

Geotechnischer Bericht

5	Anbindung Sympherstraße	05/2019
4	Umfahrung Betriebsgebäude, Veränderung Betriebs- und Sozialgebäude, 2. Löschwasserpumpe	10/2018
3	Gleisüberfahrt – Tankanlage Schrankenanlage	10/2016
2	Umplanung Platzfläche Stellwerk Rhf	12/2015
1	Brandschutz – Löschwasserversorgung – Entwässerung	02/2015
0	Ausgangsverfahren: Antragsfassung	02/2012
Index	Änderungen bzw. Ergänzungen	Planungsstand

Vorhabenträger:

DB Netz AG Regionales Projektmanagement I.NP-W-M- S(4) Königstraße 57 47051 Duisburg 14.08.2019 Datum Unterschrift		Datum Unterschrift		Datum Unterschrift	
--	--	-------------------------	--	-------------------------	--

Vertreter des Vorhabenträgers: Datum Unterschrift	Verfasser:  DR. SPANG Rosi-Wolfstein-Straße 6 58453 Witten Datum Unterschrift
---	---

Genehmigungsvermerk Eisenbahn-Bundesamt



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTECHNIK MBH

Obermeyer Planen + Beraten GmbH
Herr T. Bergermann / Herr K. Kutschki
Quatermarkt 5
50667 Köln

Projekt-Nr.
38.5280

Datei
P5280B171103

Diktat
CSp/Sie/Lau

Büro
Witten

Datum
03.11.2017

KV Drehscheibe Rhein Ruhr

2. Baustufe / Straßenanbindung Sympherstraße

Duisburg

- Baugrundbeurteilung, geotechnische Beratung und Gründungsempfehlung -

Subunternehmervertrag vom 26.05.2017

Gesellschaft: HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, Geschäftsführer Dipl.-Ing. Christian Spang

Zentrale Witten: Rosi-Wolfstein-Straße 6, D-58453 Witten, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, zentrale@dr-spang.de
<http://www.dr-spang.de>

Niederlassungen: 73734 Esslingen/Neckar, Weilst. 29, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, esslingen@dr-spang.de
60528 Frankfurt/Main, Rennbahnstraße 72 – 74, Tel. (069) 678 65 08-0, Fax 678 65 08-20, frankfurt@dr-spang.de
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Str. 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, H.-von-Stephan-Platz 1, Tel. (03445) 762-153, Fax 762-162, naumburg@dr-spang.de
90491 Nürnberg, Erlenstegenstr. 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, nuernberg@dr-spang.de

Banken: Deutsche Bank AG, Witten, IBAN: DE42 4307 0024 0813 9511 00, BIC: DEUTDEDB430
Stadtparkasse Witten, IBAN: DE59 4525 0035 0000 0049 11, BIC: WELADED1WTN



INHALT	SEITE
1. ALLGEMEINES	4
1.1 Projekt	4
1.2 Auftrag	4
1.3 Unterlagen	4
1.4 Untersuchungen	5
2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE	6
2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung	6
2.2 Baugrund	7
2.3 Hydrogeologie / Grundwasser	9
2.4 Bodenmechanische Laborversuche	10
2.5 Umwelttechnische Untersuchungen	12
2.6 Geotechnische Besonderheiten	16
3. BODENKENNWERTE	17
3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke	17
3.2 Bodenkennwerte	18
3.3 Homogenbereiche	19
3.3.1 Allgemeines	19
3.3.2 DIN 18 300 Erdarbeiten	20
3.3.3 DIN 18 301 Bohrarbeiten	22
3.3.4 DIN 18 303 Verbauarbeiten	23
3.3.5 DIN 18 304 Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten	23
3.3.6 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten	24
4. FOLGERUNGEN	25
4.1 Gründung	25
4.1.1 Herstellung Planum Verkehrsbereich	25
4.1.2 Gründung Lärmschutzwand	26
4.2 Baugrube	28
4.3 Grundwasserhaltung	29
4.4 Nachbarbebauung	29



4.5	Zusammenfassende Bewertung	29
5.	EMPFEHLUNGEN	30
5.1	Gründung der Fahrbahn	30
5.2	Gründung der Lärmschutzwand	31
5.2.1	Tiefgründungen	32
5.3	Baugruben	36
5.4	Wasserhaltung / Abdichtung	37
5.5	Umwelttechnik	37
5.6	Sonstige Empfehlungen	38
6.	ANLAGEN	
	Anlage 1: Übersichtslageplan, 1 : 25.000 (1)	
	Anlage 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten, 1 : 500 (1)	
	Anlage 3: Geotechnischer Schnitt 1 : 250/100 (2)	
	Anlage 4: Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	
	Anlage 4.1: Zeichenerläuterung Baugrunderkundung (2)	
	Anlage 4.2: Bohrsondierungen (BS) (15)	
	Anlage 4.3: Schwere Rammsondierung (DPH) (13)	
	Anlage 5: Bodenmechanische Laborversuche	
	Anlage 5.1: Wassergehalt nach DIN EN ISO 17 892-1 (1)	
	Anlage 5.2: Zustandsgrenzen nach DIN 18 122 (2)	
	Anlage 5.3: Körnungslinien nach DIN 18 123 (6)	
	Anlage 6: Auswertung Analytik	
	Anlage 6.1: Auswertung gemäß LAGA M20 Bauschutt (1)	
	Anlage 6.2: Auswertung gemäß LAGA M20 Boden (1)	
	Anlage 6.3: Auswertung gemäß DepV (2)	
	Anlage 6.4: Auswertung gemäß RuVA und GefStoffV (1)	
	Anlage 7: Chemische Analytik	
	Anlage 7.1: Prüfbericht AGROLAB Labor GmbH (28)	



1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

Die Deutsche Bahn AG plant den stufenweisen Ausbau des Standortes Duisburg zu einer Drehscheibenfunktion im Containerumschlag mit einer optimalen Vernetzung mit den regionalen Containerumschlaganlagen. Da für LKW derzeit keine Anbindung des Terminals an das Straßennetz vorhanden ist, wird z.Z. eine Straßenanbindung zur Sympherstraße geplant.

Das Projektgebiet liegt im Stadtteil Duisburg-Meiderich, zwischen dem Freihafen (DU-Ruhrort) und dem LKW-Terminal der Deutschen Bahn. Die Verkehrsanbindung verläuft zwischen dem Terminal und der zurzeit unbebauten Fläche zwischen Sympherstraße und A 59-Brücke. Für den konkreten Verlauf der Zu- und Abwegung werden drei Varianten untersucht. Ergänzend sind auf der West- und Südseite der Fläche Lärmschutzwände geplant, deren genauer Verlauf sich nach den schallschutztechnischen Auflagen ergibt und zurzeit nicht endgültig feststeht.

1.2 Auftrag

Für das geplante Bauvorhaben ist eine Baugrunduntersuchung erforderlich, deren Ergebnisse sind in einem Baugrundgutachten zusammenzufassen und fachgutachterlich zu bewerten. Es sind Empfehlungen zur Gründung der Lärmschutzwand und zur Gründung der Verkehrswege zu geben. Außerdem ist der Baugrund umwelttechnisch zu untersuchen und zu bewerten.

Mit dem Schreiben vom 26.05.2017 wurde der Dr. Spang GmbH auf Basis des Angebotes A37.9813, vom 22.11.2016 der Auftrag erteilt, die entsprechenden Leistungen auszuführen.

1.3 Unterlagen

Es wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

[U 1] Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt Duisburg (4506), Karte 1 : 25.000 und Erläuterungen, Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, Krefeld, 1991;



- [U 2] **Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen**, www.gdu.nrw.de, Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen - Landesbetrieb, Bezirksregierung Arnsberg;
- [U 3] **NRW Umweltdaten vor Ort**, www.uvo.nrw.de, Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW;
- [U 4] **KV Drehscheibe Gbf Duisburg-Ruhrort, BV Gründung einer neuen Schallschutzwand, Geotechnischer Bericht**, SakostaCAU GmbH, Düsseldorf, 22.04.2014;
- [U 5] **ZTV E-StB 09 „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“**; Köln, 2009;
- [U 6] **RStO 12 „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“**; FGSV, Bonn, 2012;
- [U 7] **Fachinformationssystem ELWAS**, <http://www.elwasweb.nrw.de/>, Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW.

1.4 Untersuchungen

Vom 29.05.2017 bis zum 31.05.2017 wurden durch Mitarbeiter der Dr. Spang GmbH **15 Kleinrammbohrungen** als Rammkernsondierung (BS) (Schappen-Ø 40 - 60 mm) und **13 schwere Rammsondierungen (DPH)** nach DIN EN ISO 22 476-2 bis in eine maximale Tiefe von 9,0 m unter Ansatzpunkt ausgeführt.

Das Bohrgut wurde nach den Maßgaben der DIN EN ISO 14 688 geotechnisch aufgenommen und nach DIN 18 196 gruppiert, sowie nach der DIN 18 000:2012 klassifiziert, zusätzlich wurden Homogenbereiche nach VOB 2016 definiert. Die Ergebnisse der Bohrgutaufnahmen sind gemäß DIN 4023 in Anlage 4.2 dargestellt. Die schweren Rammsondierungen sind gemäß DIN EN ISO 22 476-2 als Rammdiagramme und in Anlage 4.3 enthalten.



Alle Aufschlüsse wurden lage- und höhenmäßig eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist in Anlage 2.1 dargestellt. Die Ansatzhöhen und Endteufen der Aufschlüsse sind den Darstellungen der Anlage 3 und der Anlage 4 zu entnehmen.

An repräsentativen Bodenproben wurden von der Dr. Spang GmbH bodenmechanische und chemisch-analytische Laboruntersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen werden in Kapitel 2.4 erläutert und sind in Anlage 5 zusammengestellt.

Die Bewertung der chemischen Analysen erfolgt in Bezug auf erforderliche Erdarbeiten (Aushub / Wiedereinbau bzw. Entsorgung) nach LAGA-Tab.II 1.2-2 und 1.2-3, 1997 Feststoff und Eluat. Zudem wurde aus der bestehenden Asphaltdecke und aus der erkundeten Dichtungsbahn (BS 3b) jeweils eine Probe entnommen, welche gemäß RuVA-StB-01 und GefStoffV analysiert und bewertet wurden. Die Analyseergebnisse sind in Anlage 7 zusammengestellt und werden in Kapitel 2.5 erläutert und in Anlage 6 dargestellt.

