



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTTECHNIK MBH

BVG-Projekt GmbH
Herr Kopsch
Holzmarktstraße 15-17
10719 Berlin

Projekt-Nr. 42.7901	Datei P7901B220222	Diktat Bae/Jen/Msch	Büro Berlin	Datum 22.02.2022
------------------------	-----------------------	------------------------	----------------	---------------------

Neubau Waisentunnel Berlin-Mitte

- Geotechnisches Gutachten -

BVG Vertrags-Nr. 4501471022

Auftrag vom 27.04.2021

Gesellschaft: HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, <https://www.dr-spang.de>
58453 Witten, Rosi-Wolfstein-Straße 6, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, zentrale@dr-spang.de

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Christian Spang, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christoph Spang

Niederlassungen: 14480 Potsdam, Großbeerenstraße 231, Haus III, Tel. (0331) 231 843-0, Fax 231 843-20, berlin@dr-spang.de
73734 Esslingen/Neckar, Eberhard-Bauer-Str. 32, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, esslingen@dr-spang.de
60528 Frankfurt/Main, Lyoner Straße 12, Tel. (069) 678 65 08-0, Fax 678 65 08-20, frankfurt@dr-spang.de
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Straße 34, Tel. (03731) 798 789-0, Fax 798 789-20, freiberg@dr-spang.de
21079 Hamburg, Harburger Schloßstraße 30, Tel. (040) 524 73 35-0, Fax 524 73 35-20, hamburg@dr-spang.de
06618 Naumburg, Wilhelm-Franke-Straße 11, Tel. (03445) 762-25, Fax 762-20, naumburg@dr-spang.de
90491 Nürnberg, Erlenstegenstraße 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, nuernberg@dr-spang.de
85521 Ottobrunn, Alte Landstraße 27, Tel. (089) 277 80 82-60, Fax 277 80 82-90, muenchen@dr-spang.de

Banken: Deutsche Bank AG, Berlin, IBAN: DE82 1007 0024 0657 0105 00, BIC: DEUTDE33HAN



INHALT	SEITE
1. ALLGEMEINES	4
1.1 Projekt	4
1.2 Auftrag	4
1.3 Unterlagen	5
1.4 Untersuchungen	6
2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE	7
2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung	7
2.2 Geologie	8
2.3 Baugrund	8
2.4 Hydrogeologie / Grundwasser	11
2.5 Bodenmechanische Laborversuche	13
2.6 Chemische Untersuchungen	16
2.7 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften	19
3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE	19
3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke	19
3.2 Bodenkennwerte	20
3.3 Homogenbereiche	21
3.3.1 Allgemeines	21
3.3.2 DIN 18 300 Erdarbeiten	23
3.3.3 DIN 18 301 Bohrarbeiten	24
3.3.4 DIN 18 304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten	26
3.3.5 DIN 18 311 Nassbaggerarbeiten	28
3.4 Rammbarkeit	30
3.5 Injizierbarkeit/Dichtkörper	31
3.5.1 Nordufer	32
3.5.2 Südufer	32
4. FOLGERUNGEN	33
4.1 Baugruben	33
4.2 Wasserhaltung	34



INHALT	SEITE
4.3 Nachbarbebauung	34
4.4 Geotechnische Kategorie	35
5. EMPFEHLUNGEN	35
5.1 Baugruben	35
5.2 Auftriebssicherung	38
5.3 Aushub	38
5.4 Sonstige Empfehlungen	39
6. ANLAGEN	
Anlage 1: Übersichtslageplan, 1 : 25.000 (2)	
Anlage 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten, 1 : 500 (2)	
Anlage 3: Geotechnischer Schnitt 1 : 100 (3)	
Anlage 4: Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse (44)	
Anlage 5: Bodenmechanische Laborversuche (38)	
Anlage 6: Kernfotos (10)	
Anlage 7: Chemische Analytik (43)	
Anlage 8: Koordinatenliste der Aufschlusspunkte (3)	



1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

Es ist geplant den aus den 1910er Jahren stammenden, unmittelbar westlich der Jannowitzbrücke in Berlin-Mitte gelegenen Waisentunnel grundhaft instand zu setzen bzw. einen Ersatzneubau in gleicher Lage zu errichten. Der zweigleisige Tunnel, dessen westliche Röhre nie genutzt wurde, diente der Überführung von Schienenfahrzeugen zwischen den heutigen U-Bahnlinien U5 und U8. Derzeit wird der Tunnel aufgrund von Undichtigkeiten nicht befahren.

Der Bauabschnitt erstreckt sich über eine Länge von ca. 270 m (0+18 bis 2+90 m), wovon ca. 180 m (0+48 bis 2+25 m) unterhalb der Spree verlaufen. In der Fahrrinne der Wasserstraße beträgt die Wassertiefe bis zu ca. 3,8 m; im nördlichen Bereich des Jannowitzbeckens bis zu ca. 2,8 m.

Die Generalplanung sieht derzeit vor, die eigentliche Spreequerung in offener Bauweise neu zu errichten. Die nördlichen und südlichen Anschlüsse des Bestandes an die geplanten Baugruben (Spundwandkonstruktionen mit rückverankerten Unterwasserbetonsohlen) sollen durch Injektionskörper abgedichtet werden. In der Fahrrinne der Spree sollen die Baugrubensohlen aufgrund des geringeren Querschnitts der Baugruben nicht rückverankert werden.

Die Unterkante (UK) des nördlichen Dichtblocks inkl. der UK der Spundwand liegt ca. 18 m unter Geländeoberkante und damit ca. 15 m unterhalb des mittleren Spreewasserstands. Demgegenüber liegt die UK des südlichen Dichtblocks samt der UK der Spundwand ca. 19 m unter Geländeoberkante und somit ca. 17,5 m unterhalb des mittleren Spreewasserstands.

1.2 Auftrag

Auf Basis unseres Angebots A42.15784 vom 23.03.2021 wurde von der BVG (AöR) mit Schreiben vom 27.04.2021 unter der Vertragsnummer 4501471022 der Dr. Spang GmbH der Auftrag erteilt, ein geotechnisches Gutachten zu erstellen. Die beauftragten Leistungen umfassen ebenfalls die Durchführung der Aufschluss- und Erkundungsarbeiten sowie die dazugehörigen Labor- und Feldversuche.



1.3 Unterlagen

Es wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

- [U 1] **Geoportal Berlin (FIS-Broker)**; <https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp>, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, abgerufen September 2021.
- [U 2] **Geologische Skizze Berlins**; Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Ausgabe 2013.
- [U 3] **Wasserportal Berlin, Grundwasserinformationen**; <https://wasserportal.berlin.de>, Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, abgerufen Juli 2021.
- [U 4] **Umweltatlas Berlin**; <https://www.berlin.de/umweltatlas>, Berliner Senat, abgerufen September 2021.
- [U 5] **LAGA Boden** – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung – 1.2 Bodenmaterial (TR Boden); Stand: 05.11.2004.
- [U 6] **LAGA Bauschutt** – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln – Allgemeiner Teil; Stand 06.11.2003.
- [U 7] **Bauablaufplanung EP04.08.2021**; Ingenieurgemeinschaft ZPP | Amberg Waisentunnel GbR, Stand 18.08.2021.
- [U 8] **Kommentar zur EN 12715 – Injektionen**; Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2016.



1.4 Untersuchungen

Vom 12.07. bis 30.07.2021 wurden in unserem Auftrag durch die Fa. Henning & Quade Berlin GmbH & Co. KG landseitig **6 Kernbohrungen** als (BK) nach DIN EN ISO 22 475-1 (\varnothing 219 mm) und **11 Drucksondierungen** als (CPT) nach DIN EN ISO 22 476-1 bis in eine maximale Tiefe von 25 m unter Geländeoberkante (GOK) ausgeführt. Die wasserseitige Erkundung erfolgte im Zeitraum vom 29.11. bis 16.12.2021 durch selbigen Nachunternehmer, hier mit **3 Kernbohrungen** und **6 Drucksondierungen** bis in eine maximale Tiefe von 30 m unter Spreesohle. Des Weiteren wurde landseitig **1 Kleinrammbohrung** bis in eine Tiefe von 8,5 m ausgeführt.

Das Bohrgut wurde nach den Maßgaben der DIN EN ISO 14 688 geotechnisch aufgenommen und nach DIN 18 196 gruppiert. Gestörte Bodenproben wurden standardmäßig nach Schichtwechselln bzw. pro Meter genommen. Insgesamt liegen 190 Bodenproben vor. Die Ergebnisse der Bohrgutaufnahmen sind gemäß DIN 4023 in Anlage 4.4 dargestellt. Die Drucksondierungen sind DIN EN ISO 22 476-1 folgend als Sondierdiagramme in Anlage 4.5 enthalten.

Alle Aufschlüsse wurden lage- und höhenmäßig mittels GPS eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist in der Anlage 2 dargestellt. Die Ansatzhöhen und Endteufen der Aufschlüsse sind den Darstellungen in Anlage 3 zu entnehmen. Eine Auflistung der Eckdaten der Aufschlusspunkte ist zudem in Anlage 8 gegeben.

Orientierende **chemische Untersuchungen** erfolgten in unserem Auftrag durch die Eurofins Umwelt Ost GmbH. Gemäß der Bohrgutansprache wurden 2 Bodenproben orientierend im Hinblick auf eine Verwertung nach LAGA M20 Bauschutt [U 6] und 2 Bodenproben entsprechend LAGA TR Boden [U 5] analysiert. Darüber hinaus wurden an insgesamt 3 Bodenproben die Bewertung der Betonaggressivität nach DIN 4030 und der Stahlkorrosivität nach DIN 50929 vorgenommen. Die Bodenproben wurden aus den Kernbohrungen entnommen. Die Prüfberichte sind in Anlage 7.2 und die Auswertung der chemischen Analysen in Anlage 7.3 zu finden.

Aus der Grundwassermessstelle Nr. 8485 des Senats von Berlin wurde zudem in unserem Auftrag durch die GBA GmbH eine Grundwasserprobe mittels Tauchpumpe entnommen. Das Grundwasser wurde hinsichtlich der Betonaggressivität nach DIN 4030 und der Stahlkorrosivität nach DIN 50 929 untersucht. Der Prüfbericht ist ebenfalls in Anlage 7.2 und die Auswertung in Anlage 7.3 zu finden.



An ausgewählten Bodenproben wurden **bodenmechanische Laborversuche** durchgeführt. Hier wurde ein besonderes Augenmerk auf die Schichten, in denen Dichtblöcke hergestellt werden sollen, gelegt. Die Ergebnisse sind in den Anlagen 5.1 bis 5.3 wiedergegeben. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht der erfolgten Versuche.

