



FWT0000592

Sielerneuerung Borstelmannsweg

S-04/0113

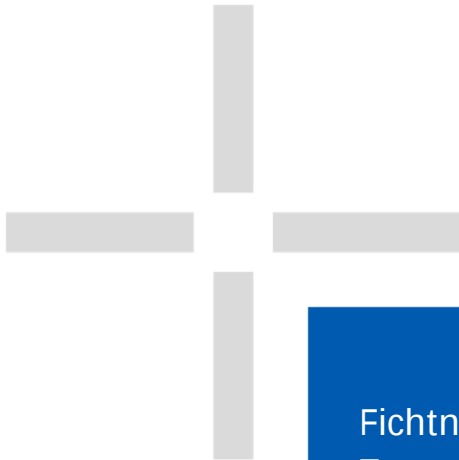
HH-Hammerbrook

Hamburger Stadtentwässerung AöR

Billhorner Deich 2

20539 Hamburg

Kontakt



Fichtner Water &
Transportation GmbH
Frankenstraße 7
20097 Hamburg

www.fwt.fichtner.de



Jesco Lange
+49 (40) 300673-117

Jesco.Lange@fwt.fichtner.de

Fichtner Water & Transportation GmbH
Standort Hamburg

Freigabevermerk

	Name	Unterschrift	Funktion	Datum
Erstellt:	Jesco Lange		Projektingenieur	20.08.2026
Geprüft:	Oliver Jost		Projektleiter	20.08.2026
Freigegeben:	Oliver Jost		Bereichsleiter	20.08.2026

Revisionsverzeichnis

Rev.	Datum	Änderungsstand	Fichtner Dok.-Nr.	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
0	24.03.2026	Endfassung	FWT0000592_be01_Bor_260324_Jlan_Rev00	23.03.2026	23.03.2026	24.03.2026
1	20.08.2026	Anpassung Gründung des Störtebeker- Denkmals	FWT0000592_be01_Bor_260820_Jlan_Rev01	18.08.2026	20.08.2026	20.08.2026

Disclaimer

Der Inhalt dieses Dokumentes ist ausschließlich für den Auftraggeber von Fichtner und andere vertraglich vereinbarte Empfänger bestimmt. Er darf nur mit Zustimmung des Auftraggebers ganz oder auszugsweise und ohne Gewähr Dritten zugänglich gemacht werden. Fichtner haftet gegenüber Dritten nicht für die Vollständigkeit und Richtigkeit der enthaltenen Informationen.

Dieses Dokument ist nur in seiner ursprünglichen Form, unterzeichnet von Fichtner, gültig. Zusammenfassungen, Auszüge, Übersetzungen und jegliche Änderungen, die nicht von Fichtner durchgeführt wurden, müssen ausdrücklich als solche gekennzeichnet werden, und Fichtner übernimmt keine Verantwortung für diese Versionen.

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	8
2	Bauvorhaben.....	9
2.1	Geplante Sielbaumaßnahme und Bauweise.....	9
2.2	Vorhandene umliegende Bebauung	10
3	Baugrundverhältnisse.....	12
3.1	Baugrunderkundungen	12
3.2	Auffüllungen	13
3.3	Organische Weichböden (Klei und Torf)	13
3.4	Gewachsene Sande	13
3.5	Ergebnisse der Drucksondierungen / Lagerungsdichten	14
4	Wasserverhältnisse und Bemessungswasserstand	16
4.1	Grundwasser	16
4.2	Stauwasser	17
4.3	Grundwasserbeschaffenheit	17
5	Bodenmechanische Versuche und Bodenkennwerte	18
5.1	Wassergehalte.....	18
5.2	Korngrößenverteilungen.....	18
5.3	Glühverluste.....	18
5.4	Charakteristische Bodenkennwerte	19
6	Homogenbereiche.....	21
6.1	Kennwerte Bodenschichten	21
6.2	Einteilung Homogenbereiche	21
6.3	Ramm-, Rüttel- und Pressbarkeit	22
7	Geotechnische Stellungnahme.....	24
7.1	Hinweise zur offenen Bauweise	24

7.1.1	Empfehlungen zur Herrichtung der Siel- und Schachtaufleger, zu den Erdarbeiten und zur Wiederverfüllung von Baugruben.....	24
7.2	Empfehlungen zur Ausbildung der Baugruben.....	26
7.2.1	Hinweise zur Herstellung von Baugruben und zur bauzeitlichen Trockenhaltung	26
7.2.2	Baugrubenaussteifung / Verpressanker	28
7.2.3	Baugrubenbemessung, Erddruckansätze und Verformungsbegrenzungen	28
7.2.4	Hinweis zum Einfluss der Baugruben im Bereich des Rondells mit Säule und Kogge.....	29
7.3	Empfehlungen für die geschlossene Rohrvortriebsbauweise	29
7.3.1	Hinweise zum Rohrvortrieb	29
7.3.2	Hindernisse / Bergebaugruben.....	32
7.3.3	Hinweise zu Absenkschächten	32
7.3.4	Dichtblöcke / Wasserabsperungen.....	34
7.4	Beweissicherungsmaßnahmen	36
8	Prüfung der Entsorgungsrelevanz.....	36
8.1	Probenauswahl	37
8.2	Ergebnisse der Bodenanalysen und Hinweise zur Verwertung	38
9	Zusammenfassung	40

Anlagenverzeichnis

Anlage Bor1 Lageplan

Anlage Bor2 Schnitt der Bodenprofile

Anlage Bor3 Korngrößenverteilung

Anlage Bor4 Chemische Analysen Boden

Anlage Bor5 Homogenbereiche

Tabellen

Tabelle 3-1: Korrelation Spitzenwiderstand CPT und Lagerungsdichte.....	14
Tabelle 5-1: Wassergehalte.....	18
Tabelle 5-2: Glühverluste.....	19
Tabelle 5-3: Bodenmechanische Kennwerte (charakteristisch)	20
Tabelle 6-1: Einteilung Homogenbereiche.....	22
Tabelle 8-1: Mischprobenzusammenstellung und Untersuchungsumfang	37
Tabelle 8-2: Zuordnungen gemäß LAGA TR Boden sowie EBV Umfang BM-0.....	38

Abbildungen

Abbildung 2-1: Ausschnitt des Lageplans des Projekts Süderstraße, Auszug aus Unterlage [5].....	9
Abbildung 2-2: Gründung des Rondells mit Säule und Kogge, Auszug aus Unterlage [7]	10

Abkürzungen

FWT	Fichtner Water & Transportation GmbH
GOK	Geländeoberkante
KRB	Kleinrammbohrungen
CPT	Cone Penetration Test (Drucksondierung)
DSM	Deep Soil Mixing

Unterlagen

- | | |
|---|------------|
| [1] Baugrundbeurteilung und Geotechnischer Bericht
Sielerneuerung Süderstraße, Grevenweg und Luisenweg, HH-Hammerbrook
Datei: 618-1411_be01_Jost_CRud_Rev00
(Fichtner Water & Transportation GmbH) | 15.09.2023 |
| [2] Schichtenverzeichnis und gestört entnommene Bodenproben
aus 2 Kleinrammbohrungen KRB 27 und KRB 28
(Dipl.-Ing. Ruider & Fütterer GmbH, Reinbek) | 01.08.2025 |
| [3] Sondierdiagramm einer Drucksondierung CPT 14
(ausgeführt durch Fugro Germany Land GmbH, Lilienthal
im Auftrag von Dipl.-Ing. Ruider & Fütterer GmbH, Reinbek) | 01.08.2025 |
| [4] Geologisches Landesamt Hamburg, Geologische
Baugrundplanungskarte von Hamburg (Blatt 6432 Veddel) | 1976 |
| [5] Süderstraße/Grevenweg/Luisenweg/Borstelmannsweg, Hamm-Süd / Hammerbrook
Lageplan/Längsschnitt/Querprofile, Maßstab 1:500, Plan-Nr. 06 von 06 Planung
(Hamburger Stadtentwässerung AöR, Hamburg) | 02.06.2025 |
| [6] Prüfbericht - Nr. 1
Errichtung einer Säule mit Kogge, Rondeel Süderstr. / Borstelmannsweg
(Achim Becker Grundstücksverwaltung, Hamburg) | 17.03.2011 |
| [7] Rondell - Säule mit Kogge
Statischer Positionsplan, Grundriss und Schnitt
Maßstab: 1:100
(Büro für Bauwesen Christiansen GmbH, Jork) | 22.04.2009 |
| [8] Süderstraße/Grevenweg/Luisenweg
Baugrubenplanung, Baugruben M8 / M9_11 / M10
Maßstab: 1:500
(Hamburger Stadtentwässerung AöR, Hamburg) | 11.05.2026 |
| [9] Rondell, Säule mit Kogge, Süderstraße/Borstelmannsweg HH
Herstellungsprotokolle
(König Pfahlgründung GmbH, Stade) | 24.01.2012 |

1 Veranlassung

Im Bereich der Süderstraße und angrenzender Straßenzüge plant die Hamburger Stadtentwässerung eine umfangreiche Sielerneuerung. Für diese Maßnahmen wurden von uns bereits Baugrunduntersuchungen durchgeführt und eine Baugrundbeurteilung mit Gründungsempfehlung (Geotechnischer Bericht vom 15.09.2023) erstellt und mit Unterlage [1] übergeben.

Im Bereich Borstelmannsweg sind im Zuge dieser Maßnahmen weitere Sielerneuerungsmaßnahmen vorgesehen, die bislang noch nicht Bestandteil der Untersuchungen waren. Die HSE plant hier den Ersatzneubau eines Schmutz- und eines Regenwassersiels sowie teilweise den Ersatz von Schachtbauwerken. Die vorhandenen Alt-Siele sollen im Zuge der Neubaumaßnahme zurückgebaut bzw. stillgelegt werden. Die geplante Tiefe der Sielsohlen liegt bei bis zu etwa 6 m unter GOK. Die Neubauten sind teils in offener und teils in geschlossener Bauweise geplant.

Die Fichtner Water & Transportation GmbH (FWT) wurde von der Hamburger Stadtentwässerung AÖR beauftragt, für dieses Bauvorhaben ergänzende Baugrunduntersuchungen im Borstelmannsweg durchzuführen und einen Geotechnischen Bericht zu erarbeiten. Mit dem vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der von uns geplanten und zeitweise überwachten Baugrunderkundung mitgeteilt und die erkundeten Baugrund- und Wasserverhältnisse sowie die ausgeführten bodenmechanischen Laborversuche beschrieben und bewertet. Des Weiteren werden auch auf der Grundlage der durchgeführten Baugrunduntersuchungen in [1] die Bemessungswasserstände festgelegt und die für eine Bemessung von Baugruben und weitere erdstatische Berechnungen erforderlichen geotechnischen Kennwerte angegeben. Darüber hinaus werden gründungs- bzw. ausführungstechnische Empfehlungen zu den Rohrvortriebsmaßnahmen, zur Baugrubenausbildung, Herrichtung der Rohraufleger und der Gründungsebene von Schachtbauwerken sowie zu erforderlichen Trockenhaltungsmaßnahmen von Baugruben gegeben. An gesondert entnommenen Umweltproben wurde auftragsgemäß auch eine orientierende umweltchemische Untersuchung durchgeführt, deren Ergebnisse ebenfalls mitgeteilt und bewertet werden.

2 Bauvorhaben

2.1 Geplante Sielbaumaßnahme und Bauweise

Die geplante Sielbaumaßnahme besteht nach Unterlage [1] insgesamt aus mehreren Streckenabschnitten mit unterschiedlichen Sielquerschnitten. Die Abschnitte im Bereich der Süderstraße und der angrenzenden Straßen Grevenweg und Luisenweg sind mit den Nummern 1 bis 8 bezeichnet. Für den hier behandelten Abschnitt im Bereich des Borstelmannswegs ist daher von uns die Bezeichnung „Strecke 9“ gewählt worden.

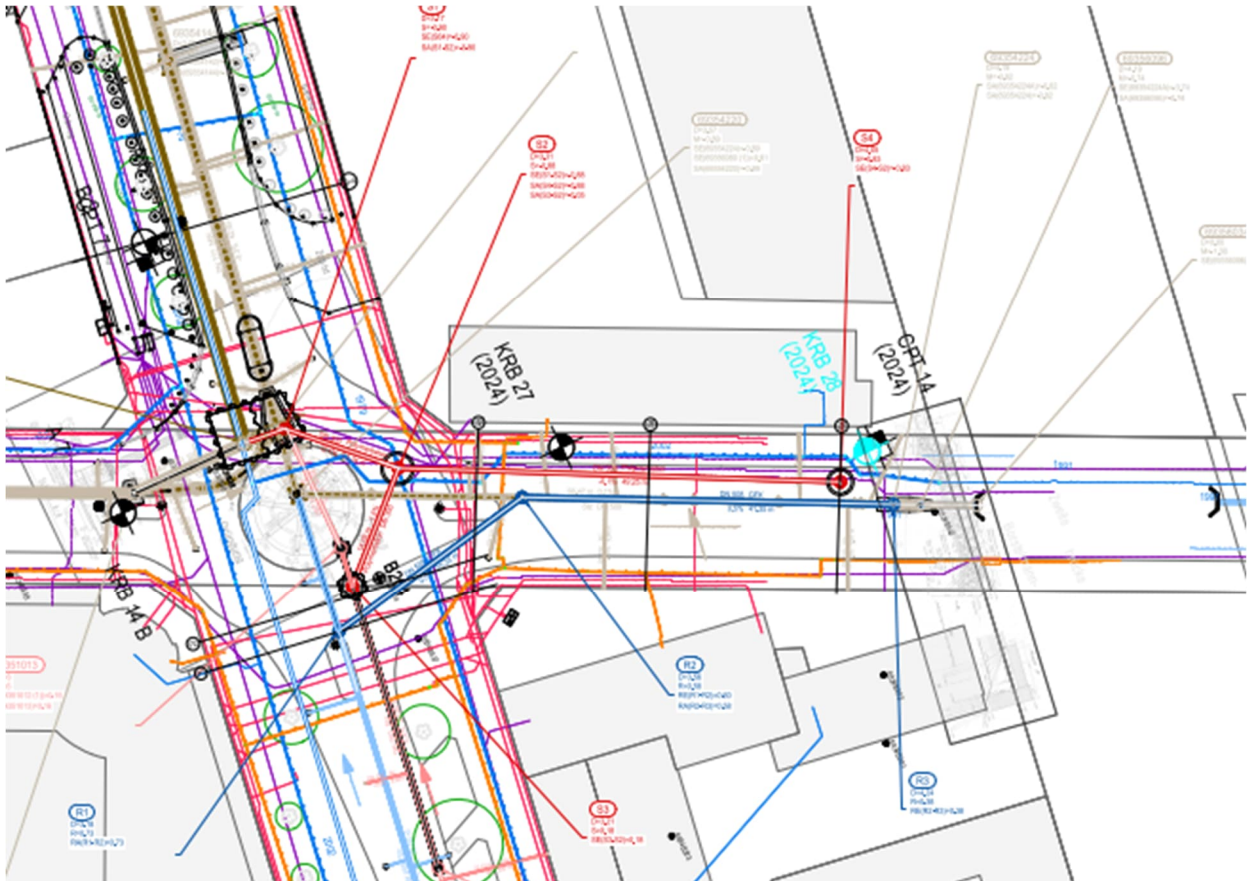


Abbildung 2-1: Ausschnitt des Lageplans des Projekts Süderstraße, Auszug aus Unterlage [5]

Die Geländehöhe liegt nach den bestehenden Deckelhöhen [5] auf einem Niveau zwischen etwa NHN+3 m und NHN+4,2 m.

Im Bereich Borstelmannsweg sind gemäß Unterlage [5] folgende Maßnahmen geplant:

- Neue Schachtbauwerke S1 bis S4 und R1 bis R3
- Anschluss- und Schachtbaugrube M8 als Spundwandbaugrube im Bereich der Kreuzung Borstelmannsweg/ Süderstraße mit Räumungsbohrungen zur Beseitigung des bestehenden befüllten Mauerwerkssiels. Die Spundwände sollen, insbesondere aufgrund der Nähe zum Rondell mit Säule und Kogge in der Mitte des Kreisverkehrs, eingepresst werden
Spundwandunterkante: nach Unterlage [8] auf einer Höhe von NHN -7,85 m
- Verbindungsleitung DN 300 aus Polymerbeton zwischen S2 und S3 (Ersatzschacht bei 69351013 mit vorhandener Pfahlgründung) ca.14 m Länge
Rohrsohle: zwischen ca. 4,1 m und 3 m u. GOK bzw. auf NHN -0,1 m und NHN -0,2 m

Nördlich des Maßnahmenbereiches verläuft der Südkanal etwa in Ost-West-Richtung. Dieser wird im Verlauf Borstelmannsweg von der Zweiten Borstelmannbrücke überspannt. Das Brückenwiderlager hat den Angaben zufolge eine Pfahlgründung. Rückverankerungen bis in den hier betrachteten Maßnahmenbereich hinein soll es nach erfolgten Abstimmungen zwischen der HSE und dem LSBG nicht geben.

3 Baugrundverhältnisse

Geologisch betrachtet liegt das Untersuchungsgebiet in der (ehemaligen) Elbmarsch. Die Baugrundverhältnisse sind im Untersuchungsgebiet durch mehrere Meter mächtige anthropogene Auffüllungen oberhalb von organischen Weichböden der Elbmarsch und unterlagernd im Regelfall Sanden geprägt. Die Auffüllungen erfolgten großräumig im Wesentlichen in der zweiten Hälfte des vorletzten Jahrhunderts und waren etwa 1900 abgeschlossen. Bei einer Geländehöhe im betrachteten Bereich zwischen etwa NHN +3,0 m bis NHN +4,2 m sowie einem mittleren Grundwasserstand von rd. NHN +0,25 m ist teilweise mit Grundwasser oberhalb der geplanten Sielsohlen bzw. innerhalb der zu erwartenden Tiefe der Baugruben (für z.B. Start- und Zielschächte) zu rechnen. Aufgrund der anstehenden organischen Weichböden und teilweise bindiger Auffüllungen, die zumeist nur sehr gering wasserdurchlässig sind (Wasserstauer), ist zusätzlich mit Stau- und Schichtenwasser zu rechnen.

3.1 Baugrunderkundungen

Die ergänzenden Baugrundaufschlussarbeiten in der Straße Borstelmannsweg wurden von der Dipl.-Ing. Ruider & Fütterer GmbH, Reinbek als Nachunternehmer der FWT vom 31.07. bis 01.08.2025 ausgeführt (s. Unterlage [2] und [3]). Bei der Nummerierung der Zusatzaufschlüsse wurde eine fortlaufende Nummerierung zu den bereits vorhandenen Aufschlüssen aus [1] gewählt.

Die Lage der Aufschlussansatzpunkte entlang der Sieltrassen wurde von uns in Abstimmung mit der HSE festgelegt und musste sich vor Ort an vorhandenen Leitungen sowie den Platz- und Verkehrsverhältnissen orientieren.

Gemäß abgestimmten Untersuchungskonzept sollten entlang der Sieltrassen im Bereich der Strecke 9 zusätzlich zwei Kleinrammbohrungen gem. DIN EN ISO 22475-1 mit Tiefen von jeweils 12 m und eine Drucksondierung mit einer Tiefe von ca. 25 m ausgeführt werden.

Mit den zwei Kleinrammbohrungen KRB 27 und KRB 28 konnten die geplanten Tiefen erreicht werden. Aus den ausgeführten Kleinrammbohrungen wurden gestörte Bodenproben zur geo- und umwelttechnischen Untersuchung gewonnen.

Die Ansatzpunkte der zusätzlich ausgeführten Kleinrammbohrungen (KRB 27 und 28), der Drucksondierung CPT 14 sowie der im Bereich durchgeführten Altaufschlüsse, sind dem Lageplan in Anlage Bor1 zu entnehmen. In Anlage Bor2 wurden die Ergebnisse der kennzeichnenden Aufschlüsse in Form von Bodenprofilen in einem geotechnischen Profilschnitt höhengerecht aufgetragen. Bei den in den Bohrprofilen dargestellten Wasserständen handelt es sich um bei den Bohrarbeiten angetroffene, noch nicht vollständig ausgepegelte Wasserstände, welche nicht den Bemessungswasserstand darstellen. Zusätzlich sind in den Profilschnitten der Spitzendruck, die Mantelreibung und das Reibungsverhältnis der Drucksondierungen höhengerecht aufgetragen.

Nachfolgend wird die im Einzelnen den Bohrprofilen des Geotechnischen Profilschnittes (Anlage Bor2) zu entnehmende Baugrundsichtung nähergehend beschrieben.

3.2 Auffüllungen

Die Aufschlüsse wurden überwiegend im Gehwegbereich des Borstelmannswegs und nur teilweise in der Straße selbst ausgeführt. Zur Durchführung der Aufschlüsse musste die vorhandene Oberflächenbefestigung aus Pflaster oder Asphalt aufgenommen bzw. durchbrochen oder durchkernt werden. Das Pflaster weist je nach Typ Dicken von 7 cm (Gehwegplatten bei KRB 27 und KRB 28) bis 19 cm (5 cm Asphalt und 14 cm Natursteinpflaster bei CPT 14) auf.

Unterhalb der Oberflächenbefestigungen wurden mit den Aufschlüssen anthropogene Auffüllungen erbohrt. Die Unterkante der Auffüllungen wurde in Tiefen zwischen 5,1 m (KRB 27) und 5,4 m (KRB 28) unter GOK bzw. in einer Tiefenlage um NHN -1,3 m erbohrt.

Bei den erkundeten Auffüllungen handelt es sich um Sande und um sandigen Schluff, der als bindig einzustufen ist und vermutlich ein umgelagerter Geschiebeboden ist. Der sandige Schluff steht dabei in etwa 2 m bis 2,5 m Schichtdicke an und besitzt nur eine weiche oder weich bis steife Konsistenz. Die bindigen Auffüllungsschichten werden zur Tiefe erneut von aufgefüllten Sanden unterlagert. In der KRB 28 wurden im Tiefenbereich von 3,60 m bis 4 m massiv Holzreste innerhalb der Auffüllung erbohrt.

Die Auffüllungen enthalten teils hohe Anteile an anthropogenen Beimengungen in Form von Bauschutt, Ziegelbruch, Schlacke und Asphalt. Die Zusammensetzung ist in beiden Bohrungen vergleichbar erbohrt worden (vgl. Anlage Bor2).

3.3 Organische Weichböden (Klei und Torf)

In den Bohrungen KRB 27 und KRB 28 wurden die organischen Weichböden ab NHN -1,26 m angetroffen. Die organischen Weichböden bestehen aus einer Abfolge von Klei über Torf und reichen in Strecke 9 im Mittel bis in eine Tiefe von ca. 8,2 m und maximal bis 8,5 m unter Gelände. Der Torf nimmt hierbei den größten Anteil der Weichschichten ein. Die Mächtigkeit der organischen Weichböden insgesamt liegt im Mittel bei 2,9 m.

Der Klei ist in KRB 28 überwiegend torfig ausgeprägt und wurde teils als weich, teils als weich bis steif angesprochen. Der Torf steht überwiegend in faseriger Form an, d.h. die enthaltenen Pflanzenreste sind größtenteils stark zersetzt.

Die erkundeten organischen Weichböden (Klei und Torf) sind als stark kompressibel, gering scherfest und insgesamt als wenig tragfähig bzw. setzungsempfindlich zu beurteilen. Entstehungsbedingt können im Torf auch größere Holzreste bis hin zu Baumstämmen vorkommen. Diese können für die Baumaßnahme Hindernisse darstellen.

3.4 Gewachsene Sande

Unter den organischen Weichschichten wurden gewachsene Sande bis zur Endteufe der Aufschlüsse (in der CPT 14 bis ca. 22 m unter GOK) erkundet. Bei den erbohrten Sanden handelt es sich zumeist um schwach feinsandige Mittelsande mit unterschiedlich ausgeprägten Anteilen an Grobsand und Kies sowie Schluff. Direkt unter den Weichschichten wurden teils erhöhte Schluffanteile bzw. Schlufflinsen in den Feinsanden festgestellt.

