Kempfert + Partner
Geotechnik

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Fon 040 6960445-0
Fax 040 6960445-29
Mail hh@kup-geotechnik.com

Geschäftsführer und Prokuristen
Dipl.-Ing. Heiko Vierck
Dr.-Ing. Patrick Becker
Dr. Gregor Overbeck (ppa.)

Partner
Prof. Dr.-Ing. Jan Lüking

Registergericht
Amtsgericht Hamburg
HRB 109428

Ust.-Identnummer
DE264813170

Projekt-Ansprechpartner
Patrick Becker
040 6960445-11
p.becker@kup-geotechnik.com

Arbeitsschwerpunkte
Erkunden
Beraten
Planen
Überwachen
Prüfen
Messen

Kempfert + Partner Gruppe
Hamburg
Kiel
Würzburg
Konstanz

Anerkannte Sachverständige
Dr.-Ing. U. Berner[1)]
Dr. Gregor Overbeck[1)]
Dr.-Ing. M. Raithel[1) 2) 3)]
Dipl.-Ing. H. Vierck[3)]

Öffentlich bestellt und vereidigt[1)]
Prüfsachverständiger[2)]
Eisenbahn-Bundesamt[3)]

Information
www.kup-geotechnik.com

Zertifiziert nach ISO 9001:2015

Geotechnischer Bericht

Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen, Festlegung der charakteristischen Werte und Gründungsempfehlung

ESTW Niebüll – Erneuerung eines Kabelkanals mittels HDD-Verfahren entlang des Hindenburgdamms

bearbeitet im Auftrag der

DB InfraGO AG
Infrastrukturprojekte Nord
Projekte STE HH-Kiel, I.II-N-K-S
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Hamburg, den 30.01.2026

Az.: HH 817.7/25

Berichtsstatus

Rev.	Datum	aufgestellt	geprüft	Änderungen
00	30.01.2026	gez. fk	gez. pb	-

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Veranlassung 5
2 Unterlagen, Normen und Regelwerke 5
3 Bauvorhaben 6
3.1 Allgemeines 6
3.2 Allgemeine Verfahrensbeschreibung des HDD-Verfahrens 7
3.3 Grundsätze und Richtlinien 8
3.4 Tidebeeinflusste Wasserstände 11
3.5 Schutzzonen 11
4 Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen 11
4.1 Baugrundaufschlüsse 11
4.2 Baugrundschichtung 12
4.3 Grund- und Schichtwasser 15
4.4 Bodenmechanische Laborversuche 16
4.4.1 Wassergehalte und Glühverluste 16
4.4.2 Kornverteilungen 17
4.5 Chemische Analysen des Bodens 18
4.5.1 Allgemeines 18
4.5.2 Untersuchungsergebnisse und Handlungsempfehlungen 19
4.6 Wasseranalytik 21
4.7 Chemische Analytik, Asphalt 22
5 Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse 24
5.1 Charakteristische Bodenkenngrößen für geotechnische Berechnungen 24
5.2 Charakteristische Grund- und Schichtwasserstände 24
5.3 Bodenklassifizierung und Homogenbereiche 25
5.4 Hydraulische Durchlässigkeit der Bodenschichten 25
6 Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise 26
6.1 Geotechnische Kategorie 26

6.2 Baugruben 27
6.2.1 Erforderliche Baugrubentiefen 27
6.2.2 Baugrubenkonzept 27
6.2.3 Baugrubensicherung 28
6.2.4 Bemessung der Verbauwände 28
6.2.5 Horizontale Stützung der Verbauwände 29
6.2.6 Herstellungsbedingte Verformungen 29
6.2.7 Wasserhaltung 29
6.3 Gleisparalleler Leitungsbau im HDD-Verfahren 31
6.3.1 Allgemeines 31
6.3.2 Hinweise zur Baugrundbeschaffenheit 32
6.3.3 Hinweise zur Sicherheit gegen Ausbläser 32
6.3.4 Setzungsprognose 34
6.4 Kabelquerungen im HDD-Verfahren 36
6.4.1 Allgemeines 36
6.4.2 Hinweise zur Baugrundbeschaffenheit 36
6.4.3 Setzungsprognose 37
6.5 Gründung Schachtbauwerke 37
6.6 Risikobeurteilung 38
6.6.1 Gleisparalleler Leitungsbau im HDD-Verfahren 38
6.6.2 Kabelquerungen im HDD-Verfahren 41
6.7 Beweissicherung 42
7 Weitere Empfehlungen und Hinweise 43
7.1 Allgemeines 43
7.2 Überwachung der Herstellung im HDD-Verfahren 43
8 Zusammenfassung 44

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Übersichtslageplan

Anlage 2 Lageplan der Untergrundaufschlüsse

Anlage 3 Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse

Anlage 4 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Anlage 5 Ergebnisse der chemischen Analysen

Anlage 6 Ganglinie Pegel List auf Sylt

Anlage 7 Kennzeichnende Bodeneigenschaften der Schichten

Anlage 8 Bewertung der Gesamtstandsicherheit

1 Veranlassung

Die DB InfraGO AG plant im Rahmen des Projektes ESTW Niebüll die Erneuerung von signaltechnischen Anlagen auf der Strecke 1210 entlang des Hindenburgdamms von ca. km 217,3 bis ca. km 225,7 auf einer Länge von ca. 8,3 km. Die bestehenden Kabelkanäle sind zur Aufnahme weiterer Leitungen ungeeignet, so dass die Neuverlegung eines Leerrohrsystems im Horizontalspülbohrverfahren geplant ist.

Kempfert + Partner Geotechnik wurde von der DB InfraGo AG, Projekte STE HH-Kiel (I.II-N-K-S), Hamburg, beauftragt, den Aufbau, die Beschaffenheit und die Eigenschaften des Baugrunds sowie die Grundwasserverhältnisse im Planungsbereich zu erkunden und zu untersuchen, den Baugrund vergleichend zu bewerten und Empfehlungen für die Trassierung und Durchführung des Spülbohrverfahrens auszuarbeiten.

2 Unterlagen, Normen und Regelwerke

Für den Geotechnischen Bericht wurden folgende Unterlagen verwendet:

U1 Pabsch Ingenieure GmbH, Hildesheim, Anforderungen Baugrunduntersuchung, ESTW Niebüll Leitungsbau Hindenburgdamm Str. 1210 ca. km 217,3 – ca. 225,7, diverse Informationen zur geplanten Baumaßnahme inkl. Lagepläne und Querprofil, Stand 07.08.2025

U2 Pabsch Ingenieure GmbH, Hildesheim, und DB InfraGO AG, Hamburg, Informationen zur geplanten Verlegetiefe und Abmessungen der geplanten Leerrohre, Telefonat vom 06.11.2025 und E-Mail vom 07.11.2025

U3 BBI Geo- und Umwelttechnik Ing.-Gesellschaft mbH, Hamburg, Geotechnischer Bericht, ESTW Niebüll, Geotechnische Leistungen Abschnitt 6: Klanxbüll, Objekte: 19 Signalmaste km 210,694 – km 228,500 (Strecke 1210), 28.07.2021

U4 Terra Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG, Hamburg, Geotechnischer Bericht, Version 1, ESTW Niebüll Nachtrag 1, Abschnitt 6 – Signalmaste, 28.11.2022

U5 Pabsch Ingenieure GmbH, Hildesheim, Erläuterungsbericht mit Lageplänen und Querprofil, ESTW Niebüll Leitungsbau Hindenburgdamm Str. 1210 ca. km 217,3 – ca. 225,7, Projekt-Nr.: 10270, 04.12.2025, erhalten per E-Mail am 20.01.2026

Im vorliegenden Bericht wird auf fachtechnische Normen und Regelwerke verwiesen. Bei allen nachfolgenden undatierten Verweisen auf Normen und Regelwerke gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen). Bei allen nachfolgenden datierten Verweisen auf Normen und Regelwerke gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe.

3 Bauvorhaben

3.1 Allgemeines

Die DB Strecke 1210 überquert zwischen ca. km 217,3 und ca. km 225,1 die Nordsee zwischen den Haltestellen Klanxbüll und Morsum über den rd. 8 km langen „Hindenburg"-Bahndamm. Ein Übersichtslageplan ist in Anlage 1 enthalten.

Der Bahndamm ist beidseitig durch Wirtschaftswege befahrbar. Die Bahnstrecke 1210 ist im Untersuchungsbereich zwischen km 217,3 und km 225,69 zweigleisig ausgebaut und nicht elektrifiziert, s. Abbildung 1.

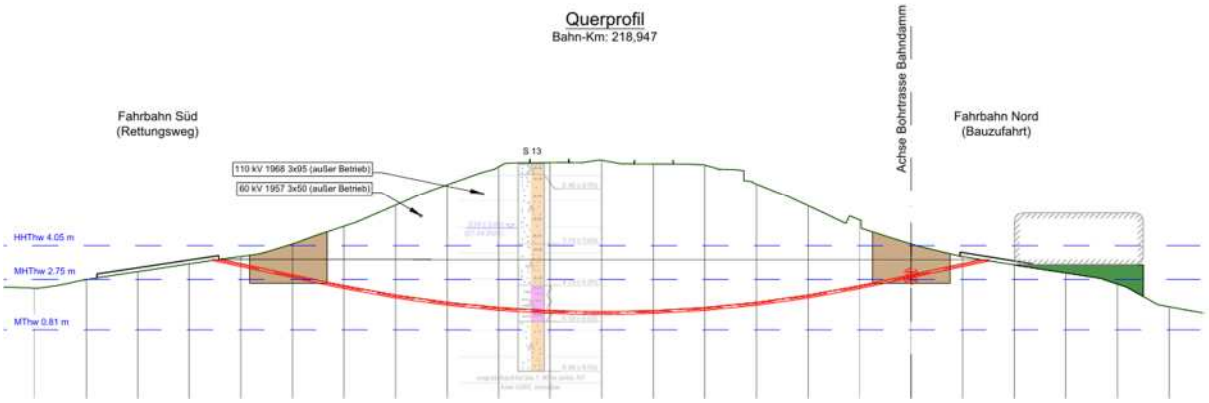


Abbildung 1: Querprofil des Hindenburgdamms bei km 218,947 gemäß Unterlage U1.

Die DB InfraGO AG plant längs zum Bahndamm auf bahnrechter Seite die Herstellung eines Leerrohrsystems zur Aufnahme weiterer signaltechnischer Leitungen im Horizontalspülbohrverfahren, welches im weiteren als HDD-Verfahren (Horizontal Directional Drilling) bezeichnet wird.

Innerhalb des Untersuchungsgebiets sind gemäß Unterlage U1 an 8 Bereichen die Herstellung von Kabelquerungen zu bahnlinken Signalstandorten vorgesehen. Es wird darauf hingewiesen, dass die Standorte der Kabelquerungen mit der aktuellen Plangrundlage der Unterlage U5 teilweise angepasst wurden und dass nicht alle aktuellen Querungsstandorte geotechnisch untersucht wurden, s. Abschnitt 3.3.

Es wird im Weiteren davon ausgegangen, dass sich die Art des Vortriebsverfahren bei der parallel zu dem Gleis verlaufenden herzustellenden Leitungstrasse nicht vom System zur Herstellung der Querungen unterscheidet.

Die Lage der geplanten Leitungstrasse entlang des Bahndamms ist gemäß Unterlage U1 ca. 10 m nördlich des Richtungsgleises und ca. 2 m oberhalb des nördlichen Begleitweges geplant, s. Abb. 1.

Die Verlegung des Leerrohrsystems ist aufgrund der geringeren Hochwasser- und Sturmfluteinflüsse auf der Nordseite des Bahndamms geplant. Gemäß Unterlage U1 ist die abschnittsweise Ausführung von horizontalen Bohrungen im HDD-Verfahren zwischen Maschinen- und Einziehgruben in Abständen von ca. 200 m bis 250 m vorgesehen. Mit den vergleichsweisen geringen Abständen zwischen den Bohrabschnitten soll eine möglichst geringe Verlegetiefe von ca. 3 m unter Gelände bei niedrigen Spüldruck erreicht werden. Ein Höhenplan der Leitungstrasse liegt nicht vor und die Gradiente ist noch Gegenstand der Planung.

Gemäß Unterlage U1 war zunächst das Verlegen eines Rohrbündels aus 4 Rohren mit einem Außendurchmesser von jeweils D_A = 160 mm und einer daraus resultierenden Aufweitungsbohrung mit einem Bohrlochdurchmesser von ca. D_B = 0,7 m vorgesehen. Gemäß Unterlage U2 und Unterlage U5 wurde im weiteren Planungsverlauf die Anzahl der innenliegenden Leerrohre auf 3 Stück (3 x $D_{A,I}$ = 110 cm) reduziert, was den Durchmesser der Aufweitungsbohrung nach Unterlage U5 auf ca. D_B = 0,30 m reduziert.

Das Leerrohrsystem soll mittels des HDD-Verfahrens hergestellt werden. Im Zuge dieses Verfahrens wird mittels Spülbohrverfahren eine Pilotbohrung von einer der Startbaugruben durchgeführt, welche anschließend durch das Zurückziehen des Bohrgestänges mit einem Räumer von einer Zielbaugrube her aufgeweitet wird und das Produktrohr im gleichen Arbeitsgang eingezogen werden kann. Der Räumer wird auch als Backreamer bezeichnet und der Vorgang als Aufweitungsbohrung bezeichnet. Es ist vorgesehen, die drei Leerrohre als Rohrbündel zusammen und ohne Schutzrohr einzuziehen.

Gemäß Unterlage U1 und U2 ist eine Verlegetiefe bis zu ca. 3 m u. GOK bzw. ca. auf Höhe des Mittleren höchsten Werts (MH) des Tidehochwassers im Tidegebiet (Thw) geplant. Die Leerrohre sollen gemäß aktueller Planung als Kabelbündel mit 2 x D_A = 110 mm für die Gleisquerungen und 3 x D_A = 110 mm für den gleisparallelen Leitungsbau in das aufgeweitete und mit Suspension gestützte Bohrloch eingezogen werden. Nach dem Rohrbündeleinzug ist durch Zugabe von Zement ein Verdämmern des Ringraums geplant.

Die Maschinen- und Einziehgruben sind gemäß Unterlage U5 mit folgenden Abmessungen (L x B x T) vorgesehen:

- Verbindungsbaugrube = 4,5 m x 2,5 m x 2,0 m
- Schachtbaugrube = 6,0 m x 2,5 m x 2,0 m

Gemäß Unterlage U5 ist für die Sicherung der Baugruben ein Systemverbau, hier Gleitschienenverbau mit offener Wasserhaltung vorgesehen. Im Bereich der Schachtbaugruben sollen nach Abschluss der Rohrvortriebsarbeiten Fertigbetonteilkabelschächte der Schachtklassen III, V und VII verbaut werden.

Ein Aufmaß der Dammgeometrie liegt zum Zeitpunkt der Berichtslegung nicht vor.

Eine abschließende Dimensionierung und Trassierung der geplanten Leitungen liegen nicht vor. Auf Grundlage, der oben beschriebenen Angaben werden im weiteren Berichtsverlauf allgemeine Hinweise und Empfehlungen erarbeitet, die mit dem Vorliegen der Entwurfsplanung auf Ihre Gültigkeit und Übertragbarkeit zu prüfen sind.

3.2 Allgemeine Verfahrensbeschreibung des HDD-Verfahrens

Bei dem zur Ausführung vorgesehenen Horizontalspülbohrverfahren handelt es sich um ein Vortriebsverfahren nach Abschnitt 6.1.3.3 des Arbeitsblatt DWA-A 125[1], welches ein unbemanntes steuerbares Verfahren für den grabenlosen Rohrvortrieb ist. Da hierbei weder ein Schutzrohr oder

[1] Arbeitsblatt DWA-A 125, Rohrvortrieb und verwandte Verfahren, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Ausgabe Dezember 2008, einschl. Korrekturblatt September 2020

das Produktrohr vorgetrieben werden, wird das HDD-Verfahren als ein dem Rohrvortrieb verwandtes Verfahren bezeichnet.

Bei dem klassischen HDD Verfahren wird eine Pilotbohrung mit Spülhilfe von der Geländeoberfläche aus in einer vertikal gekrümmten Trasse gesteuert vorgetrieben, siehe auch Abb. 2. Die Spülhilfe wird dabei in der Regel leidglich zum Fördern des durch den Bohrkopf gelösten Bohrkleins eingesetzt. Ein Lösen des Bodens durch einen erhöhten Spüldruck wird dabei im Allgemeinen nicht mehr vorgesehen.

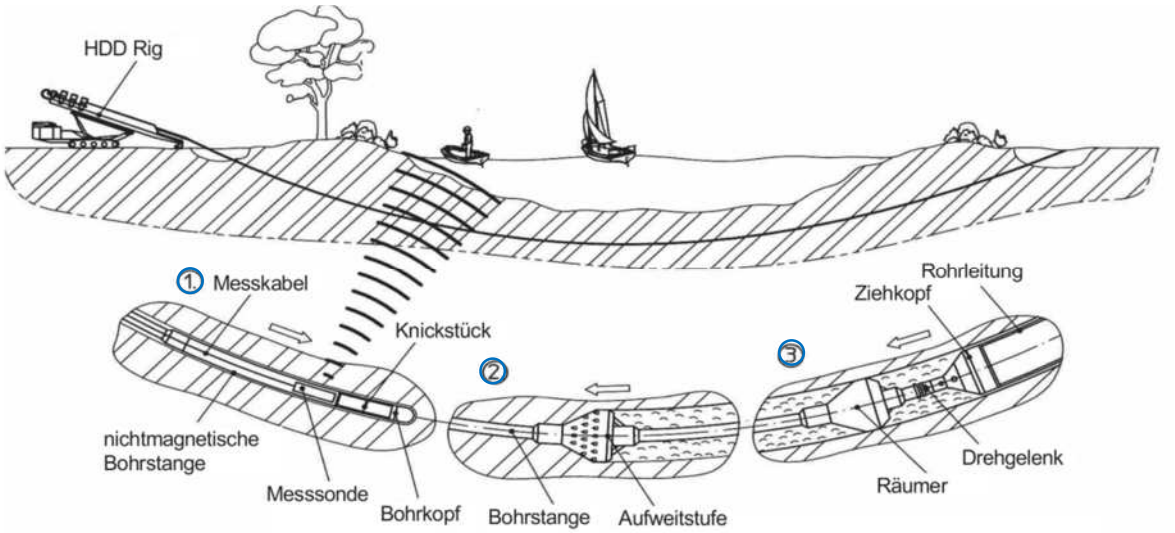


Abbildung 2: Verfahrensbeschreibung für HDD-Verfahren, entnommen aus DVGW GW 304[2]

Der Verfahrensablauf beim Spülbohrverfahren unterteilt sich nach DVGW GW 321 in der Regel in die drei aufeinander folgenden Arbeitsschritte, s.a. Abb. 2:

1. **Pilotbohrung**
2. **Aufweitungsbohrung(en)**
3. **Einzug Mantelrohr (Produktrohr)**

Nach Unterlage U5 ist der Einzug der Produktrohre als Rohrbündel geplant. Nach Abschluss des Rohreinzuges wird der Bohrkanal mit einer Zementsuspension verdämmert.

3.3 Grundsätze und Richtlinien

Allgemeines

Nachfolgend wird für den Leitungsbau zwischen den Gleisquerungen und der gleisparallelen Leitungsverlegung unterschieden. Für beide Verfahren sieht die aktuelle Planung grabenlose Einbauverfahren vor.

Hinweise zur gleisparallelen Leitungsverlegung

Für die parallel zu den Gleisen angeordnete und im grabenlosen Rohrvortriebsverfahren herzustellende Leitungen sind in den Regelwerken der Deutschen Bahn, hier Ril 836, keine expliziten Hinweise oder Vorgaben definiert. In Anlehnung an das Modul 836.2001, Abschn. 6, Ziff. (4), wird der

[2] DGVW Merkblatt GW 304: Rohrvortrieb und verwandte Verfahren, Technische Regel Arbeitsblatt GW 304, Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn, Stand Dezember 2008

Einflussbereich von Eisenbahnverkehrslasten mit dem Stützbereich nach Bild 1 aus diesem Modul ohne Tiefenbeschränkung gleichgesetzt. Eine Schwächung des Stützbereiches ist demnach zu vermeiden und es sind statisch abgesicherte Maßnahmen zur Gründung und Stützung des Oberbaus vorzusehen. Eine Bewertung der Gesamtstandsicherheit des Hindenburgdamms erfolgt für den vorliegenden Querschnitt bei km 217,947 zunächst exemplarisch unter Berücksichtigung der ungünstigsten Baugrundverhältnisse in Abschnitt 6.6.1.

Hinweise zu Gleisquerungen

Für die herzustellenden Gleisquerungen müssen die entsprechenden Richtlinien der Deutschen Bahn, hier Modul 836.4501 (Grundsätze zu Querungen), Modul 836.4502 (Durchlässe und Rohrleitungen) und Modul 836.4505 (Anforderungen an grabenlose Einbauverfahren) berücksichtigt werden.

Für Gleisquerungen im HDD-Verfahren ist daher insbesondere der max. Nenndurchmesser der quer zu den Gleisen einzuziehenden Leitungen von DN 200 (bei Kunststoffrohren Außendurchmesser = 225 mm) sowie die einzuhaltende Mindestüberdeckung $h_{ü} \geq 5{,}0$ m zur Schwellenoberkante der nicht überhöhten Schiene (Überdeckungshöhe) zu berücksichtigen. Bei Gleisquerung im HDD-Verfahren mit einzuziehenden Leitungen größer DN 200 wird nach Modul 836.4505, Abschn. 1, Ziff. (3), eine UiG und ZiE erforderlich.

Gemäß Unterlage U5 ist für den Rohrvortrieb der Gleisquerungen der Einzug der zwei Leerrohre mit einem jeweiligen Rohrdurchmesser $D_{A,I} = 110$ cm als Rohrbündel vorgesehen. Hierbei sollen die zwei Kabelleerrohre als Kabelbündel ohne Schutzrohr in das aufgeweitete und mit Suspension gestützte Bohrloch eingezogen werden. Gemäß Ril 836.4502, Abschn. 2, Ziff. 1, ist bei Herstellung von Querungen mittels grabenlosen Bauverfahren bei parallelen Querungen nebeneinander ein lichter Mindestabstand von 2,0 m einzuhalten. Eine Rohrbündelung sowie eine Anordnung von Leitungen übereinander ist nach Ril 836.4502, Abschn. 2, Ziff. (6), nicht zulässig. Für die Gleisquerungen wird daher ein lichter Mindestabstand von 2,0 m für die einzeln herzustellenden bzw. einzuziehenden Leerrohre mit $D_A = 110$ mm empfohlen.

Gemäß Unterlage U1 sind die acht Gleisquerungen $Q1_{alt}$ bis $Q8_{alt}$ an folgenden Standorten vorgesehen. Die Standorte in (Klammern) beschreiben die Lage gemäß der aktuellen Plangrundlage, s. Lagepläne der Unterlage U5:

- km 217,300 (km 217,547) ($Q1_{alt}$)
- km 217,920 (km 217,928) ($Q2_{alt}$)
- km 218,950 (km 218,927) ($Q3_{alt}$)
- km 221,300 (km 221,287) ($Q4_{alt}$)
- km 222,300 (km 222,287) ($Q5_{alt}$)
- km 222,950 (km 222,658 und km 223,031) ($Q6_{alt}$)
- km 224,000 (km 224,032) ($Q7_{alt}$)
- und km 225,690 (keine Querung vorgesehen) ($Q8_{alt}$)

Näherungsweise können die nahegelegenen Aufschlüsse und Ergebnisse der ursprünglichen Querungsstandorte verwendet werden. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse ist mit der weiteren Planung zu prüfen.

Gemäß Ril 836.4505, Abschn. 3, Ziff. (2), bestehen zudem für grabenlose Einbauverfahren nachfolgende Anforderungen an die Durchführung der Gleisquerungen:

- die Vortriebsarbeiten sind ohne Unterbrechung durchzuführen,
- Sofortverrohrungen beim Rohrvortrieb, d.h. Produktrohreinzug gleichzeitig mit Aufweitungsbohrung beim HDD-Verfahren,
- parallel angeordnete Leitungen dürfen nicht gleichzeitig vorgetrieben werden,
- Beeinträchtigungen des Korrosionsschutzes von metallischen Rohren während des Vortriebs sind unzulässig und
- die Herstellung von Start- und Zielbaugruben darf die Standsicherheit von Erdbauwerken nicht beeinträchtigen.

Hinweise zu den Baugruben (Baubehelf) und Schächten

Da die geplanten Maschinen- und Einziehgruben der Längs- und Quertrassen sich im Böschungsbereich des Bahndamms befinden, sind bei den geplanten Baumaßnahmen folgenden Planungsgrundsätze und Vorgaben der Deutschen Bahn zu berücksichtigen:

Gemäß Ril 836.1001, Abschn. 5, Ziff. (8), sind aufgrund des Einflussbereiches von Hochwässern erforderliche Schutzmaßnahmen im Rahmen der Entwurfsplanung festzustellen und vorzusehen.

Gemäß des Querprofils der Unterlage U5 befindet sich der gleisnahe Fußpunkt der Baugrube innerhalb der ideellen Böschungslinie bzw. des Stützbereichs nach Ril 836.2001, Seite 9, (4) Bild 1 und außerhalb des äußeren Druckbereiches. Soweit nicht anderweitig ausdrücklich anders definiert, ist gemäß Ril 836.2001, Seite 9, (4), der Einflussbereich von Eisenbahnverkehrslasten mit dem Stützbereich gleichzusetzen. Das bedeutet, die Vorgaben der Deutschen Bahn zur Absicherung gegen schädlichen Einfluss auf den Abtrag der Eisenbahnverkehrslasten sind in diesem Falle zu berücksichtigen. Das betrifft auch den gleisparallelen Rohrvortrieb, wenn die Bohrtrasse mit Erreichen des Tiefpunkts bei ca. 3,0 m unter GOK in den Stützbereich eintauchen sollte.

Hinsichtlich der Maschinen- und Einziehgruben im Bereich des Dammfußes dürfen gemäß Ril 836.4301, Seite 5, (4a), nicht gestützte oder nachgiebig gestützte Baugrubenwände hergestellt werden, wenn schädliche Auswirkungen auf Betriebs- oder Bestandsgleise ausgeschlossen werden können. Das betrifft nach vorliegenden Unterlagen die überwiegende Anzahl der Abgrabungen zur Herstellung der Baugruben, die sich außerhalb des Druckbereiches aber noch innerhalb des Stützbereiches befinden.

Soweit keine näheren Untersuchungen zur Gebrauchstauglichkeit geführt werden, sind bei Abgrabungen, deren gleisseitiger Fußpunkt innerhalb des äußeren Druckbereichs nach Modul 836.2001 liegt, wenig nachgiebig gestützte Baugrubenwände, und bei Abgrabungen, deren gleisseitiger Fußpunkt innerhalb des inneren Druckbereichs liegt, annährend unnachgiebige Baugrubenwände im Sinne der EAB, EB 67, herzustellen. Diese Vorgaben sind insbesondere im Bereich der gleisnahen Querung bei km 217,3 zu prüfen.

Die Standsicherheit des bestehenden Erdbauwerks ist im Zuge der Entwurfsplanung nach den Grundsätzen der DIN EN 1997-1 zu bewerten.

3.4 Tidebeeinflusste Wasserstände

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Wattenmeer, so dass die Grundwasserdruckhöhen im Grundwasserleiter sowie das Freiwasser tidebeeinflusst sind.

Gemäß dem Gewässerkundlichen Informationssystems der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes werden für die Pegel List auf Sylt, Hörnum und Dagebüll folgende kennzeichnende Wasserstände für den Zeitraum 2011 bis 2020 angegeben:

Tabelle 1: Kennzeichnende Wasserstände für den Zeitraum 2011 bis 2020

Pegel	Höchstes Tidehochwasser (HThw) [mNHN]	Mittleres Tidehochwasser (MThw) [mNHN]	Mittleres Tideniedrigwasser (MTnw) [mNHN]	Niedrigstes Tideniedrigwasser (NTnw) [mNHN]
List auf Sylt	+3,60	+0,92	-0,87	-2,49
Hörnum	+3,55	+1,04	-1,01	-3,03
Dagebüll	+4,09	+1,43	-1,59	-3,51

In Anlage 6 ist der Pegel List für den Zeitraum Oktober 2025 mit Kennzeichnung der Stichtagsmessungen der Baugrundaufschlüsse als Orientierung dargestellt.

3.5 Schutzzonen

Der Hindenburgdamm befindet sich innerhalb des Nationalpark Schleswig-Holsteinische Wattenmeer. Die Flächen nördlich und insbesondere südlich des Bahndamms sind der ungestörten Entwicklung der Natur vorbehalten und dürfen nicht betreten und beeinträchtigt werden.

Im östlichen Inselbereich wird das FFH-Gebiet Küstenlandschaft Ost-Sylt durch die Strecke 1210 in einen nördlichen und südlichen Teil unterteilt.

4 Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen

4.1 Baugrundaufschlüsse

Der Baugrundaufbau wurde im Oktober 2025 mit 29 Kleinrammbohrungen (BS) und 29 schweren Rammsondierungen (DPH) erkundet. Zur getrennten Entnahme von Wasserproben aus dem Grund- und Stauwasserhorizont wurden 8 Kleinrammbohrungen beim Rückbau abschnittsweise entsprechend verfiltert. Die Aufschlüsse wurden von der Firma GSB Grundbauingenieure GmbH, Bredenbek, ausgeführt und zusätzlich durch unser Büro begleitet und überwacht.

Die Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen wurden bis in Tiefen von 10 m unterhalb Geländeoberkante (GOK) ausgeführt. Das entspricht einem Höhenniveau der Endteufe zwischen ca. -2,8 mNHN bis ca. -6,8 mNHN.

Weiterhin liegen Altaufschlüsse aus den Jahren 2021 und 2022 vor. Dabei handelt es sich um Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen zur Erkundung von Signalanlagen und Rohrdurchlässe im Bereich des Untersuchungsgebietes, s. Unterlage U3 und U4.

Die Lage der Baugrundaufschlüsse kann der Anlage 2 entnommen werden.

Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind im Maßstab 1:100 höhengerecht in der Anlage 3 gemäß DIN 4023[3] aufgetragen.

4.2 Baugrundschichtung

Der Baugrund kann unter Berücksichtigung der Ergebnisse der ausgeführten Untergrundaufschlüsse sowie der vorliegenden Altaufschlüsse wie folgt beschrieben werden.

Auffüllung, Oberboden/Mutterboden

Mit sämtlichen ausgeführten Kleinrammbohrungen wurde ab der GOK bzw. unterhalb einer Oberflächenbefestigung eine i. M. ca. 0,3 m mächtige humose bzw. organische Oberbodenschicht festgestellt.

Lediglich im Bereich der Kleinrammbohrungen BS 218,95-br, BS 221,5-br und BS 225,3-br wurden keine Oberböden angesprochen.

Kornanalytisch handelt es sich bei den gewachsenen und aufgefüllten, organischen Oberböden um sandige Schluffe bis zusammengesetzt grobkörnige Sande mit z.T. kiesigen und anthropogenen Anteilen. In den plastischen Schichtbereichen wurde eine weiche Konsistenz festgestellt.

Mit den Ergebnissen der Glühverluste wurden organische Anteile von 4,6 % bis 12,9 % in den aufgefüllten Oberböden festgestellt.

Auffüllung, Klei

Unterlagernd zu den aufgefüllten Oberböden wurde mit den ausgeführten Kleinrammbohrungen ab einem Niveau zwischen ca. +4,1 mNHN (BS 225,69-br) bis ca. +2,6 mNHN (BS 220,3-br) eine überwiegend aufgearbeitete Deckschicht aus Kleiboden erkundet. Der aufgefüllte Kleiboden wurde überwiegend als toniger und z.T. schwach sandiger Schluff mit organischen Beimengungen angesprochen und weist Mächtigkeiten von rd. 0,7 m auf.

In den aufgefüllten Kleischichten wurde eine weich bis steife bzw. steife Konsistenz festgestellt.

Auffüllung, Sand

Im Bereich des Bahndamms werden die aufgefüllten, organischen und überwiegend hydraulisch undurchlässigen Deckschichten von aufgefüllten Sandschichten unterlagert. Die Oberkante der aufgefüllten Sandschichten wurde auf einem Niveau zwischen ca. +6,5 mNHN (BS 217,3-br) bis ca. +2,0 mNHN (BS 220,3-br, BS 224,9-br) festgestellt. Die Mächtigkeit der aufgefüllten Sandschicht variiert zwischen ca. 0,6 m bis 3,7 m und beträgt im Mittel ca. 2,0 m.

[3] DIN 4023: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen

Die Lagerungsdichte der aufgefüllten Sande kann auf Grundlage der Ergebnisse der Rammsondierungen als überwiegend locker bezeichnet werden.

Klei

Im Bereich der Kleinrammbohrungen BS 217,5-br, BS 217,92-br, BS 218,95-br, BS 221,5-br, BS 221,9-br, BS 222,3-br, BS 222,95-bl, BS 224,0-br, BS 224,9-br, BS 225,3-br und BS 225,69-br/bl wurden ab einem Niveau zwischen ca. +4,7 mNHN (217,5-br) und -5,15 mNHN (BS 224,0-br) Kleischichten erkundet, die kornanalytisch überwiegend als schwach sandige, tonige Schluffe mit organischen Beimengungen anzusprechen sind. Die Konsistenz des Kleis wurde überwiegend als weich und bereichsweise als weich bis steif angesprochen. Die Mächtigkeit der Kleischichten beträgt zwischen 0,6 m und 4,4 m und im Mittel ca. 1,8 m.

Die Wassergehalte wurden mit 30,0 % bis 55,1 % festgestellt.

Durch das maritime Ablagerungsmilieu wurden mit den ausgeführten Kleinrammbohrungen Klei- und Sandschichten häufig in Wechsellagerungen angetroffen. Diese z.T. sehr geringmächtigen Wechsellagerungen von Sand und Feinmaterial mit Schichtdicken von wenigen Zentimetern sind in gestörten Proben nicht zu erfassen. Da während des Spülvorgangs beim Rohrvortrieb die geringmächtigen Bodenschichten vermischt werden, wurde für eine Abschätzung der zu erwartenden Bodeneigenschaften die prozentualen Anteile der wechselnden Bodenschichten an den Bohrprofilen mit angegeben. Hieraus ergibt sich bei einem Ungleichgewicht entweder ein Sand mit Kleistreifen oder ein Klei mit Sandstreifen. Im Falle einer Ausgewogenheit beider Bodenschichten wird diese als „Wechsellagerung“ bezeichnet.

Sand

Unterlagernd zu den Auffüllungen und den Kleischichten sowie in den Kleischichten zwischengeschaltet wurden ab einem Niveau zwischen etwa +4,0 mNHN (BS 218,5-br) und -6,4 mNHN (BS 220,3-br) gewachsene Sande angetroffen. Kornanalytisch handelt es sich bei den gewachsenen Sanden überwiegend um Fein- und Mittelsande mit z.T. hohen Feinkornanteilen.

Die Lagerungsdichte der gewachsenen Sande kann auf Grundlage der Ergebnisse der Rammsondierungen als überwiegend locker bezeichnet werden.

Torf

Im Bereich der Kleinrammbohrungen BS 225,3-br und BS 225,69-br wurden ab einem Höhenniveau von ca. -1,1 mNHN (BS 225,69-br) und ca. -2,8 mNHN (BS 225,3-br) eine rd. 1,2 m bis 1,9 m mächtige Torfschicht erkundet.

Die Wassergehalte im Torf wurden mit 107,0 % bis 222,0 % festgestellt, die durchgeführten Glühverlustbestimmungen erbrachten einen Wert von 20,3 % bis 62,1 %.

Beckenton

Im Bereich der Kleinrammbohrung BS 225,69-br wurde unterlagernd zum Torf eine ca. 3,3 m mächtige Tonschicht erkundet. Der Beckenton wurde als ausgeprägt plastisch und mit einer streife Konsistenz angesprochen.

Die Tonschicht wurde bis zu einer Endteufe bei ca. -5,7 mNHN nicht durchörtert.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Höhenkoten der Basis der aufgefüllten Bodenschichten zur Differenzierung der gewachsenen und aufgefüllten Böden sowie der Baugrund in einer Tiefe von ca. 2,5 m bis 3,5 m unter Gelände bzw. von ca. +1,5 mNHN bis ca. +0,5 mNHN im Einflussbereich der angenommenen Bohrtrasse in einer Tiefe von ca. 3 m unter Gelände dargestellt.

Tabelle 2: Höhenkoten der mit den Baugrundaufschlüssen festgestellten Unterkante Auffüllung

Aufschlussbe-zeichnung	Höhe Ansatz-punkt [mNHN]	UK aufgefüllter Boden [mNHN]	Baugrund im Bereich ca. +1,5 mNHN bis ca. +0,5 mNHN (Einflussbereich Bohrtrasse)
BS 217,3-br (Q1)	+7,18	+2,38	S5: Sand, schluffig
BS 217,3-bl (Q1)	+7,33	+3,53	S5: Sand, schluffig; S6: Klei
BS 217,5-br	+4,86	+4,86 (GOK)	S7: Klei, sandig
BS 217,92-br (Q2)	+4,35	+3,75	S4: Sand
BS 217,92-bl (Q2)	+3,66	+0,46	S3: Auffüllung, Sand
BS 218,5-br	+4,58	+3,98	S4: Sand
BS 218,95-br (Q3)	+4,48	+2,78	S6: Klei; S5: Sand, schluffig
BS 218,95-bl (Q3)	+3,76	-0,64	S3: Auffüllung, Sand
BS 219,5-br	+3,80	+1,80	S6: Klei; S5: Sand, schluffig
BS 220,1-br	+3,62	+1,62	S4: Sand
BS 220,3-br	+3,20	+1,10	S3: Auffüllung, Sand; S4: Sand; S6: Klei
BS 220-7-br	+4,07	+0,27	S3: Auffüllung, Sand
BS 221,3-br (Q4)	+4,27	+0,87	S3: Auffüllung, Sand; S4: Sand
BS 221,3-bl (Q4)	+3,85	+1,25	S3: Auffüllung, Sand; S4: Sand
BS 221,5-br	+3,97	-0,43	S3: Auffüllung, Sand
BS 221,9-br	+3,88	+0,08	S3: Auffüllung, Sand
BS 222,3-br (Q5)	+3,78	+0,88	S3: Auffüllung, Sand; S4: Sand
BS 222,3-bl (Q5)	+3,77	+1,37	S3: Auffüllung, Sand; S4: Sand
BS 222,95-br (Q6)	+3,93	+0,33	S3: Auffüllung, Sand
BS 222,95-bl (Q6)	+3,66	-0,04	S3: Auffüllung, Sand
BS 223,5-br	+3,75	-1,15	S3: Auffüllung, Sand
BS 223,7-br	+3,55	-1,05	S3: Auffüllung, Sand
BS 224,0-br (Q7)	+3,65	+0,85	S3: Auffüllung, Sand; S6: Klei
BS 224,0-bl (Q7)	+4,18	-0,62	S3: Auffüllung, Sand

Aufschlussbezeichnung	Höhe Ansatzpunkt [mNHN]	UK aufgefüllter Boden [mNHN]	Baugrund im Bereich ca. +1,5 mNHN bis ca. +0,5 mNHN (Einflussbereich Bohrtrasse)
BS 224,5-br	+3,56	+0,16	S3: Auffüllung, Sand
BS 224,9-br	+3,20	+0,60	S3: Auffüllung, Sand; S4: Sand
BS 225,3-br	+3,55	-0,05	S3: Auffüllung, Sand
BS 225,69-br (Q8)	+4,35	+1,55	S3: Auffüllung, Sand; S6: Klei; S4: Sand
BS 225,69-bl (Q8)	+4,00	0,50	S3: Auffüllung, Sand

Zusammenfassend lässt sich der Baugrund im Bereich der angenommenen Bohrtrasse grob in folgende Abschnitte unterteilen:

I. km 217,3 bis ca. km 220,6: Schluffige Sande und organische Weichschichten

II. ca. km 220,6 bis ca. km 223,8: aufgefüllte Sande

III. ca. km 223,8 bis ca. km 225,69: aufgefüllte Sande und untergeordnet organische Weichschichten

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Baugrundverhältnisse wird eine intensivere planerische Betrachtung der Abschnitte 1 und 3 mit heterogeneren Schichtverläufen und erhöhten Anteilen an organischen Feinsedimenten empfohlen, s. a. Abschnitt 6.3.2.

4.3 Grund- und Schichtwasser

Mit den ausgeführten Kleinrammbohrungen wurde folgende Grundwasserstände im Bohrloch als Stichtagsmessung eingemessen. Der Messzeitpunkt der Stichtagsmessung ist in Klammern vermerkt, um eine zeitliche Zuordnung zu den Tidewasserständen zu ermöglichen. Demnach befinden sich die gemessenen Wasserstände über dem Niveau des mittleren Tidehochwassers (MThw) des Pegels List auf Sylt, siehe auch Tabelle 1 und Anlage 6.

- BS 217,3-br: +2,18 mNHN (14.10.2025 – 12:00 Uhr)
- BS 217,3-bl: +4,83 mNHN (13.10.2025 – keine Uhrzeit vermerkt)
- BS 217,5-br: +1,86 mNHN (13.10.2025 – 11:30 Uhr)
- BS 217,92-br: +2,65 mNHN (13.10.2025 – 12:30 Uhr)
- BS 217,92-bl: +1,76 mNHN (15.10.2025 – keine Uhrzeit vermerkt)
- BS 218,5-br: +2,68 mNHN (13.10.2025 – 14:00 Uhr)
- BS 218,95-br: +2,38 mNHN (13.10.2025 – 15:00 Uhr)
- BS 218,95-bl: +1,46 mNHN (15.10.2025 – keine Uhrzeit vermerkt)
- BS 219,5-br: +1,90 mNHN (14.10.2025 – 16:00 Uhr)
- BS 220,1-br: +1,82 mNHN (14.10.2025 – 10:15 Uhr)

- BS 220,3-br: +1,20 mNHN (14.10.2025 – 9:25 Uhr)
- BS 220-7-br: +2,07 mNHN (09.10.2025 – 15:30 Uhr)
- BS 221,3-br: +2,17 mNHN (09.10.2025 – 14:30 Uhr)
- BS 221,3-bl: +1,65 mNHN (15.10.2025 – keine Uhrzeit vermerkt)
- BS 221,5-br: +1,67 mNHN (09.10.2025 – 13:25 Uhr)
- BS 221,9-br: +1,78 mNHN (09.10.2025 – 10:55 Uhr)
- BS 222,3-br: +1,98 mNHN (09.10.2025 – 10:10 Uhr)
- BS 222,3-bl: +1,77 mNHN (16.10.2025 – keine Uhrzeit vermerkt)
- BS 222,95-br: +1,53 mNHN (08.10.2025 – 15:40 Uhr)
- BS 222,95-bl: +1,56 mNHN (16.10.2025 – keine Uhrzeit vermerkt)
- BS 223,5-br: +1,75 mNHN (08.10.2025 – 14:15 Uhr)
- BS 223,7-br: +1,55 mNHN (08.10.2025 – 12:10 Uhr)
- BS 224,0-br: +2,45 mNHN (08.10.2025 – 10:50 Uhr)
- BS 224,0-bl: +1,98 mNHN (16.10.2025 – keine Uhrzeit vermerkt)
- BS 224,5-br: +1,56 mNHN (07.10.2025 – 16:05 Uhr)
- BS 224,9-br: +1,40 mNHN (07.10.2025 – 14:50 Uhr)
- BS 225,3-br: +2,55 mNHN (07.10.2025 – 13:15 Uhr)
- BS 225,69-br: +2,85 mNHN (07.10.2025 – 11:50 Uhr)
- BS 225,69-bl: +2,10 mNHN (16.10.2025 – keine Uhrzeit vermerkt)

Die gemessenen Grundwasserdruckhöhen sind als Stauwasserstände zu interpretieren. Der Tideeinfluss und eine zeitliche bzw. tidebedingte Beeinflussung dieser Grundwasserdruckhöhen kann durch die Stichtagsmessungen nicht bewertet werden, hierzu sind weitere Messungen notwendig.

Die Stichtagsmessungen der einzelnen Aufschlussbohrungen stellen weder den maximalen noch den minimalen Grundwasserstand oder deren Schwankungsbreite dar. Für eine Bewertung der maximalen und für die Bauausführung maßgebenden Grundwasserstände wird die Herstellung von Grundwassermessstellen im geplanten Trassenbereich mit kontinuierlicher Datenerfassung empfohlen.

4.4 Bodenmechanische Laborversuche

4.4.1 Wassergehalte und Glühverluste

Zur vergleichenden Bewertung und zur Bestimmung der Bodenkennwerte wurden Wassergehalte gemäß DIN EN ISO 17892-1[4] und Glühverluste gemäß DIN 18128[5] an ausgewählten bindigen Proben bestimmt. Eine Übersicht über die Ergebnisse ist in Tabelle 3 dargestellt.

[4] DIN EN ISO 17892-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts
[5] DIN 18128: Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Glühverlustes

Tabelle 3: Übersicht über die Wassergehalte und Glühverluste ausgewählter Proben

Bodenart	Wassergehalte w [%]			Glühverluste v_{gl} [%]		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Auffüllung, Mutterboden w: 0 Versuche v_{gl}: 2 Versuche	-	-	-	4,6	**8,8**	12,9
Auffüllung, Klei w: 3 Versuche v_{gl}: 0 Versuche	26,1	**31,8**	38,7	-	-	-
Klei w: 6 Versuche v_{gl}: 0 Versuche	30,0	**37,2**	55,1	-	-	-
Torf w: 2 Versuche v_{gl}: 2 Versuche	107,0	**164,5**	222,0	20,3	**41,2**	62,1
Beckenton w: 1 Versuch v_{gl}: 0 Versuche	-	**32,6**	-	-	-	-

Die Einzelergebnisse der Wassergehalts- und Glühverlustbestimmungen können den Bohrprofilen der Anlagen 3.1 bis 3.12 entnommen werden.

4.4.2 Kornverteilungen

Zur Ergänzung der im Labor durchgeführten Bodenprobenansprache wurden an kennzeichnenden Bodenproben Kornverteilungsanalysen nach DIN EN ISO 17892-4[6] durchgeführt.

Die Ergebnisse der durchgeführten Kornverteilungsanalysen sind in Form von Kornverteilungskurven in den Anlagen 4.1 bis 4.7 dokumentiert.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Kornverteilungsanalysen zusammengefasst:

Tabelle 4: Ergebnisse der Kornverteilungsanalysen

Bodenart	Aufschluss / Proben Nr.	Entnahmetiefe [mNHN]	Zusammensetzung	Kornkennzahl T / U / S / G [%]
Auffüllung, Sand	BS 217,3-br, BP3	+4,98	fS, mS, gs'	- / 1,2[1)] / 97,8 / 1
Auffüllung, Sand	BS 221,5-br, BP3	+0,57	fS, mS, gs', u'	- / 3,3[1)] / 96,3 / 0,5
Auffüllung, Sand	BS 222,95-bl, BP4	+0,36	mS, gS, fs, g'	- / 0,9[1)] / 89,8 / 9,4
Auffüllung, Klei	BS 222,95-bl, BP2	+2,46	U, s*, t	16,3 / 35,8 / 46,2 / 1,7

[6] DIN EN ISO 17892-4: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung

Bodenart	Aufschluss / Proben Nr.	Entnahme-tiefe [mNHN]	Zusammen-setzung	Kornkennzahl T / U / S / G [%]
Auffüllung, Klei	BS 223,7-br, BP2	+2,15	U, t, s	25 / 52,4 / 21 / 1,6
Sand	BS 217,92-br, BP4	-0,05	fS, ms, gs', u'	- / 3,3[1)] / 95,3 / 1,4
Sand	BS 218,5-br, BP2	+2,78	fS, u, t'	3,2 / 23 / 73,8 / -
Sand	BS 218,95-br, BP4	-0,22	fS, u, ms'	3,6 / 20,7 / 75,6 / -
Sand	BS 220,1-br, BP4	+0,12	fS, ms, u'	- / 3,6[1)] / 89,2 / 7,2[2)]
Sand	BS 220,3-br, BP4	-0,40	fS, ms, u'	0,6 / 14,2 / 85,2 / -
Sand	BS 220,7-br, BP4	-0,23	fS, u, ms'	1,9 / 23,5 / 74,6 / -
Sand	BS 221,3-bl, BP4	-0,05	fS, ms, u', gs', g'	- / 6,7[1)] / 88,9 / 4,4
Sand	BS 222,3-br, BP4	+0,48	fS, mS, gs'	- / 3,2[1)] / 93,7 / 3,0[2)]
Sand	BS 225,69-bl, BP2	+1,00	mS, gs, u, t, fs', g'	16,8 / 19,5 / 57,1 / 6,7
Klei	BS 217,5-br, BP3	+1,76	fS, u*, ms'	1,1 / 30,8 / 67,9 / 0,2
Klei	BS 217,5-br, BP4	+0,26	U, fs*, t', ms'	9,7 / 39,4 / 50,9 / -
Klei	BS 217,92-br, BP2	+2,95	U, fs*, t'	5,1 / 42,2 / 52,7 / -
Klei	BS 221,5-br, BP5	-2,43	U, fs*, t', ms'	7,7 / 45,9 / 46,4 / -
Klei	BS 221,9-br, BP5	-1,92	U, fs*, t', ms'	5,4 / 34,9 / 59,6 / -
Klei	BS 222,3-br, BP5	-2,02	fS, u*, ms'	3,9 / 29,8 / 64,8 / 1,5
Klei	BS 222,95-bl, BP5	-1,14	U, fs, ms, t', gs'	8,0 / 37,2 / 54,9 / -
Klei	BS 224,0-br, BP4	+0,45	U, t*, s	36,7 / 45,8 / 17,5 / -
Beckenton	BS 225,69-br, BP7	-3,55	T, U, s	40 / 38 / 22 / -

[1)] Aufgrund des Analyseverfahrens (hier: Nasssiebung) ist keine Differenzierung zwischen den Korngrößen der Tonfraktion (T) und der Schlufffraktion (U) möglich.

[2)] Ab 2 mm Korngröße bestehen die Siebreste aus Muschelresten

4.5 Chemische Analysen des Bodens

4.5.1 Allgemeines

Der im Zuge der Baumaßnahme auszuhebende Boden im Bereich der Start- und Zielbaugruben bzw. Kabelziehgruben ist hinsichtlich seiner Weiterverwendung bzw. Verbringung und Entsorgung i. W. auf Grundlage der LAGA-Einstufung bzw. Zuordnung („Z-Werte") orientierend zu beurteilen.

Die Z-Werte gemäß LAGA[7] der Aushubböden führen zu folgenden Konsequenzen hinsichtlich des weitergehenden Einbaus dieser Böden:

Einbauklasse Z 0: uneingeschränkter Einbau

Einbauklasse Z 1.1: eingeschränkter offener Einbau

Einbauklasse Z 1.2: eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten

Einbauklasse Z 2: eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen

Einbauklasse > Z 2: Einbau in Deponien/Dekontamination des Bodens.

Bei der hier ausgeführten Schadstoffanalyse des Bodens handelt es sich um eine orientierende Schadstofferkundung, da Analyseergebnisse, die älter als 6 Monate sind, i.d.R. von den Entsorgern/Deponien nicht mehr akzeptiert werden, ist lediglich ein reduzierter Untersuchungsumfangausgeführt worden. Von daher muss bei einer Bauausführung später als 6 Monate nach der Probennahme durch die hier vorliegende Baugrunderkundung der beim Aushub anfallende Boden erneut untersucht werden.

4.5.2 Untersuchungsergebnisse und Handlungsempfehlungen

Zur weiteren orientierenden Untersuchung, ob mit erhöhten chemischen Belastungen der für den Aushub vorgesehenen Böden zu rechnen ist, wurden 8 chemische Untersuchungen auf den Komplettumfang nach LAGA (Feststoff und Eluat) durchgeführt.

Für die Untersuchungen wurde von den Kleinrammbohrungen BS 217,3-br, BS 217,92-br, BS 218,95-br, BS 221,3-br, BS 222,3-br, BS 222,95-br, BS 224,0-br und BS 225,69-br acht Mischproben der Auffüllungshorizonte sowie z.T. des unterlagernden, gewachsenen Bodens, der im Zuge der Baumaßnahmen auszuheben und zu entsorgen sein wird, hergestellt. Hierbei wurden die durchwurzelten Oberböden sowie die organischen Kleiböden nicht mitberücksichtigt. Es ist vorgesehen, dass diese Böden nach Abschluss der Baumaßnahme für die Wiederherstellung der durchwurzelbaren Bodenschicht und der abdeckenden Kleischicht verwendet werden sollen.

Die Untersuchungsergebnisse sind in Anlage 5.1 dargestellt und in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Mit den durchgeführten Analysen wurde bei den untersuchten Mischproben Zuordnungsklassen zwischen Z0 bis Z1.2 festgestellt, wobei als maßgebende Parameter bei den Mischproben mit einen Zuordnungswert >Z0 der TOC-Gehalt und der pH-Wert im Eluat hervorzuheben sind.

Die LAGA-Analysen für den aufgefüllten bzw. gewachsenen Sand im Bereich der Kleinrammbohrungen BS 217,3-br (MP1), BS 217,92-br (MP2), BS 221,3-br (MP4), BS 222,3-br (MP5), BS 224,0-br (MP7) und BS 225,69-br (MP8) ergeben einen Zuordnungswert von Z0. Der Boden kann gem. LAGA zum uneingeschränkten Einbau wiederverwendet werden.

[7] Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln Boden – Stand: 5. November 2004

Tabelle 5: Übersicht über die Ergebnisse der LAGA-Analytik

Bezeich-nung	Entnahme	Tiefe bis [m unter GOK]	Probenzusammen-setzung	Zuordnung gem. LAGA bzw. DepV	maßgebende Parameter
MP1	BS 217,3-br	3,7	Auffüllung, sandig	Z0	-
MP2	BS 217,92-br	2,9	Sand	Z0	-
MP3	BS 218,95-br	1,7	Auffüllung, sandig, schwach humos	Z1 (Z0)	TOC
MP4	BS 221,3-br	3,2	Auffüllung, sandig	Z0	-
MP5	BS 222,3-br	2,9	Auffüllung, sandig	Z0	-
MP6	BS 222,95-br	2,8	Auffüllung, sandig	Z1.2	pH-Wert
MP7	BS 224,0-br	2,8	Auffüllung, sandig, schluffig	Z0	-
MP8	BS 225,69-br	2,6	Auffüllung, sandig, schwach schluffig	Z0	-

Die Mischprobe MP3 der aufgefüllten Böden der Kleinrammbohrung BS 218,95-br weist einen TOC-Gehalt von 0,95 % auf und überschreitet gemäß LAGA somit den Z0-Grenzwert von 0,5 % und ist einem Zuordnungswert von Z1 zuzuordnen. Da das untersuchte Material neben dem festgestellten erhöhten TOC-Gehalt ausschließlich Z0-Werte bei den weiteren untersuchten Parametern aufweist, empfehlen wir, die Analyseergebnisse spätestens im Zuge der Aushubarbeiten durch eine Deklarationsanalytik bestätigen zu lassen. Sollte bei dem aufgefüllten Aushubboden ein TOC-Gehalt zwischen 0,5 % und 1,0 % bestätigt werden, kann mithilfe einer Messung des C/N-Verhältnisses die Abbaubarkeit der organischen Substanz analysiert und ggf. der Zuordnungswert gesenkt werden.