2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung

Das Baufeld liegt im Norden der Stadt Duisburg nahe des Freihafens. Die Zufahrt auf das Gelände erfolgt über eine schmale Rampe von der Sympherstraße, die den Höhenunterschied von ca. 27 auf ca. 31 m NHN überbrückt. Das Gebiet hat ein minimales Gefälle von Ost nach West grenzt im Westen an die Brücke der Bundesautobahn BAB A59. Im Süden ist der Baubereich durch die bestehenden Gleisanlagen beschränkt. Auf der Ostseite ist die Brücke über die Sympherstraße, auf der sich der Anschlusspunkt der geplanten Verkehrsfläche an die bestehende Zufahrt zum Containerumschlagplatz der Deutschen Bahn befindet. Im Norden wird das Gebiet durch eine Böschung begrenzt.

Bautechnisch relevante Vegetation ist auf dem Baufeld nicht vorhanden. Die Nachbarbebauung liegt nicht im Einwirkungsbereich der geplanten Baumaßnahme, soweit keine Rammarbeiten oder



intensive Verdichtungsarbeiten ausgeführt werden. Das Brückenbauwerk, dass die Sympherstraße unter den Gleisanlagen durchführt, beeinträchtigt die geplanten Baumaßnahmen nicht.

2.2 Baugrund

Gemäß der Geologischen Karte [U 1] stehen im Projektgebiet vor allem künstliche Auffüllungen an, welche sich aus Müll, Bergematerial, Asche, Schlacke, Klärschlamm, Bauschutt und anderen anthropogen beeinflussten Stoffen zusammen setzen.

Im Rahmen der durch die Dr. Spang GmbH durchgeführten Baugrunderkundung wurde an den Sondierpunkten BS 1 und BS 2 im Bereich der Wendefläche an der Sympherstraße **Schwarzdecke** mit einer Mächtigkeit von 0,21 m angetroffen. Diese wird als **Schicht 0.1** angesprochen.

Bei den übrigen Bohrungen wurden direkt **rollige Auffüllungen** erkundet, die zur **Schicht 1.1** zusammengefasst werden. Hinsichtlich der Kornzusammensetzung besteht die Schicht aus schluffigem bis schwach schluffigem, stark kiesigem bis schwach kiesigem Sand und stark sandigem bis sandigem, schluffigem bis schwach schluffigem, zum Teil organischem Kies. Weiterhin wurden Fremdbestandteile in Form von Ziegel, Kohle, Glas, Beton und Schlacke angetroffen. Die Farbe der Schicht 1.1 variiert von grau über hellbraun bis dunkelbraun/schwarz. Die Mächtigkeit dieser Schicht wurden zwischen ca. 2,5 m (BS 3b) und 5,0 m (BS 7) erkundet. Die durchgeführten schweren Rammsondierungen hatten Schlagzahlen zwischen $N_{10} = 2$ bis $N_{10} = 12$ Schläge für 10 cm Eindringtiefe, das lässt auf eine locker bis mitteldichte Lagerungsdichte schließen. Vereinzelt gibt es sprunghafte Anstiege des Eindringwiderstandes, sodass offensichtlich große Blöcke, Stein oder Bauteilreste angetroffen wurden.

Ab einer Tiefe von ca. 27,1 m NHN (BS 2 und BS 12) wurden **bindige Auffüllungen (Schicht 1.2)** erkundet. Teilweise wurde die Oberfläche dieser Schicht schon bei 29,2 m NHN (BS 5) und bei 29,3 m NHN (BS 3b) festgestellt. Diese Auffüllung setzt sich aus schwach tonigen, feinsandigen bis sandigen, schwach kiesigen bis kiesigen Schluffen und stark schluffigen, schwach feinsandigen bis sandigen, schwach organischen Tonen zusammen. Bei der geotechnischen Aufnahme wurde die Konsistenz überwiegend als steif ermittelt. Die Farbe der Schicht 1.2 ist braun bis beige, teilweise ocker bis grau. Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierung waren im Bereich der bin-



digen Auffüllungen zwischen $N_{10} = 4$ und $N_{10} = 12$ Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe. Das entspricht einer weichen bis halbfesten Konsistenz, jedoch wird der Boden hauptsächlich als steif angesprochen.

Unterhalb der Auffüllungen stehen die gewachsenen Böden zunächst als **quartäre Ablagerungen (Schicht 2)** an. Diese Schicht wurde nicht bei allen Sondierbohrungen erkundet, da die Schichtoberkante im Durchschnitt ca. 3,5 m unter GOK liegt. Im oberen Bereich wurde durch die BS 10a und die BS 13 vorwiegend schwach sandiger bis sandiger, schwach toniger, schwach organischer, schwach kiesiger bis kiesiger **Schluff (Hochflutlehm) (Schicht 2.1)** erkundet. Die Farbe des Bodens ist beige braun, vereinzelt grau. Die Konsistenz wurde als steif angesprochen, dies wurde durch die Schlagzahlen $N_{10} = 6$ bis $N_{10} = 9$ Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe der DPH bestätigt. Unter der Schicht 2.1 wurden **rollige quartäre Ablagerungen (Schicht 2.2) (Terrassen)** erkundet. Diese bestehen vor allem aus kiesigen Sanden und stark sandigen, schwach schluffigen Kiesen. Bei dem erkundeten Kies handelt es sich um Flusskies. Die Unterkannte der Schicht 2.2 wurde mit keiner der Bohrungen erkundet. Die Lagerungsdichte der Schicht 2.2 ist mitteldicht bis dicht gelagert, was durch die Schlagzahlen $N_{10} = 4$ bis $N_{10} = 11$ Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe der DPH belegt wurde.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Schichtmächtigkeit [m]	Schicht-UK ¹⁾ [m NN]	Bodenbeschreibung	
				Kornverteilung / Farbe	Konsistenz / Lagerungsdichte
0.1	Asphalt	0,2	27,6	/	/
1.1	rollige Auffüllungen	2,5 - 5,0	27,7	S, u-u', g'-g; G, s-s, u'-u, z.T. o; weitgestuft / braun, gelb, dunkelbraun	locker - mitteldicht
1.2	bindige Auffüllungen	1,3 - 2,2	26,4	U, t', fs, s, g'-g; T, ū. fs-s, o'; braun, beige, ocker	steif - halbfest
2.1	bindige quartäre Ablagerungen (Hochflutlehme)	2,3	23,8 ²⁾	U, s'-s, t', o', g'-g; beige, braun	steif - halbfest



Schicht Nr.	Bezeichnung	Schichtmächtigkeit	Schicht-UK ¹⁾	Bodenbeschreibung	
2.2	rollige quartäre Ablagerungen (Terrassen Sedimente)	$\geq 0,1$	$\leq 21,7$	S, g; G, \bar{s} , u'; weitgestuft, beige, braun	mitteldicht - dicht

1) mittlere Schichtunterkante

2) nicht in allen Bohrungen erkundet

Tabelle 2.2-1: Baugrundaufbau, schematisch

2.3 Hydrogeologie / Grundwasser

In den durch die Dr. Spang GmbH abgeteuten Bohrsondierungen wurde kein Grund-, Stau- oder Schichtenwasser angetroffen. Diese Feststellung korrespondiert auch mit den Angaben aus [U 4]. Das gewonnene Kernmaterial aus den Bohrsondierungen wurde überwiegend als erdfeucht, in tieferen Lagen teilweise als feucht angesprochen. Somit ist keine Aussage bezüglich des Grundwasserflurabstandes möglich. Im Hinblick auf die Tiefenlage der Sympherstraße ist davon auszugehen, dass das Grundwasser unterhalb dieses Straßenniveaus ansteht.

Gemäß den Internetauskunftssystemen „ELWAS“ [U 7] befindet sich im Nahbereich der geplanten Baumaßnahme eine Grundwassermessstelle mit der Bezeichnung „Messstelle 046487190“. Der dort hinterlegte durchschnittliche Grundwasserstand liegt bei 20,7 m NHN. Und ist somit ca. 10 m unterhalb der GOK im Projektgebiet.

Die Durchlässigkeiten können als Bandbreiten gemäß Tabelle 2.3-2 angesetzt werden.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeit k_f [m/s]
1.1	rollige Auffüllungen	$1,0 \times 10^{-3} - 1,0 \times 10^{-8}$
1.2	bindige Auffüllungen	$1,0 \times 10^{-4} - 1,0 \times 10^{-10}$
2.1	bindige quartäre Ablagerungen (Hochflutlehme)	$1,0 \times 10^{-4} - 1,0 \times 10^{-10}$
2.1	rollige quartäre Ablagerungen (Terrassensedimente)	$1,0 \times 10^{-3} - 1,0 \times 10^{-8}$

Tabelle 2.3-1: Durchlässigkeiten



Der **Bemessungswasserstand** ist demnach in **Höhe der GOK** festzusetzen. Da kein geschlossener Grundwasserleiter im Rahmen der Erdarbeiten angeschnitten wird, kann der **Bauwasserstand** mit **2 m unter GOK** angesetzt werden. Es ist dennoch mit einem Zufluss von Stau- und Schichtenwasser zu rechnen.

2.4 Bodenmechanische Laborversuche

Zur detaillierten bodenmechanischen Bewertung der anstehenden Böden sowie zur Klassifizierung und zur Festlegung der Bodenkennwerte wurden vom Labor der Dr. Spang GmbH folgende bodenmechanische Laborversuche durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Anlage 5 zusammengefasst.

- Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN 17 892-1 (Anlage 5.1)
- Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18 122 (Anlage 5.2)
- Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung nach DIN 18 123 (Anlage 5.3)

Der natürliche Wassergehalt wurde nach DIN 17 892-1 an 6 Einzel- oder Mischproben ermittelt. Die Werte liegen zwischen 5,0 % bis 10,7 % bei den rolligen Auffüllungen 24,9 % bis 27,2 % bei den bindigen Böden und somit als typisch für die erkundeten Bodenarten zu bezeichnen. Die Auswertung des Versuches liegt als Anlage 5.1 bei.