Versuch	Anzahl	Norm
Korngrößenverteilung	31	DIN EN ISO 17892-4
Glühverlust	3	DIN 18128
Konsistenzgrenzen	3	DIN EN ISO 17892-12

Tabelle 1.4-1: Zusammenstellung der Laborversuche

2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung

Das Baufeld kann in verschiedene Teilbereiche untergliedert werden. Der nördliche Teil umfasst die als Baustelleneinrichtungsfläche (BE-Fläche) vorgesehene „Grünanlage Rolandufer-Littenstr.-Stralauer Str.“ (Objektnummer 110710) sowie Teile des Rolandufers und der Littenstr. selbst. Im mittleren Bereich verläuft die Spree. Der südliche Bereich am Märkischen Ufer ist geprägt von der direkt anschließenden Jannowitzbrücke und den aufgrund der vorhandenen Stützkonstruktionen räumlich sehr beengten Verhältnisse.

Die nördliche Grünanlage, deren Rasenflächen durch ca. 2 m hohe Hecken unterbrochen ist, wird nach Norden zur Stralauer Str. hin durch älteren Baumbestand, nach Westen hin zur Littenstr. durch jüngeren Baumbestand eingerahmt. Auf Luftbildern aus den 1940er Jahren ist in diesem Bereich eine kleinteilige, vermutlich gründerzeitliche Bebauung zu erkennen. Die heutige Nutzung als Grünfläche erfolgte ab den 1950er Jahren. In Form eines Tunnels verläuft in ca. 18 m Tiefe von Südwesten nach Nordosten eine von der 50Hertz Transmission GmbH betriebene 380-kV-Stromtrasse. Als direkte Nachbarbebauung zum Waisentunnel in der Littenstr. ist die denkmalgeschützte Hausnummer 109 zu nennen. Unmittelbar östlich an die Grünanlage grenzt ein Büroneubau in der Stralauer Str. 63. Im gesamten nördlichen Baubereich liegt die Geländeoberkante bei im Mittel +35,5 m NHN.



Im zentralen Bereich des Bauareals verläuft die Spree. Der mittlere Wasserstand der Spree-Oder-Wasserstraße liegt aufgrund der nah flussabwärts gelegenen Mühlendammschleuse relativ konstant bei ca. +32,2 m NHN. Entlang des Verlaufs des Waisentunnels variiert die Tiefe der Wasserstraße zwischen ca. 3,8 m und 2,8 m.

Im Uferbereich der Spree liegt das südliche Baufeld auf einer Höhe von ca. +33,4 m NHN. Es ist gepflastert und frei von Vegetation. In senkrechtem Abstand von ca. 12 m zum Spreebord ist eine Stützkonstruktion vorhanden, die einen Geländesprung von ca. 4 m vollzieht. Unmittelbar östlich schließen die Fundamente der Jannowitzbrücke und der Tunnel der U-Bahnlinie 8 an. In Richtung Westen liegt unmittelbar die begrünte, mit Bäumen bestandene Böschung der Straße Märkisches Ufer. Die Böschung ist hier ausgerundet und vollzieht ebenfalls einen Geländesprung von ca. 4 m im Verhältnis von ca. 1 : 1,45.

2.2 Geologie

Das Projektgebiet liegt im Warschau-Berliner Urstromtal. Gemäß [U 1] und [U 2] sind die hier oberflächennah vorkommenden Sedimente im Allgemeinen glazifluviatile Sande und Kiese mit Mächtigkeiten von bis zu 50 m. Diesen weichsel- und saalezeitlichen Sanden und Kiesen können lokal auch Gerölllagen und Geschiebemergelreste eingelagert sein. Mit zunehmender Tiefe werden die fein- bis mittelkörnigen Talsande gröber und enthalten oft kiesige Beimengungen. Der Verlauf der Spree wiederum ist von jüngeren holozänen Sedimenten als organisch durchsetzte Sande, Torf und Mudde geprägt. Aufgrund der generell im Berliner Stadtgebiet gängigen anthropogenen Überprägung, im Projektgebiet z.B. auch durch die historischen Stadtbefestigungen und Laufverlegungen der Spree, kann eine stratigraphische Unterscheidung der Sedimente im oberflächennahen Bereich oftmals nicht erfolgen.

2.3 Baugrund

Während der Erkundung wurden im Wesentlichen die oben beschriebenen Sedimente aufgeschlossen. Neben den aktuellen Bohrungen werden auch Alt-Bohrungen aus [U 1] herangezogen. Der erkundete Schichtaufbau entspricht stratigraphisch den Angaben der geologischen Karte.



Über das gesamte Projektgebiet wurden oberflächennah **Auffüllungen** erbohrt. Am Nordufer enden die Auffüllungen bei ca. +30 m NHN und am Südufer bei ca. +32 m NHN. Im Bett der Spree werden Mächtigkeiten von bis zu 2 m (bei BK_W01) erreicht. Die Schichten stellen sich vorrangig als Gemisch aus Mittel-/Feinsand mit schluffigen Anteilen und Ziegel-/Betonbruch dar. Auf Grundlage der Drucksondierungen ist die Lagerung vorrangig als locker zu bezeichnen, wobei lagenweise aufgrund von Bauschutt erhöhte Spitzenwiderstände gemessen wurden. Am Ansatzpunkt BK_L10 wurde zudem über eine Mächtigkeit von ca. 3,5 m massives Mauerwerk bestehend aus Kalksandstein erbohrt. Vermutlich handelt es sich dabei um alte Ufer- und/oder Stadtbefestigungen.

In den Uferbereichen werden die Auffüllungen von einem **Horizont aus organischem Material** unterlagert. Am Nordufer (BK_L10 und L09) besteht die Schicht von ca. +29,7 bis ca. 29 m NHN aus schwach zersetzten Holzresten (auch offensichtlich bearbeitete Holzpflocke von ca. Ø 5 cm). Am Südufer hingegen ist der Boden als Torf und/oder Faulschlamm zu bezeichnen und erreicht eine größere Mächtigkeit (ca. 2,8 m), setzt aber ebenfalls auf ca. 29 m NHN ab. Die Lagerungsdichte ist locker bzw. die Konsistenz weich bis steif.

Unterhalb des Organik-Horizonts, der im Flussbett der Spree fehlt, stehen ab ca. +29 m NHN mit einer Mächtigkeit von ca. 10 m **grobsandige Mittelsande bzw. mittelsandige Grobsande** mit teils deutlichen **Kiesanteilen** an. Innerhalb der Spree sind die Mittelsande hingegen **feinsandig** ausgeprägt und auf den ersten ca. 6 m locker gelagert. Im Falle höher Kiesanteile können die sonst vorrangig mitteldicht gelagerten Sande auch dichte Lagerungsbedingungen erreichen. Im Allgemeinen sind die Sandanteile als angerundet, die Kiesanteile hingegen als kantig zu bezeichnen.

Am Südufer (BK_L11) sowie im Bereich des Jannowitzbeckens (BK_W01) wurde **Geschiebenmergel** mit einer Mächtigkeit von bis zu ca. 3 m erbohrt. Die Schicht tauchte hierbei zwischen ca. +15 und ca. +20 m NHN auf. Die Konsistenz des stark schluffigen, stark sandigen, kiesigen Tons wurde am Bohrgut als steif bis halbfest angesprochen. Die Laborergebnisse zeigen eine steife Konsistenz an. Oberhalb des Geschiebemergels musste in beiden Bohrungen eine Lage aus **Geschiebe/Geröll** ausgeräumt werden.

Ab ca. +17 m NHN, in den Uferbereichen jedoch höherliegend ab ca. +20 m NHN, stehen dann **Sand und Kies sowie Gemische** der selbigen in mitteldichter bis überwiegend dichter Lagerung an. Am Nordufer sind die Gemische als **stark grobsandige Feinkiese** bzw. **fein bis mittelkiesige**



Mittel- und Grobsande zu bezeichnen. Unterhalb der Spree und am Südufer dominieren **feinsandige Mittelsande** denen immer wieder die zuvor benannten Grob-Lagen zwischengeschaltet sind. Die Sande beinhalten außerdem schwarze Feinanteile, die als Kohlereibsel zu deuten sind

Schicht Nr.	Bezeichnung	Schichtmächtigkeit [m]	Bodenbeschreibung	
			Bodenart / Farbe	Konsistenz / Lagerungsdichte
1	Auffüllung	0,3 – 6,7	[mS/fS, x*, u'] [U, fs*, g] [mS, fs'-fs] [gG, ms-fs, u'] hell bis dunkelbraun	locker, lokal mitteldicht
2 ¹⁾	Organik	0,8 – 2,8	H T, s, o* schwarz	locker / weich bis steif
3	(kiesiger) Sand	8,3 – 11,7	mS, gs'(-gs) gS, ms*, fg'(-mg') gS, fg, ms, mg' braun- bis weißgrau	mitteldicht, lokal locker bis dicht
4 ¹⁾	Geschiebemergel	0,6 – 2,8	T, u*, s*, g' braun	steif bis halbfest
5	Sand und Kies	Unterkante nicht erkundet	S+G, (x) S, (fg'-)fg, mg'(-mg) mS, fs(-fs*), (u') braungrau	dicht

1) nicht in allen Bohrungen aufgeschlossen

Tabelle 2.3-1: Schematischer Baugrundaufbau

Auf der Grünanlage Rolandufer/Littenstr. (BE-Fläche) war es aufgrund der bauschutthaltigen Auffüllung mit der Drucksonde oftmals nicht möglich (Punkte L01, L03 und L06) größere Tiefen als ca. 3 m zu erkunden. Es waren in diesem Bereich etliche Vorschachtungen notwendig, um die Sonde ansetzen zu können. Die nachfolgende Tabelle fasst die Höhenlagen der Sondierhindernisse zusammen:



Sondierpunkt	Höhenlage des Hindernisses	
	[m u. Ansatzpunkt]	[m NHN]
CPT_L01	3,2	+32,3
CPT_L03	2,5	+31,9
CPT_L06	2,7	+32,9
CPT_L08	6,1	+29,5

Tabelle 2.3-2: Sondierhindernisse in der zukünftigen BE-Fläche

Auch die in der Grünfläche abgeteuften Bohrungen bestätigen das Bild aus den Drucksondierungen. In der BK_L08 wurde bis in 6 m Tiefe bzw. in der BK_L05 bis in 2,2 m Tiefe Auffüllung bestehend aus Mittelsand und Feinsand mit Ziegel- und Betonbruch erbohrt. Darauf folgt die in Tabelle 2.3-1 beschriebene Schicht 3, hier aber in überwiegend lockerer bis hin zu mitteldichter Lagerung. Ab ca. 13 m u GOK stehen dann dichte kiesige Sande (Schicht 5) an.

2.4 Hydrogeologie / Grundwasser

Die weichselzeitlichen Sande und Kiese bilden hydrostratigraphisch den Grundwasserleiter GWL 1.3, welcher im Projektgebiet direkt in den Grundwasserleiter GWL 2 (saalezeitlichen Sande und Kiese) übergeht. Etwaige vorhandene weichselzeitliche Geschiebemergelreste werden ebenfalls, jedoch als Grundwasserhemmer, dem GWL 2 zugerechnet. Bezogen auf die verfügbaren Grundwasserisohypsen aus [U 1] zeigt die Grundwasserfließrichtung im Projektgebiet nach Westen.

