DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTTECHNIK MBH

Landesbetrieb Straßenbau NRW
Regionalniederlassung Ruhr
Herr Schieder
Harpener Hellweg 1
44791 Bochum

Projekt-Nr.	Datei	Diktat	Büro	Datum
43.9142	P9142b250929_rev01	Krr/Kbw/Taq	Witten	29.09.2025

B1 Ersatzneubau Brücke

Unna

- Baugrundgutachten -

Rahmenvertrag Baugrund 02-22-5058

Auftrag vom 20.03.2023

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: 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
30655 Hannover, Leo-Sympher-Promenade 65, Tel. (0511) 132 291-50, Fax 132 291-90, hannover@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 29, Tel. (089) 277 80 82-60, Fax 277 80 82-90, muenchen@dr-spang.de
14482 Potsdam, Walter-Klausch-Straße 25, Tel. (0331) 231 843-0, Fax 231 843-20, berlin@dr-spang.de
A-6330 Kufstein, Salurnerstraße 22, Tel. +43 (5372) 23 20-00, Fax 23 20-20, kufstein@dr-spang.at

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

INHALT **SEITE**

1.	**ALLGEMEINES**	**5**
1.1	Projekt	5
1.2	Auftrag	5
1.3	Unterlagen	5
1.4	Untersuchungen	6
2.	**GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE**	**8**
2.1	Morphologie, Vegetation und Bebauung	8
2.2	Baugrund	8
2.3	Hydrogeologie / Grundwasser	10
2.4	Felsmechanische Laborversuche	12
2.5	Umwelttechnische Untersuchungen	13
2.5.1	Entsorgung / Abfallschlüssel	15
2.6	Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften	16
3.	**TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE**	**16**
3.1	Klassifizierung für bautechnische Zwecke	16
3.2	Bodenkennwerte	18
3.3	Felsmechanische Kennwerte	18
3.4	Homogenbereiche	19
3.4.1	Allgemeines	19
3.4.2	DIN 18 300 Erdarbeiten	21
3.4.3	DIN 18 301 Bohrarbeiten	23
3.4.4	DIN 18 303 Verbauarbeiten	24
3.4.5	DIN 18 304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten	25
3.4.6	DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten	26
4.	**FOLGERUNGEN**	**27**
4.1	Gründung	27
4.2	Baugrube	28
4.3	Grundwasserhaltung	29
4.4	Nachbarbebauung	29

INHALT **SEITE**

4.5 Geotechnische Kategorie 29

5. EMPFEHLUNGEN 30

5.1 Flachgründung/Erdarbeiten 30

5.2 Tiefgründung 32

5.3 Baugruben 35

5.4 Wasserhaltung / Abdichtung 37

5.5 Sonstige Empfehlungen 37

6. ANLAGEN

Anlage 1: Übersichtslageplan, M. = 1 : 25.000 (2)

Anlage 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten, M. = 1 : 500 (2)

Anlage 3: Geotechnischer Schnitt M. = 1 : 100 (2)

Anlage 4: Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse (1)

Anlage 4.1: Zeichenerläuterung Baugrunderkundung (2)

Anlage 4.2: Bohrsondierungen (BS) (6)

Anlage 4.3: Schwere Rammsondierung (DPH) (7)

Anlage 4.4: Kernbohrungen (4)

Anlage 5: Felsmechanische Laborversuche (6)

Anlage 6: Chemische Analytik (1)

Anlage 6.1: Auswertung nach der ErsatzbaustoffV (3)

Anlage 6.2: Prüfbericht (7)

Anlage 6.3: Auswertung Grundwasseranalysen (3)

Anlage 6.4: Prüfbericht (3)

Änderungshistorie

Rev.	Datum	Bearbeitender	Notiz
0	21.12.2023	Krr/Kbw	
1	29.09.2025	Krr/Taq	Ergänzende Baugrunderkundung aufgenommen, Grundwasseranalyse ergänzt, Folgerung und Empfehlung für Tiefgründung erweitert