Zur Klassifizierung der Böden der Schichten 1.2 und 2.1 wurden zwei Plastizitätsuntersuchungen nach DIN 18 122 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2.4-1 zusammengefasst und als Anlage 5.2 hinterlegt. Gemäß DIN 18 122-1 lässt sich zwischen den Konsistenzzahlen I_c und der Konsistenz des Bodens eine Beziehung herstellen (Tabelle 2.4-2), die zur Bewertung der Zustandsform verwendet wird. Nach den Ergebnissen der Plastizitätsanalyse weisen die untersuchten Proben eine steife Konsistenz auf und sind den Bodengruppen UL/UM bzw. TM nach DIN 18 196 zuzuordnen. Die feinkörnigen Böden sind witterungsempfindlich und bei erhöhten Wassergehalten stark bewegungsempfindlich. Bereits geringe Wassergehaltsveränderungen haben bei den leichtplastischen Böden einen großen Einfluss auf die Konsistenz.

BS	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	w [%]	w _L [%]	w _P [%]	I _P [%]	I _c [%]	Boden- gruppe
----	--------------	---------	----------	----------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------



BS	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	w [%]	w _L [%]	w _P [%]	I _P [%]	I _c [%]	Boden- gruppe
2 + 3	2,0 - 3,0	Schicht 1.2	U, s', t', g'	24,9	35,4	26,1	9,3	0,8	UL/UM
10 + 12	4,1 - 6,8	Schicht 2.1	T, u, s'	27,2	45,2	26,0	19,2	0,85	TM

w = Wassergehalt, w_L = Fließgrenze, w_P = Ausrollgrenze,
I_P = Plastizitätsindex, I_c = Konsistenzzahl

Tabelle 2.4-1: Ergebnisse der Plastizitätsuntersuchung

Zustandsform des Bodens	Konsistenzzahl I _c [-]
breiig	0 ¹⁾ bis < 0,5
weich	0,5 bis < 0,75
steif	0,75 bis 1,0 ²⁾
halbfest	> 1,00

1) Fließgrenze w_L

2) Ausrollgrenze w_P

Tabelle 2.4-2: Beziehung zwischen Zustandsform und Konsistenzzahl.

An sechs (Misch-) Proben wurde die Kornzusammensetzung mittels Sieb- und Schlämmanalyse untersucht. Die Körnungslinien sind in Anlage 5.3 hinterlegt und die Ergebnisse in Tabelle 2.4-3 zusammenfassend dargestellt. Die Ansprache der Proben erfolgt auf der Grundlage der DIN 18 196. Danach können die nichtbindigen Proben den Gruppen GU/GT bzw. GU*/GT* und bindigen Proben den Gruppen UL/TL und TM zugeordnet werden.

Bohrung	Tiefe ²⁾ [m]	Höhe NN [m]	Feinkorn- anteil ¹⁾ [Gew.-%]	Bodenart nach DIN 4022	Boden- gruppe DIN 18 196
Schicht 1.1					
BS 4	0,4 - 1,7	31,36 - 30,06	11,9	G, u', ms', gs'	GU/GT
BS 10	0,0 - 3,0	30,74 - 27,74	14,6	S, G, u'	GU/GT
Schicht 1.2					



Bohrung	Tiefe ²⁾ [m]	Höhe NN [m]	Feinkorn- anteil ¹⁾ [Gew.-%]	Bodenart nach DIN 4022	Boden- gruppe DIN 18 196
BS 2	2,0 - 2,5	25,82 - 25,32	75,6	U, s', t', g'	UL/UM
BS 3	2,7 - 3,0	29,13 - 28,80			
BS 10a	5,8 - 6,8	24,94 - 23,94	88,0	T, u, s'	TM
BS 12	4,5 - 5,0	26,61 - 26,14			
BS 13	1,8 - 3,5	28,90 - 27,20	91,1	T, s'	TM/TL
BS 13	3,5 - 5,0	27,20 - 25,76	87,0	T, s'	TM/TL

1) Korngröße $\leq 0,063$ mm

2) Bohrtiefe ab Ansatzstelle der jeweiligen Bohrung

Tabelle 2.4-3: Charakteristische Ergebnisse der Siebanalysen

2.5 Umwelttechnische Untersuchungen

Auftragsgemäß wurden Untersuchungen der anstehenden Böden gemäß LAGA Boden 1997 und RuVA-StB durchgeführt. Die Analysen der Mischproben MP 1 (Asphalt) und MP 5 (Dichtungsbahn) wurden gemäß RuVA-StB und GefStoffV durchgeführt und ausgewertet. Die Bewertung der chemischen Analysen erfolgt in Bezug auf die erforderlichen Erdarbeiten (Aushub / Wiedereinbau bzw. eine Entsorgung) nach LAGA-Tab. II 1.2-2 und 1.2-3, 1997 für Feststoff und Eluat (LAGA Boden) für die Mischproben MP 2 bis MP 4 und MP 6 bis MP 8. Die LAGA ist für die Bewertung der Wiedereinbaumöglichkeiten von Aushub gedacht und hat als Richtlinien Empfehlungscharakter. Die in der LAGA aufgelisteten Zuordnungswerte und Möglichkeiten der Wiederverwertung sind wie in Tabelle 2.5-1 aufgelistet definiert.

Zuordnungswerte	Maßnahmen (Auszug)
Z 0	uneingeschränkter Einbau möglich. Aus Vorsorgegründen sollte auf den Einbau in Wasserschutzgebieten Zone I und II verzichtet werden.
Z 1 (Z 1.1)	eingeschränkt offener Einbau u.a. in Flächen mit unsensibler Nutzung, Gewerbe-, Bergbaurekultivierungsflächen, Parkanlagen, auch bei hydrogeologisch ungünstigen Verhältnissen
Z 1 (Z 1.2)	wie vor, aber nur bei hydrogeologisch günstigen Verhältnissen und geogener Vorbelastung \geq Z 1.1



Zuordnungswerte	Maßnahmen (Auszug)
Z 2	eingeschränkter Einbau mit definierten Sicherungsmaßnahmen u.a. in Lärmschutzwälle, Dammbauwerke, unter mineralischer Abdichtung, Straßenbaumaterial

Tabelle 2.5-1: LAGA - Zuordnungswerte sowie sich daraus ergebende Konsequenzen für die Verwertung / Beseitigung.

Die Bewertung der Mischproben MP 2 bis MP 4 und MP 7 erfolgt nach LAGA M20 Bauschutt, da die untersuchten Mischproben mineralische Fremtteile von > 10 Vol.-% aufweisen. Die Mischproben MP 6 und MP 8 wurden nach LAGA Boden bewertet. Die Mischprobenbildung, die Art des beprobten Materials und das Laborprogramm sind in Tabelle 2.5-2 enthalten. Die Gegenüberstellungen der Analyseergebnisse sind in Anlage 6.1 und 6.2 und der Prüfbericht des Labors in Anlage 7.1 beigelegt.

Mischprobe-Nr.	Aufschluss-Nr.	Tiefe von – bis [m u. GOK]		Art	Laborprogramm
MP 1	BS 1	0,00	0,21	Asphalt	RuVA + GefStoffV
	BS 2	0,00	0,21		
MP 2	BS 1	0,21	1,80	rollige Auffüllung	LAGA Bauschutt 1997+ DepV
	BS 2	0,21	0,70		
MP 3	BS 1	1,80	2,10	bindige Auffüllung	LAGA Bauschutt 1997
	BS 2	0,70	2,0		
MP 4	BS 3b	0,00	2,50	rollige Auffüllung	LAGA Bauschutt 1997+ DepV
	BS 4	0,00	0,40		
	BS 5	0,00	2,30		
	BS 6	0,00	1,85		
	BS 8	0,00	2,10		
MP 5	BS 3b	2,50	2,55	Dichtungsbahn	RuVA + GefStoffV
MP 6	BS 3b	2,55	4,30	bindige Auffüllung	LAGA Bauschutt 1997



Mischprobe-Nr.	Aufschluss-Nr.	Tiefe von – bis [m u. GOK]		Art	Laborprogramm
	BS 5	2,30	3,00		
MP 7	BS 7	0,00	2,15	rollige Auffüllung	LAGA Boden 1997
	BS 9	0,00	2,15		
	BS 10b	0,00	2,20		
	BS 11	0,00	0,60		
	BS 11	0,65	2,00		
	BS 12	0,00	3,80		
	BS 13	0,00	1,80		
MP 8	BS 10b	2,20	3,00	bindige Auffüllung	LAGA Boden 1997
	BS 11	0,60	0,65		

Tabelle 2.5-2: Mischprobenplan für die chemischen Analysen

Die Mischproben wurden aus einer Vielzahl an Einzelproben zusammengestellt, um ein repräsentatives Ergebnis für die Verwertung zu erhalten. Die Mischprobe MP 1 wurde aus den Bohrkernen der BS 1 und BS 2 zusammengestellt. Bei diesen beiden Kernen handelt es sich um Asphalt der vorhandenen Tragschicht der Wendefläche. Die MP 2 wurde aus den unter dem Asphalt liegenden rolligen Auffüllungen der Bohrsondierungen BS 1 und BS 2 zusammengestellt. Die darunter liegenden bindigen Auffüllungen wurden in der MP 3 zusammengestellt und analysiert. Im südlichen Projektgebiet wurden aus den Bohrsondierungen BS 3b, BS 4, BS 5, BS 6 und BS 8 die Mischproben MP 4 (rollige Auffüllungen) und die MP 6 (bindige Auffüllungen) zusammengestellt. In der BS 3b wurde in einer Tiefe von 2,50 m unter Ansatzpunkt eine Dichtungsbahn erkundet, die als MP 5 bezeichnet und gemäß RuVA und GefStoffV untersucht wurde. Der westliche Projektbereich wurde durch die Bohrsondierungen BS 7 und BS 9 bis BS 13 erkundet. Aus den genommen Proben wurden die Mischproben MP 7 (rolligen Böden) und MP 8 (bindigen Böden) zusammengestellt.