Nach der geologischen Baugrundplanungskarte von Hamburg ([4]) sind die Sande zunächst noch als holozäne Sande mit lokal möglichen Schluff- bzw. Kleizwischenschaltungen einzustufen. Erst ab Tiefen um etwa NHN -10 m ist der Übergang zu den durchgehend tragfähigen pleistozänen (eiszzeitlichen) Sanden im Untersuchungsbereich zu erwarten.

3.5 Ergebnisse der Drucksondierungen / Lagerungsdichten

Zusätzlich zu den direkten Aufschlüssen (Kleinrammbohrungen) wurde, insbesondere um die Lagerungsdichte und Beschaffenheit der nichtbindigen Böden zu untersuchen, eine Drucksondierung (CPT) gemäß DIN EN ISO 22476-1 ausgeführt. Die oberen 2 m wurden zur Vermeidung etwaiger Leitungsbeschädigungen vorgebohrt, so dass für diesen Bereich keine Daten vorliegen.

Grundsätzlich sind auf der Basis der folgenden Einteilungsgrenzen in Tabelle 3-1 die Lagerungsdichten nicht bindiger Böden abhängig von den erzielten Spitzenwiderständen zu unterscheiden.

Tabelle 3-1: Korrelation Spitzenwiderstand CPT und Lagerungsdichte

CPT Spitzenwiderstand q_c	Lagerungsdichte
$< 2,5 \text{ MN/m}^2$	sehr locker
2,5 bis 7,5 MN/m^2	locker
7,5 bis 15 MN/m^2	mitteldicht
15 bis 25 MN/m^2	dicht
$> 25 \text{ MN/m}^2$	sehr dicht

Die Auffüllung wurde mit den Drucksondierungen aufgrund der Vorschachtung nur im unteren Bereich erkundet. Die nichtbindigen sandigen Auffüllungen weisen demnach Spitzenwiderstände von $q_c = 1 \text{ MPa}$ bis $q_c = 4 \text{ MPa}$ vereinzelt $q_c = 14 \text{ MPa}$ auf und sind damit sehr locker bis locker gelagert, nur lokal mitteldicht.

Die bindigen Auffüllungen lassen sich nicht gut klassifizieren. Insgesamt ist hier aufgrund der geringeren als steifen Konsistenz von geringen Festigkeiten der bindigen Lagen auszugehen. Die Spitzendrücke sind bereichsweise ähnlich zu denen im gewachsenen Klei und Torf, lokal auch etwas höher. Dies ist vor allem mit dem eingelagerten Bauschutt zu erklären.

In den organischen Weichschichten wird die Drucksondierung in erster Linie zur Abgrenzung der Schichten verwendet. Das gilt auch für die interne Grenze zwischen Klei und Torf. Gemäß den erzielten Sondierergebnissen wurden in den Tiefenlagen der organischen Weichschichten aus Klei und Torf Spitzenwiderstände zwischen überwiegend nur etwa $0,7 \text{ MN/m}^2 \leq q_c \leq 2,0 \text{ MN/m}^2$ in Kombination mit Reibungsverhältnissen von überwiegend $R_f > 4 \%$ gemessen. Im Mittel wurden Spitzenwiderstände von $q_c \leq 0,8$ gemessen.

Für die organischen Weichschichten lassen sich näherungsweise die undrained Scherfestigkeiten gemäß DIN EN ISO 22476-1:2023-03 über die empirische Gleichung $c_u = (q_c - \sigma_{v,0})/N_k$ unter Ansatz eines auf Erfahrung basierenden Konusfaktors ableiten. Hierbei wird auf der sicheren Seite liegend vereinfacht ein Konusfaktor von $N_k = 20$ für die organischen Weichschichten als Erfahrungswert angesetzt. Die nach Gleichung (1) ermittelten undrained Scherfestigkeiten ergeben sich damit zu etwa $c_u = 35 \text{ kN/m}^2$ bis 75 kN/m^2 , i. M. etwa $c_u = 40 \text{ kN/m}^2$. Dies entspricht bei bindiger Beschaffenheit einer weichen Konsistenz, was in guter Übereinstimmung mit den manuellen Konsistenzbewertungen im Labor steht.

Die gewachsenen Sande unterhalb der Weichschichten sind mit Spitzenwiderständen von $q_c > 10 \text{ MPa}$ sowohl in den Tiefenzonen der holozänen Sande als auch in den tieferen pleistozänen Schichten mindestens mitteldicht und zur Tiefe dicht gelagert und somit gut tragfähig. Hinweise auf zwischengeschaltete Schluff- oder Kleilagen, erkennbar an lokalen Rücksprüngen des Spitzenwiderstandes, wurden in der CPT 14 nicht ermittelt.

4 Wasserverhältnisse und Bemessungswasserstand

Im Zuge der Baugrundaufschlussarbeiten wurden verschiedene Wasserstände in den Baugrundaufschlüssen und den ausgebauten bzw. vorhandenen Grundwassermessstellen eingemessen. Im Folgenden werden die anhand der Bohrungen und einer weitergehenden Messdatenrecherche aus [1] ermittelten Wasserverhältnisse im Untersuchungsbereich beschrieben und bewertet.

4.1 Grundwasser

Mit den aktuell ausgeführten Baugrundaufschlüssen wurde in beiden Kleinrammbohrungen Wasser angetroffen und im offenen Bohrloch in Tiefen zwischen 3,6 m und 4,5 m unter Gelände bzw. bei NHN +0,54 m und NHN -0,36 m eingemessen. Bei diesen Wasserständen handelt es sich zumeist um noch nicht vollständig im Bohrloch ausgepegeltes Grund-/Stauwasser. Die erbohrten Wasserstände lassen hier einen ausgeprägten Stauwasserhorizont in den Auffüllungen oberhalb der stauenden Weichschichten erkennen (vgl. Abschnitt 4.2).

Das Grundwasser steht mit variierender Druckhöhe entsprechend gespannt innerhalb und unterhalb der organischen Weichschichten (Klei und Torf) an, die aufgrund ihrer geringen Wasserdurchlässigkeit als natürliche Wasserstauer wirken. Die unteren Sande sind als durchgängiger und ergiebiger Grundwasserleiter (GWL) zu bewerten.

Eine Recherche der hydrogeologischen Daten im Geoportal der Metropolregion Hamburg sowie eine Nachfrage bei der BUKEA haben ergeben, dass der langjährig mittlere Grundwasserstand im Untersuchungsbereich zwischen rd. NHN -0,7 m und rd. NHN +0,6 m liegt. Mit Blick auf die vorhandene Geländehöhe im Untersuchungsbereich um rd. NHN +4,2 m beträgt der vorhandene Flurabstand von der Geländeoberkante bis zum Grundwasser somit i. M. etwa 3,5 m bis 5,0 m. Die geplanten Sielsohlen liegen danach überwiegend unterhalb der natürlichen Schwankungsbreite des Grundwassers.

Nach den Angaben im Geodatenportal der Stadt Hamburg werden für den Untersuchungsbereich Grundwassergleichen der maximalen Grundwasserstände von lediglich NHN +0,25 m angegeben.

Die Wasserstände des nördlich des Untersuchungsgebiets verlaufenden Südkanals werden nach [1] auf einem mittleren Wasserstand von NHN -0,05 m gehalten. Der Wasserstand darf danach durch den Betrieb der Brandshofer Schleuse bis auf ein Niveau von NHN -0,25 m abgesenkt werden. Der Maximalwasserstand ergibt sich abhängig vom Zufluss der Bille und lag im Jahr 2022 bei NHN +0,53 m. Aufgrund der Nähe des Baufeldes zum Südkanal ist von einer direkten Beeinflussung der Grundwasserverhältnisse durch den Kanalwasserstand auszugehen. Eine technische Dichtung des Kanals ist u.W. nicht vorhanden.

Nach den Angaben der BUKEA zu langjährigen Pegelmessdaten aus Beobachtungsbrunnen ist im Untersuchungsbereich mit Grundwasserständen zwischen NHN -0,7 m und NHN +0,6 m zu rechnen. Unter Berücksichtigung eines anzusetzenden Sicherheitsaufschlags in Höhe von gewählt 50 cm sollte der Bemessungsgrundwasserstand entsprechend auf NHN +1,1 m angesetzt werden.

Bauzeitlich können in Verbindung mit Pegelstandbeobachtungen hiervon ggf. abweichende (niedrigere) Werte eingeführt werden.

4.2 Stauwasser

Bei der Baugrunderkundung im Juli 2025 wurden Stau- bzw. Sicker- oder Schichtwasserstände oberhalb der stauenden Weichschichten in den Auffüllungen angetroffen. Aufgrund der Feststellungen in den aktuellen Bohrungen und der Nähe zum Südkanal ist hier von einem großflächig zusammenhängenden Stauwasserstand auszugehen. Dieser kann zeitweise vom Grundwasserdruckniveau abweichende Druckniveaus aufweisen und ist hier als gesonderter Stauwasserleiter (StWL) zu bewerten.

Oberhalb und innerhalb der bindigen Auffüllungen und organischen Weichschichten können temporäre Stau-, Sicker- und Schichtenwasserbildungen auftreten, die in Abhängigkeit vom Niederschlagsgeschehen und der Jahreszeit erfahrungsgemäß erheblichen Schwankungen unterliegen und bis zur jeweiligen GOK (Bemessungsstauwasserstand) ansteigen können.

4.3 Grundwasserbeschaffenheit

Das Grundwasser wurde im Rahmen der Untersuchungen im Bereich des Borstelmannswegs nicht gesondert untersucht. Im Rahmen der Sielerneuerungsmaßnahme Süderstraße sind in unserem vorangegangenen geotechnischen Bericht (vgl. Unterlage [1]) die Grundwasserbeschaffenheiten im Umfeld untersucht worden. Gesonderte Stauwasseruntersuchungen (innerhalb des Auffüllungshorizontes) erfolgten bislang jedoch noch nicht.

Es besteht nach Hinweisen der BUKEA großräumig eine Grundwasserkontamination mit LCKW in den Sanden unterhalb der Weichschichten, die bei der weiteren Planung von Grundwasserhaltungsmaßnahmen hinsichtlich Aufbereitungserfordernissen und der Arbeitssicherheit zu beachten ist. Für die Konzeption von Wasserhaltungsmaßnahmen zu Grundwasserabsenkungs- und/oder -entspannungen sind ergänzende Untersuchungen hinsichtlich der vorliegenden LCKW-Belastungen zu planen und durchzuführen, um notwendige Aufbereitungsmaßnahmen in angemessenem Umfang einplanen zu können.

5 Bodenmechanische Versuche und Bodenkennwerte

Zur genaueren Beurteilung und Einschätzung der erkundeten Bodenschichten wurden an den uns aus der Baugrunderkundung übergebenen gestörten und ungestörten Bodenproben neben einer manuellen kornanalytischen Bewertung weitere bodenmechanische Versuche durchgeführt. Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche werden nachfolgend zusammengefasst und erläutert, zudem werden Bodenkennwerte angegeben.

5.1 Wassergehalte

An kennzeichnenden Proben des organischen Weichbodens (Klei, humoser Klei und Torf) und des Schluff-Sand-Gemisches wurden die Wassergehalte gemäß DIN EN ISO 17892-1:2015-03 versuchstechnisch bestimmt und neben den Bohrprofilen angegeben (s. Anlage Bor2). Die ermittelten Extrem- und Mittelwerte sind in Tabelle 5-1 angegeben.

Tabelle 5-1: Wassergehalte

Bodenart	Anzahl	Wassergehalte w		
		min. w [%]	max. w [%]	i. M. w [%]
Klei	7	15,5	58,3	27,8
Klei, torfig	1	---	---	106
Torf	2	159	238	198,5

5.2 Korngrößenverteilungen

An fünf kennzeichnenden Proben des gewachsenen Sandes wurden Kornverteilungsanalysen gemäß DIN EN ISO 17892-4:2017-04 durchgeführt. Die Sande sind überwiegend der Bodengruppe SE und unmittelbar unter den Weichschichten aufgrund dort teils erhöhter Schluffanteile auch SU zuzuordnen. Die Sieblinien der durchgeführten Analysen sind in Anlage Bor3 angehängt. Ebenfalls sind in den Kornverteilungen die vereinfacht empirisch nach Hazen abzuleitenden Wasserdurchlässigkeiten angegeben. Aufgrund wechselnder Anteile des Grobkornes können die Wasserdurchlässigkeiten z.T. erheblich größer ausfallen.

5.3 Glühverluste

Die Bestimmung des Glühverlustes gemäß DIN 18128:2002-12 dient der Einschätzung des Anteils von organischer Substanz in den Bodenproben. Glühverlustbestimmungen wurden für eine nähergehende Bestimmung der Bodenart an kennzeichnenden Proben der organischen Weichböden durchgeführt. Die ermittelten Glühverluste sind in Tabelle 5-2 entsprechend der Bodenart aufgeführt und neben den Bohrprofilen angegeben (s. Anlage Bor2).

Tabelle 5-2: Glühverluste

Bodenart	Anzahl	Glühverlust V_{GI}		
		min. V_{GI} [%]	max. V_{GI} [%]	i. M. V_{GI} [%]
Torfiger Klei	1	---	---	27,7
Torf	1	---	---	58,7

Gemäß DIN EN ISO 14688-2:2018-05 handelt es sich somit bei dem Torf und dem torfigen Klei um stark organische Böden (> 20 Gew.-% Glühverlust).

5.4 Charakteristische Bodenkennwerte

Nach den Laborversuchen sowie der kornanalytischen Bodenprobenbewertung, den Angaben in den Schichtenverzeichnissen des Bohrunternehmers (s. Unterlage [2]) sowie unseren Erfahrungen mit vergleichbaren Böden können die in Tabelle 5-3 angegebenen charakteristischen Bodenkennwerte für die Durchführung erdstatischer Berechnungen angesetzt werden.

Unter Beachtung der 'Empfehlungen des Arbeitsausschusses Baugruben' (EAB) können die o. g. Kennwerte auch zur Bemessung von Baugrubensicherungen verwendet werden.

Tabelle 5-3: Bodenmechanische Kennwerte (charakteristisch)

Bodenart	Wichte	Steifemodul	Scherfestigkeit		
	γ/γ'	$E_{s,k}$	ϕ'_k	c'_k	$c_{u,k}$
	[kN/m ³]	[MN/m ²]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
Auffüllungen					
Sande z.T. mit schluffigen, organischen und anthropogenen Bestandteilen, locker gelagert	17/10 bis 19/11	10 bis 20	27,5 bis 30	0	0
Schluff, sandig z.T. mit Bauschuttresten, weich, weich-steif	19/10 bis 21/11	2 bis 5	25	0	30
Gewachsene Böden					
Sande (teils schwach org, teils schluffig) lockere bis mitteldichte Lagerung ($q_c < 7,5$ MPa)	18/10 bis 19/11	20 bis 30	30 bis 32,5	0	0
Sande ¹ (teils mit wenig organischen Einlagerungen) mind. mitteldichte Lagerung ($q_c \geq 7,5$ MPa)	19/11	≥ 30	35	0	0
Torf	11/1 bis 12/2	0,8 bis 1,5	15	5	15
Klei, $w \leq 70$ %	16/6 bis 17/7	1 bis 3	17,5	5	15 bis 20
Klei, $70 \% < w \leq 100$ %	15/5 bis 16/6	1 bis 3	17,5	5	15
Torfiger Klei, $w > 100$ %	13/3 bis 15/5	1 bis 2	17,5	5	10 bis 15

*1): Werte sind auch für einzubauende Füllsande in mitteldichter Lagerung anzusetzen

In der Tabelle bedeuten:

γ : Wichte des feuchten Bodens

γ' : Wichte des Bodens unter Auftrieb

ϕ'_k : Reibungswinkel des dränierten Bodens

c'_k : Kohäsion des dränierten Bodens

$c_{u,k}$: Kohäsion des undränierten Bodens

$E_{s,k}$: Steifemodul

6 Homogenbereiche

6.1 Kennwerte Bodenschichten

Für die nach VOB 2016, Teil C geforderte Einteilung der in Abschnitt 3 beschriebenen Bodenschichten in Homogenbereiche werden die Böden zunächst schichtweise mit ihren Eigenschaften und Kennwerten sowie deren Bandbreiten in der Anlage Bor5 dargestellt. Die hier angegebenen Bandbreiten der geotechnischen Eigenschaften und bodenmechanischen Kennwerte basieren auf den Erkundungsdaten, auf unseren Erfahrungen mit diesen Böden, dem ausgeführten Untersuchungsumfang im bodenmechanischen Labor sowie den Angaben in den Schichtenverzeichnissen des Bohrunternehmers (siehe [2]).

In den Anlagen werden die folgenden Bodenschichten beschrieben:

- | | |
|------------------------------|---------------|
| - Auffüllung, nichtbindig | Anlage Bor5.1 |
| - Auffüllung, Schluff sandig | Anlage Bor5.2 |
| - Klei, torfiger Klei | Anlage Bor5.3 |
| - Torf | Anlage Bor5.4 |
| - gewachsene Sande | Anlage Bor5.5 |

6.2 Einteilung Homogenbereiche

In der folgenden Tabelle 6-1 werden für die Planungsleistung der im zu erwartenden Umfang anfallenden Tiefbau- und Vortriebsarbeiten sowie deren Ausschreibung die in Abschnitt 6.1 benannten Bodenschichten entsprechend der VOB 2019, Teil C in vorläufige Homogenbereiche zusammengefasst. Unter Berücksichtigung des derzeitigen Planungsstandes werden Einteilungen für die folgenden Normen der VOB, Teil C vorgenommen und für diese die charakteristischen Bandbreiten der kennzeichnenden Bodenparameter angegeben:

- DIN 18300: 2019-09 (Erdarbeiten)
- DIN 18301: 2019-09 (Bohrarbeiten)
- DIN 18304: 2019-09 (Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten, vgl. auch Abschnitt 6.3)
- DIN 18319: 2019-09 (Rohrvortriebsarbeiten)
- DIN 18321: 2019-09 (Düsenstrahlarbeiten)

Tabelle 6-1: Einteilung Homogenbereiche

Bodenschicht ¹⁾	Erdarbeiten DIN 13800	Bohrarbeiten DIN 18301	Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten DIN 18304	Rohrvortriebs- arbeiten DIN 18319	Düsenstrahl- arbeiten ²⁾ DIN 18321
Auffüllung, nichtbindig	E1	B1	RRP1	RV1	---
Auffüllung, Schluff, sandig	E2	B2		RV2	D1
Klei, torfiger Klei	E3	B3	RRP2	RV2	D2
Torf					
Gewachsene Sande	E1	B1	RRP1	---	D1

1) Bei hohen Bauschuttanteilen, Verbau- und Fundamentresten etc. ggf. abweichende Einstufung, u. a. aufgrund möglicher Schadstoffbelastung

2) Beim gleichzeitigen Durchfahren mehrerer Bodenschichten in Bereichen von Wechsellagerungen sind die jeweils ungünstigeren Bodenparameter anzusetzen. Dies gilt auch für das Verklebungspotential

In Abhängigkeit von der weitergehenden Planung der Baumaßnahme bzw. unter Berücksichtigung baubetrieblicher und verfahrenstechnischer Kriterien sind die hier angegebenen Homogenbereiche ggf. mit den Objektplanern abzustimmen, fortzuschreiben und/oder anzupassen.

Die Eigenschaften und Kennwerte bzw. die charakteristischen Bandbreiten der kennzeichnenden Bodenparameter der einzelnen Bodenschichten können den schichtweisen Zusammenstellungen in der Anlage Bor5 entnommen werden.

6.3 Ramm-, Rüttel- und Pressbarkeit

Rammarbeiten sollten aufgrund der innerstädtischen Lage mit umliegend empfindlicher Bausubstanz sowie empfindlichen Leitungen ausgeschlossen werden.

Die anstehenden nicht bindigen Auffüllungen (Sande) sind nach den vorliegenden Baugrunderkundungen mit Ausnahme von lokal möglichen Hindernissen als geeignet für das Rüttelverfahren zu bewerten. Als Leitparameter wird hierbei gemäß den Empfehlungen der Bundesanstalt für Wasserbau (Merkblatt MEH, 2017) der Spitzenwiderstand herangezogen. Dieser liegt in den rolligen Böden unter 20 MPa. In den bindigen Auffüllungen wurden vielfach Spitzenwiderstände von > 0,5 MPa gemessen. Aufgrund der Wassersättigung und sandiger Anteile sowie zumeist nur weicher Konsistenz halten wir die Rüttelbarkeit in diesen Böden für voraussichtlich gegeben (geeignet). Wir empfehlen bei größerer Mächtigkeit solcher Auffüllungen aus sandigem Schluff jedoch zur genaueren Beurteilung vorab Rüttelversuche durchzuführen, um eine optimierte Einbringmethode ermitteln zu können.

Die gewachsenen Weichböden Klei, torfiger Klei und Torf weisen gemäß vorliegender Drucksondierergebnisse nur geringe Spitzenwiderstände von zumeist unter 0,5 MPa auf, so dass sie durchgehend als geeignet für das Rütteln zu bewerten sind.

Die gewachsenen Sande sind mit Spitzenwiderständen bis zu 20 MPa ebenfalls als geeignet für das Rüttelverfahren zu bezeichnen. Bei Spitzenwiderständen oberhalb von 20 MPa ist das Rüttelverfahren als schwierig bis sehr schwierig zu bewerten. Sande mit derart hohen Spitzenwiderständen stehen im Untersuchungsbereich ab Tiefen von etwa 13 m unter GOK an.

Die Pressbarkeit der anstehenden Böden ist mit Ausnahme von Hindernissen, wie massiven Bauschuttresten oder Holz, als überwiegend geeignet zu bewerten. In den nicht bindigen Sanden ist die Pressbarkeit gemäß o. g. Merkblatt MEH mit Spitzenwiderständen von bis zu 15 MPa noch als geeignet einzustufen. Größere Spitzenwiderstände, die als problematisch für das Einpressen zu bewerten sind, stehen im Baubereich in den gewachsenen Sanden verbreitet schon ab Tiefen von ca. 8,5 m unter GOK an.

Bei stärkeren Bauschutteinlagerungen in den Auffüllungen oder zu erwartenden höheren Spitzenwiderständen im zu durchteufenden Tiefenbereich sind erforderlichenfalls Einbringhilfen z. B. in Form von Lockerungsbohrungen vorzusehen. Im Nahbereich bzw. in Lastausstrahlungsbereichen benachbarter Gründungen sind Auflockerungen und Bodenentzug jedoch zu vermeiden.

7 Geotechnische Stellungnahme

Geotechnisch kennzeichnend für die geplanten Sielneubaumaßnahmen im Borstelmannsweg sind die mit anthropogenen Auffüllungen überprägten organischen Weichböden der ehemaligen Elbmarsch bestehend aus Klei und Torf in Verbindung mit Grundwasserständen zumeist oberhalb der Sielsohlen. Die Lage der Maßnahmen teils im Nahbereich eines Denkmalbaus und unterhalb stark frequentierter Stadtstraßen macht bei den verbreitet setzungsempfindlichen Böden daher teilweise eine auch das Grundwasser schonende, geschlossene/ grabenlose Bauweise notwendig.

Nachfolgend werden zunächst Gründungsempfehlungen zur offenen Bauweise und die erforderlichen Maßnahmen zu den Baugrubenausbildungen und deren Bemessung sowie zu den bauzeitlichen Trockenhaltungsmaßnahmen aufgeführt. Anschließend werden geotechnische Empfehlungen für die im Rohrvortrieb vorgesehene Sielneubaumaßnahme des S-Siels sowie zu den Schachtgründungen gegeben.

Die Ergebnisse der orientierend durchgeführten umwelttechnischen Untersuchungen im Maßnahmenbereich werden abschließend in Abschnitt 8 dargelegt.

7.1 Hinweise zur offenen Bauweise

7.1.1 Empfehlungen zur Herrichtung der Siel- und Schachtauflager, zu den Erdarbeiten und zur Wiederverfüllung von Baugruben

Das neu zu errichtende Regenwassersiel DN 508 GFK liegt mit seiner Sohle auf einem Niveau zwischen etwa NHN +0,4 m und NHN +0,7 m. Es liegt somit innerhalb der Auffüllungen, teils in umgelagertem bindigen Geschiebeboden weicher Konsistenz, teils in locker gelagerten sandigen Auffüllungen. Die organischen Weichböden bzw. der zur Tiefe folgende Klei steht nach den Bohrprofilen erst deutlich tiefer an und dürfte durch die sandigen Auffüllungen mehr als 1 m mächtig abgedeckt sein.

