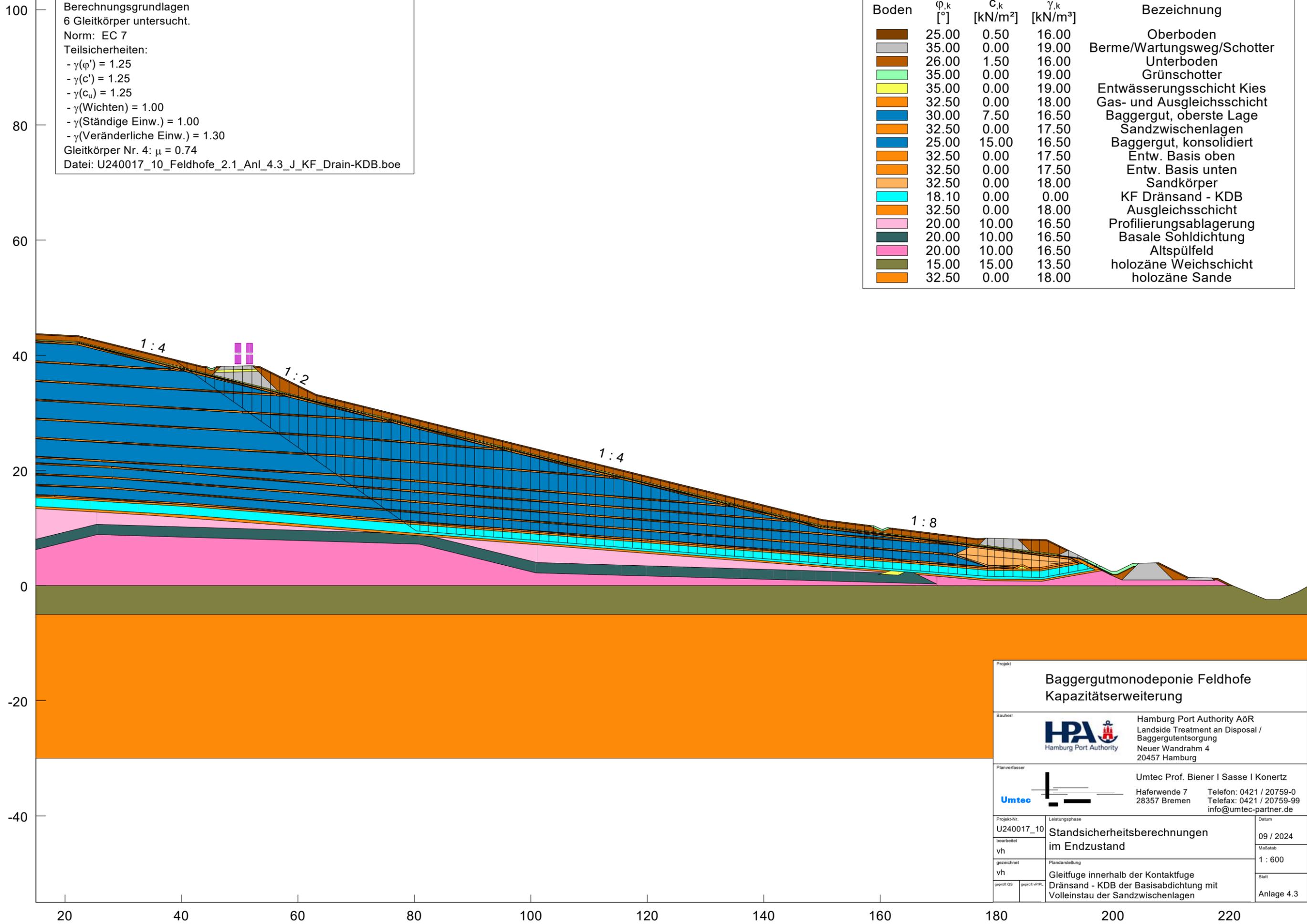
Projekt Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr  Hamburg Port Authority Landside Treatment and Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg	Planverfasser  Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de	
Projekt-Nr. U240017_10	Leistungsphase Standstabilitätsberechnungen im Endzustand	Datum 09 / 2024
bearbeitet vh	Planarstellung Gleitkreise innerhalb der oberen Baggergutlage mit Volleinstau der Ausgleichsschicht	Maßstab 1 : 300
gezeichnet vh		Blatt Anlage 4.1
geprüft QS 	geprüft v-PL 	



Boden	$\phi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	26.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.50	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande

Berechnungsgrundlagen
 17 Mittelpunkte definiert.
 1073 Gleitkreise untersucht.
 Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.57$
 $x_m = 71.04 \text{ m}$ $y_m = 57.24 \text{ m}$
 $R = 28.78 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_4.2_B_Mittellagen.boe

Projekt Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr  Hamburg Port Authority	Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment and Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg	
Planverfasser 	Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de	
Projekt-Nr. U240017_10	Leistungsphase Standsicherheitsberechnungen im Endzustand	Datum 09 / 2024
bearbeitet vh		Maßstab 1 : 650
gezeichnet vh	Planarstellung Gleitkreise innerhalb der mittleren Baggergutlagen mit Volleinstau der Sandzwischenlagen	Blatt Anlage 4.2