In den Anlagen 6.1, 6.2 und 6.4 erfolgt die Gegenüberstellung der Analysenergebnisse der Proben mit den Zuordnungswerten. In Tabelle 2.5-3 ist eine Übersicht über die Analysewerte sowie die Zuordnung nach LAGA und in Tabelle 2.5-4 nach RuVA angegeben



Misch- probe [Nr.]	Bodenart	Zuordnung nach LAGA	einstufungsrelevante Analysewerte	
			Parameter	Analysewert
MP 2	Auffüllung	> Z 2	Chrom ges. (Eluat) el. Leitfähigkeit (Eluat)	300 µg/l 4200 µS/cm
MP 3	Auffüllung	Z 1.2	Chlorid (Eluat)	29 mg/l
MP 4	Auffüllung	> Z 2	KW (IR) (Feststoff) Summe PAK (Feststoff)	2700 mg/kg 430 mg/kg
MP 6	Auffüllung	Z 2	Summe PAK (Feststoff)	23 mg/kg
MP 7	Auffüllung	> Z 2	Summe PAK (Feststoff)	23 mg/kg
MP 8	Auffüllung	Z 0	-	-

Tabelle 2.5-3: Zuordnung der Analysenergebnisse Bodenproben nach LAGA

Die Mischprobe **MP 2** ist aufgrund stark erhöhter Werte der Parameter Chrom und elektrische Leitfähigkeit als **> Z 2** einzustufen. Die **MP 4** wird ebenfalls als **> Z 2** eingestuft, da die Kohlenwasserstoff- und PAK-Werte stark erhöht sind. Auch die **MP 7** hat einen stark erhöhten PAK-Wert und ist somit auch als **> Z 2** zu klassifizieren. Aus diesem Grund wurden ergänzende Analysen gemäß DepV durchgeführt. Die Gegenüberstellung der Analysenergebnisse ist in Anlage 6.3 und der Prüfbericht des Labors ist als Anlage 7.1 beigelegt. Aufgrund des hohen TOC-Gehaltes in der **MP 2** wäre diese Mischprobe als **DK II** und die **MP 4** und **MP 7** als **DK III** gemäß **DepV** einzustufen. Aufgrund der DOC-Wertes, AT4, pH-Wertes und Brennwert wäre eine **Rückstufung der MP 2** und **MP 4** in die **DK I** und der **MP 7** in die **DK 0** möglich. Hier ist die Zustimmung der zuständigen Behörde erforderlich. Die Mischprobe **MP 3** ist durch einen leicht erhöhten Chlorid-Wert im Eluat in



die Wiedereinbauklasse **Z 1.2** einzustufen. Die **MP 6** wird als **Z 2** kategorisiert, da der PAK-Wert stark erhöht ist. Die **MP 8** ist umwelttechnisch nicht auffällig und somit als **Z 0** einzustufen.

Misch- probe [Nr.]	Bodenart	Zuordnung nach RuVA	Einstufungsrelevante Analysewerte	
			Parameter	Analysewert
MP 1	Asphalt	A	ΣPAK (Festst.)	1,3 mg/kg
MP 5	Dichtungsbahn	C	ΣPAK (Festst.)	24000 mg/kg

Tabelle 2.5-4: Zuordnung der Analysenergebnisse des Asphaltes nach RuVA

Nach Auswertung der **MP 1** gemäß **RuVA** und **GefStoffV** ergibt sich eine Einordnung in die **Verwertungsklasse A** und ist somit im Heiß- oder Kaltmischverfahren wiederverwendbar. Auch die Auswertung hinsichtlich Gefahrstoffe ergibt keine Auffälligkeiten. Die **MP 5** ist durch den sehr stark erhöhten PAK-Wert in die **Verwertungsklasse C** einzuordnen; somit ist ein Wiedereinbau nur im Kaltmischverfahren mit Bindemittel und Nachweis möglich. Zudem wird die Probe gemäß **GefStoffV** als Gefahrstoff eingestuft.

2.6 Geotechnische Besonderheiten

Nach DIN EN 1998-1/NA liegt das Projektgebiet in der **Erdbebenzone 0** und wird der **Untergrundklasse T** zugeordnet.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich nach RStO 12 in der **Frosteinwirkungszone I**.

Nach [U 2] geht hervor, dass in dem gekennzeichneten Quadranten **kein Bergbau** dokumentiert ist.

Die **Rammpbarkeit** der Böden im Untersuchungsgebiet kann wie folgt beschrieben werden:

- Bindige Auffüllungen (Schicht 1.1): leicht bis mittelschwer rammpbar;



- Rollige Auffüllungen (Schicht 1.2): leicht bis mittelschwer rammbar;
- Hochflutlehme (Schicht 2.1): leicht bis mittelschwer rammbar;
- Terrassensedimente (Schicht 2.2): mittelschwer bis nicht rammbar;

In den Schichten 1 und 2 können Steine, Blöcke und große Blöcke vorkommen, in der Auffüllung zudem noch grobstückiger Bauschutt und unterirdische Bauteile. Die Rammbarkeit kann durch diese Einlagerung lokal be- und verhindert werden, so dass beim Antreffen von Rammhindernissen Zusatzmaßnahmen (Austauschbohrung, Lockerungsbohrung) erforderlich werden können.

Nach [U 3] entnommen werden kann, liegt das Projektgebiet in keinem **Trinkwasser-** bzw. **Heilquellenschutzgebiet**.

3. BODENKENNWERTE

3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke

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

Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN 18 196	Klassifizierung nach DIN 18 300 ¹⁾	Klassifizierung nach DIN 18 301 ¹⁾	Frostempfindlichkeit ²⁾	Verdichtbarkeit ³⁾
1.1	rollige Auffüllung	GU, GU*, GE, GW, GI, SU, SU*	3 - 5 ⁵⁾	BN 1 - BN 2 BS 1, BS 3	F1 -F3	V1 - V2
1.2	bindige Auffüllung	UL, UM, TL, TM	3 - 5 (2) ⁴⁾	BB 2 - BB 4 BS 1, BS 3,	F3	V3
2.1	bindige quartäre Ablagerungen (Hochflutlehme)	UL, UM, TL, TM	3 - 4 (2) ⁴⁾	BB 2 - BB 4 BS 1, BS 3	F3	V3



Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN 18 196	Klassifizierung nach DIN 18 300 ¹⁾	Klassifizierung nach DIN 18 301 ¹⁾	Frostempfindlichkeit ²⁾	Verdichtbarkeit ³⁾
2.2	rollige quartäre Ablagerungen (Terras-sensedimente)	GU, GU*, GT, GT*, SU, SU*, ST, ST*	3 - 4 (5) ⁵⁾	BN 1 - BN 2 BS 1, BS 3	F1 - F3	V1 - V2

1) gemäß DIN 18 3xx:2012-09

2) Nach ZTV E-StB 09, Tab. 1 (F1 nicht frostempfindlich, F3 sehr frostempfindlich).

3) V1 = verdichtbar, V2 = eingeschränkt verdichtbar V3 = schwer verdichtbar.

4) Der angegebene Boden kann bei Wassersättigung infolge Störung der Lagerung in Bodenklasse 2 nach DIN 18 300 übergehen.

5) Bodenklasse 6 bei entsprechendem Steinanteil und Schutt

6) Bezeichnung nach DIN 4023

Tabelle 3.1-1: Bodenklassifizierung

Die Angabe der Boden- und Felsklassen der Tabelle 3.1-1 nach den zurückgezogenen DIN 18 3xx (Ausgabe 2012) erfolgt informativ. Nach aktuell gültiger DIN 18 3xx (Ausgabe 2016) ist Boden und Fels in Homogenbereiche einzuteilen. Bei der Festlegung der Homogenbereiche sind einsetzbare Bauverfahren und Baugeräte zu berücksichtigen. Eine vorläufige Einteilung in Homogenbereiche wird in Kap. 3.3 Homogenbereiche vorgenommen.

Für die Beseitigung von grobstückigen Bauschutt, Bauwerksresten und unterirdischen Bauteilen gelten die oben genannten Bodenklassen nicht. Für deren Beseitigung sind in der Ausschreibung der Erd- und Gründungsarbeiten gesonderte Leistungspositionen vorzusehen.

3.2 Bodenkennwerte

Auf der Basis der Untersuchungen und von umfangreichen Erfahrungen mit den im Projektgebiet anstehenden Böden lassen sich die in Tabelle 3.2-1 zusammengestellten charakteristischen Bodenkennwerte angeben. Lokale Abweichungen sind möglich.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden	Wichte unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	Undrainierte Kohäsion	Steifemodul
		γ_k [kN/m ³]	γ_k' [kN/m ³]	φ_k' [°]	c_k' [kN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}$ ¹⁾ [MN/m ²]



Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden γ_k	Wichte unter Auftrieb γ_k'	Rei- bungs- winkel φ_k'	Kohä- sion c_k'	Undrai- nierte Kohäsion $c_{u,k}$	Steife- modul $E_{s,k}^{1)}$
1.1	rollige Auffül- lungen	20	12	30	0	/	10 - 30
1.2	bindige Auffül- lungen	19	11	25	0 - 2	10 - 30	5 - 10
2.1	bindige quartä- re Ablagerun- gen (Hochflut- lehme)	19	11	27,5	5	20 - 50	5 - 12
2.2	rollige quartäre Ablagerungen (Terras- sensedimente)	23	11	35,0	0	/	15 - 40

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

Tabelle 3.2-1: Charakteristische Bodenkennwerte;

Die Werte gelten für mindestens mitteldicht gelagerte bzw. mindestens steife bis halbfeste Böden, sofern nicht anders angegeben

3.3 Homogenbereiche

3.3.1 Allgemeines

Boden und Fels ist gemäß den Normen der VOB/C (Ausgabe 2016) in Homogenbereiche einzuteilen, die für die Ausschreibung verwendet werden sollen. Ein Homogenbereich ist dabei ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, 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 auf Basis der empfohlenen Verfahren gemäß Kap. 5, die im



Zuge des Planungsprozesses bis zur Ausschreibung zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten ist. Umweltrelevante Inhaltsstoffe sind bei der Einteilung der Homogenbereiche berücksichtigt, führt aber nicht zwingen zur Ausweisung eines eigenen Homogenbereiches bei unterschiedlicher umwelttechnischer Einstufung. Es wird empfohlen, das Lagern, das Laden und die Entsorgung der anfallenden Böden in Abhängigkeit von der umwelttechnischen Einstufung in separaten Titeln über gesonderte Positionen auszuschreiben.