Das Rohraufleger liegt zudem im Schwankungsbereich des festgestellten Stauwassers, unterhalb der festgelegten Bemessungswasserstände.

Im Siel- oder Schachtauflegerbereich anstehende bindige Böden in geringerer als steifer Konsistenz, unbekannt beschaffene Auffüllungen und ggf. organische Böden sind als Rohraufleger im offenen Leitungsbau nicht geeignet und erfordern einen ggf. individuell festzulegenden Bodenaustausch.

Sollten in Höhe der jeweiligen Gründungsebene/Rohrauflegerzone bindige oder organische Böden (Schluff bzw. Lehm, Mergel oder Klei/Torf/Mudde) mit geringerer als steifer Konsistenz anstehen, sind diese Böden im unter 45° ausgebreiteten Druckausstrahlungsbereich des Rohrauflegers in der Grabensohle auszuheben und gegen einen Bodenersatz (Sickerpackung) auszutauschen. Der Austausch kann dabei in weichem Schluff und bei Klei auf eine Dicke von etwa 50 cm begrenzt werden. Gemäß den Vorgaben der ZTV-Siele und der DIN EN 1610:2015-12 ist unter dem Rohr ohnehin ein Auflager aus gut verdichtungsfähigen Sanden zu schaffen, welches mind. etwa 20 cm Schichtstärke erhält. Zusätzlich bzw. mit dem Bodenaustausch ist zur Einrichtung einer offenen Wasserhaltung zur bauzeitlichen Fassung von Grund-/Stauwasser eine filterstabile Sickerpackung von wenigstens 15 cm Schichtstärke gem. ZTV-Siele auszubilden. Bei breiiger Konsistenz der unterlagernd anstehenden bindigen Böden ist die Austauschtiefe in der Grabensohle ggf. zu vergrößern.

Zur Herrichtung der Auflagerzone im Bodenaustauschverfahren können als Austauschmaterial gut verdichtungsfähige ton- und schluffarme Füllsande ($CU \geq 3$, Schlämmkornanteil ≤ 3 Gew.-%) oder gröbere Körnungen eingesetzt werden. Zur Gewährleistung der Filterstabilität ist ein geeignetes Filtervlies gem. ZTV-Siele zu verwenden.

Üblicherweise sind die Füllsande lagenweise in Schüttlagen von $h \leq 30$ cm Dicke einzubauen und auf mindestens mitteldichte Lagerung zu verdichten. Die besonderen Anforderungen bzgl. zulässiger Einbauschichtdicken, Verdichtungsenergie und Verdichtungsanforderungen in den verschiedenen Verfüll- und Bettungszonen sind bei der Baugrubenverfüllung gem. ZTV-Siele bzw. DIN EN 1610:2015-12 und rohrstatischen Vorgaben zu beachten. Die einzusetzende Verdichtungsenergie ist grundsätzlich auf die benachbarte Bebauung abzustimmen. Wir empfehlen, hier nur leichtes Verdichtungsgerät bei geringer mächtigen Schüttlagen einzusetzen.

Im Falle einer Flachgründung auf einem begrenzten Bodenaustauschpolster oberhalb der setzungsempfindlichen Böden wären bei einer Stahlbetonbauweise der Schachtbauwerke langfristig lastbedingte Setzungen in einer Größenordnung von 1 cm bis 2 cm zu erwarten. Langfristige Kriechsetzungen der organischen Weichböden sind darüber hinaus noch in einer Größenordnung von mehreren Zentimetern möglich, die sich jedoch muldenförmig vergleichmäßig im Gelände einstellen dürften. Die insgesamt zu erwartenden Setzungen und Setzungsdifferenzen dürften bei einem verformungswilligen gelenkigen Anschluss der Leitungen an die Schächte somit auch hydraulisch verträglich sein.

Im Rahmen der Erdarbeiten ist grundsätzlich zu beachten, dass bindige und organische Böden bei Wasserzutritt, insbesondere im Zusammenhang mit dynamischen Beanspruchungen beim Bodenaushub, schnell zum Aufweichen bis hin zur Verflüssigung neigen. Die Aushubarbeiten sind daher in Bereichen mit organischen Weichschichten, ggf. in Abhängigkeit vom Niederschlagsgeschehen bei laufender Wasserhaltung, rückschreitend mit glattschneidiger Baggerschaufel auszuführen. Um ein Aufweichen der fertiggestellten Aushubsohle zu vermeiden, ist diese umgehend nach dem Freilegen mit einer Arbeitsschutzschicht aus dem v. g. Füllsandmaterial, Filterkies (Sickerpackung) oder Magerbeton abzudecken und möglichst nicht mehr zu betreten. In Aushubebenen anstehender bindiger und organischer Boden ist zudem frostgefährdet und vor Frosteindringung zu schützen. Dennoch gefrorene oder aufgetaute bindige Böden müssen ebenfalls gegen zu verdichtende Sande ausgetauscht werden.

Hinsichtlich der Herstellung und der Qualitätsanforderung der Verfüllung von Baugruben sind die gültigen Bestimmungen der ZTV-Siele und der ZTV A-StB 12 sowie DIN EN 1610:2015-12 zu beachten. Zur Kontrolle und zum Nachweis des Verdichtungserfolges sind in ausreichender Anzahl geeignete Verdichtungskontrollen z. B. mittels leichter Rammsondierungen oder Dichteprüfungen durchzuführen und fachtechnisch bewerten zu lassen.

7.2 Empfehlungen zur Ausbildung der Baugruben

Die Sielneubauten sind überwiegend in neuer Trasse teilweise im grabenlosen Rohrvortrieb geplant. Es sind daher Start- und Zielbaugruben sowie eine Leitungsbaugrube für die offene Sielerneuerung des R-Siel erforderlich. Weitere Baugrubensicherungsmaßnahmen sind im Bereich von zusätzlichen Schachtbauten sowie ggf. in Teilrückbau- und Anschlussbereichen erforderlich.

7.2.1 Hinweise zur Herstellung von Baugruben und zur bauzeitlichen Trockenhaltung

Die in offener Bauweise geplanten Sielleitungen liegen, wie oben erwähnt, im Grund- bzw. Stauwassereinflussbereich, so dass für Arbeiten in offenen Baugruben zusätzliche Maßnahmen zur Trockenhaltung in Form von genehmigungspflichtigen Grund-/Stauwasserabsenkungen oder die Herstellung eines „wasserdichten“ Verbaus erforderlich sind. Entsprechende Restwasserhaltungen wären bei der Ausbildung von „wasserdichten“ Baugruben je nach erzielter Dichtigkeit durchzuführen.

Länger andauernde bauzeitliche Grundwasserabsenkungen sind aufgrund möglicher Setzungseinflüsse durch Weichschichten im Absenkbereich grundsätzlich als kritisch zu bewerten und wären im Einzelfall hinsichtlich möglicher Auswirkungen und einer Genehmigungsfähigkeit genauer zu betrachten. Die verbreitet anstehenden bindig/schluffigen Auffüllungen erschweren zudem aufgrund ihrer schlechten Entwässerbarkeit die Ausführung von bauzeitlichen Grundwasserabsenkungen. Diese Bodenschichten sind zudem bei Wassersättigung fließgefährdet.

Die Entnahme und die Einleitung von gesammeltem Baugrubenwasser in die öffentlichen Sielanlagen sind grundsätzlich genehmigungspflichtig und müssten rechtzeitig vor Beginn der Arbeiten geplant und beantragt werden.

Aufgrund möglicher Setzungsauswirkungen durch die verbreitet anstehenden setzungsempfindlichen Weichschichten empfehlen wir, Grundwasserabsenkungen auf ein unbedingt notwendiges räumliches und zeitliches Maß zu begrenzen. Bei lokal dennoch vorgesehenen bauzeitlichen Eingriffen in das Grundwasser sollten zur Minimierung der Entnahmemengen Steuerungsmaßnahmen der Pumpzeiten zur Einhaltung und Minimierung der Absenksziele über hierfür einzurichtende Beobachtungspegel durchgeführt werden.

Aufgrund bekannter aber nicht quantifizierter Belastungen des in den unteren Sanden anstehenden Grundwasserleiters mit LCKW sind im Bedarfsfall weitergehende Untersuchungen zur Grundwasserbeschaffenheit hinsichtlich erforderlicher Aufbereitungsmaßnahmen und ggf. auch arbeitssicherheitstechnischer Belange durchzuführen.

Im Bedarfsfall sind auf Grundlage aktueller Grundwasserstandmessungen (bauzeitliche Bemessungswasserstände) ggf. weitere Betrachtungen zu Auftriebthematiken, den tatsächlich zu erwartenden Fördermengen, Setzungsrisiken etc. durchzuführen. Hierfür stehen wir gern zur Verfügung.

Für die Planung und Genehmigung von bauzeitlichen Wasserhaltungsmaßnahmen und der Einleitung des geförderten Wassers in die öffentlichen Vorfluter wäre auch die chemische Beschaffenheit des Stauwassers gesondert zu berücksichtigen. Der hier ausgeprägte Stauwasserhorizont wurde bislang noch nicht gesondert beprobt und untersucht.

Die Ergebnisse der chemischen Grundwasseranalysen (aus dem tieferen Grundwasserleiter unter den Weichböden) sind dem ersten Bericht (vgl. Unterlage [1]) zu entnehmen. Aufgrund der auch hierbei im

Grundwasser lokal festgestellten LCKW-Belastung, empfehlen wir eine frühzeitige Abstimmung mit der für die Genehmigung zuständigen BUKEA bezüglich einer ggf. erforderlichen Aufbereitung des Grundwassers vor der Einleitung.

Für die Baugruben der Schächte S1, S2 und S4 (Start- und Zielbaugruben) wird die Ausbildung eines wasserdichten Baugrubenverbau oder aber der Einsatz von entsprechenden Absenkschächten empfohlen. Als Baugrubenverbau würde grundsätzlich eine wassersperrende Spundwandbauweise oder eine entsprechend verformungsarme Bohrpfahlwand infrage kommen, die mit einer wasserdichten Baugrubensohle abzudichten wären. Eine alleinige Einbindung in die „wasserdichtenden“ Schichten (hier zumeist Torf) ist nicht ausreichend auftriebssicher.

Die Dichtigkeit der Baugruben sollte generell als Qualitätsmerkmal in die Ausschreibung aufgenommen werden. Nach allgemeiner Erfahrung ist hier ein Wert für die der Baugrube zutretenden Restwassermengen von weniger als $q_R = 1,5 \text{ l/sec. je } 1.000 \text{ m}^2$ benetzter Baugrubenumschließungsfläche unter dem Grundwasserspiegel „Stand der Technik“. Restwasserhaltungen innerhalb der Baugrube sind entsprechend der erzielten Dichtigkeit der Baugrubenbauteile einzuplanen und im erforderlichen Umfang zu betreiben. Auch die Restwasserhaltung und die Ableitung des insgesamt anfallenden Baugrubentagwassers sind genehmigungspflichtig.

Da es sich um ein innerstädtisches Bauvorhaben handelt, müssen sämtliche Verbauelemente erschütterungsarm eingebracht werden. Spundwände wären ggf. nach entsprechenden Lockerungsbohrungen entsprechend einzupressen und Träger von Trägerbohlwänden wären in vorgebohrte Löcher einzustellen.

Die grundsätzliche Einsetzbarkeit von Hochfrequenz-Vibrationsrüttlern zur Verbaueinbringung ist im Vorweg anhand der Abstände zu umliegender Bebauung und deren jeweiliger Empfindlichkeit in Abstimmung mit einem Beweissicherer zu bewerten. Die schadlose Anwendbarkeit wäre auf der Grundlage von „Proberammungen“ in Verbindung mit Erschütterungsmessungen in den umliegenden Gebäuden zu prüfen und zu bewerten. Bei einem Einsatz von Rüttlern zur Einbringung der Verbauträger oder Spundbohlen empfehlen wir fachgerechte Erschütterungsmessungen mit Alarmgeberfunktion bei Grenzwertüberschreitungen zur Beweissicherung während der Ausführungsdauer durchzuführen, um mögliche negative Auswirkungen auf umliegende bauliche Anlagen auf der Grundlage der DIN 4150 rechtzeitig festzustellen und diesen durch geeignete Maßnahmen entgegen zu wirken. Grundsätzlich sollten bei Anwendung des Hochfrequenz-Vibrationsverfahrens ausschließlich Vibrationsrammen der neuesten Generation mit resonanzfreiem An- und Auslaufen verwendet werden.

Schlagammungen sollten zur Verbaueinbringung nicht angewendet werden, da ein erhöhtes Schadpotential zu erwarten ist.

Die Bemessungs- und Ausführungshinweise zu Verbauelementen, wie z.B. die max. Einbindetiefe und Hinweise zum Einbringen und Ziehen von Verbauteilen, sind gemäß EAB sowie der gültigen ZTV-Siele zu beachten. Für das Ziehen von Verbauelementen mit Einbindung unter die Sielsohle sind besondere Maßnahmen zu beachten und die Zustimmung der HSE im Vorweg einzuholen. I. d. R. sind Verbauteile mit einer Einbindung unter die Sielsohle unter GOK abzubrennen und im Baugrund zu belassen, um den Auflager- und Bettungsbereich der Rohrleitung nicht nachträglich zu stören.

Für die Herstellung der Baugruben sind in jedem Fall entsprechend schwere Geräte erforderlich, die eine ausreichend standfeste Arbeitsebene erfordern. Die Herrichtung von ausreichend standfesten Arbeitsebenen durch den Einbau von Tragschichten, Einsatz von Baggermatratzen und evtl. im Vorweg notwendige Umlegungen von verformungsempfindlichen Leitungen/Schächten in den Arbeitsbereichen sind zu beachten.

7.2.2 Baugrubenaussteifung / Verpressanker

Je nach Baugrubentiefe und -form werden Maßnahmen zur Aussteifung erforderlich. i.d.R. können diese über innenliegende Queraussteifungen erfolgen. Die hieraus resultierenden Bewegungseinschränkungen innerhalb der Baugrube sind dann zu berücksichtigen.

Alternativ kann im Bedarfsfall die Baugrubenaussteifung größerer Baugruben durch die Anordnung von Verpressankern gemäß DIN EN 1537:2014-07 erfolgen. Hierzu wäre die Zustimmung betroffener Grundeigentümer einzuholen und es wären im Vorweg etwaige Ablösekosten für verbleibende Ankerbauteile zu vereinbaren. Bei einer etwaigen Ankerherstellung wären des Weiteren die Lage von Ver- und Entsorgungsleitungen zu berücksichtigen. Generell sollten die Verpresskörper möglichst in gewachsenen gut tragfähigen Böden (mind. mitteldicht gelagerte Sande) angeordnet werden. Eine Anordnung von Verpresskörpern innerhalb der inhomogenen, teils bindigen Auffüllungen ist nicht empfehlenswert. Im Bereich der Verpresskörperanordnung wären bei ungenügender Kenntnis des Baugrunds ergänzende Aufschlüsse auszuführen. Sollten Verankerungen vorgesehen werden, können im Bedarfsfall zur Vorbemessung Bemessungswerte des Herauszieh Widerstandes angegeben werden. Im Bedarfsfall sollte die Ankerherstellung so ausgeschrieben werden, dass die Wahl des Ankersystems, des Herstellverfahrens und der erforderlichen Längen der Verpressstrecken im Verantwortungsbereich der ausführenden Firma liegt. Die Firma hat die äußere Tragfähigkeit der Anker nachzuweisen.

7.2.3 Baugrubenbemessung, Erddruckansätze und Verformungsbegrenzungen

Für die Bemessung von Baugruben sind generell die Vorgaben der EAB der DGGT zu beachten. Zusätzlich sind die DIN 4124:2012-01 und im Einflussbereich von Nachbarbebauung die DIN 4123:2013-04 anzuwenden. Die Bemessungswasserstände sind gemäß Abschnitt 4 zu berücksichtigen.

In Abhängigkeit von der Lage und Baugrubenausdehnung sind ggf. die Gründungsverhältnisse (Gründungsart, -tiefe und ggf. -lasten) der benachbarten Bebauung im Vorweg zu ermitteln und hinsichtlich möglicher Erddruckeinwirkungen auf den Baugrubenverbau zu prüfen.

Die rechnerischen horizontalen Verbauverformungen sollten generell auf $w \leq 1,5 \text{ cm}$ begrenzt und der Verbau sollte für einen erhöhten aktiven Erddruck $E_{a0} = (E_a + E_0) / 2$ bemessen werden, um Setzungen in den umliegenden Flächen zu begrenzen. Verformungsempfindliche Leitungen im Nahbereich, die nicht zuvor verlegt werden, können im Einzelfall geringere (strengere) Verformungsbegrenzungen erforderlich machen. Die Verträglichkeit der Verformungen/Setzungen mit im Nahbereich u. U. vorhandenen Nachbargebäuden ist ggf. gesondert nachzuweisen. Im theoretischen Erddruckkeil, in welchem erfahrungsgemäß die Bodenverformungen umlaufend auftreten können, wären Nacharbeiten an Oberflächenbefestigungen etc. bewusst in Kauf zu nehmen. Unter bewusster Inkaufnahme größerer Verformungseinflüsse auch an der umliegenden Oberfläche wären lokal auch größere zulässige Wandverformungen und/oder eine Verbaubemessung mit dem aktiven Erddruck denkbar.

Bei der Anordnung und Absenkung des Absenkschachtes nach der Zweiten Borstelmannbrücke (Br.-Nr. 228) ist zu beachten, dass keine Rückverankerungen im Baubereich vorhanden sind und beschädigt oder durch Bodenauflockerung in ihrer Tragfähigkeit herabgesetzt werden können.

Bei Start- bzw. Pressschächten sind zusätzlich für die jeweilige Widerlagerwand hinter den Pressenrahmen die Standsicherheit und Gebrauchsfähigkeit nachzuweisen. Das System Widerlagerwand/ Verbauwand und Baugrund muss die auftretenden Pressenkräfte verträglich (verformungsarm) aufnehmen und abtragen können. Die aus der Presskraft und der Steifigkeit der Verbau- bzw. Schachtwand resultierenden Druckordinaten, die auf den Baugrund im Widerlagerbereich einwirken, dürfen den Erdwiderstand nicht überschreiten. Maßgeblich ist hierbei die Oberkante der Widerlagerkonstruktion, da der Erdwiderstand hier am geringsten ist.

Insbesondere im Fall einer erforderlichen Wasserdichtigkeit der Startbaugrube sind die möglichen Verformungen der Widerlagerwand und des Baugrundes zu berücksichtigen. Ausgehend von der maximal zulässigen Presskraft zzgl. eines Sicherheitszuschlages für eventuelle Notsituationen sollte bei dem o. g. erdstatischen Nachweis daher in Anlehnung an die EAB eine globale Sicherheit von mindestens $\eta = 1,5$ berücksichtigt werden.

Die häufig zu erwartenden Schwellbelastungen sind bei der Dimensionierung der Widerlagerkonstruktion zu berücksichtigen.

7.2.4 Hinweis zum Einfluss der Baugruben im Bereich des Rondells mit Säule und Kogge

Nach Unterlage [9] reicht die Gründung des Rondells im Bereich des Kreisverkehrs an der Kreuzung Borstelmannsweg/ Süderstraße mit den Pfahlfüßen bis in eine Tiefe von NHN -8,80 m. Nach Angaben des Herstellers König GmbH findet die Lasteinbringung im Bereich des gewachsenen Sandes, hier zwischen NHN -5,80 m und NHN -8,80 m, statt. Die Arbeiten im Bereich des Denkmals, hauptsächlich die Maßnahmen der Baugrube M8, erreichen nach Unterlage [8] mit den Räumungsbohrungen eine Tiefe von NHN -2,25 m und mit den einzupressenden Spundwänden eine Tiefe von minimal NHN -7,85 m.

Die Räumungsbohrungen im Bereich der Zielbaugrube M8 liegen mit der zu erreichenden Tiefe von etwa NHN -2,25 m weit genug oberhalb des Lastabtragsbereiches der Pfahlgründung. Auch die Spundwand, welche hier eingepresst werden soll, endet 1 m oberhalb der Pfahlfüße. Die Spundwand ist zudem mindestens etwa 1,8 m entfernt vom nächstgelegenen Pfahl. Eine Beeinträchtigung der Pfahlgründung der Rondell-Gründung bzw. ein Setzeinfluss auf das Bestandsbauwerk ist daher praktisch auszuschließen. Die geplante Ausführung der Baugrube M8 mit Räumungsbohrungen zur vorlaufenden Altsiel-Räumung und anschließend im Pressverfahren eingebrachter Spundwand ist daher in Bezug auf die Gründung des Rondells aus geotechnischer Sicht unbedenklich.

7.3 Empfehlungen für die geschlossene Rohrvortriebsbauweise

7.3.1 Hinweise zum Rohrvortrieb

Die Sielsohle des neuen S-Siels DN 300 soll zwischen etwa NHN -0,73 m und NHN -0,91 m liegen. Der Vortrieb liegt nach den vorliegenden Baugrundaufschlüssen somit in den vorwiegend locker gelagerten sandigen Auffüllungen knapp oberhalb der organischen Weichschichten. Aufgrund üblicher

Schwankungen in den Schichtverläufen ist davon auszugehen, dass die Vortriebsgradiente teilweise auch in die Weichschichten (Klei und Torf) einschneidet.

Die bauzeitlich auftretenden Stauwasserstände in den sandigen Auffüllungen sind deutlich oberhalb der Vortriebsgradienten zu erwarten.

Es besteht in den heterogenen Auffüllungen resultierend aus Bauschutt und Gründungsresten sowie örtlich erbohrten massiven Holzresten eine erhöhte Hindernisgefahr.

Die Steuerbarkeit des Rohrvortriebs ist in weichem Klei u. U. eingeschränkt.

Die Bergemöglichkeit bei Stillständen des Vortriebs aufgrund von Hindernissen ist im Nahbereich des vorhandenen Denkmalbauwerks auch abhängig von der vorhandenen Pfahlanordnung ggf. eingeschränkt.

Für den Vortrieb kommt z.B. die Ausführung eines Mikrotunnelings mit Spülförderung in Frage. Für den Sielquerschnitt DN 300 dürfte zum lagesicheren Auffahren der Sielleitung alternativ auch ein Pilotrohrvortrieb ausführbar sein. Aufgrund der hierbei zunächst vorlaufend aufzufahrenden gesteuerten Pilotbohrung kleineren Durchmessers dürfte ein deutlich geringeres Risiko von Lageabweichungen bestehen. Hierbei wären die anstehenden Grund- und Stauwasserverhältnisse zu beachten und bauzeitlich ggf. zu begrenzen. Entsprechend wären geeignete Schneckenschleusen, Druckluftbeaufschlagungen, o. ä. einzusetzen. Bei Stillständen wären darüber hinaus Abriegelungen vorzunehmen.

Aufgrund des kleinen Rohrdurchmessers kann voraussichtlich keine Steinbrechereinrichtung zur Anwendung kommen. Ggf. sind kleinere Hindernisse in den lockeren Auffüllungen verdrängbar.

Aufgrund des Risikos eines Absackens der i.A. relativ schweren Vortriebsmaschine in weichen Klei- oder Torfschichten bzw. Steuererschwernissen bei stark unterschiedlichen Bodenfestigkeiten oder lokalen Verflüssigungen kann eine vorlaufende Bodenverbesserung und Homogenisierung der Auffüllung und der setzungsempfindlichen Weichböden in und unter der Vortriebsgradienten z. B. mittels einer Bodenvermörtelung im Düsenstrahlverfahren sinnvoll sein. Diese würde auch eine Vermeidung von langfristig weiter zu erwartenden Kriechsetzungen der Weichböden und entstehenden Setzungsdifferenzen zwischen tiefgegründeten Schachtbauwerken und dem neuen Siel zur Folge haben.