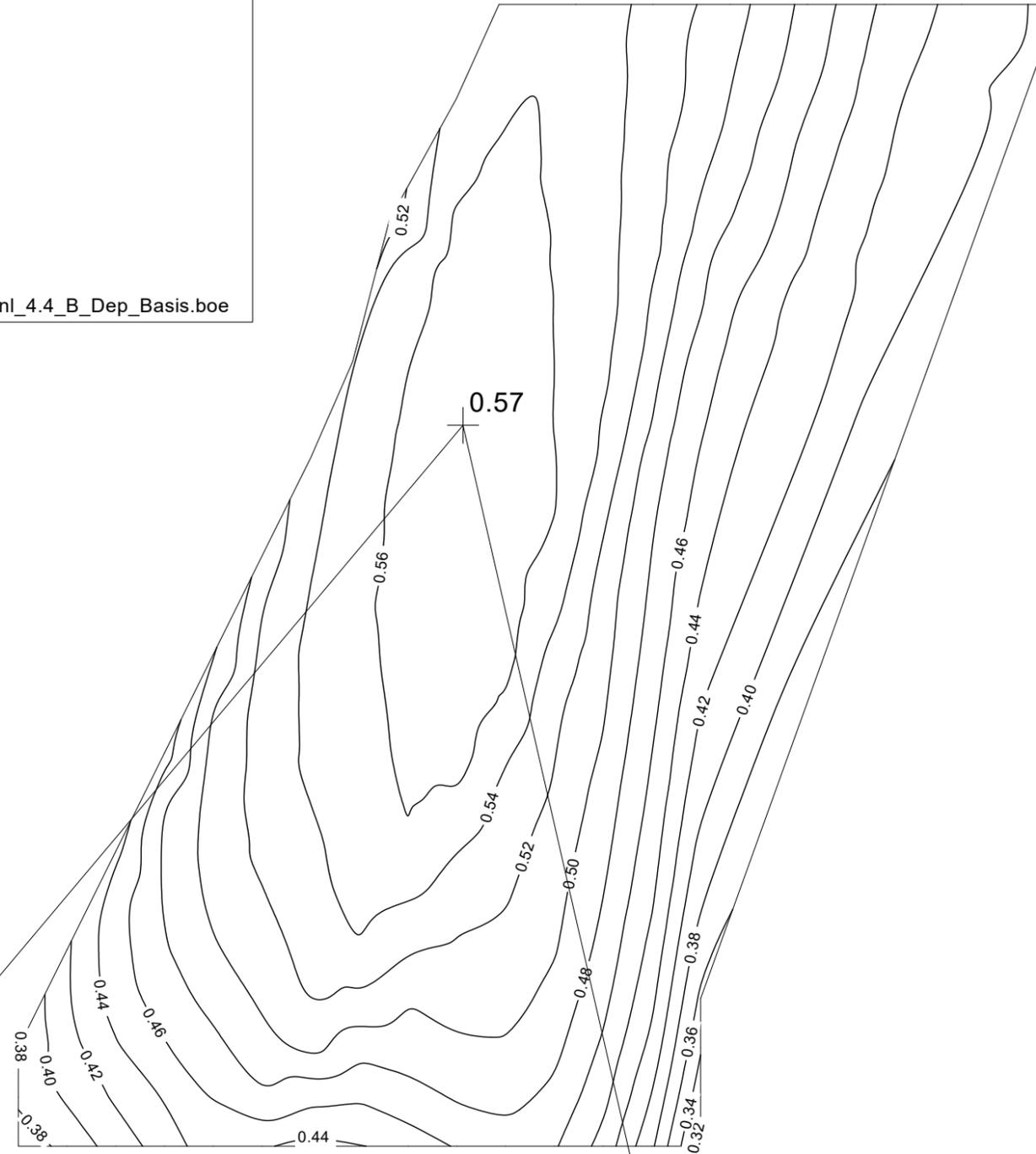
Berechnungsgrundlagen
 6 Gleitkörper untersucht.
 Norm: EC 7
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Gleitkörper Nr. 4: $\mu = 0.74$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_4.3_J_KF_Drain-KDB.boe

Boden	φ_{k} [°]	c_{k} [kN/m ²]	γ_{k} [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	26.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	18.10	0.00	0.00	KF Dränsand - KDB
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.50	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande

Projekt Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr  Hamburg Port Authority		Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment an Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg
Planverfasser 		Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de
Projekt-Nr. U240017_10	Leistungsphase Standstabilitätsberechnungen im Endzustand	Datum 09 / 2024
bearbeitet vh	gezeichnet vh	Maßstab 1 : 600
geprüft GS	geprüft vP/PL Gleitfuge innerhalb der Kontaktfuge Dränsand - KDB der Basisabdichtung mit Volleinstau der Sandzwischenlagen	Blatt Anlage 4.3

Berechnungsgrundlagen
 324 Mittelpunkte definiert.
 21472 Gleitkreise untersucht.
 Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.57$
 $x_m = 123.94 \text{ m}$ $y_m = 167.32 \text{ m}$
 $R = 161.18 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_4.4_B_Dep_Basis.boe