In der nahen, nordöstlich an den Stadtbahngleisen gelegenen Grundwassermessstelle Nr. 8485 des Senats von Berlin ist der diesjährige Höchstwasserstand der dort verfilterten Hauptgrundwasserleiter GWL 1.3 und GWL 2 auf +31,88 m NHN ausgewiesen [U 3].

Während der Erkundung wurde Grundwasser angetroffen. Die angetroffenen Wasserstände sind in Tabelle 2.4-1 zusammengefasst.

Bohrung	Datum	Höhe Ansatzpunkt Bohrung [m NHN]	Wasser angebohrt	
			[m u. Ansatzpunkt]	[m NHN]
BK_L04	28.07.21	+35,18	3,5	+31,7



Bohrung	Datum	Höhe Ansatzpunkt Bohrung [m NHN]	Wasser angebohrt	
			[m u. Ansatzpunkt]	[m NHN]
BK_L05	23.07.21	+35,53	2,9	+32,6
BK_L08	26.07.21	+35,59	3,7	+31,9
BK_L09	19.07.21	+36,36	4,3	+32,1
BK_L10	29.07.21	+35,30	4,1	+31,2
BK_L11	18.07.21	+36,62	7,5	+29,1
BS_L13	28.10.21	+33,50	1,7	+31,8

Tabelle 2.4-1: Angetroffene Wasserstände während der Baugrunderkundung

Die Bewertung der Grundwasserstände wird nach DIN EN 1997-2, 3.6.3 auf Grundlage der verfügbaren Informationen vorgenommen. In Bezug auf die Messstelle Nr. 8485 mit langjährigen Wasserstandsmessungen sind häufigere Grundwasserstände von ca. +31,9 m NHN im Projektgebiet bekannt. Der Höchstwasserstand innerhalb der letzten 25 Jahre lag bei +32,1 m NHN.

Gemäß [U 4] ist ein höchster Grundwasserstand von **+32,5 m NHN** zu erwarten (**zeHGW**).

Auf dieser Basis wird der **Bauwasserstand**, d.h. der während der Bauzeit zu erwartende höchste Wasserstand mit **+32,1 m NHN** und der **Bemessungswasserstand**, d.h. der während der voraussichtlichen Nutzungs- bzw. Lebensdauer zu erwartende höchste Wasserstand, mit **+32,5 m NHN** (zeHGW) angegeben.

Bandbreiten der Durchlässigkeitsbeiwerte für die anstehenden Schichten sind in der Tabelle 2.4-2 angegeben. Generell ist in bindigen Schichten von einer Anisotropie der Durchlässigkeiten auszugehen, d. h. diese Böden sind in horizontaler Richtung durchlässiger als in vertikaler Richtung. Im Falle von Grundwasserbewegungen gilt dieses, jedoch in geringerem Maße, auch für nicht-bindige Bodenschichten.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	Durchlässigkeitsbereich DIN 18 130-1
1	Auffüllung	10^{-8} bis 10^{-2}	schwach bis stark durchlässig
2	Holz/Torf/Faulschlamm	$< 10^{-8}$	sehr schwach durchlässig
3 / 5	Sand/Kies	10^{-6} bis 10^{-2}	durchlässig bis stark durchlässig



Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	Durchlässigkeitsbereich DIN 18 130-1
4	Geschiebemergel	10^{-12} bis 10^{-6}	sehr schwach bis schwach durchlässig

Tabelle 2.4-2: Durchlässigkeitsbeiwerte der Baugrundsichten

Die chemische Analyse der Grundwasserprobe aus der Messtelle Nr. 8485 ergab einen leicht erhöhten Anteil an Sulfat, sodass das Grundwasser der Expositionsklasse XA 1 (**schwach angreifend**) nach DIN 4030 zuzuordnen ist. Zusätzlich wurde die Korrosionswahrscheinlichkeit nach der DIN 50 929 untersucht. Im Ergebnis ist von einer **sehr geringen Korrosionswahrscheinlichkeit** sowohl für Mulden- und Lochkorrosion als auch für Flächenkorrosion von unlegierten Stählen an der Wasser-/Luftgrenze auszugehen. Die Auswertungen sind in Anlage 7.3 gegeben.

Für die Bemessung der Bauwerke sind zudem Hochwasserereignisse zu berücksichtigen. Angaben zu den 5- bzw. 100-jährigen Hochwässern (HQ 5 bzw. HQ100) liegen nicht vor. Jedoch ist am **Oberpegel Mühlendamm** (Messstellennr. 582720) über die letzten 75 Jahre ein **maximaler Wasserstand von +32,6 m NHN** (HHW) gemessen worden. Der mittlere Wasserstand der Spree-Oder-Wasserstraße liegt bei ca. +32,2 m NHN.

2.5 Bodenmechanische Laborversuche

Zur Ermittlung der bodenmechanischen Eigenschaften wurden an ausgewählten Bodenproben bodenmechanische Laborversuche durchgeführt. Die Auswahl der Proben erfolgte insbesondere auch anhand der späteren Lage der geplanten Dichtblöcke [U 7]. Die Kenntnis der Körnungslinien im Bereich der geplanten Injektionskörper ermöglicht eine genaue Anpassung des Verpressmaterials an die Bodeneigenschaften. Dies führt zu einer größeren Sicherheit im Hinblick auf die Dichtheit der Injektionskörper und zu einer wirtschaftlichen Lösung.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 2.5-1 bis Tabelle 2.5-3 aufgeführt. Die Detailergebnisse der Laborversuche sind in der Anlage 5 enthalten.

Für das Nordufer wird festgestellt, dass die Sande der Schicht 3 der Bodengruppe **SE** zugeordnet werden können. Die Sandanteile der Sand-Kies-Gemische der Schicht 5 schwanken um den Wert



60%. Je nach Unterschreiten oder Überschreiten dieses Wertes fallen die Böden in die Bodengruppen **GI** oder **SI**.

Auf Höhenlage des geplanten Dichtblocks steht auf der Südseite zunächst die Schicht 3 an, die aus Material der Bodengruppe **SE** aufgebaut ist. Die aus Geschiebemergel bestehende Schicht 4 ist auf Basis der Korngrößenverteilung sowie der Plastizitätsuntersuchung (s. Tabelle 2.5-2) der Gruppe **TL** zuzuordnen. Für die Bohrung BK_L11 liegen die Sande der Schicht 5 wegen eines erhöhten Schluffanteils im Grenzbereich der Gruppen **SU** und **SE**. Die hier vorgefundenen Kohlereibsel führen zu einem organischen Anteil von ca. 1 % (s. Tabelle 2.5-3).

Die Schicht 2 am Südufer (Faulschlamm) ist aufgrund des hohen organischen Anteils (vgl. Tabelle 2.5-3) der Bodengruppe **OT** zugehörig. Im Allgemeinen besteht die Schicht 3 über den gesamten Trassenverlauf vorrangig aus Sanden der Bodengruppe **SE**. In der Bohrung BK_W06 wurde am Übergang zur Schicht 5 zwischen 13,0 und 14,0 m u Ansatz aber auch Kies der Gruppe **GW** erbohrt. Die analysierten Bodenproben der Schicht 5 decken ein breiteres Spektrum an Bodengruppen ab: die Sande fallen in die Gruppe **SE** und **SI**, wohingegen die Kiese den Gruppen **GI** und **GE** zuzuordnen sind.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Schlammkorn ¹⁾ [%]	Feinstkornanteil ²⁾ [%]	Bodenart ³⁾	Bodengruppe ⁴⁾
BK_L10	4,6 – 5,3	1	ca. 5	ca. 1	G, S, o*	GI
BK_L09	10,3 – 11,3	3	ca. 1	-	mS, fs, gs	SE
BK_L10	11,1 – 12,1	3	ca. 1	-	gS, ms*, fg', mg'	SE
BK_L10	12,1 – 12,6	3	ca. 1	-	gS, ms*, fg	SE
BK_L09	13,3 – 14,3	3	ca. 1	-	mS, gs, fs'	SE
BK_L10	13,6 – 14,6	3	ca. 1	-	mS, gs'	SE
BK_L10	14,6 – 15,5	3	ca. 1	-	mS, gs'	SE
BK_L10	15,5 – 16,5	5	ca. 1	-	S, fg, mg'	SI
BK_L09	15,8 – 16,8	5	ca. 1	-	S, G	GI
BK_L10	16,7 – 17,7	5	ca. 2	-	mS, gs	SE
BK_L09	16,8 – 17,8	5	-	-	S, G	GI
BK_L09	17,8 – 18,8	5	-	-	S, G	GI
BK_L10	18,2 – 19,2	5	ca. 4	-	S, mg, fg'	SI



Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Schlammkorn ¹⁾ [%]	Feinstkornanteil ²⁾ [%]	Bodenart ³⁾	Boden- gruppe ⁴⁾
BK_L09	18,8 – 19,1	5	ca. 1	-	S, fg, mg'	SI/GI
BK_L11	5,7 – 6,7	2	ca. 71	ca. 22	T, s, o*	OT ⁵⁾
BK_L11	15,4 – 16,4	3	ca. 1	-	mS, gs	SE
BK_L11	18,1 – 19,1	4	ca. 44	ca. 15	T, u*, s*, g'	TL ⁵⁾
BK_L11	20,9 – 21,9	5	ca. 7	-	mS, fs, u'	SU/SE
BK_L11	21,9 – 22,9	5	ca. 14	-	mS, fs, u'	SU
BK_W01	3,0 – 5,0	3	ca. 2	-	gS, ms*, fg', mg'	SE
BK_W01	12,1 – 14,0	3	ca. 4	-	gS, fg, ms, mg'	SE
BK_W01	15,0 – 16,0	4	ca. 38	ca. 13	T, u*, s*, g'	TL ⁵⁾
BK_W01	23,7 – 24,0	5	ca. 2	-	gS/FG, mg, ms, x, fs'	GI
BK_W03	7,3 – 10,6	3	-	-	mS, gs'	SE
BK_W03	12,9 – 13,7	3	ca. 1	-	gS, fg, ms, mg'	SE
BK_W03	16,8 – 17,8	5	ca. 2	-	mS, fs	SE
BK_W03	24,6 – 25,6	5	-	-	mS, fs*	SE
BK_W06	4,1 – 6,6	3	-	-	gS, ms*, fg'	SE
BK_W06	13,0 – 14,0	3	-	-	mG, fg, gs', ms'	GW
BK_W06	21,8 – 22,8	5	-	-	gS, fg, mg, ms	GE
BK_W06	26,3 – 27,3	5	ca. 3	-	fS, ms*, gs'	SE