Für die Ein- und Ausfahrt des Vortriebs an den Start- und Zielschachtbaugruben mit Einbindung in das Grund-/Stauwasser kann in den sandigen Auffüllungen voraussichtlich eine kurzzeitige genehmigungspflichtige Grundwasserabsenkung erfolgen, sofern wasserführende Sande oder Sandlagen in den Bereichen anzutreffen sind.

Zur ausreichend sicheren Wasserabspernung sind als erste Sicherungsmaßnahme in situ angepasst positionierte Lippendichtungen (doppelte Lippendichtung) einzusetzen. Zieldichtungssysteme müssen generell in der Lage sein, die Toleranzen des Rohrvortriebs ausreichend auszugleichen.

Als zweite Sicherungsmaßnahme für den Ausfahrvorgang (aus dem Boden in den Zielschacht) kann dann entweder die o. g. temporäre Grundwasserabsenkung oder aber die Einfahrt in einen gefluteten Zielschacht erfolgen, wenn durch einen Wasserüberdruck im Zielschacht Bodeneinspülungen in den Zielschacht ausreichend sicher vermieden werden können. Aufgrund der ohnehin für eine Bodenvermörtelung einzusetzenden Düsenstrahltechnik kann auch die Anordnung von Dichtblöcken erwogen werden.

In Abhängigkeit des zur Ausführung kommenden Vortriebsverfahrens und ggf. zu verdrängenden Hindernissen treten um den aufzufahrenden Querschnitt herum mehr oder weniger große Störungen des Baugrunds und einhergehende Spannungsumlagerungen im überlagernden Boden auf. Auch ein unvermeidbarer Bodenverlust (Mehraushub) führt zu Störungen der überlagernden Schichten und geringfügigen Auflockerungen/Sackungen. Auch bei fachgerechter Bauweise ist daher mit unvermeidbaren Setzungen oberhalb der Vortriebsgradienten zu rechnen, die jedoch aufgrund des kleinen Durchmessers und der relativ großen Überdeckung mit weniger als 1 cm abgeschätzt werden können. Bei Baugrundstörungen und Hindernissen können diese lokal auch größer ausfallen.

Grundsätzlich ist das Überschnittmaß des Vortriebs auf das unbedingt notwendige Maß zu begrenzen, um Setzungseinflüsse zu minimieren. Ein entstehender Ringraum sollte nach dem Vortrieb, sofern technisch möglich, mit einer aushärtenden Suspension verpresst werden.

Die Verträglichkeit möglicher Setzungen aus dem Rohrvortrieb dürfte für den Straßenbereich und auch für die benachbarte Denkmalbauwerk aufgrund seiner Tiefgründung auf Pfählen gegeben sein.

Sollte auf Bodenverfestigungen verzichtet werden wären langfristig weitere Setzungen und Setzungsdifferenzen zwischen dem neuen Rohrstrang und angrenzenden, setzungsarm tiefgegründeten Schachtbauwerken bewusst in Kauf zu nehmen. Setzungen können grundsätzlich durch konstruktive Maßnahmen wie stärkere Gefälle ausgeglichen werden. Der Rohrstrang müsste zudem entsprechend flexibel und verformungswillig ausgebildet werden und sich mittel- oder langfristig einstellende Unterbögen wären für den Betrieb in Kauf zu nehmen.

Für die Wahl der Abbauausrüstung und den Abbaubetrieb durch den AN ist zu berücksichtigen, dass die anstehenden bindigen Kleiböden aufgrund ihrer Tonanteile, Konsistenz und Plastizität z. T. ein mittleres bis hohes Verklebungspotenzial (vgl. Unterlage [1]) aufweisen.

In diesem Zusammenhang empfehlen wir grundsätzlich auch, gesondert zu vergütende Hindernisse bzw. nicht mehr aus dem Vortrieb heraus abbau- oder räumbare Steinhindernisse zu definieren und vertraglich zu regeln. Für nicht auszuschließende Steinhindernisse oder Holzreste, die nicht mehr durch die Vortriebsmaschine abbaubar oder leicht verdrängbar sind, empfehlen wir die Vorhaltung von entsprechendem Gerät für die rasche Herstellung von Bergegruben (vgl. Abschnitt 7.3.2)

Zur Minimierung der auftretenden Bodenverformungen und Spannungsumlagerungen im Zuge des Vortriebs ist der erforderliche Ringspalt durch den Überschnitt generell auf das unbedingt notwendige Maß zu reduzieren und möglichst mittels geeigneter Bentonitsuspension über den gesamten Rohrstrang zu stützen und in erforderlichem Umfang zu schmieren und laufend automatisch nachzuverpressen.

Die Verträglichkeit des eingesetzten Bentonits und dessen rheologischer Eigenschaften mit der anstehenden Grundwasserbeschaffenheit ist ggf. gesondert anhand von chemischen Untersuchungen durch das ausführende Unternehmen rechtzeitig im Vorweg zu prüfen. Ggf. ist die Rezeptur des Bentonits bzw. die Zugabe von Additiven auf die Grundwasserbeschaffenheit abzustimmen.

Zur Verringerung nachlaufender Langzeitsetzungen sollte der Ringspalt nach Abschluss der Vortriebsmaßnahme mit einer aushärtenden Zementsuspension volumen- und druckkontrolliert verpresst werden.

Die weiteren Hinweise zu Ausführung, konstruktiven Anforderungen und zur Erfassung, Protokollierung und Dokumentation von Vortriebsparametern nach Arbeitsblatt DWA-A 125 sind zu beachten.

7.3.2 Hindernisse / Bergebaugruben

Hindernisse können in Form von großen Bauschuttbrocken, massiven Holzresten oder Fundamentresten in der Auffüllung auftreten. Darüber hinaus können im aufgefüllten Geschiebemergel, sofern dieser bis in die Vortriebsgradienten hinabreicht, aufgrund seiner Entstehung Steine und Blöcke enthalten sein.

Nicht räumbare Steine und Blöcke oder aber Ansammlungen von Steinen stellen Hindernisse für den Rohrvortrieb dar. Hindernisse, die nicht abgebaut oder verdrängt werden können, müssen durch geeignete Maßnahmen von der Geländeoberfläche aus über Bergebaugruben geräumt werden. Grundsätzlich sind für Hindernisbergungen geeignete verformungsarme Baugrubenverbauten oder ggf. Großlochbohrungen/Absenkschächte vorzusehen. Hierbei ist zu beachten, dass im überwiegenden Maßnahmenbereich für eine Hindernisräumung im Trockenen genehmigungspflichtige temporäre Grundwasserabsenkungen erforderlich werden. Die Hindernisse sind nach Erreichen ggf. also unter Wasser unter Zuhilfenahme von Taucherarbeiten zu bergen oder aber in unschädliche Tiefe „abzusenken“. Wenn die Hindernisbeseitigung nicht unter Wasser ggf. mit Hilfe eines Tauchereinsatzes durchgeführt werden soll, sind zusätzlich geeignete Grundwasserhaltungsmaßnahmen vorzusehen.

Die Wiederverfüllung einer Bergebaugrube muss vollständig, u. U. unter Wasser, ausreichend tragfähig mit möglichst weitgestuften schluffarmen Füllsanden (Schluff- /Tonanteil < 3%) mit Verdichtung auf mind. mitteldichte Lagerung oder aber mit geeignetem Flüssigboden zur Vermeidung von Verdichtungsarbeiten erfolgen. Die Maßgaben der Rohrstatik sind einzuhalten.

7.3.3 Hinweise zu Absenkschächten

Alternativ zu aufwendigen Verbaumaßnahmen können grundsätzlich auch Absenkschächte eingesetzt werden, um aus diesen in geschlossener Bauweise die neuen Siele aufzufahren. Die Start- und Zielschächte sowie ggf. Zwischenschächte sind den jeweilig auftretenden Bemessungswasserständen entsprechend dauerhaft wasserdruckhaltend und auftriebssicher mit geeigneter Sohlabdichtung auszubilden. Die Absenkschächte sollten zur Vermeidung späterer Setzungen bis in die tragfähigen Sande unter den Weichböden geführt und dort abgesetzt werden.

Die Schachtbauwerke mit Außendurchmessern von bis zu etwa 3 m können im Absenkverfahren (sog. Brunnengründung) als offene Senkschächte in Fertigteil- oder Segmentbauweise unter Wasserauflast im Unterwasseraushubverfahren abgeteuft werden.

Die Absenkschächte sind mit einer geeigneten aus Stahl verstärkten Schneide zu versehen. Der Überstand der Schneide sollte mit Blick auf Setzungen im angrenzenden Gelände möglichst gering gehalten werden. Zur Reibungsminderung ist eine Schmierung des Ringspalts (Bentonitverpressung von unten) über entsprechende Ringleitungen und ausreichend Spüldüsen (Injektionsstutzen) beginnend über der Schneide tiefengestaffelt vorzusehen.

Der Aushub des Bodens im Schachtkern hat unter Beobachtung des Absenkverhaltens zu erfolgen. Während der Absenkung ist die senkrechte Schachtposition laufend zu kontrollieren. Im Schacht muss durchgehend ein höherer Wasserstand als der außerhalb anstehende Grund-/Stauwasserstand herrschen, wobei der höhere der beiden maßgeblich ist, um unkontrollierte Einspülungen (Bodeneintrieb) in den Schacht zu vermeiden. Die Schachtbauteile sind kraftschlüssig und dauerhaft wasserdicht miteinander zu verbinden.

Sofern Absenkhindernisse im Unterwasserbereich wie Steine, Gründungsreste, Holzeinschlüsse auftreten, sind lokale Hindernisse unter der Schneide z. B. durch Taucherarbeiten schonend zu bergen. Andernfalls können durch lokal zu große Voraushubtiefen Grundbrüche bzw. unplanmäßige Bodeneintritte entstehen, die zu erheblichen Auflockerungen im umgebenden Erdreich führen können. Im Bereich oberhalb des Grundwassers gilt dies sinngemäß.

Da die Schachtneubauten im Bereich hochwertiger Flächenbefestigungen und baulicher Anlagen liegen, empfehlen wir zusätzliche Maßnahmen zur Reduzierung der auftretenden Setzungen und Bodenauflockerungen zu ergreifen. Diese sind z. B. Ballastieren als Absenkhilfe und eine Minimierung des Voraushubmaßes, insbesondere in den oberen Absenkm Metern.

Sollte es während des Absenkvorgangs zu unplanmäßigen Bodeneinspülungen in einen Absenkschacht kommen, sollten die ggf. notwendigen Bodensanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von späteren Sackungen bis an die Geländeoberfläche in Abstimmung mit uns ermittelt und durch geeignete Maßnahmen behoben werden.

Wir gehen davon aus, dass der Einbau der Absenkschächte unter Schmierung der Außenfläche mittels Bentoniteinpressung über die gesamte Schachthöhe erfolgt. Dadurch entsteht ein Filterkuchen zwischen Schachtaußenwand und umgebendem Baugrund, welcher die Mantelreibung abhängig von der Standzeit des „Schlitzes“ stark beeinflusst und zunächst erheblich reduziert. Der zeitliche Einfluss der Bentonitschmierung und der Filterkuchenbildung (Schmierzone) ist für die Berechnung der Auftriebssicherheit von Absenkschächten zu berücksichtigen. Für den geschmierten Umfang ist keine Mantelreibung („glatte“ Wand gem. DIN 4085:2017-08 mit einem Wandreibungswinkel von $\delta = 0$) anzusetzen.

Für den Ansatz von Mantelreibung ist nach erfolgreichem Absenken eine fachgerechte und vollständige Verpressung des geschmierten Ringspaltes mit einer aushärtenden Zementsuspension zwischen Schacht und Baugrund qualitätsgesichert durchzuführen. Aufgrund der zu erwartenden längeren Standzeit des Spaltes ist davon auszugehen, dass sich ein entsprechender Filterkuchen als Schmierzone ausbildet. In Sanden dringt dieser tendenziell tiefer ein als in steifen bindigen Böden. Ab einer gewissen Zeit ist der Filterkuchen mechanisch so stabil, dass ein punktuell oder flächiges Verpressen von unten (z.B. mit zementgebundener Suspension) den Gleitpalt nicht mehr weitgehend öffnen kann, sondern eher Nebengleitrisse oder ungleichmäßige Aufweitung erzeugt. Es wird aufgrund der zu erwartenden langen Standzeit des Bentonits eine weitgehend ausgebildete, trennende Filterkuchenschicht erwartet, sodass auch nach einer Verpressung mit aushärtender Suspension nur ein deutlich reduzierter Wandreibungswiderstand mobilisiert werden kann. Für den Nachweis der Auftriebssicherheit der Absenkschächte sollten daher nur die folgenden charakteristischen Mantelreibungswerte unter Beachtung der Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054 angesetzt werden. Um höhere Werte anzusetzen, wäre der Filterkuchen umlaufend aufzuschneiden und mittels Injektionslanzen z.B. im DSV Verfahren von der Oberfläche aus zu verpressen.

Tab. 7-1: Mantelreibung $q_{s,k}$ bei Absenkschächten

Boden	Mantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]
Auffüllung, Sand, locker gelagert	5
Auffüllung, Schluff sandig, weich/steif	0
Klei, Torf, Mudde	0
Sand, mind. mitteldicht	10

Es ist zu berücksichtigen, dass die anhand der angegebenen charakteristischen Mantelreibungswerte zu ermittelnde Widerstandskraft, die Vertikalkomponente des Erddrucks nicht überschreiten darf bzw. die Obergrenze der Widerstandskraft bildet.

Zur Berücksichtigung der reduzierten Reibung nach langer Bentonitstandzeit wird der anzusetzende Wandreibungswinkel konservativ auf $\delta = 1/3 \varphi_k'$ begrenzt.

Für den Fall, dass der Filterkuchen umlaufend aufgeschnitten und mit aushärtender Zementinjektion mittels Injektionslanzen (DSV) verpresst wird, ist von einer „rauen“ Wand gem. DIN 4085:2017-08 mit einem Wandreibungswinkel von $\delta = 2/3 \varphi_k'$ auszugehen.

7.3.4 Dichtblöcke / Wasserabsperrungen

Grundsätzlich sind die Ein- und Ausfahrvorgänge gemäß den Vorgaben der ZTV-Siele mit zwei Sicherheits-ebenen zur Vermeidung von Wasser- und Bodeneintritt in die Schachtbauwerke zu konzipieren. Für die Ein- und Ausfahrt des Vortriebs an den Start- und Zielbaugruben mit Einbindung in das Grund-/Stauwasser kann ggf. eine gezielte kurzzeitige Grundwasserabsenkung erfolgen, sofern wasserführende Sande oder Sandlagen in den Bereichen anzutreffen sind. Innerhalb von aufgefüllten Bodenschichten (Schluff, Klei oder Torf) ist eine Grundwasserabsenkung nicht verlässlich durchführbar. Umfangreiche Grundwasser-entspannungsmaßnahmen in den Sanden unter den Klei- und Torfschichten sind aufgrund der weitreichenden Auswirkungen auszuschließen und voraussichtlich auch nicht genehmigungsfähig.

Sollten Grundwasserhaltungen im Tiefenbereich der Ein- oder Ausfahrten aus sicherheitstechnischen oder baupraktischen Gründen nicht möglich sein, oder eine Grundwasserabsenkung nicht genehmigt werden, wären die Öffnungen der Verbauwände für Ein- und Ausfahrten des Vortriebs ggf. im Schutze entsprechender Dicht-/Sicherungsmaßnahmen zur Wasser- und Bodenabsperzung vorzunehmen. Die Dicht- oder Stützkonstruktionen dürfen generell kein unüberwindbares Hindernis für die Durchfahrt der Vortriebsmaschine darstellen.

Zur ausreichend sicheren Wasserabsperzung sind als erste Sicherungsmaßnahme in situ angepasst positionierte Lippendichtungen (doppelte Lippendichtung) einzusetzen. Zieldichtungssysteme müssen generell in der Lage sein, die Toleranzen des Rohrvortriebs ausreichend auszugleichen.

Als zweite Sicherungsmaßnahme für den Ausfahrvorgang (aus dem Boden in den Zielschacht) kann dann lokal entweder die o. g. Grundwasserabsenkung oder aber ein gesondert herzustellender Dichtblock gewählt werden. Alternativ kann die Ausfahrt ggf. auch in einen gefluteten Zielschacht erfolgen, wenn durch einen Wasserüberdruck bzw. einem über dem maßgeblichen Grundwasserstand liegenden Wasserstand innerhalb der Baugrube Bodeneinspülungen bis zur hinreichenden Abdichtung ausreichend sicher vermieden werden können.

Für die Herstellung eines Dichtblocks sind Düsenstrahlinjektionen (DSV, DSI, HDI, etc.) vorzusehen. Im vorliegenden Fall ist zu beachten, dass Torfe anstehen, die aufgrund der organischen Bestandteile das Abbindeverhalten des Injektionsgutes beeinträchtigen können. Für den Fall einer Dichtblockherstellung mittels Düsenstrahlverfahren empfehlen wir eine intensive Qualitätskontrolle durch geeignete Prüfbohrungen und ein angepasstes Herstellkonzept mit möglichst großen Säulenüberschneidungen.

7.4 Beweissicherungsmaßnahmen

Zur gerechten Regelung von ggf. geforderten Schadensersatzansprüchen Dritter empfehlen wir, an baulichen Anlagen im Einflussbereich, an vorhandenen Leitungen und der Straßenoberfläche im jeweils betroffenen Einflussbereich der Sielbaumaßnahmen und erforderlicher Baugruben sowie im Vorweg von Wasserhaltungs- und Aushubmaßnahmen eine Beweissicherung durchzuführen.

Die Beweissicherungsmaßnahmen sollten sich auf relevante bauliche Anlagen / Gebäude erstrecken, die sich in einem Abstand von bis zu etwa 15 m von den Arbeitsbereichen / Baugruben befinden. Bei Grundwasserabsenkungen wären Bauwerke im jeweils zu ermittelnden Setzungseinflussbereich zu erfassen. Zur Erfassung ggf. schädlicher Erschütterungseinflüsse bei Vibrations-/Rüttelarbeiten wären mindestens die direkte umliegende Bebauung und darüber hinaus auch entfernter liegende empfindliche Bauwerke wie insbesondere auch denkmalgeschützte bauliche Anlagen zu erfassen.

Der im Detail erforderliche Umfang der Beweissicherungen ist vom jeweils zu betrachtenden Bauverfahren abhängig und bauwerksspezifisch unter Beachtung ggf. vorliegender Vorschädigungen mit einem fachkundigen Beweissicherer abzustimmen.

8 Prüfung der Entsorgungsrelevanz

Zur orientierenden Untersuchung auf entsorgungsrelevante Bodenverunreinigungen wurden für den Untersuchungsbereich, unter Berücksichtigung der Baugrundsichtung und Bauaufgabe, ausgewählte Bodenmischproben in unserem Labor zusammengestellt und der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Pinneberg zur chemischen Analytik übergeben.

Die Bodenproben wurden der Ausschreibung der Untersuchungen aus dem Jahr 2021 entsprechend im Hinblick auf eine Entsorgung des Bodenaushubs zunächst orientierend auf den Parameterumfang gemäß TR LAGA M 20 (Boden) sowie im Falle einer Überschreitung der Z2 Werte den erweiterten Parameterumfang nach DepV analysiert.

Die geläufigen Einbauklassen der TR LAGA M 20 (Zuordnungswerte Z0, Z1 und Z2) wurden mit Einführung der Mantelverordnung ab 01.08.2023 durch die Materialklassen der in der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) bezeichneten mineralischen Ersatzbaustoffe (z. B. BM-0, BM-F1, RC-1 etc.) ersetzt. Da in dieser neuen Verordnung sowohl der Parameterumfang als auch das Elutionsverfahren für die Untersuchung der Eluatparameter von der bisherigen Verfahrensweise abweichen, ist eine Übertragbarkeit vorhandener Deklarationen gemäß TR LAGA auf die neuen Materialklassen der EBV nur bedingt für Feststoffparameter möglich.

Es gibt jedoch auch nach dem 01.08.2023 noch Entsorgungsbetriebe, deren Anlagen auf Basis der LAGA-Bestimmungen genehmigt wurden. Diese dürfen weiter betrieben werden und benötigen weiterhin LAGA-Analysen zur Deklaration der über sie zu entsorgenden Bodenmaterialien.

Da potenzielle Entsorger und deren Zulassungsbescheide/-kriterien vor einer Ausschreibung nicht bekannt sind, werden die Bodenproben zusätzlich auch auf den Parameterumfang gemäß EBV (BM-0/BG-0) untersucht, wenn dafür genug Material vorhanden war.

Im vorliegenden Fall liegen jedoch bei den Baugrubenaushubmaßnahmen teilweise und beim Vortrieb durchgehend erschwerte Separationsmöglichkeiten für die einzelnen Bodenarten und insbesondere des Torfes vor. Für die endgültige Deklarationsuntersuchung anfallender Aushubböden wäre es hier deshalb ggf. auch sinnvoll, eine Beprobung von Aushubmaterial erst aus entsprechenden Haufwerken nach Zwischenlagerung durchzuführen. Aufgrund der vorher nicht vollständigen Deklaration / Einstufung nach LAGA bzw. EBV könnten entsprechende Leistungspositionen für LAGA / DepV und Materialklassen nach EBV für Ausbaustoffe im Leistungsverzeichnis berücksichtigt und die jeweiligen Entsorgungskosten abgefragt werden. Für Bodenmaterial wären dies LV-Pos. nach LAGA / DepV, wie bisher und zusätzlich 8 LV-Pos. für die Materialklassen nach EBV, Anlage 1, Tab. 3.

Zum Zeitpunkt der Beprobung und Untersuchung stehen die dann anzuwendenden Analyse- und Deklarationsverfahren sowie die möglichen Entsorgungswege voraussichtlich fest.

Für die Durchführung und/oder eine Begleitung der im Zuge der Bauausführung durchzuführenden Probenahmen stehen wir im Bedarfsfall gern zur Verfügung.

8.1 Probenauswahl

Die folgenden Mischproben wurden zur Analyse ausgewählt und zusammengestellt:

Tabelle 8-1: Mischprobenzusammenstellung und Untersuchungsumfang

Probe	Probenmaterial (Bereich)	Tiefenbereich (maximal) m u. GOK	Einzelproben (Bohrung / Probennummer)	Untersuchungs- umfang
MP 1	Auffüllung (sandig)	0,07 - 1,1	KRB 27 (1/2/3/4/5)	LAGA TR Boden, Erweiterung nach DepV und EBV BM-0
MP 2	Auffüllung (bindig, Schluff, sandig)	1,1 - 3,3	KRB 27 (6/7/8), KRB 28 (6/7/8)	
MP 3	Auffüllung (sandig)	0,07 - 1,1	KRB 28 (1/2/3/4/5)	

8.2 Ergebnisse der Bodenanalysen und Hinweise zur Verwertung

Die Ergebnisse der orientierenden Schadstoffuntersuchungen sind in der nachfolgenden Tabelle 8-2 zusammengestellt. Im Einzelnen können die Ergebnisse der chemischen Analysen der Anlage Bor4 entnommen werden.

Tabelle 8-2: Zuordnungen gemäß LAGA TR Boden sowie EBV Umfang BM-0

Probe	LAGA TR Boden		EBV	
	Bestimmender Parameter	Zuordnung	Bestimmender Parameter	Zuordnung
MP 1	TOC (Blei, Kupfer, Nickel, Zink)	Z 2	Blei, Kupfer (Nickel, Zink, TOC)	BM-F3
MP 2	Arsen im Eluat (Blei, Kupfer, Quecksilber, TOC)	Z 2	Blei (Quecksilber)	BM-F3
MP 3	TOC (Blei, Kupfer, Zink, Summe PAK, Benzo(a)pyren	Z 2	TOC (Blei, Kupfer, Zink)	BM-F0*

Werte in () sind erhöht aber nicht maßgebend

Nach den Ergebnissen der chemischen Analysen sind die Mischproben aus den Auffüllungen der Straße Borstelmannsweg alle dem Zuordnungswert Z 2 bzw. in die Einbauklasse 2 (Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen) gemäß LAGA TR Boden zuzuordnen. Die Mischproben MP 1 und MP 3 der aufgefüllten Sande sind lediglich aufgrund ihres TOC-Gehaltes den Zuordnungswert Z 2 zuzuordnen. Der organische Kohlenstoffgehalt (TOC-Gehalt, TOC = Total Organic Carbon) ist zwar nicht als Schadstoffbelastung einzustufen, allerdings bestimmt der TOC-Gehalt der Mischproben MP 1 und MP 3 die Verwertbarkeit der Böden in technischen Bauwerken. Ohne die Berücksichtigung der TOC-Gehalte sind die Mischproben MP 1 und MP 3 den Zuordnungswerten Z 1.1 und Z 1.2 bzw. der Einbauklasse 1 (Eingeschränkter offener Einbau) zuzuordnen.