1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

Der Landesbetrieb Straßenbau NRW, Regionalniederlassung Ruhr, beabsichtigt den Neubau der Brücke B1/ DB (IBwNr 1382372) in Unna. Das Bauwerk überführt die B1 über Bahngleise der DB. Das Bestandbauwerk ist derzeit eine einfeldrige, freiaufliegende Plattenbrücke aus dem Baujahr 1958. Die Gesamtlänge beträgt 15,18 m und die Gesamtbreite 17,5 m. Die lichte Höhe liegt bei 5,73 m.

Genaue Planungsunterlagen liegen zum aktuellen Stand noch nicht vor. Voraussichtlich werden die Brücken – wie der Bestand – flach gegründet.

1.2 Auftrag

Auf Basis des Rahmenvertrags Baugrund 02-22-5058 wurde von dem Landesbetrieb Straßenbau NRW, Regionalniederlassung Ruhr, der Dr. Spang GmbH der Auftrag erteilt, die entsprechenden Leistungen auszuführen.

1.3 Unterlagen

Es wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

[U 1] **Bauwerksbuch des Bauwerks B1 / DB Nummer 4412530, IBwNr 1382372 nach DIN 1076**; Version 4.1.3, Landesbetrieb Straßenbau NRW, Regionalniederlassung Ruhr, Bochum, 23.01.2023.

[U 2] **Geologische Karte Preußen und benachbarten Bundesstaaten, Blatt 4412 Unna, M. = 1 : 25.000;** Herausgegeben von der Königlichen Preußischen Geologischen Landesanstalt, Berlin, 1911.

[U 3] **Geoportal des Geologischen Dienstes NRW mit geologischer und hydrogeologischer Karte 1:100.00;** Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, Geschäftsstelle IMA GDI.NRW, Bonn: https://www.geoportal.nrw/, aufgerufen im November 2023.

[U 4] **Geoportale des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur-, Verbraucherschutz Nordrhein – Westfalen;** http://www.elwasweb.nrw.de & http://www.uvo.nrw.de, aufgerufen im November 2023.

[U 5] **Schutzgebiete in Deutschland - Kartendienst;** Bundesamt für Naturschutz, Bonn, http://www.geodienste.bfn.de/schutzgebiete, aufgerufen im November 2023.

[U 6] **Gefährdungspotenzial des Untergrundes in Nordrhein - Westfalen;** Geologischer Dienst Nordrhein - Westfalen - Landesbetrieb -, Bezirksregierung Arnsberg, https://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/, aufgerufen im November 2023.

[U 7] **Informations-Portal-Abfallbewertung (IPA) - Hazard Check,** Beurteilung der Abfallgefährlichkeit anhand hinterlegter Grenzwertlisten, in Bearbeitung durch die Länder Baden-Württemberg, Hessen, Niedersachen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Sachsen.

1.4 Untersuchungen

Am 22.09.2023 wurden 3 Kleinrammbohrungen als (BS) nach DIN EN ISO 22 475-1 (Schappen-Ø 40 – 60 mm) und 3 Schwere Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22 476-2 bis in eine maximale Tiefe von 12,0 m unter Geländeoberkante (GOK) ausgeführt. Am 04.04.2024 erfolgten jeweils weitere 3 Kleinrammbohrungen und 4 schwere Rammsondierungen bis in eine maximale Tiefe von 3,1 m unter GOK. Aufgrund von Hindernissen wurden die Sondierungen geringfügig örtlich versetzt ausgeführt.

Zur Erkundung des Festgesteins wurden im Zeitraum vom 10.07.2025 bis zum 31.07.2025 insgesamt vier Kernbohrungen (KB) nach DIN EN ISO 22475-1 ausgeführt. Die Bohrungen wurden bis in eine maximale Tiefe von 31,5 m unter Geländeoberkante (GOK) niedergebracht.