240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0



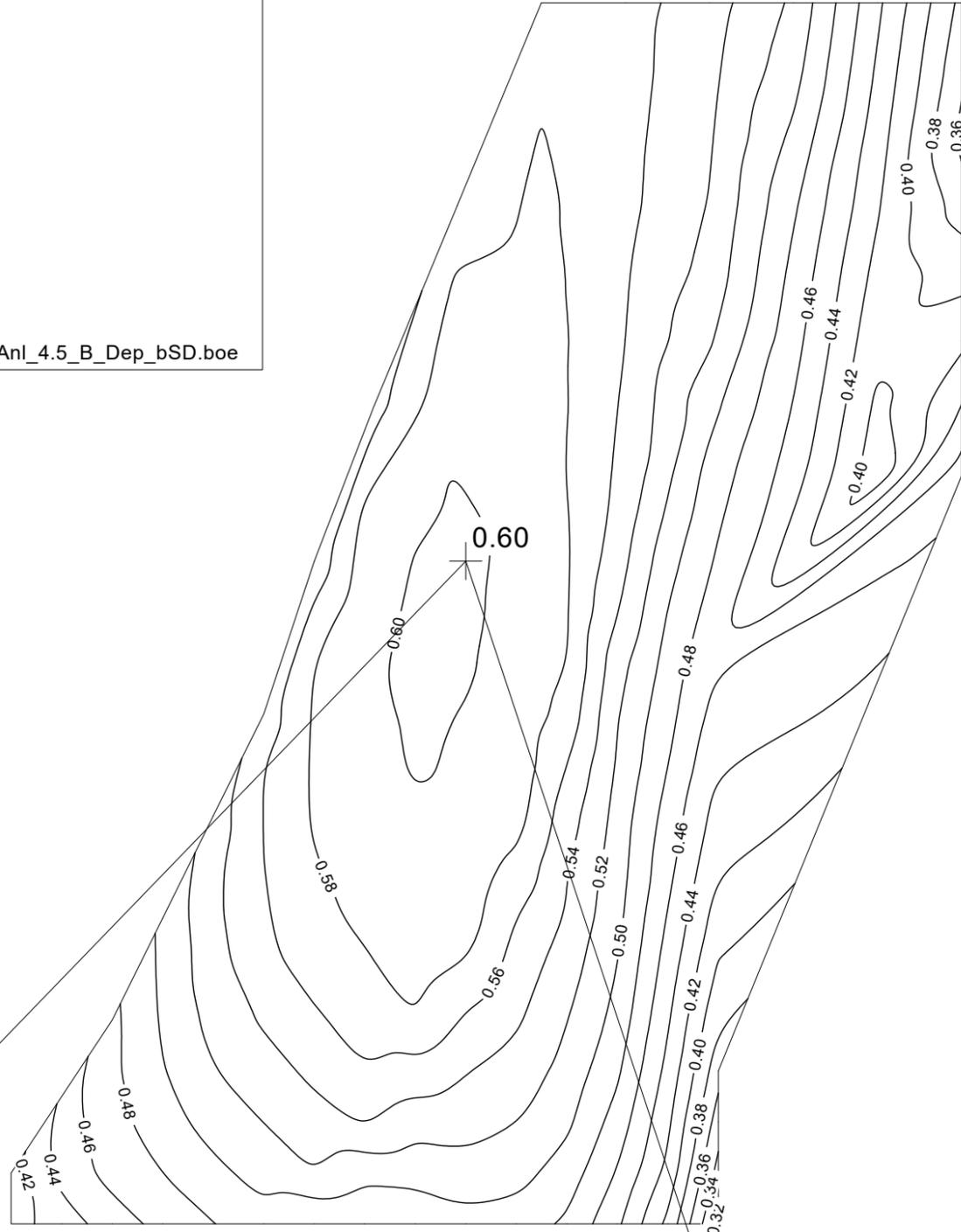
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	26.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.50	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande

0 50 100 150 200 250 300 350

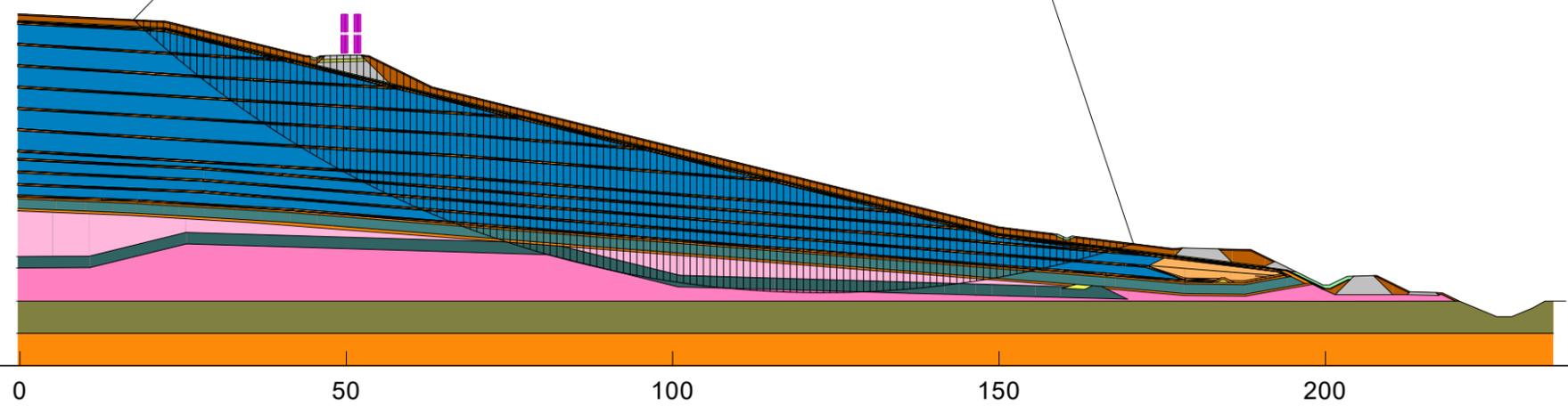
Projekt Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung			
Bauherr  Hamburg Port Authority		Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment and Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg	
Planverfasser 		Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de	
Projekt-Nr. U240017_10	Leistungsphase Standsicherheitsberechnungen im Endzustand	Datum 09 / 2024	
bearbeitet vh	Plandarstellung Gleitkreis innerhalb des Deponiekörpers und der Basisabdichtung mit Volleinstau der Sandzwischenlagen		Maßstab 1 : 1.000
gezeichnet vh	geprüft GS geprüft vP/PL		Blatt Anlage 4.4