Die Homogenbereiche und die angegebenen Eigenschaften beschreiben den Zustand des Bodens und Fels 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 und Fels 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.

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 mittlerer Leistungsklasse (ca. 10 – 30 to) ausgeführt wird und der Aushubboden nicht vor Ort wieder eingebaut wird. Daher berücksichtigen die Homogenbereiche im Wesentlichen das Lösen. Sollte ein Wiedereinbau vorgesehen werden, müssen die Homogenbereiche unter Berücksichtigung der Wiederverwertbarkeit und Verdichtbarkeit weiter aufgeteilt werden. In der nachfolgenden Tabelle 3.3.2-1 ist die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Erdarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche angegeben.

Da die Schichten hinsichtlich der Weiterverwendung unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, sollte im Rahmen der Ausschreibung eine Trennung und separate Lagerung der einzelnen Schichten vorgesehen werden (eigener Verwertungstitel unabhängig von der DIN 18 300).



Darüber hinaus werden die Auffüllungen (Schicht 1) und die quartären Ablagerungen (Schicht 2) zu einem gemeinsamen Homogenbereich zusammengefasst, da sie für das Lösen vergleichbare Eigenschaften aufweisen.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Erd-A
Schicht Nr.	1, 2
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, quartäre Boden
umweltrelevante Einstufung	Schicht 1.1: > Z 2 Schicht 1.2: Z 0, Z 1.2, Z 2 Schicht 2.1: nicht beprobt Schicht 2.2: nicht beprobt
Bodenart, Korngrößenverteilung	G,s; G,s,x; G,s; S,g; U,fs,g',t'; U,t,s',g',o'; U,s,g,t'; S,g,u; G,s; G,s,u'; gS,mS,g'; U,g',fs'; U,t,g'; U,s,g',t'; S,u,g'; S,g',o'; S; S,u'; T,u,fs',g'; U,fs'; U,fs,t'; U,t,s',g'; G,gS; U,fs'-ms',g'; S,g,u'; S,g',u',o'; T,u,s',o' teilweise mit x, y, großen y weitgestuft intermittierend enggestuft
Massenanteil	
Steine [%]	< 40
Blöcke [%]	< 20
große Blöcke [%]	< 10
natürliche Dichte [g/cm³]	1,6 - 2,2
undrainierte Scherfestigkeit cu [kN/m²]	< 150
Wassergehalt w _n [%]	5 – 50
Plastizität I _p ¹⁾	- / leicht bis ausgeprägt plastisch
Konsistenz I _c ¹⁾	- / weich bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte I _D ¹⁾	locker bis mitteldicht / -
organischer Anteil v _{gl} ¹⁾	nicht bis schwach organisch
Bodengruppe	A[], GU, GU*, GE, GW, GI, SE, SW, SI, SU, SU*, UL, UM, TL, TM

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

Tabelle 3.3.2-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten in Boden

**3.3.3 DIN 18 301 Bohrarbeiten**

Bei der Festlegung des Homogenbereiches wurde von Großbohrgeräten ausgegangen. Die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Bohrarbeiten erfolgt gemäß Tabelle 3.3.3-1.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Bohr-A
Schicht Nr.	1, 2
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, quartäre Boden
umweltrelevante Einstufung	Schicht 1.1: > Z 2 Schicht 1.2: Z 0, Z 1.2, Z 2 Schicht 2.1: nicht beprobt Schicht 2.2: nicht beprobt
Bodenart, Korngrößenverteilung	G,s; G,s,x; G,s; S,g; U,fs,g',t'; U,t,s',g',o'; U,s,g,t'; S,g,u; G,s; G,s,u'; gS,mS,g'; U,g',fs'; U,t,g'; U,s,g',t'; S,u,g'; S,g',o'; S; S,u'; T,u,fs',g'; U,fs'; U,fs,t'; U,t,s',g'; G,g,s; U,fs'-ms',g'; S,g,u'; S,g',u',o'; T,u,s',o' teilweise mit x, y, großen y weitgestuft intermittierend enggestuft
Massenanteil Steine [%]	< 40
Blöcke [%]	< 20
große Blöcke [%]	< 10
Kohäsion c' [kN/m ²]	1,6 - 2,2
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	< 150
Wassergehalt w_n [%]	5 – 50
Plastizität $I_p^{1)}$	- / leicht bis ausgeprägt plastisch
Konsistenz $I_c^{1)}$	- / weich bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte $I_D^{1)}$	locker bis mitteldicht / -
Abrasivität LCPC ²⁾	nicht abrasiv bis stark abrasiv
Bodengruppe	A[], GU, GU*, GE, GW, GI, SE, SW, SI, SU, SU*, UL, UM, TL, TM



- 1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2
- 2) Begriffe gemäß Käsling, H. & Thuro, K.: Bestimmung der Gesteinsabrasivität - Versuchstechniken und Anwendung; in: DGGT, 31. Baugrundtagung, 2010;

Tabelle 3.3.3-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 für Bohrarbeiten in Boden

3.3.4 DIN 18 303 Verbauarbeiten

Für die vorübergehende oder dauerhafte Sicherung von Geländesprüngen sowie von Baugruben, Gräben und dergleichen mit Verbau ist die DIN 18 303 zu verwenden. Eine Einteilung von Boden und Fels in Homogenbereiche kann analog zu denen für Erdarbeiten gemäß Tabelle 3.3.2-1 (DIN 18 300 „Erdarbeiten“) erfolgen. Die Ausführung der Arbeiten hat nach DIN 18 303 zu erfolgen.

3.3.5 DIN 18 304 Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten

Für das Einbringen und Ziehen von (Spund-)Bohlen, Pfählen, Trägern, Rohren und dergleichen durch Rammen, Rütteln oder Pressen gilt die DIN 18 304. Für diese Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten kann die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche gemäß Tabelle 3.3.5-1 verwendet werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass gemäß aktueller DIN 18 3xx-Reihe für die Ausschreibung der Ramm- und Rüttelarbeiten nicht zwingend das Homogenbereichskonzept angewendet werden muss. Auf die in Kapitel 2.6 beschriebene Rammbarkeit der Böden wird verwiesen. Bei der Festlegung der Homogenbereiche wurde davon ausgegangen, dass eine schwere Dieselramme eingesetzt wird. In der Regel können mit Anbaugeräten an Baggern (o.vgl.) nur deutlich geringere Rammtiefen erreicht werden.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Ramm A
Schicht Nr.	1, 2
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, quartäre Boden
umweltrelevante Einstufung	Schicht 1.1: > Z 2 Schicht 1.2: Z 0, Z 1.2, Z 2 Schicht 2.1: nicht beprobt Schicht 2.2: nicht beprobt



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Ramm A
Bodenart, Korngrößenverteilung	G,s; G,s,x; G,ſ; S,ḡ; U,fs,g',t'; U,t,s',g',o'; U,s,g,t'; S,g,u; G,s; G,ſ,u'; gS,mS,g'; U,g',fs'; U,t,g'; U,ſ,g',t'; S,u,g'; S,g',o'; S; S,u'; T,u,fs',g'; U,fs'; U,ſ,t'; U,t,s',g'; G,gſ; U,fs'-ms',g'; S,g,u'; S,g',u',o'; T,ū,s',o' teilweise mit x, y, großen y weitgestuft intermittierend enggestuft
Massenanteil Steine [%]	< 20
Blöcke [%]	< 10
große Blöcke [%]	< 10
natürliche Dichte [g/cm³]	1,6 - 2,2
undrainierte Scherfestigkeit cu [kN/m²]	- / 5 - 300
Wassergehalt w _n [%]	5 – 50
Plastizität I _p ¹⁾	- / leicht bis ausgeprägt plastisch
Konsistenz I _c ¹⁾	- / weich bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte I _D ¹⁾	locker bis mitteldicht / -
organischer Anteil v _{gl} ¹⁾	nicht bis schwach organisch
Bodengruppe	A[], GU, GU*, GE, GW, GI, SE, SW, SI, SU, SU*, UL, UM, TL, TM

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

Tabelle 3.3.5-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 304 für Ramm-, Rüttel, Pressarbeiten in Boden

In den Schichten 1 und 2 können Steine, Blöcke und große Blöcke vorkommen. In der Auffüllung (Schicht 1) zudem noch grobstückiger Bauschutt und unterirdische Bauteile. In Bezug auf den Homogenbereich Ramm-A sind daher im Zuge der weiteren Planung und Ausschreibung Zusatzmaßnahmen vorzusehen (Lockerungsbohrungen, Austauschbohrungen).

3.3.6 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten

Oberboden ist nach DIN 18 320 als eigener Homogenbereich auszuweisen. Der Oberboden ist vor Beginn der Arbeiten abzuschieben und zur Rekultivierung zu verwerten.



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Oberboden
Bodengruppe nach DIN 18 196	OU / OH
ortsübliche Bezeichnung	Mutterboden
Bodengruppe nach DIN 18 915	1
Massenanteil	
Steine [%]	< 10
Blöcke [%]	< 5
große Blöcke [%]	< 5

Tabelle 3.3.6-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 320 für Oberboden

4. FOLGERUNGEN

4.1 Gründung

4.1.1 Herstellung Planum Verkehrsbereich

Für die Ausführung von Erdarbeiten sind generell die Vorgaben der ZTV E-StB 09 [U 5] sowie die der RStO 12 [U 6] zu beachten.

Im gesamten Bereich des Erkundungsgebietes stehen oberflächennahe, z.T. bindige Auffüllungen an, die als sehr frostempfindlich eingestuft werden.