Das Eluat der Mischprobe MP6 weist einen pH-Wert von 6,4 auf und unterschreitet somit den Z0-Grenzwert von 6,5 und ist einem Zuordnungswert von Z1.2 zuzuordnen. Neben der hier nur sehr geringen Unterschreitung sind grundsätzlich bei einer Unter- oder Überschreitung des pH-Werts die Ursachen zu prüfen. Da das untersuchte Material neben dem pH-Wert ausschließlich Z0-Werte bei den weiteren untersuchten Parametern aufweist, können auch natürliche chemische Prozesse im Boden als Grund für den niedrigeren pH-Wert sein. Wir empfehlen, die Analyseergebnisse spätestens im Zuge der Aushubarbeiten durch eine Deklarationsanalytik bestätigen zu lassen.

Für eine spätere Aushubseparierung, -entsorgung oder einen Wiedereinbau wird auf der Grundlage der bisherigen Erkundungsergebnisse zusammenfassend folgende Differenzierung empfohlen:

- Humose bzw. organische Oberböden
- aufgefüllte und gewachsene Sande
- organische Weichschichten

Bei einem Wiedereinbau bzw. dem Verbleib des Bodens auf dem Grundstück sind die gültigen Gesetze, Verordnungen, die BBodschV und die TR LAGA Boden, sowie die geotechnische Eignung der Böden zu beachten. Im Einzelfall, wie z.B. bei einer geringen Unterschreitung des pH-Wertes, kann eine Abstimmung mit der zuständigen Behörde sinnvoll sein.

Die ausgeführten chemischen Bodenanalysen haben einen orientierenden Charakter und decken nicht sämtliche Aushubbereiche mit ab. Hinsichtlich der unbekannten Herkunft der Auffüllungen und der vorrangigen Nutzung des Bahndamms als Verkehrsbauwerk können während der Baumaßnahme offensichtlich belastete Böden freigelegt werden. Aus diesem Grund empfehlen wir trotz gemessener geringer Belastungen die Berücksichtigung entsprechender Positionen für alle Zuordnungswerte im Leistungsverzeichnis des zukünftigen AN Erdbau.

4.6 Wasseranalytik

Aus den Kleinrammbohrungen BS 217,3-br, BS 217,92-br, BS 218,95-br, BS 221,3-br, BS 222,3-br, BS 222,95-br, BS 224,0-br und BS 225,69-br wurden acht Wasserproben entnommen und durch das Labor UCL, Kiel, auf beton- und stahlangreifende Inhaltsstoffe gem. DIN 4030[8] bzw. DIN 50929[9] untersucht. Die detaillierten Ergebnisse der Analysen sind der Anlage 5.2 zu entnehmen und in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 6: Übersicht über die Analysenergebnisse auf Beton- und Stahlaggressivität

Aufschluss / Entnahmetiefe [m u. GOK]	Betonaggressivität gem. DIN 4030 / Expositionsklasse	Stahlaggressivität gem. DIN 50929	
		Mulden- und Lochkorrosionswahrscheinlichkeit	Flächenkorrosionswahrscheinlichkeit
BS 217,3-br / 5,50 m	nicht betonangreifend / XA0	sehr gering	sehr gering
BS 217,92-br / 2,00 m	nicht betonangreifend / XA0	gering	sehr gering
BS 218,95-br / 2,50 m	schwach betonangreifend / XA1	gering	sehr gering
BS 221,3-br / 4,50 m	schwach betonangreifend / XA1	gering	sehr gering
BS 222,3-br / 4,00 m	nicht betonangreifend / XA0	gering	sehr gering
BS 222,95-br / 3,50 m	schwach betonangreifend / XA1	gering	sehr gering
BS 224,0-br / 3,00 m	schwach betonangreifend / XA1	mittel	gering
BS 225,69-br / 3,00 m	schwach betonangreifend / XA1	hoch	mittel

[8] DIN 4030-1: Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden, und Gase – Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte
[9] DIN 50929-3: Korrosion der Metalle; Korrosionswahrscheinlichkeit metallener Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung – Teil 3: Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern

4.7 Chemische Analytik, Asphalt

Zur Beurteilung der Pechhaltigkeit wurden an 14 Standorten Asphaltproben entnommen und PAK-Bestimmungen (Polyzyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe) mit Untersuchungsumfang gem. EPA (amerikanische Bundesumweltbehörde USEPA) sowie durchgeführt. Die mit diesem Umfang analysierten 16 Einzelverbindungen können erfahrungsgemäß in guter Näherung stellvertretend für die weitaus größere Anzahl vorkommender Einzelsubstanzen zur Beurteilung herangezogen werden. Des Weiteren wurden die Asphaltproben auf ihren Asbestgehalt untersucht.

Die Untersuchungsergebnisse sind in der Anlage 5.3 dokumentiert und in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 7: Übersicht über die Ergebnisse der PAK- und Asbestanalytik

Proben-Bezeichnung / Aufschluss Nr.	bis Tiefe [m u. GOK]	PAK Gehalt [mg/kg] Phenolindex [mg/l]	Asbestnachweis gemäß VDI 3866-05: 2017-06	Bezeichnung (RuVA-StB 01[10])
AP 218,95-br	0,20	0,58 <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt
AP 221,9-br	0,20	nicht nachweisbar <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt
AP 222,3-br	0,20	nicht nachweisbar <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt
AP 222,95-br	0,20	nicht nachweisbar <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt
AP 224,0-br	0,20	nicht nachweisbar <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt
AP 224,3-br	0,20	nicht nachweisbar <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt
AP 225,3-br	0,20	nicht nachweisbar <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt

[10] Richtlinie für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer- / pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB 01)

Proben-Bezeichnung / Aufschluss Nr.	bis Tiefe [m u. GOK]	PAK Gehalt [mg/kg] Phenolindex [mg/l]	Asbestnachweis gemäß VDI 3866-05: 2017-06	Bezeichnung (RuVA-StB 01[10])
AP 221,3-bl	0,15	nicht nachweisbar <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt
AP 222,3-bl	0,15	nicht nachweisbar <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt
AP 222,95-bl	0,15	nicht nachweisbar <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt
AP 224,0-bl	0,15	nicht nachweisbar <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt
AP 225,69-bl	0,10	nicht nachweisbar <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt
AP -extra-225,21-br	0,20	nicht nachweisbar <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt
AP -extra-225,3-br	0,20	nicht nachweisbar <0,01	nicht nachgewiesen	Ausbauasphalt

Die Asphaltproben sind gemäß RuVA-StB 01 und dem Amtlichen Anzeiger Nr. 188[11] zu beurteilen. Demnach können folgende Aussagen gemacht werden:

Das Material sämtlicher untersuchter Asphaltproben ist teerfrei und der Asphalt kann aus diesen Bereichen für eine Wiederverwendung bzw. Verwertung vorgesehen werden. Ist dies aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht möglich, ist der Asphalt auf einer zugelassenen Deponie zu entsorgen. Bei den Proben wurde zusätzlich der Parameter Asbest untersucht. In sämtlichen Proben wurde kein Asbest nachgewiesen (unterhalb der Nachweisgrenze).

[11] Amtlichen Anzeiger Nr. 188; Technische Regeln (TR) Straßenaufbruch 27.09.1995

5 Auswertung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

5.1 Charakteristische Bodenkenngrößen für geotechnische Berechnungen

Auf Grundlage der Baugrunderkundung sowie unserer Erfahrungen mit vergleichbaren Böden werden die in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellten charakteristischen Bodenkenngrößen angegeben.

Tabelle 8: Charakteristische Bodenkenngrößen

Bodenschicht	Wichte	Scher-parameter[1)]	undränierte Kohäsion	Steifemodul
	γ_k/γ'_k	φ'_k / c'_k	$c_{u,k}$	$E_{s,k}$
	[kN/m³]	[°] / [kN/m²]	[kN/m²]	[MN/m²]
S1: Auffüllung, humos, Oberboden	16 / 8	30 / 0	-	15-30
S2: Auffüllung, Klei	17 / 7	22,5 / 2,5	10	2
S3: Auffüllung, Sand	17 / 9	30 / 0	-	10
S4: Sand	18 / 10	32,5 / 0	-	20
S5: Sand, schluffig	19 / 11	30 / 0	-	15
S6: Klei	16 / 6	20 / 5	15	2,5
S7: Klei, sandig	17 / 7	22,5 / 5	20	5
S8: Torf	11 / 1	17,5 / 5	10	0,3 – 0,7
S9: Beckenton	21 / 11	30,0 / 10	150	35

[1)] Der Erddruckneigungswinkel ist in den organischen Bodenschichten (Klei und Torf) zu $\delta_k = 0$ zu setzen. In den mineralischen Bodenschichten kann ein Erddruckneigungswinkel von $\delta_k \leq 2/3\ \varphi_k'$ angesetzt werden.

5.2 Charakteristische Grund- und Schichtwasserstände

Nach den Pegelaufzeichnungen in Anlage 6 wurden mit den Stichtagsmessungen überwiegend Wasserstände eingemessen, die höher liegen als die Grundwasserdruckhöhen der Tideschwankungen. Wir empfehlen daher für die Bemessung des Rohrvortriebsverfahren die folgenden höchsten und niedrigste charakteristische Grundwasserstände auf Grundlage der gemessenen Wasserstände zu berücksichtigen:

Höchster charakteristischer Grundwasserstand: + 3,5 mNHN

Niedrigster charakteristischer Grundwasserstand: ± 0,0 mNHN

Für eine weiterführende Bewertung der für die Bauausführung maßgebenden Grundwasserstände, wird eine kontinuierliche Erfassung der Grundwasserdruckhöhen im Bereich der geplanten Leitungstrasse erforderlich, s. auch Abschnitt 4.3.

5.3 Bodenklassifizierung und Homogenbereiche

Zur Beschreibung der leistungs- und verfahrenstechnischen Eigenschaften hinsichtlich der Bearbeitbarkeit des Baugrunds erfolgt in der nachfolgenden Tabelle eine Zuordnung der Schichten gem. Abschnitt 5.1 in Homogenbereiche mit für das jeweilige Bauverfahren vergleichbaren Eigenschaften. Die für die einzelnen Schichten kennzeichnenden Parameter können der Anlage 7 zu diesem Bericht entnommen werden.

Tabelle 9: Zuordnung der Schichten in Homogenbereiche mit Bezug auf die VOB, Teil C

<table>
<tr><th>Bodenschicht</th><th>I
DIN 18300
Erdarbeiten</th><th>II
DIN 18304
Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten</th><th>III
DIN 18324
Horizontalspülbohrarbeiten</th></tr>
<tr><td>S1: Auffüllung, humos, Oberboden</td><td>I A</td><td rowspan="2">II A</td><td>III A</td></tr>
<tr><td>S2: Auffüllung, Klei</td><td>I B</td><td>III B</td></tr>
<tr><td>S3: Auffüllung, Sand</td><td rowspan="3">I A</td><td rowspan="3">II B</td><td rowspan="2">III C</td></tr>
<tr><td>S4: Sand</td></tr>
<tr><td>S5: Sand, schluffig</td><td>III D</td></tr>
<tr><td>S6: Klei</td><td rowspan="3">I B</td><td rowspan="2">II A</td><td rowspan="2">III B</td></tr>
<tr><td>S7: Klei, sandig</td></tr>
<tr><td>S8: Torf</td><td>II A</td><td>III E</td></tr>
<tr><td>S9: Beckenton</td><td>II C</td><td>III F</td></tr>
</table>

5.4 Hydraulische Durchlässigkeit der Bodenschichten

In der Tabelle 10 sind Bandbreiten für mögliche hydraulische Durchlässigkeitsbeiwerte zusammengestellt. Die Bandbreiten wurden auf Grundlage der Bodenansprache, der Korngrößenverteilung sowie vorliegenden Erfahrungswerten für vergleichbare Bodenarten ermittelt.

Tabelle 10: Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte der Bodenschichten

Bodenschicht	Wasserdurchlässigkeitsbeiwert	
	K_f [m/s]	Bemerkung nach DIN 18130-1[12]
S1: Auffüllung, humos, Oberboden	$5x10^{-5} – 1x10^{-8}$	durchlässig bis schwach durchlässig
S2: Auffüllung, Klei	$1x10^{-7} – 1x10^{-9}$	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
S3: Auffüllung, Sand	$1x10^{-4} – 1x10^{-8}$	durchlässig bis schwach durchlässig
S4: Sand	$5x10^{-4} – 5x10^{-5}$	durchlässig
S5: Sand, schluffig	$5x10^{-5} – 1x10^{-8}$	durchlässig bis schwach durchlässig
S6: Klei	$1x10^{-7} – 1x10^{-9}$	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
S7: Klei, sandig	$1x10^{-6} – 1x10^{-8}$	schwach durchlässig
S8: Torf	$1x10^{-5} – 1x10^{-8}$	durchlässig bis schwach durchlässig
S9: Ton	$1x10^{-8} – 1x10^{-10}$	sehr schwach durchlässig

6 Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise

6.1 Geotechnische Kategorie

Die Geotechnische Kategorie (GK) nach DIN 1054[13] ist ein Maß für den Schwierigkeitsgrad des Bauwerks, der Baugrundverhältnisse und der Wechselwirkungen zwischen diesen und der Umgebung.

Für die Einstufung in eine Geotechnische Kategorie ist das Kriterium, welches den höchsten Schwierigkeitsgrad ergibt, maßgebend.

Die Baumaßnahme ist aufgrund des Bauverfahrens der Horizontalspülbohrung (HDD-Verfahren) in die Geotechnische Kategorie 3 einzustufen.

[12] DIN 18130-1: Baugrund, Untersuchung von Bodenproben, Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts Teil 1: Laborversuche
[13] DIN 1054:2010-12: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1

6.2 Baugruben

6.2.1 Erforderliche Baugrubentiefen

Gemäß Unterlage U2 wird von einer möglichst geringen Verlegetiefe der gleisparallelen Leitungstrasse bis ca. 3,0 m unter Gelände ausgegangen. Die Baugrubentiefe der Verbindungs- und Schachtbaugruben betragen gemäß Unterlage U5 ca. 2,0 m unter GOK. Ein Aufmaß der Böschungsgeometrie liegt mit der Unterlage U1 ausschließlich als Querprofil bei km 218,947 vor. Die übrigen Querungen sowie ein Höhenplan der parallel zum Gleis verlaufenden Leitungstrasse liegen nicht vor, so dass das Baugrubensohlniveau der Baugruben noch nicht abschließend bekannt ist.

6.2.2 Baugrubenkonzept

Aufgrund der zuvor beschriebenen Baugrubentiefe von ca. 2,0 m unter Geländeoberfläche ergibt sich näherungsweise das Baugrubensohlniveau in Tiefen von

- ca. +5,2 mNHN im Bereich des Festlands bei km 217,3,
- ca. +1,8 mNHN im Dammbereich und
- ca. +2,3 mNHN im Inselbereich bei km 225,69.

Demnach sind im Damm- und Inselbereich aufgrund der gemessenen Grund- und Schichtwasserstände gem. Abschnitt 4.3 sowie der Festlegung zu den charakteristischen Grundwasserständen gem. Abschnitt 5.2 Maßnahmen zur Grundwasserhaltung erforderlich. Für eine ausreichende Sicherheit im Bauzustand gegen Aufbruch der Baugrubensohle ist entweder eine

- Grundwasserabsenkung oder eine
- Grundwasserabsperrung

erforderlich, s. Abschnitt 6.2.8.

Im Bereich der geplanten Baugrubensohlen nach Abschnitt 6.2.1 stehen überwiegend aufgefüllte und z.T. gewachsene Sande mit lockerer Lagerungsdichte an. Die locker gelagerten Sande sind als bedingt tragfähig zu bewerten. Diese Bereiche erfordern für die Herrichtung der Arbeitsebene eine Nachverdichtung und als Gründungsebene für Schachtbauwerke einen Mehraushub und Bodenaustausch von ca. 0,30 m, siehe auch Abschnitt 6.3.

Mit den Kleinrammbohrungen BS 217,5-br und BS 218,95-br wurden im angenommenen Bereich der Baugrubensohlen organische Weichschichten angetroffen, die als nicht tragfähig zu bewerten sind. Unterhalb der aufgefüllten Böden wurden zudem Sand und Kleischichten in geringmächtigen Wechsellagerungen festgestellt, welche in Abhängigkeit der Anteile der organischen Weichschichten ebenfalls als nicht tragfähig zu bewerten sind. Diese Bereiche erfordern einen Mehraushub und Bodenaustausch von ca. 0,50 m, siehe auch Abschnitt 6.3.

6.2.3 Baugrubensicherung

Für die Baugrubensicherung gelten generell die Vorgaben der DIN 4124[14]. Darüber hinaus sind die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben" (EAB)[15] zu berücksichtigen.

Gemäß Unterlage U5 ist die Baugrubensicherung mit einem Gleitschienenverbau vorgesehen. Bei der Einbringung des Verbaus ist eine ausreichende Einbindung der Gleitschienenplatten in den tragfähigen Baugrund vorzusehen. Sollten unterhalb der Baugrubensohle organische Weichschichten oder locker gelagerte Sande anstehen, sind zur Vermeidung von Verformungen im Baugrubensohlbereich tiefer liegenden Querstützen zu berücksichtigen.

Bei Herstellung eines Baugrubenverbaus ist grundsätzlich zu beachten, dass im Nahbereich zu Bestandsgebäuden (Bahngebäude bei ca. km 220,120, bahnrechts) erschütterungsinduzierende und damit potenziell setzungserzeugende Einbringverfahren für Verbauelemente auszuschließen sind, um die Nachbarbebauung sowie auch ggf. erdverlegte Leitungen nicht zu beeinträchtigen.

Hinsichtlich der Einbringbarkeit von Gleitschienenplatten ist zu erwarten, dass bis auf ein Niveau von etwa -6,0 mNHN mit leichten bis mittelschweren Widerständen zu rechnen ist.

Für die erforderlichen Arbeits- und Seitenraumverfüllungen sind schluffarme, verdichtungsfähige und frostsichere Sande bzw. Kiessande (Feinkornanteil ≤ 5 Gew.-% mit einem Ungleichförmigkeitsgrad $C_U > 3$) zu verwenden.

6.2.4 Bemessung der Verbauwände

Die erdstatische Bemessung der Verbauwände ist auf Grundlage der Angaben in Abschnitt 5 durchzuführen. Des Weiteren sind die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben" (EAB) zu beachten.

Im Bereich von unmittelbar an die Baugrube angrenzenden Leitungen, im Lastausstrahlungsbereich der Bestandsgebäude sowie bei Baugrubensohlen, deren gleisseitiger Fußpunkt innerhalb des inneren Druckbereiches nach RIL 836.2001[16] liegt, wird empfohlen, zur Minimierung der Verbauverformungen die Verbauwände für den erhöhten Erddruck mit

$$e' = ½ \cdot (e_a + e_0) \quad \text{mit} \quad k_0 = 1 - \sin\varphi'$$

zu bemessen.

Es wird darauf hingewiesen, dass der Nachweis der Aufbruchsicherheit der Baugrube nach EB 99, der EAB (2021), nachzuweisen ist.

[14] DIN 4124: Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
[15] EAB: Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben", Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., 6. Auflage, Ernst & Sohn, 2021
[16] RIL 836.2001: Richtlinie 836 der Deutschen Bahn, Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten, Modul 2001Einwirkungen und Widerstände

6.2.5 Horizontale Stützung der Verbauwände

Bei erforderlichen Baugrubentiefen von mehr als ca. 3,0 m wird, erfahrungsgemäß eine horizontale Stützung der Verbauwände durch Aussteifungen erforderlich. Im vorliegenden Fall wird von flacherer Baugrubentiefen ausgegangen.

Sollten entgegen der aktuellen Planungen Baugruben hergestellt werden, die tiefer als ca. 3,0 m sind, können für die Schachtbaugruben die Aussteifungen mittels entsprechender eingehängter bzw. auf Konsolen aufgelagerter Rahmenkonstruktionen erfolgen. Die Aussteifung ist kraftschlüssig zu verkeilen bzw. in Abhängigkeit der Lage des Fußpunktes mit Bezug zum Druckbereich nach Ril 836.2001[17] ggf. vorzuspannen.

Für die Bemessung der Steifen und der Gurtung sind die Empfehlungen EB52 (Abschn. 14.7) und EB51 (Abschn. 14.6) der EAB (2021) zu beachten.

Mit Bezug auf das Vorhandensein von organischen Weichschichten im Baugrubensohlbereich nach Abschn. 6.2.2 wird auch für den Gleitschienenverbau eine tiefliegende Stützung erforderlich.

6.2.6 Herstellungsbedingte Verformungen

Setzungen, die infolge von Verbauverformungen in angrenzenden Flächen auftreten, sind erfahrungsgemäß unvermeidbar. Entsprechende Nacharbeiten insbesondere zur Wiederherstellung etwaig versiegelter Geländeoberflächen können daher ggf. erforderlich werden.

Die Auswirkungen des Baugrubenverbaus auf den Bahndamm zur Absicherung gegen schädlichen Einfluss auf den Abtrag der Eisenbahnverkehrslasten nach Abschn. 3.3 sind nach Festlegung der Baugrubenanordnung unter Berücksichtigung der jeweiligen Baugrundverhältnisse zu überprüfen. Unter Berücksichtigung der Empfehlungen zur horizontalen Stützung der Verbauwände nach Abschn. 6.2.5 und zur Herrichtung der Gründungssohle bzw. Arbeitsebene im Baugrubenkonzept nach Abschn. 6.2.2 sind zunächst keine signifikanten Auswirkungen auf den Bahnbetrieb zu erwarten.

Ein abschließende Überprüfung der herstellungsbedingten Verformungen ist auf Grundlage der Entwurfsplanung vorzunehmen, wofür wir gerne zur Verfügung stehen.

6.2.7 Wasserhaltung

Für eine weiterführende Planung der erforderlichen Grundwasserhaltungsmaßnahmen wird eine kontinuierliche Messung der Grundwasserdruckhöhen im Bereich der Baugruben erforderlich. Zur Absicherung der Grundwasserdruckhöhen im Bereich des Untersuchungsgebietes wird eine Nacherkundung mit Herstellung von mind. 3 Grundwassermessstellen im Festlands-, Damm- und Inselbereich mit kontinuierlichen Grundwassermessungen für erforderlich erachtet.

Die Durchführung der Baumaßnahme ist außerhalb der Sturmflutzeit vom 15. September bis zum 31. März vorgesehen.

[17] Ril 836.2001: Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke – Einwirkungen und Widerstände - Einwirkungen, 2013

Hinsichtlich der Pegelwasserstände in Anlage 6 wird davon ausgegangen, dass die gemessenen Wasserstände während der Aufschlussarbeiten Schichtwasserstände sind und nicht die Grundwasserdruckhöhe widerspiegeln. Unabhängig hiervon können im Falle von besonderen Hochwasserereignissen Wasserstände von bis zu +4,1 mNHN (HThw) auftreten, siehe auch Abschn. 3.4.

In Anbetracht der geplanten geringen Baugrubentiefe von 2,0 m unter GOK empfehlen wir eine offene Wasserhaltung mit Dränagen und Pumpensumpf zur Fassung des Schicht- bzw. Tagwassers innerhalb der Baugrube.

Bei einem geplanten Baugrubensohlniveau innerhalb des Grundwasserdruckniveaus kann eine Grundwasserabsperrung mit Einbindung eines annähernd wasserdichten Verbaus in den gewachsenen Boden mit überwiegend geringen Durchlässigkeiten und eine anschließende Entspannung des Grundwasserdruckniveaus mit einer geschlossenen Wasserhaltung erfolgen.

Sollte im Bereich der Baugrubensohle innerhalb des Grundwasserdruckniveaus keine ausreichend mächtige Bodenschicht mit geringer Durchlässigkeit anstehen, kann eine Grundwasserabsperrung mit einer Unterwasserbetonsohle und ohne Einbindung des annähernd wasserdichten Verbaus in den gewachsenen Boden mit überwiegend geringen Durchlässigkeiten erfolgen. Bei Ausführung einer Unterwasserbetonsohle ohne Einbindung des Verbaus in den gewachsenen Boden mit überwiegend geringen Durchlässigkeiten muss die Sohlplatte ein ausreichendes stabilisierendes Eigengewicht aufweisen, um bauzeitlich die Auftriebskraft ausgleichen zu können.

Für die weitere Planung ist zu berücksichtigen, dass die Bandbreite der hydraulischen Durchlässigkeit des Aquifers unterhalb der aufgefüllten Sande durch den hohen Feinkornanteil der gewachsenen Böden für eine Grundwasserabsenkung mit geschlossener Wasserhaltung und Vakuumlanzen nur bedingt geeignet ist, s. Abschnitt. 5.4. Die fehlende Durchlässigkeit im Höhenniveau der voraussichtlichen Filterbereiche einer geschlossenen Wasserhaltung kann die Entspannung der Grundwasserdruckhöhe negativ beeinflussen und durch regelmäßiges Verschlammen und Zusetzen der Filterbereiche sogar unwirksam machen.

Unabhängig davon sollte die Vorhaltung einer Vakuumanlage mit Kleinfilterbrunnen mit ausgeschrieben werden, falls sich lokal die Baugrundschichtung anders als mit den Aufschlüssen nachgewiesen darstellen sollte und z. B. die hydraulisch gering durchlässigen gewachsenen für eine Auftriebssicherung nicht mächtig genug oder nicht durchgängig vorhanden sein sollte.

Die Entnahme von Wasser und die Einleitung des Förderwassers in die Oberflächengewässer oder Vorflut sind genehmigungspflichtig. Hierfür sind bei den zuständigen Fachabteilungen der Unteren Wasserbehörde mit einem ausreichenden zeitlichen Vorlauf vor der Baumaßnahme Genehmigungen zu beantragen. Darüber hinaus sind hier auch die Einleitparameter der Grundwasserbeschaffenheit mit der Behörde abzustimmen und diese mit einer chemischen Analyse zu untersuchen. Ggf. ist auch bei kurzzeitiger Absenkung und bestimmten Randbedingungen eine erlaubnisfreie Nutzung möglich, was im Vorweg geprüft werden sollte.

Unter Berücksichtigung der Beschaffenheit des Entnahmewassers kann es evtl. erforderlich werden, das Wasser vor einer Einleitung in die Oberflächengewässer oder Vorflut mittels entsprechender im Baufeld zu installierenden Anlagen aufzubereiten. Alternativ kann auch in Abhängigkeit der Wassermenge eine Abfuhr mit Tankwagen eine kostengünstigere Lösung darstellen.

Aufgrund der Tidebeeinflussung innerhalb der in Abschn. 3.4 angegebenen kennzeichnenden Wasserstände wird nicht von zusätzlich entstehenden Setzungen im Bahnbereich infolge einer Grundwasserabsenkung ausgegangen.

6.3 Gleisparalleler Leitungsbau im HDD-Verfahren

6.3.1 Allgemeines

Bei dem HDD-Verfahren handelt es sich nach dem Arbeitsblatt DWA-A 125[18] um ein unbemanntes und steuerbares dem Rohrvortrieb verwandtes Verfahren. Bei diesem Verfahren wird zunächst ein Pilotstrang von der Geländeoberfläche bodenaustragend bzw. bodenverdrängend gesteuert bis zur Zielbaugrube vorgetrieben. Der Abbau des Bodens erfolgt hydromechanisch mit Hochdruckdüsen am Bohrkopf und zugleich mechanisch mit Schneidelementen am Bohrkopf. Hierbei wird der abgebaute Boden, das sog. Bohrklein, im Spülverfahren gefördert. Die Steuerung des Bohrkopfes erfolgt über eine Ortung im Sender-Empfänger-Prinzip. Nach Erreichen der Zielbaugrube wird die Pilotbohrung durch Zurückziehen des Bohrgestänges ggf. in mehreren Durchgängen mit einem sog. Räumer aufgeweitet, bis der Mantelrohrstrang eingezogen werden kann.

Für die Planung und Ausführung der Horizontalspülbohrung sind die Regelwerke DIN 18324[19], Arbeitsblatt DWA-A 125[20] sowie die Technischen Richtlinien des DCA[21] zu beachten.

Die parallel zu den Gleisen verlaufenden Bohrachse soll nach Unterlage U2 derzeit in einer maximalen Tiefe von ca. 3,0 m unter GOK zwischen den jeweiligen Maschinen- und Einziehgruben verlaufen. Gemäß Unterlage U5 haben die als Rohrbündel einzuziehenden Rohre ($D_{A,I}$ = 110 cm) einen Biegeradius von ca. 4 m (bei 10°C). Der Einstichwinkel der Standard-Einfahr- und Ausfahrstrecke soll 15° bei geradem Verlauf betragen. Die Länge der Bogenstrecke zwischen zwei Baugruben beträgt 110 m mit einem vertikalen Radius von 250 m.

Gemäß der Technischen Richtlinien des DCA, Kap. 4.1.1.3, wird in Abhängigkeit von den geologischen Verhältnissen unter der Geländeoberfläche des zu kreuzenden Bereichs eine Überdeckung vom 10- bis 15-fachen Bohrlochdurchmesser empfohlen. Bei einer Unterschreitung dieser Erfahrungswerte sollte die Gefahr von Spülungsausbrüchen im Einzelfall geprüft werden. Grundsätzlich gilt je größer die Überdeckung gewählt wird, desto geringer ist die Gefahr von Spülungsausbrüchen („Blow-Outs“) und Tagesbrüchen.

Gemäß Unterlage U5 soll nach dem aktuellen Planungsstand die Bohrlochaufweitung mit einem Durchmesser von D_B = 0,3 m ausgeführt werden. Gemäß der o.g. Regel wäre hierzu eine Überdeckungshöhe von 3,0 m bis 4,5 m erforderlich.

Aufgrund der geringen Überdeckungshöhe wird die Durchführung von Spülungsdruckberechnungen erforderlich, s. Abschnitt 6.3.3.

Darüber hinaus ist es vorgesehen in das aufgeweitete und mit Suspension gestützte Bohrloch drei Leerrohre gleichzeitig als Rohrbündel einzuziehen.

---

[18] Arbeitsblatt DWA-A 125, Rohrvortrieb und verwandte Verfahren, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

[19] DIN 18324: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Horizontalspülbohrarbeiten

[20] Arbeitsblatt DWA-A 125, Rohrvortrieb und verwandte Verfahren, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

[21] Technische Richtlinien des DCA (Drilling Contractors Association,), Informationen und Empfehlungen für Planung, Bau und Dokumentation von HDD-Projekten, 4. Auflage

6.3.2 Hinweise zur Baugrundbeschaffenheit

In Ergänzung zu den Ausführungen in Abschnitt 4 werden die für das HDD-Verfahren maßgebenden Hinweise zur Baugrundbeschaffenheit nachfolgend hervorgehoben, wobei die Zusammenstellung als nicht abschließend anzusehen ist. Die Ergebnisse der Untergrundschlüsse weisen z.T. inhomogene Verhältnisse insbesondere beim Verlauf der Schichtgrenzen und der Schichtausprägungen auf. Wir empfehlen nach Festlegung und geometrischer Bewertung der Leitungstrasse den Verlauf der Bohrtrasse und ggf. notwendige Nacherkundungen durch unser Büro prüfen zu lassen. Des Weiteren sind die gemessenen Wasserstände (Stichtagsmessungen) mit kontinuierlichen Wasserstandsmessungen zu bestätigen.

Der Baugrund der geplante Rohrvortriebstrasse von km 217,3 bis km 225,69 wird von der Geländegenese und -morphologie beeinflusst und lässt sich grob in folgende Abschnitte einteilen:

- km 217,300 bis ca. km 217,550 – Festland
- ca. km 217,550 bis ca. km 220,330 – Vorlandbereich Festland
- ca. km 220,330 bis ca. km 223,800 – Wattenmeer
- ca. km 223,800 bis ca. km 225,150 – Vorlandbereich Sylt
- ca. km 225,150 bis km 225,690 – Sylt

Der Baugrund auf dem Festland ist geprägt durch die locker gelagerte sandige Auffüllung des Bahndamms bzw. des Deichs und Kleischichten über überwiegend locker gelagerten gewachsenen Sanden am Dammfuß. Der Konsistenz des Kleis wurde mit weich angesprochen. Die aufgefüllten Böden des Bahndamms im Vorlandbereich des Festlands sind im Vergleich zu den Auffüllungen im Bahndammbereich durch das Wattenmeer geringmächtiger ausgeprägt. Die gewachsenen, unterlagernden schluffigen Sande mit überwiegend lockerer Lagerung und feinkörnigen Kleischichten mit weicher Konsistenz liegen z.T. in einer geringmächtigen Wechsellagerungen vor. Die Mächtigkeit der Bahndammauffüllung im Vorlandbereich Sylt nimmt geringfügig ab. Im Inselbereich Sylt wurden unterlagernd zur Auffüllung und der gewachsenen Klei- und Sandschichten Torfe und Beckenton mit steifer Konsistenz erkundet.

Die angetroffenen Baugrundverhältnisse können für die Ausführung des HDD-Verfahrens im Hinblick auf die überwiegend feineren Bodenarten als gut geeignet eingestuft werden. Die z.T. heterogenen Schichtverläufe sowie die bereichsweise geringen Durchlässigkeiten innerhalb der organischen Weichschichten bedürfen im Vorfeld einer intensiveren planerischen Betrachtung.

Es wird darauf hingewiesen, dass zwischen den einzelnen Bodenschichten aufgrund der Festigkeitsunterschiede leichte Richtungsabweichungen beim Bohrvortrieb der Pilotbohrung entstehen können. Dies gilt besonders bei den Übergängen von den organischen Weichschichten zu den Sanden. Es wird daher empfohlen, die Bohrgradiente hieran anzupassen.

6.3.3 Hinweise zur Sicherheit gegen Ausbläser

Als Ausbläser sind nach DVGW-Arbeitsblatt GW 304 das Entweichen von Druckluft oder Stützflüssigkeit an der Geländeoberfläche mit starkem oder völligem Druckabfall definiert. Die Sicherheit gegen Ausbläser nimmt dabei mit zunehmender Überdeckungshöhe und der damit zusammenhängenden stabilisierenden Einwirkung aus Bodeneigengewicht zu.

Für das HDD-Verfahren baut sich der hydrostatische Druck in Abhängigkeit der Trassentiefe auf. Dabei ist der hydrostatische Druck in Verbindung mit dem Spülungsdruck auf einen Maximalwert P_{max} in Abhängigkeit der Baugrundverhältnisse zu begrenzen, um einen Aufbruch des Bodens zu unterbinden.

Die Berechnung des Spülungsdrucks kann nach den Technischen Richtlinien des DCA[22] mit empirischen Verfahren und den in Abschn. 5 zusammengestellten Bodenkenngrößen vorgenommen werden. Für eine Einordnung zur Bewertung der reduzierten Überdeckungshöhe kann somit für die ermittelten Baugrundverhältnisse der maximale Spülungsdruck nach zwei Methoden basierend auf Verfahren zur Untersuchung der Aufweitung von sphärischen Hohlräumen im Untergrund (cavity expansion method) ermittelt werden.

Die erste Methode nach Luger & Hergarden (1988)[23] ist als Delft-Methode (Gl. 1) bekannt und die zweite Methode nach Verruijt (1983)[24] ist die Maximum-strain-Methode (Gl. 2).

$$p_{\max} = u + \left[\sigma'_0\left(1+\sin\varphi\right) + c\cos\varphi + c\cot\varphi\right]\cdot\left(\left(\frac{R_0}{R_{p,\max}}\right)^2 + \frac{\sigma'_0\sin\varphi + c\cos\varphi}{G}\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c\cdot\cot\varphi \qquad (1)$$

$$P_{\max} = \left\{\left[\varepsilon_{\theta,\max}\times\frac{2G}{P_0 + c\cdot\cot\varphi}\times\frac{1+m}{1-m}\right]^{\frac{1-m}{1+k}}\times\frac{2}{1+m}\left(P_0 + c\cdot\cot\varphi\right)\right\} - c\cdot\cot\varphi \qquad (2)$$

Durch die Berechnung der maximalen Spülungsdrucken in Abhängigkeit der effektiven Überlagerungsspannung und unter Berücksichtigung der Baugrundeigenschaften lässt sich der Druckverlauf im Boden und somit die Wahrscheinlichkeit von Ausbläsern abschätzen.

Beim Antreffen von lokalen Hindernissen im Bereich der Kabeltrasse kann jedoch eine Ablenkung des Flüssigkeitsstrahls grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden. Hierbei kann bei reduziertem Bohrfortschritt bzw. bei einem Stillstand der Strahl des Spülmediums länger auf das Bohrloch einwirken. Ein Entweichen der Spülflüssigkeit nach oben in Richtung Geländeoberfläche kann bei einer Umlenkung durch ein Hindernisses nicht vollständig ausgeschlossen werden, so dass die Vortriebsarbeiten nach Abschnitt 7.4 kontinuierlich zu überwachen sind.

Zur Erhöhung der Sicherheit gegen Ausbläser wird daher eine ständige Überwachung und Aufzeichnung des Spüldruckes bzw. des Pumpendrucks sowie der Bohrfortschrittsgeschwindigkeit B_r und der Fördermenge P_r für erforderlich erachtet, siehe auch Abschn. 7.4. Bei einem Abfall des Spüldrucks kann über den Druckabfall auch auf ein Entweichen des Spülmediums geschlossen werden. Darüber hinaus kann eine Reduktion des Bohrfortschrittes durch das Antreffen von Hindernissen verursacht werden. Es wird daher empfohlen die Bohrfortschrittsgeschwindigkeit nach den

[22] Technische Richtlinien des DCA (Drilling Contractors Association,), Informationen und Empfehlungen für Planung, Bau und Dokumentation von HDD-Projekten, 4. Auflage

[23] Luger, H.J.; Hergarden, H.J.A.M. (1998): Directional drilling in soft soil: influence of mud pressures. Proc. Of 3rd Int. Conf. on Trenchless Technology – No-Dig Conf. International Society for Transgenic Technologies, London

[24] Verruijt, A. (1983): Grindmechanica, Delftse Uitgevers Maatschappij, Delft, Netherlands.

Technischen Richtlinien des DCA in Abhängigkeit der Pumprate im Vorwege zu ermitteln und mit der tatsächlichen abzugleichen, um auf unvorhergesehene Baugrundverhältnisse reagieren zu können.

Für die Bohrfortschrittsgeschwindigkeit B_r ist der Feststoffgehalt in der Bohrspülung sowie die Pumprate maßgeblich:

$$B_r = \frac{V_{BL} \cdot MF}{P_r} \; [min/m] \qquad (3)$$

hierbei ist

B_r – Bohrfortschrittsgeschwindigkeit [min/m]

V_{BL} – Bohrlochvolumen pro Meter [dm³/m]

MF – Mudfaktor [-]

P_r – Pumprate [dm³/m]

d_A – Enddurchmesser des Bohrlochs [dm]

und

$$V_{BL} = \frac{10 \cdot \pi \cdot d_A^2}{4} \; [dm^3/m] \qquad (4)$$

Der Mudfaktor MF beschreibt den Anteil an Boden/Feststoff in der Bohrspülung. Ein Mudfaktor MF = 4 bedeutet, das 1m³ Boden mit 4 m³ Spülung vermischt ist. Im Regelfall liegt nach der Technischen Richtlinie des DCA der Mudfaktor bei MF = 3 – 5 und kann in tonigen Böden Werte von bis zu 10 erreichen.

Darüber hinaus ist zur frühzeitigen Erkennung von Spülungsverlusten oder -verdünnungen das umlaufende Volumen ständig zu überwachen und zu dokumentieren. Dies kann nach den Technischen Richtlinien des DCA über die Abschätzung der theoretisch erforderlichen Spülungsmenge $V_{s,soll}$ und einem Abgleich mit der tatsächlichen Spülungsmenge $V_{s,ist} = P_r$ (Pumprate bzw. Fördermenge) erfolgen. Aus Differenzen können erste Hinweise auf einen unterbrochenen Spülungskreislauf gewonnen und erforderliche Maßnahmen zur Optimierung eingeleitet werden.

Der erforderliche Volumenstrom ergibt sich aus der Spülungsmenge V_s und der Bohrfortschrittgeschwindigkeit

$$V_S = \frac{\pi \cdot d_A^2}{4} \cdot L_B \cdot f_k \cdot MF \; [m^3] \qquad (5)$$

hierbei ist

L_B – Länge der Bohrung [m]

f_k – Faktor für Bohrlochverluste [-] mit f_k = 1,05 – 2,20

6.3.4 Setzungsprognose

Bei Horizontalspülbohrungen können Setzungen des überlagernden Bodenkörpers generell nicht gänzlich vermieden werden. Sie entstehen durch unvermeidbare Auflockerungserscheinungen an der Bohrlochwandung in Verbindung mit einer Aufweitung des Bohrloches durch das Spülverfahren.

Zur Abschätzung der möglichen Setzungen beim HDD-Verfahren wird eine Auflockerung des Bodens unter Berücksichtigung der für den Rohreinzug erforderlichen Aufweitung mit dem Faktor 1,3 betrachtet. Hierbei wird von dem ungünstigen Zustand ausgegangen, die Tragfähigkeit des Bodens oberhalb des aufgefahrenen Hohlraums über die gesamte Bohrlänge versagt. Der dadurch bedingte Volumenverlust an der Oberfläche entspricht dabei dem Volumen des gegenüber den Produktrohren aufgeweiteten Hohlraums. In der Abb. 3 ist dies in einem ebenen Schnitt mit den Flächen A_S (Setzungsmulde an der Geländeoberfläche) und der Fläche des Hohlraums A_T (Tunnelquerschnitt) dargestellt.

Die setzungsverursachende Volumenänderung wird hier mit einer Größe von 1-1/1,3 = 23% des Durchmessers der Aufweitung mit D_B = 300 mm angenommen. Unter dieser Annahme wird der Volumenverlust mit V_L = 23 % angenommen.

Es ist allgemein anerkannt, dass Setzungen infolge Aufweitungen von Hohlräumen im Untergrund über eine Setzungsmulde beschrieben werden können, die mit einer Gaußschen Normalverteilungsfunktion (Glockenkurve) angenähert werden kann. Hierbei ergibt sich die maximale Setzung s_{max} zu

$$s_{max} = V_L \cdot \frac{A_T}{i \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \qquad (6)$$

Hierbei ist

V_L – Volumenverlust mit $V_L = A_s/A_T$

A_T – Querschnittsfläche des Hohlraums

i – der horizontale Abstand zum Wendepunkt

mit

$i = K\ (z_t - z)$

Der Faktor K beschreibt dabei die Neigung von der Achse der Kabelquerung zum Wendepunkt der Setzungsmulde. Diese Neigung kann z.B. über die Neigung der Scherfläche am Versturztrichter oder auch über den Gleitflächenwinkel des aktiven Erddrucks angenähert werden. In der nachfolgenden Bewertung wird ein Wert von K = 0,40 für nichtbindige Böden berücksichtigt.

Der Setzungsverlauf ergibt sich dann in einem Abstand x zur Vortriebsachse zu

$$s(x) = s_{max} \cdot e^{-\frac{x^2}{2 \cdot i^2}} \qquad (7)$$

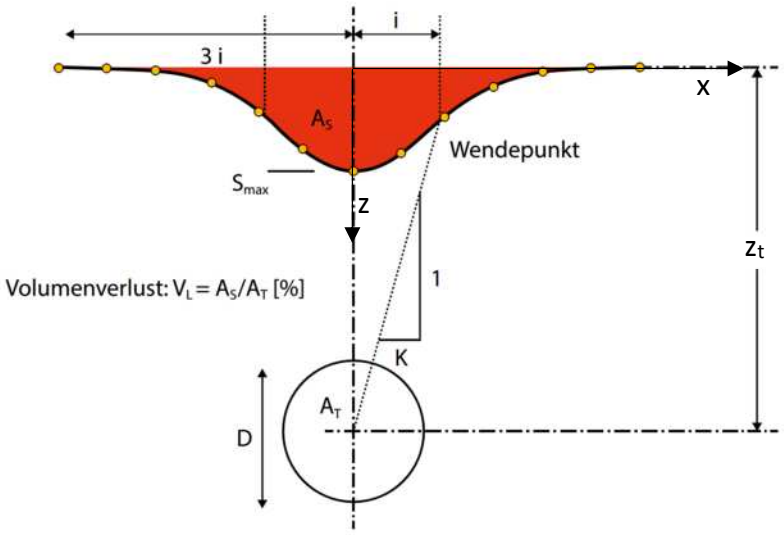


Abbildung 3: Schematische Darstellung zur Setzungsprognose

Nach der Volume-Loss Methode ergibt sich für einen ungünstigen Ansatz mit 23 % Volumenverlust (V_L) eine Setzung in der Größenordnung von:

$\Delta s_{,max}$ = 0,5 cm mit Δl = 3,8 m (Aufweitung, D_B = 300 mm)

6.4 Kabelquerungen im HDD-Verfahren

6.4.1 Allgemeines

Allgemeine Hinweise sind dem Abschnitt 6.3.1 zu entnehmen.

Für die Kabelquerungen mit grabenlosen Einbau im HDD-Verfahren ist der Einzug von Rohrbündeln unterhalb von Gleisen nicht zulässig, so dass hier ein lichter Mindestabstand von 2,0 m für die einzeln herzustellenden bzw. einzuziehenden Leerrohre mit D_A = 110 mm erforderlich wird, s. auch Abschn. 3.3.

Es ist eine Mindestüberdeckung $h_ü \geq 5{,}0$ m zur Schwellenoberkante der nicht überhöhten Schiene (Überdeckungshöhe) zu berücksichtigen. Gemäß dem Querprofil der Unterlage U1 wird die Mindestüberdeckung bei der geplanten Querung km 218,95 eingehalten. Bei den weiteren Querungen ist im Zuge der Entwurfsplanung die Einhaltung der Überdeckungshöhe zu überprüfen.

6.4.2 Hinweise zur Baugrundbeschaffenheit

Für die Kabelquerungen sind die Hinweise zur Baugrundbeschaffenheit dem Abschn. 6.3.2 zu entnehmen.

Für die bislang untersuchten Standorte der Kabelquerungen sind die Baugrundverhältnisse auf die neuen Standorte unter Berücksichtigung der Entwurfsplanung zu übertragen:

- km 217,300 (neuer Standort: km 217,547) ($Q1_{alt}$ → $Q1_{neu}$)

- km 217,920 (neuer Standort: km 217,928) ($Q2_{alt}$ → $Q2_{neu}$)
- km 218,950 (neuer Standort: km 218,927) ($Q3_{alt}$ → $Q3_{neu}$)
- km 221,300 (neuer Standort: km 221,287) ($Q4_{alt}$ → $Q4_{neu}$)
- km 222,300 (neuer Standort: km 222,287) ($Q5_{alt}$ → $Q5_{neu}$)
- km 222,950 (neue Standorte: km 222,658 und km 223,031) ($Q6_{alt}$ → $Q6_{neu}$ + $Q7_{neu}$)
- km 224,000 (neuer Standort: km 224,032) ($Q7_{alt}$ → $Q8_{neu}$)
- und km 225,690 (keine Querung vorgesehen) ($Q8_{alt}$)

Darüber hinaus sind die Querprofile mit Darstellung der Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse in den Anlagen 3.5 bis 3.12 dargestellt.

6.4.3 Setzungsprognose

Zur Bewertung möglicher Setzungen wird für ein einzelnes Leerrohr mit einem Durchmesser D_A = 110 mm in einer Tiefe ≥ 5,0 m unterhalb Schwellenoberkante betrachtet, da der Rohrbündeleinzug nicht zulässig ist. Eine Plangrundlage liegt hierfür noch nicht vor.

Die Setzungsprognose erfolgt auch für Kabelquerungen nach dem im Abschnitt 6.3.4 beschriebenen Verfahren.

Die setzungsverursachende Volumenänderung wird hier mit einer Größe von 1-1/1,3 = 23% des Durchmessers der Aufweitung mit D_B = 143 mm (= 1,3 x 110 mm) angenommen. Unter dieser Annahme wird der Volumenverlust mit V_L = 23 % angenommen.

Nach der Volume-Loss Methode ergibt sich für einen ungünstigen Ansatz mit 23 % Volumenverlust (V_L) eine Setzung in der Größenordnung von:

$\Delta s_{max,\ einzel}$ = 1,2 mm ≈ 2 mm mit Δl = 3,1 m (Aufweitung, D_B = 143 mm)

Durch die parallele Anordnung von zwei Querungen in einem lichten Abstand von mind. 2,0 m erhöht sich die Setzung zu

$\Delta s_{max,\ doppel,}$ ≈ 2 mm mit Δl_{doppel} ≈ 5,5 m (2 x Aufweitung, D_B = 143 mm)

Bei der vorstehenden Setzungsprognose sind auf der sicheren Seite liegend die bodenmechanischen Eigenschaften des Oberbaus und des Gleiskörpers nicht berücksichtigt.

6.5 Gründung Schachtbauwerke

Zur Begrenzung der zu erwartenden Setzungen bei den geplanten Schachtgründungen wird im Lastausstrahlungsbereich der untersten Schachtelemente ein Bodenaustausch von

- 0,3 m bei anstehenden Sanden (aufgefüllt oder gewachsen) oder
- 0,5 m bei anstehenden organischen Weichschichten (aufgefüllt oder gewachsen, bei Wechsellagerungen Anteil organische Weichschichten >20 %)

unterhalb Gründungsniveau empfohlen. Der Bodenaustausch unterhalb der Fundamente muss mit einem ausreichenden seitlichen Überstand über die Schachtaußenkanten hinaus erfolgen. Hierbei ist ein Lastausbreitungswinkel von 45° zu berücksichtigen. Für den Bodenaustausch ist die Verwendung schluffarmer, verdichtungsfähiger und frostsicherer Sande und Kiessande (Feinkornanteil ≤ 3 Gew.-% mit einem Ungleichförmigkeitsgrad $C_U > 3$) zu empfehlen. Alternativ kann auch Bodenmaterial aus einem Bahn-Korngemisch KG2 gemäß DBS 918062 verwendet werden. Das Austauschmaterial ist in Lagen von max. 0,3 m einzubauen und je Lage mit geeigneten Oberflächenrüttlern auf eine mindestens mitteldichte Lagerung zu verdichten. Die Verdichtungsenergie ist hierbei auf die z.T. unterlagernden organischen Weichböden anzupassen.

6.6 Risikobeurteilung

6.6.1 Gleisparalleler Leitungsbau im HDD-Verfahren

Vorbemerkung

Für den gleisparallelen Leitungsbau im HDD-Verfahren ist besonders eine Beeinträchtigung des Eisenbahnverkehrs zu bewerten.

Als mögliche Ursachen für eine Beeinträchtigung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Eisenbahndamms werden insbesondere nachfolgende Szenarien bewertet:

- Ausbläser durch zu hohe Spülungsdrücke und/oder eine zu geringe Überdeckungshöhe,
- erhöhter Bodenaustrag infolge erhöhter Spülungsdrücke in Verbindung mit zu geringer Vortriebsgeschwindigkeit,
- übermäßige Setzungen infolge von Auflockerungen durch das grabenlose Einbauverfahren sowie
- Reduzierung der Gesamtstandsicherheit des Bahndamms infolge lokaler Verstürze des Bohrloches oder Ausbläsern.

Derzeit wird für das grabenlose Einbauverfahren der Einzug von drei Leerrohren mit einem Durchmesser von jeweils D_A = 110 mm als Rohrbündel in ein auf ca. 300 mm aufgeweitetes und mit Suspension gestütztes Bohrloch mit einer Überdeckungshöhe $h_ü \leq 3{,}0$ m vorgesehen. Der Abstand zwischen den einzelnen Start- und Zielbaugruben ist planerisch auf Grundlage des vorliegenden Geotechnischen Berichts zu ermitteln. Die Vorplanung sieht hier Abstände zwischen 200 m und 250 m vor und eine Anpassung nach Überprüfung der Stützdruckberechnung mit Reduzierung der Abstände ist Gegenstand der weiteren Planung.

Nach den Ergebnissen der Untergrundaufschlüsse liegen im Bereich der Längstrassenabschnitte sowie im Bereich der Querungen Sande und organische Weichböden mit geringen Festigkeiten vor. Die Festigkeitsunterschiede zwischen diesen Bodenarten können zu geringfügigen Richtungsabweichungen führen.

Hinweise auf Steine oder Blöcke wurden während der Baugrunderkundungen nicht festgestellt, können allerdings nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Insgesamt wurden für den norddeutschen Küstenbereich typische Baugrundverhältnisse angetroffen. Für die Ausführung von HDD-Bohrungen bei diesen Baugrundverhältnissen liegen ausreichende Erfahrungen vor. Es wird empfohlen, für die Ausschreibung der Bauleistung entsprechende Erfahrungen und Referenzen zum Einsatz des HDD-Verfahrens in vergleichbaren geologischen Baugrundverhältnissen bei den Bietern bzw. Fachfirmen abzufragen.

Bewertung der Sicherheit gegen Ausbläser

Die Sicherheit gegen Ausbläser ist unter Berücksichtigung der planerisch zu ermittelnden Spülungsdrücke in Verbindung mit der Überdeckungshöhe und der Vortriebsabschnittslänge zu bewerten. In Abschn. 6.3.3 finden sich hierzu allgemeine Hinweise mit zwei Berechnungsmethoden. Die Bodenkenngrößen sind Abschn. 5 zu entnehmen.

Die Festlegung des maximalen Spülungsdrucks muss dabei die Vermeidung von Ausbläsern sicherstellen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die vorgesehene Überdeckungshöhe sich im Grenzbereich der allgemeinen Erfahrungswerte befindet. Wir empfehlen daher ein besonderes Augenmerk auf die ständige Überwachung, Aufzeichnung und Bewertung der Betriebsparameter vor Ort zu legen, um Unvorhergesehenes und auch ungünstige Abweichungen bei der Ausführung und/oder den Baugrundverhältnissen frühzeitig erkennen zu können. Hinweise hierzu sind ebenfalls in Abschn. 6.3.3 zusammengestellt.

Zur Erhöhung der Sicherheit gegen Ausbläser kann eine Ballastierung oder die Reduzierung des Spülungsdruckes in den Betriebsablauf und auch in ein Havariekonzept integriert werden.