Das Bohrgut wurde nach den Maßgaben der DIN EN ISO 14 688 (Boden) / 14 689 (Fels) geotechnisch aufgenommen und nach DIN 18 196 gruppiert. Die Ergebnisse der Bohrgutaufnahmen sind

gemäß DIN 4023 in Anlage 4.2 und 4.4 dargestellt. Die Schweren Rammsondierungen sind gemäß DIN EN ISO 22 476-2 als Rammdiagramme in Anlage 4.3 enthalten.

Aufschlussbezeichnung	Ansatzhöhe	Endteufe	
	[m NHN]	[m NHN]	[m u. GOK]
BS 1 / DPH 1	+115,55	+104,35	11,2
BS 2 / DPH 2	+115,41	+104,11 / +103,41	11,3 / 12,0
BS 3 / DPH 3	+115,10	+105,80 / +105,70	9,3 / 9,4
BS 4 / DPH 4/4a	+108,15 / +108,36 / +108,22	+105,05 / +106,26 / +105,12	3,1 / 2,1 / 3,1
BS 5 / DPH 5	+107,30 / +107,48	+105,95 / +106,08	1,35 / 1,40
BS 5a / DPH 5a	+107,41	+105,21 / +105,11	2,2 / 2,3
KB 1[1)]	+108,15[2)]	+88,15	20,00
KB 2[1)]	+107,30[2)]	+83,80	23,50
KB 3[1)]	+115,55[2)]	+84,05	31,50
KB 4[1)]	+115,41[2)]	+83,91	31,50

1) Aufschlüsse wurden nicht eingemessen / Vermessungsdaten liegen nicht vor
2) Ansatzhöhe aus den umliegenden Erkundungen abgeschätzt

Tabelle 1.4-1: Bezeichnung der Baugrundaufschlüsse und Höhe

Die Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen wurden lage- und höhenmäßig eingemessen. Ansatzhöhen und Endteufen sind den Darstellungen in Anlage 3 und der Tabelle 1.4-1 zu entnehmen. Die Lage aller Aufschlusspunkte ist in Anlage 2 dargestellt. Die Lage der Kernbohrungen erfolgt dabei aufgrund der fehlenden Vermessung nur informativ.

Zur Untersuchung und Bewertung der gewonnenen Bodenproben in Hinblick auf die chemisch relevanten Aspekte (Analyse nach EBV) wurden einzelne Proben aus den Auffüllungen und den gewachsenen Böden zu Mischproben zusammengefasst und zur Analyse in ein Fachlabor gegeben. Die Ergebnisse der Analysen, deren Interpretation und Bewertung werden in Kapitel 2.4 dargestellt und erläutert. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sowie die zugehörige Bewertung sind in der Anlage 6 beigefügt.

2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung

Das Untersuchungsgebiet befindet in Unna an der B1, am Rand von Unna-Zentrum. Die Brücke unterführt die DB Gleise unter der B1. Die Gleise verlaufen in SO-NW-Richtung und die oberhalb verlaufende B1 verläuft im Querungsbereich in NO-SW-Richtung. Im Kreuzungsbereich ist angrenzend dichter Busch- und Baumbewuchs vorhanden. Nördlich der Querung werden die Flächen landwirtschaftlich genutzt. Bebaute Flächen sind – abgesehen von der Straße und der Gleise – im unmittelbaren Querungsbereich < 60 m nicht vorhanden. Die B1 liegt etwa auf einer Höhe von + 115,4 m NHN.

2.2 Baugrund

Gemäß geologischen Karten [U 2] & [U 3] sind an der Oberfläche quartäre lössähnliche Plateaulehme in Form von feinsandigen Lehmen abgelagert. Im Liegenden sind der Oberen Kreide zuzuordnende Kalke und hellgraue bis weiße Kalkmergel anzutreffen. An der Basis steht „Bochum Grünsand“ an. Bereichsweise ist mit glaukonitischen Mergeln und Kalken, an der Basis mit dem „Grünsand von Werl“ zu rechnen.