- Es ist darauf zu achten, dass die Eigenschaften des Baugrundes nicht durch die Arbeitsvorgänge und eingesetzten Geräte nachteilig verändert werden.
- Für den möglichen Aushub ist ein Bagger mit Grablöffel und glatter Schneide einzusetzen, um den Aushubhorizont möglichst wenig aufzulockern.
- Sofern das Planum in bindigen Böden liegt, darf es nicht befahren werden. Die Arbeiten sind nur rückschreitend auszuführen. Es sollte eine ca. 0,5 m dicke Schutzlage erst unmittelbar vor dem Einbringen der Frostschutzschicht entfernt werden.



- Unterhalb des Planums müssen mindestens steife bindige oder mitteldicht gelagerte rollige Böden anstehen. Aufgeweichte, nicht mindestens steife Schichten sind vollständig aus dem Planumbereich zu entfernen und durch geeignetes Austauschmaterial zu ersetzen. Als Austauschmaterial ist gut verdichtbares, rolliges Material z.B. GW, SE, SW, SI, GI vorzusehen. Das Material ist in Lagen von max. 30 cm Dicke einzubauen und zu verdichten. Es darf wegen einer möglichen Lagerungsstörung der unterlagernden bindigen Böden nur mit einem leichten Verdichtungsgerät in einem Übergang verdichtet werden. Die bindigen Schichten des Untergrundes dürfen nicht dynamisch verdichtet werden. Auf einen filterstabilen Anschluss des Austauschmaterials an den bindigen Boden ist zu achten.
- Für Arbeiten bei und nach Frostwetter sind die Angaben der ZTV E-StB 09, Ziffer 4.8 zu beachten. Bis 2,0 m unter Fahrbahnoberfläche darf gefrorener Boden nicht überschüttet werden.
- Böden die gemäß DIN 14 688-2 schwach organisch oder höher eingestuft werden, müssen ausgetauscht werden.

Bei der Auswahl des Materials für ungebundene Trag- und Frostschutzschichten ist die Filterstabilität zu gewährleisten. Gegebenenfalls sind Geotextilien einzusetzen. Während der Bauarbeiten sind die Verdichtungs- und Tragfähigkeitsanforderungen gemäß ZTV E-StB 09 nachzuweisen.

4.1.2 Gründung Lärmschutzwand

Gemäß der ZTV-Lsw 06 sind die Gründungskörper für die Pfosten der Lärmschutzwand oben mit Aussparungen (Köchern) zu versehen, in die die Pfosten eingesetzt werden. Nach der Justierung der Pfosten bzw. der Anker sind die Aussparungen mit Beton oder Zementmörtel auszufüllen.

Die in den Baugrund abzutragenden vertikalen Lasten der Lärmschutzwand werden als gering eingeschätzt, wobei z.B. infolge der Windbelastung ein deutlicher Anteil an Horizontallasten abzutragen ist. Für die Abtragung der Lasten aus den Pfosten bieten sich pfahlartige Gründungskörper an. Grundsätzlich sind folgende Varianten denkbar:

- Mikropfahlgründungen im Sinne der DIN EN 14 199,



- Bohrpfahlgründung,
- Rammpfahlgründung

Im Bereich der Lärmschutzwand bieten sich vorzugsweise eine **Bohrpfahl- oder Mikropfahlgründung** an. Der Durchmesser für Bohrpfähle sollte gemäß ZTV-Lsw 06 aus konstruktiven Gründen mindestens 0,7 m betragen. Hierdurch kann der Anschluss der Pfosten direkt am Pfahlkopf, ohne zusätzliche Befestigungsstrukturen, erfolgen. Um die Bohrpfähle zur Abtragung des Spitzendruckes heranziehen zu können, ist eine ausreichende Einbindung in gut tragfähige Schichten (Schicht 2.2) erforderlich.

Die Lastabtragung bei Mikropfählen erfolgt ausschließlich axial über Mantelreibung, daher muss die Pfahlaufstandsfläche nicht in einer auf Spitzdruck tragfähigen Schicht abgesetzt werden. Für die Einleitung von Horizontalkomponenten werden zusätzliche, schräg angeordnete, Mikropfähle benötigt. Zur Abtragung von Momenten und um Biegebeanspruchungen in den Pfählen zu vermeiden ist in der Regel die Ausbildung eines Pfahlblocks von mindestens drei Pfählen unter jedem Pfosten der Lärmschutzwand erforderlich. Wenn die Scherfestigkeit des undränierten Bodens kleiner als 10 kN/m^2 ist, ist ein Knicknachweis für einen seitlich nicht gestützten Stab zu führen. In rolligen Böden ist kein Knicknachweis erforderlich.

Flachgründungen sind bei ausreichenden Platzverhältnissen und wenn keine Versorgungsleitungen vorhanden sind grundsätzlich möglich. Für ein ausreichend frostsicheres Fundament, ist eine Gründungstiefe von mindestens 0,8 m erforderlich. Die Gründungsebene liegt zum großen Teil innerhalb der Auffüllungen (Schicht 1.1 und 1.2) wodurch ggf. ein Bodenaustausch zur Bodenverbesserung erforderlich wird.

Rammrohrgründungen sind nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen grundsätzlich einsetzbar. In diesem Zusammenhang wird auf die in Kapitel 2.6 angegebene Rammbarkeit verwiesen. Beim Einbringen der Rammpfähle kann es aufgrund von Rammhindernissen in den Auffüllungen (Schicht 1.1 und 1.2) und evtl. vorhandener Stein- bzw. Gerölllagen innerhalb der Sande und Kiese (Schicht 2.2) zu Erschwernissen bei der Herstellung kommen. Daher sollten entsprechende Maßnahmen, wie z. B. Auflockerungsbohrungen, vorgesehen werden.

Nach derzeitigen Kenntnisstand ist es vorgesehen, das Bauwerk LA 01b im nördl. Projektgebiet mit einer Höhe von 6,0 m zu errichten. Zuerst wurden im Bereich der BS 13 rollige und ge-



mischtkörnige Auffüllungen bis in eine Tiefe von 1,8 m unter Bohransatzpunkt erkundet. Darunter liegen bindige quartäre Böden bis in eine Tiefe von 24,2 m NN. Unterhalb dieser Tiefe wurden nur noch rollige quartäre Böden (Schicht 2.2) erkundet. Die für eine Tiefengründung geeigneten Böden stellen die quartären Kiese und Sande der Schicht 2.2 dar. Bei einer Flachgründung kommt die Gründungssohle (ca. 0,8 m unter GOK) innerhalb der locker bis mitteldicht gelagerten und somit als mäßig tragfähig einzustufenden Auffüllungen zu liegen. Im Bereich von gemischtkörnigen Auffüllungen ist ein Bodenaustausch vorzunehmen.

4.2 Baugrube

Für die Herstellung der Fahrbahn und der LSW werden voraussichtlich nur Baugruben zur Herstellung des Tragschichtpolsters der Fahrbahn und der Fundament- bzw. Pfahlkopfbalken zur Gründung der LSW in ausreichend frostsicherer Tiefe bis ca. 0,8 m bis 1,0 m unter GOK erforderlich.

Unter der Voraussetzung das ausreichende Platzverhältnisse herrschen, können notwendigen Baugruben frei geböscht werden. Im Bereich der Auffüllungen sollte eine Böschungsneigung von maximal 45° nach DIN 4124 nicht überschritten werden.

Der anfallende Aushub aus den bindigen Auffüllungen (Schicht 1.2) und dem Hochflut-/Lößlehm (Schicht 2) sind schlecht verdichtungsfähig und können daher nur in Bereichen wieder eingebaut werden, in denen Setzungen / Satzungen hingenommen werden können (z.B. Grünflächen / Freiflächen). Der Aushub aus den rolligen Auffüllungen, vor allem aus dem Unterbaumaterial ist bodenmechanisch gut wiederverwertbar und kann bei entsprechende umwelttechnischer Eignung auch im Straßenbau wiedereingesetzt werden.

Wasserzutritte in Form von Schicht- und Stauwasser sind trotz der erhöhten Lage des Projektgebietes nicht gänzlich auszuschließen.



4.3 Grundwasserhaltung

Durch die von der Dr. Spang GmbH durchgeführten Bohrungen wurde kein Grundwasser festgestellt. Somit ist eine Grundwasserhaltung nicht nötig. Jedoch müssen Niederschlags- und Stauwässer aus den Böschungsschichten gesammelt und abgeleitet werden.

Eine offene Wasserhaltung zur Fassung von Schicht-, Stau-, Tag- und Oberflächenwasser ist bautechnisch grundsätzlich immer vorzusehen. Bei Starkniederschlägen sind die Bauarbeiten einzustellen. Die Fassung und Ableitung von Tag- und Niederschlagswasser ist eine Nebenleistung nach DIN 18 299.

Das Planum, bzw. die Baugruben sind generell vor Wasserzutritt zu schützen. Das Gefälle des Planums sollte mit mindestens 3 % zur offenen Wasserhaltung ausgebildet werden. Aufgeweichte Lagen des Planums bzw. der Baugrubensohle sind, beispielweise nach heftigen Regenfällen, zu entfernen und mit einem adäquaten rolligen Material die Sohlhöhe wiederherzustellen. Bei Auflockerung der Baugrubensohle in Schicht 1.2 muss nachverdichtet werden.

4.4 Nachbarbebauung

Abgesehen von den Gleisanlagen befindet sich keine bautechnisch relevante Nachbarbebauung im Projektgebiet (vorbehaltlich eventueller unterirdischer Leitungen). Jedoch muss bei eventuell durchgeführten Ramm- und Verdichtungsarbeiten darauf geachtet werden, dass erschütterungsarme Verfahren eingesetzt werden.