Berechnungsgrundlagen
 297 Mittelpunkte definiert.
 18142 Gleitkreise untersucht.
 Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.60$
 $x_m = 122.95 \text{ m}$ $y_m = 154.00 \text{ m}$
 $R = 152.71 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_4.5_B_Dep_bSD.boe

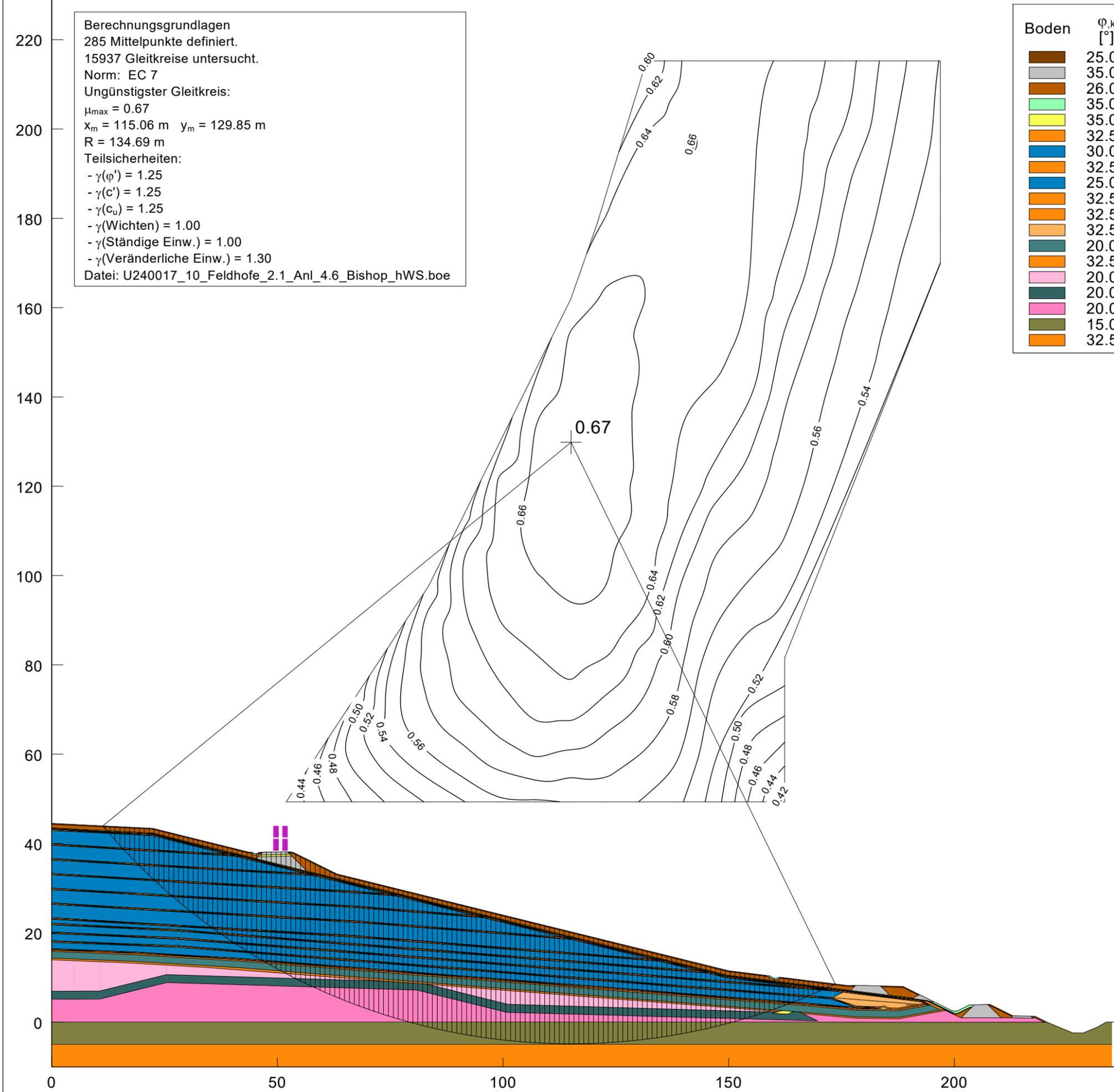
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0



Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	26.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.50	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande



Projekt Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr  Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment and Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg		Datum 09 / 2024
Planverfasser  Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen		Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de
Projekt-Nr. U240017_10	Leistungsphase Standsicherheitsberechnungen im Endzustand	Maßstab 1 : 1.000
bearbeitet vh	gezeichnet vh	Blatt Anlage 4.5
geprüft QS	geprüft vP/PL	