Gemäß durchgeführter Baugrunderkundung wurde an der Oberfläche je nach genauer Lage der Bohrungen **Schwarzdecke (Schicht 0)** im Straßenbereich mit Mächtigkeiten von 0,05 m und 0,15 m aufgeschlossen. Unterhalb dieser und in einer Kleinrammbohrung auch an der Oberfläche wurden bis in eine maximale Tiefe von 10,0 m unter GOK **rollige Auffüllungen (Schicht 1.1)** in Form von Kiesen mit sandigen, schwach schluffigen, schwach humosen, schwach tonigen Beimengungen angetroffen. Außerdem sind Schotter, Bergematerial und Schlacke beigemischt. In einer Bohrung wurde an der Oberfläche stark humoser, schwach schluffiger, dunkelbrauner Sand erkundet. Die Lagerungsdichte ist gemäß durchgeführter Rammsondierungen im Wesentlichen locker bis mitteldicht. Stellenweise weisen erhöhte Schlagzahlen auf eine dichte Lagerung bzw. auf mögliche Stein- und Blockanteile hin. Neben den rolligen Auffüllungen wurden auch 0,4 m bis 8,5 m mächtige **bindige Auffüllungen (Schicht 1.2)** angetroffen, wobei die großen Mächtigkeiten aus den Erkundungen im Straßendamm hervorgehen. Die Schicht 1.2 ist aus schluffigen bis stark schluffigen, sandigen, kiesigen bis stark kiesigen Tonen oder kiesigen Schluffen zusammengesetzt. Es sind ebenfalls

anthropogene Reststoffe wie Ziegelbruch, Kohlereste oder Betonreste enthalten. Die Konsistenz der bindigen Auffüllungen ist steif bis halbfest. Die Farben der Schicht 1.2 sind braungau, dunkelgrau, grün, schwarz und rot.

In allen Bohrungen folgt unterhalb der rolligen bzw. bindigen Auffüllungen 1,1 m bis 4,1 m mächtiger weicher bis steifer **Lösslehm (Schicht 2)**, welcher aus stark schluffigen, feinsandigen, gelben bis braunen Tonen. In einzelnen Kernbohrungen wurde der Lösslehm bzw. der Verwitterungshorizont als schluffige Kiese angesprochen, wobei die kiesigen Materialien in Form von Mergelstücken auftreten.

Im Bereich des Straßendammes wurde zwischen ca. +103,9 m NHN (11,5 m unter GOK) und +106,2 m NHN (8,9 m unter GOK) das **Festgestein der Schicht 3** angetroffen. Im Gleisbereich wurde das Festgestein in Tiefen zwischen ca. +104,8 m NHN (2,5 m u. GOK) und ca. +105,7 m NHN (2,5 m u. GOK) erkundet. Es handelt sich in den oberen Metern um z.T. gering bis mäßig verwitterte Sandmergelsteine in ockerbrauner und grüner Färbung, die in zunehmender Tiefe (11,5 m - 13,0 m unter GOK) in gelbgraue Kalkmergelsteine übergehen.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Schicht-mächtigkeit [m]	Bodenbeschreibung	
			Bodenart / Farbe	Konsistenz / Lagerungsdichte
0	Oberflächenbefestigung [1)]	0,05 - 0,15	**Schwarzdecke** / schwarz	-
1.1	rollige Auffüllung	6,4 - 9,2	**Kies**, tlw. sandig, tlw. schwach schluffig, tlw. schwach humos, tlw. schwach tonig / grau, braun, rot, schwarz / Schotter, Bergematerial, Schlacke **Sand**, stark humos, schwach schluffig / dunkelbraun	- / locker bis dicht
1.2	bindige Auffüllung	0,4 - 0,5	**Ton**, schluffig bis stark schluffig, sandig, kiesig bis stark kiesig, schwach humos / grau, braun, rot, gelb / Bergematerial	steif bis halbfest / -