Bewertung der Gefahr eines erhöhten Bodenaustrags

Ein erhöhter Bodenaustrag über den erforderlichen Bohrlochquerschnitt hinaus kann zu größeren Verformungen an der Oberfläche und auch zur Reduktion des Bodenwiderstandes führen. Zur Vermeidung des erhöhten Bodenaustrags ist eine kontinuierliche Überwachung des Bohrfortschrittes mit Abgleich des Volumenstroms vorzusehen. Hinweise hierzu sind in Abschn. 6.3.3 zusammengestellt. Für die Bauausführung sind daher Maßnahmen zur Überwachung der Spülungsmenge und der Fördermenge einzuplanen. Darüber hinaus ist der Feststoffanteil in der Bohrspülung durch geeignete Maßnahmen während der Bauausführung zu kontrollieren, um hier bei Bedarf Gegenmaßnahmen bei einer unplanmäßigen Verdünnung des Spülmediums ergreifen zu können.

Bewertung der Setzungsprognose

Für den gleisparallelen Leitungsbau ist in Abschnitt 6.3.4 die Setzungsprognose für eine planmäßige Bauausführung dokumentiert. Die Setzungen resultieren dabei unter der Annahme, dass sich der der über den Rohrquerschnitt hinausgehende aufgeweitete Bohrlochbereich unplanmäßig verformt bzw. komprimiert wird.

Unter Berücksichtigung der Größenordnung der prognostizierten Setzungsmulde mit $\Delta s_{,max} = 0{,}5$ cm sowie der Länge mit $\Delta l = 3{,}8$ m (einseitige Ausbreitung) bei einem Abstand zur Gleisachse von ca. 10 m wird eine vernachlässigbare Auswirkung auf den Bahndamm und den Bahnbetrieb erwartet.

Die Größenordnung der Setzungsprognose wird daher als vertretbar und unkritisch bewertet.

Bewertung der Gesamtstandsicherheit des Bahndamms

Für eine Bewertung der Auswirkungen des HDD-Verfahrens auf den Bahnbetrieb wurden für das vorliegende Querprofil bei km 218,947, vgl. Abb. 1, Berechnungen zur Gesamtstandsicherheit nach DIN 4084 durchgeführt. Die Ergebnisse der Geländebruchberechnungen sind in Anlage 8 dargestellt und in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Hierbei wurden zur grundsätzlichen Einschätzung der Machbarkeit die Baugrundverhältnisse aus dem Trassenbereich für drei Stationen variiert und die Geometrie nach Abb. 1 beibehalten. Im Rahmen der weiteren Planung ist eine Überprüfung für die jeweils maßgebende Geländegeometrie durchzuführen.

Zur Beurteilung der Gesamtstandsicherheit wurde zunächst der IST-Zustand berechnet, um eine Veränderung der Auflockerungen durch das Vortriebsverfahren bewerten zu können. Für die Betriebsphase ist die Bemessungssituation BS-P maßgebend. Hier zeigt sich, dass für die untersuchte Station bei km 217,95 die derzeitige Ausnutzung mit $\mu = 0{,}97$ bereits sehr hoch ist und eine negative Veränderung der Baugrundverhältnisse die vorhanden Sicherheitsreserven schnell aufbrauchen können.

Darüber hinaus ist für den Ist-Zustand auch die Bemessungssituation BS-T ausgewertet, die als direkter Vergleich für die Untersuchung der Auflockerungen heranzuziehen ist.

Die Auswirkungen der Auflockerungen sind geometrische nicht greifbar, so dass zunächst in Höhe der angenommenen Vortriebsachse auf +1,0 mNHN der vollständige Verlust des Scherwiderstandes auf einer angenommenen Einflussbreite von +/-1,0 m bzw. +/-2,0 m betrachtet wurde. Diese Ergebnisse bedürfen einer vorsichtigen Bewertung, da die Einflussbreite einer nicht erkannten Hohlraumaufweitung gleichgesetzt werden kann, die verfahrenstechnisch durch eine ordnungsgemäße Bauausführung und -überwachung vermieden werden soll.

Als erstes Ergebnis dieser grundsätzlichen Betrachtung ergeben sich für eine theoretische Einflussbreite von +/-1,0 m noch ausreichende Ausnutzungsgrade mit $\mu \leq 1{,}0$. Mit zunehmender Größe des Einflussbereiches ist die Gesamtstandsicherheit für b = +/-2,0 m nicht mehr nachzuweisen. Besonders im Bereich I mit organischen Weichschichten im Einflussbereich sind erhebliche Überschreitungen der zulässigen Ausnutzungsgrade festzustellen.

Tabelle 11: Bewertung der Gesamtstandsicherheit des Bahndamms bei theoretischen Auflockerungen im Bereich der Vortriebsachse mit den Ausnutzungsgraden μ der Gesamtstandsicherheit

Bereich	Station	IST-Zustand		Auswirkung von Auflockerungen (Verlust Scherwiderstand im Vortriebsbereich) Horizontaler Einflussbereich um Vortriebsachse bei +1,0 m NHN	
				+/- 1,0 m	+/- 2,0 m
		Betriebsphase (BS-P)	Bauzustand (BS-T)	Bauzustand (BS-T)	
I	217,95	0,97	0,88	1,00	**1,20**
I	218,95	0,91	0,82	0,92	**1,16**
II	223,50	0,83	0,75	0,84	**1,03**

Aufgrund der hohen Ausnutzungsgrade wird empfohlen, die Vortriebsachse in den Trassenabschnitten mit gering tragfähigen organischen Böden tiefer zu führen, um im Böschungsfußbereich die Gesamtstandsicherheit nicht zu beeinträchtigen. Hierzu sind weitergehende Berechnungen der Gesamtstandsicherheit unter Berücksichtigung der maßgebenden Böschungsgeomtrie erforderlich.

Bewertung des Vortriebverfahrens

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Bewertung der Gesamtstandsicherheit des Bahndamms und der geländenahen Vortriebsgradiente empfehlen wir einen Einzug eines Schutzrohres mit der Aufweitungsbohrung. Der Einzug eines Rohrbündels mit jeweils drei einzelnen Produktrohren als Rollenware wird aufgrund der möglichen gegenseitigen Verdrehungen im aufgefahrenen Bohrloch und einer dadurch entstehenden zusätzlichen Aufweitung als ungünstig für die Standsicherheit des aufgefahrenen Hohlraumes angesehen.

6.6.2 Kabelquerungen im HDD-Verfahren

Für die Kabelquerungen wird unter der Voraussetzung, dass die angetroffenen Baugrundverhältnisse bei der Planung und Bauausführung der Horizontalspülbohrung fachgerecht berücksichtigt werden und eine ausreichende Sicherheit gegen Ausbläser bei den hier geplanten Überdeckungshöhen $h_{ü} > 5{,}0$ m gewährleistet werden kann, und unter Berücksichtigung der sonstigen Randbedingungen das Schadensrisiko für den Bahndamm und der anliegenden Schutzgebiete als relativ gering eingeschätzt.

Wie zuvor ausgeführt sind die einzelnen Leerrohre separat und nacheinander mit einem lichten Abstand von mindestens 2,0 m herzustellen.

Es wird empfohlen die Baumaßnahmen außerhalb der Sturmflutzeit ausführen. Gemäß Unterlage U5 ist aufgrund der behördlichen Vorgaben wegen der Sturmflutsaison die Bauzeit auf den Zeitraum 15.04. bis 01.10. eines Jahres beschränkt und hinsichtlich der Größe der Baumaßnahme in zwei aufeinanderfolgende Bauabschnitte geplant. Hierzu wird ergänzend darauf hingewiesen, dass auch in den Sommermonaten Sturmfluten auftreten können und entsprechende Notfallmaßnahmen während der Bauausführung vorgesehen werden sollten.

Nachfolgend werden die Auswirkungen der Setzung für die Kabelquerungen in Anlehnung an die Richtlinie Ril 836 der DB InfraGo AG bewertet und es werden auf dieser Grundlage Empfehlungen zur Abstimmung mit der DB InfraGo AG gegeben. Gemäß Ril 836.4505, 2 (3) dürfen als Grenzwerte für temporäre Gleislageänderungen Setzungsmulden nach Ril 836.3001, 4 (2) zu Grunde gelegt werden. Als weitere Orientierung können die zulässigen Setzungsdifferenzen innerhalb eines Instandhaltungszyklus gemäß Ril 836.3001, 4 (4), Bild 1 oder die Eingreifschwellenwerte SR_{lim} gem. Ril 821.2001, Tabelle 2, herangezogen werden.

Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass eine Setzungsmulde mit einer Tiefe Δs bis ca. 2 mm und einer Breite Δl von überschläglich geschätzt etwa < 5 m unter Berücksichtigung der zulässigen Geschwindigkeit von 140 km/h verträglich ist.

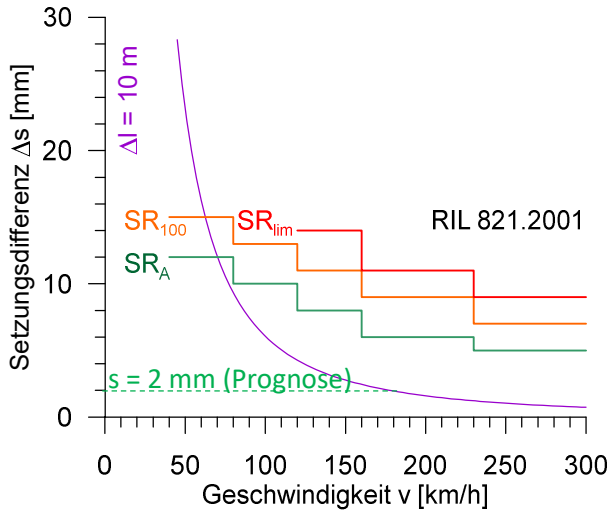


Abbildung 4: Geschwindigkeitsabhängige Beurteilungsmaßstäbe SR_{lim}, SR_{100} und SR_A für die Prüfgröße Längshöhe gemäß RIL 821.2001 sowie hinnehmbare Setzungsdifferenz nach RIL 836.3001 für Δl = 10 m mit Kennzeichnung der Setzungsprognose

Es kann unter der Voraussetzung einer korrekten Ausführung der Vortriebsarbeiten davon ausgegangen werden, dass die auftretenden Setzungen unterhalb des genannten Wertes von ca. 2 mm bleiben. Unabhängig hiervon ist die Vorhaltung von Stopfeinrichtungen zu empfehlen, um bei Bedarf Korrekturen der Gleislage vornehmen zu können.

Verbindliche Grenzwerte für Setzungen bzw. Gleislageänderungen sind in Abstimmung mit der DB InfraGo AG festzulegen, s. Arbeitsblatt DWA-A 125, Abschnitt 8.5.

Relevante Setzungen an den im Vortriebsverfahren verlegten Rohrleitungen sind daher bei korrekter Herstellung nicht zu erwarten. Dennoch wird eine Überwachung der Gleislage während der Vortriebsarbeiten empfohlen.

6.7 Beweissicherung

Auch bei ordnungsgemäßer Durchführung der Baumaßnahme kann nicht ausgeschlossen werden, dass es durch die Baugrubenherstellung zu unvermeidlichen Setzungen im Nahbereich der Baugrube kommt. Daher wird empfohlen, zum Schutz gegenüber unberechtigter Forderungen Dritter im Vorwege der Baumaßnahme eine Beweissicherung am Bahngebäudes bei km 220,120 durchführen zu lassen.

Es wird darauf hingewiesen, dass generell erschütterungsinduzierende Baumaßnahmen im Nahbereich bestehender Bebauung auszuschließen sind.

7 Weitere Empfehlungen und Hinweise

7.1 Allgemeines

Möglicherweise sind für das geplante Bauvorhaben besondere Maßnahmen zum Hochwasserschutz oder zum Schutz von Naturschutzgebieten entlang des Bahndamms zu treffen. Dies wird im Regelfall im Zuge des Genehmigungsverfahrens vom zuständigen Wasser- und Schifffahrtsamt oder vom Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz in Abstimmung mit dem Leitungsträger festgelegt.

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass es sich bei den ausgeführten Baugrunderkundungen nur um punktuelle Aufschlüsse handelt. Abweichungen von den beschriebenen Baugrundverhältnisse sind daher möglich. Sofern Abweichungen festgestellt werden, ist unser Büro umgehend zu informieren.

Für die Herstellung von Kabelquerungen im HDD-Verfahren wird zur Überwachung der Gleislage und zur Evaluierung des Vortriebsverfahrens ein Monitoring erforderlich.

Das Monitoring für die Querungen ist nach den Grundsätzen der RIL 883.8100A01 „Überwachung der Gleise und Weichen" auszuführen. Hierbei ist zumindest bei der ersten Querung im Gleisbereich ein Messbereich von mindestens 25 m vor und hinter der Gleisquerung vorzusehen.

In Abhängigkeit der ausgewerteten Erkenntnisse aus der ersten Querung wird eine Überprüfung und Fortschreibung des Monitoring-Konzeptes empfohlen. Hier ist besonders der Messbereich zu überprüfen und abzuwägen, ob eine Reduzierung möglich ist.

Die Gefahr eines möglichen Mehraushubs (Auskesselung) im Zuge der Herstellung der Kabelquerungen und der Längstrasse kann nicht ausgeschlossen werden, so dass es wichtig ist, diesen Prozess frühzeitig über die Betriebsparameter des Vortriebs identifizieren zu können, z.B. durch zu geringen Bohrfortschritt, erhöhte Fördermenge, etc., siehe hierzu Abschn. 7.4. Neben der Beurteilung über die Betriebsparameter ist eine mögliche zusätzliche Kontrolle des Mehraushubs über geophysikalische Messungen des Vortriebsbereiches vor und nach Herstellung der Kabelquerung möglich.

7.2 Überwachung der Herstellung im HDD-Verfahren

Die Dokumentation der Vortriebsarbeiten sollte die Vorgaben nach Merkblatt DWA-A 125 für das Verfahren des HDD-Verfahrens berücksichtigen. Es wird empfohlen folgende Mindestangaben zu dokumentieren und vor Ort durch einen fachkundigen Bauüberwacher zu bewerten :

- Datum;
- Genaue Bezeichnung der Baustelle und der Vortriebsstrecke;
- Maschinentyp;
- Witterungsverhältnisse;
- Baugrund- und Grundwasserverhältnisse;
- Uhrzeit und Dauer der einzelnen Arbeitsphase;
- Besonderheiten, wie z.B. das Antreffen von Hindernisse;

- Zugüberfahrten mit Uhrzeit und Dauer für jedes Gleis;
- Bohrfortschritt, Pumpendruck und Fördermenge bzw. Spülungsmenge in Vortriebsintervallen;
- Gesamtvolumenstrom;
- Zugkraft/Druckkraft, Drehmoment;
- Abweichungen nach Höhe und Seite und von der Solllage.

8 Zusammenfassung

Die DB InfraGO AG, Hamburg, plant entlang des Hindenburgdamms im Bereich der Strecke 1210 von km 217,3 bis km 225,69 zwischen den Bahnhofsteilen Klanxbüll und Morsum die Herstellung eines Leerrohrsystems für die Aufnahme signaltechnischer Leitungen. Die Leitungen der bahnlinken Signalanlagen sollen an acht Stellen den Bahndamm queren und in das bahnrechte längsverlegte Leerrohrsystem integriert werden. Das Leerrohrsystem und die Querungen sollen mittels HDD-Verfahren hergestellt werden.

Der Baugrund wurde mit 29 Kleinrammbohrungen und 29 schweren Rammsondierungen erkundet, siehe Abschnitt 4. Die Baugrunduntersuchung ergab feinkörnige und sandige Auffüllungen, welche von holozänen Weichschichten aus Klei und bereichsweise Torf, gewachsenen Sanden sowie Beckenton unterlagert wurden.

Die Ergebnisse einer orientierenden Schadstoffanalyse des Bodens sind in Abschnitt 4.5 für den Untersuchungsumfang nach LAGA mit ergänzenden Handlungsempfehlungen für den Aushubboden dokumentiert.

Die chemischen Analyseergebnisse des Grundwassers sind in Abschnitt 4.6 und die des Asphalts sind in Abschnitt 4.7 enthalten.

Die charakteristischen Bodenkenngrößen sind in Abschnitt 5.1 und Angaben zu den charakteristischen Wasserständen in Abschnitt 5.2 enthalten.

Angaben zu den verfahrenstechnischen Eigenschaften der Böden mit Einteilung in Homogenbereiche gem. VOB, Teil C, sind in Abschnitt 5.3 und in der Anlage 7 aufgeführt. Hinweise zur hydraulischen Durchlässigkeit der Bodenschichten sind in Abschnitt 5.4 zusammengestellt.

Das Baugrubenkonzept sieht geringe Baugrubentiefen von 2,0 m vor, die z.T. im Stützbereich der Gleisanlage angeordnet sind und mit einem Systemverbau gesichert werden sollen, s. Abschnitt 6.2.1 bis 6.2.6. Bei den gemessenen Wasserständen (Stichtagsmessungen) wird von Schichtwasserständen ausgegangen, die mit einer offenen Wasserhaltung zu fassen und abzuleiten sind, s. Abschnitt 6.2.7. Eine geschlossene Wasserhaltung mit Vakuumanlage und Kleinfilterbrunnen sollte dennoch vorgehalten werden. Hierzu wird aufgrund der fehlenden Übertragbarkeit der gemessenen Wasserstände zu den Tidewasserständen eine kontinuierliche Grundwasserstandsmessung als erforderlich erachtet.

Es wird auf eine in Abhängigkeit der weiteren Planung erforderliche rechtzeitige Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde hinsichtlich der Beantragung und Genehmigung der Entnahme von Wasser und der ggf. erforderlichen Einleitung von Förderwasser hingewiesen.

Die Baumaßnahme ist aufgrund des HDD-Verfahrens in die Geotechnische Kategorie GK3 einzustufen. In Abschnitt 6.3 werden neben allgemeinen Angaben Hinweise zur Beschaffenheit des Baugrunds für das HDD-Verfahren zusammengefasst und darüber hinaus eine Setzungsprognose für den Bereich des Bahndamms vorgenommen.

Die Maßnahmen zu den Kabelquerungen im HDD-Verfahren werden in Abschnitt 6.4 behandelt.

In Abschnitt 6.5 sind Hinweise und Empfehlungen zur Gründung der Schachtbauwerke angegeben.

Das Risiko der geplanten Maßnahmen ist in Abschnitt 6.6. bewertet. Für den gleisparallelen Leitungsbau wird aufgrund der geringen Überdeckungshöhe der Einzug eines Schutzrohres empfohlen, in welches die drei einzelnen Produktrohre einzuziehen sind. Für den Einzug des geplanten Kabelbündels von drei Rohren (Rollenware) wird die mögliche Beeinträchtigung des aufgeweiteten Bohrloches kritisch bewertet. Die Bewertung der Gesamtstandsicherheit für eine exemplarische Böschungsgeometrie zeigt nur sehr geringe Sicherheitsreserven des bestehenden Bahndamms, so dass unplanmäßige Aufweitungen durch Ausbläser oder Versturz des durch Suspension geschützten Bohrloches zu einer Überschreitung der zulässigen Ausnutzung führen kann. Wir empfehlen daher im Zuge der Planung die Überdeckungshöhe unter Berücksichtigung der vorliegenden Baugrundverhältnisse und der hier zunächst exemplarisch bewerteten Gesamtstandsicherheit bereichsweise zu vergrößern.

In Abschnitt 6.7 werden Empfehlungen zur Beweissicherung des Bahngebäudes und Leitungen im Trassenbereich erläutert.

Weitere Hinweise und Empfehlungen zur Planung und Ausführung werden in Abschn. 7.1 aufgeführt.

Die Gleislage und der Prozess des Vortriebsverfahrens sind zu überwachen und zu dokumentieren. Empfehlungen und Hinweise hierzu sind u.a. in Abschn. 7.2 beschrieben.

Kempfert Geotechnik GmbH

Dr.-Ing. P. Becker

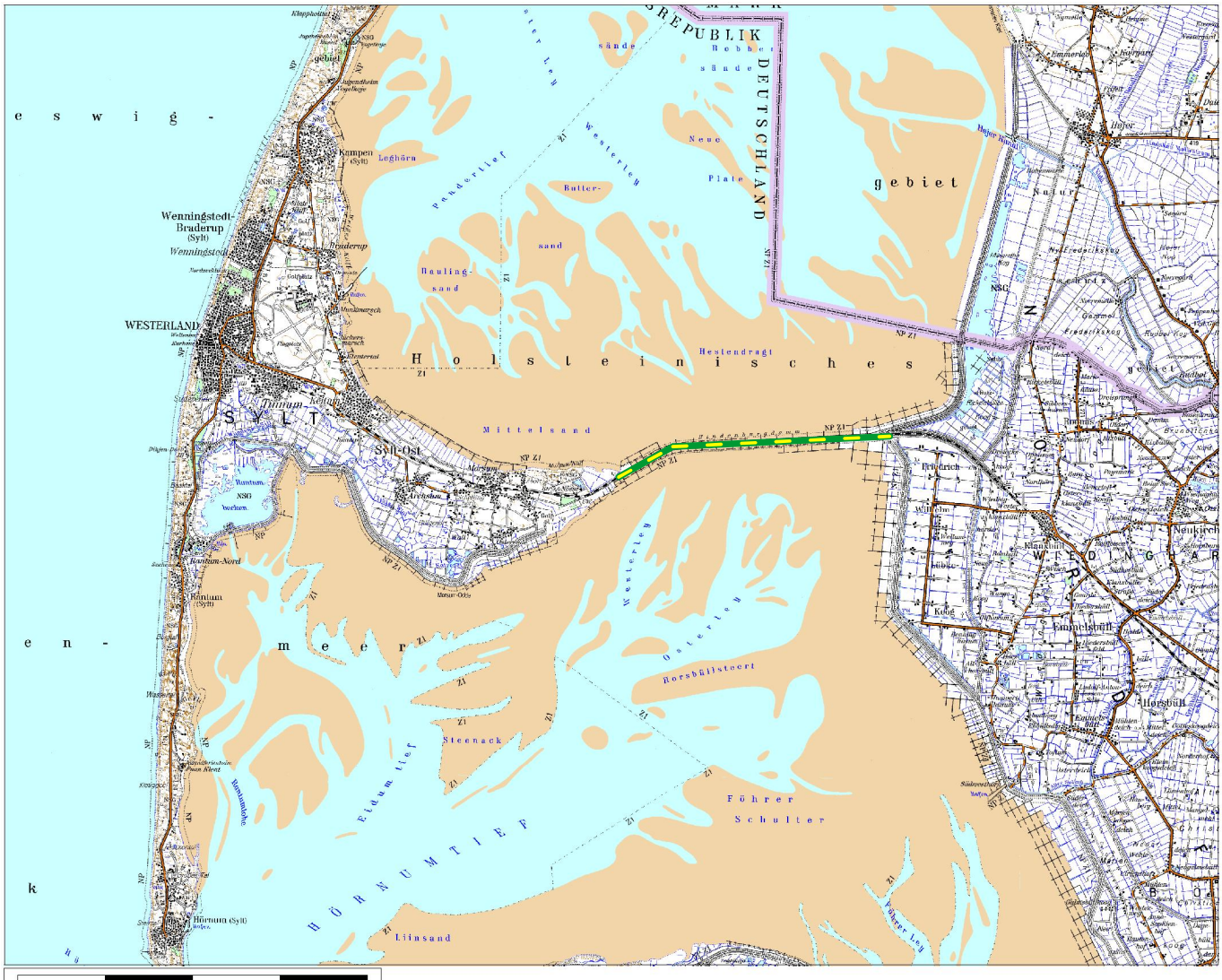
Hamburgische Ingenieurkammer - Bau
Dr.-Ing. Patrick Becker
Listen-Nr. 658
Beratender Ingenieur

i. A.

M.Sc. F. Kröckel

Anlage 1

Übersichtslageplan



Plangrundlage: Topographische Karte 1:100.000 Schleswig-Holstein/Hamburg

Legende:

Untersuchungsgebiet

BV Hindenburgdamm HDD
Geotechnischer Bericht
Übersichtslageplan

Kempfert + Partner
Geotechnik
Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

Maßstab: ohne
Az.: HH 817.7/25
Datum: 29.09.2025

Anlagen Nr.
1

Anlage 2

Lageplan der Untergrundaufschlüsse



Legende Baugrundaufschluss:

217.5-br Kleinrammbohrung und Schwere Rammsondierung

AP224.3-br Entnahmepunkt Asphaltprobe

217.92-br Kleinrammbohrung, nach Beendigung der Sondierung ausgebaut mit 2" Rammfilterpegel

Plangrundlage: Pabsch Ing. GmbH, Hildesheim, Üplan, Str.1210 ca.km 217,3-ca.km 225,7, Plannr.: 20-0301(-0303)-00, M1:2.500, 10.06.25

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO AG
Anlagen- und Instandhaltungsmanagement
Hamburger Chaussee 10
24114 Kiel

Auftragnehmer

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

Projekt

BV Hindenburgdamm HDD
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Lageplan der Untergrundaufschlüsse

Az.	Bearbeiter	Datum:
HH 817.7/25	fk / pb	05.12.2025
Maßstab	**Blattformat**	**Anlagen Nr.**
1 : 2.500	970 x 297	2.1

Format: 297 x 970 (0.29 m²)

Legende Baugrundaufschluss:

217.5-br Kleinrammbohrung und Schwere Rammsondierung

AP224.3-br Entnahmepunkt Asphaltprobe

217.92-br Kleinrammbohrung, nach Beendigung der Sondierung ausgebaut mit 2" Rammfilterpegel



Plangrundlage: Pabsch Ing. GmbH, Hildesheim, Üplan, Str.1210 ca.km 217,3-ca.km 225,7, Plannr.: 20-0301(-0303)-00, M1:2.500, 10.06.25

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO AG
Anlagen- und Instandhaltungsmanagement
Hamburger Chaussee 10
24114 Kiel

Auftragnehmer

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

Projekt

BV Hindenburgdamm HDD
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Lageplan der Untergrundaufschlüsse

Az.	Bearbeiter	Datum:
HH 817.7/25	fk / pb	05.12.2025
Maßstab	**Blattformat**	**Anlagen Nr.**
1 : 2.500	780 x 297	2.2

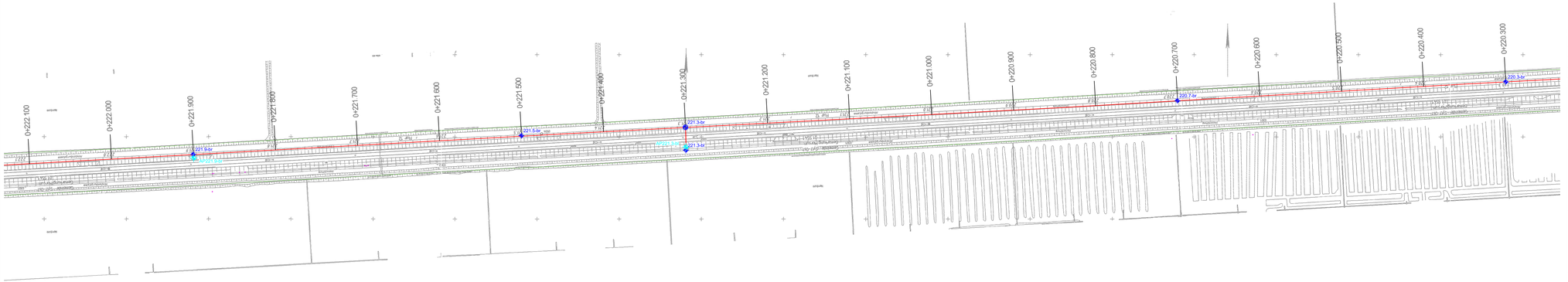
Format: 297 x 780 (0.23 m²)

Legende Baugrundaufschluss:

217.5-br Kleinrammbohrung und Schwere Rammsondierung

AP224.3-br Entnahmepunkt Asphaltprobe

217.92-br Kleinrammbohrung, nach Beendigung der Sondierung ausgebaut mit 2" Rammfilterpegel



Plangrundlage: Pabsch Ing. GmbH, Hildesheim, Üplan, Str.1210 ca.km 217,3-ca.km 225,7, Plannr.: 20-0301(-0303)-00, M1:2.500, 10.06.25

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO AG
Anlagen- und Instandhaltungsmanagement
Hamburger Chaussee 10
24114 Kiel

Auftragnehmer

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

Projekt

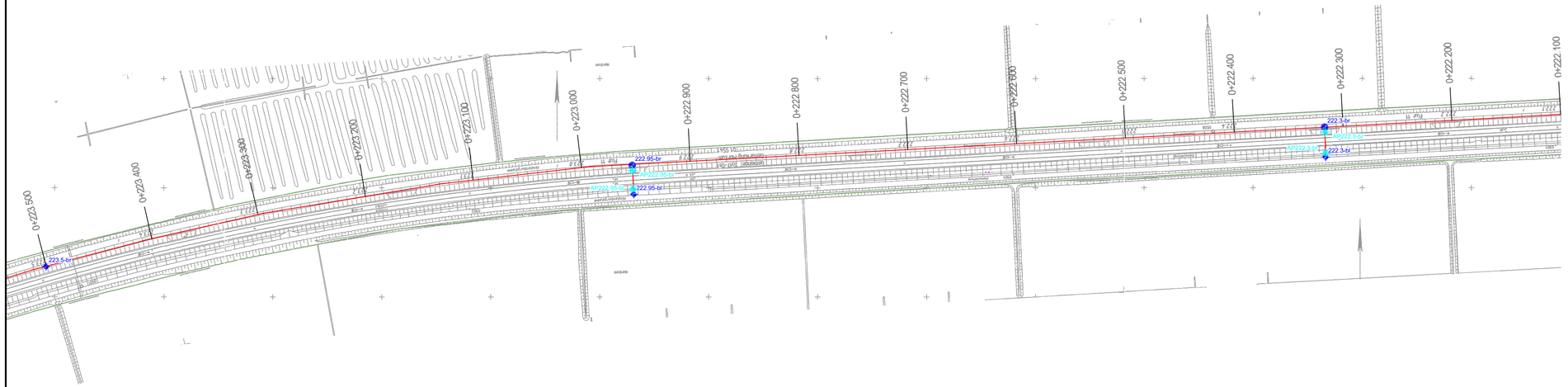
BV Hindenburgdamm HDD
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Lageplan der Untergrundaufschlüsse

Az.	Bearbeiter	Datum:
HH 817.7/25	fk / pb	05.12.2025
Maßstab	**Blattformat**	**Anlagen Nr.**
1 : 2.500	970 x 297	2.3

Format: 297 x 970 (0.29 m²)



Legende Baugrundaufschluss:

217.5-br Kleinrammbohrung und Schwere Rammsondierung

AP224.3-br Entnahmepunkt Asphaltprobe

217.92-br Kleinrammbohrung, nach Beendigung der Sondierung ausgebaut mit 2" Rammfilterpegel

Plangrundlage: Pabsch Ing. GmbH, Hildesheim, Üplan, Str.1210 ca.km 217,3-ca.km 225,7, Plannr.: 20-0301(-0303)-00, M1:2.500, 10.06.25

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO AG
Anlagen- und Instandhaltungsmanagement
Hamburger Chaussee 10
24114 Kiel

Auftragnehmer

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

Projekt

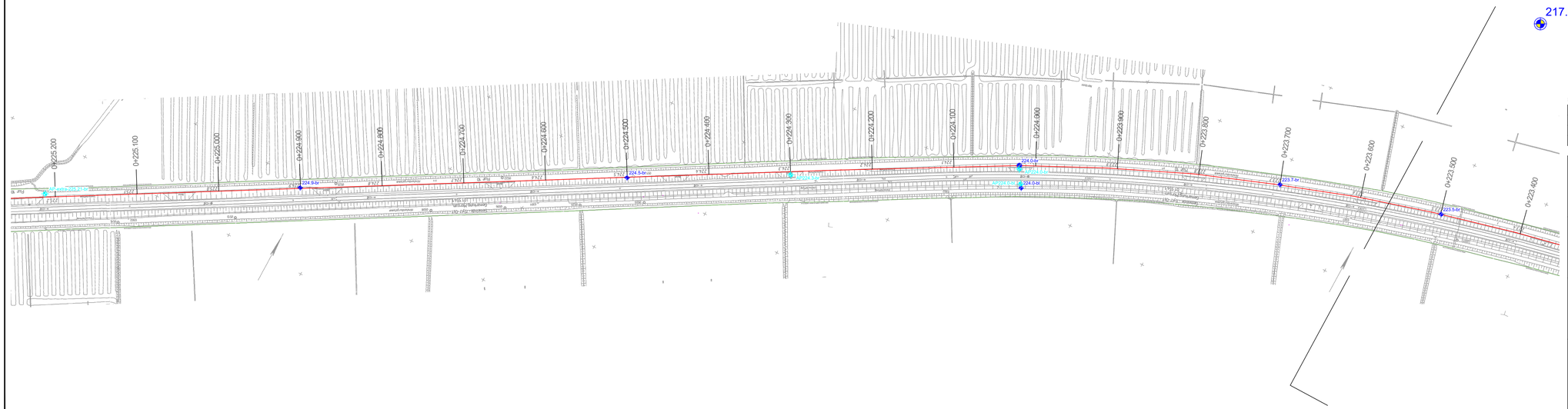
BV Hindenburgdamm HDD
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Lageplan der Untergrundaufschlüsse

Az.	Bearbeiter	Datum:
HH 817.7/25	fk / pb	05.12.2025
Maßstab	**Blattformat**	**Anlagen Nr.**
1 : 2.500	780 x 297	2.4

Format: 297 x 780 (0.23 m²)



Legende Baugrundaufschluss:

217.5-br Kleinrammbohrung und Schwere Rammsondierung

AP224.3-br Entnahmepunkt Asphaltprobe

217.92-br Kleinrammbohrung, nach Beendigung der Sondierung ausgebaut mit 2" Rammfilterpegel

Plangrundlage: Pabsch Ing. GmbH, Hildesheim, Üplan, Str.1210 ca.km 217,3-ca.km 225,7, Plannr.: 20-0301(-0303)-00, M1:2.500, 10.06.25

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO AG
Anlagen- und Instandhaltungsmanagement
Hamburger Chaussee 10
24114 Kiel

Auftragnehmer

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

Projekt

BV Hindenburgdamm HDD
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Lageplan der Untergrundaufschlüsse

Az.	Bearbeiter	Datum:
HH 817.7/25	fk / pb	05.12.2025
Maßstab	**Blattformat**	**Anlagen Nr.**
1 : 2.500	970 x 297	2.5

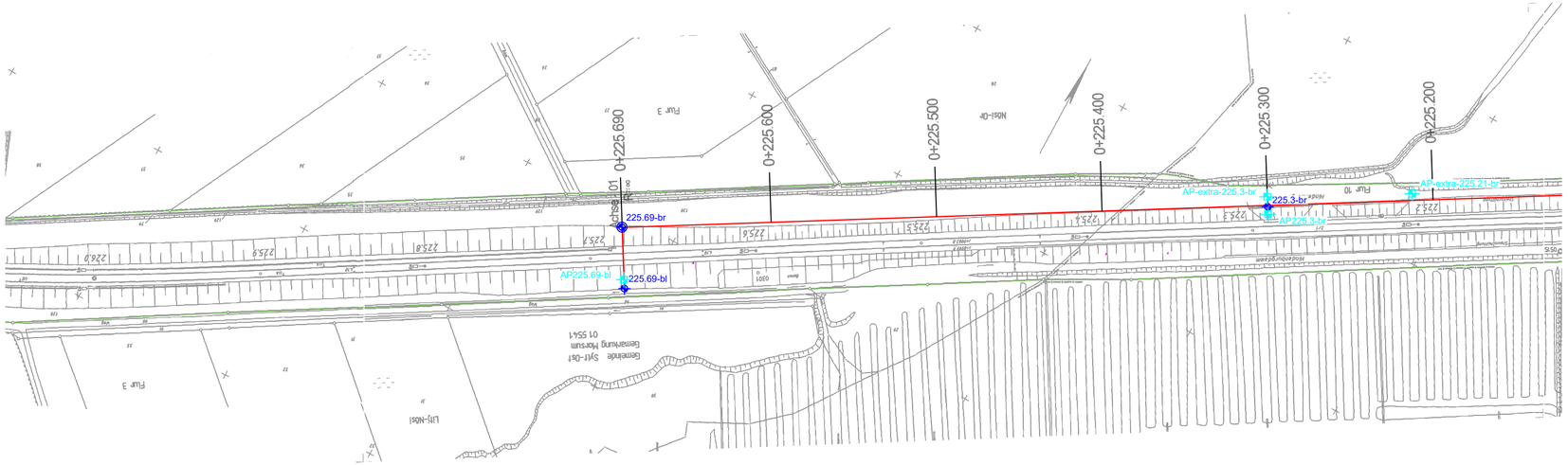
Format: 297 x 970 (0.29 m²)

Legende Baugrundaufschluss:

217.5-br Kleinrammbohrung und Schwere Rammsondierung

AP224.3-br Entnahmepunkt Asphaltprobe

217.92-br Kleinrammbohrung, nach Beendigung der Sondierung ausgebaut mit 2" Rammfilterpegel



Plangrundlage: Pabsch Ing. GmbH, Hildesheim, Üplan, Str.1210 ca.km 217,3-ca.km 225,7, Plannr.: 20-0301(-0303)-00, M1:2.500, 10.06.25

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO AG
Anlagen- und Instandhaltungsmanagement
Hamburger Chaussee 10
24114 Kiel

Auftragnehmer

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

Projekt

BV Hindenburgdamm HDD
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Lageplan der Untergrundaufschlüsse

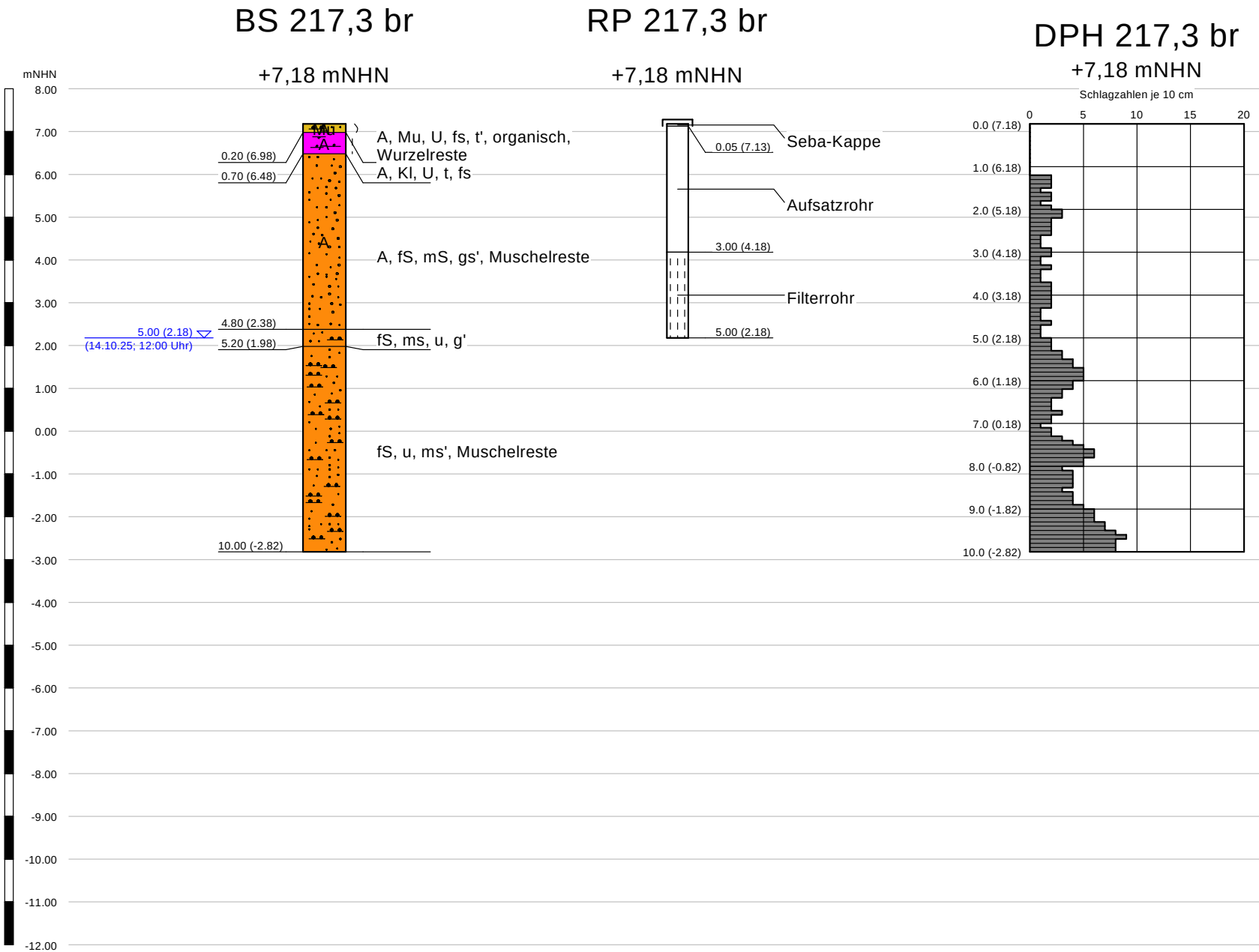
Az.	Bearbeiter	Datum:
HH 817.7/25	fk / pb	05.12.2025
Maßstab	**Blattformat**	**Anlagen Nr.**
1 : 2.500	590 x 297	2.6

Format: 297 x 590 (0.18 m²)

Anlage 3

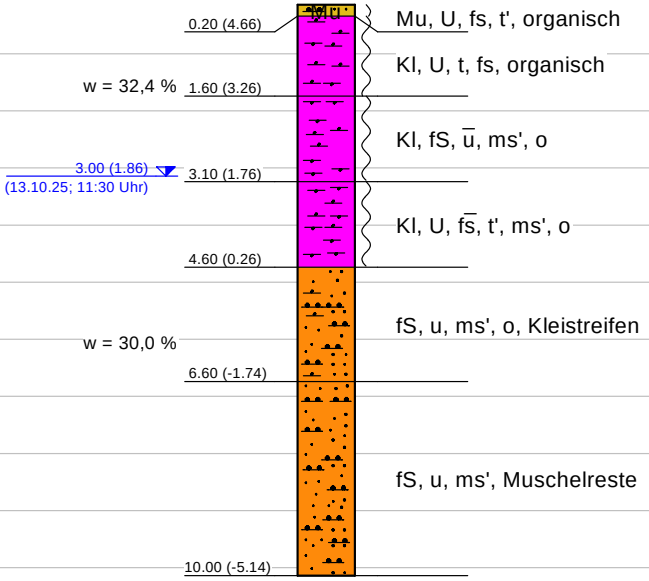
Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse

Festland


BS 217,3 br
+7,18 mNHN
RP 217,3 br
+7,18 mNHN
DPH 217,3 br
+7,18 mNHN
mNHN
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
-2.00
-3.00
-4.00
-5.00
-6.00
-7.00
-8.00
-9.00
-10.00
-11.00
-12.00
5.00 (2.18)
(14.10.25; 12:00 Uhr)
0.20 (6.98)
0.70 (6.48)
4.80 (2.38)
5.20 (1.98)
10.00 (-2.82)
Mu
A
A
A, Mu, U, fs, t', organisch, Wurzelreste
A, Kl, U, t, fs
A, fS, mS, gs', Muschelreste
fS, ms, u, g'
fS, u, ms', Muschelreste
0.05 (7.13)
Seba-Kappe
Aufsatzrohr
3.00 (4.18)
Filterrohr
5.00 (2.18)
Schlagzahlen je 10 cm
0
5
10
15
20
0.0 (7.18)
1.0 (6.18)
2.0 (5.18)
3.0 (4.18)
4.0 (3.18)
5.0 (2.18)
6.0 (1.18)
7.0 (0.18)
8.0 (-0.82)
9.0 (-1.82)
10.0 (-2.82)

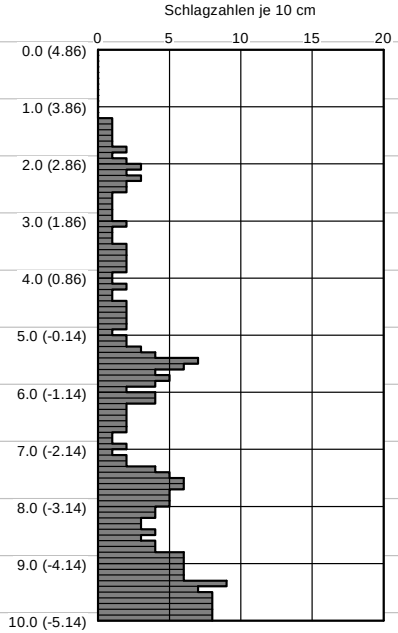
BS 217,5 br

+4,86 mNHN


Mu
0.20 (4.66)
Mu, U, fs, t', organisch
Kl, U, t, fs, organisch
w = 32,4 %
1.60 (3.26)
Kl, fS, ū, ms', o
3.00 (1.86)
(13.10.25; 11:30 Uhr)
3.10 (1.76)
Kl, U, fs̄, t', ms', o
4.60 (0.26)
fS, u, ms', o, Kleistreifen
w = 30,0 %
6.60 (-1.74)
fS, u, ms', Muschelreste
10.00 (-5.14)

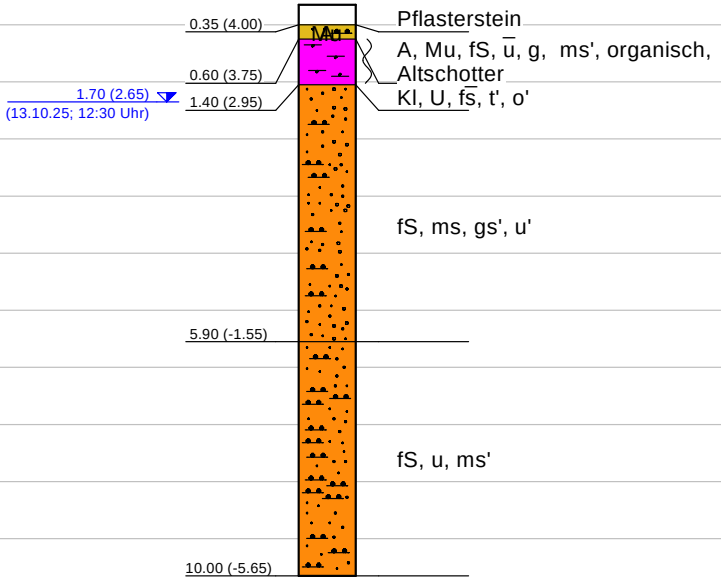
DPH 217,5 br

+4,86 mNHN



BS 217,92 br

+4,35 mNHN

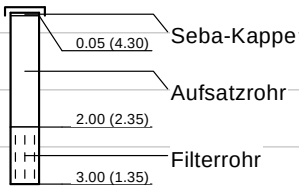

0.35 (4.00)
Pflasterstein
Mu
A, Mu, fS, ū, g, ms', organisch, Altschotter
0.60 (3.75)
1.70 (2.65)
(13.10.25; 12:30 Uhr)
1.40 (2.95)
Kl, U, fs̄, t', o'
fS, ms, gs', u'
5.90 (-1.55)
fS, u, ms'
10.00 (-5.65)

R

Vorlandsbereich Festl

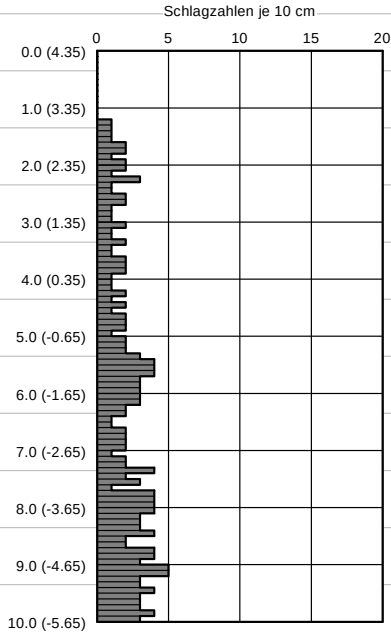
P 217,92 br

+4,35 mNHN


0.05 (4.30)
Seba-Kappe
Aufsatzrohr
2.00 (2.35)
Filterrohr
3.00 (1.35)

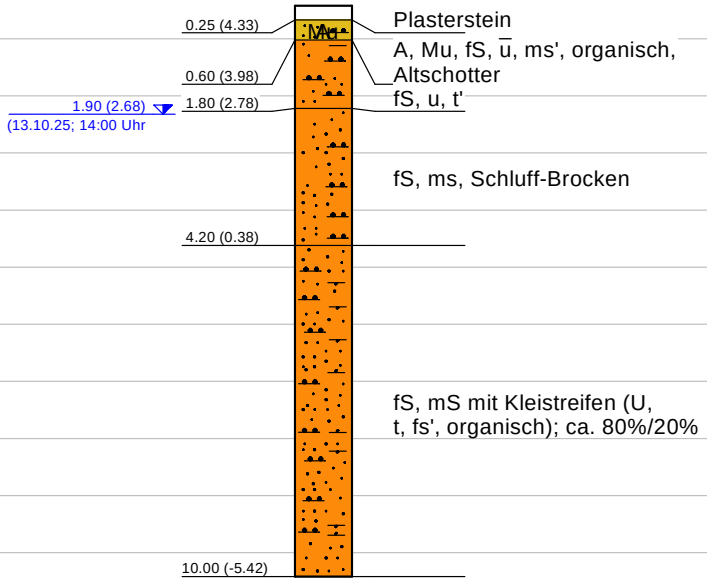
DPH 217,92 br

+4,35 mNHN



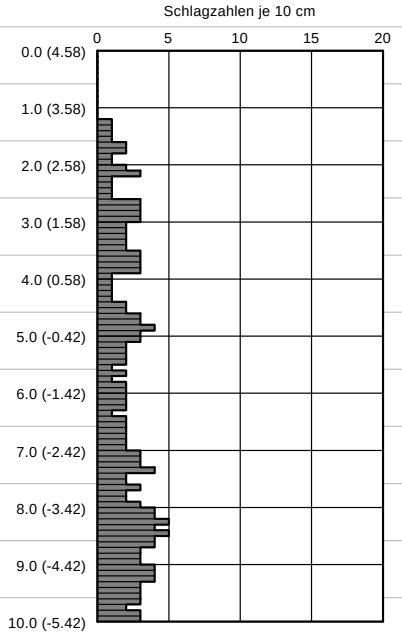
BS 218,5 br

+4,58 mNHN

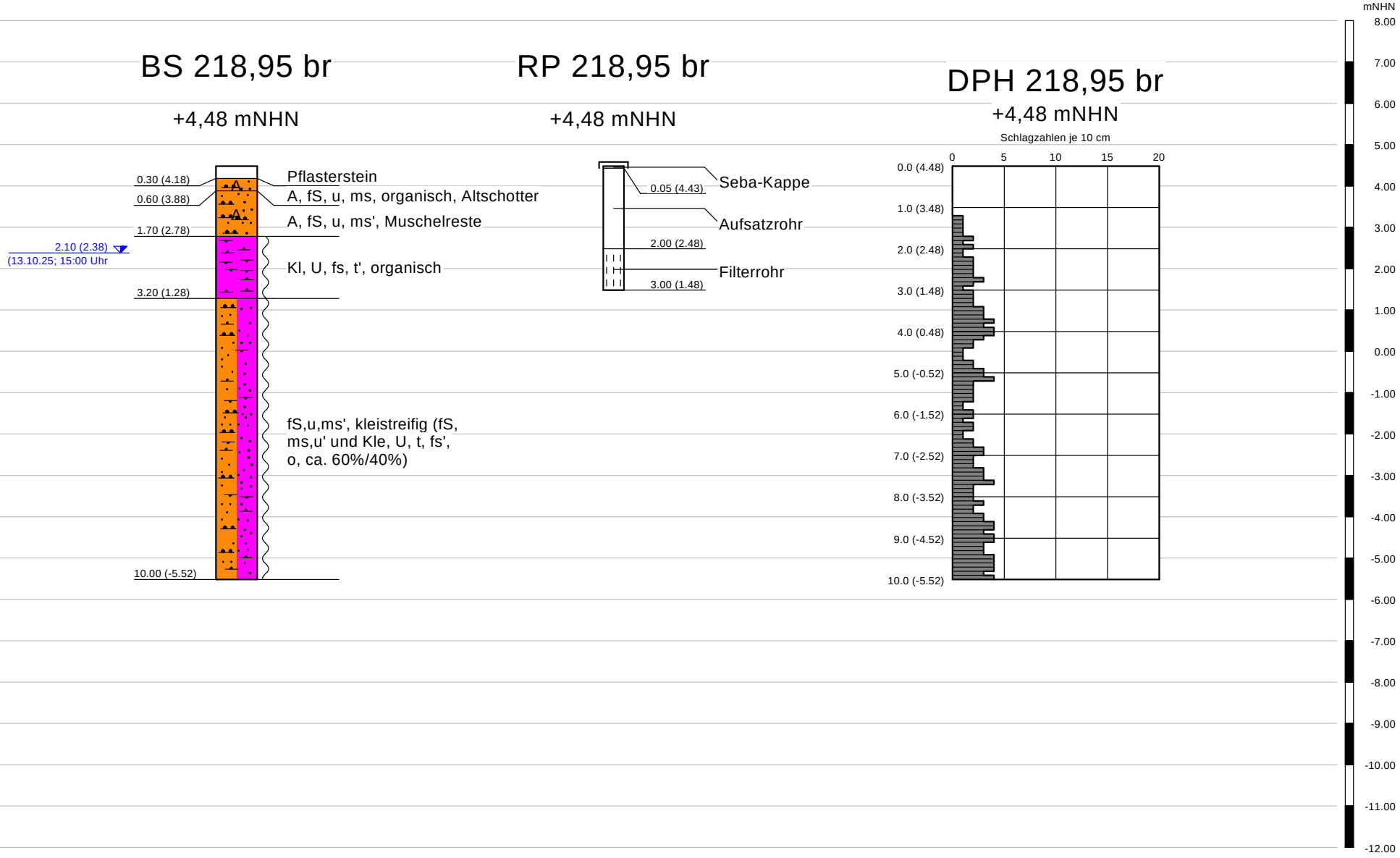

0.25 (4.33)
Plasterstein
Mu
A, Mu, fS, ū, ms', organisch,
Altschotter
0.60 (3.98)
1.80 (2.78)
fS, u, t'
1.90 (2.68)
(13.10.25; 14:00 Uhr
fS, ms, Schluff-Brocken
4.20 (0.38)
fS, mS mit Kleistreifen (U,
t, fs', organisch); ca. 80%/20%
10.00 (-5.42)