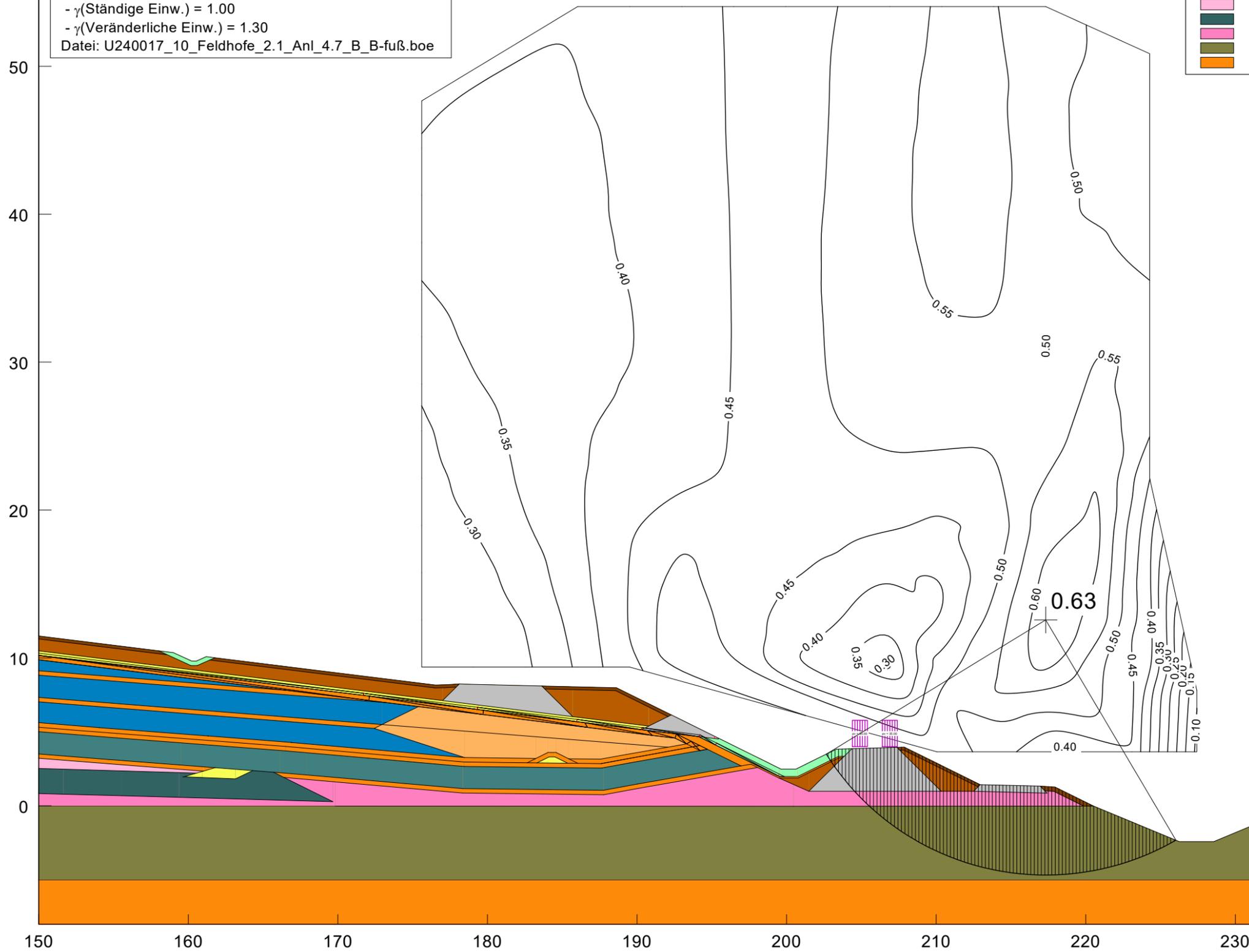
Berechnungsgrundlagen
 285 Mittelpunkte definiert.
 15937 Gleitkreise untersucht.
 Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.67$
 $x_m = 115.06 \text{ m}$ $y_m = 129.85 \text{ m}$
 $R = 134.69 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_4.6_Bishop_hWS.boe

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m ²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	26.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.00	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.00	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	20.00	10.00	16.00	Basisabdichtung
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	16.00	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.00	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	16.00	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande

Projekt Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr  Hamburg Port Authority	Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment and Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg	
Planverfasser 	Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de	
Projekt-Nr. U240017_10	Leistungsphase Standsicherheitsberechnungen im Endzustand	Datum 09 / 2024
bearbeitet vh		Maßstab 1 : 900
gezeichnet vh	Plandarstellung Gleitkreis innerhalb des Deponiekörpers und der holozänen Weichschichten mit Volleinstau der Sandzwischenlagen	Blatt Anlage 4.6
geprüft GS 	geprüft vP/PL 	

Berechnungsgrundlagen
 223 Mittelpunkte definiert.
 17336 Gleitkreise untersucht.
 Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.63$
 $x_m = 217.32 \text{ m}$ $y_m = 12.57 \text{ m}$
 $R = 17.25 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_4.7_B_B-fuß.boe

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	26.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.50	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande



Projekt		
Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr		Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment an Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg
Planverfasser		Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Haferwende 7 28357 Bremen Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de
Projekt-Nr. U240017_10	Leistungsphase Standsicherheitsberechnungen im Endzustand	Datum 09 / 2024
bearbeitet vh		Maßstab 1 : 300
gezeichnet vh	Planarstellung Gleitkreis im Bereich des Deponiefußes und der holozänen Weichschichten	Blatt Anlage 4.7
geprüft GS	geprüft vP/PL	

**Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe
Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand**

Anlage 5

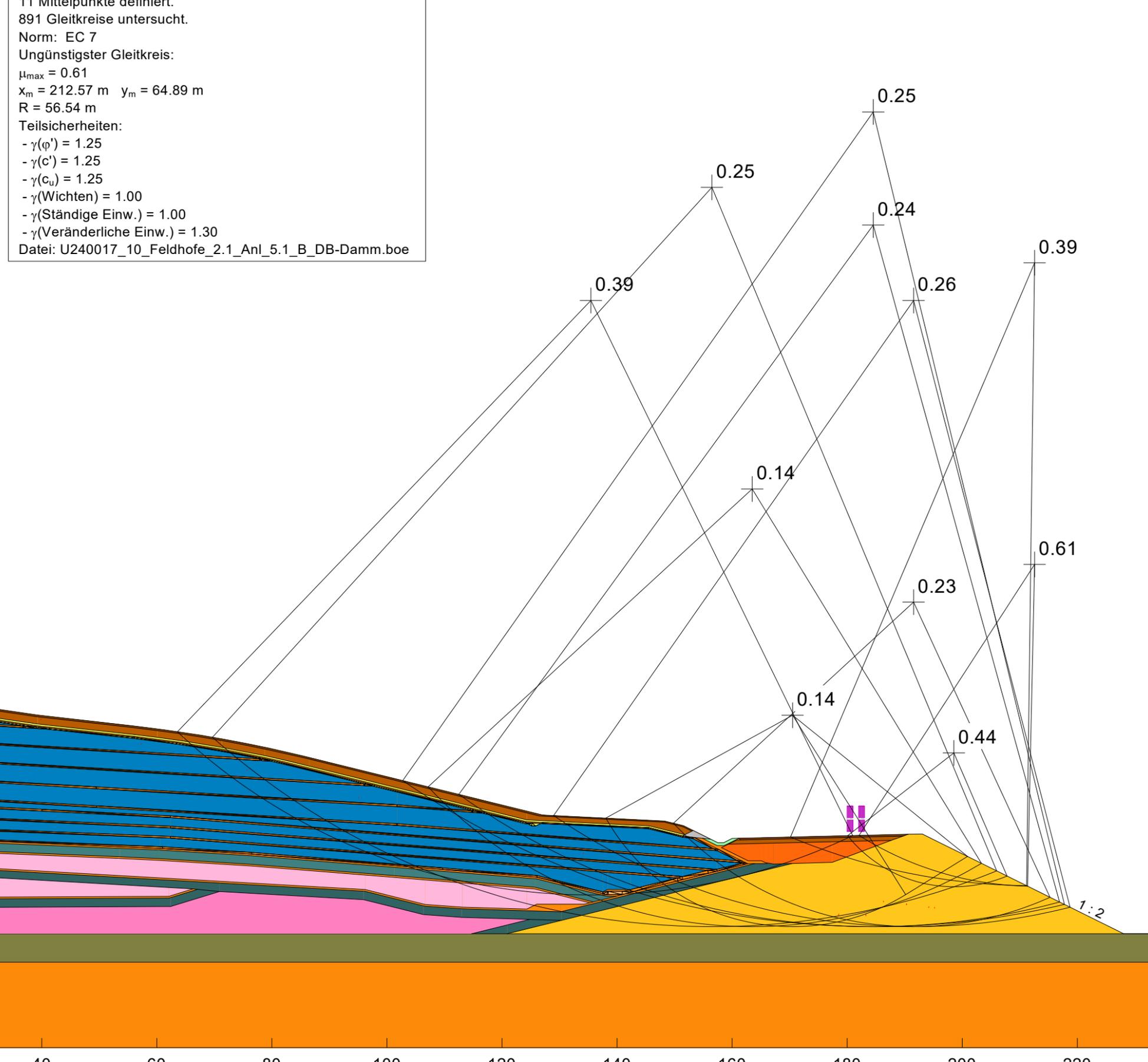
Böschungs- und Geländebruchberechnungen DB-Ablagerung

Schnitt DB1

Berechnungsgrundlagen
 11 Mittelpunkte definiert.
 891 Gleitkreise untersucht.
 Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.61$
 $x_m = 212.57 \text{ m}$ $y_m = 64.89 \text{ m}$
 $R = 56.54 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_5.1_B_DB-Damm.boe

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
■	25.00	0.50	16.00	Oberboden
■	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
■	26.00	1.50	16.00	Unterboden
■	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
■	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
■	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
■	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
■	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
■	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
■	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
■	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
■	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
■	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
■	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
■	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
■	20.00	10.00	16.50	Basale Sohldichtung
■	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
■	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
■	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande
■	32.50	0.00	18.00	Füllboden
■	32.50	0.00	18.00	DB-Ablagerungen

160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20



Projekt Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr  Hamburg Port Authority		Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment an Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg
Planverfasser 		Umttec Prof. Biener Sasse Konertz Haferswende 7 28357 Bremen Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umttec-partner.de
Projekt-Nr. U240017_10	Leistungsphase Standsicherheitsberechnungen im Endzustand	Datum 09 / 2024
bearbeitet vh		Maßstab 1 : 750
gezeichnet vh	Plandarstellung Gleitkreis innerhalb des Deponiekörpers und der DB-Ablagerung / Damm; mit Volleinstau der Sandzwischenlagen	Blatt Anlage 5.1
geprüft GS	geprüft vP/PL	