Schicht Nr.	Bezeichnung	Schicht-mächtigkeit [m]	Bodenbeschreibung	
			Bodenart / Farbe	Konsistenz / Lagerungsdichte
2	Lösslehm	1,1 - 4,1	**Ton**, stark schluffig, feinsandig / gelb, braun Kies, schluffig / graubraun, braun	weich bis steif -
3.1	verwittertes Festgestein	< 0,1 - 0,8[2)]	**Mst** / grün, braun, grau	-
3.2	Festgestein	> 16,70 - > 20,7[2)]	**Mst**, Sandmergel / grün, ockerbraun **Mst**, Kalkmergel / gelbgrau	

1) nicht in allen Bohrungen erkundet
2) Schichtunterkante nicht angetroffen

Tabelle 2.2-1: Schematischer Baugrundaufbau

Der erkundete Schichtaufbau entspricht stratigraphisch den Angaben der geologischen Karte [U 2].

Zur Beurteilung der Lagerungsdichte des Bodens sowie der Zustandsform sind Schwere Rammsondierungen (Fallgewicht 50 kg, Fallhöhe 50 cm, Spitzenquerschnitt 15 cm^2) nach DIN EN ISO 22 476-2 ausgeführt worden. Mit der Rammsonde wird u.a. die in Tabelle 2.2-1 angegebene Lagerungsdichte / Konsistenz abgeschätzt.

2.3 Hydrogeologie / Grundwasser

Der Untersuchungsbereich befindet sich innerhalb des Flussgebiets Rhein und des Teileinzugsgebiets Lippe. Im Nahbereich des Bauwerks befinden sich keine Gewässer – im weiten Umfeld sind Bäche vorhanden. Der nächst gelegene Bach ist der Kortelbach, welcher etwa 1.240 m westlich der Brücke in Nordost-Südwest-Richtung fließt. Zudem ist in gleicher Richtung in etwa 550 m Entfernung ein kleiner, namenloser Gewässerlauf verzeichnet.

Die erkundeten Böden sind erdfeucht und es wurde während der Erkundung kein Wasser angetroffen. Als Grundwasserleiter ist gemäß [U 3] das Kreidegebirge als Kluftgrundwasserleiter mit mittleren Durchlässigkeiten angegeben. Die im Projektbereich anstehenden Mergelkalk- und Kalkmergelsteine sind an der Oberfläche zunächst verwittert. In dieser Zone entsprechen die Gesteine meist einem Tonboden mit geringeren Durchlässigkeiten. Die wasserführenden Klüfte sind in der Regel erst im kompakteren Festgestein ausgeprägt.

Die Bewertung der Grundwasserstände wurde nach DIN EN 1997-2, 3.6.3 auf Grundlage der verfügbaren Informationen vorgenommen. Grundwassermessstellen sind gemäß [U 4] in greifbarer Entfernung nicht vorhanden, sodass auf entsprechende Messdaten nicht zurückgegriffen werden konnte. Da zuverlässige Daten von Langzeitmessungen für den unmittelbaren Bereich des geplanten Bauwerks fehlen, ist es erforderlich, den Bemessungswasserstand und den Bauwasserstand vorsichtig auf Grundlage der begrenzt verfügbaren Informationen abzuschätzen. Auf dieser Basis wird der **Bauwasserstand** (der während der Bauzeit zu erwartende höchste Wasserstand) auf + 102,0 m NHN und der **Bemessungswasserstand** (der während der voraussichtlichen Nutzungs- bzw. Lebensdauer zu erwartende höchste Wasserstand) auf + 103,0 m NHN im Baugrund angegeben.