DPH 218,50 br

+4,58 mNHN



and


BS 218,95 br
+4,48 mNHN
0.30 (4.18)
0.60 (3.88)
1.70 (2.78)
2.10 (2.38)
(13.10.25; 15:00 Uhr
3.20 (1.28)
10.00 (-5.52)
Pflasterstein
A, fS, u, ms, organisch, Altschotter
A, fS, u, ms', Muschelreste
Kl, U, fs, t', organisch
fS,u,ms', kleistreifig (fS, ms,u' und Kle, U, t, fs', o, ca. 60%/40%)
A
A
RP 218,95 br
+4,48 mNHN
0.05 (4.43)
2.00 (2.48)
3.00 (1.48)
Seba-Kappe
Aufsatzrohr
Filterrohr
DPH 218,95 br
+4,48 mNHN
Schlagzahlen je 10 cm
0
5
10
15
20
0.0 (4.48)
1.0 (3.48)
2.0 (2.48)
3.0 (1.48)
4.0 (0.48)
5.0 (-0.52)
6.0 (-1.52)
7.0 (-2.52)
8.0 (-3.52)
9.0 (-4.52)
10.0 (-5.52)
mNHN
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
-2.00
-3.00
-4.00
-5.00
-6.00
-7.00
-8.00
-9.00
-10.00
-11.00
-12.00

Bodenarten

A	Auffüllung (A)	▨	Geschiebelehm (Lg)
Mu	Mutterboden (Mu)	▨	Geschiebemergel (Mg)
■	Torf / humos (H/h)	■	Klei (Kl)
■	Kies / kiesig (G/g)	■	Schlick (Sl)
■	Sand / sandig (S/s)	■	Asphalt
■	Schluff / schluffig (U/u)		
■	Ton / tonig (T/t)		

Konsistenzen

- klüftig
- fest
- halbfest - fest
- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- breiig - weich
- breiig
- nass

Wasserstände

- ▼ GW Ruhe
- ▼ GW Bohrende
- ▽ GW angebohrt
- ⊥ GW versickert
- ⊤ GW angestiegen

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO

DB InfraGO
Regionalbereich Nord
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Auftragnehmer

Kempfert + Partner
Geotechnik

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

Projekt

BV HDD Hindenburgdamm
Geotechnischer Bericht

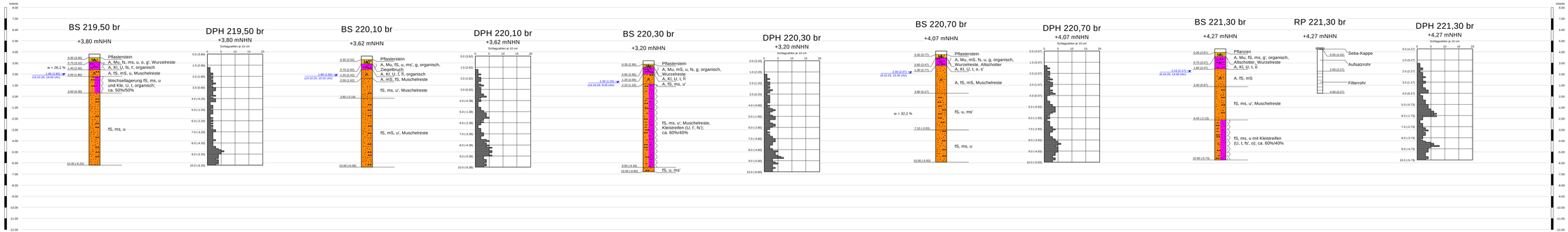
Planinhalt

Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse
km 217,3 bis km 218,95 - bahnrechts

Az. HH 817.7/25	Bearbeiter fk / pb	Datum: 08.01.2026
Maßstab 1:100	Blattformat 590 x 297 mm	Anlagen Nr. 3.1

Vorlandsbereich Festland

Wattenmeer



Bodenarten

- A — Auffüllung (A)
- Mu — Mutterboden (Mu)
- Torf / humos (Hth)
- Kies / kiesig (GIg)
- Sand / sandig (SIs)
- Schluff / schluffig (UIu)
- Ton / tonig (TIt)
- Geschiebelehm (Lgl)
- Geschiebemergel (Mgl)
- Klei (Kl)
- Schlick (SI)
- Asphalt

Konsistenzen

breiig
weich
weich - steif
steif
halbfest - fest
fest

Wasserstände

- GW Ruhe
- GW Bohrende
- GW angebohrt
- GW versickert
- GW angestiegen

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO
Regionalbereich Nord
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Auftragnehmer

Kempfert + Partner Geotechnik
Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhohe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

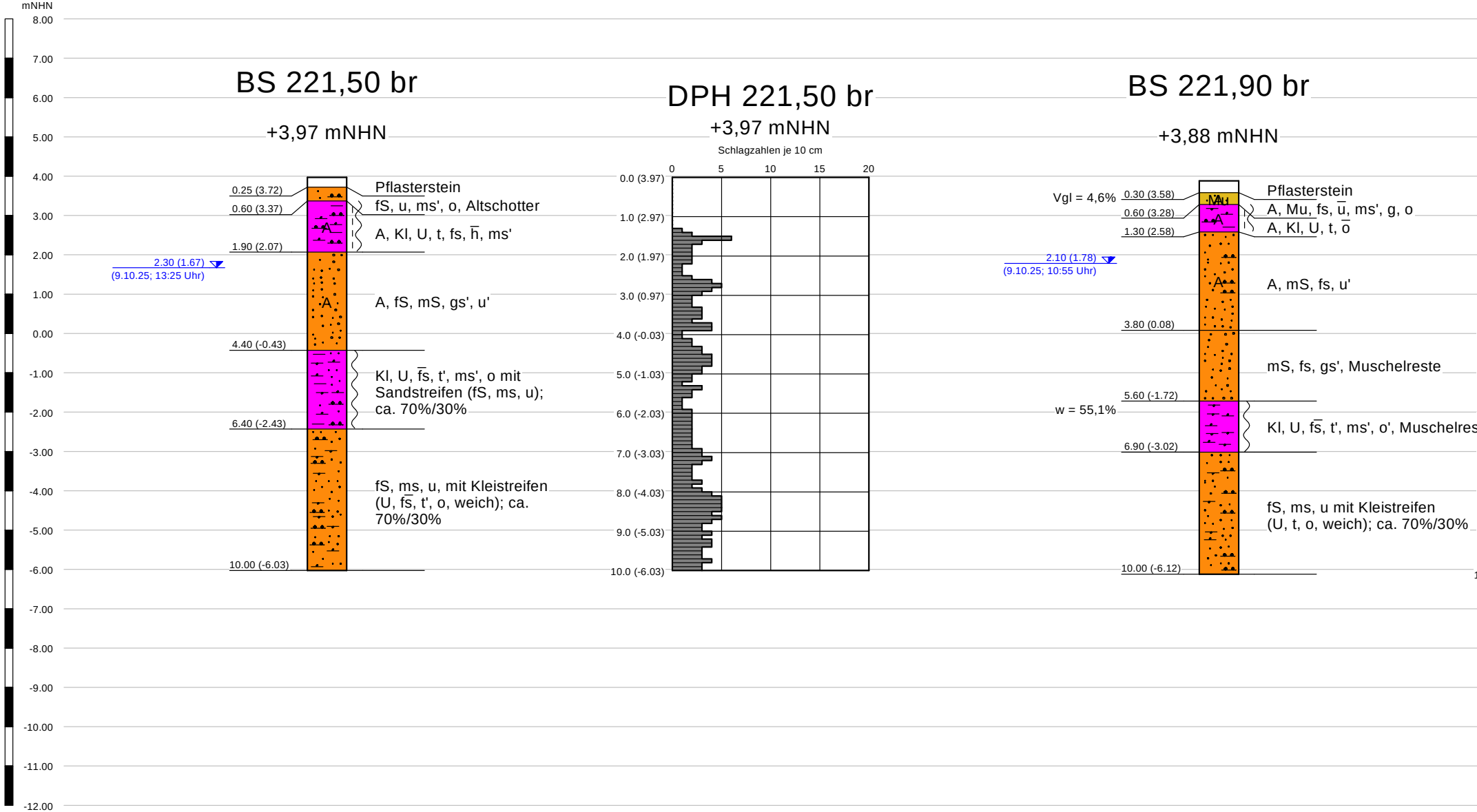
Projekt

BV HDD Hindenburgdamm
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse
km 219,50 bis km 221,30 - bahnrechts

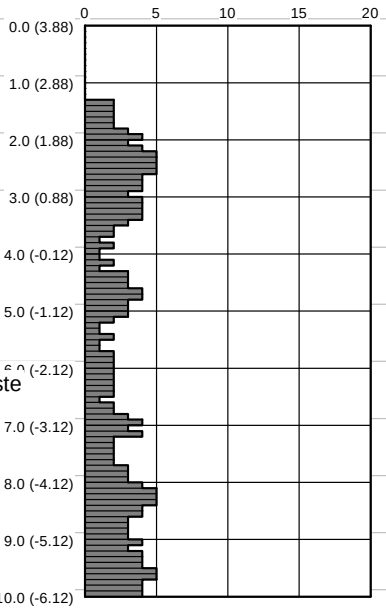
AZ	HH 817.7/25	bearbeitet	fk / pb	Datum	08.01.2026
Maßstab	1:100	Blattformat	590 x 297 mm	Anlagen Nr.	3.2


mNHN
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
-2.00
-3.00
-4.00
-5.00
-6.00
-7.00
-8.00
-9.00
-10.00
-11.00
-12.00
BS 221,50 br
+3,97 mNHN
0.25 (3.72)
0.60 (3.37)
1.90 (2.07)
2.30 (1.67)
(9.10.25; 13:25 Uhr)
4.40 (-0.43)
6.40 (-2.43)
10.00 (-6.03)
A
A
Pflasterstein
fS, u, ms', o, Altschotter
A, Kl, U, t, fs, h̄, ms'
A, fS, mS, gs', u'
Kl, U, f̄s, t', ms', o mit Sandstreifen (fS, ms, u); ca. 70%/30%
fS, ms, u, mit Kleistreifen (U, f̄s, t', o, weich); ca. 70%/30%
DPH 221,50 br
+3,97 mNHN
Schlagzahlen je 10 cm
0
5
10
15
20
0.0 (3.97)
1.0 (2.97)
2.0 (1.97)
3.0 (0.97)
4.0 (-0.03)
5.0 (-1.03)
6.0 (-2.03)
7.0 (-3.03)
8.0 (-4.03)
9.0 (-5.03)
10.0 (-6.03)
BS 221,90 br
+3,88 mNHN
Vgl = 4,6%
0.30 (3.58)
0.60 (3.28)
1.30 (2.58)
2.10 (1.78)
(9.10.25; 10:55 Uhr)
3.80 (0.08)
5.60 (-1.72)
w = 55,1%
6.90 (-3.02)
10.00 (-6.12)
Mu
A
A
Pflasterstein
A, Mu, fs, ū, ms', g, o
A, Kl, U, t, ō
A, mS, fs, u'
mS, fs, gs', Muschelreste
Kl, U, f̄s, t', ms', o', Muschelres
fS, ms, u mit Kleistreifen (U, t, o, weich); ca. 70%/30%

Wattenmeer

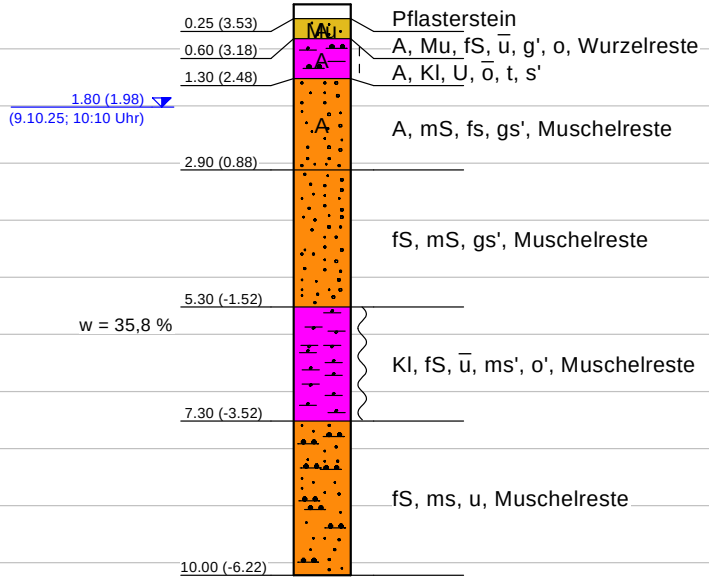
DPH 221,90 br

+3,88 mNHN



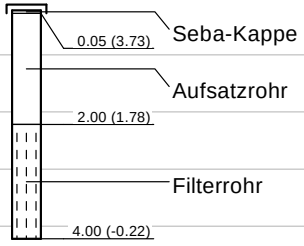
BS 222,30 br

+3,78 mNHN


0.25 (3.53)
0.60 (3.18)
1.30 (2.48)
1.80 (1.98)
(9.10.25; 10:10 Uhr)
2.90 (0.88)
5.30 (-1.52)
w = 35,8 %
7.30 (-3.52)
10.00 (-6.22)
Mu
A
A
Pflasterstein
A, Mu, fS, u̅, g', o, Wurzelreste
A, Kl, U, o̅, t, s'
A, mS, fs, gs', Muschelreste
fS, mS, gs', Muschelreste
Kl, fS, u̅, ms', o', Muschelreste
fS, ms, u, Muschelreste

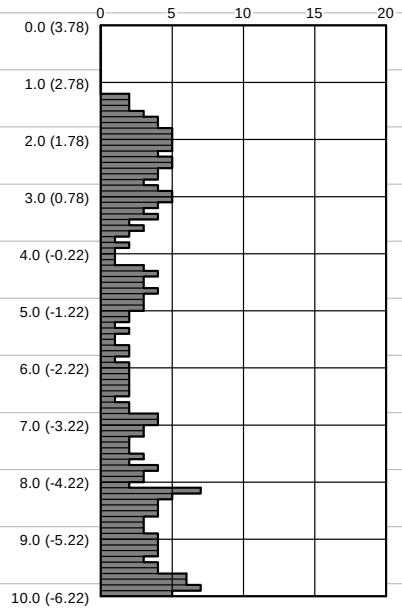
RP 222,30 br

+3,78 mNHN


0.05 (3.73)
Seba-Kappe
Aufsatzrohr
2.00 (1.78)
Filterrohr
4.00 (-0.22)

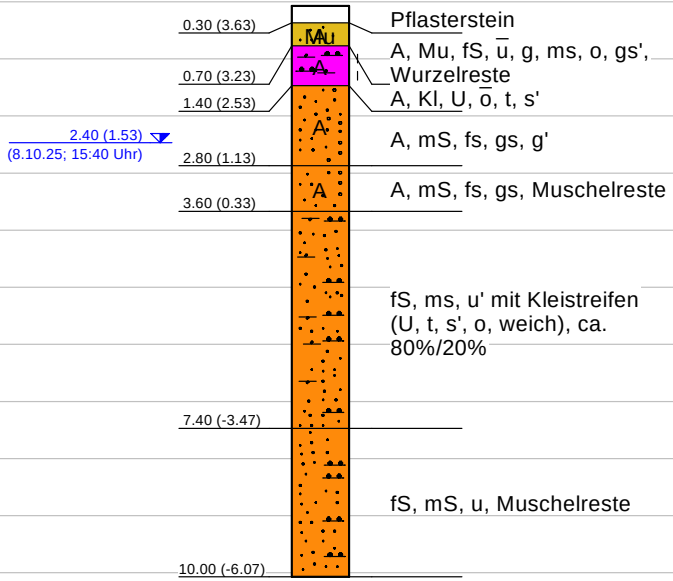
DPH 222,30 br

+3,78 mNHN



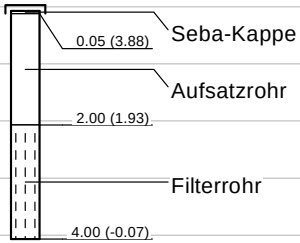
BS 222,95 br

+3,93 mNHN


0.30 (3.63)
0.70 (3.23)
1.40 (2.53)
2.40 (1.53)
(8.10.25; 15:40 Uhr)
2.80 (1.13)
3.60 (0.33)
7.40 (-3.47)
10.00 (-6.07)
Mu
A
A
A
Pflasterstein
A, Mu, fS, u̅, g, ms, o, gs',
Wurzelreste
A, Kl, U, o̅, t, s'
A, mS, fs, gs, g'
A, mS, fs, gs, Muschelreste
fS, ms, u' mit Kleistreifen
(U, t, s', o, weich), ca.
80%/20%
fS, mS, u, Muschelreste

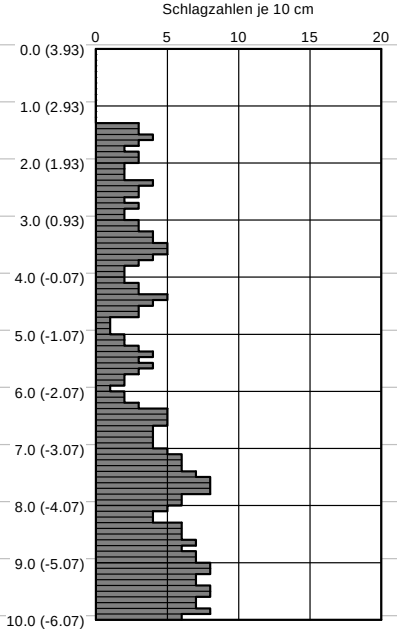
RP 222,95 br

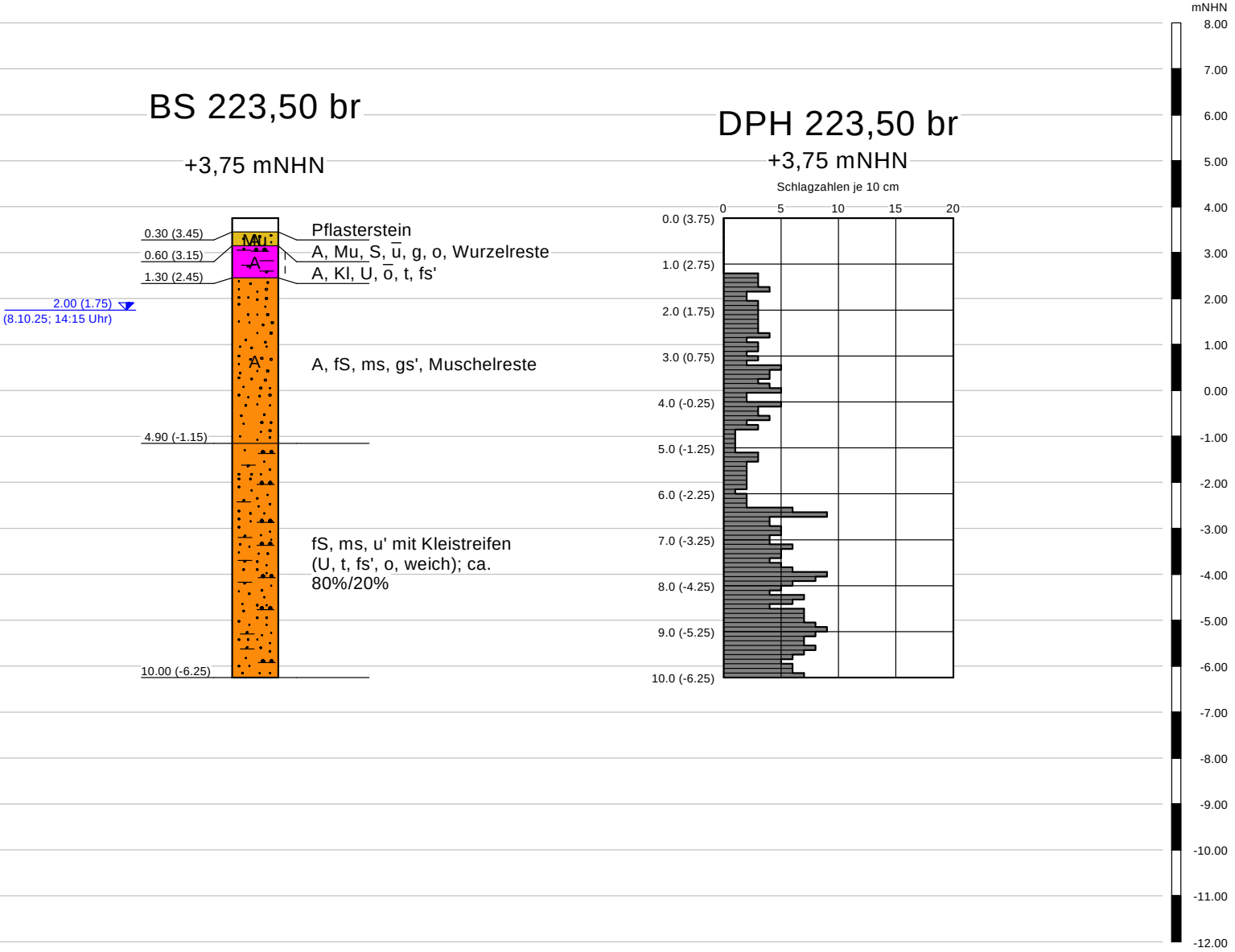
+3,93 mNHN


0.05 (3.88)
Seba-Kappe
Aufsatzrohr
2.00 (1.93)
Filterrohr
4.00 (-0.07)

DPH 222,95 br

+3,93 mNHN




BS 223,50 br
+3,75 mNHN
0.30 (3.45)
0.60 (3.15)
1.30 (2.45)
2.00 (1.75)
(8.10.25; 14:15 Uhr)
4.90 (-1.15)
10.00 (-6.25)
Mu
A
A
Pflasterstein
A, Mu, S, $\overline{u}$, g, o, Wurzelreste
A, Kl, U, $\overline{o}$, t, fs'
A, fS, ms, gs', Muschelreste
fS, ms, u' mit Kleistreifen
(U, t, fs', o, weich); ca.
80%/20%
DPH 223,50 br
+3,75 mNHN
Schlagzahlen je 10 cm
0
5
10
15
20
0.0 (3.75)
1.0 (2.75)
2.0 (1.75)
3.0 (0.75)
4.0 (-0.25)
5.0 (-1.25)
6.0 (-2.25)
7.0 (-3.25)
8.0 (-4.25)
9.0 (-5.25)
10.0 (-6.25)
mNHN
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
-2.00
-3.00
-4.00
-5.00
-6.00
-7.00
-8.00
-9.00
-10.00
-11.00
-12.00

Bodenarten

A	Auffüllung (A)	▨	Geschiebelehm (Lg)
Mu	Mutterboden (Mu)	▨	Geschiebemergel (Mg)
▨	Torf / humos (H/h)	▨	Klei (Kl)
▨	Kies / kiesig (G/g)	▨	Schlick (Sl)
▨	Sand / sandig (S/s)	■	Asphalt
▨	Schluff / schluffig (U/u)		
▨	Ton / tonig (T/t)		

Konsistenzen

- klüftig
- fest
- halbfest - fest
- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- breiig - weich
- breiig
- nass

Wasserstände

- ▼ GW Ruhe
- ▼ GW Bohrende
- ▽ GW angebohrt
- GW versickert
- GW angestiegen

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO

DB InfraGO
Regionalbereich Nord
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Auftragnehmer

Kempfert + Partner
Geotechnik

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

Projekt

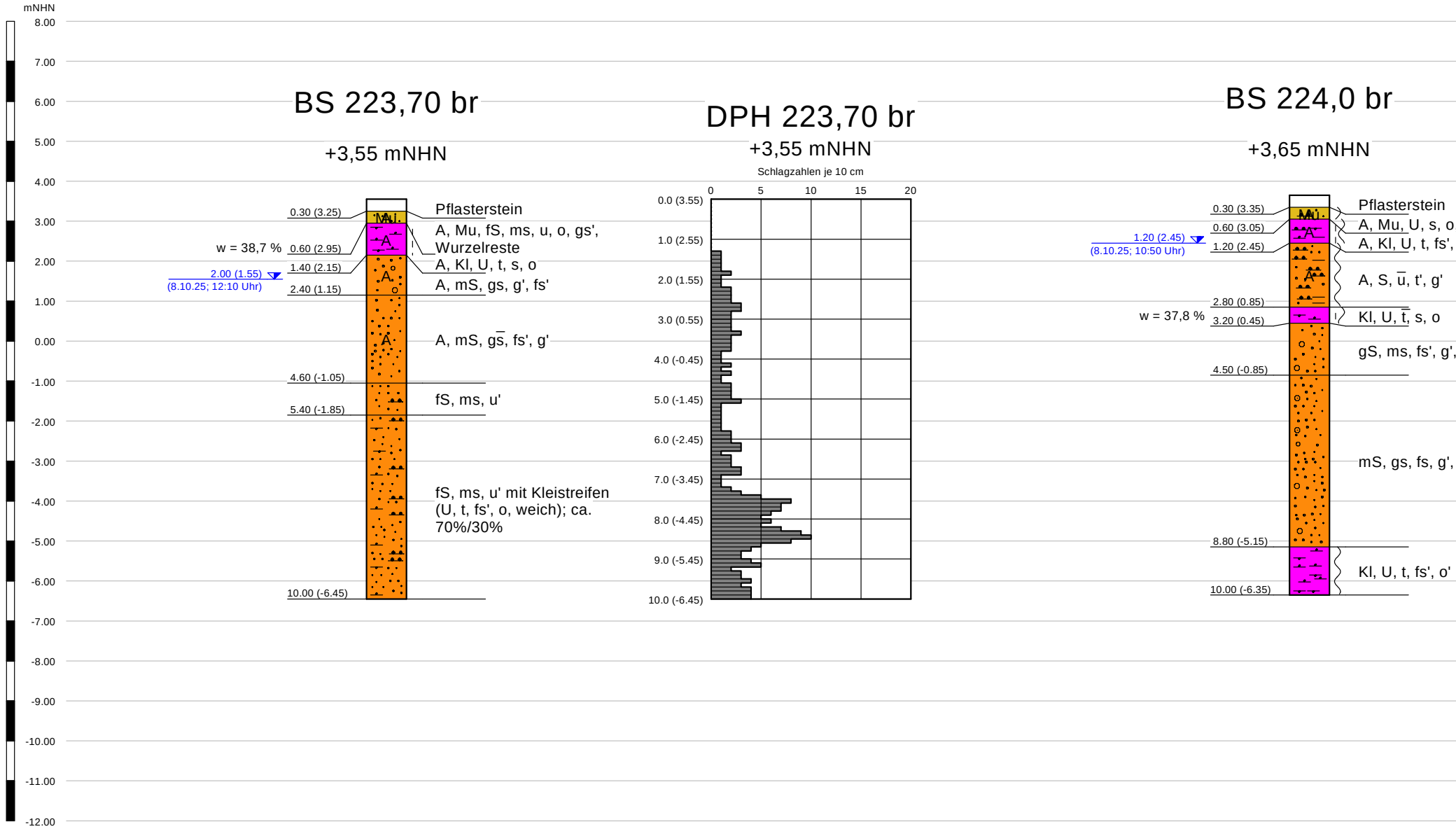
BV HDD Hindenburgdamm
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

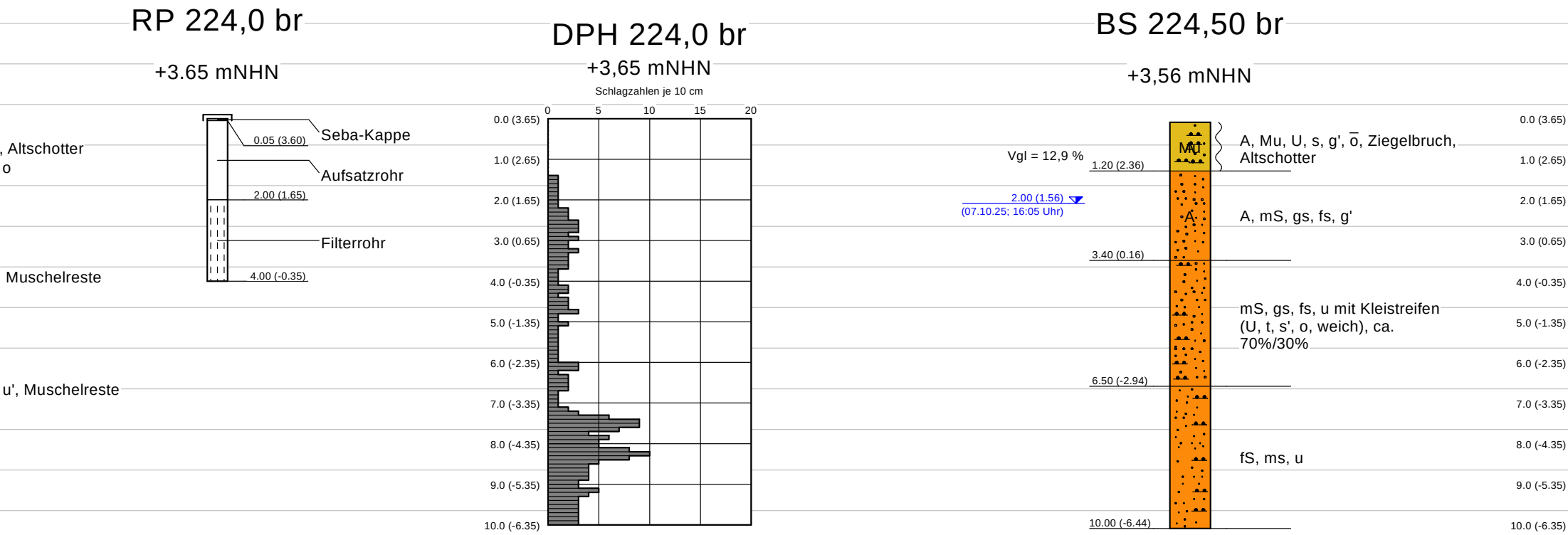
Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse
km 221,50 bis km 223,50 - bahnrechts

Az.	HH 817.7/25	Bearbeiter	fk / pb	Datum:	08.01.2026
Maßstab	1:100	Blattformat	590 x 297 mm	Anlagen Nr.	3.3

Wattenmeer

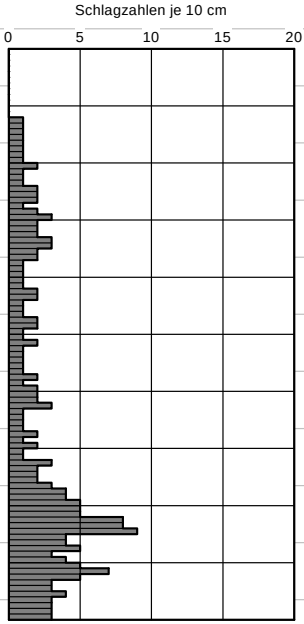

mNHN
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
-2.00
-3.00
-4.00
-5.00
-6.00
-7.00
-8.00
-9.00
-10.00
-11.00
-12.00
BS 223,70 br
+3,55 mNHN
0.30 (3.25)
0.60 (2.95)
1.40 (2.15)
2.40 (1.15)
4.60 (-1.05)
5.40 (-1.85)
10.00 (-6.45)
w = 38,7 %
2.00 (1.55)
(8.10.25; 12:10 Uhr)
Mu
A
A
A
Pflasterstein
A, Mu, fS, ms, u, o, gs', Wurzelreste
A, Kl, U, t, s, o
A, mS, gs, g', fs'
A, mS, gs̅, fs', g'
fS, ms, u'
fS, ms, u' mit Kleistreifen (U, t, fs', o, weich); ca. 70%/30%
DPH 223,70 br
+3,55 mNHN
Schlagzahlen je 10 cm
0
5
10
15
20
0.0 (3.55)
1.0 (2.55)
2.0 (1.55)
3.0 (0.55)
4.0 (-0.45)
5.0 (-1.45)
6.0 (-2.45)
7.0 (-3.45)
8.0 (-4.45)
9.0 (-5.45)
10.0 (-6.45)
BS 224,0 br
+3,65 mNHN
0.30 (3.35)
0.60 (3.05)
1.20 (2.45)
2.80 (0.85)
3.20 (0.45)
4.50 (-0.85)
8.80 (-5.15)
10.00 (-6.35)
1.20 (2.45)
(8.10.25; 10:50 Uhr)
w = 37,8 %
Mu
A
A
Pflasterstein
A, Mu, U, s, o
A, Kl, U, t, fs',
A, S, u̅, t', g'
Kl, U, t̅, s, o
gS, ms, fs', g',
mS, gs, fs, g',
Kl, U, t, fs', o'

Vorlandsbereich Sylt


, Altschotter
o
Muschelreste
u', Muschelreste
RP 224,0 br
+3.65 mNHN
0.05 (3.60)
Seba-Kappe
Aufsatzrohr
2.00 (1.65)
Filterrohr
4.00 (-0.35)
DPH 224,0 br
+3,65 mNHN
Schlagzahlen je 10 cm
0
5
10
15
20
0.0 (3.65)
1.0 (2.65)
2.0 (1.65)
3.0 (0.65)
4.0 (-0.35)
5.0 (-1.35)
6.0 (-2.35)
7.0 (-3.35)
8.0 (-4.35)
9.0 (-5.35)
10.0 (-6.35)
BS 224,50 br
+3,56 mNHN
Vgl = 12,9 %
1.20 (2.36)
2.00 (1.56)
(07.10.25; 16:05 Uhr)
3.40 (0.16)
6.50 (-2.94)
10.00 (-6.44)
Mu
A
A, Mu, U, s, g', o̅, Ziegelbruch, Altschotter
A, mS, gs, fs, g'
mS, gs, fs, u mit Kleistreifen (U, t, s', o, weich), ca. 70%/30%
fS, ms, u
0.0 (3.65)
1.0 (2.65)
2.0 (1.65)
3.0 (0.65)
4.0 (-0.35)
5.0 (-1.35)
6.0 (-2.35)
7.0 (-3.35)
8.0 (-4.35)
9.0 (-5.35)
10.0 (-6.35)

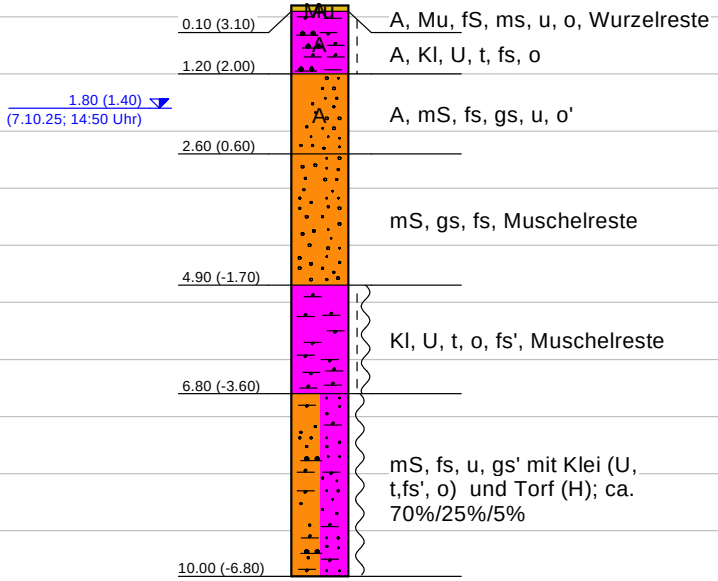
DPH 224,50 br

+3,65 mNHN



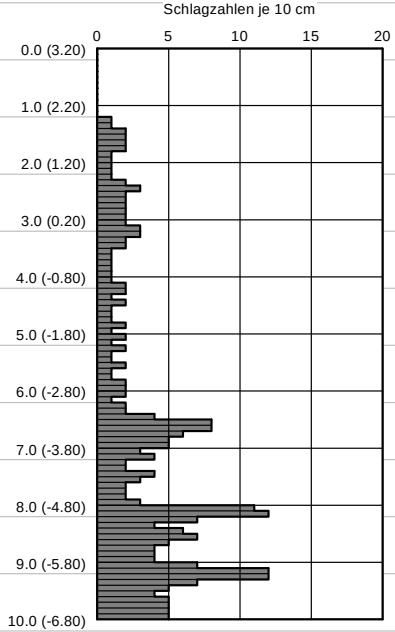
BS 224,90 br

+3,20 mNHN


Mu
A
A
0.10 (3.10)
1.20 (2.00)
1.80 (1.40)
(7.10.25; 14:50 Uhr)
2.60 (0.60)
4.90 (-1.70)
6.80 (-3.60)
10.00 (-6.80)
A, Mu, fS, ms, u, o, Wurzelreste
A, Kl, U, t, fs, o
A, mS, fs, gs, u, o'
mS, gs, fs, Muschelreste
Kl, U, t, o, fs', Muschelreste
mS, fs, u, gs' mit Klei (U, t,fs', o) und Torf (H); ca. 70%/25%/5%

DPH 224,90 br

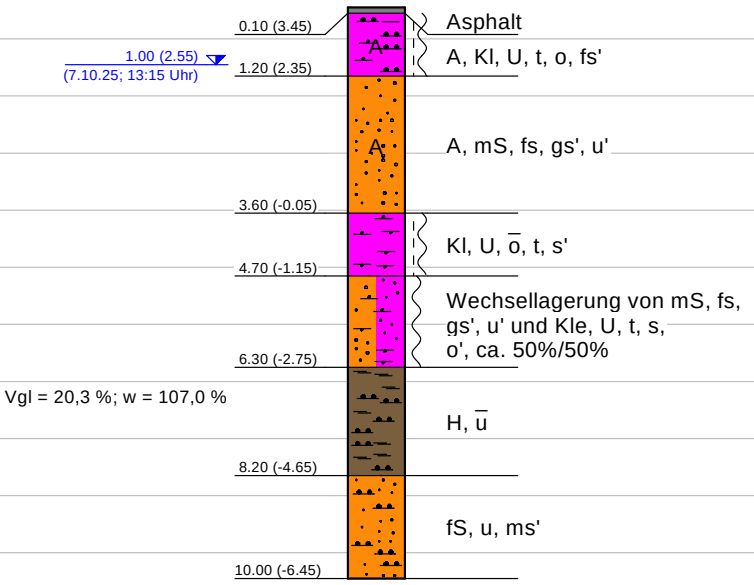
+3,20 mNHN



Sylt

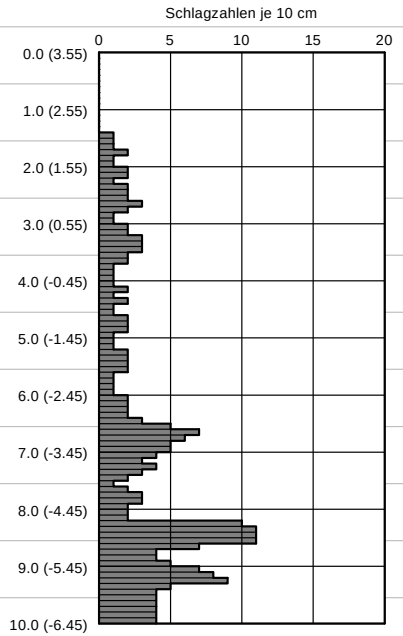
BS 225,30 br

+3,55 mNHN


0.10 (3.45)
1.00 (2.55)
(7.10.25; 13:15 Uhr)
1.20 (2.35)
3.60 (-0.05)
4.70 (-1.15)
6.30 (-2.75)
Vgl = 20,3 %; w = 107,0 %
8.20 (-4.65)
10.00 (-6.45)
A
A
Asphalt
A, Kl, U, t, o, fs'
A, mS, fs, gs', u'
Kl, U, o̅, t, s'
Wechsellagerung von mS, fs, gs', u' und Kle, U, t, s, o', ca. 50%/50%
H, u̅
fS, u, ms'

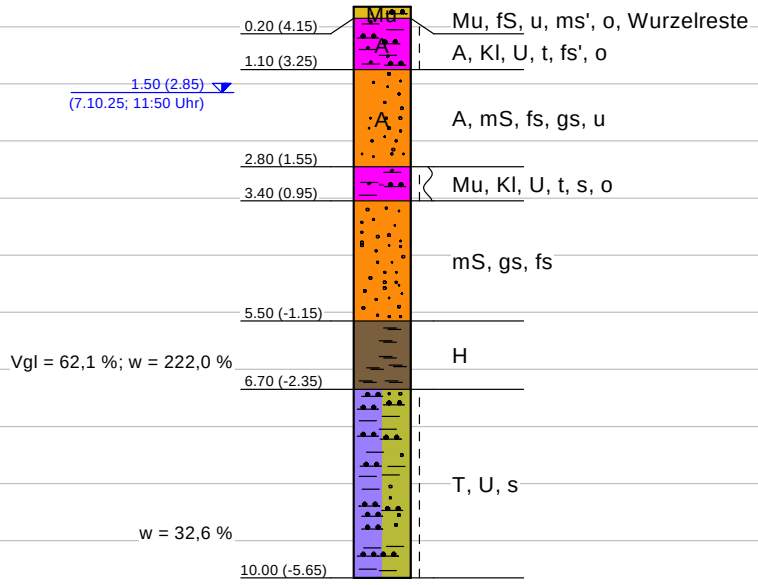
DPH 225,30 br

+3,55 mNHN

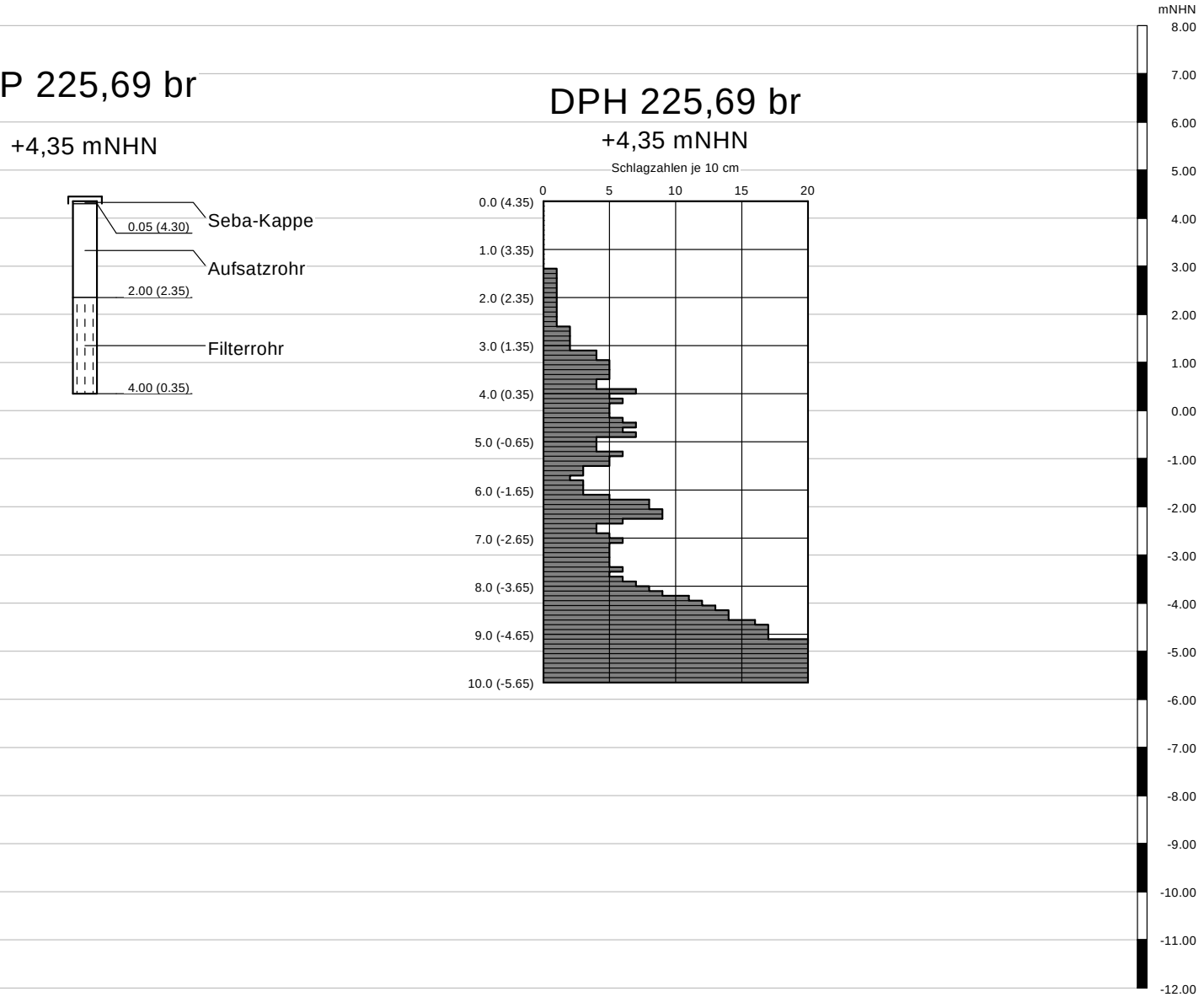


BS 225,69 br

+4,35 mNHN


0.20 (4.15)
1.10 (3.25)
1.50 (2.85)
(7.10.25; 11:50 Uhr)
2.80 (1.55)
3.40 (0.95)
5.50 (-1.15)
Vgl = 62,1 %; w = 222,0 %
6.70 (-2.35)
w = 32,6 %
10.00 (-5.65)
Mu
A
A
Mu, fS, u, ms', o, Wurzelreste
A, Kl, U, t, fs', o
A, mS, fs, gs, u
Mu, Kl, U, t, s, o
mS, gs, fs
H
T, U, s

R


P 225,69 br
+4,35 mNHN
0.05 (4.30)
Seba-Kappe
Aufsatzrohr
2.00 (2.35)
Filterrohr
4.00 (0.35)
DPH 225,69 br
+4,35 mNHN
Schlagzahlen je 10 cm
0
5
10
15
20
0.0 (4.35)
1.0 (3.35)
2.0 (2.35)
3.0 (1.35)
4.0 (0.35)
5.0 (-0.65)
6.0 (-1.65)
7.0 (-2.65)
8.0 (-3.65)
9.0 (-4.65)
10.0 (-5.65)
mNHN
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
-2.00
-3.00
-4.00
-5.00
-6.00
-7.00
-8.00
-9.00
-10.00
-11.00
-12.00

Bodenarten

A	Auffüllung (A)	▨	Geschiebelehm (Lg)
Mu	Mutterboden (Mu)	▨	Geschiebemergel (Mg)
▨	Torf / humos (H/h)	▨	Klei (Kl)
▨	Kies / kiesig (G/g)	▨	Schlick (Sl)
▨	Sand / sandig (S/s)	■	Asphalt
▨	Schluff / schluffig (U/u)		
▨	Ton / tonig (T/t)		

Konsistenzen

- klüftig
- fest
- halbfest - fest
- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- breiig - weich
- breiig
- nass

Wasserstände

- GW Ruhe
- GW Bohrende
- GW angebohrt
- GW versickert
- GW angestiegen

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO

DB InfraGO
Regionalbereich Nord
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Auftragnehmer

Kempfert + Partner
Geotechnik

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

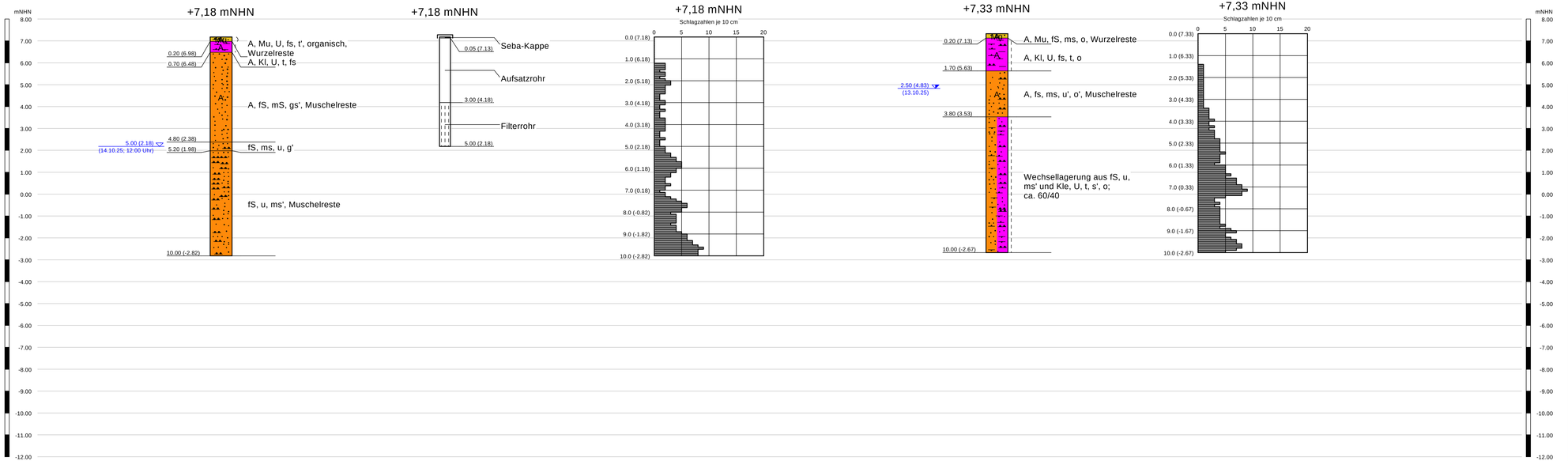
Projekt

BV HDD Hindenburgdamm
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse
km 223,70 bis km 225,69 - bahnrechts

Az. HH 817.7/25	Bearbeiter fk / pb	Datum: 08.01.2026
Maßstab 1:100	Blattformat 590 x 297 mm	Anlagen Nr. 3.4



Bodenarten

- A — Auffüllung (A)
- Mu — Mutterboden (Mu)
- Torf / humos (H/h)
- Kies / kiesig (G/g)
- Sand / sandig (S/s)
- Schluff / schluffig (U/u)
- Ton / tonig (T/t)
- Geschiebelehm (Lg)
- Geschiebemergel (Mg)
- Klei (Kl)
- Schlick (Sl)
- Asphalt

Konsistenzen

kluftig
fest
halbfest - fest
halbfest
steif - halbfest
steif
weich - steif
weich
breiig - weich
breiig
nass

Wasserstände

- GW Ruhe
- GW Bohrende
- GW angebohrt
- GW versickert
- GW angestiegen

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO
Regionalbereich Nord
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Auftragnehmer

Kempfert + Partner Geotechnik
Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

Projekt

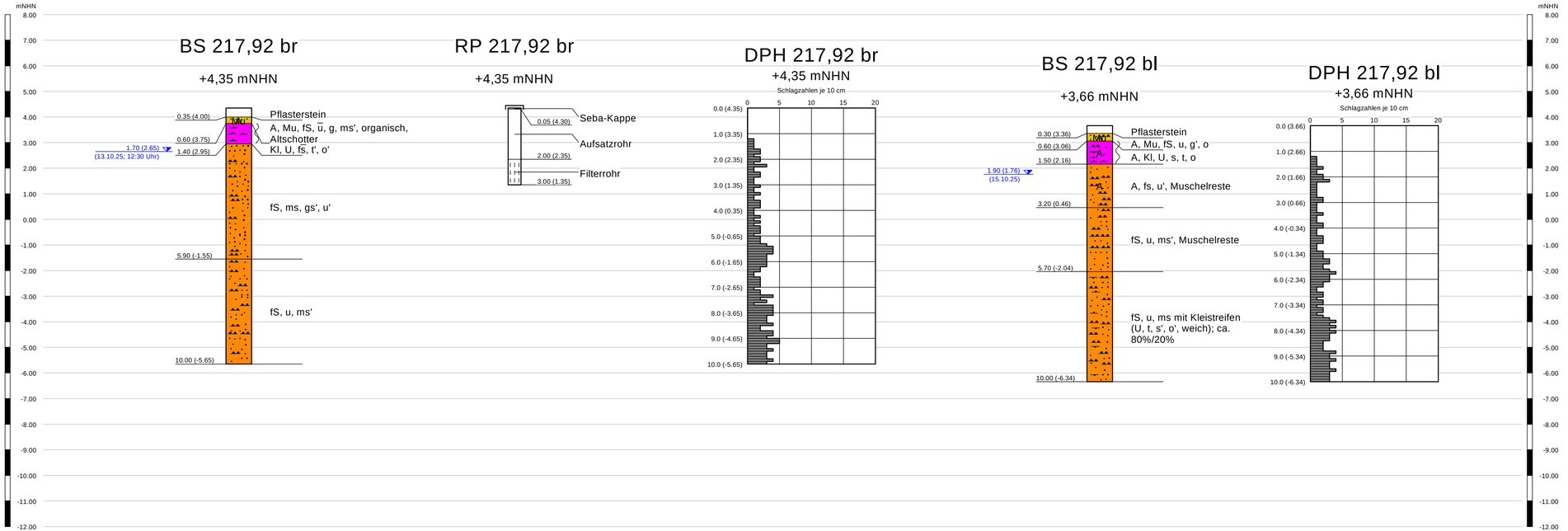
BV HDD Hindenburgdamm
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse
Querprofil km 217,30

Az.	Bearbeiter	Datum:
HH 817.7/25	fk / pb	08.01.2026

Maßstab	Blattformat	Anlagen Nr.
1:100	590 x 297 mm	3.5



Bodenarten

- A — Auffüllung (A)
- Mu — Mutterboden (Mu)
- Torf / humos (H/h)
- Kies / kiesig (G/g)
- Sand / sandig (S/s)
- Schluff / schluffig (U/u)
- Ton / tonig (T/t)
- Geschiebelehm (Lg)
- Geschiebemergel (Mg)
- Klei (Kl)
- Schlick (Sl)
- Asphalt

Konsistenzen

- kluftig
- fest
- halbfest - fest
- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- breig - weich
- breig
- nass

Wasserstände

- GW Ruhe
- GW Bohrende
- GW angebohrt
- GW versickert
- GW angestiegen

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO
Regionalbereich Nord
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Auftragnehmer

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

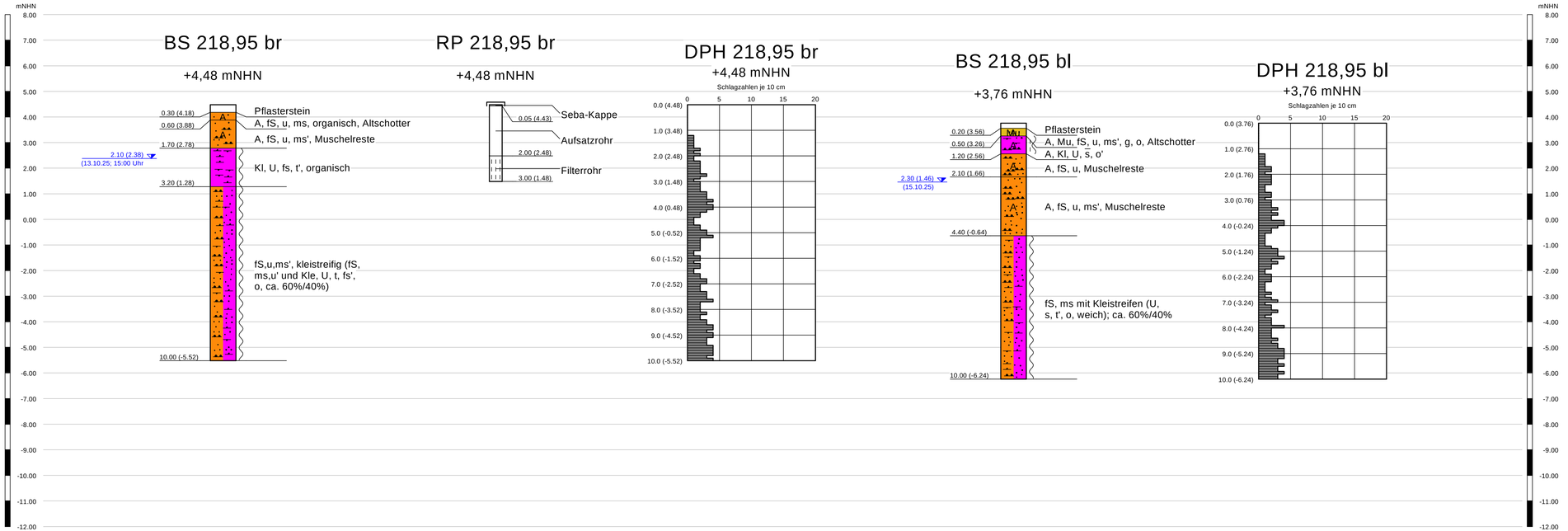
Projekt

BV HDD Hindenburgdamm
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse
Querprofil km 217,92