1) Korngröße ≤ 0,063 mm

2) Korngröße ≤ 0,002 mm

3) DIN EN ISO 14 688 / DIN 4023

4) DIN 18 196

5) unter Berücksichtigung der Plastizitätsuntersuchungen

Tabelle 2.5-1: Ergebnisse der Korngrößenverteilungsuntersuchung nach DIN EN ISO 17 892-4

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	w _n [%]	w _L [%]	I _p [%]	I _c [-]	Konsistenz	Boden- gruppe ¹⁾
BK_L11	5,7 – 6,7	2	T, s, o*	169,4	223,6	105,7	0,37	breiig	OT
BK_L11	18,1 – 19,1	4	T, u*, s*, g'	11,8	26,4	15,1	0,77	steif	TL



Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	w _n [%]	w _L [%]	I _P [%]	I _c [-]	Konsistenz	Boden- gruppe ¹⁾
BK_W01	15,0 – 16,0	4	T, u*, s*, g'	10,0	26,2	13,4	0,84	steif	TL

w_n = natürlicher Wassergehalt; w_L = Wassergehalt an der Fließgrenze; I_P = Plastizitätsindex, I_c = Konsistenzzahl

1) DIN 18 196

Tabelle 2.5-2: Ergebnisse der Plastizitätsuntersuchung nach DIN EN ISO 17 892-12

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	Glühverlust v _{GI} [%]
BK_L10	4,6 – 5,3	1	G, S, o*	22,8
BK_L11	5,7 – 6,7	2	T, s, o*	23,3
BK_L11	21,9 – 22,9	5	mS, fs, u'	0,9

Tabelle 2.5-3: Organische Bestandteile nach DIN 18 128

2.6 Chemische Untersuchungen

Auf Höhe der späteren Unterkante der UW-Betonsohle wurden aus den Kernbohrungen 3 Bodenproben ausgewählt um die Betonaggressivität nach DIN 4030 und die Stahlkorrosivität nach DIN 50929 zu ermitteln. Für alle drei Proben ergibt sich eine Einstufung als **schwach angreifend** hinsichtlich der Betonaggressivität.

In Bezug auf die Stahlkorrosivität ist die Bodenaggressivität einer der Bodenproben vom Nordufer mit **schwach aggressiv** (Bodenklasse Ib), die andere sowie die Probe vom Südufer aber mit **nicht aggressiv** (Bodenklasse Ia) anzugeben. Die Korrosionswahrscheinlichkeit (Mulden- und Loch sowie Flächenkorrosion) ist schlechten falls mit **gering** sonst mit **sehr gering** zu bewerten. Die detaillierten Auswertungen sind in Anlage 7.3 gegeben.

Zur Bewertung der Verwertbarkeit von Bodenaushubmaterialien werden die Zuordnungswerte der LAGA herangezogen. Die LAGA definiert Wiederverwertungs- und Beseitigungsmöglichkeiten von Böden bzw. Bauschutt. Die in der LAGA aufgelisteten Zuordnungswerte sind in der nachstehenden Tabelle 2.6-1 wiedergegeben.



Einbauklasse	Maßnahmen (Auszug)
Z 0	uneingeschränkter Einbau: Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen (Verfüllung von Abgrabungen und Abfallverwertung im Landschaftsbau außerhalb von Bauwerken); erfüllt die Anforderung des vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes
Z 0*	Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht, wenn oberhalb des verfüllten Bodenmaterials eine mindestens 2 m mächtige Schicht aus Bodenmaterial (Vorsorgewerte BBodSchV) eingebaut wird
Z 1.1	eingeschränkter offener Einbau in technischen Bauwerken (wasser-durchlässige Bauweise - Straßen, Wege, Verkehrsflächen, Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen, Unterbau von Gebäuden,-unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht von Erdbaumaßnahmen (Lärm- und Sichtschutzwälle) und Unterbau von Sportanlagen
Z 1.2	wie vor, aber nur bei hydrogeologisch günstigen Verhältnissen, Hydrogeologisch günstig sind u. a. Standorte, bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch flächig verbreitete, ausreichend mächtige und homogene Deckschichten mit geringer Durchlässigkeit und hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt ist. Dieses Rückhaltevermögen ist in der Regel bei mindestens 2 m mächtigen Deckschichten aus Tonen, Schluffen oder Lehmen gegeben. Der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand in der Regel mindestens 2 m betragen.
Z 2	eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen; u.a. im Straßen, Wege- und Verkehrsflächenbau als Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht (Beton, Asphalt, Pflaster mit abgedichteten Fugen) unter wenig durchlässiger Deckschicht (Pflaster, Platten) sowie bei Erdbaumaßnahmen als Lärm- und Sichtschutzwall oder Straßendamm (Unterbau), sofern Niederschlagswasser vom eingebauten Abfall ferngehalten wird; Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 1 m
> Z 2	gefährlicher Abfall

Tabelle 2.6-1: LAGA Technische Regel – Allgemeiner Teil (06.11.2003) mit Ergänzung nach TR Boden (05.11.2004) - Einbauklassen sowie sich daraus ergebende Konsequenzen für die Verwertung / Beseitigung

Aus den Kernbohrungen wurden 3 Einzelproben für orientierende chemische Untersuchungen ausgewählt. Die Proben BK_L05/B2 sowie BK_L10/B1 wurden zur Festlegung der Verwertungsmöglichkeiten aufgrund eines deutlichen Fremdstoffanteils (Ziegel- und Betonbruch) gemäß den Vorgaben der LAGA M 20 Bauschutt untersucht. Die Probe BK_L09/B2 wurde gemäß den Vorgaben der



LAGA TR Boden analysiert. Aufgrund einer organoleptischen Auffälligkeit wurde aus der Kleinrammbohrung 1 Probe gemäß den Vorgaben der LAGA TR Boden analysiert.

Die Originalanalytik und die Prüfverfahren für die Einzelparameter sind der Anlage 7.2 (Prüfberichte der Eurofins GmbH) zu entnehmen. Die Analysenergebnisse werden in der Anlage 7.3 den Zuordnungswerten der jeweiligen LAGA gegenübergestellt. Anhand der Ergebnisse der chemischen Untersuchung können die untersuchten Proben unterschiedlichen Einbauklassen zugeteilt werden. Die nachstehende Tabelle 2.6-2 liefert eine kurze Übersicht der Ergebnisse der umwelttechnischen Untersuchungen.

Entnahmestelle	Tiefe [m]	Bewertungsgrundlage	Einstufung nach LAGA	Schadstoffe		Einstufung Gefährlichkeit nach AVV	AVV-Nr.
				Parameter	Gehalt		
BK_L05	1,0 – 1,5	LAGA Bauschutt	Z1.1	Blei Quecksilber	159 0,63	nicht gefährlich	17 01 07
BK_L09	0,8 – 1,8	LAGA Boden	Z 0	-	-	nicht gefährlich	17 05 04
BK_L10	0,3 – 1,3	LAGA Bauschutt	Z 2	PAK	36,3	nicht gefährlich	17 01 07
BS_L13	7,5 – 8,5	LAGA Boden	Z 2	PAK	22,8	nicht gefährlich	17 05 04

Tabelle 2.6-2: Umwelttechnischer Untersuchungsumfang und chemische Bewertung (LAGA)

In der Auffüllung am Punkt BK_L10 wird der Zuordnungswert Z 2 erreicht. Grund hierfür ist der PAK-Gehalt. Ursächlich der Blei und Quecksilber-Gehalte kann die oberste Schicht der Auffüllungen am Punkt BK_L05 entsprechend der Einbauklasse Z 1.1 wiederverwertet werden. Für die Auffüllung am Südufer, am Punkt BS_L13 im Zwickel zwischen U8- und Waisentunnel, ergibt sich am Bohrloch-tiefsten aufgrund des PAK-Gehalts der Zuordnungswert Z2.

Die hier im Rahmen der Baugrunderkundung durchgeführten abfalltechnischen Untersuchungen sollen als orientierende Grundlage für eine Massenschätzung bezüglich vorliegender Belastungen und entsorgungsrelevanter Massen im Vorfeld der Baumaßnahme dienen. Da die Ergebnisse aus Bohrungen gewonnen wurden, handelt es sich verfahrensbedingt um Stichprobenuntersuchungen.



Das Merkblatt 4 der SenUVK sowie die LAGA-Richtlinien sehen jedoch für eine repräsentative Probenahme eindeutig eine Untersuchung von Materialien aus Haufwerken oder Stoffströmen vor. Nach geltendem Abfallrecht sind deswegen weiterführende abfalltechnische Materialuntersuchungen während der Bauausführung (Haufwerksuntersuchungen) vorzusehen, welche als maßgeblich für die Deklaration und Entsorgung der gegenständlichen Massen gelten.

Somit ist eine baubegleitende Haufwerksbeprobung zur Deklaration der Aushubmaterialien erforderlich. In diesem Zusammenhang ist eine Bereitstellung der Aushubmaterialien bis zum Vorliegen der Ergebnisse der Deklarationsanalysen erforderlich bzw. entsprechend vorzusehen.

2.7 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften

Während der Erkundungsmaßnahmen wurden die Bohr- und Sondierpunkte von Kampfmittel freigegeben. Dieses stellt aber **keine flächenhafte Kampfmittelfreigabe** dar. Aufgrund der innerstädtischen Lage ist nach wie vor in den Flächen mit Kampfmitteln zu rechnen.

Nach DIN EN 1998-1/NA liegt das Projektgebiet in **keiner Erdbebenzone**.

Der Baubereich, als im Bundesland Berlin befindlich, ist nach RStO-12 der **Frosteinwirkungszone F2** zuzuordnen.

3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE

3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke

Nach den Erkundungsergebnissen sowie den Kenntnissen aus Altbohrungen lassen sich die im Projektgebiet zu erwartenden Böden wie folgt geotechnisch klassifizieren.



Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN 18 196	Frostempfindlichkeit ¹⁾	Verdichtbarkeit ²⁾
1	Auffüllung	[GW], [GI], [GU], [GU*], [GT], [GT*], [SE], [SW], [SI], [SU], [SU*], [ST] Ziegel- und Betonreste	F1 bis F3	V1 bis V2
2	Torf/ Mudde/ Faulschlamm	OT, HN, F	F2 bis F3	-
3	(kiesiger) Sand	SE, SI, SW, GW	F1	V1
4	schluffig, sandiger Ton	TL	F3	V3
5	Sand und Kies	SE, SU, SI, GI, GE, GW	F1 bis F2	V1

1) Nach ZTV E-StB 17, Tab. 3 (F1 nicht frostempfindlich, F2 gering bis mittel frostempfindlich, F3 sehr frostempfindlich)

2) Nach ZTV A-StB 97/06, Tab. 1 (V1 verdichtbar, V2 eingeschränkt verdichtbar, V3 schwer verdichtbar)

Tabelle 3.1-1: Bodenklassifizierung

3.2 Bodenkennwerte

Gemäß DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) ist der charakteristische Wert einer geotechnischen Kenngröße als „eine vorsichtige Schätzung desjenigen Wertes festzulegen, der im Grenzzustand wirkt.“ Unter Berücksichtigung dieser Definition lassen sich auf Basis der Untersuchungen und von umfangreichen Erfahrungen mit den im Projektgebiet anstehenden Böden die in Tabelle 3.2-1 zusammengestellten charakteristischen Bodenkennwerte angeben. Lokale Abweichungen sind möglich.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³]	Reibungswinkel φ_k' [°]	Kohäsion c_k' [kN/m ²]	Undrainede Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k}^{1)}$ [MN/m ²]
1	Auffüllung	19	11	30	-	-	10 – 20
2	breiiger Niedermoortorf/ Mudde/ Faulschlamm	12,5	2,5	17,5	0	0	0 – 2



Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden	Wichte unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	Undrainierte Kohäsion	Steifemodul
		γ_k	γ_k'	φ_k'	c_k'	$c_{u,k}$	$E_{s,k}^{1)}$
3	locker bis mitteldicht gelagerte Talsande	16,5 – 18	9 – 10,5	30 – 32,5	-	-	50 – 80
4	steifer Geschiebemergel	20	10	27,5	10	40 – 200	20 – 50
5	dicht gelagerte Schmelzwassersande	19,5	12	35	-	-	80 – 200

1) Ermittlung des Steifemoduls $E_{s,k}$ für den Laststeigerungsbereich 0 bis 300 kN/m²

Tabelle 3.2-1: Charakteristische Bodenkennwerte

Die Talsande (Schicht 3) liegen im Flussbett der Spree auf den oberen 6 m in lockerer Lagerung vor. Daher dürfen in diesem Bereich nur die unteren Werte der angegebenen Bandbreiten für die Wichten und den Reibungswinkel in Tabelle 3.2-1 angesetzt werden. Darunter dürfen bis zur Schichtunterkante die oberen Werte der Bandbreiten angesetzt werden.

3.3 Homogenbereiche

3.3.1 Allgemeines

Boden ist gemäß den Normen der VOB/C (seit der Ausgabe 2015) in Homogenbereiche einzuteilen, die für die Ausschreibung verwendet werden sollen. Ein Homogenbereich ist dabei ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Bodenschichten, der für die in den einzelnen Gewerken einsetzbaren Baugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Die Homogenbereiche sind somit ggf. gewerkespezifisch festzulegen und hängen von den einsetzbaren Baugeräten ab. Da die geplanten Bauverfahren zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch nicht festgelegt waren, erfolgt eine vorläufige Einteilung, die im Zuge des Planungsprozesses bis zur Ausschreibung zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten ist.

Umweltrelevante Inhaltsstoffe werden bei der Einteilung der Homogenbereiche nur dann berücksichtigt, wenn Sie eine offensichtliche Auswirkung auf das Bauverfahren/Baugerät haben oder den



Aufwand beim Arbeiten mit diesen Stoffen beeinflussen. Dies wird immer dann unterstellt, wenn es sich um gefährlichen Abfall nach der AVV handelt. Sofern eine umwelttechnische Belastung sich im Wesentlichen nur auf die Entsorgungskosten auswirkt, wird keine Unterteilung in den Homogenbereichen ausgewiesen. Es wird empfohlen die Entsorgung in solchen Fällen über eigene Positionen in der Ausschreibung zu regeln.

Die Homogenbereiche und die angegebenen Eigenschaften beschreiben den Zustand des Bodens vor dem Lösen. Bei den aufgeführten Eigenschaften und Kennwerten handelt es sich nicht um charakteristische Kennwerte für Berechnungen, sondern um mögliche Spannbreiten, die zur Abschätzung der Bearbeitbarkeit von Boden verwendet werden können.

Die Einteilung der Homogenbereiche ist zur Ausschreibung unter Berücksichtigung der geplanten Bauverfahren vom Planer und geotechnischen Gutachter zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Bauzeitliche Überprüfungen sind mit Versuche nach den in der Tabelle 3.3-1 aufgeführten Prüfvorschriften durchzuführen.

Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
Bodenmechanik	Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17 892-4
	Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke	Aussortieren, Vermessen, Wiegen
	Mineralogische Zusammensetzung der Steine und Blöcke	DIN EN ISO 14 689
	natürliche Dichte / Feuchtdichte	DIN EN ISO 17 892-2
	undrainierte Scherfestigkeit c_u	DIN 4094-4
	Kohäsion c'	DIN EN ISO 17 892-10
	Sensitivität c_{iv}/c_{rv}	DIN 4094-4
	Wassergehalt w_n	DIN EN ISO 17 892-1
	Plastizitätszahl I_P	DIN EN ISO 17 892-12
	Konsistenzzahl I_C	DIN EN ISO 17 892-12
Durchlässigkeit k_f	DIN EN ISO 17 892-11	



Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
	bezogene Lagerungsdichte I_D	DIN 18 126 in Verbindung mit Dichtebestimmung nach DIN EN ISO 17 892-2
	organischer Anteil v_{gl}	DIN 18 128
	Kalkgehalt v_{ca}	DIN 18 129
	Sulfatgehalt (säurelöslich)	DIN 4030-2
	Bodengruppe	DIN 18 196
	Abrasivität	LCPC-Test nach NF P18-579

Tabelle 3.3-1: Für eine Überprüfung der Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche anzuwendende Prüfverfahren

3.3.2 DIN 18 300 Erdarbeiten

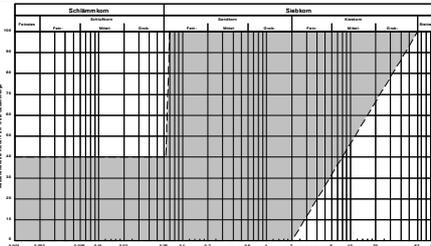
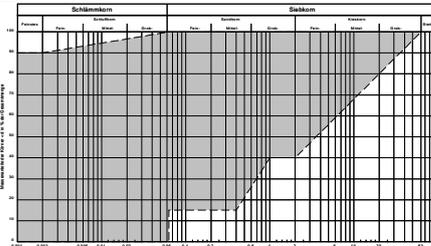
Für die Festlegung der Homogenbereiche für Erdarbeiten (DIN 18 300) wird davon ausgegangen, dass der Aushub mit einem Bagger hoher Leistungsklasse (> 30 t) ausgeführt wird, der Boden zumindest zum Teil auf der Baustelle zwischengelagert wird und vor Ort wieder eingebaut und verdichtet wird. Daher berücksichtigen die Homogenbereiche sowohl das Lösen als auch den Wiedereinbau und die Verdichtung. Sollte ein Wiedereinbau nicht vorgesehen sein, können die Homogenbereiche weiter zusammengefasst werden.

In der nachfolgenden Tabelle 3.3-2 ist die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Erdarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche angegeben.

Der Geltungsbereich der DIN 18 300 erstreckt sich nur über Höhenlagen, die oberhalb von etwaigen Wasserspiegeln liegen. Somit sind die Bereiche aus Tabelle 3.3-2 bis in eine Tiefe ca. +32,5 m NHN (Spree-Wasserstand) anzusetzen. Für Erdarbeiten unter Wasser gelten entsprechend die Festlegungen aus DIN 18 311 (siehe Teil 3.3.5).

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Erd-A	Erd-B
Schicht Nr.	1	2
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen	Moorablagerungen



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Erd-A	Erd-B
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾		
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	< 30 < 10 < 5	< 5 < 5 < 5
natürliche Dichte [g/cm ³]	1,4 bis 2,1	1,0 bis 1,6
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	-	0
Wassergehalt w_n [%]	5 bis 20	20 bis 170
Plastizitätszahl I_P	-	30 bis 110
Konsistenzzahl I_C / Bezeichnung ¹⁾	-	< 0,25 bis 0,75 breiig bis weich
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ¹⁾	15 bis 65 / locker bis mitteldicht	-
organischer Anteil v_{gl} / Bezeichnung ¹⁾	2 bis > 20 / schwach bis stark organisch	> 20 stark organisch
Bodengruppe	[GW], [GE], [GI], [GU], [GU*], [GT], [GT*], [SE], [SW], [SI], [SU], [SU*], [ST]	OT, OU, HN, HZ, F

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

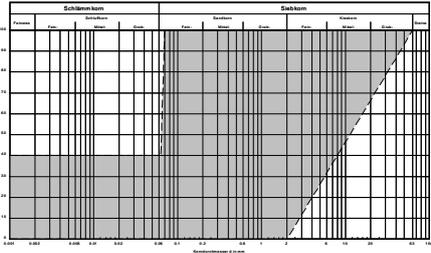
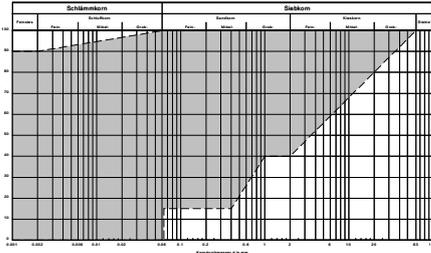
2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Stein, Blöcke und Große Blöcke

Tabelle 3.3-2: Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten

3.3.3 DIN 18 301 Bohrarbeiten

Für die Rückverankerung eines Verbaus können für die Bohrarbeiten die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Bohrarbeiten und deren zusammengefasste Eigenschaften gemäß Tabelle 3.3-3 und Tabelle 3.3-3 verwendet werden. Es wird davon ausgegangen, dass die erforderlichen Bohrungen durch Groß-, Anker und/oder Lafettenbohrgeräte ausgeführt werden.