4.5 Zusammenfassende Bewertung

In der nachfolgenden Tabelle 4.5-1 werden die Baugrundeigenschaften der relevanten Schichten zusammenfassend bewertet:



Baugrundeigenschaften	günstig	mittel	ungünstig	Bemerkungen
Tragfähigkeit	X	(X)	X	Tiefgründung in der Schicht 2.2 Flachgründung in den Schichten 1.1 und 1.2
Frostempfindlichkeit	X	X	X	Schicht 2.2 Schichten 1.1, 1.2, 2.1
Verdichtungsfähigkeit	X		X	Schichten 1.1, 2.2 Schichten 1.2, 2.1
Wiedereinbaufähigkeit	X		X	Schicht 1.1, 2.2 Schicht 1.2, 2.1
Lösbarkeit	X			Schichten 1.1 bis 2.2
Grundwasserstand	X X			Bauwasserstand GOK Bemessungswasserstand GOK
Bodenbelastung			X	Oberflächlich > Z 2
Besonderheiten: Bergbau	X			kein oberflächennaher Bergbau vorhanden
Morphologie	X			ebenes Gelände
Nachbarbebauung	X			keine bautechnisch relevante Nachbarbebauung

Tabelle 4.5-1: Klassifizierung der Baugrundverhältnisse.

Das Bauwerk wird in die Geotechnische Kategorie 2 nach Normenhandbuch EC 7 eingeordnet.

5. EMPFEHLUNGEN

5.1 Gründung der Fahrbahn

Es sind nach ZTV E-StB 09 Verdichtungsgrade nachzuweisen. Aufgrund der z.T. festgestellten weichen Konsistenz wird zur Stabilisierung des Planums ein Bodenaustausch mit Nachweis eines Verformungsmoduls von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ oder eine qualifizierte Bodenverbesserung mit einem ge-



forderten Verformungsmodul von $E_{v2} = 70 \text{ MN/m}^2$ in einer Mindestdicke von $d \geq 0,5 \text{ m}$ und die Einbindung eines Trennvlieses an der Basis des Bodenaustausches empfohlen. Die genaue Dicke des Austauschbodens bzw. der Bodenverbesserung ist vor Ort anhand von Probefeldern durch Lastplattendruckversuche gemäß DIN 18 134 festzulegen.

Nach [U 6] ergibt sich bei einer Bauklasse BK 10 und dem anstehenden Untergrund mit der Frostempfindlichkeit F 3 ein Ausgangswert für die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 65 cm. Die Gesamtdicke ergibt sich aus nachfolgender Tabelle 5.2-1

Bewertungsgrundlage	Örtliche Verhältnisse	Mehr- oder Minderdicke
Frostempfindlichkeitsklasse	F3	65 cm
Bauklasse	BK 10	
Frosteinwirkung	Zone I	+ 0 cm
Wasserverhältnisse im Untergrund	günstig	+ 0 cm
Lage der Gradienten	Geländehöhe	+ 0 cm
Summe:		65 cm

Tabelle 5.2-1: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus

5.2 Gründung der Lärmschutzwand

Bei Lärmschutzwänden ist zu beachten, dass es sich im Wesentlichen um konstruktive Bauwerke handelt, die in sich standsicher sein müssen aber keine oder nur eine untergeordnete haltende Funktion für den Baugrund oder andere Bauwerke aufweisen.

Es wird auf den erforderlichen Lastübertrag (Horizontallasten, Momente) am Übergangsbereich der Pfosten auf die Pfahlköpfe/Fundamente und den Lastabtrag über horizontale Bettung in tieferen Bodenschichten hingewiesen.



5.2.1 Tiefgründungen

Für eine Gründung über **Mikropfähle** (verrohrte hergestellte Pfähle ≤ 300 mm Durchmesser gemäß EA-Pfähle) können nach EA-Pfähle die in der Tabelle 5.2-1 genannten charakteristischen Werte verwendet werden.

Schicht	Bruchwert $q_{s,k}$ der Pfahlmantelreibung [kN/m ²]
1.1 Auffüllung rollig	1)
1.2 Auffüllung bindig	1)
2.1 Hochflutlehme	50
2.2 Terrassensedimente	150

1) Auffüllung 0 wegen Inhomogenität

Tabelle 5.2–1: Charakteristische Pfahlmantelreibung für verpresste Mikropfähle

Die Tragfähigkeit der mit diesen Werten bemessenen Mikropfählen ist durch Pfahlprobelastungen nachzuweisen.

Für eine Gründung über **Rohrverpresspfähle** (ohne Verrohrung hergestellte Selbstbohrpfähle mit Außenspülung < 300 mm Durchmesser gemäß EA-Pfähle) können nach EA-Pfähle die in der Tabelle 5.2-2 genannten charakteristischen Werte verwendet werden.

Schicht	Bruchwert $q_{s,k}$ der Pfahlmantelreibung [kN/m ²]
1.1 Auffüllung rollig	1)
1.2 Auffüllung bindig	1)
2.1 Hochflutlehme	50
2.2 Terrassensedimente	150

1) Auffüllung 0 wegen Inhomogenität

Tabelle 5.2–2: Charakteristische Pfahlmantelreibung für Rohrverpresspfählen

Die Tragfähigkeit der mit diesen Werten bemessenen Rohrverpresspfählen ist durch Pfahlprobelastungen nachzuweisen.



Bei der Bemessung von Mikropfählen ist der größte Außendurchmesser des Bohrwerkzeugs als Verpresskörperdurchmesser anzusetzen. Bei Rohrverpresspfählen ist als Verpresskörperdurchmesser der Außendurchmesser der Bohrkronen zuzüglich 20 mm anzusetzen.

Da Mikropfähle und Rohrverpresspfähle nur axial beansprucht werden dürfen, werden keine horizontalen Lastanteile übernommen. Diese Lasten sind durch eine entsprechende Anordnung der Einzelfähle innerhalb eines Pfahlbocks abzuleiten.

Für die Ableitung von **Bohrpfahlwiderständen** ist eine Pfahleinbindung von mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden erforderlich. Außerdem ist eine Mächtigkeit der tragfähigen Schicht unter der Pfahlaufstandsfläche von mindestens 1,5 m notwendig.

Die Auffüllungen der Schichten 1.1 und 1.2 erfüllen die Voraussetzungen an tragfähige Schichten in Bezug auf den Pfahlspitzenwiderstand für die Anwendung der Tabellen in der EA-Pfähle nur zum Teil. Auf die Angabe von charakteristischen Pfahlspitzenwiderständen wird daher verzichtet. Um einen Spitzenwiderstand in Ansatz zu bringen müssen die Pfähle mindestens 2,5 m in die tieferliegende tragfähige Schicht 2.2 einbinden oder durch Probelastungen abgeleitete Werte gewonnen werden. Die sich aus den Lastannahmen ergebenden Einwirkungen für Lärmschutzwände nach ZTV-Lsw 06 ergeben nur sehr geringe Vertikallasten.

Für eine Gründung der Pfosten über **Bohrpfähle** können zur Bemessung die in den Tabellen 5.2-3 und 5.2-4 aufgeführten charakteristischen Werte, abgeleitet aus der EA-Pfähle, verwendet werden.

Schicht	Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [kN/m ²]		
	$s/D_s = 0,02$	$s/D_s = 0,03$	$s/D_s = s_g = 0,10$
1.1 Auffüllung rollig	1)	1)	1)
1.2 Auffüllung bindig	1)	1)	1)
2.1 Hochflutlehme	-	-	-
2.2 Terrassensedimente	550	700	1600

1) Auffüllung 0 wegen Inhomogenität

Tabelle 5.2-3: Charakteristischer Pfahlspitzendruck für Bohrpfähle

Schicht	Bruchwert $q_{s,k}$ der Pfahlmantelreibung [kN/m ²]
---------	--



1.1 Auffüllung rollig	-
1.2 Auffüllung bindig	-
2.1 Hochflutlehme	30
2.2 Terrassensedimente	65

1) Auffüllung 0 wegen Inhomogenität

Tabelle 5.2-4: Charakteristische Pfahlmantelreibung für Bohrpfähle

Die Regelungen der EC 7, der DIN EN 1536, der SPEC, sowie der EA-Pfähle sind zu beachten.

Nach ZTV-Lsw 88 kann unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen für die Bemessung von Bohrpfahlgründungen das vereinfachte Verfahren, die Bemessungshilfen in Anhang D (Regelfälle) angewendet werden. Unter anderem ist eine Zuordnung zu einer der drei im Anhang B definierten Bodengruppen A, B, oder C erforderlich.

Die Anforderungen zur Anwendung der Tabellenwerte aus ZTV-Lsw 88, Anhang B, an den Sondierspitzendruck $q_c > 7,5$ für Bodengruppe A und B und $q_c > 5$ Bodengruppe C werden nicht in allen Bereichen der Lärmschutzwände im Mittel sicher erreicht. Die zuoberst anstehenden Auffüllungen (Schichten 1.1 und 1.2) weisen eine hohe Streuung der Lagerungsdichte von locker bis sehr dicht bzw. einer Konsistenz von weich bis halbfest auf und können daher nach der ZTV-Lsw 88, Anhang B, nur punktuell, nicht aber bereichsweise einer Bodengruppe zugeordnet werden. Deshalb ist die Pfahlbemessung nur auf der Grundlage des Berechnungsverfahrens von Vogt nach Anhang A möglich. Dabei sind ein Wandreibungswinkel von $\delta_k = -\phi_k/2$ und eine um die Hälfte verminderte Kohäsion anzusetzen. Es wird darauf hingewiesen, dass im Nachweisverfahren der ZTV-Lsw 88 **keine Vertikallasten** berücksichtigt werden.

Horizontale Bettung von Bohrpfahlgründungen: Unabhängig vom gewählten Pfahlsystem (Ramm-/Bohrpfähle) darf für die Berechnung der Schnittgrößen von quer zur Pfahlachse belasteten Pfählen der horizontale Bettungsmodul einer Schicht zu

$$k_{s,k} = E_{s,k} / D_s$$

angesetzt werden. Dabei ist $E_{s,k}$ nach Tabelle 3.2-1 anzusetzen. Gemäß Handbuch EC 7 und EA Pfähle darf die charakteristische Normalspannung (mobilisierte Bettungsspannung) die charakteristische, für den ebenen Fall berechnete Erdwiderstandsspannung nicht überschreiten ($\sigma_{h,k} \leq e_{ph,k}$). Es ist zu beachten, dass die mit einem konstanten Bettungsmodul errechneten Bet-



tungsspannungen oberflächennah nicht in voller Höhe anzusetzen sind, sondern von der GOK ($\sigma_{h,k} = 0 \text{ kN/m}^2$) bis zum Schnittpunkt mit dem Erdwiderstandsverlauf linear ansteigen. Zudem ist der Nachweis zu führen, dass der seitliche Bodenwiderstand (Bemessungswert der mobilisierten Bettungskraft) nicht größer angesetzt wird als der Bemessungswert des räumlichen Erdwiderstands für den entsprechenden Teil der Einbindetiefe bis zum Verschiebungsnullpunkt zulässt ($B_{h,d} \leq E'_{ph,d}$). Auf die Ausführungen in der EA Pfähle, Kap. 6.3.2 und Handbuch EC 7, Kap. 7.7 wird verwiesen.