Az.	Bearbeiter	Datum:
HH 817.7/25	fk / pb	08.01.2026
Maßstab	**Blattformat**	**Anlagen Nr.**
1:100	590 x 297 mm	3.6



Bodenarten

- A — Auffüllung (A)
- Mu — Mutterboden (Mu)
- Torf / humos (H/h)
- Kies / kiesig (G/g)
- Sand / sandig (S/s)
- Schluff / schluffig (U/u)
- Ton / tonig (T/t)
- Geschiebelehm (Lg)
- Geschiebemergel (Mg)
- Klei (Kl)
- Schlick (Sl)
- Asphalt

Konsistenzen

- kluftig
- fest
- halbfest - fest
- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- breig - weich
- breig
- nass

Wasserstände

- GW Ruhe
- GW Bohrende
- GW angebohrt
- GW versickert
- GW angestiegen

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO
Regionalbereich Nord
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Auftragnehmer

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

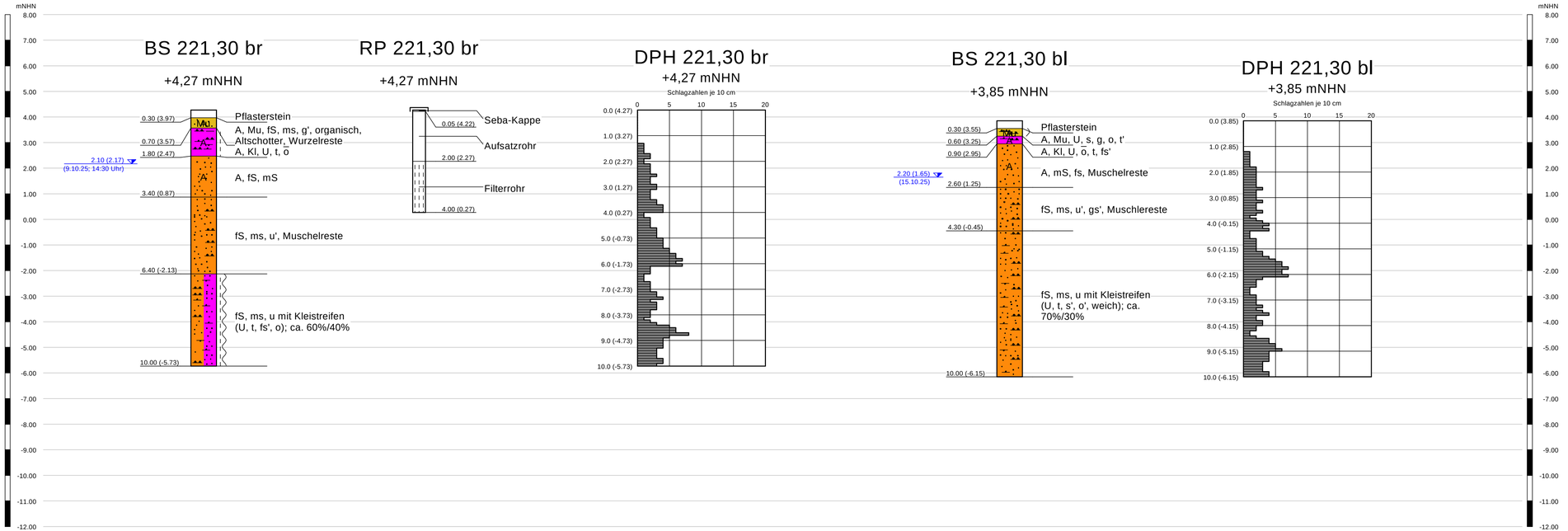
Projekt

BV HDD Hindenburgdamm
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse
Querprofil km 218,95

Az.	Bearbeiter	Datum:
HH 817.7/25	fk / pb	08.01.2026
Maßstab	**Blattformat**	**Anlagen Nr.**
1:100	590 x 297 mm	3.7



Bodenarten

- A — Auffüllung (A)
- Mu — Mutterboden (Mu)
- Torf / humos (H/h)
- Kies / kiesig (G/g)
- Sand / sandig (S/s)
- Schluff / schluffig (U/u)
- Ton / tonig (T/t)
- Geschiebelehm (Lg)
- Geschiebemergel (Mg)
- Klei (Kl)
- Schlick (Sl)
- Asphalt

Konsistenzen

- kluftig
- fest
- halbfest - fest
- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- breig - weich
- breig
- nass

Wasserstände

- GW Ruhe
- GW Bohrende
- GW angebohrt
- GW versickert
- GW angestiegen

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO
Regionalbereich Nord
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Auftragnehmer

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

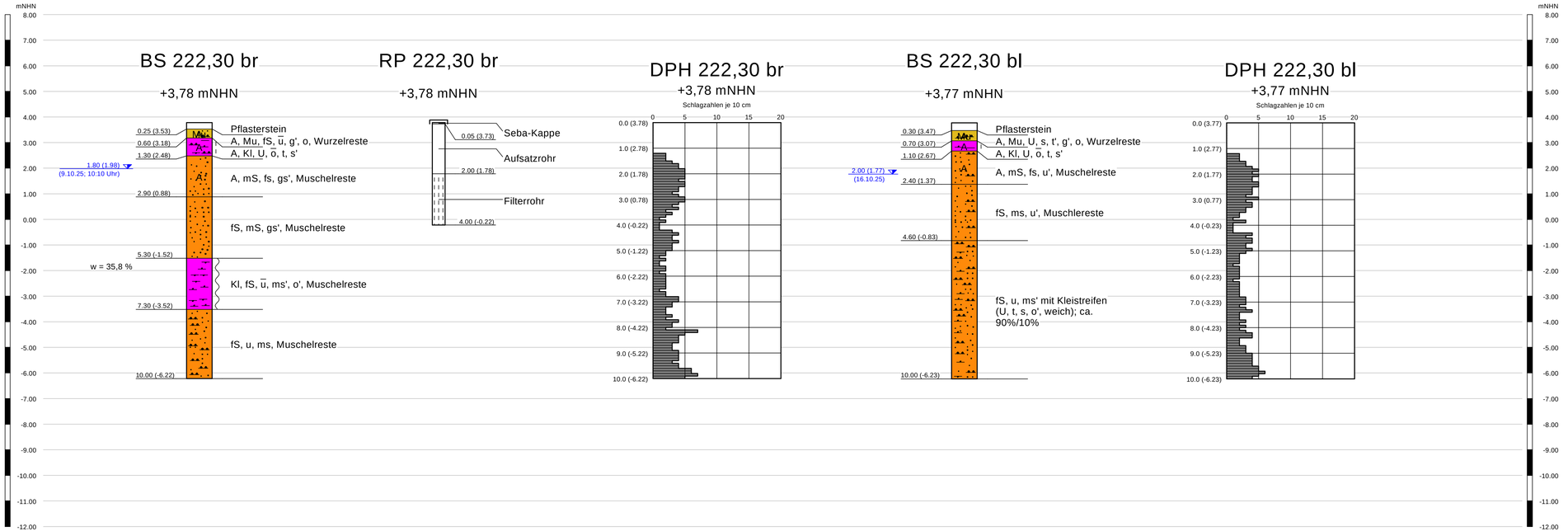
Projekt

BV HDD Hindenburgdamm
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse
Querprofil km 221,30

Az.	HH 817.7/25	Bearbeiter	fk / pb	Datum:	08.01.2026
Maßstab	1:100	Blattformat	590 x 297 mm	Anlagen Nr.	3.8



Bodenarten

- A — Auffüllung (A)
- Mu — Mutterboden (Mu)
- Torf / humos (H/h)
- Kies / kiesig (G/g)
- Sand / sandig (S/s)
- Schluff / schluffig (U/u)
- Ton / tonig (T/t)
- Geschiebelehm (Lg)
- Geschiebemergel (Mg)
- Klei (Kl)
- Schlick (Sl)
- Asphalt

Konsistenzen

kültig
fest
halbfest - fest
halbfest
steif - halbfest
steif
weich - steif
weich
breiig - weich
breiig
nass

Wasserstände

- GW Ruhe
- GW Bohrende
- GW angebohrt
- GW versickert
- GW angestiegen

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO
Regionalbereich Nord
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Auftragnehmer

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

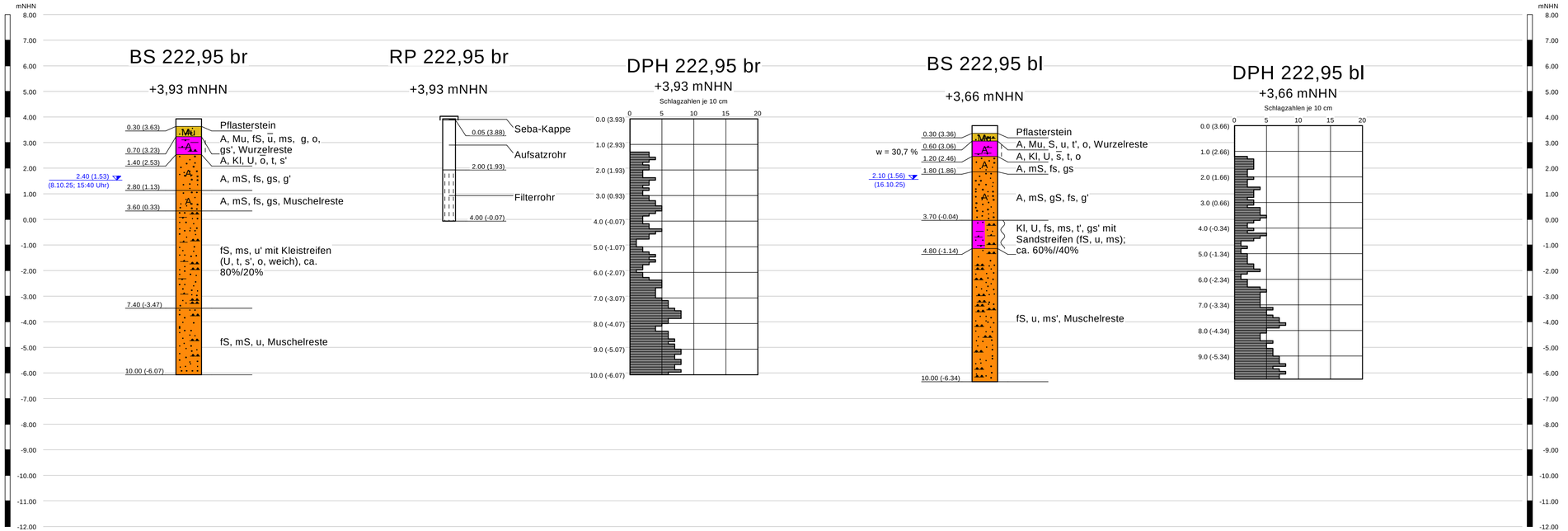
Projekt

BV HDD Hindenburgdamm
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse
Querprofil km 222,30

Az.	Bearbeiter	Datum:
HH 817.7/25	fk / pb	08.01.2026
Maßstab	**Blattformat**	**Anlagen Nr.**
1:100	590 x 297 mm	3.9



Bodenarten

- A — Auffüllung (A)
- Mu — Mutterboden (Mu)
- Torf / humos (H/h)
- Kies / kiesig (G/g)
- Sand / sandig (S/s)
- Schluff / schluffig (U/u)
- Ton / tonig (T/t)
- Geschiebelehm (Lg)
- Geschiebemergel (Mg)
- Klei (Kl)
- Schlick (Sl)
- Asphalt

Konsistenzen

kläftig
fest
halbfest - fest
halbfest
steif - halbfest
steif
weich - steif
weich
breiig - weich
breiig
nass

Wasserstände

- GW Ruhe
- GW Bohrende
- GW angebohrt
- GW versickert
- GW angestiegen

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO
Regionalbereich Nord
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Auftragnehmer

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

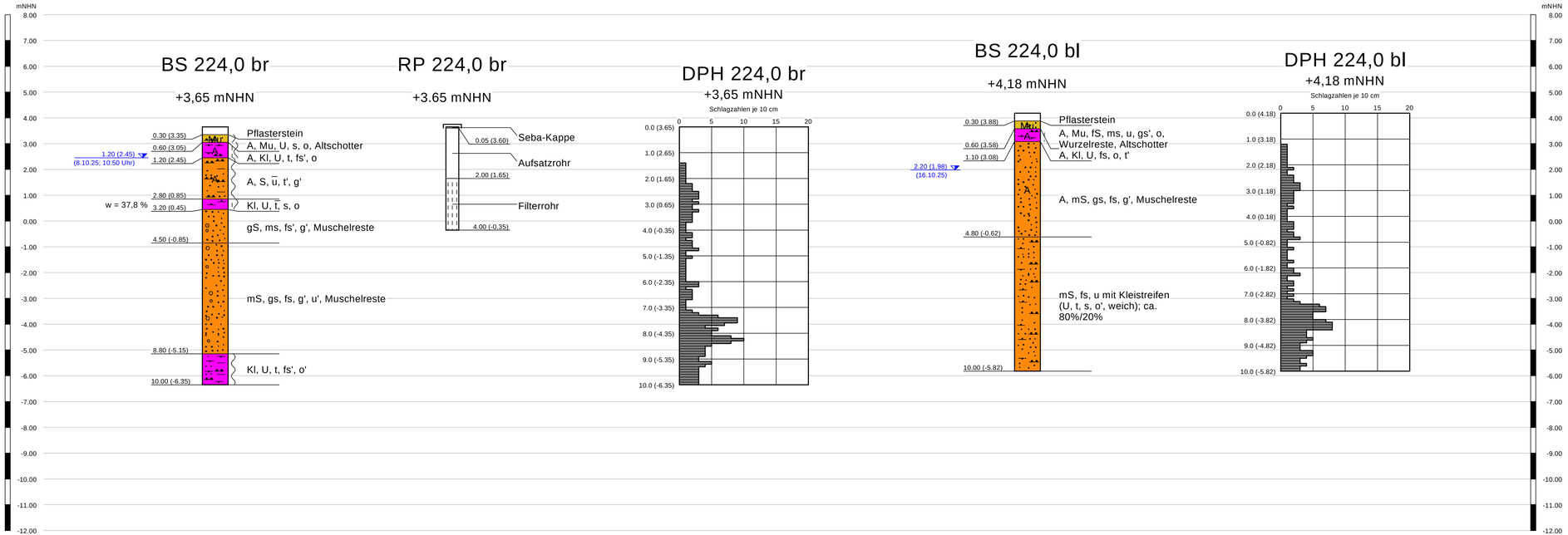
Projekt

BV HDD Hindenburgdamm
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse
Querprofil km 222,95

Az.	Bearbeiter	Datum:
HH 817.7/25	fk / pb	08.01.2026
Maßstab	**Blattformat**	**Anlagen Nr.**
1:100	590 x 297 mm	3.10



Bodenarten

- A — Auffüllung (A)
- Mu — Mutterboden (Mu)
- Torf / humos (H/h)
- Kies / kiesig (G/g)
- Sand / sandig (S/s)
- Schluff / schluffig (U/u)
- Ton / tonig (T/t)
- Geschiebelehm (Lg)
- Geschiebemergel (Mg)
- Klei (Kl)
- Schlick (Sl)
- Asphalt

Konsistenzen

- kluftig
- fest
- halbfest - fest
- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- breig - weich
- breig
- nass

Wasserstände

- GW Ruhe
- GW Bohrende
- GW angebohrt
- GW versickert
- GW angestiegen

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO
Regionalbereich Nord
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Auftragnehmer

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

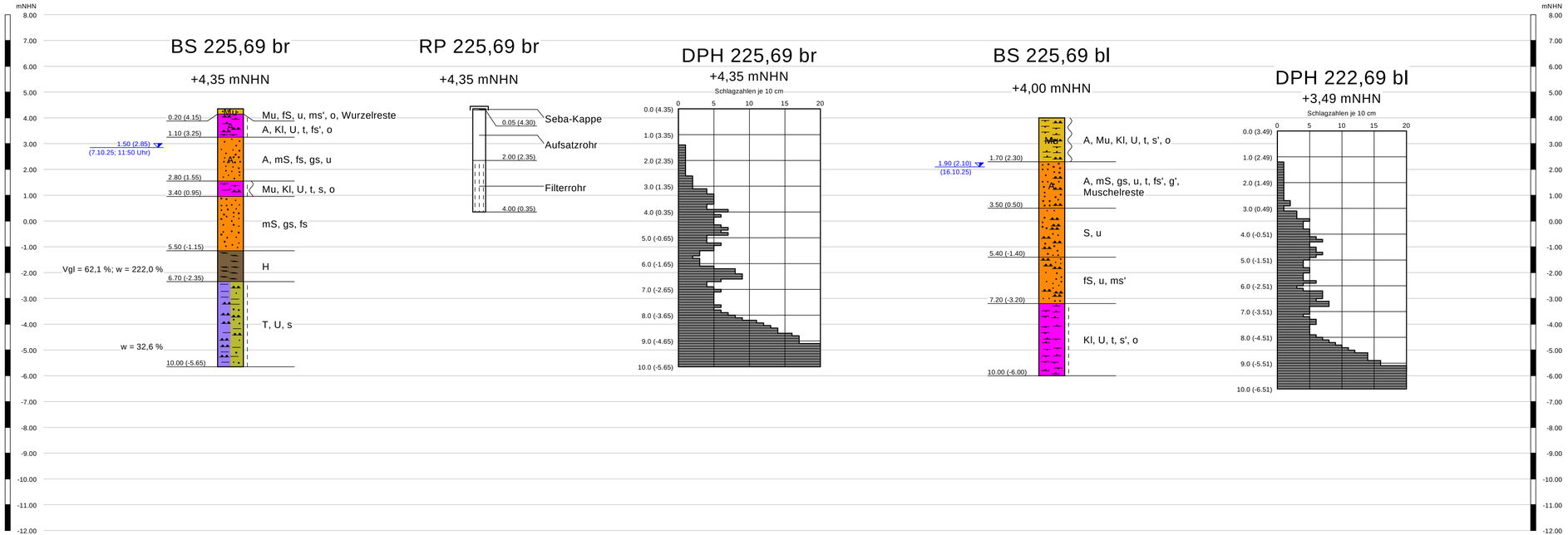
Projekt

BV HDD Hindenburgdamm
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse
Querprofil km 224,00

Az.	Bearbeiter	Datum:
HH 817.7/25	fk / pb	08.01.2026
Maßstab	**Blattformat**	**Anlagen Nr.**
1:100	590 x 297 mm	3.11



Bodenarten

- A — Auffüllung (A)
- Mu — Mutterboden (Mu)
- Torf / humos (H/h)
- Kies / kiesig (G/g)
- Sand / sandig (S/s)
- Schluff / schluffig (U/u)
- Ton / tonig (T/t)
- Geschiebelehm (Lg)
- Geschiebemergel (Mg)
- Klei (Kl)
- Schlick (Sl)
- Asphalt

Konsistenzen

- klüftig
- fest
- halbfest - fest
- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- breig - weich
- breig
- nass

Wasserstände

- GW Ruhe
- GW Bohrende
- GW angebohrt
- GW versickert
- GW angestiegen

Index	Änderungen und Ergänzungen	bearbeitet	Datum

Auftraggeber

DB InfraGO
Regionalbereich Nord
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Auftragnehmer

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
D-22587 Hamburg
www.kup-geotechnik.de

Projekt

BV HDD Hindenburgdamm
Geotechnischer Bericht

Planinhalt

Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse
Querprofil 225,69

Az.	Bearbeiter	Datum:
HH 817.7/25	fk / pb	08.01.2026
Maßstab	**Blattformat**	**Anlagen Nr.**
1:100	590 x 297 mm	3.12

Anlage 4

Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

GrundbauINGENIEURE GmbH

Bovenauer Straße 4 24796 Bredenbek

04334 / 18168-0 Fon www.gsb.sh web

04334 / 18168-22 Fax info@gsb.sh mail

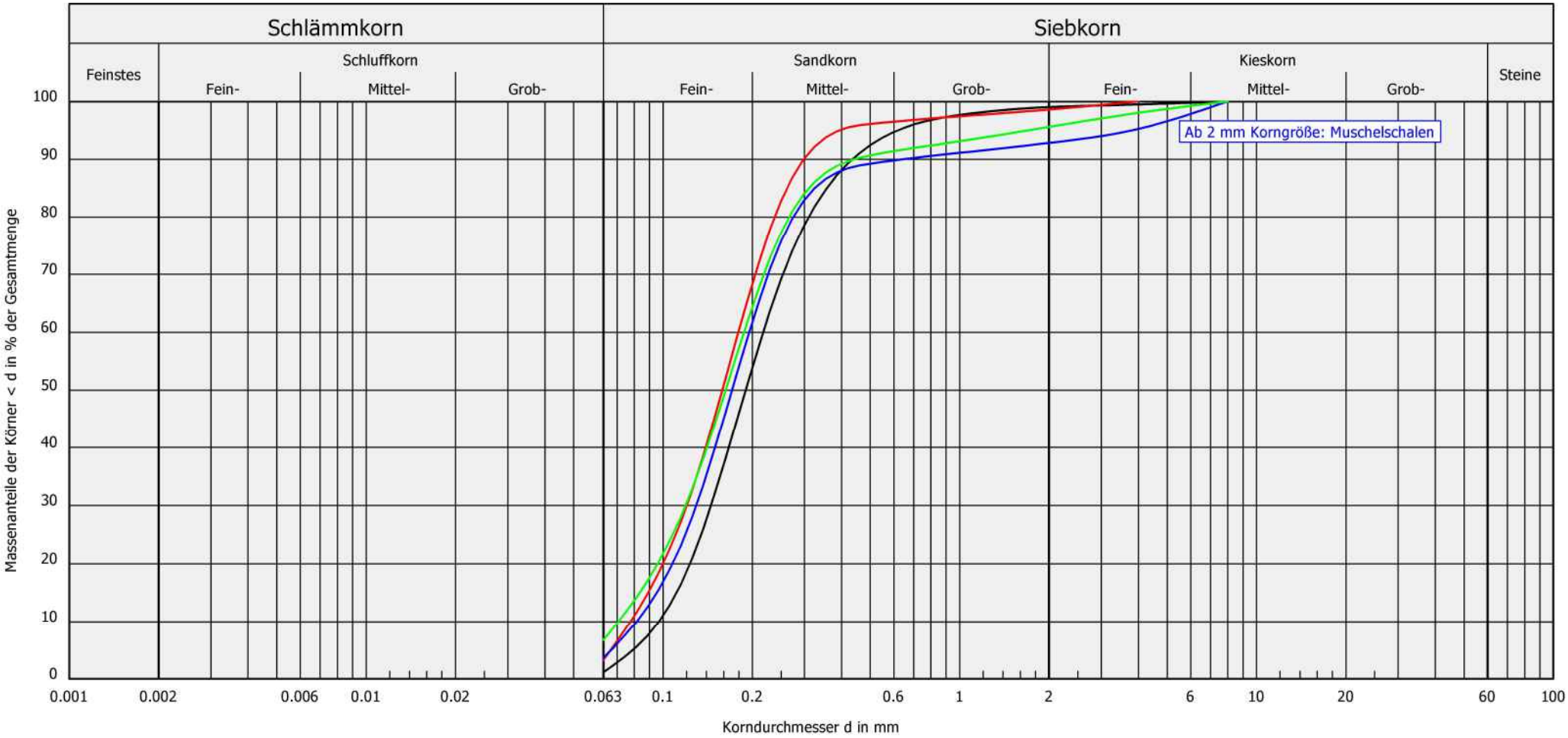
Körnungslinie

DIN EN ISO 17892-4

BV: Neubau einer Kabeltrasse auf dem Hindenburgdamm
25980 Sylt, - Teil 1 -

AG: Kempfert + Partner Geotechnik GmbH

Arbeitsweise: Nassabsiebung



Signatur:	Bezeichnung:	Tiefe:	Bodenart:	U/Cc	T/U/S/G [%]:	k [m/s] (Hazen):	Frostsicherheit:	Bodengruppe:
———	BS 217.3-br	2,20 m	fS, mS, gs'	2.2/1.0	- /1.2/97.8/1.0	$1.1 \cdot 10^{-4}$	F1	SE
———	BS 217.92-br	4,40 m	fS, ms, gs', u'	2.3/1.0	- /3.3/95.3/1.4	$7.0 \cdot 10^{-5}$	F1	SE
———	BS 220.1-br	3,50 m	fS, ms, u'	2.4/1.1	- /3.6/89.2/7.2	$7.7 \cdot 10^{-5}$	F1	SE
———	BS 221.3-bl	3,90 m	fS, ms, u', gs', g'	2.6/1.1	- /6.7/88.9/4.4	$5.8 \cdot 10^{-5}$	F1	SU

Bemerkungen:
h:\Auf_2025\0720-25\
Labor\KVS\
0720-25-KVS-01-Teil 1



Bearbeiter: tr Datum: 26.11.2025

Auftragsnummer: 0720-25-001

Anlage: 3.1

GrundbauINGENIEURE GmbH

Bovenauer Straße 4 24796 Bredenbek

04334 / 18168-0 Fon www.gsb.sh web

04334 / 18168-22 Fax info@gsb.sh mail

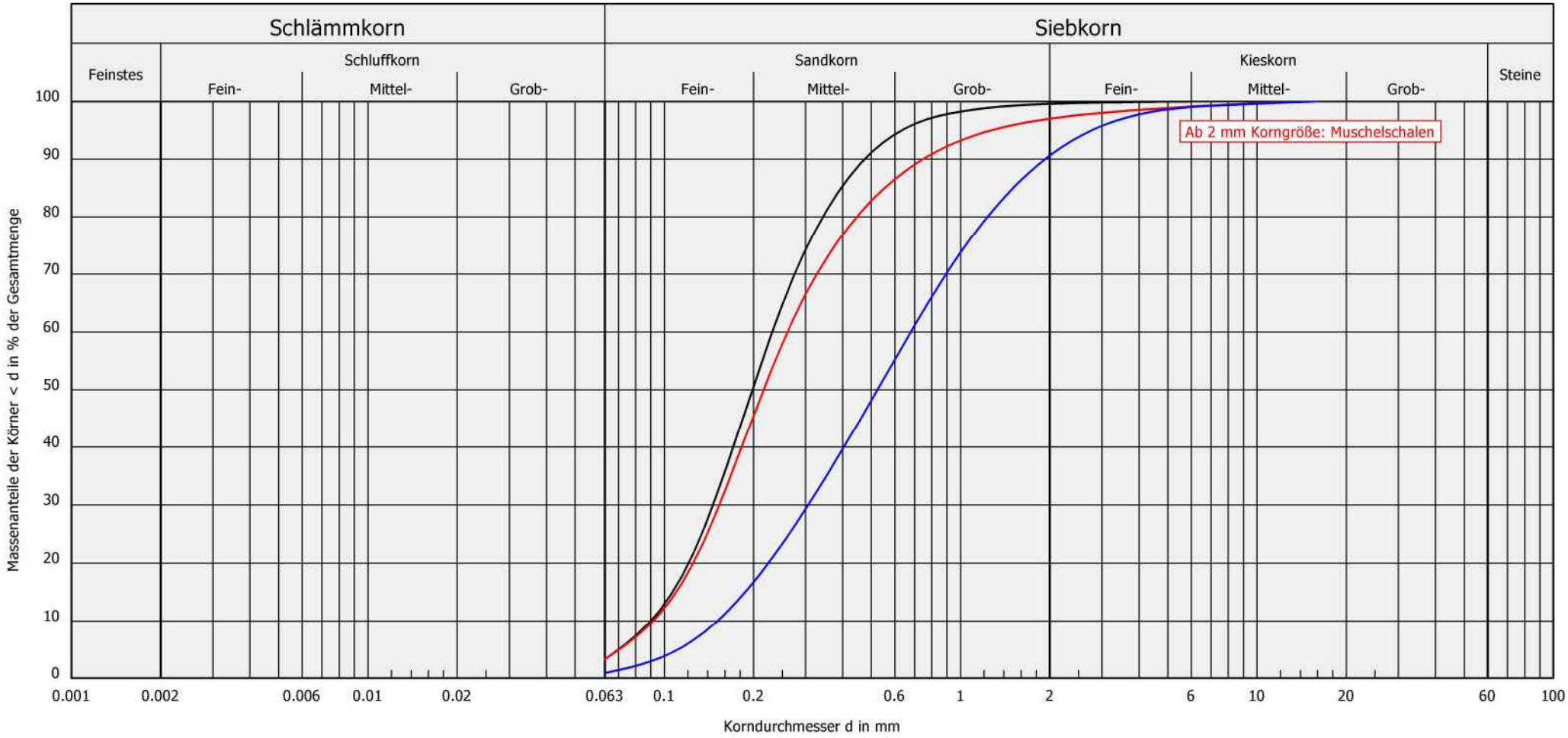
Körnungslinie

DIN EN ISO 17892-4

BV: Neubau einer Kabeltrasse auf dem Hindenburgdamm
25980 Sylt, - Teil 1 -

AG: Kempfert + Partner Geotechnik GmbH

Arbeitsweise: Nassabsiebung



Signatur:	Bezeichnung:	Tiefe:	Bodenart:	U/Cc	T/U/S/G [%]:	k [m/s] (Hazen):	Frostsicherheit:	Bodengruppe:
———	BS 221.5-br	3,40 m	fS, mS, gs', u'	2.6/1.0	- /3.3/96.3/0.5	$9.4 \cdot 10^{-5}$	F1	SE
———	BS 222.3-br	4,30 m	fS, mS, gs'	2.8/1.0	- /3.2/93.7/3.0	$9.7 \cdot 10^{-5}$	F1	SE
———	BS 222.95-bl	3,30 m	mS, gS, fs, g'	4.5/0.9	- /0.9/89.8/9.4	$2.6 \cdot 10^{-4}$	F1	SE

Bemerkungen:
h:\Auf_2025\0720-25\
Labor\KVS\
0720-25-KVS-02-Teil 1



Bearbeiter: tr Datum: 26.11.2025

Auftragsnummer: 0720-25-001

Anlage: 3.2

GrundbauINGENIEURE GmbH

Bovenauer Straße 4 24796 Bredenbek

04334 / 18168-0 Fon www.gsb.sh web

04334 / 18168-22 Fax info@gsb.sh mail

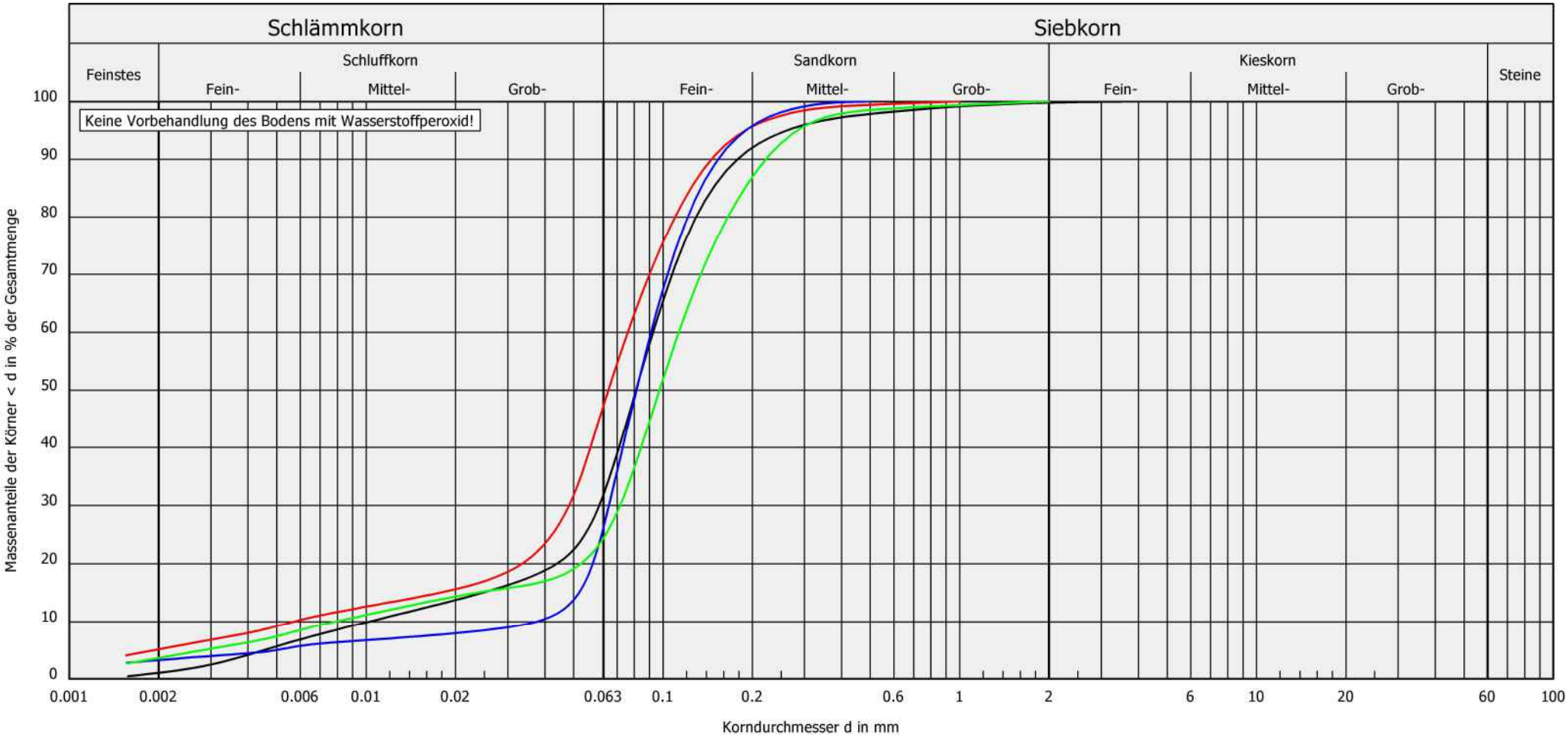
Körnungslinie

DIN EN ISO 17892-4

BV: Neubau einer Kabeltrasse auf dem Hindenburgdamm
25980 Sylt, - Teil 1 -

AG: Kempfert + Partner Geotechnik GmbH

Arbeitsweise: Sieb-Schlämm-Analyse



Signatur:	Bezeichnung:	Tiefe:	Bodenart:	U/Cc	T/U/S/G [%]:	k [m/s] (Hazen):	Frostsicherheit:	Bodengruppe:
———	BS 217.5-br	3,10 m	fS, $\bar{u}$, ms'	9.0/3.9	1.1/30.8/67.9/0.2	$1.2 \cdot 10^{-6}$	F3	SU*
———	BS 217.92-br	1,40 m	U, $\bar{fs}$, t'	13.3/5.4	5.1/42.2/52.7/ -	$3.8 \cdot 10^{-7}$	-	
———	BS 218.5-br	1,80 m	fS, u, t'	2.4/1.3	3.2/23.0/73.8/ -	$1.6 \cdot 10^{-5}$	F3	SU*
———	BS 218.95-br	4,70 m	fS, u, ms'	14.3/5.8	3.6/20.7/75.6/ -	$7.2 \cdot 10^{-7}$	F3	SU*

Bemerkungen:
h:\Auf_2025\0720-25\
Labor\KVS\
0720-25-KVS-03-Teil 1



Bearbeiter: tr Datum: 26.11.2025

Auftragsnummer: 0720-25-001

Anlage: 3.3

GrundbauINGENIEURE GmbH

Bovenauer Straße 4 24796 Bredenbek

04334 / 18168-0 Fon www.gsb.sh web

04334 / 18168-22 Fax info@gsb.sh mail

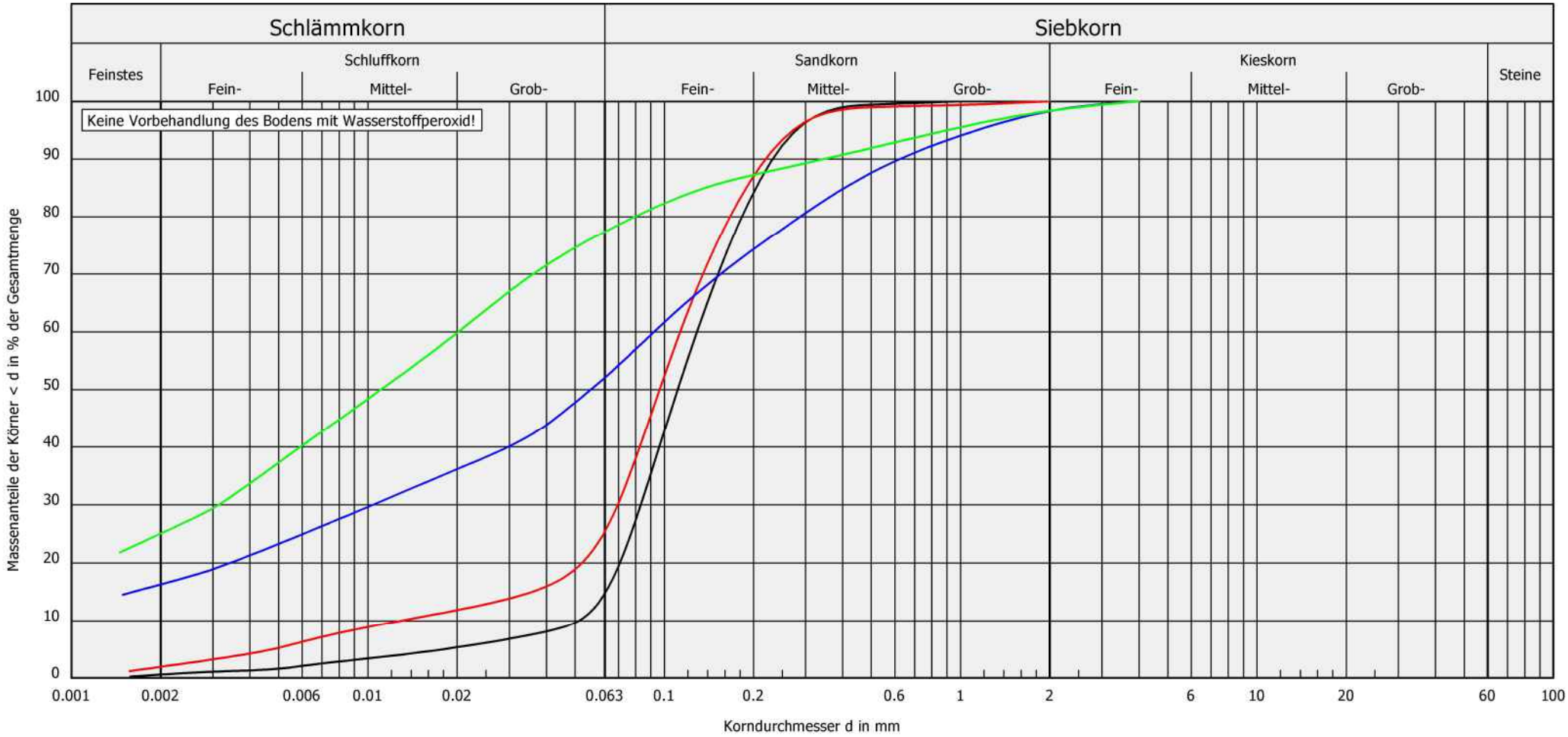
Körnungslinie

DIN EN ISO 17892-4

BV: Neubau einer Kabeltrasse auf dem Hindenburgdamm
25980 Sylt, - Teil 1 -

AG: Kempfert + Partner Geotechnik GmbH

Arbeitsweise: Sieb-Schlämm-Analyse



Signatur:	Bezeichnung:	Tiefe:	Bodenart:	U/Cc	T/U/S/G [%]:	k [m/s] (Hazen):	Frostsicherheit:	Bodengruppe:
	BS 220.3-br	3,60 m	fS, ms, u'	2.5/1.0	0.6/14.2/85.2/ -	$3.1 \cdot 10^{-5}$	F1	SU
	BS 220.7-br	4,30 m	fS, u, ms'	8.7/3.3	1.9/23.5/74.6/ -	$1.9 \cdot 10^{-6}$	F3	SU*
	BS 222.95-bl	1,20 m	U, t, $\bar{s}$	-/-	16.3/35.8/46.2/1.7	-	-	
	BS 223.7-br	1,40 m	U, t, s	-/-	25.0/52.4/21.0/1.6	-	-	

Bemerkungen:
h:\Auf_2025\0720-25\
Labor\KVS\
0720-25-KVS-04-Teil 1



Bearbeiter: tr Datum: 26.11.2025

Auftragsnummer: 0720-25-001

Anlage: 3.4

GrundbauINGENIEURE GmbH

Bovenauer Straße 4 24796 Bredenbek

04334 / 18168-0 Fon www.gsb.sh web

04334 / 18168-22 Fax info@gsb.sh mail

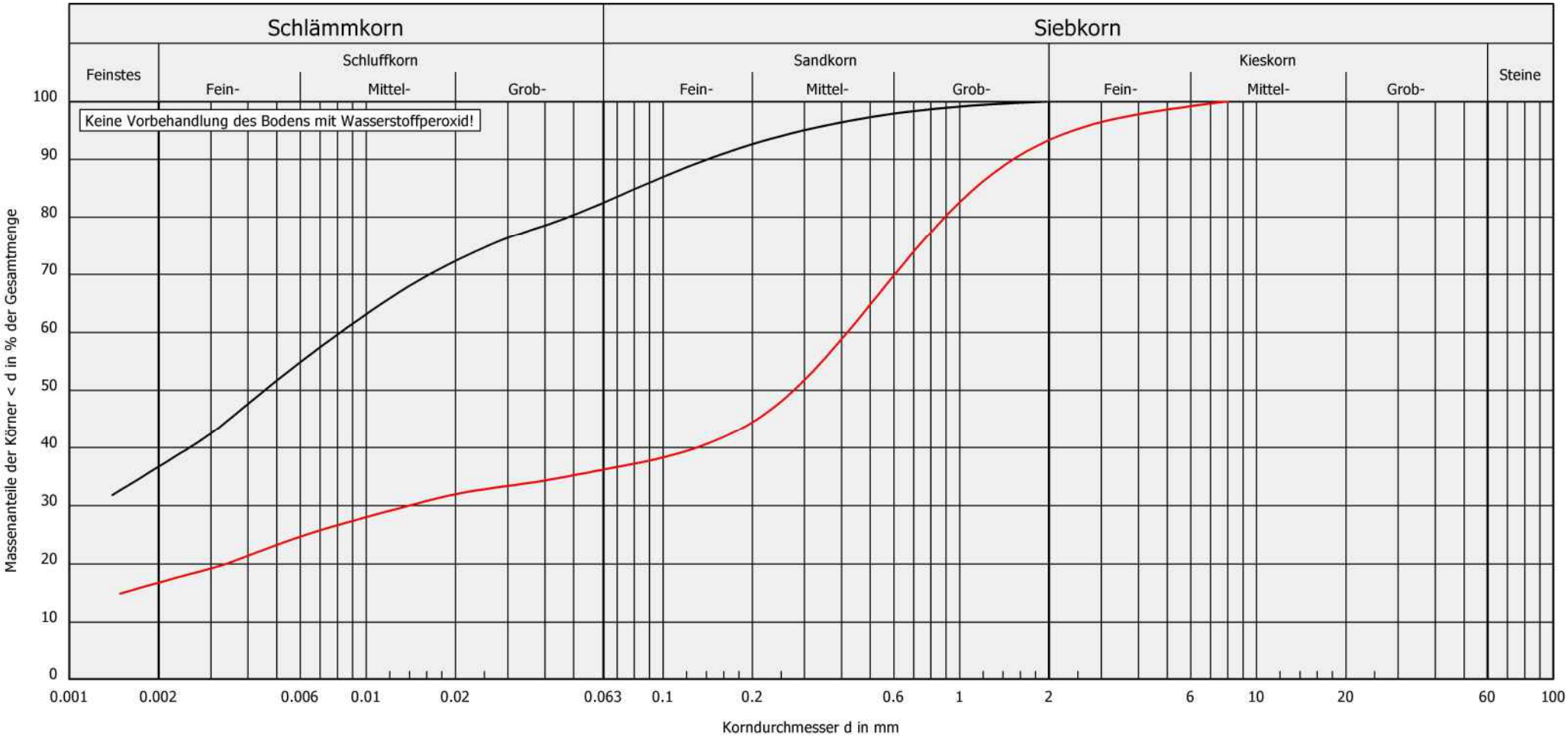
Körnungslinie

DIN EN ISO 17892-4

BV: Neubau einer Kabeltrasse auf dem Hindenburgdamm
25980 Sylt, - Teil 1 -

AG: Kempfert + Partner Geotechnik GmbH

Arbeitsweise: Sieb-Schlämm-Analyse



Signatur:	Bezeichnung:	Tiefe:	Bodenart:	U/Cc	T/U/S/G [%]:	k [m/s] (Hazen):	Frostsicherheit:	Bodengruppe:
———	BS 224.0-br	3,20 m	U, t, s	-/-	36.7/45.8/17.5/ -	-	-	
———	BS 225.69-bl	3,00 m	mS, gs, u, t, fs', g'	-/-	16.8/19.5/57.1/6.7	-	F3	SU*

Bemerkungen:
h:\Auf_2025\0720-25\
Labor\KVS\
0720-25-KVS-05-Teil 1



Bearbeiter: tr Datum: 26.11.2025

Auftragsnummer: 0720-25-001

Anlage: 3.5

Zusammenstellung Wassergehalte, Teil 1, Anlage 5.1														
0720-25-001 // Neubau einer Kabeltrasse auf dem Hindenburgdamm, 25980 Sylt														
Ansatzpunkt Nr.	Proben Nr.	Tiefe [m]	Bodenart	Wasser gehalt [%]	Glühverlust [%]	Bodengruppe n. DIN 18196	Zustandsgrenzen				Kornverteilung (T / U / S / G)	Durchlässigkeitsbeiwert kf [m/s]	Kalkgehalt
							WL [%]	WP [%]	IP [%]	IC			
BS 217.5-br	Pr. 2	1,6	Klei	32,4									
BS 219.5-br	Pr. 2	1,4	Klei	26,1									
BS 220.7-br	Pr. 5	5,8	Sand, schluffig	32,2									
BS 222.95-bl	Pr. 2	1,2	Klei	30,7									
BS 223.7-br	Pr. 2	1,4	Klei	38,7									
BS 224.0-br	Pr. 4	3,2	Klei	37,8									

GrundbauINGENIEURE GmbH

Bovenauer Straße 4 24796 Bredenbek

04334 / 18168-0 Fon www.gsb.sh web

04334 / 18168-22 Fax info@gsb.sh mail

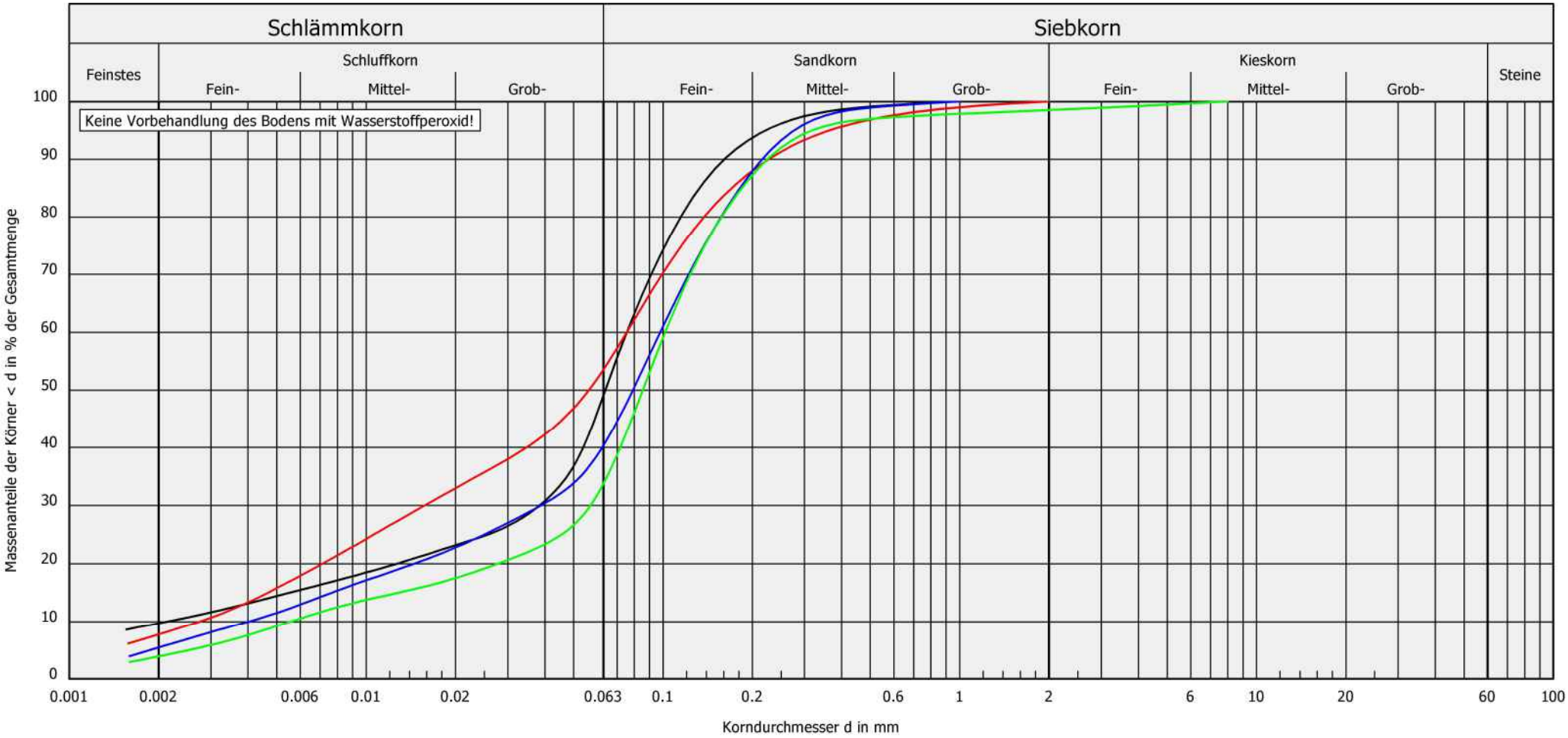
Körnungslinie

DIN EN ISO 17892-4

BV: Neubau einer Kabeltrasse auf dem Hindenburgdamm
25980 Sylt, - Teil 2 -

AG: Kempfert + Partner Geotechnik GmbH

Arbeitsweise: Sieb-Schlämm-Analyse



Signatur:	Bezeichnung:	Tiefe:	Bodenart:	U/Cc	T/U/S/G [%]:	k [m/s] (Hazen):	Frostsicherheit:	Bodengruppe:
	BS 217.5-br	4,60 m	U, t', $\bar{fs}$, ms'	35.3/9.1	9.7/39.4/50.9/ -	$5.3 \cdot 10^{-8}$	-	
	BS 221.5-br	6,40 m	U, t', $\bar{fs}$, ms'	27.4/1.2	7.7/45.9/46.4/ -	$8.8 \cdot 10^{-8}$	-	
	BS 221.9-br	5,80 m	U, t', $\bar{fs}$, ms'	24.3/3.8	5.4/34.9/59.6/ -	$1.9 \cdot 10^{-7}$	-	
	BS 222.3-br	5,80 m	fS, $\bar{u}$, ms'	18.3/5.7	3.9/29.8/64.8/1.5	$3.6 \cdot 10^{-7}$	F3	SU*