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Bohr-A	Bohr-B
Schicht Nr.	1	2
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen	Moorablagerungen
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾		
Massenanteil Steine [%]	< 30	< 5
Blöcke [%]	< 10	< 5
große Blöcke [%]	< 5	< 5
Kohäsion c' [kN/m ²]	-	0
undrainierte Scherfestigkeit c _u [kN/m ²]	-	0
Wassergehalt w _n [%]	5 bis 20	20 bis 170
Plastizitätszahl I _p	-	30 bis 110
Konsistenzzahl I _c / Bezeichnung ¹⁾	-	< 0,25 bis 0,75 breiig bis weich
bezogene Lagerungsdichte I _D / Bezeichnung ¹⁾	15 bis 65 / locker bis mitteldicht	-
LCPC-Abrasivitätskoeffizient LAK [g/to] / Bezeichnung ³⁾	50 bis 500 kaum abrasiv bis abrasiv	0 bis 50 nicht abrasiv
Bodengruppe	[GW], [GE], [GI], [GU], [GU*], [GT], [GT*], [SE], [SW], [SI], [SU], [SU*], [ST]	OT, OU, HN, HZ, F

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

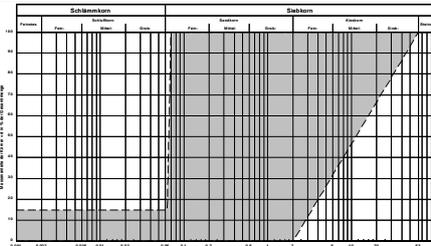
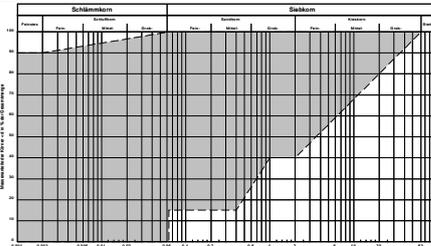
2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Stein, Blöcke und Große Blöcke

3) Begriffe gemäß Käsling, H. & Thuro, K.: Bestimmung der Gesteinsabrasivität - Versuchstechniken und Anwendung; in: DGGT, 31. Baugrundtagung, 2010

Tabelle 3.3-3: Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 für Bohrarbeiten

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Bohr-C	Bohr-D
Schicht Nr.	3 / 5	4
ortsübliche Bezeichnung	Talsande / Schmelzwassersande	Geschiebemergel



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Bohr-C	Bohr-D
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾		
Massenanteil Steine [%]	< 20	< 5
Blöcke [%]	< 10	< 5
große Blöcke [%]	< 10	< 5
Kohäsion c' [kN/m ²]	-	10
undrainierte Scherfestigkeit c _u [kN/m ²]	-	40 bis 200
Wassergehalt w _n [%]	0 bis 10	5 bis 20
Plastizitätszahl I _P	-	10 bis 25
Konsistenzzahl I _C / Bezeichnung ¹⁾	-	0,75 bis > 1,00 steif bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte I _D / Bezeichnung ¹⁾	15 bis 85 locker bis dicht	-
LCPC-Abrasivitätskoeffizient LAK [g/to] / Bezeichnung ³⁾	250 bis 1250 abrasiv bis stark abrasiv	50 bis 250 kaum bis schwach abrasiv
Bodengruppe	SE, SU, SI, SW, GI, GE, GW, GU	TL, TM, UL, SU*, ST, ST*

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Stein, Blöcke und Große Blöcke

3) Begriffe gemäß Käsling, H. & Thuro, K.: Bestimmung der Gesteinsabrasivität - Versuchstechniken und Anwendung; in: DGGT, 31. Baugrundtagung, 2010

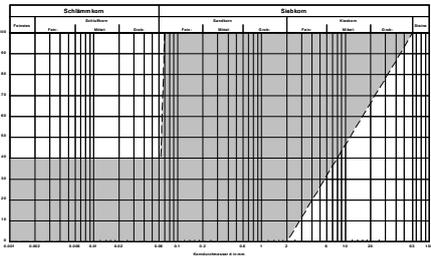
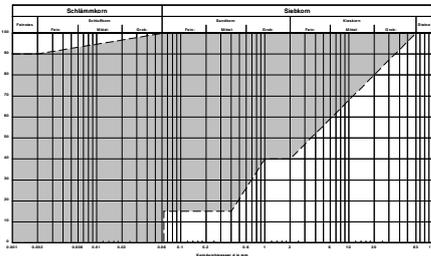
Tabelle 3.3-4: Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 für Bohrarbeiten (Fortsetzung)

3.3.4 DIN 18 304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten

Für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten können die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche gemäß Tabelle 3.3-5 und Tabelle 3.3-6 verwendet werden. Die Einteilung in Homogenbereiche gilt dabei für Rammgeräte mit starrer Führung und schwerem Rammbar oder Vibrator. Für ein Anbaugerät an den Hydraulikarm eines Baggers sind z. T. nur um mehrere Meter



geringere Rammtiefen möglich. Die Homogenbereiche sind für einen solchen Einsatz neu einzuteilen.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Ramm-A	Ramm-B
Schicht Nr.	1	2
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen	Moorablagerungen
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾		
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	< 30 < 10 < 5	< 5 < 5 < 5
Wassergehalt w_n [%]	5 bis 20	20 bis 170
Plastizitätszahl I_P	-	30 bis 110
Konsistenzzahl I_C / Bezeichnung ¹⁾	-	< 0,25 bis 0,75 breiig bis weich
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ¹⁾	15 bis 65 / locker bis mitteldicht	-
Bodengruppe	[GW], [GE], [GI], [GU], [GU*], [GT], [GT*], [SE], [SW], [SI], [SU], [SU*], [ST]	OT, OU, HN, HZ, F

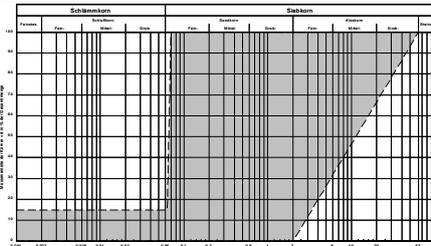
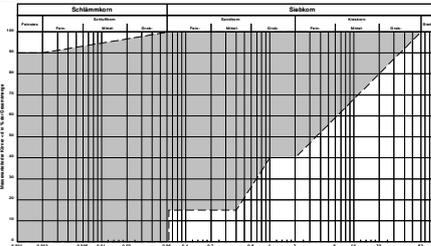
1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Stein, Blöcke und Große Blöcke

Tabelle 3.3-5: Homogenbereiche gemäß DIN 18 304 für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Ramm-C	Ramm-D
Schicht Nr.	3 / 5	S4.3
ortsübliche Bezeichnung	Talsande / Schmelzwassersande	Geschiebemergel



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Ramm-C	Ramm-D
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾		
Massenanteil		
Steine [%]	< 20	< 5
Blöcke [%]	< 10	< 5
große Blöcke [%]	< 10	< 5
Wassergehalt w_n [%]	0 bis 10	5 bis 20
Plastizitätszahl I_p	-	10 bis 25
Konsistenzzahl I_c / Bezeichnung ¹⁾	-	0,75 bis > 1,00 steif bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ¹⁾	15 bis 85 locker bis dicht	-
Bodengruppe	SE, SU, SI, SW, GI, GE, GW, GU	TL, TM, UL, SU*, ST, ST*

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Stein, Blöcke und Große Blöcke

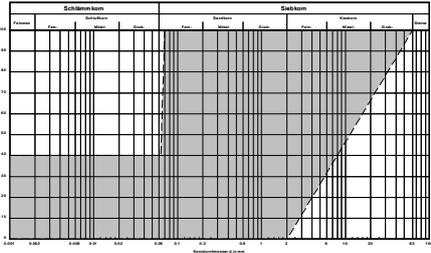
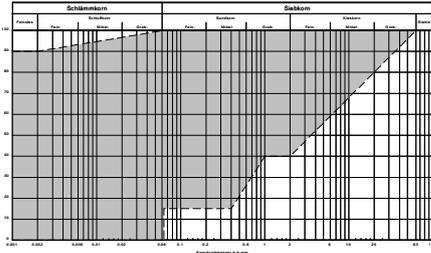
Tabelle 3.3-6: Homogenbereiche gemäß DIN 18 304 für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten (Fortsetzung)

3.3.5 DIN 18 311 Nassbaggerarbeiten

Für die Festlegung der Homogenbereiche für Nassbaggerarbeiten (DIN 18 311) wird davon ausgegangen, dass der Aushub mit einem Bagger hoher Leistungsklasse (> 30 to) ausgeführt und der Aushub vor Ort nicht wieder eingebaut wird. Daher berücksichtigen die Homogenbereiche nur das Lösen und nicht den Wiedereinbau und auch nicht die Verdichtung. In den nachfolgenden Tabelle 3.3-7 und Tabelle 3.3-8 sind die Zuordnungen der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Nassbaggerarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche angegeben.

Im Bereich von Hindernissen sind für die Nassbaggerarbeiten ggf. Zusatzmaßnahmen erforderlich (Meißeln).



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Nass-A	Nass-B
Schicht Nr.	1	2
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen	Moorablagerungen
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾		
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	< 30 < 10 < 5	< 5 < 5 < 5
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	-	0
Wassergehalt w_n [%]	5 bis 20	20 bis 170
Konsistenzzahl I_c / Bezeichnung ¹⁾	-	< 0,25 bis 0,75 breiig bis weich
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ¹⁾	15 bis 65 / locker bis mitteldicht	-
Kalkgehalt [%]	< 5	< 5
organischer Anteil v_{gl} / Bezeichnung ¹⁾	2 bis > 20 / schwach bis stark organisch	> 20 stark organisch
Benennung und Beschreibung organ. Böden	-	Torf/ Mudde/ Faulschlamm
Bodengruppe	[GW], [GE], [GI], [GU], [GU*], [GT], [GT*], [SE], [SW], [SI], [SU], [SU*], [ST]	OT, OU, HN, HZ, F

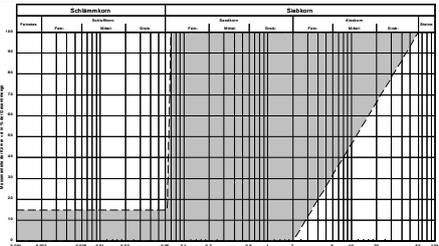
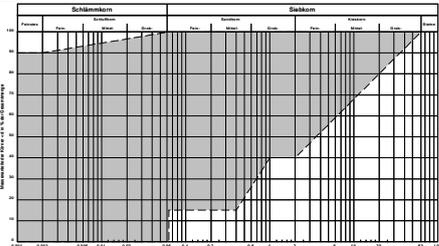
1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Stein, Blöcke und Große Blöcke

Tabelle 3.3-7: Homogenbereiche gemäß DIN 18 311 für Nassbaggerarbeiten

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Nass-C	Nass-D
Schicht Nr.	3 / 5	S4.3
ortsübliche Bezeichnung	Talsande / Schmelzwassersande	Geschiebemergel



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Nass-C	Nass-D
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾		
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	< 20 < 10 < 10	< 5 < 5 < 5
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	-	40 bis 200
Wassergehalt w_n [%]	0 bis 10	5 bis 20
Konsistenzzahl I_c / Bezeichnung ¹⁾	-	0,75 bis > 1,00 steif bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ¹⁾	15 bis 85 locker bis dicht	-
Kalkgehalt [%]	< 5	< 25
organischer Anteil v_{gl} / Bezeichnung ¹⁾	< 2 / nicht organisch	< 2 / nicht organisch
Benennung und Beschreibung organ. Böden	-	-
Bodengruppe	SE, SU, SI, SW, GI, GE, GW, GU	TL, TM, UL, SU*, ST, ST*

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Stein, Blöcke und Große Blöcke

Tabelle 3.3-8: Homogenbereiche gemäß DIN 18 311 für Nassbaggerarbeiten (Fortsetzung)

3.4 Rammbarkeit

Die Rammbarkeit der Bodenschichten für Spundwände, Stahlträger und Ramppfähle ist wie in der nachfolgenden Tabelle 3.4-1 zusammengestellt einzuschätzen. In den Auffüllungen muss wegen Steinen und Bauschutt mit schwerer Rammfähigkeit oder auch fehlender Rammfähigkeit gerechnet werden. Aufgrund der glazialen Genese der Böden können grundsätzlich Steine, Gerölllagen und Findlinge im Projektgebiet vorkommen. Findlinge wurden während der Erkundung nicht angetroffen



wohingegen, insbesondere in den Bohrungen BK_L11, W01 und W06, teilweise ein erneutes Ansetzen der Bohrungen aufgrund von Stein-/Gerölllagen nötig war. Im Falle eines Vorliegens kann also nahezu keine Rammpbarkeit gegeben sein. Bei schwer rammbaren Böden und Böden die Rammhindernisse enthalten ist die Rammpbarkeit ggf. nicht ohne **Zusatzmaßnahmen** möglich. In Abhängigkeit der erforderlichen Einbindetiefen können z.B. Lockerungsbohrungen oder Austauschbohrungen erforderlich werden. Dies ist im Zuge der weiteren Planung und bei der Ausschreibung zu beachten.