Die weiterführenden chemischen Analysen gemäß EBV erfolgten auf den reduzierten Parameterumfang BM-0 - Feststoffgehalte und Sulfat im Eluat. Aufgrund der festgestellten Blei und Kupfer Gehalte sind bei den Mischproben MP 1 und MP 2 die Materialwerte der Klasse BM-0 überschritten. Nach den vorliegenden Analyseergebnisse sind die Mischproben MP 1 und MP 2 gemäß EBV vorläufig der Klasse F3 (BM-F3) zuzuordnen. Auch die Untersuchung der Mischprobe MP 3 ergab eine Überschreitung der Materialwerte der Klasse BM-0. Die Analysewerte ergaben aber vorläufig eine mögliche Zuordnung gemäß EBV in die Klasse 0* (BM-F0*). Für eine abschließende Materialklassifizierung gemäß EBV wäre der Untersuchungsumfang um die vollständigen Eluatgehalte, den pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit zu erweitern. Hierfür stand zunächst kein ausreichendes Bodenprobenmaterial zur Verfügung.

Im Zuge der Baumaßnahme anfallende Aushubböden der Klassen 0, 0* und F0* (EBV) könnten – aus umwelttechnischer Sicht (gemäß den Vorgaben der EBV, Tabelle 5, Anhang 2) innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten mit günstigen oder ungünstigen Konfigurationen der Grundwasserdeckschichten verwertet werden.

Für die Mischproben mit erhöhten TOC-Gehalten ist eine Verwertung nur unter Berücksichtigung der bodenmechanischen Eignung möglich. Bei dem TOC-Gehalt handelt es sich um einen bodenmaterialspezifischen Orientierungswert, der nicht zwingend den Materialwert bestimmt, sondern die Verwendungsmöglichkeiten. Gemäß den Vorgaben der BBodSchV dürfen Materialien mit mehr als 1 Massenprozent organischem Kohlenstoff zudem nur in den Unterboden auf - oder eingebracht werden, wenn die Materialien nicht aus dem Oberboden stammen.

Aushubböden der Klasse F 3 sind nach EBV (Anhang 2, Tabellen 5 bis 8) als Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter gebundener Deckschicht nur außerhalb der Zone III A der Wasserschutzgebiete einsetzbar. Außerhalb der Baumaßnahme sind die Aushubböden, die den EBV-Verwertungsklassen 2 und 3 entsprechen, entsprechend den Vorgaben der EBV-Einbauweisen unter Berücksichtigung der Eigenschaften der Grundwasserdeckschicht zu verwerten.

Entsprechend den Vorgaben der aktuellen BBodSchV können Aushubböden grundsätzlich am Herkunftsort wieder eingebaut werden, sofern aufgrund der festgestellten Schadstoffgehalte das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung nicht zu besorgen ist. Bei Einhaltung der Vorgaben zu den Einbauweisen entsprechend EBV ist das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderungen auszuschließen. Nach unserer Einschätzung stellt der Wiedereinbau keine Veränderung des Ausgangszustands dar, wenn die Böden in gleichen Lagebereichen und Höhenlagen wieder eingebaut werden.

Für eine Verwertung außerhalb der Baumaßnahme sind die Rahmenbedingungen der jeweiligen Einbauweisen gemäß Anlage 2 der EBV zu beachten. Bei der Entsorgung von Böden der EBV-Klasse 0* und höher fallen Mehrkosten gegenüber der Entsorgung unbelasteter Böden (EBV-Klasse 0) an.

9 Zusammenfassung

Im südlichen Borstelmannsweg plant die HSE den Ersatzneubau eines Mischwassersiels DN 300 geschlossen im Vortrieb sowie eines Regenwassersiels aus GFK mit Durchmessern DN 508 in offener Bauweise. Mit dem vorliegenden geotechnischen Bericht wird aus geo- und umwelttechnischer Sicht zu den geplanten Sielbaumaßnahmen ergänzend Stellung genommen.

Nach den von uns geplanten und in der Ausführung teilweise begleiteten Aufschlüssen stehen unter Auffüllungen wechselhafter Zusammensetzung organische Weichschichten aus Klei und Torf an. Die Weichböden werden zur Tiefe von holozänen Sanden unterlagert (vgl. Abschnitt 3). Der geologische Profilschnitt der Strecke 9 im Borstelmannsweg ist in Anlage Bor2 dargestellt.

Das Grundwasser steht gespannt unter den organischen Weichschichten an. In den Bohrungen wurde oberhalb der Weichböden ein zusammenhängender Stauwasserstand angetroffen. Der Stauwasserstand unterliegt niederschlagsbedingt stärkeren Schwankungen. Das in den unteren Sanden druckhaft anstehende Grundwasser wird durch den Wasserstand im nahen Südkanal beeinträchtigt. Die Grund- und Stauwasserverhältnisse und die zu beachtenden Bemessungswasserstände werden in Abschnitt 4 erläutert.

Die aus den Aufschlüssen entnommenen Bodenproben wurden in unserem bodenmechanischen Labor untersucht. Die Ergebnisse der durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche und die daraus abgeleiteten charakteristischen Bodenkennwerte sind in Abschnitt 5 angegeben. Die Versuchsergebnisse der durchgeführten Untersuchungen sind darüber hinaus in Anlage Bor3 dargestellt.

Die schichtweise Einteilung in die bauverfahrensabhängigen Homogenbereiche ist in Abschnitt 6 beschrieben. Detaillierte Angaben zu den Eigenschaften und Kennwerten sowie deren Bandbreiten werden in Anlage Bor5 angegeben.

Bei der offenen Bauweise des zu erneuernden Regenwassersiels (vgl. Abschnitt 7.1) sind Bodenaustauschmaßnahmen sowie bauzeitliche Wasserhaltungsmaßnahmen zu beachten. Für die Baugrubenausbildungen (Abschnitt 7.2) ist bei den Einbindungen in das Grundwasser zu beachten, dass diese in möglichst wasserdichter Bauweise und auftriebssicher auszubilden sind. Länger anhaltende bauzeitliche Grundwasserabsenkungen sollten aufgrund der verbreitet anstehenden stark setzungsempfindlichen Weichschichten aus vorwiegend Torf nicht geplant werden. Sehr kurzzeitige kleinräumige Absenkungen für Ein-/Ausfahrtvorgänge oder die Herstellung von Anschlüssen wären im Einzelfall zu betrachten und hinsichtlich möglicher Auswirkungen zu bewerten.

Eine gesonderte Betrachtung der vorhandenen Pfahlgründung des Denkmals bestehend aus einer Säule mit Kogge im Bereich der Kreuzung Borstelmannsweg/Süderstraße lässt bei dem geplanten Baugrubenverbau keine Beeinträchtigung der Gründung erkennen.

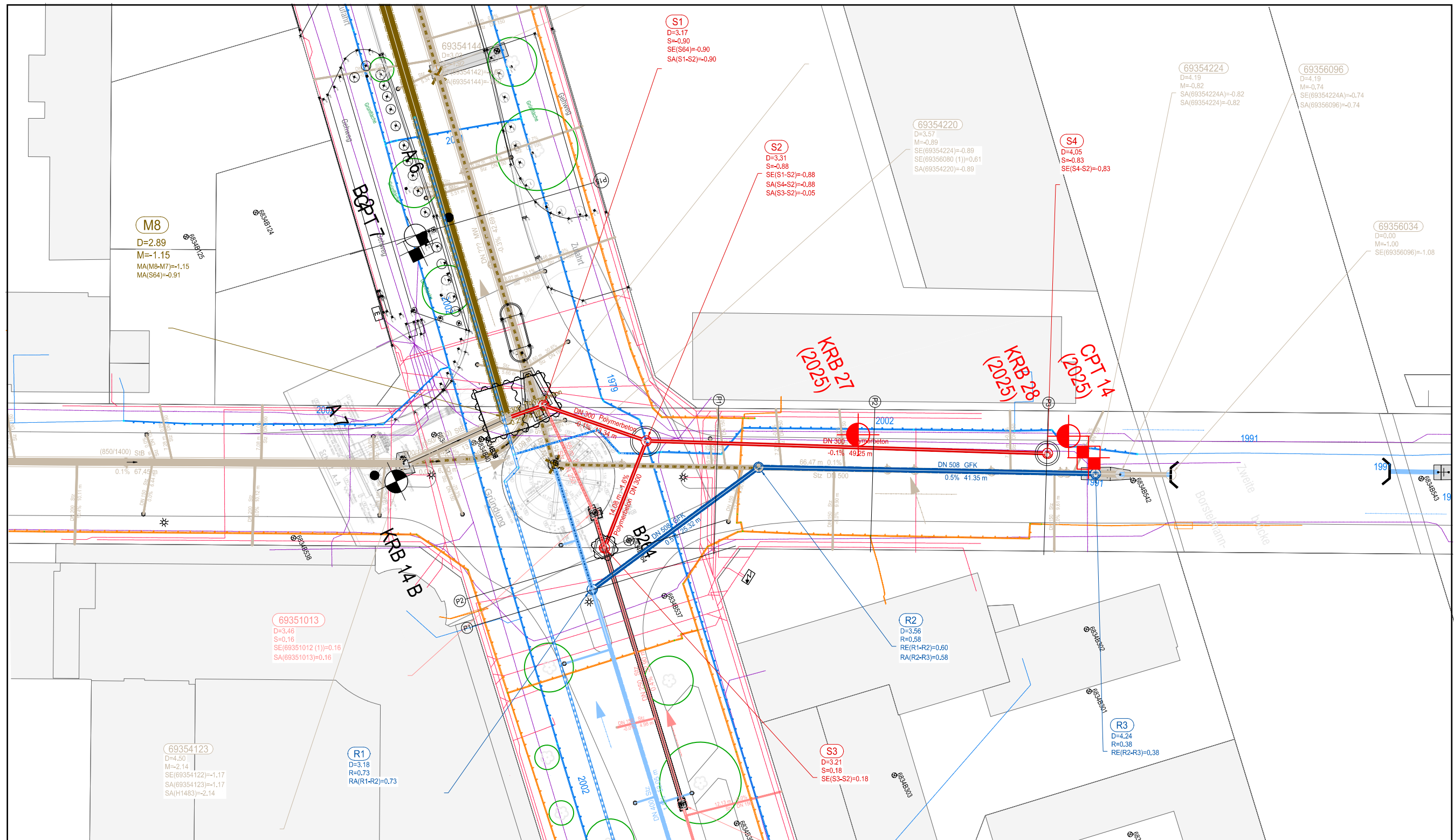
Für den Rohrvortrieb werden die zu beachtenden Hinweise in Abschnitt 7.3 erläutert. Bei dem vergleichsweise kleinen Querschnitt von DN 300 halten wir die Ausführung eines Mikrotunnelings im Spülverfahren oder einen Pilotrohrvortrieb für technisch machbar. Hierbei sind besondere Maßnahmen zur Beherrschung der auftretenden Grundwasserdrücke zu berücksichtigen. Aufgrund langfristig möglicher Setzungen und Setzungsdifferenzen auch zu den setzungsfrei zu gründenden Schachtbauwerken sollte hier ggf. Bodenverbesserungsmaßnahmen vorlaufend durchgeführt werden.

Die Entsorgungsrelevanz der Böden wurde orientierend gemäß der LAGA TR Boden und EBV untersucht und bewertet. Die Mischproben der untersuchten Auffüllungen der beiden Bohrungen sind in die Einbauklasse 2 nach der LAGA TR Boden einzuordnen. Bei der Entsorgung der untersuchten Böden fallen Mehrkosten gegenüber der Entsorgung unbelasteter Böden (LAGA Z0 bzw. EBV-Klasse 0) an.

Anlage



Anlage Bor1 Lageplan



vorhandene KRB

vorhandene CPT

zusätzliche CPT (2025)

zusätzliche KRB (2025)

FICHTNER

WATER & TRANSPORTATION

Fichtner Water & Transportation GmbH
Frankenstraße 7 - 20077 Hamburg
Tel.: +49 40 300673-0 - Fax: +49 40 300673-110
E-mail: hamburg@fwt.fichtner.de Internet: www.fwt.fichtner.de

Bauobjekt: Sielneubau Süderstraße, Hamburg Lageplan zusätzliche Baugrunduntersuchungen Borstelmannsweg			
bearbeitet:	Lange	Anlage Nr.:	Bor 1
gezeichnet:	Lange	Datum:	12.01.2026
geprüft:	Jost	Maßstab:	1:500