Bemerkungen:
h:\Auf_2025\0720-25\
Labor\KVS\
0720-25-KVS-06-Teil 2



Bearbeiter: tr Datum: 16.12.2025

Auftragsnummer: 0720-25-001

Anlage: 3.6

GrundbauINGENIEURE GmbH

Bovenauer Straße 4 24796 Bredenbek

04334 / 18168-0 Fon www.gsb.sh web

04334 / 18168-22 Fax info@gsb.sh mail

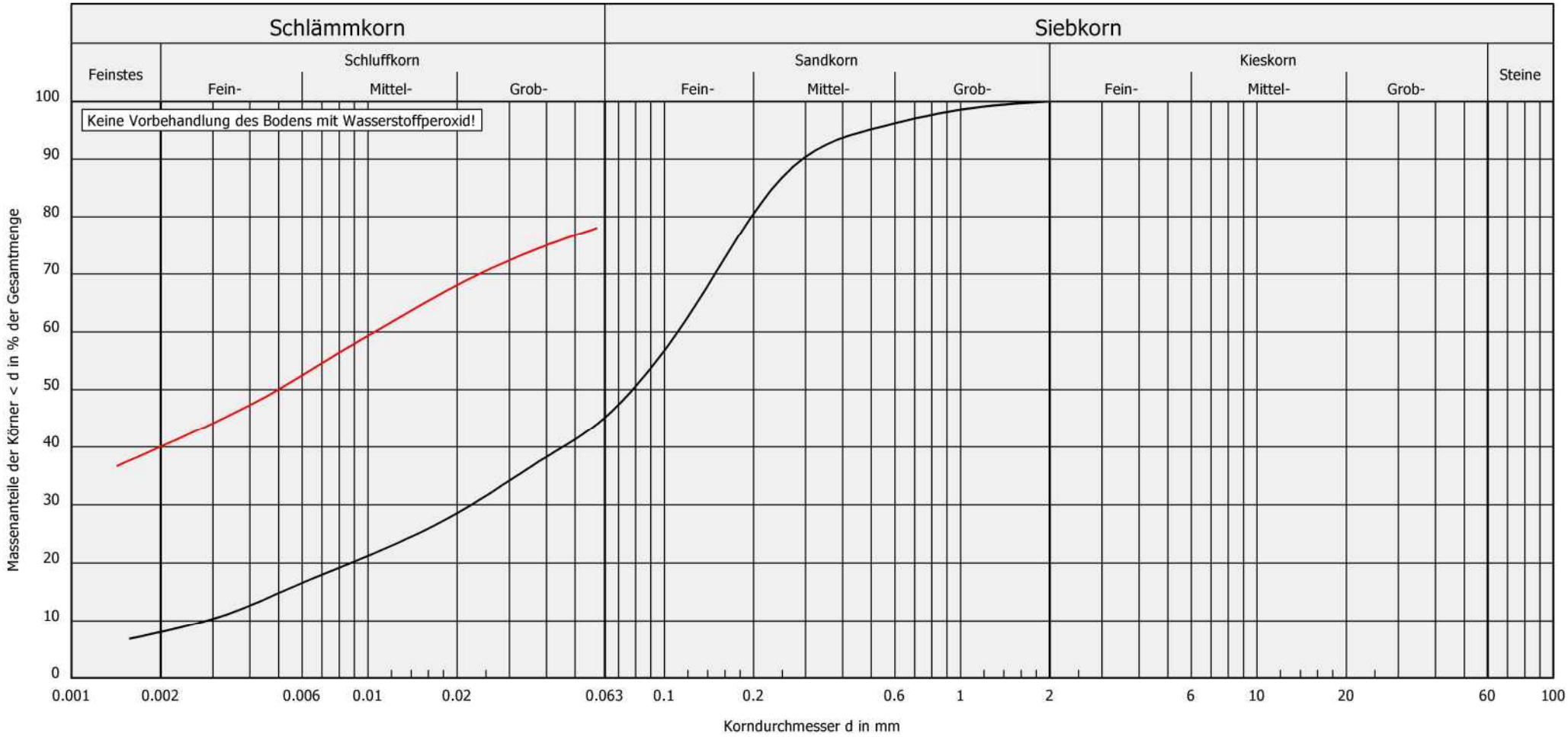
Körnungslinie

DIN EN ISO 17892-4

BV: Neubau einer Kabeltrasse auf dem Hindenburgdamm
25980 Sylt, - Teil 2 -

AG: Kempfert + Partner Geotechnik GmbH

Arbeitsweise: Sieb-Schlämm-Analyse / Schlämmanalyse



Signatur:	Bezeichnung:	Tiefe:	Bodenart:	U/Cc	T/U/S/G [%]:	k [m/s] (Hazen):	Frostsicherheit:	Bodengruppe:
———	BS 222.95-bl	4,80 m	U, t', fs, ms, gs'	38.8/1.6	8.0/37.2/54.9/ -	$9.5 \cdot 10^{-8}$	-	
———	BS 225.69-br	7,90 m	T, U, s	-/-	40.0/60.0/ - / -	-	-	

Bemerkungen:
h:\Auf_2025\0720-25\
Labor\KVS\
0720-25-KVS-07-Teil 2



Bearbeiter: tr Datum: 16.12.2025

Auftragsnummer: 0720-25-001

Anlage: 3.7

GSB
GrundbauINGENIEURE GmbH
Bovenauer Str. 4
24796 Bredenbek
Fon 04334 / 18168-0
Fax 04334 / 18168-22

Glühverlust nach DIN EN 17685-1

BV: Neubau einer Kabeltrasse
Hindenburgdamm
25980 Sylt

Auftragsnummer:	0720-25-001
Anlage:	4.1
Bearbeiter:	tr/mtk/tvr
Erstellungsdatum:	15.12.2025
Bohrdatum:	Oktober 2025

Probenbezeichnung	BS 221,9-br / 0,60 m
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	81,62
Geglühte Probe + Behälter [g]	80,32
Behälter [g]	53,40
Massenverlust [g]	1,30
Trockenmasse vor Glühen [g]	28,22
Glühverlust [%]	**4,6**

Probenbezeichnung	BS 224,5-br / 1,20 m
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	86,07
Geglühte Probe + Behälter [g]	83,17
Behälter [g]	63,63
Massenverlust [g]	2,90
Trockenmasse vor Glühen [g]	22,44
Glühverlust [%]	**12,9**

Probenbezeichnung	BS 225,3-br / 7,20 m
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	92,32
Geglühte Probe + Behälter [g]	87,31
Behälter [g]	67,63
Massenverlust [g]	5,01
Trockenmasse vor Glühen [g]	24,69
Glühverlust [%]	**20,3**

Probenbezeichnung	BS 225,69-br / 6,40 m
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	76,09
Geglühte Probe + Behälter [g]	66,31
Behälter [g]	60,33
Massenverlust [g]	9,78
Trockenmasse vor Glühen [g]	15,76
Glühverlust [%]	**62,1**

Zusammenstellung Wassergehalte, Teil 2, Anlage 5.2														
0720-25-001 // Neubau einer Kabeltrasse auf dem Hindenburgdamm, 25980 Sylt														
Ansatzpunkt Nr.	Proben Nr.	Tiefe [m]	Bodenart	Wasser gehalt [%]	Glühverlust [%]	Bodengruppe n. DIN 18196	Zustandsgrenzen				Kornverteilung (T / U / S / G)	Durchlässigkeitsbeiwert kf [m/s]	Kalkgehalt
							WL [%]	WP [%]	IP [%]	IC			
BS 217.5-br	Pr. 5	6,1	Sand, schluffig	30,0									
BS 221.9-br	Pr. 5	5,8	Schluff	55,1									
BS 222.3-br	Pr. 5	5,8	Schluff	35,8									
BS 225.3-br	Pr. 6	7,2	Torf, schluffig	107									
BS 225.69-br	Pr. 6	6,4	Torf	222									
BS 225.69-br	Pr. 8	9,4	Schluff, Ton	32,6									

Anlage 5

Ergebnisse der chemischen Analysen

IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-63235-001/1

Prüfgegenstand: Boden
Auftraggeber / KD-Nr.: Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545
Projektbezeichnung: BV: Hindenburgdamm, Bodenmischproben
Probenahme am / durch: - / Auftraggeber
Probeneingang am / durch: 04.12.2025 / Auftraggeber
Prüfzeitraum: 04.12.2025 - 12.12.2025

Untersuchungen gem. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Techn. Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Ausgabestand: 05.11.2004

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		Mischprobe Nr. 1 25-63235-001	*Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial*				Methode
			Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	
spezifische Bodenart		Sand					*DIN 19682-2: 2014-07;L*
Arsen[2)]	mg/kg TS	1,2	*10*	*15*	*45*	*150*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei	mg/kg TS	1,3	*40*	*140*	*210*	*700*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*1*	*3*	*10*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt	mg/kg TS	2,4	*30*	*120*	*180*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer	mg/kg TS	< 1	*20*	*80*	*120*	*400*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel	mg/kg TS	1,3	*15*	*100*	*150*	*500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Thallium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*0,7*	*2,1*	*7*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,1	*0,1*	*1*	*1,5*	*5*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink	mg/kg TS	< 10	*60*	*300*	*450*	*1500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cyanid gesamt	mg/kg TS	< 1			*3*	*10*	*DIN EN ISO 17380: 2013-10;L*
TOC[5)]	% TS	< 0,1	*0,5 (1,0)*	*0,5 (1,0)*	*1,5*	*5*	*DIN EN 15936 Verf. A: 2012-11;L*
EOX[6)]	mg/kg TS	< 1	*1*	*1*	*3*	*10*	*DIN 38414-17: 2017-01;L*
Kohlenwasserstoffindex	mg/kg TS	< 100	*100*	*400*	*600*	*2000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
mobiler Anteil KW C10-C22	mg/kg TS	< 100		*200*	*300*	*1000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
BTX-Aromaten	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
LHKW	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
PCB 6	mg/kg TS	0,00	*0,05*	*0,1*	*0,15*	*0,5*	*berechnet;L*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

Parameter / **Probenbezeichnung** / Probe-Nr. / Einheit	**Mischprobe Nr. 1** 25-63235-001	*Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial* Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	Methode
Naphthalin mg/kg TS	< 0,05					*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
Benzo[a]pyren mg/kg TS	< 0,05	*0,3*	*0,6*	*0,9*	*3*	*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
PAK 16[8)] mg/kg TS	0	*3*	*3*	*3 (9)*	*30*	*berechnet;L*

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Probenbezeichnung / **Parameter** / Probe-Nr. / Einheit	**Mischprobe Nr. 1** 25-63235-001	*Zuordnungswerte Eluat* Z0 / Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Methode
pH-Wert	9,0	*6,5 - 9,5*	*6,5 - 9,5*	*6 - 12*	*5,5 - 12*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;L*
Leitfähigkeit bei 25°C µS/cm	40	*250*	*250*	*1500*	*2000*	*DIN EN 27888: 1993-11;L*
Chlorid[9)] mg/l	2,3	*30*	*30*	*50*	*100*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Sulfat mg/l	< 1	*20*	*20*	*50*	*200*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Cyanid gesamt µg/l	< 5	*5*	*5*	*10*	*20*	*DIN EN ISO 14403-2: 2012-10;L*
Arsen[10)] µg/l	2,5	*14*	*14*	*20*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei µg/l	< 1	*40*	*40*	*80*	*200*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium µg/l	< 0,3	*1,5*	*1,5*	*3*	*6*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt µg/l	< 1	*12,5*	*12,5*	*25*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer µg/l	< 5	*20*	*20*	*60*	*100*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel µg/l	< 1	*15*	*15*	*20*	*70*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber µg/l	< 0,2	*0,5*	*0,5*	*1*	*2*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink µg/l	< 10	*150*	*150*	*200*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Phenolindex nach Destillation µg/l	< 10	*20*	*20*	*40*	*100*	*DIN EN ISO 14402: 1999-12;L*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

1) Z 0* = maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen („Ausnahmen von der Regel“)
Für die Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht darf Z 0 überschritten werden, wenn
- die Zuordnungswerte Z 0 im Eluat eingehalten werden
- eine Deckschicht aus Bodenmaterial von mindestens 2 m Mächtigkeit aufgebracht wird und die Deckschicht die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält
- die Verfüllungen außerhalb bestimmter (Schutz-)Gebiete (Trinkwasser-, Heilquellenschutzgebiete, Wasservorranggebiete, Karstgebiete und Gebiete mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund
2) Z0*: Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 20 mg/kg
3) Z0*: Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg
4) Z0*: Der Wert 0,7 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,0 mg/kg
5) Z0 und Z0*: Bei einem C:N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% C:N-Verhältnis der Probe:
6) Z0* und Z1: Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen
7) Die angegebenen Zuordnungswerte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 - C22. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C10 - C40), darf den darunter genannten Wert nicht überschreiten
8) Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und <= 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden
9) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 300 mg/l
10) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l

Probenkommentare
Zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen wurde die Probe im Labor mit Methanol überschichtet. Die Messergebnisse könnten dadurch beeinflusst worden sein.

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.12.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-63235-002/1

Prüfgegenstand:	**Boden**
Auftraggeber / KD-Nr.:	**Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545**
Projektbezeichnung:	**BV: Hindenburgdamm, Bodenmischproben**
Probenahme am / durch:	**- / Auftraggeber**
Probeneingang am / durch:	**04.12.2025 / Auftraggeber**
Prüfzeitraum:	**04.12.2025 - 12.12.2025**

Untersuchungen gem. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Techn. Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Ausgabestand: 05.11.2004

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		Mischprobe Nr. 2 25-63235-002	*Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial*				Methode
			Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	
spezifische Bodenart		Sand					*DIN 19682-2: 2014-07;L*
Arsen[2)]	mg/kg TS	1,8	*10*	*15*	*45*	*150*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei	mg/kg TS	1,8	*40*	*140*	*210*	*700*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*1*	*3*	*10*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt	mg/kg TS	4,3	*30*	*120*	*180*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer	mg/kg TS	< 1	*20*	*80*	*120*	*400*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel	mg/kg TS	2,0	*15*	*100*	*150*	*500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Thallium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*0,7*	*2,1*	*7*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,1	*0,1*	*1*	*1,5*	*5*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink	mg/kg TS	< 10	*60*	*300*	*450*	*1500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cyanid gesamt	mg/kg TS	< 1			*3*	*10*	*DIN EN ISO 17380: 2013-10;L*
TOC[5)]	% TS	< 0,1	*0,5 (1,0)*	*0,5 (1,0)*	*1,5*	*5*	*DIN EN 15936 Verf. A: 2012-11;L*
EOX[6)]	mg/kg TS	< 1	*1*	*1*	*3*	*10*	*DIN 38414-17: 2017-01;L*
Kohlenwasserstoffindex	mg/kg TS	< 100	*100*	*400*	*600*	*2000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
mobiler Anteil KW C10-C22	mg/kg TS	< 100		*200*	*300*	*1000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
BTX-Aromaten	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
LHKW	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
PCB 6	mg/kg TS	0,00	*0,05*	*0,1*	*0,15*	*0,5*	*berechnet;L*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit	**Mischprobe Nr. 2** 25-63235-002	*Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial* Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	Methode
Naphthalin mg/kg TS	< 0,05					*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
Benzo[a]pyren mg/kg TS	< 0,05	*0,3*	*0,6*	*0,9*	*3*	*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
PAK 16[8)] mg/kg TS	0	*3*	*3*	*3 (9)*	*30*	*berechnet;L*

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Probenbezeichnung / **Parameter** / Probe-Nr. / Einheit	**Mischprobe Nr. 2** 25-63235-002	*Zuordnungswerte Eluat* Z0 / Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Methode
pH-Wert	8,6	*6,5 - 9,5*	*6,5 - 9,5*	*6 - 12*	*5,5 - 12*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;L*
Leitfähigkeit bei 25°C µS/cm	51	*250*	*250*	*1500*	*2000*	*DIN EN 27888: 1993-11;L*
Chlorid[9)] mg/l	1,8	*30*	*30*	*50*	*100*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Sulfat mg/l	1,2	*20*	*20*	*50*	*200*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Cyanid gesamt µg/l	< 5	*5*	*5*	*10*	*20*	*DIN EN ISO 14403-2: 2012-10;L*
Arsen[10)] µg/l	3,4	*14*	*14*	*20*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei µg/l	< 1	*40*	*40*	*80*	*200*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium µg/l	< 0,3	*1,5*	*1,5*	*3*	*6*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt µg/l	1,0	*12,5*	*12,5*	*25*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer µg/l	< 5	*20*	*20*	*60*	*100*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel µg/l	< 1	*15*	*15*	*20*	*70*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber µg/l	< 0,2	*0,5*	*0,5*	*1*	*2*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink µg/l	< 10	*150*	*150*	*200*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Phenolindex nach Destillation µg/l	< 10	*20*	*20*	*40*	*100*	*DIN EN ISO 14402: 1999-12;L*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

1) Z 0* = maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen („Ausnahmen von der Regel“)
Für die Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht darf Z 0 überschritten werden, wenn
- die Zuordnungswerte Z 0 im Eluat eingehalten werden
- eine Deckschicht aus Bodenmaterial von mindestens 2 m Mächtigkeit aufgebracht wird und die Deckschicht die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält
- die Verfüllungen außerhalb bestimmter (Schutz-)Gebiete (Trinkwasser-, Heilquellenschutzgebiete, Wasservorranggebiete, Karstgebiete und Gebiete mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund
2) Z0*: Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 20 mg/kg
3) Z0*: Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg
4) Z0*: Der Wert 0,7 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,0 mg/kg
5) Z0 und Z0*: Bei einem C:N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% C:N-Verhältnis der Probe:
6) Z0* und Z1: Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen
7) Die angegebenen Zuordnungswerte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 - C22. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C10 - C40), darf den darunter genannten Wert nicht überschreiten
8) Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und <= 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden
9) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 300 mg/l
10) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l

Probenkommentare
Zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen wurde die Probe im Labor mit Methanol überschichtet. Die Messergebnisse könnten dadurch beeinflusst worden sein.

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.12.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-63235-003/1

Prüfgegenstand:	**Boden**
Auftraggeber / KD-Nr.:	**Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545**
Projektbezeichnung:	**BV: Hindenburgdamm, Bodenmischproben**
Probenahme am / durch:	**- / Auftraggeber**
Probeneingang am / durch:	**04.12.2025 / Auftraggeber**
Prüfzeitraum:	**04.12.2025 - 12.12.2025**

Untersuchungen gem. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Techn. Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Ausgabestand: 05.11.2004

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		Mischprobe Nr. 3 25-63235-003	*Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial*				Methode
			Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	
spezifische Bodenart		Sand					*DIN 19682-2: 2014-07;L*
Arsen[2)]	mg/kg TS	4,6	*10*	*15*	*45*	*150*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei	mg/kg TS	9,7	*40*	*140*	*210*	*700*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium	mg/kg TS	0,11	*0,4*	*1*	*3*	*10*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt	mg/kg TS	12,1	*30*	*120*	*180*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer	mg/kg TS	8,2	*20*	*80*	*120*	*400*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel	mg/kg TS	9,9	*15*	*100*	*150*	*500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Thallium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*0,7*	*2,1*	*7*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,1	*0,1*	*1*	*1,5*	*5*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink	mg/kg TS	36,5	*60*	*300*	*450*	*1500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cyanid gesamt	mg/kg TS	< 1			*3*	*10*	*DIN EN ISO 17380: 2013-10;L*
TOC[5)]	% TS	**0,95**	*0,5 (1,0)*	*0,5 (1,0)*	*1,5*	*5*	*DIN EN 15936 Verf. A: 2012-11;L*
EOX[6)]	mg/kg TS	< 1	*1*	*1*	*3*	*10*	*DIN 38414-17: 2017-01;L*
Kohlenwasserstoffindex	mg/kg TS	< 100	*100*	*400*	*600*	*2000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
mobiler Anteil KW C10-C22	mg/kg TS	< 100		*200*	*300*	*1000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
BTX-Aromaten	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
LHKW	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
PCB 6	mg/kg TS	0,00	*0,05*	*0,1*	*0,15*	*0,5*	*berechnet;L*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

Parameter / **Probenbezeichnung** / Probe-Nr. / Einheit	**Mischprobe Nr. 3** 25-63235-003	*Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial* Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	Methode
Naphthalin mg/kg TS	< 0,05					*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
Benzo[a]pyren mg/kg TS	< 0,05	*0,3*	*0,6*	*0,9*	*3*	*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
PAK 16[8)] mg/kg TS	0,230	*3*	*3*	*3 (9)*	*30*	*berechnet;L*

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / Einheit	**Probenbezeichnung** / Probe-Nr.	**Mischprobe Nr. 3** 25-63235-003	*Zuordnungswerte Eluat* Z0 / Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Methode
pH-Wert		8,9	*6,5 - 9,5*	*6,5 - 9,5*	*6 - 12*	*5,5 - 12*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;L*
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	63	*250*	*250*	*1500*	*2000*	*DIN EN 27888: 1993-11;L*
Chlorid[9)]	mg/l	1,8	*30*	*30*	*50*	*100*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Sulfat	mg/l	3,0	*20*	*20*	*50*	*200*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Cyanid gesamt	µg/l	< 5	*5*	*5*	*10*	*20*	*DIN EN ISO 14403-2: 2012-10;L*
Arsen[10)]	µg/l	2,6	*14*	*14*	*20*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei	µg/l	1,2	*40*	*40*	*80*	*200*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium	µg/l	< 0,3	*1,5*	*1,5*	*3*	*6*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt	µg/l	< 1	*12,5*	*12,5*	*25*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer	µg/l	< 5	*20*	*20*	*60*	*100*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel	µg/l	< 1	*15*	*15*	*20*	*70*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber	µg/l	< 0,2	*0,5*	*0,5*	*1*	*2*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink	µg/l	< 10	*150*	*150*	*200*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Phenolindex nach Destillation	µg/l	< 10	*20*	*20*	*40*	*100*	*DIN EN ISO 14402: 1999-12;L*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

1) Z 0* = maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen („Ausnahmen von der Regel“)
Für die Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht darf Z 0 überschritten werden, wenn
- die Zuordnungswerte Z 0 im Eluat eingehalten werden
- eine Deckschicht aus Bodenmaterial von mindestens 2 m Mächtigkeit aufgebracht wird und die Deckschicht die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält
- die Verfüllungen außerhalb bestimmter (Schutz-)Gebiete (Trinkwasser-, Heilquellenschutzgebiete, Wasservorranggebiete, Karstgebiete und Gebiete mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund
2) Z0*: Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 20 mg/kg
3) Z0*: Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg
4) Z0*: Der Wert 0,7 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,0 mg/kg
5) Z0 und Z0*: Bei einem C:N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% C:N-Verhältnis der Probe:
6) Z0* und Z1: Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen
7) Die angegebenen Zuordnungswerte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 - C22. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C10 - C40), darf den darunter genannten Wert nicht überschreiten
8) Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und <= 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden
9) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 300 mg/l
10) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l

Probenkommentare

Bei dem Benzo[b]fluoranthen-Ergebnis handelt es sich um einen Maximalwert, da es aufgrund einer Koelution mit Benzo[j]fluoranthen zu einer Überlagerung der beiden Substanzsignale kommt
Zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen wurde die Probe im Labor mit Methanol überschichtet. Die Messergebnisse könnten dadurch beeinflusst worden sein.

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.12.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-63235-004/1

Prüfgegenstand: Boden
Auftraggeber / KD-Nr.: Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545
Projektbezeichnung: BV: Hindenburgdamm, Bodenmischproben
Probenahme am / durch: - / Auftraggeber
Probeneingang am / durch: 04.12.2025 / Auftraggeber
Prüfzeitraum: 04.12.2025 - 12.12.2025

Untersuchungen gem. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Techn. Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Ausgabestand: 05.11.2004

Parameter / Probenbezeichnung	Einheit	Mischprobe Nr. 4 (Probe-Nr. 25-63235-004)	Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	Methode
spezifische Bodenart		Sand					*DIN 19682-2: 2014-07;L*
Arsen[2)]	mg/kg TS	1,4	*10*	*15*	*45*	*150*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei	mg/kg TS	1,3	*40*	*140*	*210*	*700*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*1*	*3*	*10*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt	mg/kg TS	2,8	*30*	*120*	*180*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer	mg/kg TS	< 1	*20*	*80*	*120*	*400*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel	mg/kg TS	1,7	*15*	*100*	*150*	*500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Thallium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*0,7*	*2,1*	*7*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,1	*0,1*	*1*	*1,5*	*5*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink	mg/kg TS	< 10	*60*	*300*	*450*	*1500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cyanid gesamt	mg/kg TS	< 1			*3*	*10*	*DIN EN ISO 17380: 2013-10;L*
TOC[5)]	% TS	< 0,1	*0,5 (1,0)*	*0,5 (1,0)*	*1,5*	*5*	*DIN EN 15936 Verf. A: 2012-11;L*
EOX[6)]	mg/kg TS	< 1	*1*	*1*	*3*	*10*	*DIN 38414-17: 2017-01;L*
Kohlenwasserstoffindex	mg/kg TS	< 100	*100*	*400*	*600*	*2000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
mobiler Anteil KW C10-C22	mg/kg TS	< 100		*200*	*300*	*1000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
BTX-Aromaten	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
LHKW	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
PCB 6	mg/kg TS	0,00	*0,05*	*0,1*	*0,15*	*0,5*	*berechnet;L*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter	**Probenbezeichnung** Probe-Nr. Einheit	**Mischprobe Nr. 4** 25-63235-004	*Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial* Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	Methode
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,05					*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	< 0,05	*0,3*	*0,6*	*0,9*	*3*	*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
PAK 16[8)]	mg/kg TS	0	*3*	*3*	*3 (9)*	*30*	*berechnet;L*

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / Einheit	**Probenbezeichnung** / Probe-Nr. **Mischprobe Nr. 4** / 25-63235-004	*Zuordnungswerte Eluat* Z0 / Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Methode
pH-Wert	8,8	*6,5 - 9,5*	*6,5 - 9,5*	*6 - 12*	*5,5 - 12*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;L*
Leitfähigkeit bei 25°C µS/cm	101	*250*	*250*	*1500*	*2000*	*DIN EN 27888: 1993-11;L*
Chlorid[9)] mg/l	12,0	*30*	*30*	*50*	*100*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Sulfat mg/l	8,7	*20*	*20*	*50*	*200*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Cyanid gesamt µg/l	< 5	*5*	*5*	*10*	*20*	*DIN EN ISO 14403-2: 2012-10;L*
Arsen[10)] µg/l	1,6	*14*	*14*	*20*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei µg/l	< 1	*40*	*40*	*80*	*200*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium µg/l	< 0,3	*1,5*	*1,5*	*3*	*6*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt µg/l	< 1	*12,5*	*12,5*	*25*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer µg/l	< 5	*20*	*20*	*60*	*100*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel µg/l	< 1	*15*	*15*	*20*	*70*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber µg/l	< 0,2	*0,5*	*0,5*	*1*	*2*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink µg/l	< 10	*150*	*150*	*200*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Phenolindex nach Destillation µg/l	< 10	*20*	*20*	*40*	*100*	*DIN EN ISO 14402: 1999-12;L*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

1) Z 0* = maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen („Ausnahmen von der Regel“)
Für die Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht darf Z 0 überschritten werden, wenn
- die Zuordnungswerte Z 0 im Eluat eingehalten werden
- eine Deckschicht aus Bodenmaterial von mindestens 2 m Mächtigkeit aufgebracht wird und die Deckschicht die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält
- die Verfüllungen außerhalb bestimmter (Schutz-)Gebiete (Trinkwasser-, Heilquellenschutzgebiete, Wasservorranggebiete, Karstgebiete und Gebiete mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund
2) Z0*: Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 20 mg/kg
3) Z0*: Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg
4) Z0*: Der Wert 0,7 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,0 mg/kg
5) Z0 und Z0*: Bei einem C:N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% C:N-Verhältnis der Probe:
6) Z0* und Z1: Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen
7) Die angegebenen Zuordnungswerte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 - C22. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C10 - C40), darf den darunter genannten Wert nicht überschreiten
8) Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und <= 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden
9) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 300 mg/l
10) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l

Probenkommentare
Zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen wurde die Probe im Labor mit Methanol überschichtet. Die Messergebnisse könnten dadurch beeinflusst worden sein.

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.12.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-63235-005/1

Prüfgegenstand:	**Boden**
Auftraggeber / KD-Nr.:	**Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545**
Projektbezeichnung:	**BV: Hindenburgdamm, Bodenmischproben**
Probenahme am / durch:	**- / Auftraggeber**
Probeneingang am / durch:	**04.12.2025 / Auftraggeber**
Prüfzeitraum:	**04.12.2025 - 12.12.2025**

Untersuchungen gem. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Techn. Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Ausgabestand: 05.11.2004

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		Mischprobe Nr. 5 25-63235-005	*Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial*				Methode
			Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	
spezifische Bodenart		Sand					*DIN 19682-2: 2014-07;L*
Arsen[2)]	mg/kg TS	< 1	*10*	*15*	*45*	*150*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei	mg/kg TS	< 1	*40*	*140*	*210*	*700*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*1*	*3*	*10*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt	mg/kg TS	1,6	*30*	*120*	*180*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer	mg/kg TS	< 1	*20*	*80*	*120*	*400*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel	mg/kg TS	2,3	*15*	*100*	*150*	*500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Thallium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*0,7*	*2,1*	*7*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,1	*0,1*	*1*	*1,5*	*5*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink	mg/kg TS	< 10	*60*	*300*	*450*	*1500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cyanid gesamt	mg/kg TS	< 1			*3*	*10*	*DIN EN ISO 17380: 2013-10;L*
TOC[5)]	% TS	< 0,1	*0,5 (1,0)*	*0,5 (1,0)*	*1,5*	*5*	*DIN EN 15936 Verf. A: 2012-11;L*
EOX[6)]	mg/kg TS	< 1	*1*	*1*	*3*	*10*	*DIN 38414-17: 2017-01;L*
Kohlenwasserstoffindex	mg/kg TS	< 100	*100*	*400*	*600*	*2000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
mobiler Anteil KW C10-C22	mg/kg TS	< 100		*200*	*300*	*1000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
BTX-Aromaten	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
LHKW	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
PCB 6	mg/kg TS	0,00	*0,05*	*0,1*	*0,15*	*0,5*	*berechnet;L*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit	**Mischprobe Nr. 5** 25-63235-005	*Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial* Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	Methode
Naphthalin mg/kg TS	< 0,05					*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
Benzo[a]pyren mg/kg TS	< 0,05	*0,3*	*0,6*	*0,9*	*3*	*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
PAK 16[8)] mg/kg TS	0	*3*	*3*	*3 (9)*	*30*	*berechnet;L*

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Probenbezeichnung / **Parameter** / Probe-Nr. / Einheit	**Mischprobe Nr. 5** 25-63235-005	*Zuordnungswerte Eluat* Z0 / Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Methode
pH-Wert	8,8	*6,5 - 9,5*	*6,5 - 9,5*	*6 - 12*	*5,5 - 12*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;L*
Leitfähigkeit bei 25°C µS/cm	64	*250*	*250*	*1500*	*2000*	*DIN EN 27888: 1993-11;L*
Chlorid[9)] mg/l	5,8	*30*	*30*	*50*	*100*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Sulfat mg/l	3,3	*20*	*20*	*50*	*200*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Cyanid gesamt µg/l	< 5	*5*	*5*	*10*	*20*	*DIN EN ISO 14403-2: 2012-10;L*
Arsen[10)] µg/l	1,2	*14*	*14*	*20*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei µg/l	< 1	*40*	*40*	*80*	*200*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium µg/l	< 0,3	*1,5*	*1,5*	*3*	*6*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt µg/l	< 1	*12,5*	*12,5*	*25*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer µg/l	< 5	*20*	*20*	*60*	*100*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel µg/l	< 1	*15*	*15*	*20*	*70*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber µg/l	< 0,2	*0,5*	*0,5*	*1*	*2*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink µg/l	< 10	*150*	*150*	*200*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Phenolindex nach Destillation µg/l	< 10	*20*	*20*	*40*	*100*	*DIN EN ISO 14402: 1999-12;L*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

1) Z 0* = maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen („Ausnahmen von der Regel“)
Für die Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht darf Z 0 überschritten werden, wenn
- die Zuordnungswerte Z 0 im Eluat eingehalten werden
- eine Deckschicht aus Bodenmaterial von mindestens 2 m Mächtigkeit aufgebracht wird und die Deckschicht die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält
- die Verfüllungen außerhalb bestimmter (Schutz-)Gebiete (Trinkwasser-, Heilquellenschutzgebiete, Wasservorranggebiete, Karstgebiete und Gebiete mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund
2) Z0*: Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 20 mg/kg
3) Z0*: Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg
4) Z0*: Der Wert 0,7 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,0 mg/kg
5) Z0 und Z0*: Bei einem C:N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% C:N-Verhältnis der Probe:
6) Z0* und Z1: Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen
7) Die angegebenen Zuordnungswerte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 - C22. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C10 - C40), darf den darunter genannten Wert nicht überschreiten
8) Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und <= 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden
9) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 300 mg/l
10) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l

Probenkommentare
Zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen wurde die Probe im Labor mit Methanol überschichtet. Die Messergebnisse könnten dadurch beeinflusst worden sein.

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.12.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-63235-006/1

Prüfgegenstand:	**Boden**
Auftraggeber / KD-Nr.:	**Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545**
Projektbezeichnung:	**BV: Hindenburgdamm, Bodenmischproben**
Probenahme am / durch:	**- / Auftraggeber**
Probeneingang am / durch:	**04.12.2025 / Auftraggeber**
Prüfzeitraum:	**04.12.2025 - 12.12.2025**

Untersuchungen gem. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Techn. Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Ausgabestand: 05.11.2004

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		Mischprobe Nr. 6 25-63235-006	*Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial*				Methode
			Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	
spezifische Bodenart		Sand					*DIN 19682-2: 2014-07;L*
Arsen[2)]	mg/kg TS	< 1	*10*	*15*	*45*	*150*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei	mg/kg TS	2,1	*40*	*140*	*210*	*700*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*1*	*3*	*10*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt	mg/kg TS	3,6	*30*	*120*	*180*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer	mg/kg TS	1,1	*20*	*80*	*120*	*400*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel	mg/kg TS	2,9	*15*	*100*	*150*	*500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Thallium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*0,7*	*2,1*	*7*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,1	*0,1*	*1*	*1,5*	*5*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink	mg/kg TS	< 10	*60*	*300*	*450*	*1500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cyanid gesamt	mg/kg TS	< 1			*3*	*10*	*DIN EN ISO 17380: 2013-10;L*
TOC[5)]	% TS	< 0,1	*0,5 (1,0)*	*0,5 (1,0)*	*1,5*	*5*	*DIN EN 15936 Verf. A: 2012-11;L*
EOX[6)]	mg/kg TS	< 1	*1*	*1*	*3*	*10*	*DIN 38414-17: 2017-01;L*
Kohlenwasserstoffindex	mg/kg TS	< 100	*100*	*400*	*600*	*2000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
mobiler Anteil KW C10-C22	mg/kg TS	< 100		*200*	*300*	*1000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
BTX-Aromaten	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
LHKW	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
PCB 6	mg/kg TS	0,00	*0,05*	*0,1*	*0,15*	*0,5*	*berechnet;L*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter	**Probenbezeichnung** Probe-Nr. Einheit	**Mischprobe Nr. 6** 25-63235-006	*Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial* Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	Methode
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,05					*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	< 0,05	*0,3*	*0,6*	*0,9*	*3*	*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
PAK 16[8)]	mg/kg TS	0	*3*	*3*	*3 (9)*	*30*	*berechnet;L*

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit	Mischprobe Nr. 6 / 25-63235-006	*Zuordnungswerte Eluat* Z0 / Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Methode
pH-Wert	**6,4**	*6,5 - 9,5*	*6,5 - 9,5*	*6 - 12*	*5,5 - 12*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;L*
Leitfähigkeit bei 25°C µS/cm	42	*250*	*250*	*1500*	*2000*	*DIN EN 27888: 1993-11;L*
Chlorid[9)] mg/l	8,3	*30*	*30*	*50*	*100*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Sulfat mg/l	3,8	*20*	*20*	*50*	*200*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Cyanid gesamt µg/l	< 5	*5*	*5*	*10*	*20*	*DIN EN ISO 14403-2: 2012-10;L*
Arsen[10)] µg/l	< 1	*14*	*14*	*20*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei µg/l	< 1	*40*	*40*	*80*	*200*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium µg/l	< 0,3	*1,5*	*1,5*	*3*	*6*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt µg/l	< 1	*12,5*	*12,5*	*25*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer µg/l	< 5	*20*	*20*	*60*	*100*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel µg/l	1,7	*15*	*15*	*20*	*70*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber µg/l	< 0,2	*0,5*	*0,5*	*1*	*2*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink µg/l	< 10	*150*	*150*	*200*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Phenolindex nach Destillation µg/l	< 10	*20*	*20*	*40*	*100*	*DIN EN ISO 14402: 1999-12;L*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

1) Z 0* = maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen („Ausnahmen von der Regel“)
Für die Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht darf Z 0 überschritten werden, wenn
- die Zuordnungswerte Z 0 im Eluat eingehalten werden
- eine Deckschicht aus Bodenmaterial von mindestens 2 m Mächtigkeit aufgebracht wird und die Deckschicht die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält
- die Verfüllungen außerhalb bestimmter (Schutz-)Gebiete (Trinkwasser-, Heilquellenschutzgebiete, Wasservorranggebiete, Karstgebiete und Gebiete mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund
2) Z0*: Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 20 mg/kg
3) Z0*: Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg
4) Z0*: Der Wert 0,7 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,0 mg/kg
5) Z0 und Z0*: Bei einem C:N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% C:N-Verhältnis der Probe:
6) Z0* und Z1: Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen
7) Die angegebenen Zuordnungswerte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 - C22. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C10 - C40), darf den darunter genannten Wert nicht überschreiten
8) Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und <= 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden
9) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 300 mg/l
10) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l

Probenkommentare
Zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen wurde die Probe im Labor mit Methanol überschichtet. Die Messergebnisse könnten dadurch beeinflusst worden sein.

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.12.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-63235-007/1

Prüfgegenstand: Boden
Auftraggeber / KD-Nr.: Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545
Projektbezeichnung: BV: Hindenburgdamm, Bodenmischproben
Probenahme am / durch: - / Auftraggeber
Probeneingang am / durch: 04.12.2025 / Auftraggeber
Prüfzeitraum: 04.12.2025 - 12.12.2025

Untersuchungen gem. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Techn. Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Ausgabestand: 05.11.2004

Parameter / Probenbezeichnung	Einheit	Mischprobe Nr. 7 (Probe-Nr. 25-63235-007)	Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	Methode
spezifische Bodenart		Sand					*DIN 19682-2: 2014-07;L*
Arsen[2)]	mg/kg TS	1,4	*10*	*15*	*45*	*150*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei	mg/kg TS	1,7	*40*	*140*	*210*	*700*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*1*	*3*	*10*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt	mg/kg TS	2,9	*30*	*120*	*180*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer	mg/kg TS	< 1	*20*	*80*	*120*	*400*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel	mg/kg TS	2,5	*15*	*100*	*150*	*500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Thallium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*0,7*	*2,1*	*7*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,1	*0,1*	*1*	*1,5*	*5*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink	mg/kg TS	< 10	*60*	*300*	*450*	*1500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cyanid gesamt	mg/kg TS	< 1			*3*	*10*	*DIN EN ISO 17380: 2013-10;L*
TOC[5)]	% TS	< 0,1	*0,5 (1,0)*	*0,5 (1,0)*	*1,5*	*5*	*DIN EN 15936 Verf. A: 2012-11;L*
EOX[6)]	mg/kg TS	< 1	*1*	*1*	*3*	*10*	*DIN 38414-17: 2017-01;L*
Kohlenwasserstoffindex	mg/kg TS	< 100	*100*	*400*	*600*	*2000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
mobiler Anteil KW C10-C22	mg/kg TS	< 100		*200*	*300*	*1000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
BTX-Aromaten	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
LHKW	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
PCB 6	mg/kg TS	0,00	*0,05*	*0,1*	*0,15*	*0,5*	*berechnet;L*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter	**Probenbezeichnung** Probe-Nr. Einheit	**Mischprobe Nr. 7** 25-63235-007	*Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial*				Methode
			Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,05					*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	< 0,05	*0,3*	*0,6*	*0,9*	*3*	*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
PAK 16[8)]	mg/kg TS	0	*3*	*3*	*3 (9)*	*30*	*berechnet;L*

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit	Mischprobe Nr. 7 25-63235-007	*Zuordnungswerte Eluat* Z0 / Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Methode
pH-Wert	7,8	*6,5 - 9,5*	*6,5 - 9,5*	*6 - 12*	*5,5 - 12*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;L*
Leitfähigkeit bei 25°C µS/cm	139	*250*	*250*	*1500*	*2000*	*DIN EN 27888: 1993-11;L*
Chlorid[9)] mg/l	15,0	*30*	*30*	*50*	*100*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Sulfat mg/l	19,0	*20*	*20*	*50*	*200*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Cyanid gesamt µg/l	< 5	*5*	*5*	*10*	*20*	*DIN EN ISO 14403-2: 2012-10;L*
Arsen[10)] µg/l	< 1	*14*	*14*	*20*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei µg/l	< 1	*40*	*40*	*80*	*200*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium µg/l	< 0,3	*1,5*	*1,5*	*3*	*6*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt µg/l	< 1	*12,5*	*12,5*	*25*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer µg/l	< 5	*20*	*20*	*60*	*100*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel µg/l	< 1	*15*	*15*	*20*	*70*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber µg/l	< 0,2	*0,5*	*0,5*	*1*	*2*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink µg/l	< 10	*150*	*150*	*200*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Phenolindex nach Destillation µg/l	< 10	*20*	*20*	*40*	*100*	*DIN EN ISO 14402: 1999-12;L*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

1) Z 0* = maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen („Ausnahmen von der Regel“)
Für die Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht darf Z 0 überschritten werden, wenn
- die Zuordnungswerte Z 0 im Eluat eingehalten werden
- eine Deckschicht aus Bodenmaterial von mindestens 2 m Mächtigkeit aufgebracht wird und die Deckschicht die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält
- die Verfüllungen außerhalb bestimmter (Schutz-)Gebiete (Trinkwasser-, Heilquellenschutzgebiete, Wasservorranggebiete, Karstgebiete und Gebiete mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund
2) Z0*: Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 20 mg/kg
3) Z0*: Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg
4) Z0*: Der Wert 0,7 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,0 mg/kg
5) Z0 und Z0*: Bei einem C:N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% C:N-Verhältnis der Probe:
6) Z0* und Z1: Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen
7) Die angegebenen Zuordnungswerte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 - C22. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C10 - C40), darf den darunter genannten Wert nicht überschreiten
8) Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und <= 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden
9) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 300 mg/l
10) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l

Probenkommentare
Zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen wurde die Probe im Labor mit Methanol überschichtet. Die Messergebnisse könnten dadurch beeinflusst worden sein.

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.12.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-63235-008/1

Prüfgegenstand: Boden
Auftraggeber / KD-Nr.: Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545
Projektbezeichnung: BV: Hindenburgdamm, Bodenmischproben
Probenahme am / durch: - / Auftraggeber
Probeneingang am / durch: 04.12.2025 / Auftraggeber
Prüfzeitraum: 04.12.2025 - 12.12.2025

Untersuchungen gem. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Techn. Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Ausgabestand: 05.11.2004

Parameter / Probenbezeichnung	Einheit	Mischprobe Nr. 8 (Probe-Nr. 25-63235-008)	Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	Methode
spezifische Bodenart		Sand					*DIN 19682-2: 2014-07;L*
Arsen[2)]	mg/kg TS	1,8	*10*	*15*	*45*	*150*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei	mg/kg TS	3,1	*40*	*140*	*210*	*700*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*1*	*3*	*10*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt	mg/kg TS	8,1	*30*	*120*	*180*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer	mg/kg TS	1,1	*20*	*80*	*120*	*400*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel	mg/kg TS	4,9	*15*	*100*	*150*	*500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Thallium	mg/kg TS	< 0,1	*0,4*	*0,7*	*2,1*	*7*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,1	*0,1*	*1*	*1,5*	*5*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink	mg/kg TS	< 10	*60*	*300*	*450*	*1500*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cyanid gesamt	mg/kg TS	< 1			*3*	*10*	*DIN EN ISO 17380: 2013-10;L*
TOC[5)]	% TS	0,25	*0,5 (1,0)*	*0,5 (1,0)*	*1,5*	*5*	*DIN EN 15936 Verf. A: 2012-11;L*
EOX[6)]	mg/kg TS	< 1	*1*	*1*	*3*	*10*	*DIN 38414-17: 2017-01;L*
Kohlenwasserstoffindex	mg/kg TS	< 100	*100*	*400*	*600*	*2000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
mobiler Anteil KW C10-C22	mg/kg TS	< 100		*200*	*300*	*1000*	*DIN EN 14039 2005-01 i.V. LAGA KW-04 2019-09;L*
BTX-Aromaten	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
LHKW	mg/kg TS	0	*1*	*1*	*1*	*1*	*berechnet;L*
PCB 6	mg/kg TS	0,00	*0,05*	*0,1*	*0,15*	*0,5*	*berechnet;L*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

Parameter / **Probenbezeichnung** / Probe-Nr. / Einheit	**Mischprobe Nr. 8** 25-63235-008	*Zuordnungswerte Feststoff im Bodenmaterial* Z0(Sand)	Z0*	Z1	Z2	Methode
Naphthalin mg/kg TS	< 0,05					*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
Benzo[a]pyren mg/kg TS	< 0,05	*0,3*	*0,6*	*0,9*	*3*	*DIN ISO 18287: 2006-05;L*
PAK 16[8)] mg/kg TS	0	*3*	*3*	*3 (9)*	*30*	*berechnet;L*

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Probenbezeichnung / **Parameter** / Probe-Nr. / Einheit	**Mischprobe Nr. 8** 25-63235-008	*Zuordnungswerte Eluat* Z0 / Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Methode
pH-Wert	6,9	*6,5 - 9,5*	*6,5 - 9,5*	*6 - 12*	*5,5 - 12*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;L*
Leitfähigkeit bei 25°C µS/cm	29	*250*	*250*	*1500*	*2000*	*DIN EN 27888: 1993-11;L*
Chlorid[9)] mg/l	1,6	*30*	*30*	*50*	*100*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Sulfat mg/l	7,1	*20*	*20*	*50*	*200*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L*
Cyanid gesamt µg/l	< 5	*5*	*5*	*10*	*20*	*DIN EN ISO 14403-2: 2012-10;L*
Arsen[10)] µg/l	< 1	*14*	*14*	*20*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Blei µg/l	< 1	*40*	*40*	*80*	*200*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Cadmium µg/l	< 0,3	*1,5*	*1,5*	*3*	*6*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Chrom gesamt µg/l	1,4	*12,5*	*12,5*	*25*	*60*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Kupfer µg/l	< 5	*20*	*20*	*60*	*100*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Nickel µg/l	2,4	*15*	*15*	*20*	*70*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Quecksilber µg/l	< 0,2	*0,5*	*0,5*	*1*	*2*	*DIN EN ISO 12846: 2012-08;L*
Zink µg/l	< 10	*150*	*150*	*200*	*600*	*DIN EN ISO 17294-2: 2017-01;L*
Phenolindex nach Destillation µg/l	< 10	*20*	*20*	*40*	*100*	*DIN EN ISO 14402: 1999-12;L*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

1) Z 0* = maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen („Ausnahmen von der Regel“)
Für die Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht darf Z 0 überschritten werden, wenn
- die Zuordnungswerte Z 0 im Eluat eingehalten werden
- eine Deckschicht aus Bodenmaterial von mindestens 2 m Mächtigkeit aufgebracht wird und die Deckschicht die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält
- die Verfüllungen außerhalb bestimmter (Schutz-)Gebiete (Trinkwasser-, Heilquellenschutzgebiete, Wasservorranggebiete, Karstgebiete und Gebiete mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund
2) Z0*: Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 20 mg/kg
3) Z0*: Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg
4) Z0*: Der Wert 0,7 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,0 mg/kg
5) Z0 und Z0*: Bei einem C:N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% C:N-Verhältnis der Probe:
6) Z0* und Z1: Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen
7) Die angegebenen Zuordnungswerte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 - C22. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C10 - C40), darf den darunter genannten Wert nicht überschreiten
8) Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und <= 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden
9) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 300 mg/l
10) Z2-Wert bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l

Probenkommentare
Zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen wurde die Probe im Labor mit Methanol überschichtet. Die Messergebnisse könnten dadurch beeinflusst worden sein.

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.12.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-56506-001/1

Prüfgegenstand: **Wasser**
Auftraggeber / KD-Nr.: **Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545**
Projektbezeichnung: **BV: Hindenburgdamm**
Probenahme am / durch: **29.10.2025 / Pohle, Markus**
Probeneingang am / durch: **30.10.2025 / UCL-Probenehmer**
Prüfzeitraum: **30.10.2025 - 12.11.2025**

Untersuchungen von Wasser gemäß DIN 4030-1:2008-06

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		GWM 225,690 MP01	Grenzwerte für die Expositionsklassen				Methode
		25-56506-001	nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	
Analyse der Originalprobe							
pH-Wert		6,8	-	*6,5 - 5,5*	*<5,5 - 4,5*	*<4,5*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;KI*
Chlorid	mg/l	30					*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfat	mg/l	40	-	*200 - 600*	*>600 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfid gelöst	mg/l	< 0,1					*DIN 38405-27 Anhang B: 2017-10;L*
Ammonium (NH4)	mg/l	0,18	-	*15 - 30*	*>30 - 60*	*>60*	*DIN EN ISO 11732: 2005-05;KI*
Calcium	mg/l	10,3					*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Magnesium	mg/l	3,5	-	*300 - 1000*	*>1000 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Gesamthärte	°dH	2,2					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
Carbonathärte	°dH	0,92					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Nichtcarbonathärte	°dH	1,3					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
kalklösende Kohlensäure	mg/l	**24**	-	*15 - 40*	*>40 - 100*	*>100*	*DIN EN 4030-2: 2008-06;KI*
alk. KMnO4-Verbrauch	mgKMnO4/l	11					*DIN 4030-2: 2008-06;L*
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	0,33					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030							
Expositionsklasse		XA1					*DIN 4030-2: 2008-06;KI*
Messwerte zur Bestimmung der Stahlaggressivität nach DIN 50929-3							
Wasserart		Küste Meer, Moor, Anaerob					*-;AG*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / **Probenbezeichnung** / Probe-Nr. / Einheit	**GWM 225,690 MP01** 25-56506-001	*Grenzwerte für die Expositionsklassen* nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	Methode
Lage des Objektes	Unterwasserbereich					*-;AG*
c(Chlorid) + 2x c(Sulfat) mol/m³	1,66					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Säurekapazität pH 4,3 mol/m³	0,3					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
c(Calcium) mol/m³	0,26					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
pH-Wert	6,8					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Objekt/Wasser-Potential V	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stählen nach DIN 50929-3						
N1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	-2					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N4 Säurekapazität pH 4,3	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N5 c(Calcium)	-1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N6 pH-Wert	-1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N7 Objekt/Wasser-Potential	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W0 Freie Korrosion im Unterwasserbereich	-10,0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W1 Korrosion an der Wasser/ Luft-Grenze	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	hoch					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Flächenkorrosion	mittel					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Beurteilung der Güte von Deckschichten von feuerverzinkten Stählen nach DIN 50929-3						
M1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M4 Säurekapazität pH 4,3	-1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M5 c(Calcium)	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M6 pH-Wert	-1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WD Feuerverzinkte Stähle	-7,0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WL Feuerverzinkte Stähle	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	befriedigend					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

Für die Bewertung ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem der Werte erreicht wird.
Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel eines Bereiches (pH unt. Viertel), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe.

Probenkommentare
DIN 38405-27 Anhang B:2017-10
Der Zustand des Prüfgegenstandes war bei Anlieferung im Prüflabor nicht einwandfrei. Die Analysenergebnisse können dadurch beeinträchtigt sein. Probe nicht vollständig, blasenfrei gefüllt.