Schicht-Nr.	Boden	Rammpbarkeit ¹⁾
1	Auffüllung	leicht / mittelschwer / schwer bei Bauwerksresten nicht rammpbar
2	Organik	leicht
3	(kiesiger) Sand	leicht / mittelschwer / schwer
4	Geschiebemergel ²⁾	schwer
5	Sand und Kies	schwer

1) Bezeichnungen gemäß Grundbau-Taschenbuch, 8. Auflage, Ernst & Sohn Verlag

2) Genesebedingt sind Steine / Gerölle vorhanden

Tabelle 3.4-1: Rammpbarkeit der anstehenden Schichten

3.5 Injizierbarkeit/Dichtkörper

Zur Beurteilung der Injizierbarkeit ist in erster Linie die Inhomogenität bzw. die engständig wechselnde Abfolge der Bodenschichten (bindig/ nicht bindig) als maßgebender Faktor zur Beurteilung heranzuziehen. Grundsätzlich sind Sande und Kiese unter Berufung allein auf ihre Korngrößenverteilung als injizierbar, Schluffe und Tone hingegen als schlecht bis nicht injizierbar einzustufen. Weitere wichtige Parameter sind die Lagerungsdichte (im Hinblick auf den Porenanteil) und die hydraulische Durchlässigkeit (horizontal wie vertikal).

Die Anisotropie der hydraulischen Durchlässigkeiten der einzelnen Schichten konnte aus Ermangelung ungestörter Bodenproben nicht näher untersucht werden, da sich aus Bohrungen in nicht-bindigen Böden keine qualitativ ausreichenden Proben gewinnen lassen. Es wird daher empfohlen bei der Vorbemessung der Injektionskörper Sensitivitätsanalysen hinsichtlich dieses Parameters durchzuführen.



In Bezug auf die mögliche Erstellung einer Gelsohle ist zu beachten, dass – da diese das Grundwasser beeinflussen können – herkömmliche Weichgelsohlen in Berlin generell nicht zugelassen werden. Für Gelverbindungen bei denen neu entwickelte, anorganische Härtematerialien zum Einsatz kommen, erfolgt die Zulassung im Einzelfall. Es ist im Vorfeld zu prüfen, ob das Produkt in Berlin zugelassen ist.

Prinzipiell sollte die Dichtigkeit der Injektionskörper vor Beginn des Lenzens nachgewiesen werden. Undichtigkeiten sind beispielsweise mittels Wärmebildern zu erkennen, da das nachströmende Wasser oftmals eine geringere Temperatur aufweist.

Den folgenden Ausführungen werden die Informationen aus [U 7] zugrunde gelegt.

3.5.1 Nordufer

Die Oberkante des Injektionsblocks soll hier nach [U 7] auf ca. +24,0 m NHN liegen. Der Block soll bis zur Unterkante der Spundwand auf ca. +17,3 m NHN reichen. Durch die aktuellen Erkundungsbohrungen BK_L09 und L10 wurden in diesem Bereich eng oder intermittierend gestufte Sande und intermittierend gestufte Kiese erbohrt. Die Schluffanteile sind hierbei durchgängig mit < 1% ermittelt worden. Unter Berufung auf [U 8] kann davon ausgegangen werden, dass sich ein Dichtblock mittels Injektion einer zementbasierten Feinstbindemittelsuspension herstellen lässt. Auch die Erstellung einer Gelsohle ist hier generell möglich.

3.5.2 Südufer

Die Oberkante des Injektionsblocks soll hier gemäß [U 7] auf ca. +22,1 m NHN liegen. Der Block soll bis zur Unterkante der Spundwand auf ca. +14,6 m NHN reichen. Informationen über die örtliche Geologie wurden mit der BK_L11 gewonnen. Mittig im Bereich des Dichtkörpers, zwischen ca. 19,5 m NHN und ca. 16,7 m NHN, liegt mit einer Mächtigkeit von ca. 2,8 m ein steif bis halbfester leicht plastischer Ton (Geschiebemergel) vor. Dieser wird von eng gestuften Sanden über- und von schluffigen Sanden unterlagert. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine hydraulische Barriere in beiden Schichten mit zementbasierten Feinstbindemittelsuspensionen oder auch Gel hergestellt werden kann. Der Geschiebemergel ist jedoch mit herkömmlichen Poren- oder Durchdringungsinjektionsmitteln als nicht injizierbar einzustufen. Hier können verdrängende Verfahren, wie sie z.B. für Hebungsinjektionen zum Einsatz kommen, angewendet werden.



4. FOLGERUNGEN

4.1 Baugruben

Aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten werden wasserdichte Trogbaugruben erforderlich. Als Verbau kommen insbesondere im Verlauf der Spree Spundwände in Betracht. Alternativ können an Land steifere Verbausystem wie Bohrpfahlwände verwendet werden, welche besonders am Südufer aufgrund der Nähe der Jannowitzbrücke sinnvoll sein können. Die Platzverhältnisse am Nordufer lassen jedoch auch zumindest bereichsweise Trägerbohlwände oder eine unverbaute, geböschte Baugrube als möglich erscheinen. Zur Herstellung der horizontalen Dichtsohle können Unterwasserbeton oder das Hochdruckinjektionsverfahren (HDI) verwendet werden. Durch möglicherweise vorhandene Findlinge können beim HDI-Verfahren DÜsschatten und somit Undichtigkeiten entstehen. Zudem sind beim Wechsel von nicht-bindigen zu bindigen Böden nicht die gleichen Durchmesser zu erreichen.

Baugruben können nach DIN 4124 bis 1,25 m ohne Sicherungen (ungebösch und unverbaut) hergestellt werden. Mit und ohne Sicherungen der Baugrube ist ein lastfreier Streifen $\geq 0,6$ m an der Böschungsschulter einzuhalten. In Abhängigkeit unmittelbarer Einwirkungen aus Baumaschinen oder Vergleichbarem können lastfreie Streifen $\geq 2,0$ m erforderlich werden. Sind tiefere Baugruben notwendig, ist ein Verbau nach DIN 4124 erforderlich.

Bei ausreichenden Platzverhältnissen kann auch eine geböschte Baugrube mit dem in Tabelle 4.1-1 enthaltenen Böschungswinkel hergestellt werden. Auch bei dieser Böschungsneigung sind lokale Ausbrüche nicht auszuschließen, ggf. ist flacher zu böschen. Die Voraussetzungen sind zudem die Wasserfreiheit der Böschung sowie ein Oberflächenschutz (Abdeckung). Außerdem sind die einschränkenden Vorgaben für freie Böschungen der DIN 4124 zu beachten.

Für Baugruben mit einer Tiefen von mehr als 5 m ist auf jeden Fall ein statischer Nachweis der Standsicherheit zu führen (DIN 4124).

Bezeichnung	Schicht	Böschungswinkel β [°]
nichtbindige oder weiche bindige Böden	1 / 2 / 3	≤ 45

Tabelle 4.1-1: zulässige Böschungswinkel ohne Standsicherheitsnachweis



Zudem ist die Gründungssituation des Bestands zu beachten. Neben bestehenden Fundamenten darf nicht unter der Gründungssohle der Bestandsfundamente ohne Sicherung geschachtet oder die Bestandsfundamente auf voller Länge frei gelegt werden. Die Randbedingungen der DIN 4123 sind zu beachten.

4.2 Wasserhaltung

Die Gründungssohle liegt unterhalb des festgesetzten Bauwasserstands. Der Planer sieht derzeit die Herstellung von Trogbaugruben vor (vgl. [U 7]). Daraus ergibt sich, dass eine geschlossene Grundwasserhaltung nicht erforderlich wird. Insbesondere am Nordufer im Falle eines Trägerbohlverbaus ist eine offene Wasserhaltung zur Beherrschung von Oberflächenwasser und Schichtwasser in jedem Fall vorzusehen.

Bei Ausführung wasserdichter Verbauwände in Verbindung mit abgedichteten Baugrubensohlen ist zur Fassung von Restwassermengen sowie zur Lenkung der Baugruben eine innenliegende bauzeitliche Wasserhaltung erforderlich. Bei qualitätsgerechter Ausführung der Baugruben sollten Restwassermengen von 1,5 l/s je 1.000 m² benetzter Dichtfläche nicht überschritten werden. Die Abschätzung anfallender Restwassermengen kann zum gegenwärtigen Planungsstand nicht angegeben werden.

Es ist zu beachten, dass sich der pH-Wert des Grundwassers bei Restwasserhaltungen aufgrund des Kontaktes mit Beton i.d.R. erhöht. Vor Einleitung des Grundwassers in die Kanalisation oder in den Vorfluter sind ggf. Neutralisationsanlagen und Absetzbecken zwischenschalten.

Für die Wasserhaltung wird eine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich.

4.3 Nachbarbebauung

Am Nordufer verläuft in Form eines Tunnels in ca. 18 m Tiefe von Südwesten nach Nordosten eine eingangserwähnte Stromtrasse. In Nördlicher Richtung, entlang des Verlaufs des bestehenden Waisentunnels schneidet dieser die Stromtrasse in einem Abstand zur Uferwand von ca. 11 m. Dieser



Schnittpunkt liegt wiederum ca. 30 m entfernt zur denkmalgeschützten Hausnummer 109 der Littenstr. (Sabel-Schule). Über eine Unterkellerung dieses Bauwerks ist uns nichts bekannt. Für beide Bauwerke ist eine Beweissicherung sinnvoll. Aufgrund der innerstädtischen Lage sind im gesamten Baubereich zahlreiche Leitungen vorhanden.

Am Südufer grenzen direkt an das Baufeld die Fundamente der Jannowitzbrücke an. Da die Gründungssohle des neuen U-Bahntunnels unterhalb dieser Fundamente liegt (vgl. [U 7]) werden ggf. in Abhängigkeit des gewählten Baugrubenverbaus Unterfangungsmaßnahmen notwendig. Die gesamte Brücken-Konstruktion sowie auch der angrenzende Tunnel der U-Bahn Linie 8 sind zudem als erschütterungsempfindlich einzuschätzen.