Fertigrammpfähle werden i.d.R. als Betonfertigrammpfähle in kontrollierter Qualität im Herstellerwerk vorgefertigt und im Verdrängerprinzip in den Baugrund eingerammt oder gerüttelt. Nachteilig ist, dass die Betonfertigpfähle in festen Längen im Werk gefertigt werden müssen, die sich beim Rammen ggf. als zu lang herausstellen und später gekürzt werden müssen, bzw. sich als zu kurz herausstellen und dann auf der Baustelle mit einem weiteren Element verlängert werden müssen. Für eine hinreichend genaue Prognose der Pfahllängen ist in einem weiteren Erkundungsschritt der tragfähige Horizont in den Terrassensedimenten (Schicht 2.2) mit einem engen Raster mit Rammsondierungen zu ermitteln. Alternativ kann auf Basis der vorliegenden Erkundung die erforderliche Pfahllänge auf der sicheren Seite liegend abgeschätzt werden, es ist dann davon auszugehen, dass die meisten Pfähle nach dem Einbau auf die erforderliche Länge einzukürzen sind. Fertigrammpfähle können i.d.R. in deutlich kürzerer Zeit eingebaut werden als Bohrpfähle. Mit Fertigrammpfählen können aber nicht die hohen Tragfähigkeiten von Großbohrpfählen erreicht werden. Bei Fertigrammpfählen sind die in den Baugrund eingetragenen Erschütterungen im Innenstadtbereich ein wesentliches Machbarkeitskriterium. Hier ist auf möglichst erschütterungsarm arbeitende, im Wesentlichen vibrierende Gerätetechnik (frequenz- und amplitudenmoduliert) zu achten.

Für Vorentwurfszwecke von Stahlbeton-Fertigrammpfählen nach EA Pfähle bzw. wenn keine Pfahlprobelastung ausgeführt wird, kann für den Entwurf von den Kennwerten der Tabelle 5.2-5 ausgegangen werden.

Schicht	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [kN/m ²]	
		$s/D_{eq} = 0,03$	$s/D_{eq} = 0,100$
1.1 Auffüllung rollig	– ¹⁾	– ¹⁾	– ¹⁾
1.2 Auffüllung bindig	– ¹⁾	– ¹⁾	– ¹⁾



Schicht	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$	Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [kN/m ²]	
2.1 Hochflutlehme	20	-	-
2.2 Terrassensedimente	65	700	1.600

1) Auffüllung 0 wegen Inhomogenität

Tabelle 5.2-5: Charakteristische Pfahlkennwerte für Fertigrammpfähle aus Stahlbeton und Spannbeton

5.3 Baugruben

Die für die Herstellung der Bauwerke erforderlichen Baugruben dürfen nach DIN 4124 bis zu einer maximalen Tiefe von 1,25 m senkrecht geböscht werden. Bei den anstehenden anstehenden Böden ist bei einer senkrechten Böschung mit Ausbrüchen zu rechnen, daher wird bei den rolligen Böden ein Böschungswinkel vom max. 45° und bei mindestens steifen bindigen Böden ein Böschungswinkel von max. 60° empfohlen. Um die temporäre Standsicherheit der Baugrube zu gewährleisten, hat die Ausführung der Arbeiten entsprechend der DIN 4124 zu erfolgen.

Beim Aushub ist zu beachten, dass feinkörnige Böden (Schicht 1.2 und 2.1) witterungsempfindlich und bei erhöhtem Wassergehalt stark bewegungsempfindlich sind. Diese Böden können bei ungünstigen Witterungsbedingungen / Wassersättigung und mechanischer Beanspruchung aufweichen und in eine fließende Bodenart (Bodenklasse 2 nach DIN 18 300:2012) übergehen. Dynamische Beanspruchungen dieser Böden sind demnach zu vermeiden. Der Aushub muss in diesem Fall rückschreitend erfolgen.

Das Aushubgerät ist grundsätzlich mit einer Grabenschaufel (Baggerschaufel mit grader Schneide) auszurüsten. Mit diesem Gerät lässt sich die Baugrubensohle weitgehend ohne Störung des Baugrundes herstellen. Die Baugrubensohlen dürfen nicht befahren werden.

Aufgeweichte Bereiche sind vollständig zu entfernen und gegen einen rolliges, gut verdichtbares, steinfreies Material, (Bodenklassen nach DIN 18 196: GW, SW, SI, GI, z.B. Tragschichtmaterial 0/45 nach ZTV SoB-StB) auszutauschen. In der Gründungsebene müssen mindestens steife bindige oder mitteldicht gelagerte rollige Böden anstehend sein.



5.4 Wasserhaltung / Abdichtung

Für die Herstellung des Fahrbahnunterbaus und der Fundamente der Lärmschutzwände ist eine **offene (Rest-)Wasserhaltung** vorzusehen. Anfallendes Wasser ist in Pumpensümpfen, die seitlich der Baugrube angeordnet werden, zu fassen und abzuführen.

Das Sichern der Arbeiten gegen Niederschlagswasser und ihre Beseitigung, inkl. des Fassens und geordneten Ableitens des anfallenden Sickerwassers ist gemäß DIN 18 299, VOB Teil C (4.1.10) eine Nebenleistung.

5.5 Umwelttechnik

Zur Beurteilung der Wiederverwendbarkeit der Böden als Baustoff wird die umwelttechnische Klassifizierung gemäß Anlage 6 herangezogen.

Die Mischproben **MP2, MP 4, MP 7** und in gewisser Maßen auch die **MP 6** sind in die Zuordnungs-klasse **> Z 2 bzw. Z2** einzustufen. Somit sind sie gemäß LAGA Boden 1997 nicht für den Wiedereinbau geeignet und deponiepflichtig. Dies bezüglich wurde eine erweiterte Analyse gemäß DepV durchgeführt und die Mischproben in Deponieklassen eingestuft.

Die **MP 3** wurde gemäß LAGA in die Einbauklasse **Z 1.2** und die **MP 8** in Einbauklasse **Z 0** eingeordnet; somit ist bei der **MP 8** ein uneingeschränkter Wiedereinbau aus umwelttechnischer Sicht möglich. Bei der **MP 3** sind die Anforderungen für einen Wiedereinbau gemäß LAGA Boden 1997 zu erfüllen.

Gemäß der Auswertung nach GefStoffV überschreitet der Benzo-[a]-pyren-Gehalt den Grenzwert und ist somit als **Gefahrstoff** zu deklarieren. Da die Dichtungsbahn teerhaltig ist, empfehlen wir, beim Aushub des Bodens direkten Kontakt mit der teerhaltigen Bahn zu vermeiden und entsprechende Schutzmaßnahmen vor Kontakt und einer Staubbelastung gemäß TRGS 524 vorzunehmen.

Ggf. sind erweiterte chemische Analysen notwendig, wenn der genaue Verlauf der Fahrbahn und die Aushubtiefe feststeht.



5.6 Sonstige Empfehlungen

Es wird darauf hingewiesen, dass die angetroffenen bindigen Böden der Schicht 1.2 und 2.1 bei Wassersättigung und Lagerungsstörung (z.B. dynamische Belastung durch Baufahrzeuge) aufweichen können und in eine fließende Bodenart übergehen können.

Darüber hinaus ist eine Kontrolle der Baudurchführung gemäß EC 7, Teil 1, Abs. 4.4 vorzunehmen. Die Eignung der vorgesehenen Erdbaustoffe muss vor Beginn der Bauausführung nachgewiesen werden. Während der Bauausführung müssen die Erdarbeiten überwacht und Verdichtungskontrollen in Form einer Eigenüberwachung und durch Kontrollprüfungen vorgenommen werden. Bohrpfähle sind analog durch einen Sachverständigen abzunehmen.

Für Bohrpfahl- und Rammpfahlgründungen sind analog zu EC 7, Teil 1, Abs. 4.3 fachtechnische Abnahmen der Pfahlaufstandsebenen durch den geotechnischen Sachverständigen durchzuführen. Hinsichtlich der Herstellung der Pfähle sind die Vorgaben der DIN EN 1536 und DIN SPEC 18 140 zu beachten.

Eine Baugrunderkundung ist naturgemäß eine stichprobenartige Bestandsaufnahme, die zwischen den Aufschlüssen Ergebnisse interpoliert. Abweichungen in gewissen Umfang sind somit nicht gänzlich auszuschließen.

Sollten geotechnische Fragen auftreten, die im vorliegenden Gutachten nicht bzw. nicht ausreichend behandelt wurden, oder sollten sich Abweichungen bzw. Änderungen in den Planunterlagen 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.

Grundsätzlich sind die Folgerungen und Empfehlungen sowie die Festlegung der Homogenbereiche im Rahmen der Entwurfsplanung erneut zu prüfen, wenn ausreichend detaillierte Planunterlagen vorliegen.



DR. SPANG

Projekt: 38.5280

Seite 39

03.11.2017

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

i.V.

Holger Schie
(Projektleiter)

i.A.

Felix Laukamp
(Projektbearbeiter)

- Verteiler:**
- Obermeyer Planen & Beraten GmbH, M. Bergermann / K. Kutschki, Köln, 3 x,
davon jeweils 1 x vorab per Mail an
<thomas.bergermann@opb.de> und <kai.kutschki@opb.de>
 - Dr. Spang GmbH, Witten, 1 x