Bewertung:
Das Grundwasser ist nach DIN 4030 in die folgende Expositionsklasse einzuordnen: XA1
XA1 = schwach angreifend, XA2 = stark angreifend, XA3 = sehr stark angreifend

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.11.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-56506-002/1

Prüfgegenstand: **Wasser**
Auftraggeber / KD-Nr.: **Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545**
Projektbezeichnung: **BV: Hindenburgdamm**
Probenahme am / durch: **29.10.2025 / Pohle, Markus**
Probeneingang am / durch: **30.10.2025 / UCL-Probenehmer**
Prüfzeitraum: **30.10.2025 - 12.11.2025**

Untersuchungen von Wasser gemäß DIN 4030-1:2008-06

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		GWM 224,000 MP02	Grenzwerte für die Expositionsklassen				Methode
		25-56506-002	nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	
Analyse der Originalprobe							
pH-Wert		7,5	-	*6,5 - 5,5*	*<5,5 - 4,5*	*<4,5*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;KI*
Chlorid	mg/l	120					*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfat	mg/l	**270**	-	*200 - 600*	*>600 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfid gelöst	mg/l	< 0,1					*DIN 38405-27 Anhang B: 2017-10;L*
Ammonium (NH4)	mg/l	0,04	-	*15 - 30*	*>30 - 60*	*>60*	*DIN EN ISO 11732: 2005-05;KI*
Calcium	mg/l	87,3					*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Magnesium	mg/l	36,7	-	*300 - 1000*	*>1000 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Gesamthärte	°dH	21					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
Carbonathärte	°dH	9,8					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Nichtcarbonathärte	°dH	11					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
kalklösende Kohlensäure	mg/l	12	-	*15 - 40*	*>40 - 100*	*>100*	*DIN EN 4030-2: 2008-06;KI*
alk. KMnO4-Verbrauch	mgKMnO4/l	17					*DIN 4030-2: 2008-06;L*
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	3,5					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030							
Expositionsklasse		XA1					*DIN 4030-2: 2008-06;KI*
Messwerte zur Bestimmung der Stahlaggressivität nach DIN 50929-3							
Wasserart		Küste Meer, Moor, Anaerob					*-;AG*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / **Probenbezeichnung** / Probe-Nr. / Einheit	**GWM 224,000 MP02** 25-56506-002	*Grenzwerte für die Expositionsklassen* nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	Methode
Lage des Objektes	Unterwasserbereich					*-;AG*
c(Chlorid) + 2x c(Sulfat) mol/m³	8,89					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Säurekapazität pH 4,3 mol/m³	3,5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
c(Calcium) mol/m³	2,18					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
pH-Wert	7,5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Objekt/Wasser-Potential V	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stählen nach DIN 50929-3						
N1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	-4					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N4 Säurekapazität pH 4,3	3					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N5 c(Calcium)	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N6 pH-Wert	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N7 Objekt/Wasser-Potential	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W0 Freie Korrosion im Unterwasserbereich	-6,3					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W1 Korrosion an der Wasser/ Luft-Grenze	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	mittel					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Flächenkorrosion	gering					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Beurteilung der Güte von Deckschichten von feuerverzinkten Stählen nach DIN 50929-3						
M1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	-1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M4 Säurekapazität pH 4,3	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M5 c(Calcium)	3					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M6 pH-Wert	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WD Feuerverzinkte Stähle	-1,0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WL Feuerverzinkte Stähle	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	sehr gut					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

Für die Bewertung ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem der Werte erreicht wird.
Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel eines Bereiches (pH unt. Viertel), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Bewertung:
Das Grundwasser ist nach DIN 4030 in die folgende Expositionsklasse einzuordnen: XA1
XA1 = schwach angreifend, XA2 = stark angreifend, XA3 = sehr stark angreifend

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.11.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-56506-003/1

Prüfgegenstand: **Wasser**
Auftraggeber / KD-Nr.: **Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545**
Projektbezeichnung: **BV: Hindenburgdamm**
Probenahme am / durch: **29.10.2025 / Pohle, Markus**
Probeneingang am / durch: **30.10.2025 / UCL-Probenehmer**
Prüfzeitraum: **30.10.2025 - 12.11.2025**

Untersuchungen von Wasser gemäß DIN 4030-1:2008-06

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		GWM 222,650 MP03	Grenzwerte für die Expositionsklassen				Methode
		25-56506-003	nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	
Analyse der Originalprobe							
pH-Wert		7,6	-	*6,5 - 5,5*	*<5,5 - 4,5*	*<4,5*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;KI*
Chlorid	mg/l	85					*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfat	mg/l	110	-	*200 - 600*	*>600 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfid gelöst	mg/l	< 0,1					*DIN 38405-27 Anhang B: 2017-10;L*
Ammonium (NH4)	mg/l	0,07	-	*15 - 30*	*>30 - 60*	*>60*	*DIN EN ISO 11732: 2005-05;KI*
Calcium	mg/l	62,4					*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Magnesium	mg/l	8,1	-	*300 - 1000*	*>1000 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Gesamthärte	°dH	11					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
Carbonathärte	°dH	8,0					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Nichtcarbonathärte	°dH	3,0					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
kalklösende Kohlensäure	mg/l	**22**	-	*15 - 40*	*>40 - 100*	*>100*	*DIN EN 4030-2: 2008-06;KI*
alk. KMnO4-Verbrauch	mgKMnO4/l	4,6					*DIN 4030-2: 2008-06;L*
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	2,9					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030							
Expositionsklasse		XA1					*DIN 4030-2: 2008-06;KI*
Messwerte zur Bestimmung der Stahlaggressivität nach DIN 50929-3							
Wasserart		Küste Meer, Moor, Anaerob					*-;AG*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / **Probenbezeichnung** / Probe-Nr. / Einheit	**GWM 222,650 MP03** 25-56506-003	*Grenzwerte für die Expositionsklassen* nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	Methode
Lage des Objektes	Unterwasserbereich					*-;AG*
c(Chlorid) + 2x c(Sulfat) mol/m³	4,64					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Säurekapazität pH 4,3 mol/m³	2,9					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
c(Calcium) mol/m³	1,56					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
pH-Wert	7,6					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Objekt/Wasser-Potential V	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stählen nach DIN 50929-3						
N1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	-2					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N4 Säurekapazität pH 4,3	3					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N5 c(Calcium)	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N6 pH-Wert	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N7 Objekt/Wasser-Potential	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W0 Freie Korrosion im Unterwasserbereich	-3,7					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W1 Korrosion an der Wasser/ Luft-Grenze	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	gering					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Flächenkorrosion	sehr gering					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Beurteilung der Güte von Deckschichten von feuerverzinkten Stählen nach DIN 50929-3						
M1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M4 Säurekapazität pH 4,3	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M5 c(Calcium)	2					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M6 pH-Wert	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WD Feuerverzinkte Stähle	-1,0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WL Feuerverzinkte Stähle	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	sehr gut					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

Für die Bewertung ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem der Werte erreicht wird.
Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel eines Bereiches (pH unt. Viertel), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Bewertung:
Das Grundwasser ist nach DIN 4030 in die folgende Expositionsklasse einzuordnen: XA1
XA1 = schwach angreifend, XA2 = stark angreifend, XA3 = sehr stark angreifend

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.11.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-56506-004/1

Prüfgegenstand: **Wasser**
Auftraggeber / KD-Nr.: **Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545**
Projektbezeichnung: **BV: Hindenburgdamm**
Probenahme am / durch: **29.10.2025 / Pohle, Markus**
Probeneingang am / durch: **30.10.2025 / UCL-Probenehmer**
Prüfzeitraum: **30.10.2025 - 12.11.2025**

Untersuchungen von Wasser gemäß DIN 4030-1:2008-06

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		GWM 222,300 MP04	*Grenzwerte für die Expositionsklassen*				Methode
		25-56506-004	nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	
Analyse der Originalprobe							
pH-Wert		7,9	-	*6,5 - 5,5*	*<5,5 - 4,5*	*<4,5*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;KI*
Chlorid	mg/l	70					*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfat	mg/l	81	-	*200 - 600*	*>600 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfid gelöst	mg/l	< 0,1					*DIN 38405-27 Anhang B: 2017-10;L*
Ammonium (NH4)	mg/l	0,11	-	*15 - 30*	*>30 - 60*	*>60*	*DIN EN ISO 11732: 2005-05;KI*
Calcium	mg/l	63,9					*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Magnesium	mg/l	11,1	-	*300 - 1000*	*>1000 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Gesamthärte	°dH	12					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
Carbonathärte	°dH	11					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Nichtcarbonathärte	°dH	1,0					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
kalklösende Kohlensäure	mg/l	14	-	*15 - 40*	*>40 - 100*	*>100*	*DIN EN 4030-2: 2008-06;KI*
alk. KMnO4-Verbrauch	mgKMnO4/l	34					*DIN 4030-2: 2008-06;L*
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	4,1					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030							
Expositionsklasse		<XA1					*DIN 4030-2: 2008-06;KI*
Messwerte zur Bestimmung der Stahlaggressivität nach DIN 50929-3							
Wasserart		Küste Meer, Moor, Anaerob					*-;AG*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / **Probenbezeichnung** / Probe-Nr. / Einheit	**GWM 222,300 MP04** 25-56506-004	*Grenzwerte für die Expositionsklassen* nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	Methode
Lage des Objektes	Unterwasserbereich					*-;AG*
c(Chlorid) + 2x c(Sulfat) mol/m³	3,62					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Säurekapazität pH 4,3 mol/m³	4,1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
c(Calcium) mol/m³	1,59					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
pH-Wert	7,9					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Objekt/Wasser-Potential V	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stählen nach DIN 50929-3						
N1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	-2					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N4 Säurekapazität pH 4,3	4					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N5 c(Calcium)	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N6 pH-Wert	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N7 Objekt/Wasser-Potential	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W0 Freie Korrosion im Unterwasserbereich	-2,5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W1 Korrosion an der Wasser/ Luft-Grenze	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	gering					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Flächenkorrosion	sehr gering					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Beurteilung der Güte von Deckschichten von feuerverzinkten Stählen nach DIN 50929-3						
M1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M4 Säurekapazität pH 4,3	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M5 c(Calcium)	2					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M6 pH-Wert	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WD Feuerverzinkte Stähle	-2,0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WL Feuerverzinkte Stähle	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	gut					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

Für die Bewertung ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem der Werte erreicht wird.
Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel eines Bereiches (pH unt. Viertel), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe.

Probenkommentare
DIN 38405-27 Anhang B:2017-10
Der Zustand des Prüfgegenstandes war bei Anlieferung im Prüflabor nicht einwandfrei. Die Analysenergebnisse können dadurch beeinträchtigt sein. Probe nicht vollständig, blasenfrei gefüllt.

Bewertung:
Das Grundwasser ist nach DIN 4030 in die folgende Expositionsklasse einzuordnen: nicht angreifend
XA1 = schwach angreifend, XA2 = stark angreifend, XA3 = sehr stark angreifend

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.11.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-56506-005/1

Prüfgegenstand: **Wasser**
Auftraggeber / KD-Nr.: **Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545**
Projektbezeichnung: **BV: Hindenburgdamm**
Probenahme am / durch: **29.10.2025 / Pohle, Markus**
Probeneingang am / durch: **30.10.2025 / UCL-Probenehmer**
Prüfzeitraum: **30.10.2025 - 12.11.2025**

Untersuchungen von Wasser gemäß DIN 4030-1:2008-06

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		GWM 221,300 MP05 25-56506-005	Grenzwerte für die Expositionsklassen				Methode
			nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	
Analyse der Originalprobe							
pH-Wert		8,0	-	*6,5 - 5,5*	*<5,5 - 4,5*	*<4,5*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;KI*
Chlorid	mg/l	74					*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfat	mg/l	100	-	*200 - 600*	*>600 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfid gelöst	mg/l	< 0,1					*DIN 38405-27 Anhang B: 2017-10;L*
Ammonium (NH4)	mg/l	0,23	-	*15 - 30*	*>30 - 60*	*>60*	*DIN EN ISO 11732: 2005-05;KI*
Calcium	mg/l	61,9					*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Magnesium	mg/l	8,6	-	*300 - 1000*	*>1000 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Gesamthärte	°dH	11					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
Carbonathärte	°dH	10					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Nichtcarbonathärte	°dH	1,0					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
kalklösende Kohlensäure	mg/l	**20**	-	*15 - 40*	*>40 - 100*	*>100*	*DIN EN 4030-2: 2008-06;KI*
alk. KMnO4-Verbrauch	mgKMnO4/l	51					*DIN 4030-2: 2008-06;L*
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	3,7					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030							
Expositionsklasse		XA1					*DIN 4030-2: 2008-06;KI*
Messwerte zur Bestimmung der Stahlaggressivität nach DIN 50929-3							
Wasserart		Küste Meer, Moor, Anaerob					*-;AG*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / **Probenbezeichnung** / Probe-Nr. / Einheit	**GWM 221,300 MP05** 25-56506-005	*Grenzwerte für die Expositionsklassen* nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	Methode
Lage des Objektes	Unterwasserbereich					*-;AG*
c(Chlorid) + 2x c(Sulfat) mol/m³	4,13					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Säurekapazität pH 4,3 mol/m³	3,7					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
c(Calcium) mol/m³	1,54					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
pH-Wert	8,0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Objekt/Wasser-Potential V	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stählen nach DIN 50929-3						
N1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	-2					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N4 Säurekapazität pH 4,3	3					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N5 c(Calcium)	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N6 pH-Wert	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N7 Objekt/Wasser-Potential	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W0 Freie Korrosion im Unterwasserbereich	-3,7					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W1 Korrosion an der Wasser/ Luft-Grenze	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	gering					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Flächenkorrosion	sehr gering					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Beurteilung der Güte von Deckschichten von feuerverzinkten Stählen nach DIN 50929-3						
M1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M4 Säurekapazität pH 4,3	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M5 c(Calcium)	2					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M6 pH-Wert	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WD Feuerverzinkte Stähle	-1,0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WL Feuerverzinkte Stähle	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	sehr gut					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

Für die Bewertung ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem der Werte erreicht wird.
Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel eines Bereiches (pH unt. Viertel), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe.

Probenkommentare
DIN 38405-27 Anhang B:2017-10
Der Zustand des Prüfgegenstandes war bei Anlieferung im Prüflabor nicht einwandfrei. Die Analysenergebnisse können dadurch beeinträchtigt sein. Probe nicht vollständig, blasenfrei gefüllt.

Bewertung:
Das Grundwasser ist nach DIN 4030 in die folgende Expositionsklasse einzuordnen: XA1
XA1 = schwach angreifend, XA2 = stark angreifend, XA3 = sehr stark angreifend

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.11.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-56506-006/1

Prüfgegenstand: **Wasser**
Auftraggeber / KD-Nr.: **Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545**
Projektbezeichnung: **BV: Hindenburgdamm**
Probenahme am / durch: **29.10.2025 / Pohle, Markus**
Probeneingang am / durch: **30.10.2025 / UCL-Probenehmer**
Prüfzeitraum: **30.10.2025 - 12.11.2025**

Untersuchungen von Wasser gemäß DIN 4030-1:2008-06

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		GWM 218,950 MP06	Grenzwerte für die Expositionsklassen				Methode
		25-56506-006	nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	
Analyse der Originalprobe							
pH-Wert		7,5	-	*6,5 - 5,5*	*<5,5 - 4,5*	*<4,5*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;KI*
Chlorid	mg/l	96					*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfat	mg/l	120	-	*200 - 600*	*>600 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfid gelöst	mg/l	< 0,1					*DIN 38405-27 Anhang B: 2017-10;L*
Ammonium (NH4)	mg/l	0,20	-	*15 - 30*	*>30 - 60*	*>60*	*DIN EN ISO 11732: 2005-05;KI*
Calcium	mg/l	96,0					*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Magnesium	mg/l	17,8	-	*300 - 1000*	*>1000 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Gesamthärte	°dH	18					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
Carbonathärte	°dH	13					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Nichtcarbonathärte	°dH	5,0					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
kalklösende Kohlensäure	mg/l	**29**	-	*15 - 40*	*>40 - 100*	*>100*	*DIN EN 4030-2: 2008-06;KI*
alk. KMnO4-Verbrauch	mgKMnO4/l	49					*DIN 4030-2: 2008-06;L*
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	4,8					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030							
Expositionsklasse		XA1					*DIN 4030-2: 2008-06;KI*
Messwerte zur Bestimmung der Stahlaggressivität nach DIN 50929-3							
Wasserart		Küste Meer, Moor, Anaerob					*-;AG*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / **Probenbezeichnung** / Probe-Nr. / Einheit	**GWM 218,950 MP06** 25-56506-006	*Grenzwerte für die Expositionsklassen* nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	Methode
Lage des Objektes	Unterwasserbereich					*-;AG*
c(Chlorid) + 2x c(Sulfat) mol/m³	5,15					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Säurekapazität pH 4,3 mol/m³	4,8					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
c(Calcium) mol/m³	2,40					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
pH-Wert	7,5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Objekt/Wasser-Potential V	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stählen nach DIN 50929-3						
N1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	-4					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N4 Säurekapazität pH 4,3	4					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N5 c(Calcium)	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N6 pH-Wert	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N7 Objekt/Wasser-Potential	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W0 Freie Korrosion im Unterwasserbereich	-4,0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W1 Korrosion an der Wasser/ Luft-Grenze	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	gering					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Flächenkorrosion	sehr gering					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Beurteilung der Güte von Deckschichten von feuerverzinkten Stählen nach DIN 50929-3						
M1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	-1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M4 Säurekapazität pH 4,3	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M5 c(Calcium)	3					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M6 pH-Wert	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WD Feuerverzinkte Stähle	-2,0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WL Feuerverzinkte Stähle	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	gut					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

Für die Bewertung ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem der Werte erreicht wird.
Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel eines Bereiches (pH unt. Viertel), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe.

Probenkommentare
DIN 38405-27 Anhang B:2017-10
Der Zustand des Prüfgegenstandes war bei Anlieferung im Prüflabor nicht einwandfrei. Die Analysenergebnisse können dadurch beeinträchtigt sein. Probe nicht vollständig, blasenfrei gefüllt.

Bewertung:
Das Grundwasser ist nach DIN 4030 in die folgende Expositionsklasse einzuordnen: XA1
XA1 = schwach angreifend, XA2 = stark angreifend, XA3 = sehr stark angreifend

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.11.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-56506-007/1

Prüfgegenstand: **Wasser**
Auftraggeber / KD-Nr.: **Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545**
Projektbezeichnung: **BV: Hindenburgdamm**
Probenahme am / durch: **29.10.2025 / Pohle, Markus**
Probeneingang am / durch: **30.10.2025 / UCL-Probenehmer**
Prüfzeitraum: **30.10.2025 - 12.11.2025**

Untersuchungen von Wasser gemäß DIN 4030-1:2008-06

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		GWM 217,920 MP07 25-56506-007	Grenzwerte für die Expositionsklassen				Methode
			nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	
Analyse der Originalprobe							
pH-Wert		7,5	-	*6,5 - 5,5*	*<5,5 - 4,5*	*<4,5*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;KI*
Chlorid	mg/l	31					*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfat	mg/l	17	-	*200 - 600*	*>600 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfid gelöst	mg/l	< 0,1					*DIN 38405-27 Anhang B: 2017-10;L*
Ammonium (NH4)	mg/l	0,46	-	*15 - 30*	*>30 - 60*	*>60*	*DIN EN ISO 11732: 2005-05;KI*
Calcium	mg/l	74,9					*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Magnesium	mg/l	14,2	-	*300 - 1000*	*>1000 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Gesamthärte	°dH	14					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
Carbonathärte	°dH	15					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Nichtcarbonathärte	°dH	< 0,1					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
kalklösende Kohlensäure	mg/l	< 2,5	-	*15 - 40*	*>40 - 100*	*>100*	*DIN EN 4030-2: 2008-06;KI*
alk. KMnO4-Verbrauch	mgKMnO4/l	34					*DIN 4030-2: 2008-06;L*
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	5,3					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030							
Expositionsklasse		<XA1					*DIN 4030-2: 2008-06;KI*
Messwerte zur Bestimmung der Stahlaggressivität nach DIN 50929-3							
Wasserart		Küste Meer, Moor, Anaerob					*-;AG*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / **Probenbezeichnung** / Probe-Nr. / Einheit	**GWM 217,920 MP07** 25-56506-007	*Grenzwerte für die Expositionsklassen* nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	Methode
Lage des Objektes	Unterwasserbereich					*-;AG*
c(Chlorid) + 2x c(Sulfat) mol/m³	1,22					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Säurekapazität pH 4,3 mol/m³	5,3					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
c(Calcium) mol/m³	1,87					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
pH-Wert	7,5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Objekt/Wasser-Potential V	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stählen nach DIN 50929-3						
N1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	-2					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N4 Säurekapazität pH 4,3	4					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N5 c(Calcium)	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N6 pH-Wert	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N7 Objekt/Wasser-Potential	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W0 Freie Korrosion im Unterwasserbereich	-3,5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W1 Korrosion an der Wasser/ Luft-Grenze	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	gering					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Flächenkorrosion	sehr gering					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Beurteilung der Güte von Deckschichten von feuerverzinkten Stählen nach DIN 50929-3						
M1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M4 Säurekapazität pH 4,3	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M5 c(Calcium)	2					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M6 pH-Wert	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WD Feuerverzinkte Stähle	-2,0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WL Feuerverzinkte Stähle	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	gut					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

Für die Bewertung ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem der Werte erreicht wird.
Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel eines Bereiches (pH unt. Viertel), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Bewertung:
Das Grundwasser ist nach DIN 4030 in die folgende Expositionsklasse einzuordnen: nicht angreifend
XA1 = schwach angreifend, XA2 = stark angreifend, XA3 = sehr stark angreifend

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.11.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-56506-008/1

Prüfgegenstand: **Wasser**
Auftraggeber / KD-Nr.: **Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545**
Projektbezeichnung: **BV: Hindenburgdamm**
Probenahme am / durch: **29.10.2025 / Pohle, Markus**
Probeneingang am / durch: **30.10.2025 / UCL-Probenehmer**
Prüfzeitraum: **30.10.2025 - 12.11.2025**

Untersuchungen von Wasser gemäß DIN 4030-1:2008-06

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		GWM 217,300 MP08	Grenzwerte für die Expositionsklassen				Methode
		25-56506-008	nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	
Analyse der Originalprobe							
pH-Wert		7,8	-	*6,5 - 5,5*	*<5,5 - 4,5*	*<4,5*	*DIN EN ISO 10523: 2012-04;KI*
Chlorid	mg/l	53					*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfat	mg/l	79	-	*200 - 600*	*>600 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI*
Sulfid gelöst	mg/l	< 0,1					*DIN 38405-27 Anhang B: 2017-10;L*
Ammonium (NH4)	mg/l	0,14	-	*15 - 30*	*>30 - 60*	*>60*	*DIN EN ISO 11732: 2005-05;KI*
Calcium	mg/l	87,1					*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Magnesium	mg/l	9,1	-	*300 - 1000*	*>1000 - 3000*	*>3000*	*DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI*
Gesamthärte	°dH	14					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
Carbonathärte	°dH	14					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Nichtcarbonathärte	°dH	< 0,1					*DIN 38409-6: 1986-01;KI*
kalklösende Kohlensäure	mg/l	5,5	-	*15 - 40*	*>40 - 100*	*>100*	*DIN EN 4030-2: 2008-06;KI*
alk. KMnO4-Verbrauch	mgKMnO4/l	14					*DIN 4030-2: 2008-06;L*
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	5,0					*DIN 38409-7: 2005-12;KI*
Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030							
Expositionsklasse		<XA1					*DIN 4030-2: 2008-06;KI*
Messwerte zur Bestimmung der Stahlaggressivität nach DIN 50929-3							
Wasserart		Küste Meer, Moor, Anaerob					*-;AG*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit	**GWM 217,300 MP08** 25-56506-008	*Grenzwerte für die Expositionsklassen* nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	Methode
Lage des Objektes	Unterwasserbereich					*-;AG*
c(Chlorid) + 2x c(Sulfat) mol/m³	3,11					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Säurekapazität pH 4,3 mol/m³	5,0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
c(Calcium) mol/m³	2,17					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
pH-Wert	7,8					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Objekt/Wasser-Potential V	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stählen nach DIN 50929-3						
N1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	-2					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N4 Säurekapazität pH 4,3	4					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N5 c(Calcium)	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N6 pH-Wert	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
N7 Objekt/Wasser-Potential	n.a.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W0 Freie Korrosion im Unterwasserbereich	-1,5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
W1 Korrosion an der Wasser/ Luft-Grenze	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	sehr gering					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Flächenkorrosion	sehr gering					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Bewertungszahlen und Beurteilung der Güte von Deckschichten von feuerverzinkten Stählen nach DIN 50929-3						
M1 Wasserart	-5					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M2 Lage des Objektes	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M3 c(Chlorid) + 2x c(Sulfat)	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M4 Säurekapazität pH 4,3	0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M5 c(Calcium)	3					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
M6 pH-Wert	1					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WD Feuerverzinkte Stähle	-1,0					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
WL Feuerverzinkte Stähle	n.b.					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*
Mulden-/Lochkorrosion	sehr gut					*DIN 50929-3: 2018-03;KI*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

Für die Bewertung ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem der Werte erreicht wird.
Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel eines Bereiches (pH unt. Viertel), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe.

Probenkommentare
DIN 38405-27 Anhang B:2017-10
Der Zustand des Prüfgegenstandes war bei Anlieferung im Prüflabor nicht einwandfrei. Die Analysenergebnisse können dadurch beeinträchtigt sein. Probe nicht vollständig, blasenfrei gefüllt.

Bewertung:
Das Grundwasser ist nach DIN 4030 in die folgende Expositionsklasse einzuordnen: nicht angreifend
XA1 = schwach angreifend, XA2 = stark angreifend, XA3 = sehr stark angreifend

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

12.11.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

Anhänge
PN 25-56506

Anlage 5.2

UCL Umwelt Control Labor GmbH

Probenahmeprotokoll für Grundwasser nach DIN 38402-13: 1985-12

DPNS-25-565060

Auftraggeber: KuP Geotechnik	**Probenummer:** 25-565060-001
Auftragsbetreff: BV: Hindenburgdamm	Probenstelle: GWM 225,690
	Probenbezeichnung: GWM01

Allgemeine Angaben

Datum: 29.10.2025	Uhrzeit: 10:15
Wetter: ☐ trocken (1) ☐ Frost (2) ☒ Regen (3) ☐ Gewitter (4) ☐ Schneeschmelze (5) ☐ Schneefall (6) ☐ Regennachlauf (7)	Lufttemperatur [°C]: 11,0

Angaben zum Probenahmegerät

Probenahmegerät: ☐ Schöpfkelle ☐ Unterwasserpumpe ☐ Saugpumpe ☒ Andere:	Interne Bezeichnung: mech. Fußventilpumpe

Angaben zur Messstelle

Art: GWM	Rohr-, Schacht-Durchmesser: DN 35
Messstellentiefe POK [m]: 3,62	Ruhewasserstand POK [m]: 2,29
Entnahmetiefe POK [m]: –	Förderwasserstand POK [m]: –
Filterstrecke von/bis POK [m]: –	Förderrate [l/min]: –
Förderdauer [min]: 10	geförderte Menge [l]: –

Verlaufsprotokoll

Zeit	Leitfähigkeit 25°C [µS/cm]	pH-Wert [ ]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	Redoxspannung U_H [mV]	Wassertemperatur [°C]	Wasserstand währ. PN POK [m]
10:25	224	6,80	6,10	+319	11,8	–
Protokollwert						

Vor-Ort-Messungen

Verlaufswerte konstant: –	Säurekapazität pH4,3[mmol/l]: –
Farbe: Intensität / Ton: stark grau braun	Trübung: stark
Geruch: Intensität / Art: ohne	Schaumbildung: nein
Schwimmstoffe: ohne	Bodensatz: Menge / Intens. / Farbe: viel Sand grau
Freies Chlor [mg/l]: –	Chlor gesamt [mg/l]: –
Trübung [NTU]: –	Sulfid [mg/l]: –

Angaben zu den Probenflaschen — Probenkürzel auf Flasche:

Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl
UCL100 / 1l PE	1	UCL106 / 250ml PE		UCL111 /250ml PE		UCL205 / 250 ml BG	
UCL101 / 250ml PE		UCL107 /250ml PE		UCL112 / 1l PE		UCL207 / 100 ml WG	
UCL102 / 250ml PE	3	UCL108 /250ml PE		UCL200 / 1l BG		UCL208 / 1l BG	
UCL103 / 250ml PE		UCL109 /100ml PE		UCL201 / 1l BG		UCL209 / 500ml GG	
UCL103f /250ml PE		UCL109f /100ml PE		UCL202 / 250 ml BG		UCL300 /Headspace	
UCL104 /250ml PE		UCL110 /100ml PE		UCL203 / 250 ml BG		UCL401 /250ml steril	
UCL105f / 250ml PE		UCL110f /100ml PE		UCL204 / 250 ml BG		UCL402 /125ml steril	
Gesamtzahl Probenbehälter:	4						

Bemerkungen:

Stark sandig schwarzer Nachfluss

Probenehmer: Pohle (Name in Blockschrift, Unterschrift)	**Probenannahme:** 30.10.2025 (Datum, Unterschrift) Bock

Anlage 5.2

UCL Umwelt Control Labor GmbH

Probenahmeprotokoll für Grundwasser nach DIN 38402-13: 1985-12

Auftraggeber: KuP Geotechnik	**Probenummer:** 25-56506-002
Auftragsbetreff: BV: Hindenburgdamm	Probenstelle: GWM 224,000
	Probenbezeichnung: HPOL

Allgemeine Angaben

Datum: 29.10.2025	Uhrzeit: 10:40
Wetter: ☐ trocken (1) ☐ Frost (2) ☑ Regen (3) ☐ Gewitter (4) ☐ Schneeschmelze (5) ☐ Schneefall (6) ☐ Regennachlauf (7)	Lufttemperatur [°C]: 11,0

Angaben zum Probenahmegerät

Probenahmegerät: ☐ Schöpfkelle ☐ Unterwasserpumpe ☐ Saugpumpe ☒ Andere:	Interne Bezeichnung: mech. Fußventilpumpe

Angaben zur Messstelle

Art: GWM	Rohr-, Schacht-Durchmesser: DN 35
Messstellentiefe POK [m]: 3,94	Ruhewasserstand POK [m]: 2,28
Entnahmetiefe POK [m]: –	Förderwasserstand POK [m]: –
Filterstrecke von/bis POK [m]: –	Förderrate [l/min]: –
Förderdauer [min]: 10	geförderte Menge [l]: –

Verlaufsprotokoll

Zeit	Leitfähigkeit 25°C [µS/cm]	pH-Wert [ ]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	Redoxspannung U_H [mV]	Wassertemperatur [°C]	Wasserstand währ. PN POK [m]
10:50	1243	7,07	6,01	+ 330	12,3	–
Protokollwert						

Vor-Ort-Messungen

Verlaufswerte konstant: –	Säurekapazität pH4,3[mmol/l]: –
Farbe: Intensität / Ton: stark grau braun	Trübung: stark
Geruch: Intensität / Art: ohne	Schaumbildung: nein
Schwimmstoffe: ohne	Bodensatz: Menge / Intens. / Farbe: braun mittel
Freies Chlor [mg/l]: –	Chlor gesamt [mg/l]: –
Trübung [NTU]: –	Sulfid [mg/l]: –

Angaben zu den Probenflaschen **Probenkürzel auf Flasche:**

Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl
UCL100 / 1l PE	1	UCL106 / 250ml PE		UCL111 /250ml PE		UCL205 / 250 ml BG	
UCL101 / 250ml PE		UCL107 /250ml PE		UCL112 / 1l PE		UCL207 / 100 ml WG	
UCL102 / 250ml PE	3	UCL108 /250ml PE		UCL200 / 1l BG		UCL208 / 1l BG	
UCL103 / 250ml PE		UCL109 /100ml PE		UCL201 / 1l BG		UCL209 / 500ml GG	
UCL103f /250ml PE		UCL109f /100ml PE		UCL202 / 250 ml BG		UCL300 /Headspace	
UCL104 /250ml PE		UCL110 /100ml PE		UCL203 / 250 ml BG		UCL401 /250ml steril	
UCL105f / 250ml PE		UCL110f /100ml PE		UCL204 / 250 ml BG		UCL402 /125ml steril	
Gesamtzahl Probenbehälter:	4						

Bemerkungen:

Saulig schwacher Kohlenwas

Probenehmer: Pohle
Name in Blockschrift, Unterschrift

Probenannahme:
30.10.2025 Datum, Unterschrift Bol

Anlage 5.2

UCL Umwelt Control Labor GmbH

Probenahmeprotokoll für Grundwasser nach DIN 38402-13: 1985-12

Auftraggeber:	KuP Geotechnik	**Probenummer:**	25-56506-003
Auftragsbetreff:	BV: Hindenburgdamm	Probenstelle:	GWM 222,950
		Probenbezeichnung:	MP03

Allgemeine Angaben

Datum:	29.10.2025	Uhrzeit:	11:15
Wetter:	☐ trocken (1) ☐ Frost (2) ☒ Regen (3) ☐ Gewitter (4) ☐ Schneeschmelze (5) ☐ Schneefall (6) ☐ Regennachlauf (7)	Lufttemperatur [°C]:	11,0

Angaben zum Probenahmegerät

Probenahmegerät:	☐ Schöpfkelle ☐ Unterwasserpumpe ☐ Saugpumpe ☒ Andere:	Interne Bezeichnung:	mob. Fußventilpumpe

Angaben zur Messstelle

Art: GWM		Rohr-, Schacht-Durchmesser: DN 35	
Messstellentiefe POK [m]:	3,96	Ruhewasserstand POK [m]:	2,94
Entnahmetiefe POK [m]:	–	Förderwasserstand POK [m]:	–
Filterstrecke von/bis POK [m]:	–	Förderrate [l/min]:	–
Förderdauer [min]:	10	geförderte Menge [l]:	–

Verlaufsprotokoll

Zeit	Leitfähigkeit 25°C [µS/cm]	pH-Wert [ ]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	Redoxspannung U_H [mV]	Wassertemperatur [°C]	Wasserstand währ. PN POK [m]
11:15	792	7,41	6,44	+367	12,2	–
Protokollwert						

Vor-Ort-Messungen

Verlaufswerte konstant:	–	Säurekapazität pH4,3[mmol/l]:	–
Farbe: Intensität / Ton:	stark braun	Trübung:	stark
Geruch: Intensität / Art:	ohne	Schaumbildung:	nein
Schwimmstoffe:	–	Bodensatz: Menge / Intens. / Farbe:	wenig grau braun
Freies Chlor [mg/l]:	–	Chlor gesamt [mg/l]:	–
Trübung [NTU]:	–	Sulfid [mg/l]:	–

Angaben zu den Probenflaschen — Probenkürzel auf Flasche:

Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl
UCL100 / 1l PE	1	UCL106 / 250ml PE		UCL111 /250ml PE		UCL205 / 250 ml BG	
UCL101 / 250ml PE		UCL107 /250ml PE		UCL112 / 1l PE		UCL207 / 100 ml WG	
UCL102 / 250ml PE	2	UCL108 /250ml PE		UCL200 / 1l BG		UCL208 / 1l BG	
UCL103 / 250ml PE		UCL109 /100ml PE		UCL201 / 1l BG		UCL209 / 500ml GG	
UCL103f /250ml PE		UCL109f /100ml PE		UCL202 / 250 ml BG		UCL300 /Headspace	
UCL104 /250ml PE		UCL110 /100ml PE		UCL203 / 250 ml BG		UCL401 /250ml steril	
UCL105f / 250ml PE		UCL110f /100ml PE		UCL204 / 250 ml BG		UCL402 /125ml steril	
Gesamtzahl Probenbehälter:		3					

Bemerkungen:

Sandig schwacher Kohlenw.

Probenehmer: Pohle Name in Blockschrift, Unterschrift	**Probenannahme:** 30.10.2025 Datum, Unterschrift

Anlage 5.2

UCL Umwelt Control Labor GmbH

Probenahmeprotokoll für Grundwasser nach DIN 38402-13: 1985-12

Auftraggeber: KuP Geotechnik	**Probenummer:** 25-56506-004
Auftragsbetreff: BV: Hindenburgdamm	Probenstelle: GWM 222,300
	Probenbezeichnung: MP04

Allgemeine Angaben

Datum: 29.10.2025	Uhrzeit: 11:40
Wetter: ☐ trocken (1) ☐ Frost (2) ☒ Regen (3) ☐ Gewitter (4) ☐ Schneeschmelze (5) ☐ Schneefall (6) ☐ Regennachlauf (7)	Lufttemperatur [°C]: 11,0

Angaben zum Probenahmegerät

Probenahmegerät: ☐ Schöpfkelle ☐ Unterwasserpumpe ☐ Saugpumpe ☒ Andere:	Interne Bezeichnung: mech. Fußventilpumpe

Angaben zur Messstelle

Art: GWM	Rohr-, Schacht-Durchmesser: DN 35
Messstellentiefe POK [m]: 3,96	Ruhewasserstand POK [m]: 3,22
Entnahmetiefe POK [m]: –	Förderwasserstand POK [m]: –
Filterstrecke von/bis POK [m]: –	Förderrate [l/min]: –
Förderdauer [min]: 10	geförderte Menge [l]: –

Verlaufsprotokoll

Zeit	Leitfähigkeit 25°C [µS/cm]	pH-Wert [ ]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	Redoxspannung U_H [mV]	Wassertemperatur [°C]	Wasserstand währ. PN POK [m]
11:50	601	7,51	7,81	+434	12,3	–
Protokollwert						

Vor-Ort-Messungen

Verlaufswerte konstant: –	Säurekapazität pH4,3[mmol/l]: –
Farbe: Intensität / Ton: stark grau braun	Trübung: stark
Geruch: Intensität / Art: ohne	Schaumbildung: nein
Schwimmstoffe: –	Bodensatz: Menge / Intens. / Farbe: viel grau
Freies Chlor [mg/l]: –	Chlor gesamt [mg/l]: –
Trübung [NTU]: –	Sulfid [mg/l]: –

Angaben zu den Probenflaschen **Probenkürzel auf Flasche:**

Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl
UCL100 / 1l PE	1	UCL106 / 250ml PE		UCL111 /250ml PE		UCL205 / 250 ml BG	
UCL101 / 250ml PE		UCL107 /250ml PE		UCL112 / 1l PE		UCL207 / 100 ml WG	
UCL102 / 250ml PE		UCL108 /250ml PE		UCL200 / 1l BG		UCL208 / 1l BG	
UCL103 / 250ml PE		UCL109 /100ml PE		UCL201 / 1l BG		UCL209 / 500ml GG	
UCL103f /250ml PE		UCL109f /100ml PE		UCL202 / 250 ml BG		UCL300 /Headspace	
UCL104 /250ml PE		UCL110 /100ml PE		UCL203 / 250 ml BG		UCL401 /250ml steril	
UCL105f / 250ml PE		UCL110f /100ml PE		UCL204 / 250 ml BG		UCL402 /125ml steril	
Gesamtzahl Probenbehälter:	1						

Bemerkungen:

wenig Wasser

Probenehmer: Pohle (Name in Blockschrift, Unterschrift)

Probenannahme: 30.10.2025 (Datum, Unterschrift) Bock

Anlage 5.2

UCL Umwelt Control Labor GmbH

Probenahmeprotokoll für Grundwasser nach DIN 38402-13: 1985-12

Auftraggeber:	KuP Geotechnik	**Probenummer:**	25 - 56506 - 005
Auftragsbetreff:	BV: Hindenburgdamm	Probenstelle:	GWM 221,300
		Probenbezeichnung:	MP05

Allgemeine Angaben

Datum:	29.10.2025	Uhrzeit:	12:05
Wetter:	☐ trocken (1) ☐ Frost (2) ☒ Regen (3) ☐ Gewitter (4) ☐ Schneeschmelze (5) ☐ Schneefall (6) ☐ Regennachlauf (7)	Lufttemperatur [°C]:	11,0

Angaben zum Probenahmegerät

Probenahmegerät:	☐ Schöpfkelle ☐ Unterwasserpumpe ☐ Saugpumpe ☒ Andere:	Interne Bezeichnung:	mech. Fußventilpumpe

Angaben zur Messstelle

Art: GWM		Rohr-, Schacht-Durchmesser: DN 35	
Messstellentiefe POK [m]:	4,0	Ruhewasserstand POK [m]:	3,4+
Entnahmetiefe POK [m]:	–	Förderwasserstand POK [m]:	–
Filterstrecke von/bis POK [m]:	–	Förderrate [l/min]:	–
Förderdauer [min]:	10	geförderte Menge [l]:	–

Verlaufsprotokoll

Zeit	Leitfähigkeit 25°C [µS/cm]	pH-Wert [ ]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	Redoxspannung U_H [mV]	Wassertemperatur [°C]	Wasserstand währ. PN POK [m]
12:15	714	7,17	3,52	+340	12,1	–
Protokollwert						

Vor-Ort-Messungen

Verlaufswerte konstant:	–	Säurekapazität pH4,3[mmol/l]:	–
Farbe: Intensität / Ton:	stark, grau braun	Trübung:	stark
Geruch: Intensität / Art:	ohne	Schaumbildung:	nein
Schwimmstoffe:	4	Bodensatz: Menge / Intens. / Farbe:	viel grau braun
Freies Chlor [mg/l]:	–	Chlor gesamt [mg/l]:	–
Trübung [NTU]:	–	Sulfid [mg/l]:	–

Angaben zu den Probenflaschen — Probenkürzel auf Flasche:

Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl
UCL100 / 1l PE	1	UCL106 / 250ml PE		UCL111 /250ml PE		UCL205 / 250 ml BG	
UCL101 / 250ml PE		UCL107 /250ml PE		UCL112 / 1l PE		UCL207 / 100 ml WG	
UCL102 / 250ml PE		UCL108 /250ml PE		UCL200 / 1l BG		UCL208 / 1l BG	
UCL103 / 250ml PE		UCL109 /100ml PE		UCL201 / 1l BG		UCL209 / 500ml GG	
UCL103f /250ml PE		UCL109f /100ml PE		UCL202 / 250 ml BG		UCL300 /Headspace	
UCL104 /250ml PE		UCL110 /100ml PE		UCL203 / 250 ml BG		UCL401 /250ml steril	
UCL105f / 250ml PE		UCL110f /100ml PE		UCL204 / 250 ml BG		UCL402 /125ml steril	
Gesamtzahl Probenbehälter:	1						

Bemerkungen:

sehr wenig Wasser.

Probenehmer: Pohle Name in Blockschrift, Unterschrift	**Probenannahme:** 30.10.2025 Datum, Unterschrift Bork

UCL Umwelt Control Labor GmbH

Probenahmeprotokoll für Grundwasser nach DIN 38402-13: 1985-12

Auftraggeber:	KuP Geotechnik	**Probenummer:**	25-56506-006
Auftragsbetreff:	BV: Hindenburgdamm	Probenstelle:	GWM 218,950
		Probenbezeichnung:	MP06

Allgemeine Angaben

Datum:	29.10.2025	Uhrzeit:	12:30
Wetter:	☐ trocken (1) ☐ Frost (2) ☑ Regen (3) ☐ Gewitter (4) ☐ Schneeschmelze (5) ☐ Schneefall (6) ☐ Regennachlauf (7)	Lufttemperatur [°C]:	11,2

Angaben zum Probenahmegerät

Probenahmegerät:	☐ Schöpfkelle ☐ Unterwasserpumpe ☐ Saugpumpe ☑ Andere:	Interne Bezeichnung:	mech. Fußventil Pumpe

Angaben zur Messstelle

Art: GWM		Rohr-, Schacht-Durchmesser: DN 35	
Messstellentiefe POK [m]:	3,01	Ruhewasserstand POK [m]:	1,85
Entnahmetiefe POK [m]:	–	Förderwasserstand POK [m]:	–
Filterstrecke von/bis POK [m]:	–	Förderrate [l/min]:	–
Förderdauer [min]:	10	geförderte Menge [l]:	–

Verlaufsprotokoll

Zeit	Leitfähigkeit 25°C [µS/cm]	pH-Wert [ ]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	Redoxspannung U_H [mV]	Wassertemperatur [°C]	Wasserstand währ. PN POK [m]
12:40	952	7,17	2,14	+307	12,2	–
Protokollwert						

Vor-Ort-Messungen

Verlaufswerte konstant:	–	Säurekapazität pH4,3[mmol/l]:	–
Farbe: Intensität / Ton:	stark braun/grau	Trübung:	stark
Geruch: Intensität / Art:	ohne	Schaumbildung:	kein
Schwimmstoffe:	–	Bodensatz: Menge / Intens. / Farbe:	viel grau
Freies Chlor [mg/l]:	–	Chlor gesamt [mg/l]:	–
Trübung [NTU]:	–	Sulfid [mg/l]:	–

Angaben zu den Probenflaschen — Probenkürzel auf Flasche:

Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl
UCL100 / 1l PE	1	UCL106 / 250ml PE		UCL111 /250ml PE		UCL205 / 250 ml BG	
UCL101 / 250ml PE		UCL107 /250ml PE		UCL112 / 1l PE		UCL207 / 100 ml WG	
UCL102 / 250ml PE		UCL108 /250ml PE		UCL200 / 1l BG		UCL208 / 1l BG	
UCL103 / 250ml PE		UCL109 /100ml PE		UCL201 / 1l BG		UCL209 / 500ml GG	
UCL103f /250ml PE		UCL109f /100ml PE		UCL202 / 250 ml BG		UCL300 /Headspace	
UCL104 /250ml PE		UCL110 /100ml PE		UCL203 / 250 ml BG		UCL401 /250ml steril	
UCL105f / 250ml PE		UCL110f /100ml PE		UCL204 / 250 ml BG		UCL402 /125ml steril	
Gesamtzahl Probenbehälter:	1						

Bemerkungen:

wenig Wasser

Probenehmer: Pohle (Name in Blockschrift, Unterschrift)	**Probenannahme:** 30.10.2025 (Datum, Unterschrift)

Anlage 5.2

UCL Umwelt Control Labor GmbH

Probenahmeprotokoll für Grundwasser nach DIN 38402-13: 1985-12

Auftraggeber: KuP Geotechnik	**Probenummer:** 25-56506-007
Auftragsbetreff: BV: Hindenburgdamm	Probenstelle: GWM 217,920
	Probenbezeichnung: MP07

Allgemeine Angaben

Datum: 29.10.2025	Uhrzeit: 12:55
Wetter: ☐ trocken (1) ☐ Frost (2) ☒ Regen (3) ☐ Gewitter (4) ☐ Schneeschmelze (5) ☐ Schneefall (6) ☐ Regennachlauf (7)	Lufttemperatur [°C]: 11,0

Angaben zum Probenahmegerät

Probenahmegerät: ☐ Schöpfkelle ☐ Unterwasserpumpe ☐ Saugpumpe ☒ Andere:	Interne Bezeichnung: mech. Exzenterschneckenpumpe

Angaben zur Messstelle

Art: GWM	Rohr-, Schacht-Durchmesser: DN 35
Messstellentiefe POK [m]: 2,80	Ruhewasserstand POK [m]: 1,74
Entnahmetiefe POK [m]: –	Förderwasserstand POK [m]: –
Filterstrecke von/bis POK [m]: –	Förderrate [l/min]: –
Förderdauer [min]: 10	geförderte Menge [l]: –

Verlaufsprotokoll

Zeit	Leitfähigkeit 25°C [µS/cm]	pH-Wert [ ]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	Redoxspannung U_H [mV]	Wassertemperatur [°C]	Wasserstand währ. PN POK [m]
13:05	633	7,33	5,15	+382	12,2	–
Protokollwert						

Vor-Ort-Messungen

Verlaufswerte konstant: –	Säurekapazität pH4,3[mmol/l]: –
Farbe: Intensität / Ton: stark braun/grau	Trübung: stark
Geruch: Intensität / Art: ohne	Schaumbildung: nein
Schwimmstoffe: –	Bodensatz: Menge / Intens. / Farbe: viel grau
Freies Chlor [mg/l]: –	Chlor gesamt [mg/l]: –
Trübung [NTU]: –	Sulfid [mg/l]: –

Angaben zu den Probenflaschen — Probenkürzel auf Flasche:

Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl
UCL100 / 1l PE	1	UCL106 / 250ml PE		UCL111 /250ml PE		UCL205 / 250 ml BG	
UCL101 / 250ml PE		UCL107 /250ml PE		UCL112 / 1l PE		UCL207 / 100 ml WG	
UCL102 / 250ml PE	3	UCL108 /250ml PE		UCL200 / 1l BG		UCL208 / 1l BG	
UCL103 / 250ml PE		UCL109 /100ml PE		UCL201 / 1l BG		UCL209 / 500ml GG	
UCL103f /250ml PE		UCL109f /100ml PE		UCL202 / 250 ml BG		UCL300 /Headspace	
UCL104 /250ml PE		UCL110 /100ml PE		UCL203 / 250 ml BG		UCL401 /250ml steril	
UCL105f / 250ml PE		UCL110f /100ml PE		UCL204 / 250 ml BG		UCL402 /125ml steril	
Gesamtzahl Probenbehälter:	4						

Bemerkungen:

Rohr defekt (wurde umgelabe). Fremdvorschlabet

Probenehmer: Pohle Name in Blockschrift, Unterschrift	**Probenannahme:** 30.10.2025 Datum, Unterschrift Bock

UCL Umwelt Control Labor GmbH

Probenahmeprotokoll für Grundwasser nach DIN 38402-13: 1985-12

Auftraggeber: KuP Geotechnik	**Probenummer:** 25-56506-008
Auftragsbetreff: BV: Hindenburgdamm	Probenstelle: GWM 217,300
	Probenbezeichnung: MP08

Allgemeine Angaben

Datum: 29.10.2025	Uhrzeit: 13:20
Wetter: ☐ trocken (1) ☐ Frost (2) ☒ Regen (3) ☐ Gewitter (4) ☐ Schneeschmelze (5) ☐ Schneefall (6) ☐ Regennachlauf (7)	Lufttemperatur [°C]: 11.0

Angaben zum Probenahmegerät

Probenahmegerät: ☐ Schöpfkelle ☐ Unterwasserpumpe ☐ Saugpumpe ☒ Andere:	Interne Bezeichnung: mobile Fußventilpumpe

Angaben zur Messstelle

Art: GWM	Rohr-, Schacht-Durchmesser: DN 35
Messstellentiefe POK [m]: 6,85	Ruhewasserstand POK [m]: 5,43
Entnahmetiefe POK [m]: ca 6,0	Förderwasserstand POK [m]: –
Filterstrecke von/bis POK [m]: –	Förderrate [l/min]: –
Förderdauer [min]: 10	geförderte Menge [l]: –

Verlaufsprotokoll

Zeit	Leitfähigkeit 25°C [µS/cm]	pH-Wert [ ]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	Redoxspannung U_H [mV]	Wassertemperatur [°C]	Wasserstand währ. PN POK [m]
13:30	698	7,41	6,77	+430	12,1	–
Protokollwert						

Vor-Ort-Messungen

Verlaufswerte konstant: –	Säurekapazität pH4,3[mmol/l]: –
Farbe: Intensität / Ton: mittel grau	Trübung: stark
Geruch: Intensität / Art: ohne	Schaumbildung: nein
Schwimmstoffe: –	Bodensatz: Menge / Intens. / Farbe: viel grau
Freies Chlor [mg/l]: –	Chlor gesamt [mg/l]: –
Trübung [NTU]: –	Sulfid [mg/l]: –

Angaben zu den Probenflaschen — Probenkürzel auf Flasche:

Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl	Typ	Anzahl
UCL100 / 1l PE	1	UCL106 / 250ml PE		UCL111 /250ml PE		UCL205 / 250 ml BG	
UCL101 / 250ml PE		UCL107 /250ml PE		UCL112 / 1l PE		UCL207 / 100 ml WG	
UCL102 / 250ml PE		UCL108 /250ml PE		UCL200 / 1l BG		UCL208 / 1l BG	
UCL103 / 250ml PE		UCL109 /100ml PE		UCL201 / 1l BG		UCL209 / 500ml GG	
UCL103f /250ml PE		UCL109f /100ml PE		UCL202 / 250 ml BG		UCL300 /Headspace	
UCL104 /250ml PE		UCL110 /100ml PE		UCL203 / 250 ml BG		UCL401 /250ml steril	
UCL105f / 250ml PE		UCL110f /100ml PE		UCL204 / 250 ml BG		UCL402 /125ml steril	
Gesamtzahl Probenbehälter:	1						

Bemerkungen:

kleine Wasserstr

Probenehmer: Pohle
Name in Blockschrift, Unterschrift

Probenannahme:
30.10.2025 Datum, Unterschrift Bock

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-59132/1

Prüfgegenstand: 7 x Asphalt
Auftraggeber / KD-Nr.: Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545
Projektbezeichnung: BV Hindenburgdamm, Asphalt
Probenahme am / durch: - / Auftraggeber
Probeneingang am / durch: 12.11.2025 / Auftraggeber
Prüfzeitraum: 12.11.2025 - 03.12.2025

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		218,95-br 25-59132-001	221,9-br 25-59132-002	222,3-br 25-59132-003	222,95-br 25-59132-004	*Methode*
Analyse der Originalprobe						
Asbest		kein Asbest nachgewiesen	kein Asbest nachgewiesen	kein Asbest nachgewiesen	kein Asbest nachgwiesen	*VDI 3866-5: 2017-06;FV*
PAK						
Naphthalin	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Acenaphthylen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Acenaphthen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Fluoren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Phenanthren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Anthracen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Fluoranthen	mg/kg OS	0,58	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Pyren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[a]anthracen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Chrysen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[b]fluoranthen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[k]fluoranthen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[a]pyren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Dibenz[ah]anthracen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[ghi]perylen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		218,95-br 25-59132-001	221,9-br 25-59132-002	222,3-br 25-59132-003	222,95-br 25-59132-004	*Methode*
Summe best. PAK (EPA)	mg/kg OS	0,58	0,00	0,00	0,00	*berechnet;L*
Analyse aus dem Eluat						
Phenolindex nach Destillation	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	*DIN EN ISO 14402: 1999-12;UA*
Hinweise zur Probenvorbereitung						
1:10 (s/l) Elution		+	+	+	+	*DIN EN 12457-4: 2003-01;UA*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		224,0-br 25-59132-005	224,3-br 25-59132-006	225,3-br 25-59132-007		*Methode*
Analyse der Originalprobe						
Asbest		kein Asbest nachgewiesen	kein Asbest nachgewiesen	kein Asbest nachgewiesen		*VDI 3866-5: 2017-06;FV*
PAK						
Naphthalin	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Acenaphthylen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Acenaphthen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Fluoren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Phenanthren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Anthracen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Fluoranthen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Pyren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[a]anthracen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Chrysen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[b]fluoranthen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[k]fluoranthen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[a]pyren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Dibenz[ah]anthracen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[ghi]perylen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Summe best. PAK (EPA)	mg/kg OS	0,00	0,00	0,00		*berechnet;L*
Analyse aus dem Eluat						
Phenolindex nach Destillation	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01		*DIN EN ISO 14402: 1999-12;UA*

Parameter / **Probenbezeichnung** / Probe-Nr. / Einheit	**224,0-br** 25-59132-005	**224,3-br** 25-59132-006	**225,3-br** 25-59132-007		*Methode*
Hinweise zur Probenvorbereitung					
1:10 (s/l) Elution	+	+	+		*DIN EN 12457-4: 2003-01;UA*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

03.12.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // DE

Kempfert Geotechnik GmbH
- Herr Florian Kröckel -
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

Sebastian Münn
T 0431 6964136
F 0431-698787
sebastian.muenn@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-59136/1

Prüfgegenstand: 7 x Asphalt
Auftraggeber / KD-Nr.: Kempfert Geotechnik GmbH, Hasenhöhe 128, 22587 Hamburg / 65545
Projektbezeichnung: BV Hindenburgdamm, Asphalt
Probenahme am / durch: - / Auftraggeber
Probeneingang am / durch: 12.11.2025 / Auftraggeber
Prüfzeitraum: 12.11.2025 - 21.11.2025

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit	221,3-bl 25-59136-001	222,3-bl 25-59136-002	222,95-bl 25-59136-003	224,0-bl 25-59136-004	*Methode*
Analyse der Originalprobe					
Asbest	kein Asbest nachgewiesen	kein Asbest nachgewiesen	kein Asbest nachgewiesen	kein Asbest nachgewiesen	*VDI 3866-5: 2017-06;FV*
PAK					
Naphthalin mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Acenaphthylen mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Acenaphthen mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Fluoren mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Phenanthren mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Anthracen mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Fluoranthen mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Pyren mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[a]anthracen mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Chrysen mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[b]fluoranthen mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[k]fluoranthen mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[a]pyren mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Dibenz[ah]anthracen mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[ghi]perylen mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Indeno[1,2,3-cd]pyren mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Josef-Rethmann-Str. 5 // 44536 Lünen // Deutschland // T +49 2306 2409-0 // F +49 2306 2409-10 // info@ucl-labor.de
ucl-labor.de // Amtsgericht Dortmund, HRB 17247 // Geschäftsführer: Dana Goldhammer, Dr. Jörg Seigner

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		221,3-bl 25-59136-001	222,3-bl 25-59136-002	222,95-bl 25-59136-003	224,0-bl 25-59136-004	*Methode*
Summe best. PAK (EPA)	mg/kg OS	0,00	0,00	0,00	0,00	*berechnet;L*
Analyse aus dem Eluat						
Phenolindex nach Destillation	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	*DIN EN ISO 14402: 1999-12;UA*
Hinweise zur Probenvorbereitung						
1:10 (s/l) Elution		+	+	+	+	*DIN EN 12457-4: 2003-01;UA*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

Parameter / Probenbezeichnung / Probe-Nr. / Einheit		225,69-bl 25-59136-005	"Extra" 225,3-bl 25-59136-006	"Extra" 225,21-bl 25-59136-007		*Methode*
Analyse der Originalprobe						
Asbest		kein Asbest nachgewiesen	kein Asbest nachgewiesen	kein Asbest nachgewiesen		*VDI 3866-5: 2017-06;FV*
PAK						
Naphthalin	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Acenaphthylen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Acenaphthen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Fluoren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Phenanthren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Anthracen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Fluoranthen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Pyren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[a]anthracen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Chrysen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[b]fluoranthen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[k]fluoranthen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[a]pyren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Dibenz[ah]anthracen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Benzo[ghi]perylen	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/kg OS	<0,30	<0,30	<0,30		*DIN ISO 18287: 2006-05;UA*
Summe best. PAK (EPA)	mg/kg OS	0,00	0,00	0,00		*berechnet;L*
Analyse aus dem Eluat						
Phenolindex nach Destillation	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01		*DIN EN ISO 14402: 1999-12;UA*

UCL
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Parameter / **Probenbezeichnung** / Probe-Nr. / Einheit	**225,69-bl**	**"Extra" 225,3-bl**	**"Extra" 225,21-bl**		*Methode*
	25-59136-005	25-59136-006	25-59136-007		
Hinweise zur Probenvorbereitung					
1:10 (s/l) Elution	+	+	+		*DIN EN 12457-4: 2003-01;UA*

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen ° = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten
BT=Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