4.4 Geotechnische Kategorie

Die Bautätigkeit erfolgt im innerstädtischen Bereich sowie direkt in einem Fließgewässer. Am Nordufer ist eine denkmalgeschützte Nachbarbebauung sowie, im Vergleich zur vorgesehenen Ausgrabungssohle, nah gelegener, infrastrukturell sensibler Versorgungstunnel vorhanden. Am Südufer schließen die Gründung einer vielbefahrenen Brücke sowie ein U-Bahntunnel direkt an das Baufeld an. Unter Berücksichtigung der dargestellten Komplexität wird das Bauwerk in die **geotechnische Kategorie 3** nach Normenhandbuch EC 7 eingeordnet.

5. EMPFEHLUNGEN

5.1 Baugruben

Die tiefen Baugruben sind rückzuverankern oder auszusteifen. Nach derzeitigem Planungsstand ist eine Aussteifung der Baugrubenwände vorgesehen. Sollte eine Rückverankerung erforderlich sein, sind für Verpressanker die Vorgaben der DIN EN 1537 zu beachten. Die Herstellung der Anker hat in einem baugrundschonenden Verfahren zu erfolgen. Rückverankerungen sind bis in die gewachsenen Böden zu führen. Darüber hinaus ist die Verankerung in einheitlichen Böden vorzusehen und eine Mischverankerung in unterschiedlich tragfähigen Böden zu vermeiden. Zu beachten ist, dass



die Schichtgrenzen innerhalb der Sande und Kiese fließend sind, d.h. es erfolgt kein sprunghafter Anstieg der Lagerungsdichten.

Aufgrund des inhomogenen Aufbaus der Auffüllungen wird die Verankerung in diesen Schichten nicht empfohlen.

Für eine Vorbemessung kann die charakteristische Mantelreibung nach Tabelle 5.1-1 in Ansatz gebracht werden. Die angegebenen Werte gelten für Verpresskörperlängen bis 6 m und bei einem Bohrdurchmesser von 100 bis 150 mm. Verpresskörperlängen von < 4 m sollten vermieden werden, um kleinräumige Schwächezonen überbrücken zu können. Die Tragfähigkeit des Baugrundes ist beim Bohren der Anker zu überprüfen. Bei Bedarf sind die Ankerbohrungen bis in tragfähige Schichten zu verlängern und die Stahlzugglieder den Bohrtiefen anzupassen. Zur wirtschaftlichen Auslegung der Verpressanker wird empfohlen, Untersuchungsprüfungen gemäß DIN EN 1537 auszuführen. Jeder Bauwerksanker ist einer Abnahmeprüfung zu unterziehen. Die Regelungen insbesondere des Normenhandbuchs EC 7, der DIN EN 1537 und der DIN SPEC 18 537 sind zu beachten.

Schicht	Bezeichnung	charakteristische Mantelreibung $q_{M,k}$ [kN/m ²]
3	locker bis mitteldicht gelagerte Sande	100 - 200
4	tonige/ sandige Schluffe, schluffige/ sandige Tone	100 ¹⁾ (150 - 200 ²⁾)
5	dicht gelagerte Sande und Kiese	300

1) unterer Grenzwert

2) mit doppeltem Nachverpressen

Tabelle 5.1-1: Charakteristische Mantelreibung für Verpressanker zur Vorbemessung

Um einen verformungsarmen Verbau zu erreichen, sind die Steifen einer Aussteifung zumindest kraftschlüssig zu verkeilen oder die Verpressanker auf mindestens 80 % der charakteristischen Beanspruchung im Bauzustand vorzuspannen und festzulegen.

Aufgrund der an die Baugrube angrenzenden Verkehrsflächen und Versorgungsleitungen ist der Baugrubenverbau auf erhöhten aktiven Erddruck ($0,5 \times e_a + 0,5 \times e_0$) zu bemessen. Die bodenmechanischen Rechenwerte für die Standsicherheitsberechnungen des Baugrubenverbaus können Ta-



belle 3.2-1 entnommen werden. Für die Bemessung einer Verbauwand darf der Wandreibungswinkel für Bohrträgerwände, Spundwände und Bohrpfahlwände höchstens mit $|\delta_{a/p}| = 2/3 \varphi_k'$ angesetzt werden.

Für den Nachweis des vertikalen Lastabtrags von Verbauwänden dürfen für Spundwände und Stahlbohlträger die Kennwerte der Tabelle 5.1-2 verwendet werden. Der Ansatz dieser Tabellenwert setzt voraus, dass im wesentlichen nur Erddruck (+ großflächige Baustellenlasten) auf die Verbauwand wirken und keine setzungsempfindliche Bebauung im Einflussbereich der Verbauwand vorhanden ist (vertikale Setzung und damit Verformung der Wand kann zugelassen werden).

Für die Ermittlung der charakteristischen Mantelwiderstände nach EAB, sind im Bereich zwischen Baugrubensohle und theoretischem Fußpunkt der Verbauwand bei Ermittlung der Mantelreibung die Mantelflächen nach EAB, Bild EB 85-1 in Ansatz zu bringen. Im Bereich unterhalb des theoretischen Fußpunkts darf bei Ermittlung der Mantelreibung die umlaufende Abwicklungsfläche in Ansatz gebracht werden.

Die angegebenen Werte gelten für schlagend oder drücken eingebrachte Profile. Für vibrierend eingebrachte Profile sind die angegebenen charakteristischen Kennwerte auf 75 % abzumindern.

Die Anwendung der angegebenen Kennwerte setzt voraus, dass eine gewisse Vertikalverschiebung der Wand zugelassen werden kann. Die volle Tragfähigkeit wird insbesondere in bindigen Böden erst nach einer gewissen Ruhezeit erreicht und ist nicht sofort nach Einbringung der Spundbohlen verfügbar.

Schicht	Spitzendruck $q_{b,k}$ Spundwände und Bohlträger [kN/m ²]	Mantelreibung $q_{s,k}$ Spundwände [kN/m ²]	Mantelreibung $q_{s,k}$ Bohlträger [kN/m ²]
3	9.000	20	40
4	-	15	20
5	18.000	40	80

Tabelle 5.1-2: Charakteristische Kennwerte für Spundwände und Bohlträger



5.2 Auftriebssicherung

Es ist geplant die Sohlen der Baugruben, die im Uferbereich an den Bestand anschließen, als rückverankerte Unterwasserbetonsohlen herzustellen. Die Zug-/Mikropfähle können i.d.R. erst nach Aushub der Baugrube, vorm Betonieren der Unterwasserbetonsohle vom schwimmenden Ponton aus abgeteuft und hergestellt werden. Unter Berücksichtigung der Erfahrungswerte der DIN 1054 und der EA-Pfähle kann für verpresste Mikropfähle eine charakteristische Pfahlmantelreibung gemäß Tabelle 5.2-1 zugelassen werden. Auch für die Mikropfähle wird die Ausführung einer Untersuchungsprüfung empfohlen (Probepfähle). Es wird erwartet, dass eine höhere als die u.g. Mantelreibung nachgewiesen werden kann. Die Verankerungen der Unterwasserbetonsohlen sind so auszubilden, dass sie während des Betoniervorgangs vom Unterwasserbeton einwandfrei umschlossen werden. Die Ankerplatten werden i.d.R. von Tauchern montiert.

Schicht-Nr.	Bezeichnung	Pfahlmantelreibung $q_{s1,k}$ [MN/m ²]
3	locker bis mitteldicht gelagerte Sande	0 bis 0,12 (bis 0,15)
4	tonige/ sandige Schluffe, schluffige/ sandige Tone	0,08
5	dicht gelagerte Sande und Kiese	0,15 (bis 0,2)

Tabelle 5.2-1: Charakteristische Mantelreibung für verpresste Mikropfähle

Vor dem Betonieren sind die Anschlussflächen, an denen Verunreinigungen anhaften können von Tauchern mit Hochdruck zu reinigen. Nach Einbau der Mikropfähle und vor Einbau des Unterwasserbetons ist zu prüfen, ob aufgrund von Sedimentierungsvorgängen ein weiterer Absaugvorgang der Sohle vor dem Betonieren notwendig ist.

5.3 Aushub

Der Aushub erfolgt nach Herstellung der Spundwände im Nassaushub. Der Spree-Wasserstand ist beim Aushub auf gleicher Höhe zu halten, so dass zum Ausgleich Ballastierungswasser zuzuführen ist. Nach Erreichen der geforderten Aushubtiefe sind zunächst die Spundwände auf ihrer gesamten Länge durch Taucher zu prüfen. Anschließend ist mittels eines Sohllotplanes zu prüfen ob die Aushubhöhe eingehalten wurde. Es ist zu beachten, dass im Zuge des Aushubes mit Grundwasser



durchmischter Boden ausgehoben wird. Dieser sollte vor dem Abtransport zur Entwässerung zwischengelagert werden.

5.4 Sonstige Empfehlungen

Vor Herstellung der Gründungselemente ist der anstehende Baugrund und die Gründungssohle gemäß Normenhandbuch EC 7-1, Abs.4.3.1 (1)P durch uns zu kontrollieren und abzunehmen.

Für die angrenzende bestehende Bebauung und für die im Nahbereich der Baumaßnahme vorhandenen Leitungen / Kanäle sowie die Verkehrsflächen wird eine Beweissicherung vor dem Beginn und nach Abschluss der Baumaßnahme empfohlen.

Eine Baugrunderkundung ist naturgemäß eine stichprobenartige Bestandsaufnahme, die zwischen den Aufschlüssen Ergebnisse interpoliert. Abweichungen in gewissem Umfang sind somit nicht gänzlich auszuschließen. Bei Abweichungen der angetroffenen Bodenverhältnisse von den in diesem Gutachten beschriebenen ist die Dr. Spang GmbH umgehend zu benachrichtigen.

Sollten geotechnische Fragen auftreten, die im vorliegenden Gutachten nicht bzw. nicht ausreichend behandelt wurden, oder sollten sich Abweichungen bzw. Abänderungen in den Planungen bzw. Annahmen ergeben, die diesem Gutachten zugrunde gelegt wurden, so ist die Dr. Spang GmbH vom Auftraggeber zu informieren und zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Zur Beantwortung weiterer Fragen stehen wir Ihnen gerne jederzeit zur Verfügung.

i.V.

Dipl.-Ing. Rafaela Baese
(Niederlassungsleiterin)

i.A.

Dr.-Ing. Kristofer Marsch
(Projektgeologe)



DR. SPANG

Projekt: 42.7901

Seite 40

22.02.2022

- Verteiler:**
- BVG-Projekt GmbH, Herr Kopsch, Berlin, 1 x vorab per Mail an <Maik.Kopsch@bvg-projekt.de>
 - Dr. Spang GmbH, Witten, 1 x
 - Dr. Spang GmbH, Berlin, 1 x