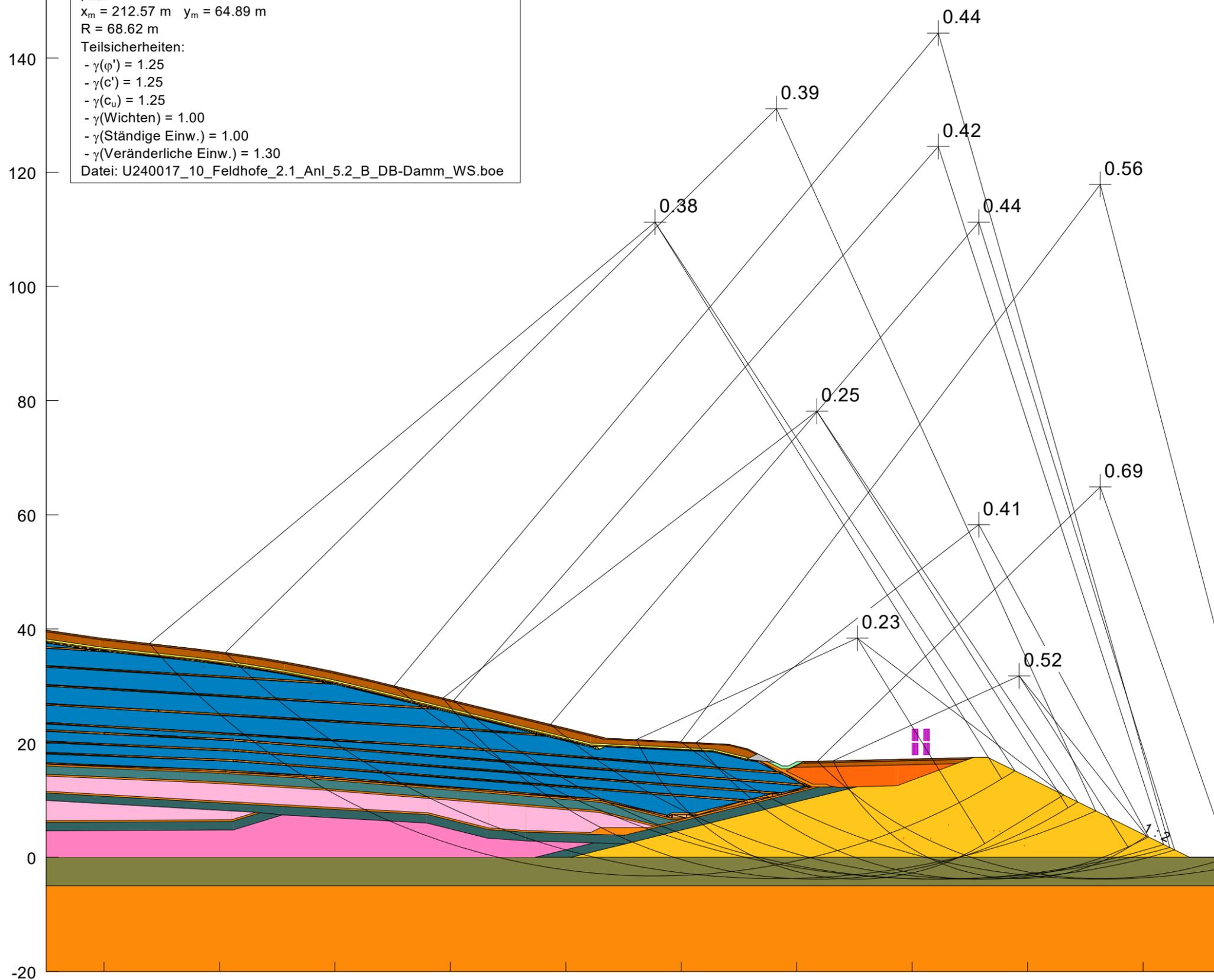
Schnitt DB1

Berechnungsgrundlagen
 11 Mittelpunkte definiert.
 891 Gleitkreise untersucht.
 Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.69$
 $x_m = 212.57 \text{ m}$ $y_m = 64.89 \text{ m}$
 $R = 68.62 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Datei: U240017_10_Feldhofs_2.1_An1_5.2_B_DB-Damm_WS.boe

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
■	25.00	0.50	16.00	Oberboden
■	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
■	26.00	1.50	16.00	Unterboden
■	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
■	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
■	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
■	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
■	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
■	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
■	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
■	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
■	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
■	20.00	10.00	16.50	Basisabdichtung
■	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
■	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
■	20.00	10.00	16.50	Basale Sohldichtung
■	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
■	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
■	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande
■	32.50	0.00	18.00	Füllboden
■	32.50	0.00	18.00	DB-Ablagerungen

160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20

40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300



Projekt		
Baggergutmonodeponie Feldhofs Kapazitätserweiterung		
Bauherr	 Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment and Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg	
Planverfasser	 Umttec Prof. Biener Sasse Konertz Haferswende 7 28357 Bremen Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umttec-partner.de	
Projekt-Nr.	Leistungsphase	Datum
U240017_10	Standsicherheitsberechnungen im Endzustand	09 / 2024
bearbeitet	Planarstellung	Maßstab
vh	Gleitkreis innerhalb Deponiekörper, DB-Damm und Weichschichten; mit Volleinstau der Sandzwischenlagen	1 : 750
gezeichnet	geprüft GS	Blatt
vh		Anlage 5.2

**Kapazitätserhöhung Baggergutmonodeponie Feldhofe
Anhang 10: Bericht zu Standsicherheitsberechnungen für den Endzustand**