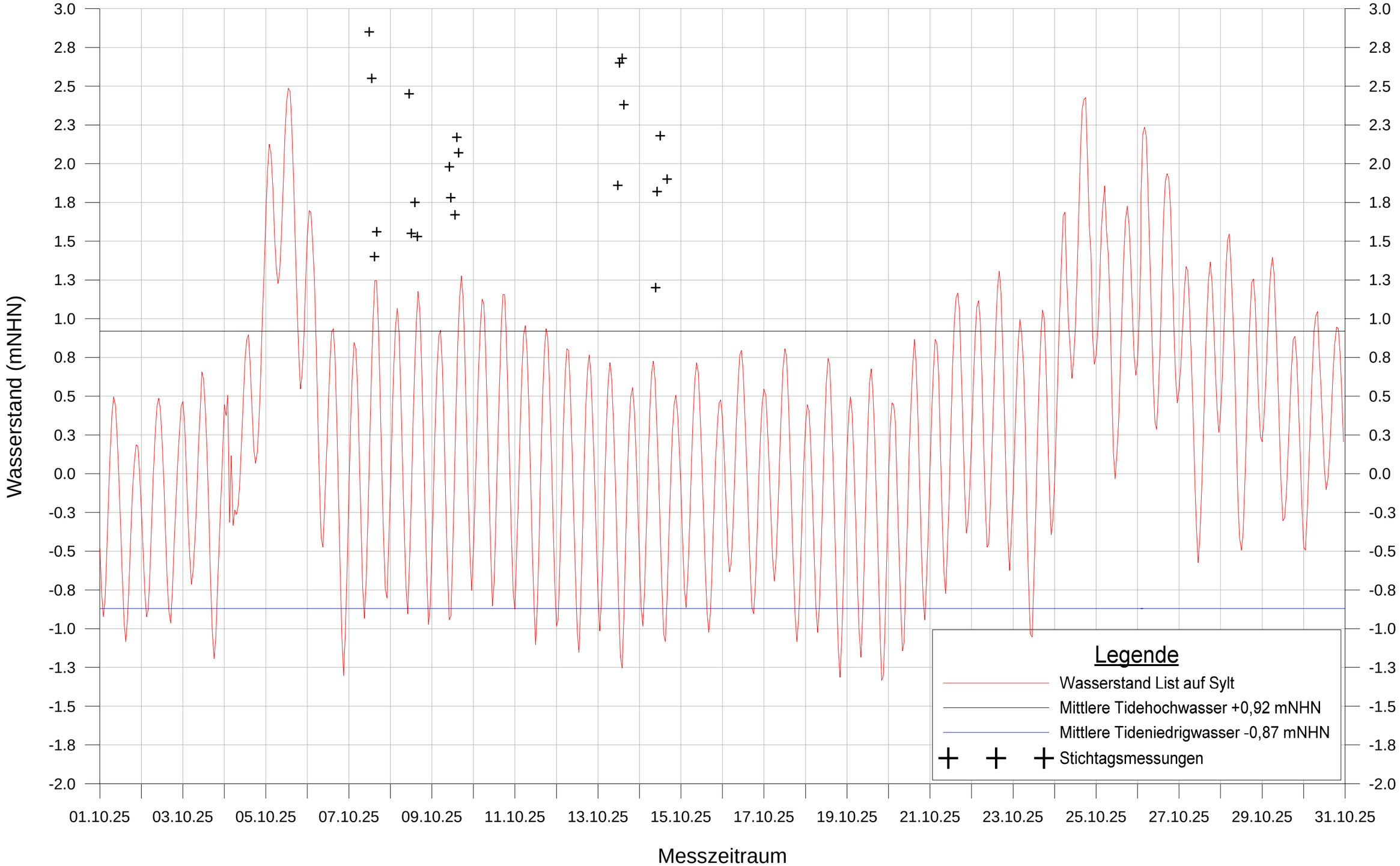
03.12.2025 i.A. Dipl.-Geol. Sebastian Münn (Projektleiter)

Anlage 6

Ganglinie Pegel List auf Sylt

BV HDD Hindenburgdamm
Grundwasserstände 01.10.2025 bis 31.10.2025
Ganglinie des Pegelbrunnens List auf Sylt
Stichtagsmessungen Bohrkampagne KW41/KW42

Kempfert + Partner
Geotechnik



Anlage-Nr. 6

Anlage 7

Kennzeichnende Bodeneigenschaften der Schichten

Erforderliche Kennwerte für Homogenbereiche in Abhängigkeit der jeweiligen VOB Normen

Nr.	Kennwert / Parameter	DIN 18300, GK2,3 Erdarbeiten	DIN 18304 Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten	DIN 18324 Horizontalspül-bohrarbeiten
1a	Korngrößenverteilung - Kornkennzahl T/U/S/G *	x	x	x
1b	Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern			
2a	Massenanteil an Steinen nach DIN EN ISO 14688-2 *	x	x	x
2b	Massenanteil Blöcke nach DIN EN ISO 14688-2 *	x	x	x
2c	Massenanteil große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-2 *	x	x	x
3	Mineralog. Zusammensetzung der Steine u. Blöcke nach DIN EN ISO 14689-1	-	-	x
4	Wichte [kN/m^3], errechnet aus der Feuchtdichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2	x	-	x
5	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1 [%]	x	x	x
6	Plastizitätszahl nach DIN EN ISO 17892-12 I_P [%]	x	x	x
7	Plastizität nach DIN EN ISO 14688-1	-	-	-
8	Konsistenzzahl nach DIN EN ISO 17892-12 I_C [-]	x	x	x
9	Konsistenz nach DIN EN ISO 14688-1	-	-	-
10	Durchlässigkeit nach der Normenreihe DIN 18130-2 und DIN EN ISO 17892-11	-	-	x
11	Undränierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4 oder DIN EN ISO 17892-7 und -8 [kN/m²]	x	-	x
12	Kohäsion nach DIN EN ISO 17892-9 und -10 [kN/m²]	-	-	-
13	Lagerungsdichte: Bezeichnung nach DIN EN ISO 14688-2, Bestimmung nach DIN 18126	x	x	x
14	Sensitivität nach DIN 4094-4	-	-	-
15	Organischer Anteil nach DIN 18128 [%]	x	-	x
16	Benennung und Beschreibung organischer Böden nach DIN EN ISO 14688-1	-	-	x
17	Kalkgehalt nach DIN 18129	-	-	x
18	Sulfatgehalt (wasserlöslich) nach DIN EN 1997-2 [mg/kg]	-	-	x
19	Abrasivität nach NF P18-579	-	-	x
20	Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB	x	x	x
21	Bodengruppe nach DIN 18196	x	x	x

* Erfahrungswert

Kennzeichnende Bodeneigenschaften der Schichten

Nr.	Kennwert / Parameter	Bodenschicht	Bodenschicht	Bodenschicht	Bodenschicht	Bodenschicht
		S1	S2	S3	S4	S5
	ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung, humos, Oberboden	Auffüllung, Klei	Auffüllung, Sand	Sand	Sand, schluffig
1a	Korngrößenverteilung - Kornkennzahl T/U/S/G *	0-10/10-55/15-80/0-10	-	-	-	-
1b	Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern	k.A.	s. Anlage 4	s. Anlage 4	s. Anlage 4	s. Anlage 4
2a	Massenanteil an Steinen nach DIN EN ISO 14688-2 *	gering	gering	gering	gering	gering
2b	Massenanteil Blöcke nach DIN EN ISO 14688-2 *	gering	gering	gering	gering	gering
2c	Massenanteil große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-2*	gering	gering	gering	gering	gering
3	Mineralog. Zusammensetzung der Steine u. Blöcke nach DIN EN ISO 14689-1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
4	Wichte [kN/m^3], errechnet aus der Feuchtdichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2	17 - 19	16 - 18	16 - 18	17 - 19	18 - 20
5	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1 [%]	20 - 40	25 - 40	k.A.	k.A.	15 - 35
6	Plastizitätszahl nach DIN EN ISO 17892-12 I_P [%]	2 - 20	4 - 20	k.A.	k.A.	0 - 4
7	Plastizität nach DIN EN ISO 14688-1	gering	gering bis ausgeprägt	k.A.	k.A.	k.A.
8	Konsistenzzahl nach DIN EN ISO 17892-12 I_C [-]	0,50 - 0,75	0,5 - 0,9	k.A.	k.A.	k.A.
9	Konsistenz nach DIN EN ISO 14688-1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
10	Durchlässigkeit nach der Normenreihe DIN 18130-2 und DIN EN ISO 17892-11	durchlässig bis schwach durchlässig	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig	durchlässig bis schwach durchlässig	durchlässig	durchlässig bis schwach durchlässig
11	Undränierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4 oder DIN EN ISO 17892-7 und -8 [kN/m²]	6 - 60	5 - 100	k.A.	k.A.	k.A.
12	Kohäsion nach DIN EN ISO 17892-9 und -10 [kN/m²]	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
13	Lagerungsdichte: Bezeichnung nach DIN EN ISO 14688-2, Bestimmung nach DIN 18126	locker	k.A.	locker	locker	locker
14	Sensitivität nach DIN 4094-4	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
15	Organischer Anteil nach DIN 18128 [%]	4 - 15	5 - 10	0 - 5	k.A.	0 - 5
16	Benennung und Beschreibung organischer Böden nach DIN EN ISO 14688-1	Humus, Mudde - pflanzl. und tierische Reste lebende Organismen und deren Ausscheidungen, mit anorganischen Bestandteilen durchsetz	Mudde - pflanzliche und tierische Reste; mit anorganischen Bestandteilen durchsetzt	Mudde - pflanzliche und tierische Reste; mit anorganischen Bestandteilen durchsetzt	k.A.	Mudde - pflanzliche und tierische Reste; mit anorganischen Bestandteilen durchsetzt
17	Kalkgehalt nach DIN 18129	kalkfrei	überwiegend kalkfrei	oberflächlich kalkfrei, tiefer kalkhaltig	kalkhaltig	kalkhaltig
18	Sulfatgehalt (wasserlöslich) nach DIN EN 1997-2 [mg/kg]	s. Anlage 5.2	s. Anlage 5.2	s. Anlage 5.2	s. Anlage 5.2	s. Anlage 5.2
19	Abrasivität nach NF P18-579	kaum abrasiv	nicht abrasiv	abrasiv	abrasiv	schwach abrasiv
20	Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB	F3	F3	F1-F3	F1-F2	F3
21	Bodengruppe nach DIN 18196	Mu [OH, OU]	[OU, UL, UM, UA, TM, TA]	[SE, SU, SU*]	SE, SU	SU, SU*

k. A.: keine Angabe, da Kennwert / Parameter für Bodenart nicht relevant bzw. für anzuwendende Bauverfahren gem. Normung DIN 18300 ff. nicht gefordert

* Erfahrungswert

Kennzeichnende Bodeneigenschaften der Schichten

Nr.	Kennwert / Parameter	Bodenschicht	Bodenschicht	Bodenschicht	Bodenschicht
		S6	S7	S8	S9
	ortsübliche Bezeichnung	Klei	Klei, sandig	Torf	Beckenton
1a	Korngrößenverteilung - Kornkennzahl T/U/S/G *	-	-	k.A.	-
1b	Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern	s. Anlage 4	s. Anlage 4	k.A.	s. Anlage 4
2a	Massenanteil an Steinen nach DIN EN ISO 14688-2 *	gering	gering	gering	gering
2b	Massenanteil Blöcke nach DIN EN ISO 14688-2 *	gering	gering	gering	gering
2c	Massenanteil große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-2*	gering	gering	gering	gering
3	Mineralog. Zusammensetzung der Steine u. Blöcke nach DIN EN ISO 14689-1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
4	Wichte [kN/m^3], errechnet aus der Feuchtdichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2	15 - 17	16 - 18	10 - 12	20 - 22
5	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1 [%]	30 - 60	20 - 45	80 - 300	25 - 40
6	Plastizitätszahl nach DIN EN ISO 17892-12 I_P [%]	4 - 25	2 - 18	k.A.	15 - 35
7	Plastizität nach DIN EN ISO 14688-1	gering bis ausgeprägt	gering	k.A.	ausgeprägt
8	Konsistenzzahl nach DIN EN ISO 17892-12 I_C [-]	0,5 - 0,75	0,5 - 0,75	k.A.	0,7 - 1,0
9	Konsistenz nach DIN EN ISO 14688-1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
10	Durchlässigkeit nach der Normenreihe DIN 18130-2 und DIN EN ISO 17892-11	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig	schwach durchlässig	durchlässig bis schwach durchlässig	sehr schwach durchlässig
11	Undränierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4 oder DIN EN ISO 17892-7 und -8 [kN/m²]	5 - 60	5 - 50	k.A.	20 - 150
12	Kohäsion nach DIN EN ISO 17892-9 und -10 [kN/m²]	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
13	Lagerungsdichte: Bezeichnung nach DIN EN ISO 14688-2, Bestimmung nach DIN 18126	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
14	Sensitivität nach DIN 4094-4	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
15	Organischer Anteil nach DIN 18128 [%]	5 - 10	2 - 10	20 - 80	k.A.
16	Benennung und Beschreibung organischer Böden nach DIN EN ISO 14688-1	Mudde - pflanzliche und tierische Reste; mit anorganischen Bestandteilen durchsetzt	Mudde - pflanzliche und tierische Reste; mit anorganischen Bestandteilen durchsetzt	schwach faseriger Torf - erkennb. Pflanzenstruktur, schwach bis mäßig zersetzt	k.A.
17	Kalkgehalt nach DIN 18129	kalkhaltig	kalkhaltig	kalkfrei	kalkfrei
18	Sulfatgehalt (wasserlöslich) nach DIN EN 1997-2 [mg/kg]	s. Anlage 5.2	s. Anlage 5.2	s. Anlage 5.2	s. Anlage 5.2
19	Abrasivität nach NF P18-579	nicht abrasiv	kaum abrasiv	nicht abrasiv	kaum abrasiv
20	Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB	F3	F3	F3	F3
21	Bodengruppe nach DIN 18196	OU, UL, UM, UA, TM, TA	OU, SU*, UL, UM	HN, HZ	UM, UA, TM, TA

k. A.: keine Angabe, da Kennwert / Parameter für Bodenart nicht relevant bzw. für anzuwendende Bauverfahren gem. Normung DIN 18300 ff. nicht gefordert

* Erfahrungswert

Anlage 8

Bewertung der Gesamtstandsicherheit

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	2.00	18.00	S3: A, Sand
	20.00	5.00	16.00	S6: Klei
	30.00	0.00	19.00	S5: Sand, schluffig
	22.50	5.00	17.00	S7: Klei, sandig

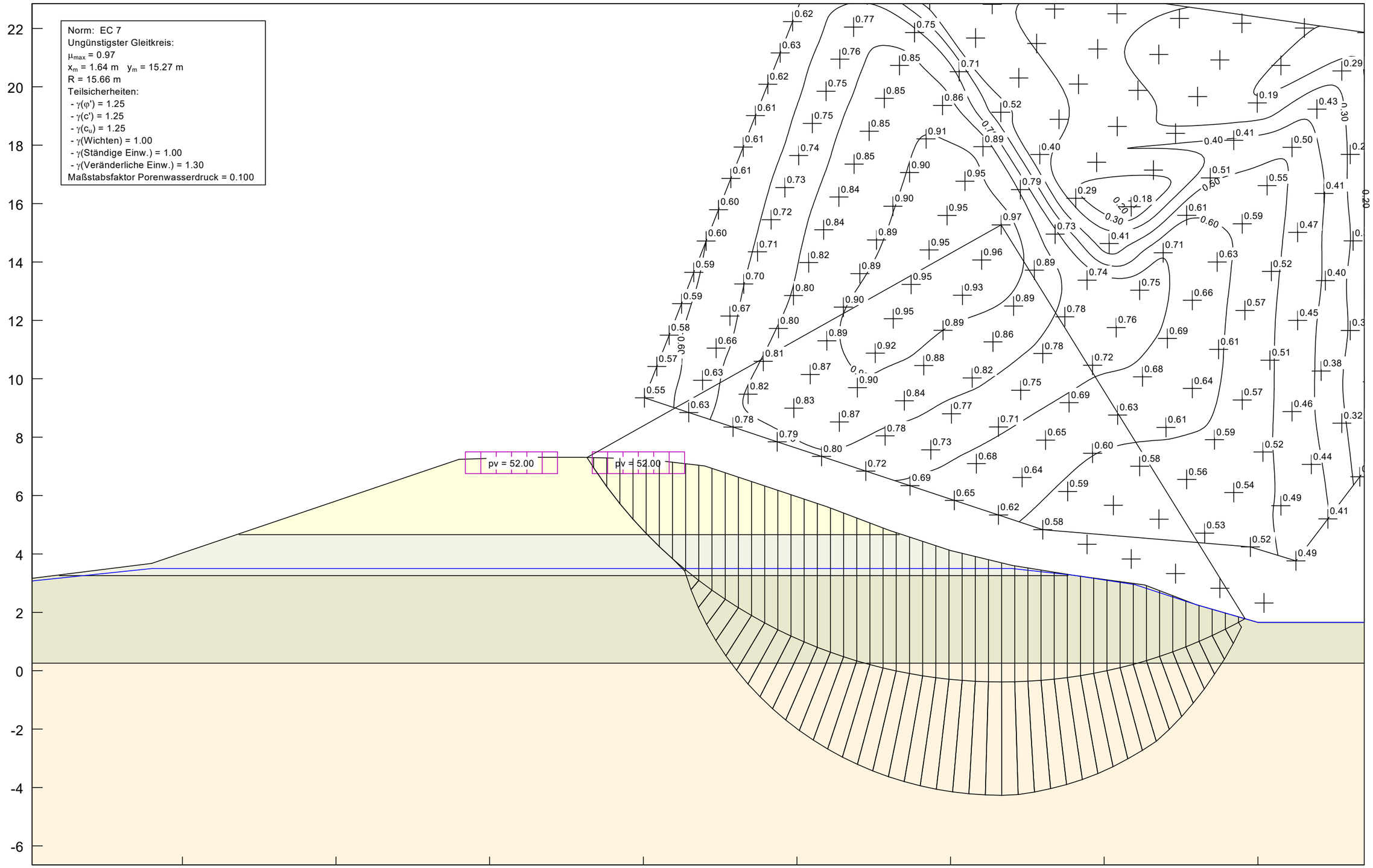
Kempfert + Partner
Geotechnik
Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

ESTW Niebüll
HDD Kabelkanal
km 217,50
IST-Zustand (BS-P)

Anlage: 8.1.1
Projekt-Nr.: HH 817.7/25
Programm: GGU Stability
Version: 14.00
Datum: 30.01.2026

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.97
x_m = 1.64 m y_m = 15.27 m
R = 15.66 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100



Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	2.00	18.00	S3: A, Sand
	20.00	5.00	16.00	S6: Klei
	30.00	0.00	19.00	S5: Sand, schluffig
	22.50	5.00	17.00	S7: Klei, sandig

Kempfert + Partner
Geotechnik

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

ESTW Niebüll
HDD Kabelkanal

km 217,50

IST-Zustand (BS-T)

Anlage: 8.1.2

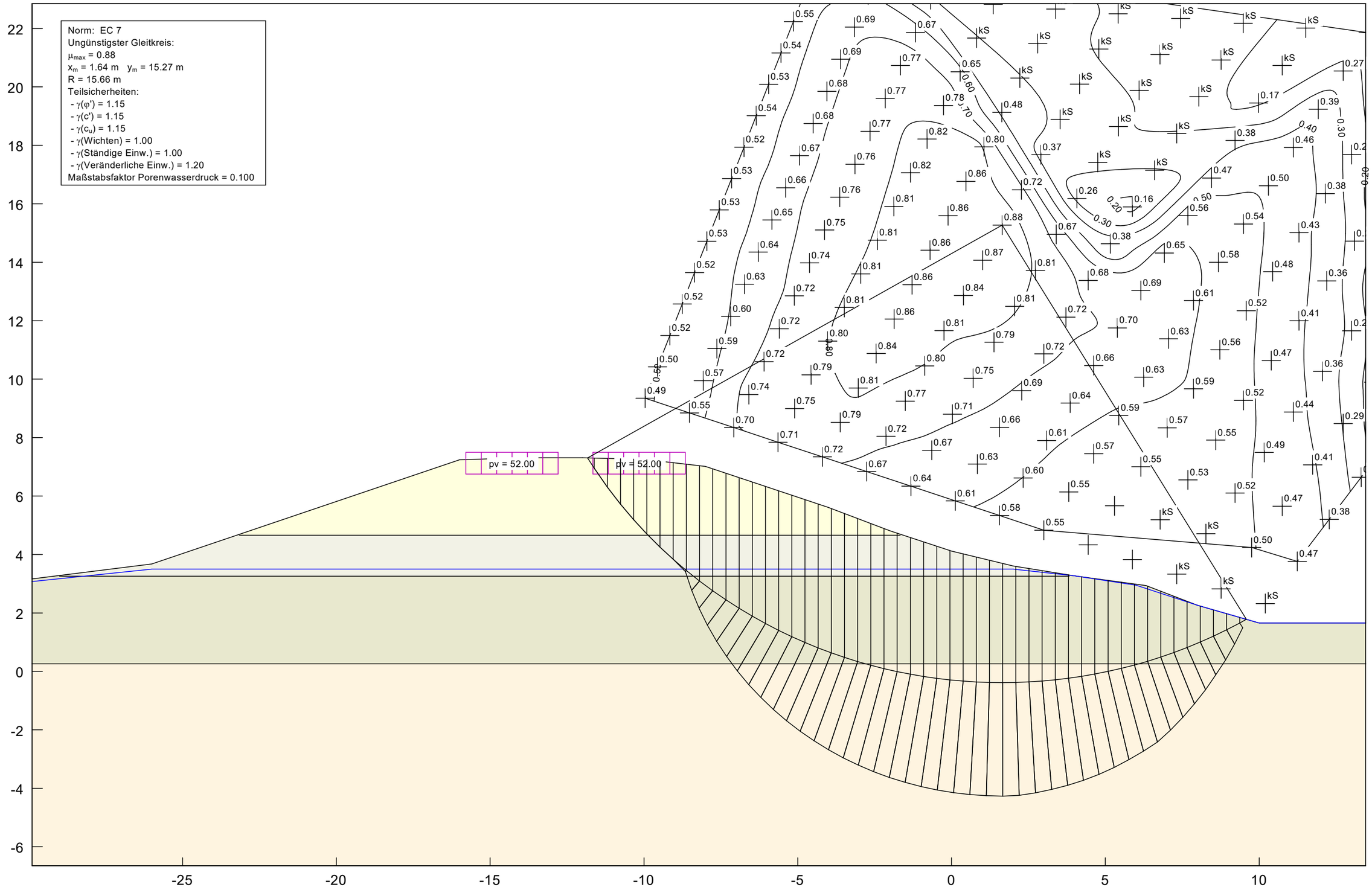
Projekt-Nr.: HH 817.7/25

Programm: GGU Stability
Version: 14.00

Datum: 30.01.2026

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.88
x_m = 1.64 m y_m = 15.27 m
R = 15.66 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	2.00	18.00	S3: A, Sand
	20.00	5.00	16.00	S6: Klei
	30.00	0.00	19.00	S5: Sand, schluffig
	22.50	5.00	17.00	S7: Klei, sandig
	0.00	0.00	3.00	Auflockerung

Kempfert + Partner
Geotechnik

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

ESTW Niebüll
HDD Kabelkanal

km 217,50

Aufweitung (BS-T)
+/-1,0 m

Anlage: 8.1.3

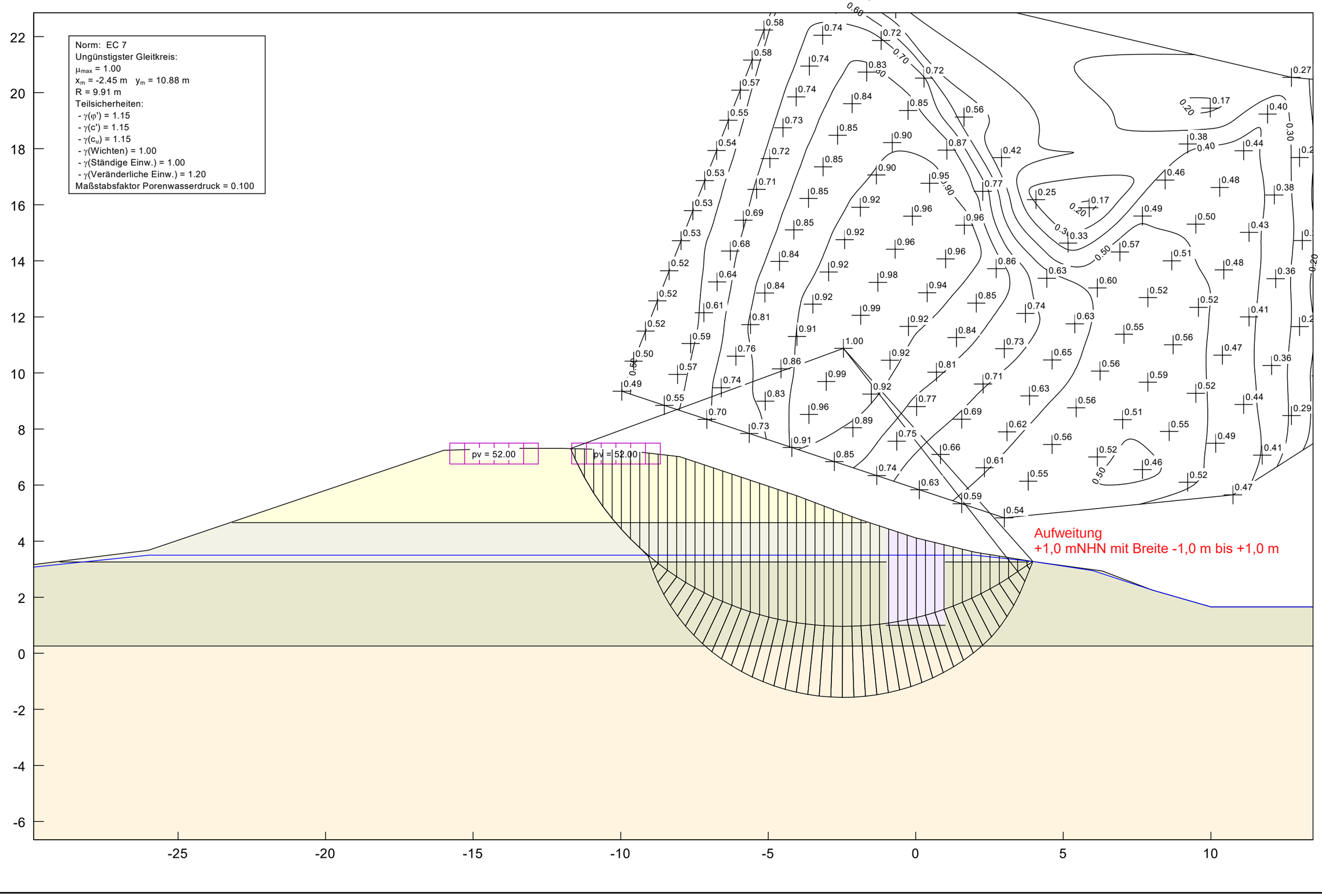
Projekt-Nr.: HH 817.7/25

Programm: GGU Stability
Version: 14.00

Datum: 30.01.2026

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 1.00
x_m = -2.45 m y_m = 10.88 m
R = 9.91 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	2.00	18.00	S3: A, Sand
	20.00	5.00	16.00	S6: Klei
	30.00	0.00	19.00	S5: Sand, schluffig
	22.50	5.00	17.00	S7: Klei, sandig
	0.00	0.00	3.00	Auflockerung

Kempfert + Partner
Geotechnik

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

ESTW Niebüll
HDD Kabelkanal

km 217,50

Aufweitung (BS-T)
+/-2,0 m

Anlage: 8.1.4

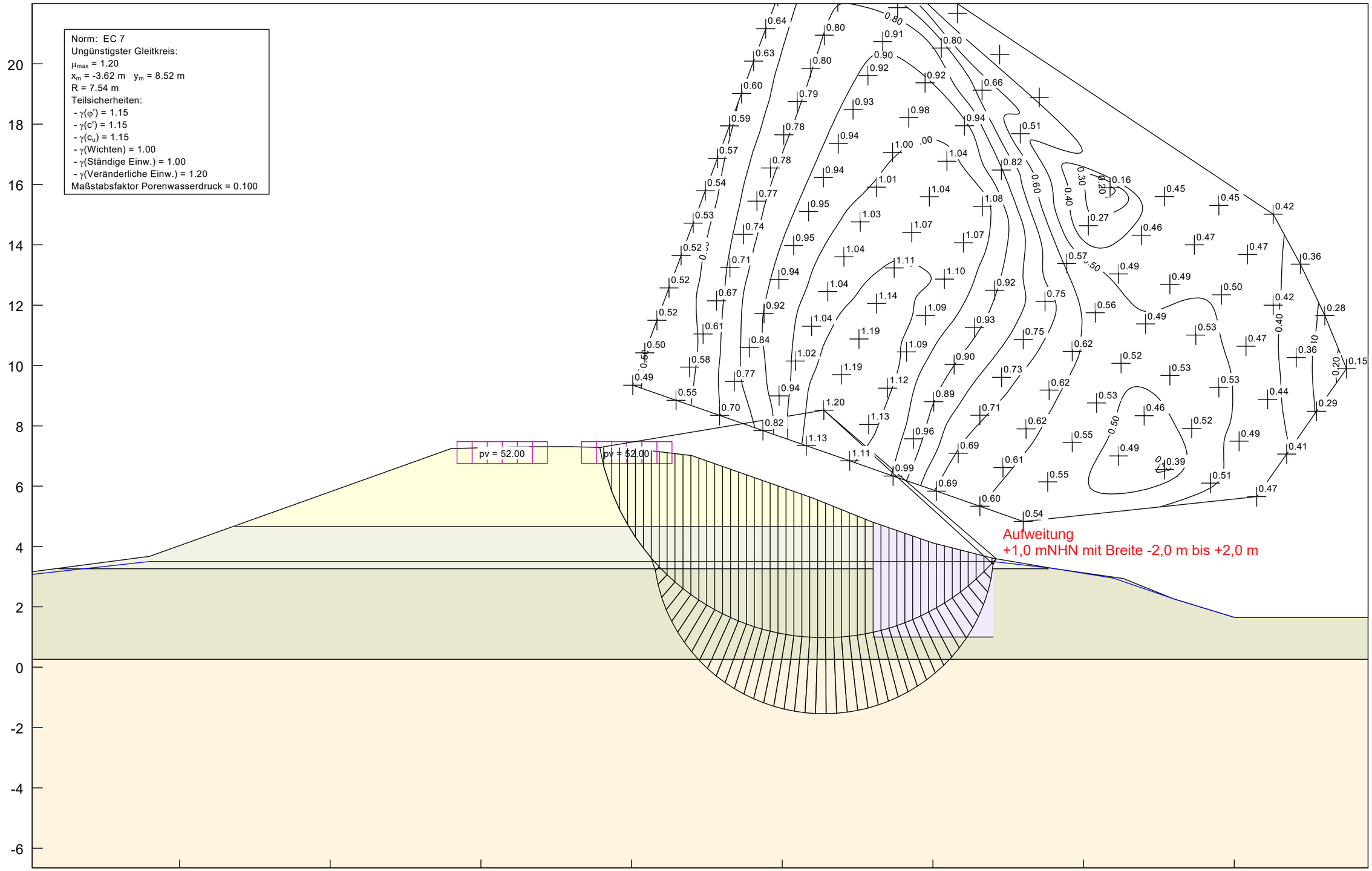
Projekt-Nr.: HH 817.7/25

Programm: GGU Stability
Version: 14,00

Datum: 30.01.2026

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 1.20
x_m = -3.62 m y_m = 8.52 m
R = 7.54 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100



Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	2.00	18.00	S3: A, Sand
	20.00	5.00	16.00	S6: Klei
	30.00	0.00	19.00	S5: Sand, schluffig

Kempfert + Partner
Geotechnik

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

ESTW Niebüll
HDD Kabelkanal

km 218,95

IST-Zustand (BS-P)

Anlage: 8.2.1

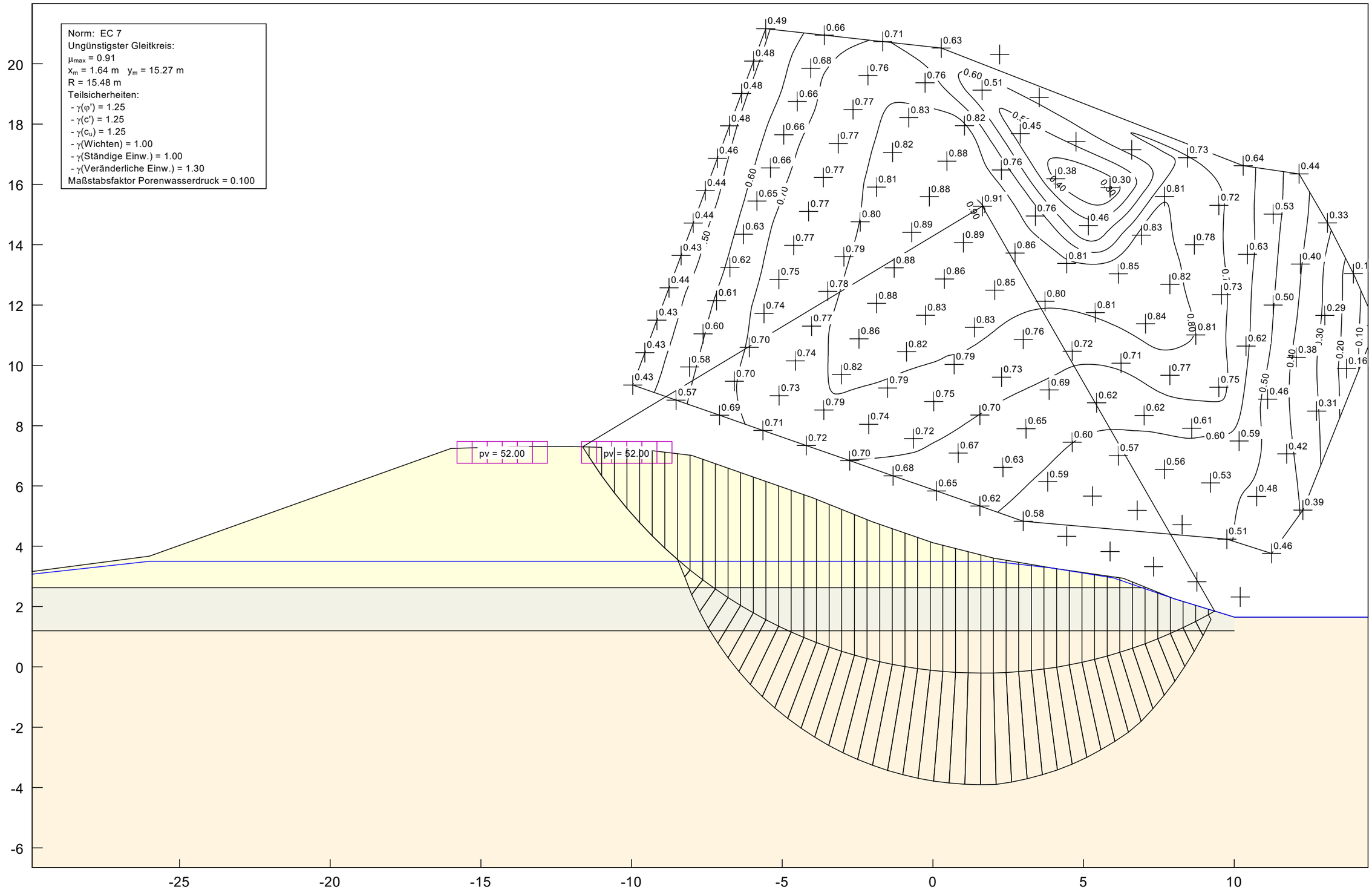
Projekt-Nr.: HH 817.7/25

Programm: GGU Stability
Version: 14.00

Datum: 30.01.26

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.91
x_m = 1.64 m y_m = 15.27 m
R = 15.48 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100



Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	2.00	18.00	S3: A, Sand
	20.00	5.00	16.00	S6: Klei
	30.00	0.00	19.00	S5: Sand, schluffig

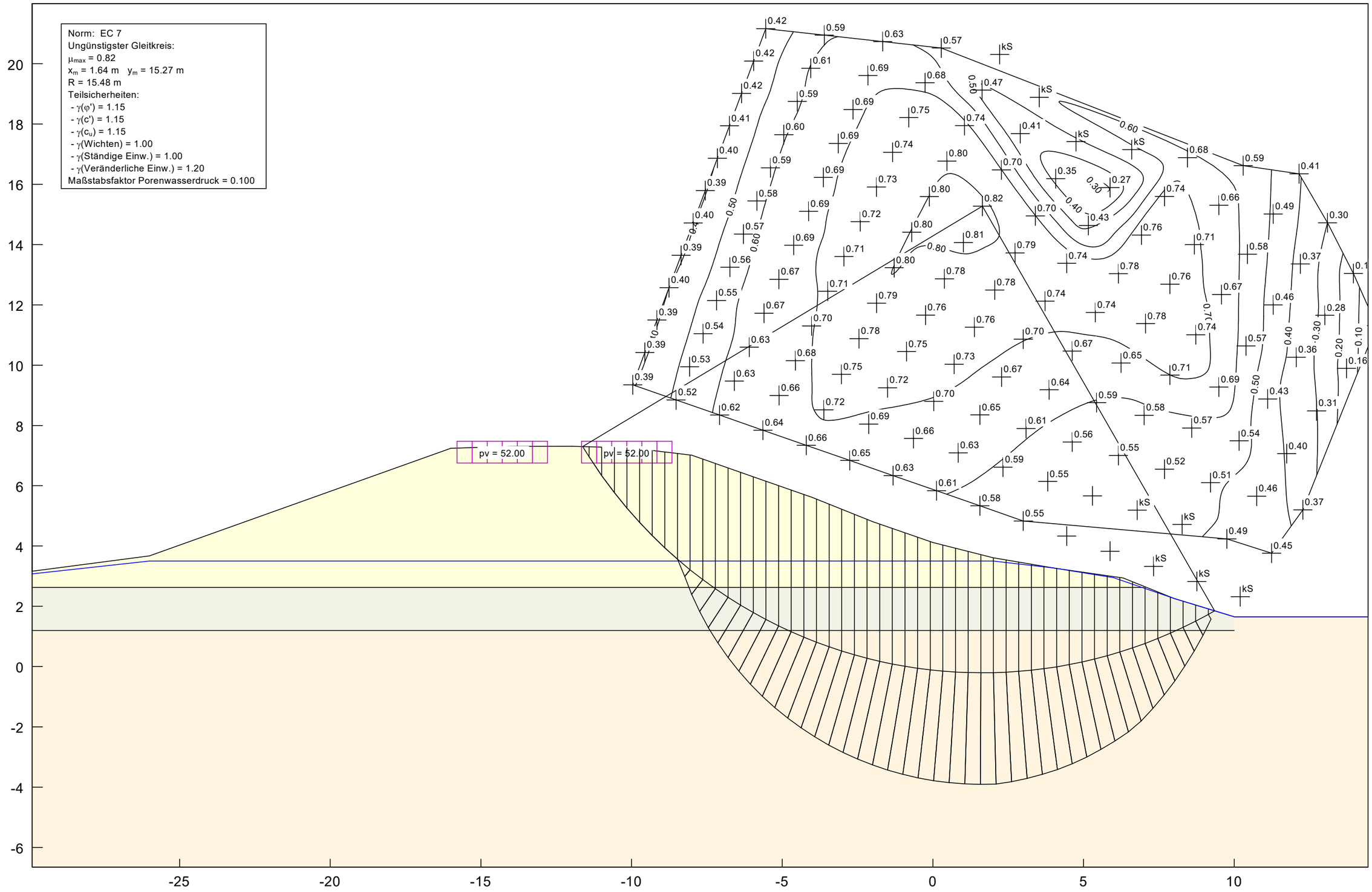
Kempfert + Partner
Geotechnik
Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

ESTW Niebüll
HDD Kabelkanal
km 218,95
IST-Zustand (BS-T)

Anlage: 8.2.2
Projekt-Nr.: HH 817.7/25
Programm: GGU Stability
Version: 14.00
Datum: 30.01.26

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.82
x_m = 1.64 m y_m = 15.27 m
R = 15.48 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100



Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	2.00	18.00	S3: A, Sand
	20.00	5.00	16.00	S6: Klei
	30.00	0.00	19.00	S5: Sand, schluffig
	0.00	0.00	3.00	Auflockerung

Kempfert + Partner
Geotechnik

Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

ESTW Niebüll
HDD Kabelkanal

km 218,95

Aufweitung (BS-T)
+/-1,0 m

Anlage: 8.2.3

Projekt-Nr.: HH 817.7/25

Programm: GGU Stability
Version: 14.00

Datum: 30.01.26

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.92
x_m = 1.64 m y_m = 15.27 m
R = 14.88 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100

pv = 52.00

pv = 52.00

Aufweitung
+1,0 mNHN mit Breite -1,0 m bis +1,0 m

22 20 18 16 14 12 10 8 6 4 2 0 -2 -4 -6

-25 -20 -15 -10 -5 0 5 10

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	2.00	18.00	S3: A, Sand
	20.00	5.00	16.00	S6: Klei
	30.00	0.00	19.00	S5: Sand, schluffig
	0.00	0.00	3.00	Auflockerung

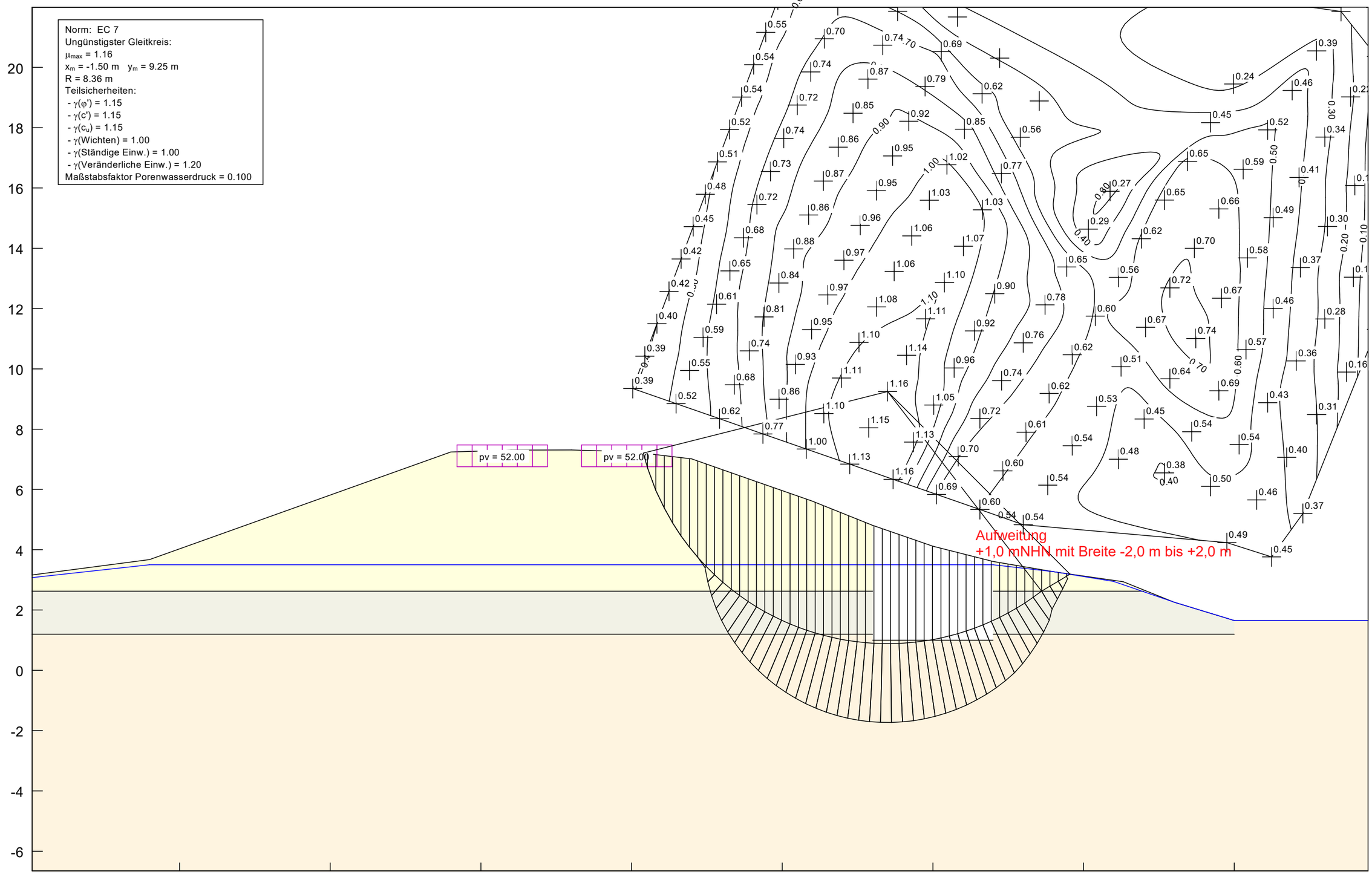
Kempfert + Partner
Geotechnik
Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

ESTW Niebüll
HDD Kabelkanal
km 218,95
Aufweitung (BS-T)
+/-2,0 m

Anlage: 8.2.4
Projekt-Nr.: HH 817.7/25
Programm: GGU Stability
Version: 14.00
Datum: 30.01.26

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 1.16
x_m = -1.50 m y_m = 9.25 m
R = 8.36 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	2.00	18.00	S3: A, Sand
	30.00	0.00	19.00	S5: Sand, schluffig

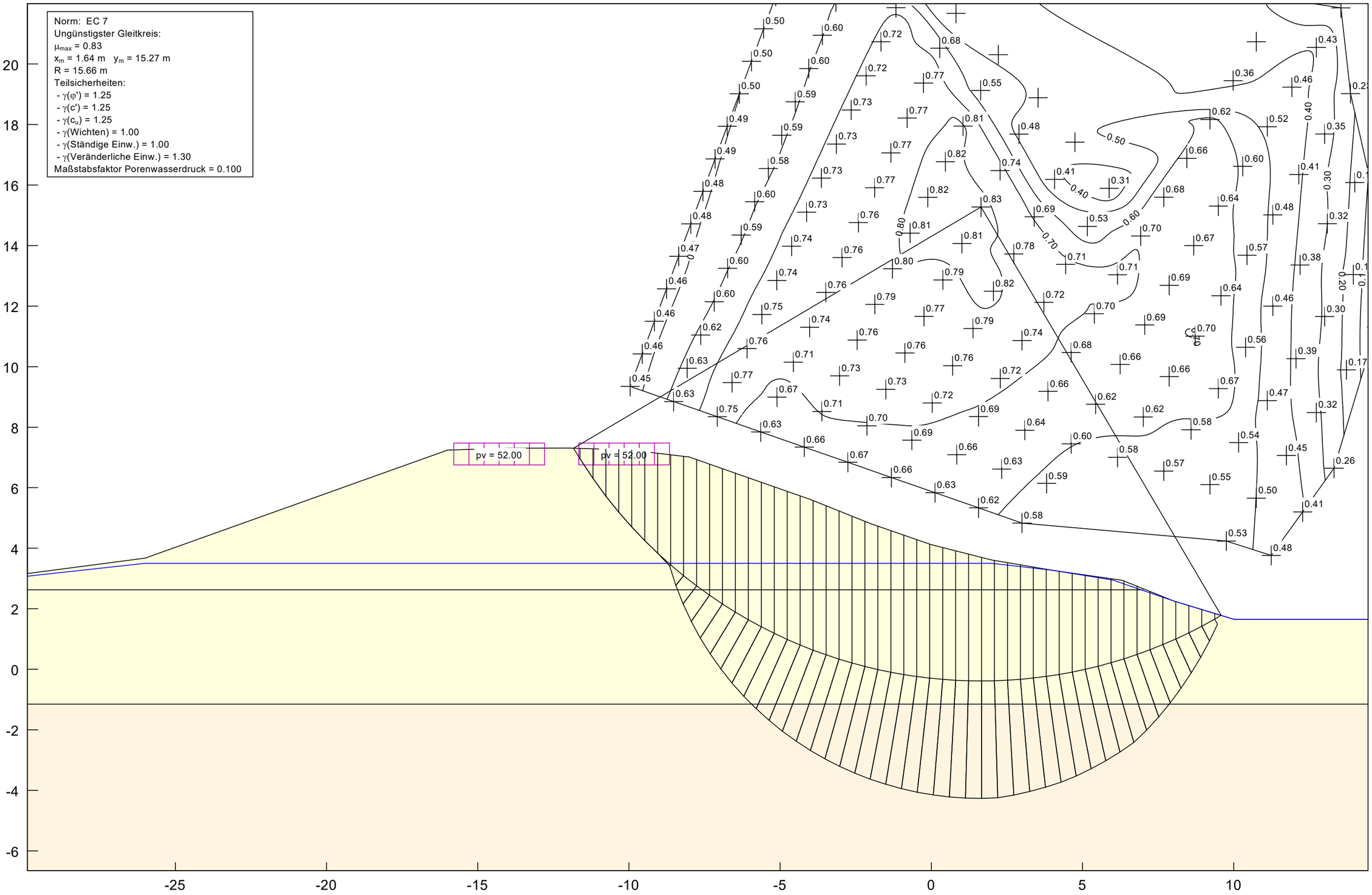
Kempfert + Partner
Geotechnik
Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

ESTW Niebüll
HDD Kabelkanal
km 223,50
IST-Zustand (BS-P)

Anlage: 8.3.1
Projekt-Nr.: HH 817.7/25
Programm: GGU Stability
Version: 14.00
Datum: 30.01.26

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.83
x_m = 1.64 m y_m = 15.27 m
R = 15.66 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	2.00	18.00	S3: A, Sand
	30.00	0.00	19.00	S5: Sand, schluffig

Kempfert + Partner
Geotechnik
Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

ESTW Niebüll
HDD Kabelkanal
km 223,50

IST-Zustand (BS-T)

Anlage: 8.3.2

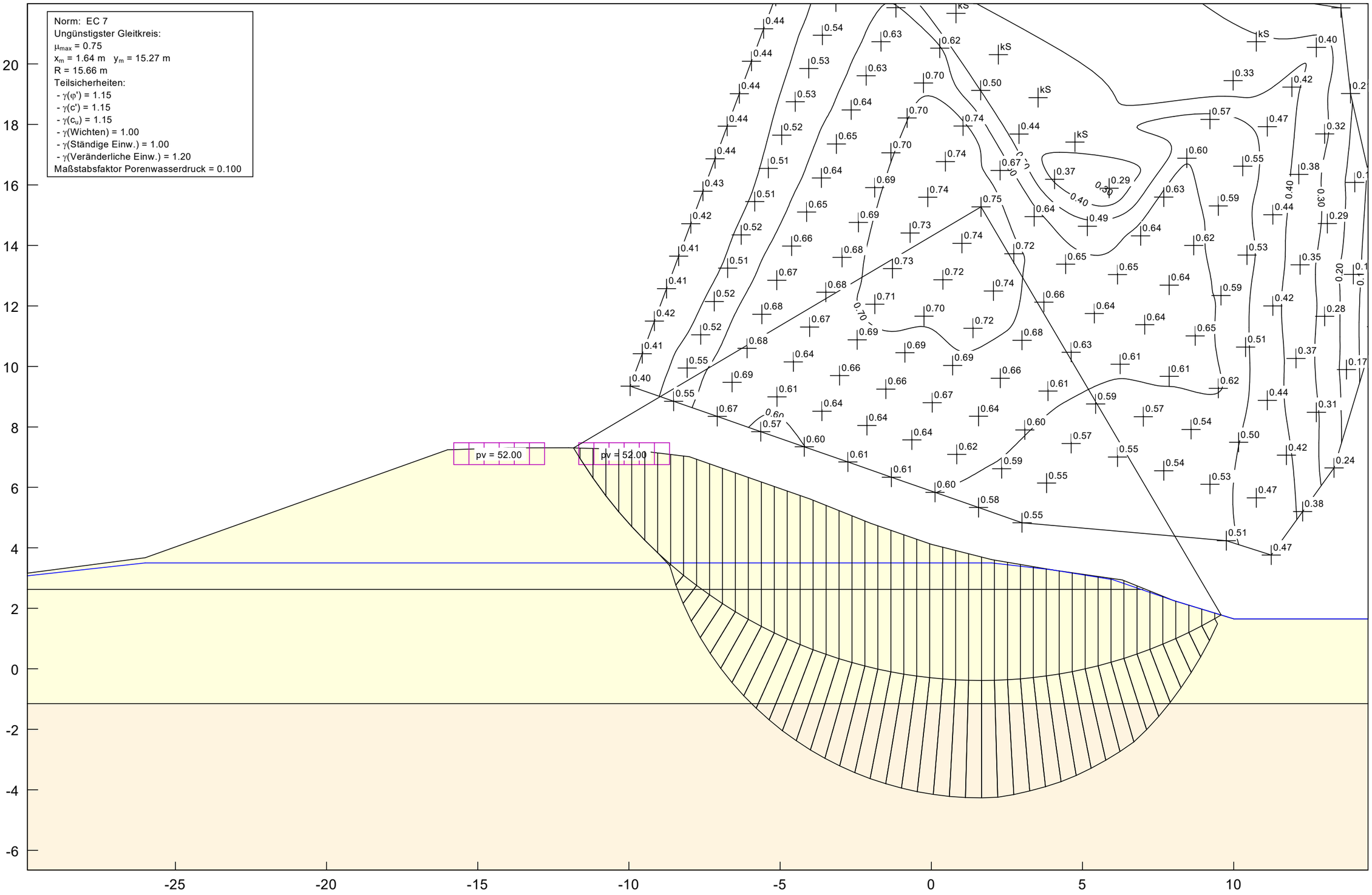
Projekt-Nr.: HH 817.7/25

Programm: GGU Stability
Version: 14.00

Datum: 30.01.26

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.75
x_m = 1.64 m y_m = 15.27 m
R = 15.66 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	2.00	18.00	S3: A, Sand
	30.00	0.00	19.00	S5: Sand, schluffig
	0.00	0.00	3.00	Auflockerung

Kempfert + Partner
Geotechnik
Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

ESTW Niebüll
HDD Kabelkanal
km 223,50
Aufweitung (BS-T)
+/1,0 m

Anlage: 8.3.3
Projekt-Nr.: HH 817.7/25
Programm: GGU Stability
Version: 14.00
Datum: 30.01.26

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.84
x_m = -0.12 m y_m = 15.59 m
R = 14.68 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100

pv = 52.00
pv = 52.00

Aufweitung
+1,0 mNHN mit Breite -1,0 m bis +1,0 m

20 18 16 14 12 10 8 6 4 2 0 -2 -4 -6

-25 -20 -15 -10 -5 0 5 10

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	30.00	2.00	18.00	S3: A, Sand
	30.00	0.00	19.00	S5: Sand, schluffig
	0.00	0.00	3.00	Auflockerung

Kempfert + Partner
Geotechnik
Kempfert Geotechnik GmbH
Hasenhöhe 128
22587 Hamburg

ESTW Niebüll
HDD KAbelkanal
km 223,50

Aufweitung (BS-T)
+/-2,0 m

Anlage: 8.3.4
Projekt-Nr.: HH 817.7/25
Programm: GGU Stability
Version: 14.00
Datum: 30.01.26

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 1.03
x_m = -2.13 m y_m = 8.04 m
R = 7.85 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100