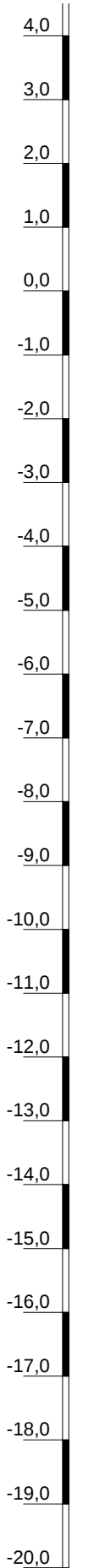
Anlage



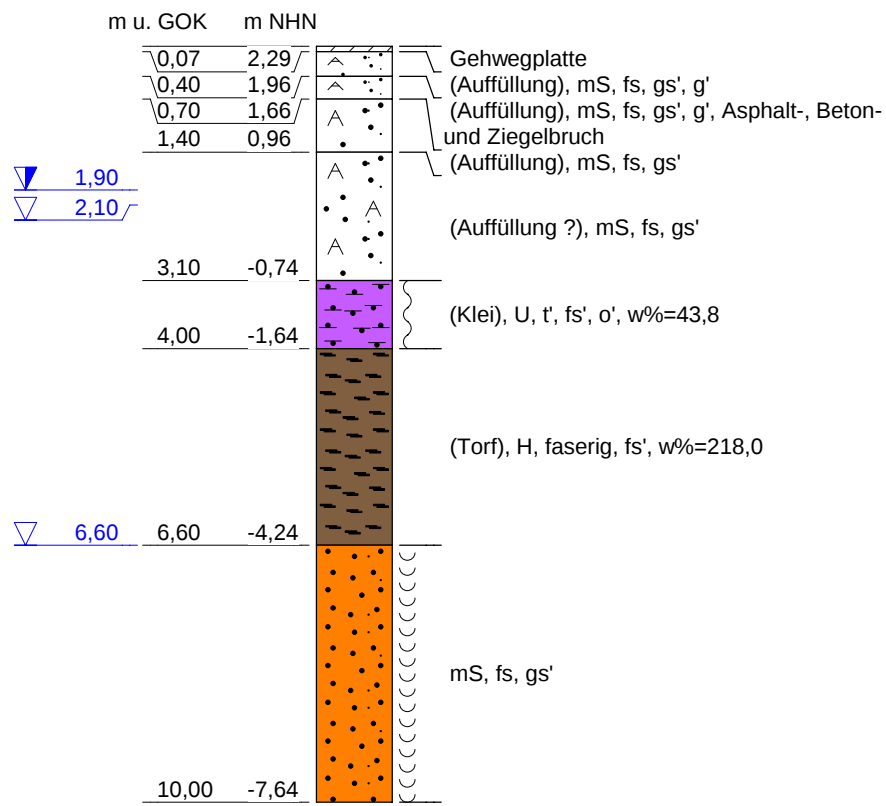
Anlage Bor2 Schnitt der Bodenprofile

Borstelmannsweg

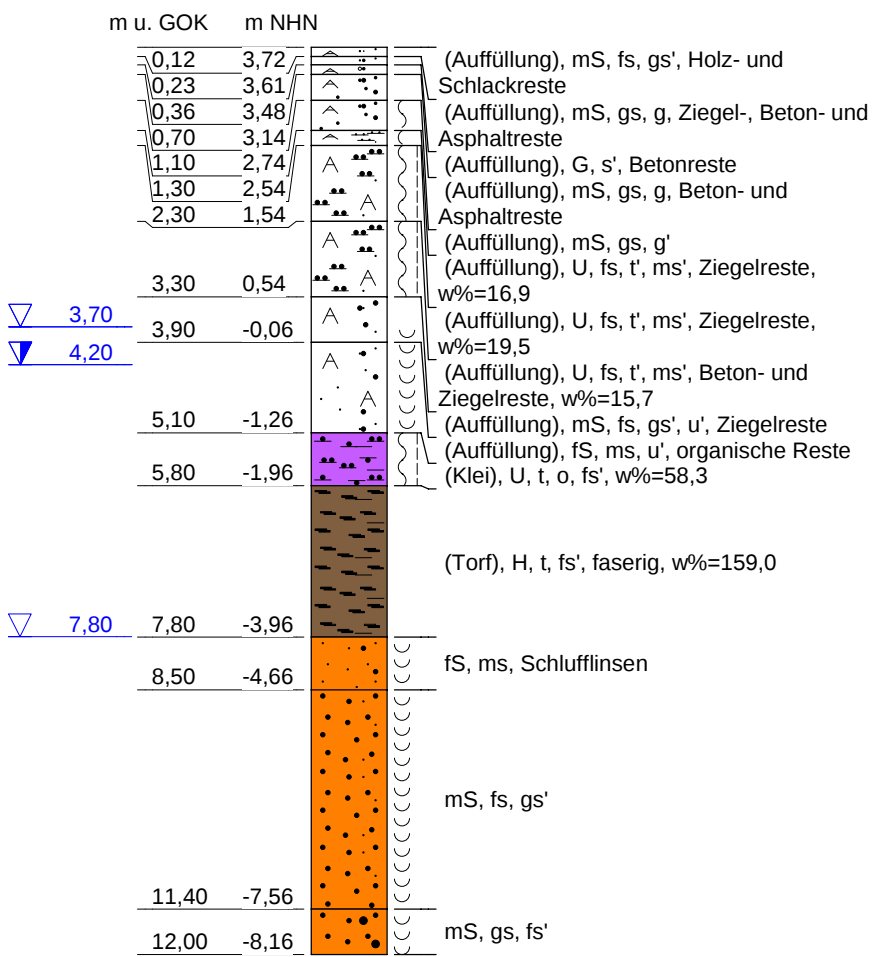
m NHN



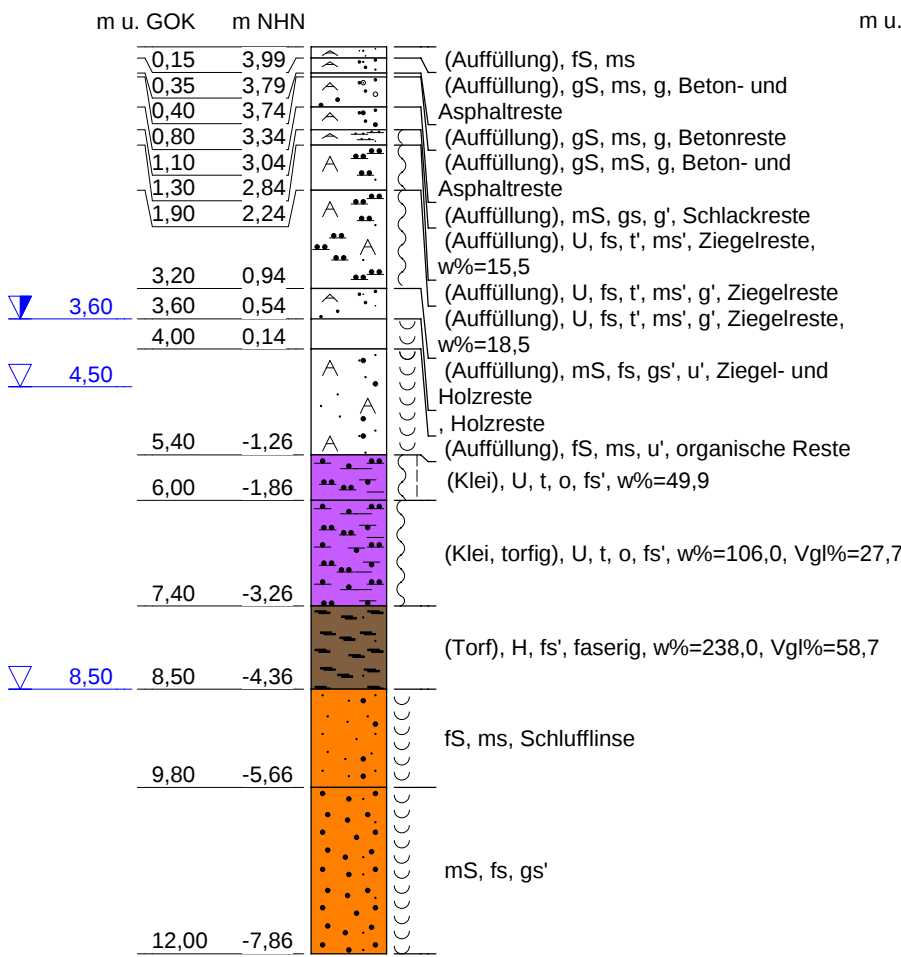
KRB 14B
+2,36 m NHN
11.11.2021



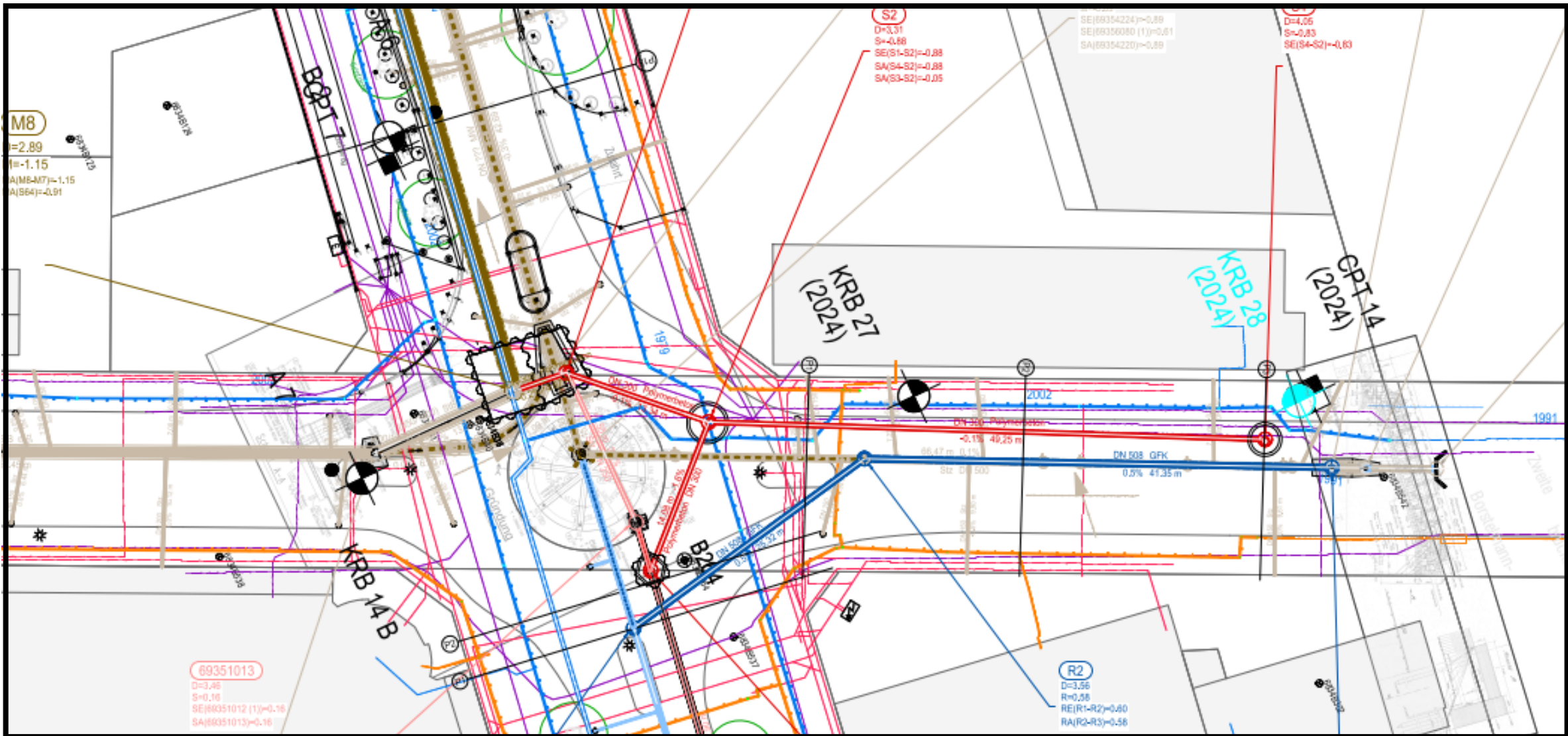
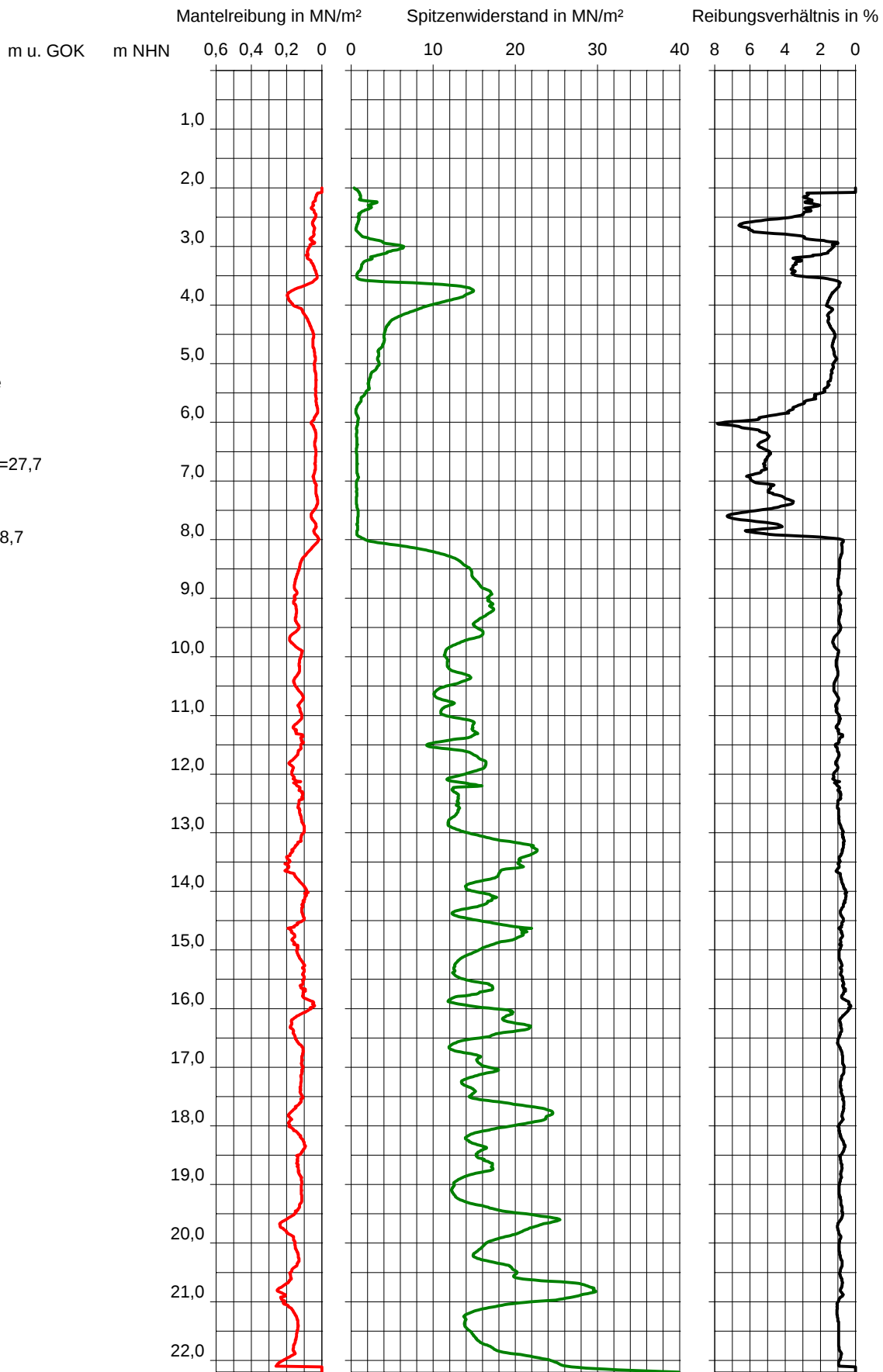
KRB 27
+3,84 m NHN
31.07.2025



KRB 28
+4,14 m NHN
31.07.2025



CPT 14
+4,15 m NHN
01.08.2025



Bohrplan Borstelmannsweg, M: 1:500

Legende Bodenansprache

Kurzzeichen und Zeichen für Bodenarten und Fels nach DIN 4023:2006
(DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689-1)

Benennung	Kurzzeichen	Zeichen	Benennung	Kurzzeichen	Zeichen
Bodenart	Beimengung	Bodenart	Beimengung		
Kies	kiesig	G	g		
Grobkies	grobkiesig	gG	gg		
Mittelkies	mittelkiesig	mG	mg		
Feinkies	feinkiesig	fG	fg		
Sand	sandig	S	s		
Grobsand	grob sandig	gS	gs		
Mittelsand	mittel sandig	mS	ms		
Feinsand	fein sandig	fS	fs		
Schluff	schluffig	U	u		
Ton	tonig	T	t		
Torf, Humus	torfig, humus	H	h		
Mudde		F	-		
(Faulschlamm)	organische Beimengung	-	o		
Steine	steinig	X	x		
Blöcke	mit Blöcken	Y	y		

Auffüllung	A	A
Mutterboden	Mu	Mu
Verwitterungslehm, Hanglehm	L	
Hangschutt	Lx	
Geschiebelehm	Lg	
Geschiebemergel	Mg	
Loß	Lö	
Loßlehm	Löl	
Klei, Schllick	Kl	
Wiesenkalk, Seekalk, Seekraide, Kalkmudde	Wk	
Bänderton	Bt	
Braunkohle	Bk	
Kernverlust	Kv	

Legende der Beschaffenheit des Bohrgutes:

breig weich steif halbfest fest

Legende der Bodenanteile:

schwach stark

+ kalkig ++ stark kalkig

Legende der Wasserführung:

nass

Grundwasserstand in Ruhe (ausgebautes Bohrloch)

Grundwasserstand nach Beendigung

Grundwasserstand angebohrt

Der Inhalt dieses Dokumentes ist ausschließlich für den Auftraggeber der Fichtner Water & Transportation GmbH und andere vertraglich vereinbarte Empfänger bestimmt. Er darf nur mit Zustimmung des Auftraggebers ganz oder auszugsweise und ohne Gewähr Dritten zugänglich gemacht werden. Die Fichtner Water & Transportation GmbH haftet gegenüber Dritten nicht für die Vollständigkeit und Richtigkeit der enthaltenen Informationen.

Zur Ausführung freigegeben:

Bauherr: Datum: Unterschrift: Bauleitung: Datum: Unterschrift:

Datenquellen:

Katasterdaten, Stand: Höhendsystem: NHN Vermessung, Datum:

f				
e				
d				
c				
b				
a				
Nr.	Art der Änderung	Datum	Gez.	Bearb.



FICHTNER
WATER & TRANSPORTATION

Bauobjekt: Sielneubau
Süderstraße, Hamburg

Anlage Nr.: Plan Nr.:
Bor 2

Gewerk: Geotechnik

Maßstab: L = ohne / H = 1: 100

Planinhalt: Bohrprofile: B 14B, KRB 27 und 28
Sondierung: CPT 14

Projekt Nr.: FWT0000592

Dateiname: FWT0000592_alBor2.ggf

Plangröße: 0,85 x 0,42 = 0,357 m²

Leistungsphase:

Bauherr:	Planverfasser:		Datum	Name
Hamburger Stadtentwässerung AöR Billhorner Deich 2 - 20539 Hamburg	FICHTNER Water & Transportation GmbH Frankenstr. 7 - 20097 Hamburg Tel.: +49 40 300673-0 Fax: +49 40 300673-110 E-mail: hamburg@fwt.fichtner.de Internet: www.fwt.fichtner.de	bearbeitet	20.10.2025	Lange
		gezeichnet	20.10.2025	Minzlaff
Datum / Unterschrift:	Datum / Unterschrift:	geprüft	20.10.2025	Jost
gez.:	gez.:			

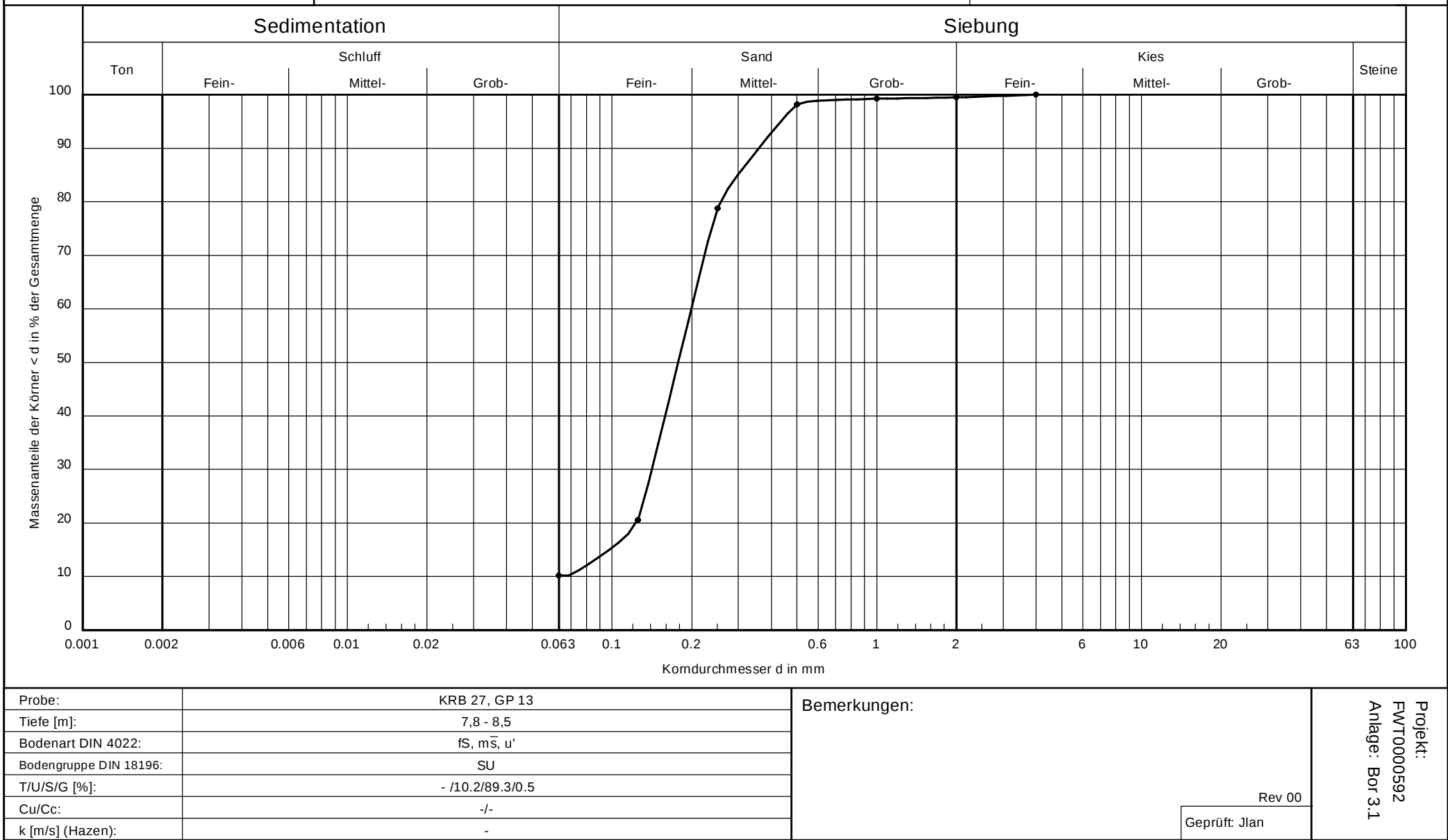
Anlage



Anlage Bor3 Korngößenverteilung

Bauvorhaben:

Süderstraße





BESTIMMUNG DER KORNGRÖßENVERTEILUNG DIN EN ISO 17892-4:2017-04

Bauvorhaben:
Süderstraße

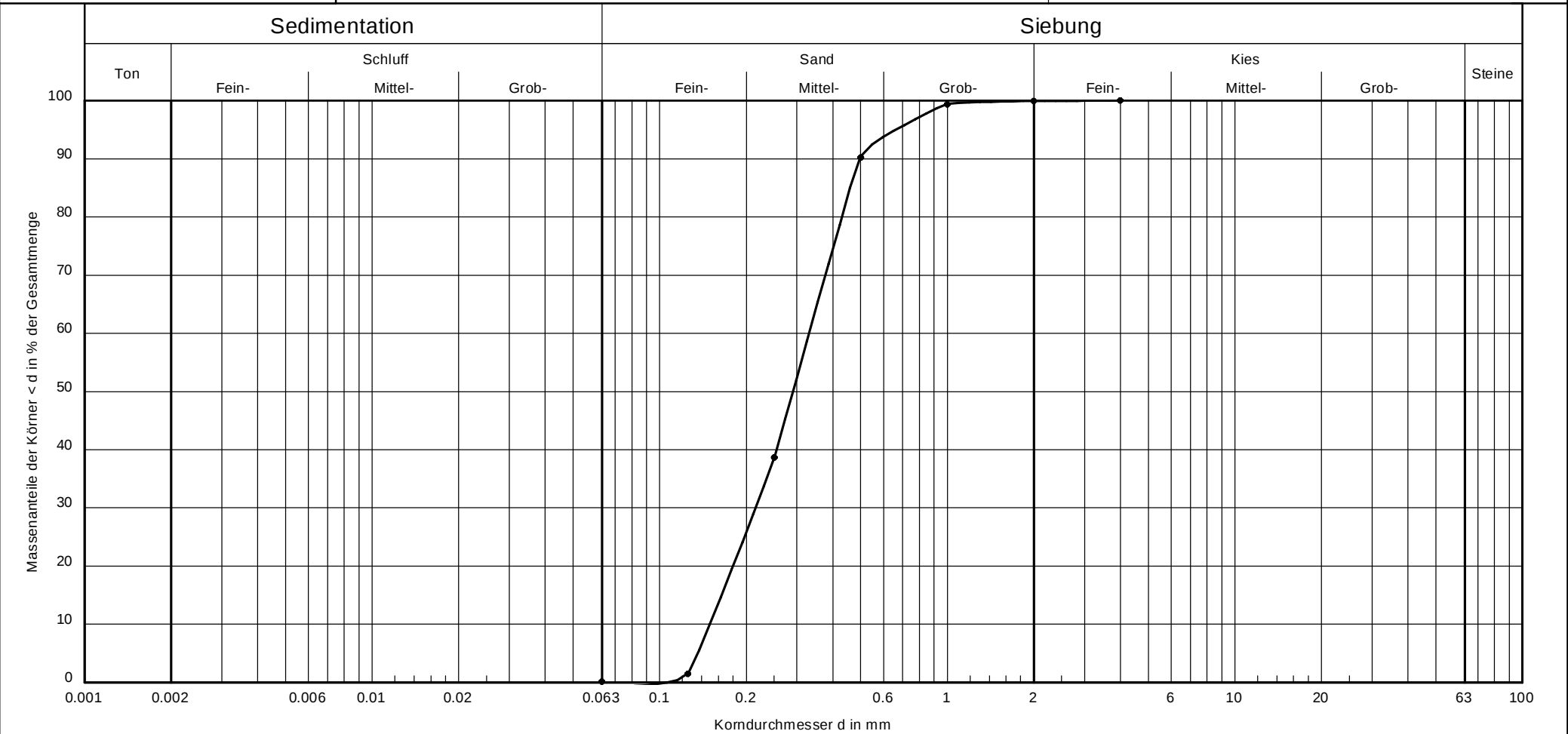
Probe entnommen am: 31.07.2025

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Trockensiebung

Bearbeiter: Grot

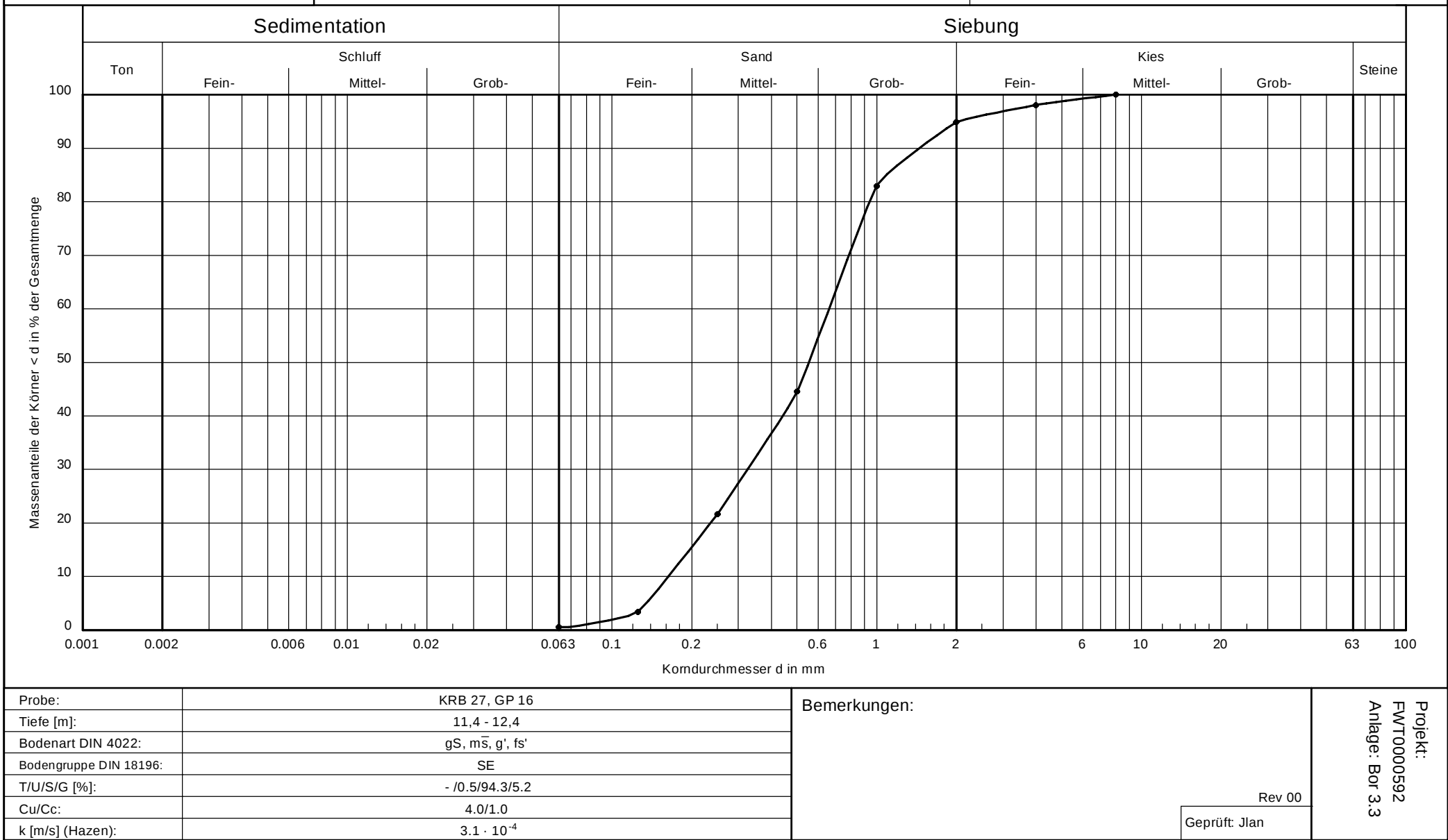
Datum: 08.08.2025



Probe:	KRB 27, GP 14	Bemerkungen:	Projekt: FWT0000592 Anlage: Bor 3.2
Tiefe [m]:	8,5 - 9,9		
Bodenart DIN 4022:	mS, fs, gs'		
Bodengruppe DIN 18196:	SE		
T/U/S/G [%]:	- / - /99.9/0.1		
Cu/Cc:	2.2/0.9		
k [m/s] (Hazen):	2.6 · 10 ⁻⁴	Rev 00 Geprüft: Jan	

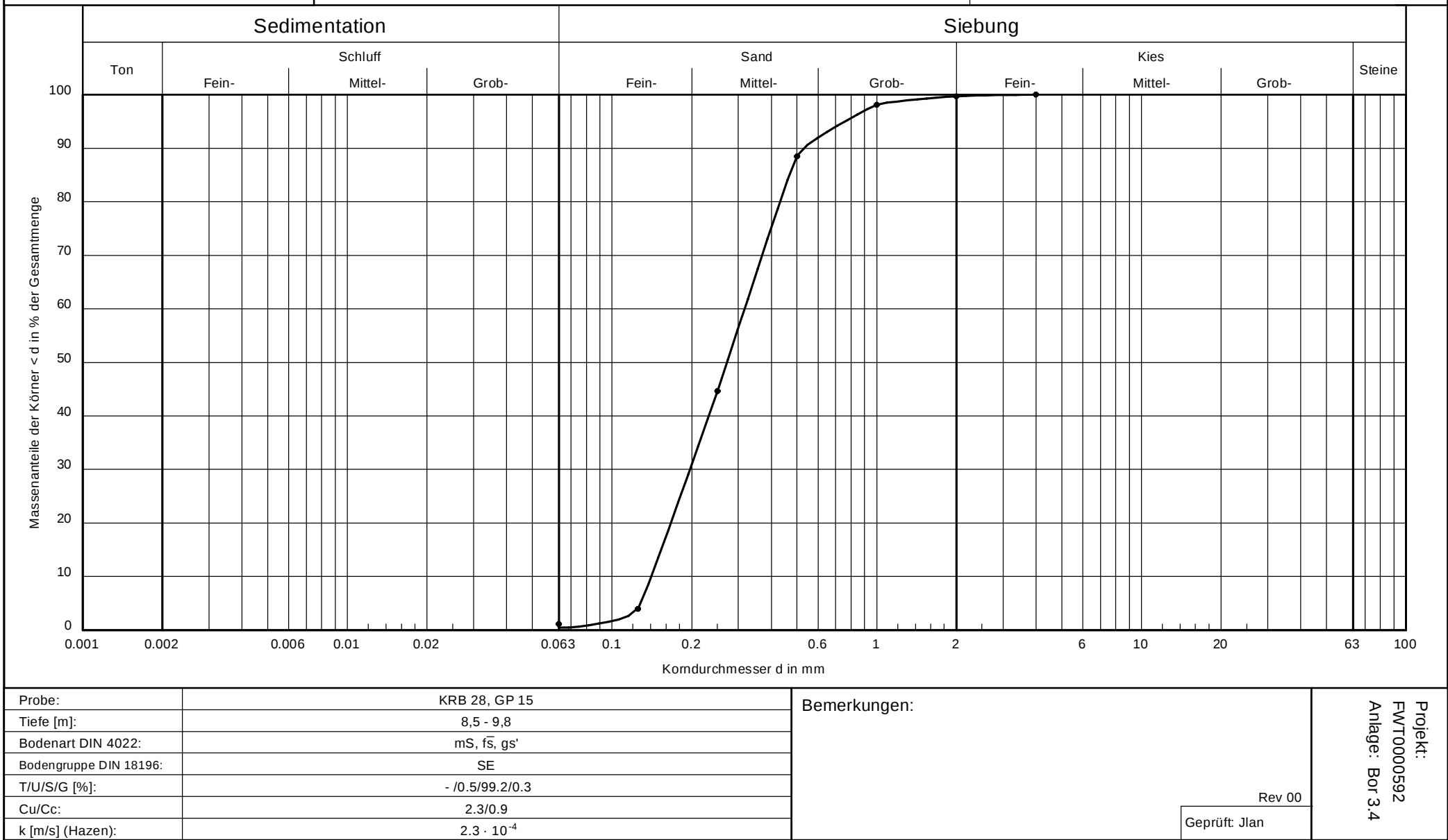
Bauvorhaben:

Süderstraße



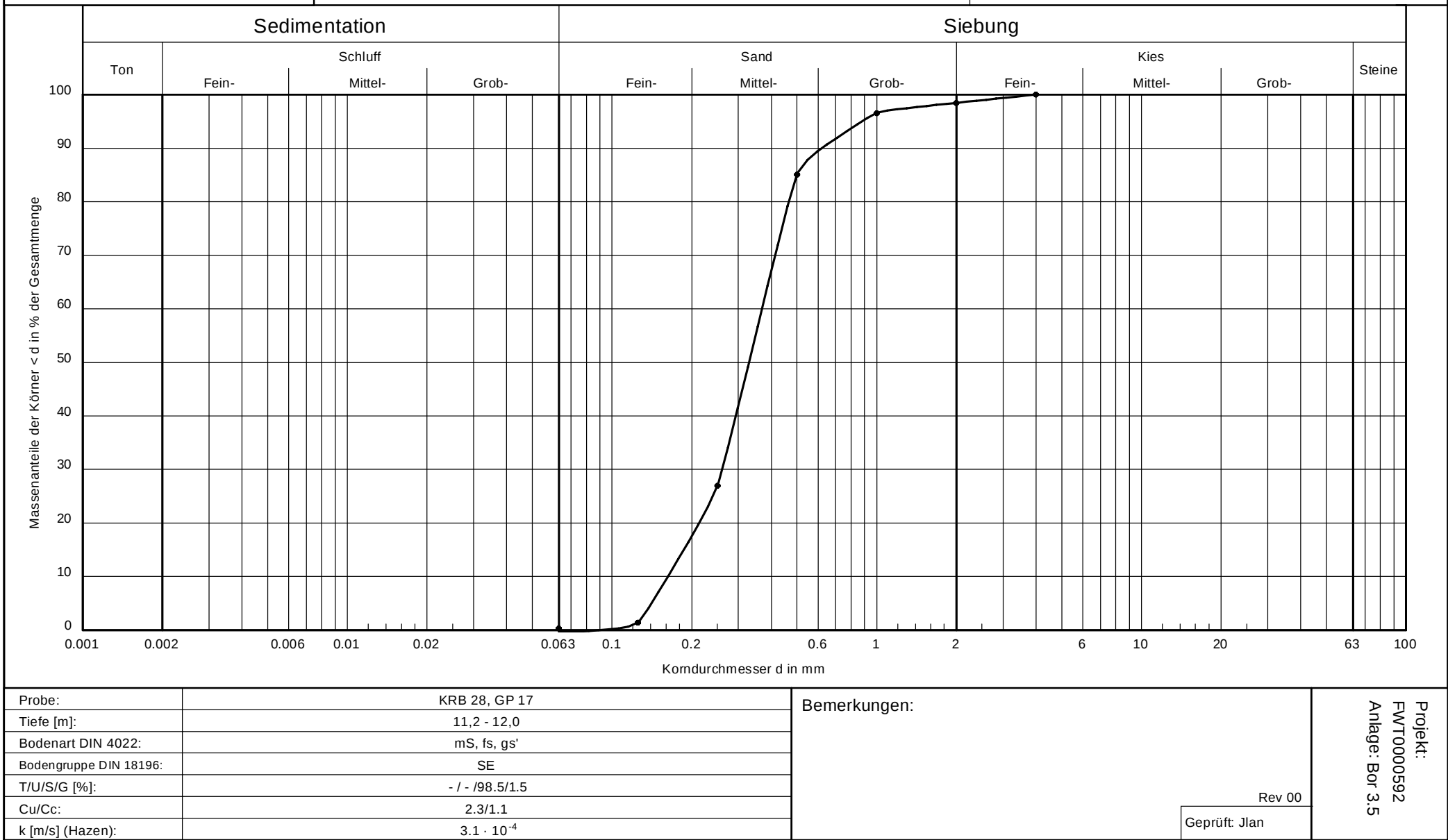
Bauvorhaben:

Süderstraße

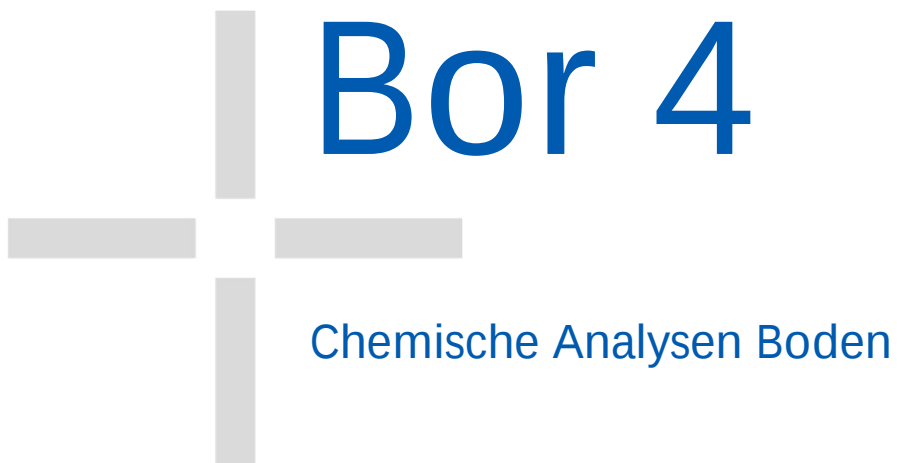


Bauvorhaben:

Süderstraße



Anlage



Anlage Bor4 Chemische Analysen Boden

Hamburger Stadtentwässerung AöR

Billhorner Deich 2

20539 Hamburg

Prüfbericht-Nr.: 2025P523116 / 1

Auftraggeber	Hamburger Stadtentwässerung AöR
Eingangsdatum	28.08.2025
Projekt	Süderstraße/Borstelmannsweg
Material	Boden
Auftrag	Analytik gem. Vorgabe des Auftraggebers
Verpackung	Weckglas
Probenmenge	je Probe ca. 1 kg
unsere Auftragsnummer	25515210
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	GBA
Prüfbeginn / -ende	28.08.2025 - 05.09.2025
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben 3 Monate, bzgl. EBV und BBodSchV 2021 abweichend 6 Monate und Wasserproben bis 2 Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.
Bemerkung	keine

Pinneberg, 05.09.2025

Dieser Prüfbericht wurde automatisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

i. A. G. Blinde
Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Bericht beschriebenen Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Validität der Ergebnisse übernommen, sofern vom Kunden bereitgestellte Daten oder Informationen diese beeinflussen können. Vom Kunden bereitgestellte Daten sind gekennzeichnet. Das Laboratorium übernimmt keine Verantwortung für die Probenahme, sofern diese nicht durch Probenehmer eines zur GBA Group gehörenden Unternehmens oder in dessen Auftrag durchgeführt wurde. In diesem Fall gelten die Ergebnisse für die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung des ausstellenden Unternehmens darf der Prüfbericht weder veröffentlicht noch auszugsweise vervielfältigt werden. Bei einer etwaigen Konformitätsbewertung werden Messunsicherheiten nicht berücksichtigt.

Dok.-Nr.: ML 510-02 # 19

Seite 1 von 5 zu Prüfbericht-Nr.: 2025P523116 / 1

Zuordnungswerte gem. LAGA-Boden (M20, Fassung 2004)

unsere Auftragsnummer		25515210	25515210	25515210
Probe-Nr.		001	002	003
Material		Boden	Boden	Boden
Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3
Probeneingang		28.08.2025	28.08.2025	28.08.2025
Zuordnung gemäß		Sand	Lehm/Schluff	Sand
Trockenrückstand	Masse-%	92,7 ---	85,5 ---	92,3 ---
EOX	mg/kg TM	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Kohlenwasserstoffe (C10-C40)	mg/kg TM	<100 Z0	<100 Z0	<100 Z0
mobiler Anteil bis C22	mg/kg TM	<50 ---	<50 ---	<50 ---
Cyanid ges.	mg/kg TM	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Summe BTEX	mg/kg TM	n.n. Z0	n.n. Z0	n.n. Z0
Benzol	mg/kg TM	<0,090 ---	<0,090 ---	<0,090 ---
Toluol	mg/kg TM	<0,090 ---	<0,090 ---	<0,090 ---
Ethylbenzol	mg/kg TM	<0,090 ---	<0,090 ---	<0,090 ---
m-/p-Xylol	mg/kg TM	<0,090 ---	<0,090 ---	<0,090 ---
o-Xylol	mg/kg TM	<0,090 ---	<0,090 ---	<0,090 ---
Summe LHKW	mg/kg TM	n.n. Z0	n.n. Z0	n.n. Z0
Dichlormethan	mg/kg TM	<0,045 ---	<0,045 ---	<0,045 ---
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg TM	<0,045 ---	<0,045 ---	<0,045 ---
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TM	<0,045 ---	<0,045 ---	<0,045 ---
Trichlormethan	mg/kg TM	<0,045 ---	<0,045 ---	<0,045 ---
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TM	<0,045 ---	<0,045 ---	<0,045 ---
Tetrachlormethan	mg/kg TM	<0,045 ---	<0,045 ---	<0,045 ---
Trichlorethen	mg/kg TM	<0,045 ---	<0,045 ---	<0,045 ---
Tetrachlorethen	mg/kg TM	<0,045 ---	<0,045 ---	<0,045 ---
Vinylchlorid	mg/kg TM	<0,045 ---	<0,045 ---	<0,045 ---
Trichlorfluormethan (F-11)	mg/kg TM	<0,045 ---	<0,045 ---	<0,045 ---
1,1,2-Trichlor-1,2,2-trifluorethan (F-113)	mg/kg TM	<0,10 ---	<0,10 ---	<0,10 ---
Summe PAK (16)	mg/kg TM	0,34 Z0	1,0 Z0	7,3 Z2 (Z1)
Benzo(a)pyren	mg/kg TM	<0,050 Z0	0,094 Z0	0,56 Z1
Summe PCB (6)	mg/kg TM	n.n. Z0	n.n. Z0	n.n. Z0
Aufschluss mit Königswasser		---	---	---
Arsen	mg/kg TM	6,7 Z0	8,3 Z0	5,0 Z0
Blei	mg/kg TM	159 Z1	132 Z1	46 Z1
Cadmium	mg/kg TM	0,20 Z0	0,11 Z0	0,26 Z0
Chrom ges.	mg/kg TM	11 Z0	8,2 Z0	7,2 Z0
Kupfer	mg/kg TM	72 Z1	53 Z1	42 Z1
Nickel	mg/kg TM	19 Z1	8,2 Z0	12 Z0
Quecksilber	mg/kg TM	<0,10 Z0	0,81 Z1	<0,10 Z0
Thallium	mg/kg TM	<0,30 Z0	<0,30 Z0	<0,30 Z0
Zink	mg/kg TM	124 Z1	53 Z0	67 Z1
TOC	Masse-% TM	2,0 Z2	0,73 Z1 (Z0)	2,8 Z2
Eluat 10:1		---	---	---
pH-Wert		9,0 Z0	8,6 Z0	9,3 Z0
Temp. bei pH-/Leitf.-Messung	°C	23,4 ---	23,2 ---	23,4 ---
Leitfähigkeit	µS/cm	106 Z0	205 Z0	117 Z0
Chlorid	mg/L	8,9 Z0	21 Z0	7,7 Z0

Zuordnungswerte in Klammern gelten nur in besonderen Fällen. Zur abschließenden Einstufung sind die Regelungen der TR zu Zuordnungswerten sowie die Sonderregelungen einzelner Bundesländer zu beachten. Die angegebenen Einstufungen sind keine Konformitätsbewertung, sondern Informationen, die zur Unterstützung der Auswertung durch den Auftraggeber dienen. Die abschließende rechtsverbindliche Einstufung ist durch den Auftraggeber vorzunehmen und liegt allein in seinem Verantwortungsbereich.

Prüfbericht-Nr.: 2025P523116 / 1

Süderstraße/Borstelmannsweg

unsere Auftragsnummer		25515210	25515210	25515210
Probe-Nr.		001	002	003
Material		Boden	Boden	Boden
Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3
Sulfat	mg/L	7,8 Z0	2,4 Z0	2,3 Z0
Cyanid ges.	µg/L	<5,0 Z0	<5,0 Z0	<5,0 Z0
Phenolindex	µg/L	<5,0 Z0	<5,0 Z0	<5,0 Z0
Arsen	µg/L	17 Z1.2	22 Z2	12 Z0
Blei	µg/L	5,6 Z0	14 Z0	9,4 Z0
Cadmium	µg/L	<0,30 Z0	<0,30 Z0	<0,30 Z0
Chrom ges.	µg/L	<1,0 Z0	<1,0 Z0	1,7 Z0
Kupfer	µg/L	5,3 Z0	9,6 Z0	4,8 Z0
Nickel	µg/L	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Quecksilber	µg/L	<0,20 Z0	<0,20 Z0	<0,20 Z0
Zink	µg/L	<10 Z0	<10 Z0	<10 Z0

Zuordnungswerte in Klammern gelten nur in besonderen Fällen. Zur abschließenden Einstufung sind die Regelungen der TR zu Zuordnungswerten sowie die Sonderregelungen einzelner Bundesländer zu beachten. Die angegebenen Einstufungen sind keine Konformitätsbewertung, sondern Informationen, die zur Unterstützung der Auswertung durch den Auftraggeber dienen. Die abschließende rechtsverbindliche Einstufung ist durch den Auftraggeber vorzunehmen und liegt allein in seinem Verantwortungsbereich.

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar ngw. = nachgewiesen

Dok.-Nr.: ML 510-02 # 19

Seite 3 von 5 zu Prüfbericht-Nr.: 2025P523116 / 1

Angewandte Verfahren

Parameter	BG	Einheit	Methode
Trockenrückstand	0,40	Masse-%	DIN EN 14346: 2007-03 ^a 5
EOX	1,0	mg/kg TM	US-Extr. Cyclo/Hex/Acet; DIN 38414 (S17): 2017-01 ^a 5
Kohlenwasserstoffe (C10-C40)	100	mg/kg TM	DIN EN 14039: 2005-01 i.V.m. LAGA KW/04: 2019-09 ^a 5
mobiler Anteil bis C22	50	mg/kg TM	DIN EN 14039: 2005-01 i.V.m. LAGA KW/04: 2019-09 ^a 5
Cyanid ges.	1,0	mg/kg TM	DIN EN ISO 17380: 2013-10 ^a 5
Summe BTEX		mg/kg TM	berechnet 5
Benzol	0,090	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
Toluol	0,090	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
Ethylbenzol	0,090	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
m-/p-Xylol	0,090	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
o-Xylol	0,090	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
Summe LHKW		mg/kg TM	berechnet 5
Dichlormethan	0,045	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
trans-1,2-Dichlorethen	0,045	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
cis-1,2-Dichlorethen	0,045	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
Trichlormethan	0,045	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
1,1,1-Trichlorethan	0,045	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
Tetrachlormethan	0,045	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
Trichlorethen	0,045	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
Tetrachlorethen	0,045	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
Vinylchlorid	0,045	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
Trichlorfluormethan (F-11)	0,045	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
1,1,2-Trichlor-1,2,2-trifluorethan (F-113)	0,10	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a 5
Summe PAK (16)		mg/kg TM	berechnet 5
Benzo(a)pyren	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Summe PCB (6)		mg/kg TM	berechnet 5
Aufschluss mit Königswasser			DIN EN 13657: 2003-01 ^a 5
Arsen	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Blei	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Cadmium	0,10	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Chrom ges.	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Kupfer	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Nickel	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Quecksilber	0,10	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Thallium	0,30	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Zink	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
TOC	0,050	Masse-% TM	DIN EN 15936: 2022-09 ^a 5
Eluat 10:1			DIN EN 12457-4: 2003-01 ^a 5
pH-Wert			DIN EN ISO 10523: 2012-04 ^a 5
Temp. bei pH-/Leitf.-Messung		°C	DIN 38404-4: 1976-12 ^a 5
Leitfähigkeit		µS/cm	DIN EN 27888: 1993-11 ^a , Korr. auf 25°C mittels Temp.komp. 5
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a 5
Sulfat	1,0	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a 5
Cyanid ges.	5,0	µg/L	DIN EN ISO 14403-2 (D3): 2012-10 ^a 5
Phenolindex	5,0	µg/L	DIN EN ISO 14402: 1999-12 ^a 5
Arsen	0,50	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 5
Blei	1,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 5
Cadmium	0,30	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 5
Chrom ges.	1,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 5
Kupfer	1,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 5
Nickel	1,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 5
Quecksilber	0,20	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 5

Prüfbericht-Nr.: 2025P523116 / 1

Süderstraße/Borstelmannsweg

Parameter	BG	Einheit	Methode
Zink	10	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a 5

Die mit ^a gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren des ausführenden Untersuchungslabors. Die Bestimmungsgrenzen (BG) können matrixbedingt variieren.

Untersuchungslabor: 5GBA Pinneberg (D-PL-14170-01)

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar ngw. = nachgewiesen

Dok.-Nr.: ML 510-02 # 19

Seite 5 von 5 zu Prüfbericht-Nr.: 2025P523116 / 1

Hamburger Stadtentwässerung AöR
Billhorner Deich 2

20539 Hamburg



Prüfbericht-Nr.: 2025P523117 / 1

Auftraggeber	Hamburger Stadtentwässerung AöR
Eingangsdatum	siehe Tabelle
Projekt	Süderstraße/Borstelmannsweg
Material	Boden
Auftrag	Analytik gem. Vorgabe des Auftraggebers
Verpackung	Weckglas
Probenmenge	je Probe ca. 1 kg
unsere Auftragsnummer	25515210
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	GBA
Prüfbeginn / -ende	28.08.2025 - 05.09.2025
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben 3 Monate, bzgl. EBV und BBodSchV 2021 abweichend 6 Monate und Wasserproben bis 2 Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.
Bemerkung	keine

Pinneberg, 05.09.2025

Dieser Prüfbericht wurde automatisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

i. A. G. Blinde

Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Bericht beschriebenen Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Validität der Ergebnisse übernommen, sofern vom Kunden bereitgestellte Daten oder Informationen diese beeinflussen können. Vom Kunden bereitgestellte Daten sind gekennzeichnet. Das Laboratorium übernimmt keine Verantwortung für die Probenahme, sofern diese nicht durch Probenehmer eines zur GBA Group gehörenden Unternehmens oder in dessen Auftrag durchgeführt wurde. In diesem Fall gelten die Ergebnisse für die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung des ausstellenden Unternehmens darf der Prüfbericht weder veröffentlicht noch auszugsweise vervielfältigt werden. Bei einer etwaigen Konformitätsbewertung werden Messunsicherheiten nicht berücksichtigt.

Dok.-Nr.: ML 510-02 #55

Seite 1 von 7 zu Prüfbericht-Nr.: 2025P523117 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2025P523117 / 1

Süderstraße/Borstelmannsweg

Materialwerte gemäß EBV Anlage 1 Tab. 3

unsere Auftragsnummer		25515210	25515210
Probe-Nr.		004	005
Material		Boden	Boden
Probenbezeichnung		MP 1 EBV	MP 2 EBV
Probeneingang		28.08.2025	28.08.2025
Zuordnung gemäß		Sand	Lehm/Schluff
Bodenart		Sand	Lehm/Schluff
Probenvorbereitung		+	+
mineral. Fremdbestandteile	Vol-%	<= 10	<= 10
Anteil Fremdmaterial	g / Probe	0,00	0,00
Siebfraktion > 2 mm	Masse-%	12,8	1,7
Siebfraktion < 2 mm	Masse-%	87,2	98,3
Trockenrückstand	Masse-%	91,5	87,2
Aufschluss mit Königswasser		---	---
Arsen	mg/kg TM	8,8 BM-0	5,1 BM-0
Blei	mg/kg TM	160 >BM-0	180 >BM-0
Cadmium	mg/kg TM	0,55 >BM-0	0,19 BM-0
Chrom ges.	mg/kg TM	11 BM-0	11 BM-0
Kupfer	mg/kg TM	86 >BM-0	31 BM-0
Nickel	mg/kg TM	19 >BM-0	14 BM-0
Quecksilber	mg/kg TM	0,094 BM-0	0,32 >BM-0
Thallium	mg/kg TM	<0,10 BM-0	<0,10 BM-0
Zink	mg/kg TM	190 >BM-0	53 BM-0
TOC	Masse-% TM	4,7 (>BM-0)	0,56 BM-0
Summe PAK (16)	mg/kg TM	0,859	1,317
Summe PAK (16) (EBV)	mg/kg TM	0,909 BM-0	1,367 BM-0
Naphthalin	mg/kg TM	<0,05 (n.n.)	<0,05 (n.n.)
Acenaphthylen	mg/kg TM	<0,05 (n.n.)	<0,05 (n.n.)
Acenaphthen	mg/kg TM	<0,05 (n.n.)	<0,05 (n.n.)
Fluoren	mg/kg TM	<0,05 (n.n.)	<0,05 (n.n.)
Phenanthren	mg/kg TM	<0,05 (ngw.)	0,065
Anthracen	mg/kg TM	<0,05 (n.n.)	<0,05 (ngw.)
Fluoranthren	mg/kg TM	0,12	0,24
Pyren	mg/kg TM	0,11	0,23
Benz(a)anthracen	mg/kg TM	0,073	0,10
Chrysen	mg/kg TM	0,10	0,11
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TM	0,10	0,13
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TM	0,080	0,092
Benzo(a)pyren	mg/kg TM	0,086 BM-0	0,13 BM-0
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TM	0,097	0,11
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg TM	<0,05 (ngw.)	<0,05 (ngw.)
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TM	0,093	0,11
Summe PCB (7)	mg/kg TM	0,0032	n.n.
Summe PCB (7) (EBV)	mg/kg TM	0,0062 BM-0	n.n. BM-0
PCB 28	mg/kg TM	<0,003 (n.n.)	<0,003 (n.n.)
PCB 52	mg/kg TM	<0,003 (n.n.)	<0,003 (n.n.)
PCB 101	mg/kg TM	<0,003 (n.n.)	<0,003 (n.n.)
PCB 118	mg/kg TM	<0,003 (n.n.)	<0,003 (n.n.)
PCB 153	mg/kg TM	<0,003 (ngw.)	<0,003 (n.n.)
PCB 138	mg/kg TM	0,0032	<0,003 (n.n.)

Materialwerte in Klammern gelten nur in besonderen Fällen. Zur abschließenden Einstufung sind die Regelungen der EBV zu beachten.
Die angegebenen Einstufungen sind keine Konformitätsbewertung, sondern Informationen, die zur Unterstützung der Auswertung durch den Auftraggeber dienen. Die abschließende rechtsverbindliche Einstufung ist durch den Auftraggeber vorzunehmen und liegt allein in seinem Verantwortungsbereich.

Prüfbericht-Nr.: 2025P523117 / 1

Süderstraße/Borstelmannsweg

unsere Auftragsnummer		25515210	25515210
Probe-Nr.		004	005
Material		Boden	Boden
Probenbezeichnung		MP 1 EBV	MP 2 EBV
PCB 180	mg/kg TM	<0,003 (ngw.)	<0,003 (n.n.)
EOX	mg/kg TM	<0,30 BM-0	<0,30 BM-0
Eluat 2:1		---	---
pH-Wert		8,6	9,1
Temp. bei pH-/Leitf.-Messung im 2:1 Eluat	°C	23,0	23,0
Leitfähigkeit	µS/cm	290	660
Sulfat	mg/L	23 BM-0	13 BM-0

Materialwerte in Klammern gelten nur in besonderen Fällen. Zur abschließenden Einstufung sind die Regelungen der EBV zu beachten.
Die angegebenen Einstufungen sind keine Konformitätsbewertung, sondern Informationen, die zur Unterstützung der Auswertung durch den Auftraggeber dienen. Die abschließende rechtsverbindliche Einstufung ist durch den Auftraggeber vorzunehmen und liegt allein in seinem Verantwortungsbereich.