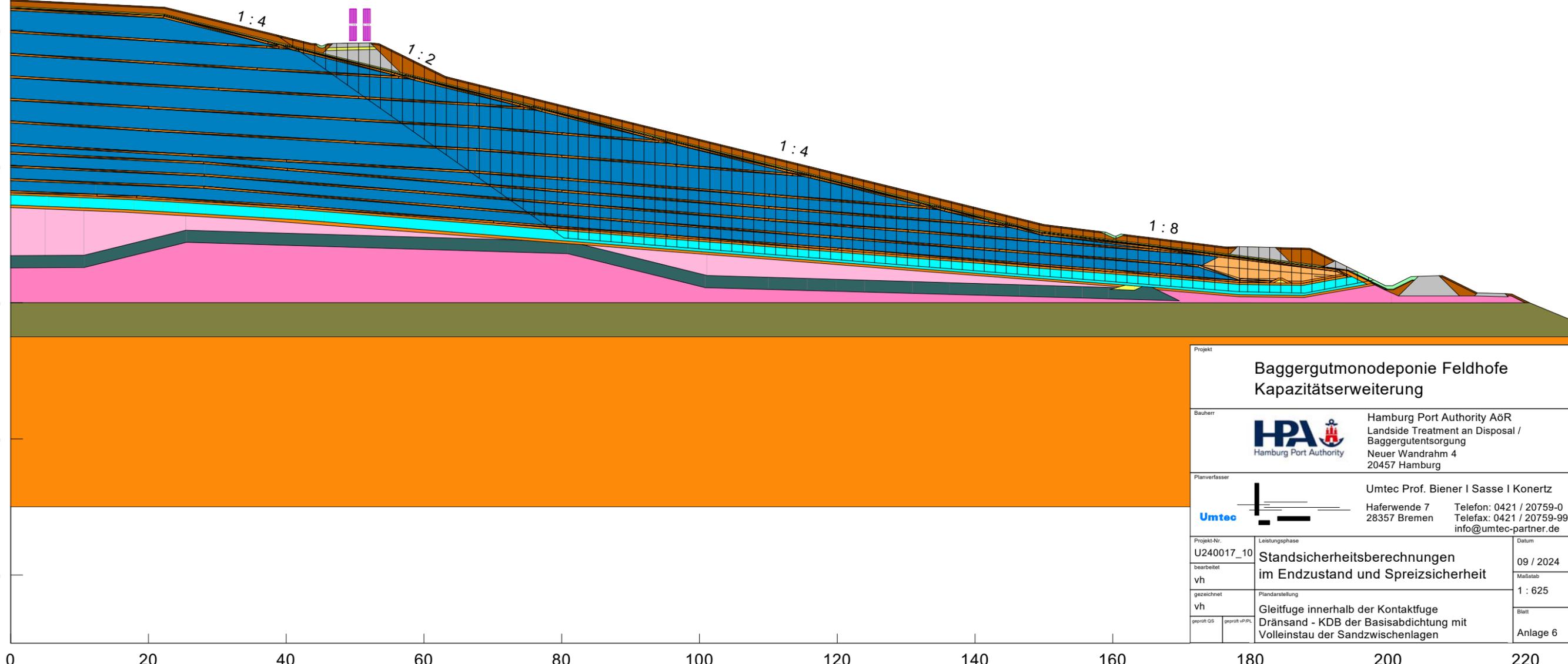
Anlage 6

**Untersuchung zur Spreizsicherheit – Gleitfuge innerhalb der Kontaktfuge
Dränsand – KDB der Basisabdichtung**

Berechnungsgrundlagen
 5 Gleitkörper untersucht.
 Norm: EC 7
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Gleitkörper Nr. 4: $\mu = 0.74$
 Datei: U240017_10_Feldhofe_2.1_An1_6_J_KF_Drain-KDB.boe

Boden	φ_{k} [°]	c_{k} [kN/m ²]	γ_{k} [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.50	16.00	Oberboden
	35.00	0.00	19.00	Berme/Wartungsweg/Schotter
	26.00	1.50	16.00	Unterboden
	35.00	0.00	19.00	Grünschotter
	35.00	0.00	19.00	Entwässerungsschicht Kies
	32.50	0.00	18.00	Gas- und Ausgleichsschicht
	30.00	7.50	16.50	Baggergut, oberste Lage
	32.50	0.00	17.50	Sandzwischenlagen
	25.00	15.00	16.50	Baggergut, konsolidiert
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis oben
	32.50	0.00	17.50	Entw. Basis unten
	32.50	0.00	18.00	Sandkörper
	18.10	0.00	0.00	KF Dränsand - KDB
	32.50	0.00	18.00	Ausgleichsschicht
	20.00	10.00	16.50	Profilierungsablagerung
	20.00	10.00	16.50	Basale Sohldichtung
	20.00	10.00	16.50	Altspülfeld
	15.00	15.00	13.50	holozäne Weichschicht
	32.50	0.00	18.00	holozäne Sande

100
80
60
40
20
0
-20
-40



Projekt		
Baggergutmonodeponie Feldhofe Kapazitätserweiterung		
Bauherr		Hamburg Port Authority AöR Landside Treatment an Disposal / Baggergutentsorgung Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg
Planverfasser		Umtec Prof. Biener Sasse Konertz Hafenwende 7 28357 Bremen Telefon: 0421 / 20759-0 Telefax: 0421 / 20759-99 info@umtec-partner.de
Projekt-Nr.	Leistungsphase	Datum
U240017_10	Standsicherheitsberechnungen im Endzustand und Spreizsicherheit	09 / 2024
bearbeitet	gezeichnet	Maßstab
vh	vh	1 : 625
geprüft GS	geprüft vP/PL	Blatt
	Gleitfuge innerhalb der Kontaktfuge Dränsand - KDB der Basisabdichtung mit Volleinstau der Sandzwischenlagen	Anlage 6