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar ngw. = nachgewiesen

Dok.-Nr.: ML 510-02 #55

Seite 3 von 7 zu Prüfbericht-Nr.: 2025P523117 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2025P523117 / 1

Süderstraße/Borstelmannsweg

Materialwerte gemäß EBV Anlage 1 Tab. 3

unsere Auftragsnummer		25515210
Probe-Nr.		006
Material		Boden
Probenbezeichnung		MP 3 EBV
Probeneingang		28.08.2025
Zuordnung gemäß		Sand
Bodenart		Sand
Probenvorbereitung		+
mineral. Fremdbestandteile	Vol-%	<= 10
Anteil Fremdmaterial	g / Probe	0,00
Siebfraktion > 2 mm	Masse-%	13,6
Siebfraktion < 2 mm	Masse-%	86,4
Trockenrückstand	Masse-%	91,8
Aufschluss mit Königswasser		---
Arsen	mg/kg TM	4,6 BM-0
Blei	mg/kg TM	54 >BM-0
Cadmium	mg/kg TM	0,34 BM-0
Chrom ges.	mg/kg TM	6,3 BM-0
Kupfer	mg/kg TM	33 >BM-0
Nickel	mg/kg TM	9,3 BM-0
Quecksilber	mg/kg TM	0,079 BM-0
Thallium	mg/kg TM	<0,10 BM-0
Zink	mg/kg TM	66 >BM-0
TOC	Masse-% TM	1,3 (>BM-0)
Summe PAK (16)	mg/kg TM	1,972
Summe PAK (16) (EBV)	mg/kg TM	2,022 BM-0
Naphthalin	mg/kg TM	<0,05 (n.n.)
Acenaphthylen	mg/kg TM	<0,05 (n.n.)
Acenaphthen	mg/kg TM	<0,05 (n.n.)
Fluoren	mg/kg TM	<0,05 (n.n.)
Phenanthren	mg/kg TM	0,082
Anthracen	mg/kg TM	<0,05 (ngw.)
Fluoranthren	mg/kg TM	0,25
Pyren	mg/kg TM	0,23
Benz(a)anthracen	mg/kg TM	0,14
Chrysen	mg/kg TM	0,19
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TM	0,23
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TM	0,19
Benzo(a)pyren	mg/kg TM	0,22 BM-0
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TM	0,23
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg TM	<0,05 (ngw.)
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TM	0,21
Summe PCB (7)	mg/kg TM	n.n.
Summe PCB (7) (EBV)	mg/kg TM	n.n. BM-0
PCB 28	mg/kg TM	<0,003 (n.n.)
PCB 52	mg/kg TM	<0,003 (n.n.)
PCB 101	mg/kg TM	<0,003 (n.n.)
PCB 118	mg/kg TM	<0,003 (n.n.)
PCB 153	mg/kg TM	<0,003 (n.n.)
PCB 138	mg/kg TM	<0,003 (n.n.)

Materialwerte in Klammern gelten nur in besonderen Fällen. Zur abschließenden Einstufung sind die Regelungen der EBV zu beachten. Die angegebenen Einstufungen sind keine Konformitätsbewertung, sondern Informationen, die zur Unterstützung der Auswertung durch den Auftraggeber dienen. Die abschließende rechtsverbindliche Einstufung ist durch den Auftraggeber vorzunehmen und liegt allein in seinem Verantwortungsbereich.

Prüfbericht-Nr.: 2025P523117 / 1

Süderstraße/Borstelmannsweg

unsere Auftragsnummer		25515210
Probe-Nr.		006
Material		Boden
Probenbezeichnung		MP 3 EBV
PCB 180	mg/kg TM	<0,003 (n.n.)
EOX	mg/kg TM	<0,30 BM-0
Eluat 2:1		---
pH-Wert		8,7
Temp. bei pH-/Leitf.-Messung im 2:1 Eluat	°C	23,0
Leitfähigkeit	µS/cm	280
Sulfat	mg/L	8,3 BM-0

Materialwerte in Klammern gelten nur in besonderen Fällen. Zur abschließenden Einstufung sind die Regelungen der EBV zu beachten.
Die angegebenen Einstufungen sind keine Konformitätsbewertung, sondern Informationen, die zur Unterstützung der Auswertung durch den Auftraggeber dienen. Die abschließende rechtsverbindliche Einstufung ist durch den Auftraggeber vorzunehmen und liegt allein in seinem Verantwortungsbereich.

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar ngw. = nachgewiesen

Dok.-Nr.: ML 510-02 #55

Seite 5 von 7 zu Prüfbericht-Nr.: 2025P523117 / 1

Angewandte Verfahren

Parameter	BG	Einheit	Methode
Bodenart			- 5
Probenvorbereitung			DIN 19747: 2009-07 ^a 5
mineral. Fremdbestandteile		Vol-%	DIN 19747: 2009-07 ^a 5
Anteil Fremdmaterial		g / Probe	DIN 19747: 2009-07 ^a 5
Siebfraktion > 2 mm	0,10	Masse-%	DIN 19747: 2009-07 ^a 5
Siebfraktion < 2 mm	0,10	Masse-%	DIN 19747: 2009-07 ^a 5
Trockenrückstand	0,40	Masse-%	DIN EN 14346: 2007-03 ^a 5
Aufschluss mit Königswasser			DIN EN 13657: 2003-01 ^a 5
Arsen	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Blei	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Cadmium	0,10	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Chrom ges.	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Kupfer	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Nickel	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Quecksilber	0,050	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Thallium	0,10	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
Zink	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a 5
TOC	0,050	Masse-% TM	DIN EN 15936: 2022-09 ^a 5
Summe PAK (16)		mg/kg TM	berechnet 5
Summe PAK (16) (EBV)		mg/kg TM	berechnet 5
Naphthalin	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Acenaphthylen	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Acenaphthen	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Fluoren	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Phenanthren	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Anthracen	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Fluoranthren	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Pyren	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Benz(a)anthracen	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Chrysen	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Benzo(b)fluoranthren	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Benzo(k)fluoranthren	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Benzo(a)pyren	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Dibenz(a,h)anthracen	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Benzo(g,h,i)perylene	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a 5
Summe PCB (7)		mg/kg TM	berechnet 5
Summe PCB (7) (EBV)		mg/kg TM	berechnet 5
PCB 28	0,0030	mg/kg TM	DIN EN 17322: 2021-03 ^a 5
PCB 52	0,0030	mg/kg TM	DIN EN 17322: 2021-03 ^a 5
PCB 101	0,0030	mg/kg TM	DIN EN 17322: 2021-03 ^a 5
PCB 118	0,0030	mg/kg TM	DIN EN 17322: 2021-03 ^a 5
PCB 153	0,0030	mg/kg TM	DIN EN 17322: 2021-03 ^a 5
PCB 138	0,0030	mg/kg TM	DIN EN 17322: 2021-03 ^a 5
PCB 180	0,0030	mg/kg TM	DIN EN 17322: 2021-03 ^a 5
EOX	0,30	mg/kg TM	DIN 38414-17: 2017-01 ^a 5
Eluat 2:1			DIN 19529: 2023-07 ^a 5
pH-Wert			DIN EN ISO 10523: 2012-04 ^a 5
Temp. bei pH-/Leitf.-Messung im 2:1 Eluat		°C	DIN 38404-4: 1976-12 ^a 5
Leitfähigkeit		µS/cm	DIN EN 27888: 1993-11 ^a , Korr. auf 25°C mittels Temp.komp. 5

Prüfbericht-Nr.: 2025P523117 / 1

Süderstraße/Borstelmannsweg

Parameter	BG	Einheit	Methode
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a ₅

Die mit ^a gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren des ausführenden Untersuchungslabors. Die Bestimmungsgrenzen (BG) können matrixbedingt variieren.

Untersuchungslabor: ₅GBA Pinneberg (D-PL-14170-01)

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar ngw. = nachgewiesen

Dok.-Nr.: ML 510-02 #55

Seite 7 von 7 zu Prüfbericht-Nr.: 2025P523117 / 1

Anlage

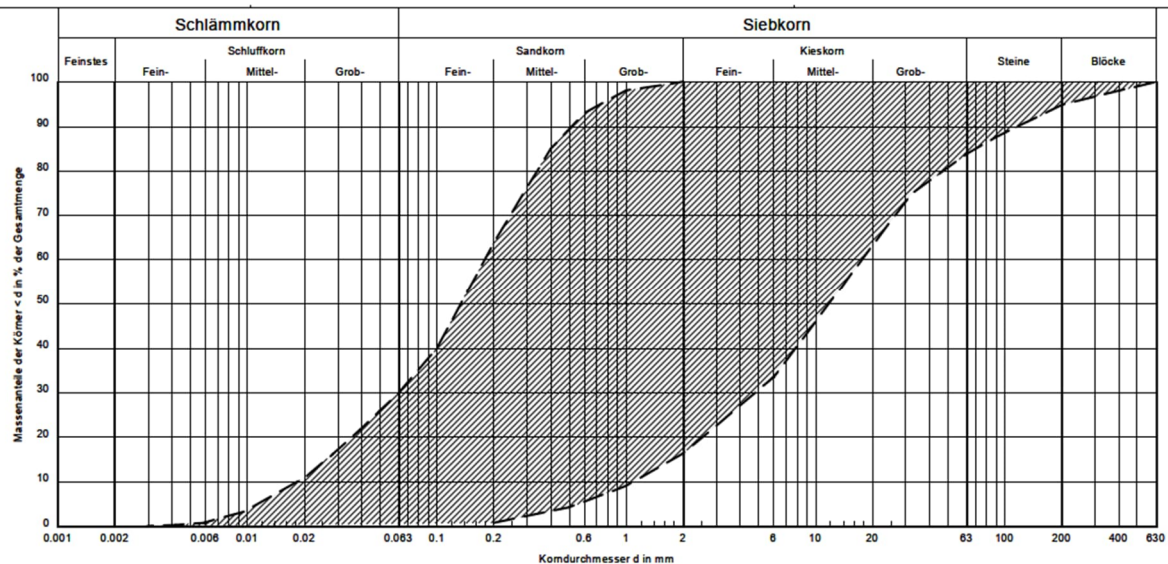


Anlage Bor5 Homogenbereiche

Name der Schicht/
Ortsübliche Bezeichnung

Auffüllung, nichtbindig

Korngrößenverteilung mit Körnungsband

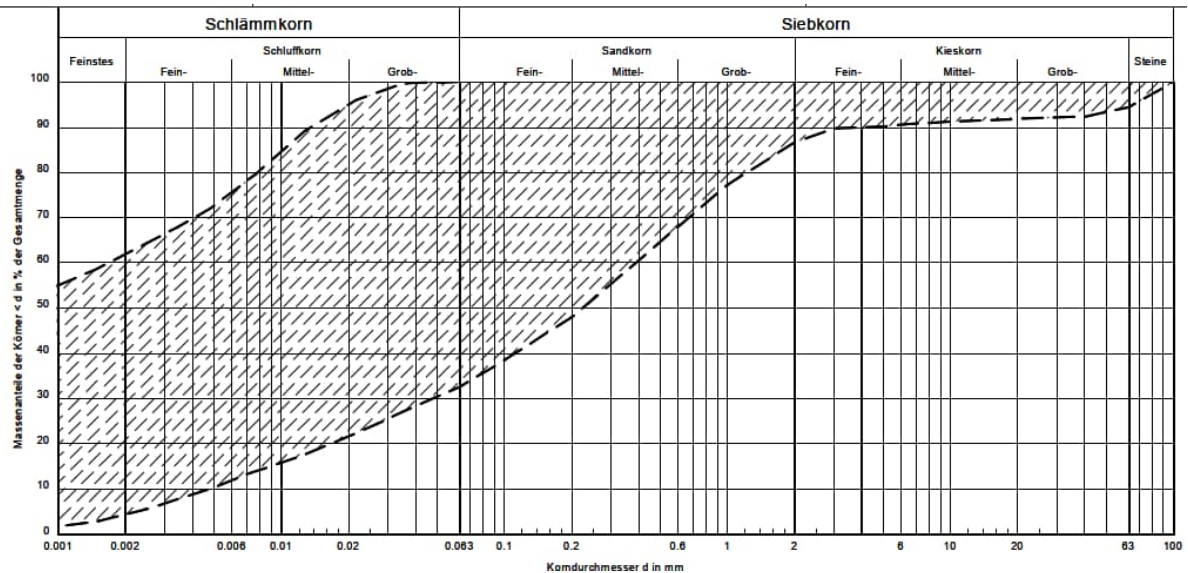


Massenanteile Steine / Blöcke	%	Steine: 0 bis 10, Blöcke: < 5
Bodengruppe (Beimengungen)	---	SU, SE, SW, SI, (Bauschuttreste)
Dichte	ρ [g/cm ³]	1,7 bis 2,0
Feinkornanteil	%	0 bis 30
Kohäsion	c'_k [kN/m ²]	0
Undrained Scherfestigkeit	c_u [kN/m ³]	0
Wassergehalt w	w %	-
Plastizitätszahl / Konsistenzzahl	I_p / I_c %	-
Konsistenz	---	-
Organischer Anteil	V_{GI} %	-
Bezogene Lagerungsdichte	I_D %	< 65
Lagerungsdichte	---	Locker bis mitteldicht
Sondierspitzendruck (CPT)	q_c [MN/m ²]	1 bis 15
Abrasivität	---	abrasiv bis stark abrasiv (Bauschuttanteil)
Einstufung gemäß LAGA TR Boden/DepV		Z 2

Name der Schicht/
Ortsübliche Bezeichnung

Auffüllung, Schluff sandig

Korngrößenverteilung mit Körnungsband

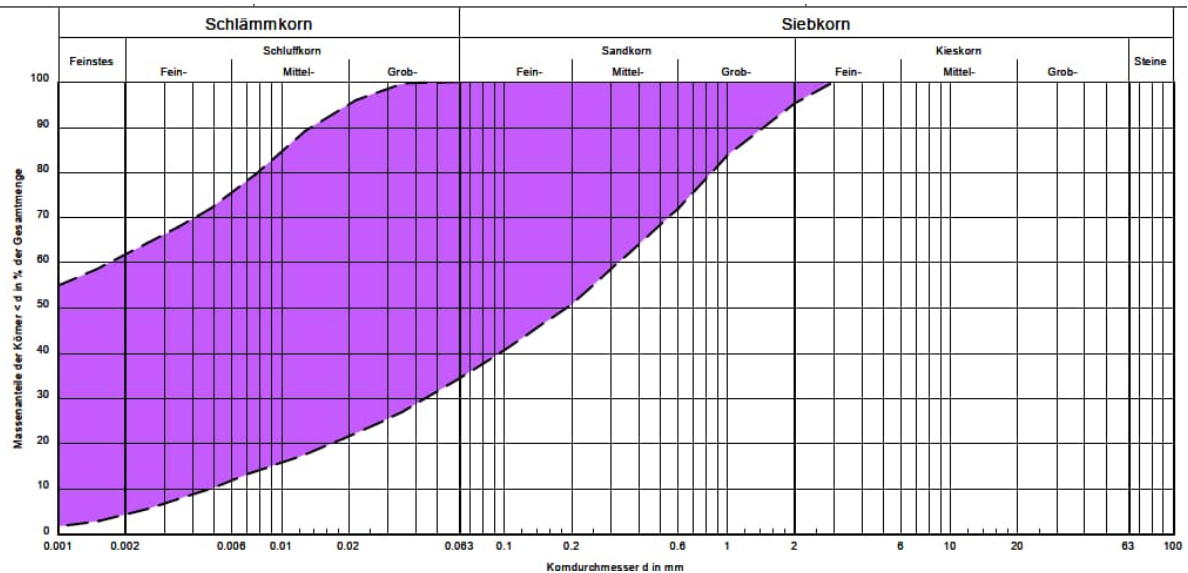


Massenanteile Steine / Blöcke	%	Steine: 0 bis 5 %, Blöcke: < 5 %
Bodengruppe (Beimengungen)	---	SU, SU*, ST, ST*, UM (Bauschuttreste)
Dichte	ρ [g/cm ³]	1,7 bis 2,1
Feinkornanteil	%	< 80%
Kohäsion	c'_k [kN/m ²]	0 bis 10
Undrained Scherfestigkeit	c_u [kN/m ³]	10 bis 80
Wassergehalt w	w %	12 bis 25
Plastizitätszahl / Konsistenzzahl	I_p / I_c %	<30 / 50 bis 75
Konsistenz	---	weich/weich - steif
Organischer Anteil	V_{GI} %	< 3
Bezogene Lagerungsdichte	I_D %	---
Lagerungsdichte	---	---
Sondierspitzendruck (CPT)	q_c [MN/m ²]	0,5 bis 5
Abrasivität	---	abrasiv bis stark abrasiv
Einstufung gemäß LAGA TR Boden/DepV		Z 2

Name der Schicht/
Ortsübliche Bezeichnung

Klei, torfiger Klei

Korngrößenverteilung mit Körnungsband

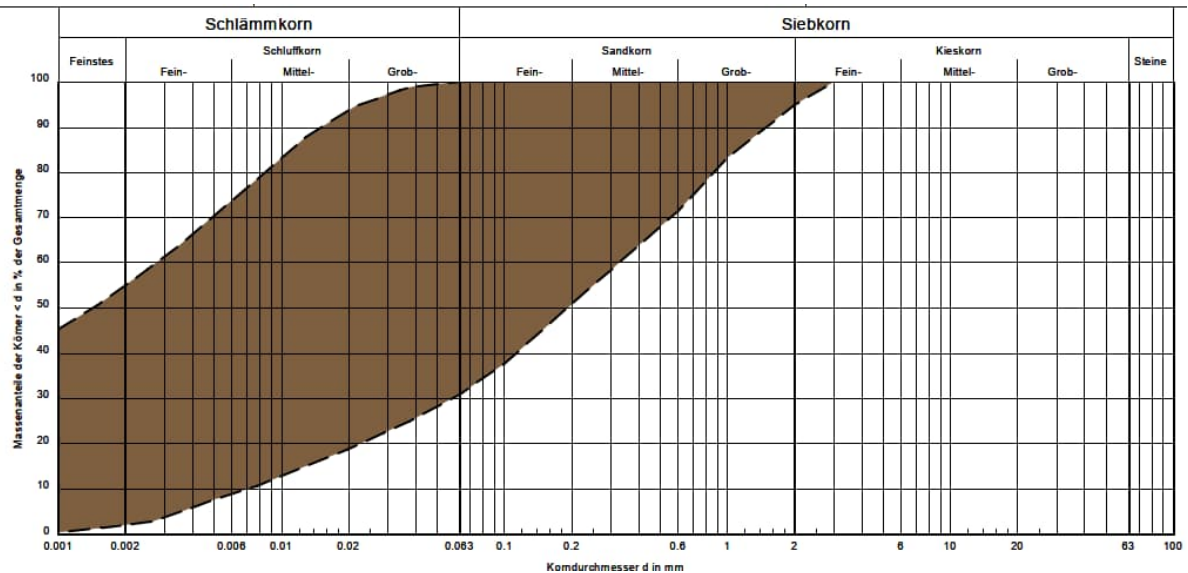


Massenanteile Steine / Blöcke	%	Steine: <5 %, Blöcke: ---
Bodengruppe	---	OT, OU, UM, UA, TA
Dichte	ρ [g/cm ³]	1,3 bis 1,7
Feinkornanteil	%	> 30
Kohäsion	c'_k [kN/m ²]	3 bis 7
Undrained Scherfestigkeit	c_u [kN/m ³]	10 bis 30
Wassergehalt w	w %	25 bis 120
Plastizitätszahl / Konsistenzzahl	I_p / I_c %	<30 / 50 bis 75
Konsistenz	---	weich
Organischer Anteil	V_{GI} %	5 bis 40
Bezogene Lagerungsdichte	I_D %	---
Lagerungsdichte	---	---
Sondierspitzendruck (CPT)	q_c [MN/m ²]	0,5 bis 2
Abrasivität	---	schwach abrasiv
Einstufung gemäß LAGA TR Boden/DepV		k.A.

Name der Schicht/
Ortsübliche Bezeichnung

Torf

Korngrößenverteilung mit Körnungsband

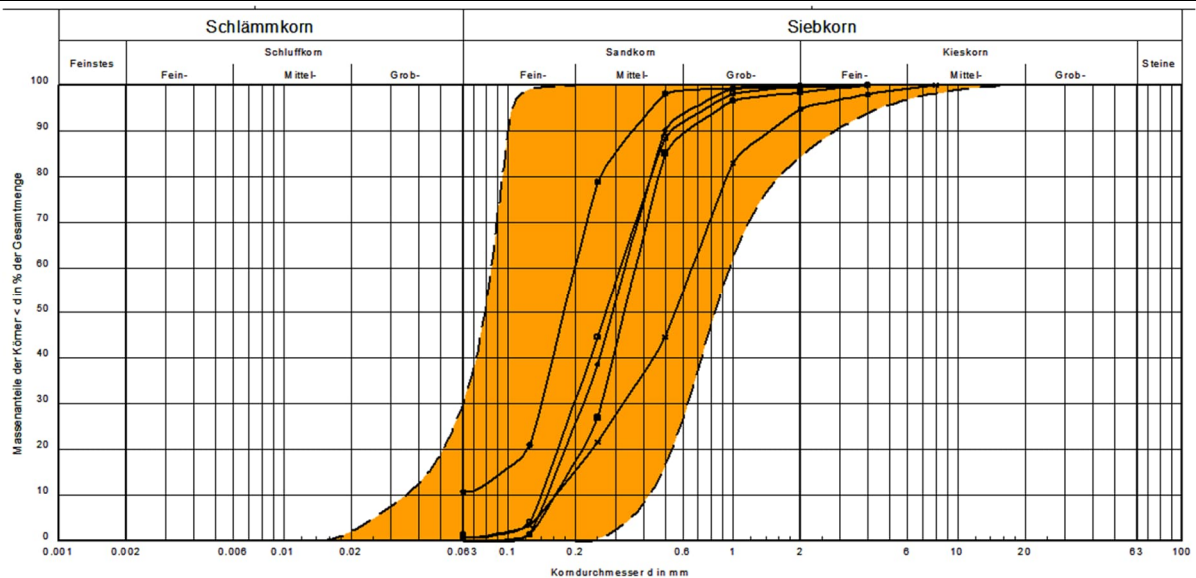


Massenanteile Steine / Blöcke	%	---
Bodengruppe	---	HN, HZ
Dichte	ρ [g/cm ³]	1,1 bis 1,3
Feinkornanteil	%	> 30
Kohäsion	c'_k [kN/m ²]	3 bis 7
Undrained Scherfestigkeit	c_u [kN/m ³]	5 bis 20
Wassergehalt w	w %	50 bis 300
Plastizitätszahl / Konsistenzzahl	I_p / I_c %	---
Konsistenz	---	---
Organischer Anteil	V_{GI} %	20 bis 50
Bezogene Lagerungsdichte	I_D %	---
Lagerungsdichte	---	---
Sondierspitzendruck (CPT)	q_c [MN/m ²]	0,2 bis 1
Abrasivität	---	nicht abrasiv bis kaum abrasiv
Einstufung gemäß LAGA TR Boden/DepV		k.A.

Name der Schicht/
Ortsübliche Bezeichnung

gewachsene Sande

Korngrößenverteilung mit Körnungsband



Massenanteile Steine / Blöcke	%	Steine: 0-10 %, Blöcke: < 5 %
Bodengruppe	---	SE, SU
Dichte	ρ [g/cm ³]	1,8 bis 2,0
Feinkornanteil	%	< 20
Kohäsion	c'_k [kN/m ²]	---
Undrained Scherfestigkeit	c_u [kN/m ³]	---
Wassergehalt w	w %	---
Plastizitätszahl / Konsistenzzahl	I_p / I_c %	---
Konsistenz	---	---
Organischer Anteil	V_{GI} %	---
Bezogene Lagerungsdichte	I_D %	33 bis 95
Lagerungsdichte	---	mitteldicht bis sehr dicht
Sondierspitzendruck (CPT)	q_c [MN/m ²]	8 bis 40
Abrasivität	---	Abrasiv, stark abrasiv bis extrem abrasiv bei kiesigen Anteilen
Einstufung gemäß LAGA TR Boden/DepV		k. A.