Darüber hinaus können aufgrund von Durchlässigkeitsunterschieden Stauwasserhorizonte in den bindigen Lössböden auftreten. Diese weisen in der Regel eine geringe Ergiebigkeit auf und bluten bei Anschnitt relativ schnell aus.

Die Bandbreiten der Durchlässigkeitsbeiwerte für die anstehenden Schichten sind in der Tabelle 2.3-1 angegeben.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	Durchlässigkeitsbereich[1)]
1.1	rollige Auffüllung	1×10^{-2} bis 1×10^{-4}	stark durchlässig bis durchlässig
1.2	bindige Auffüllung	5×10^{-6} bis 1×10^{-9}	durchlässig bis sehr schwach durchlässig
2	Lösslehm	1×10^{-6} bis 1×10^{-9}	durchlässig bis sehr schwach durchlässig

Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	Durchlässigkeitsbereich[1)]
3	verwittertes bis unverwittertes Festgestein	$< 1 \times 10^{-5}$	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig

1) Bezeichnung gemäß DIN 18 130

Tabelle 2.3-1: Durchlässigkeitsbeiwerte der Schichten

Aus einer Grundwasserprobe der KB 2 wurden Untersuchungen zum Betonangriffsgrads nach DIN 4030 ausgeführt. Das Grundwasser ist nach DIN 4030 als **schwach angreifend (XA 1)** einzuordnen.

Zusätzlich wurde eine Wasserprobe der KB 2 auf die nach der DIN 50 929 geforderten Analysenparameter zur Feststellung des Metallangriffsgrads untersucht. Im Ergebnis ist von einer **sehr geringen Mulden- und Lochkorrosion** an der Wasser-Luft-Grenze und einer **sehr geringen Flächenkorrosion** von unlegierten Stählen im Unterwasserbereich auszugehen.

2.4 Felsmechanische Laborversuche

An vier Felsproben aus Kernbohrungen wurde die einaxiale Druckfestigkeit gemäß DIN EN ISO 17892-7 in unterschiedlichen Tiefen bestimmt. Die ermittelten Festigkeiten liegen zwischen 16,01 N/mm² und 31,52 N/mm² und nehmen mit zunehmender Tiefe zu. Die detaillierten Versuchsergebnisse sind der Anlage 5 zu entnehmen.

Probe	Tiefe	Einaxiale Druckfestigkeit σc [N/mm²]
BK 1	8,8 - 9,0	16,01
BK 1	16,7 - 17,0	31,52
BK 3	13,75 - 14,00	22,50
BK 4	26,67 - 25,98	26,369

Tabelle 2.4-1: Einaxiale Druckfestigkeit gemäß DIN EN ISO 17892-7

Zur ergänzenden Abschätzung der einaxialen Druckfestigkeit wurden insgesamt 12 Punktlastversuche an 2 Kernproben durchgeführt. Dabei wurden einaxiale Druckfestigkeiten zwischen 1,81 N/mm²

und 30,68 N/mm² nach HUDSON abgeschätzt, wovon die axial belasteten Proben sich mit den Ergebnissen der einaxialen Druckfestigkeiten decken. Die geringeren Druckfestigkeiten wurden an horizontal belasteten Versuchskörpern gemessen.

2.5 Umwelttechnische Untersuchungen

UNTERSUCHUNGEN: Aus den Sondierungen wurden Einzelproben entnommen, die zu 3 Mischproben zusammengestellt wurden. Die Mischproben MP 1 bis MP 3 wurden zur Festlegung der Verwertungsmöglichkeiten gemäß den Vorgaben der ErsatzbaustoffV untersucht. Eine Übersicht zur Probenbildung ist der Tabelle 2.5-1 zu entnehmen.

Probenbezeichnung	Aufschluss-Nr.	Tiefe von bis [m]	Art	Art und Menge des Fremdanteils	Untersuchungsumfang
MP1_A	BS 1	0,15 - 10,0	Auffüllung	Bergematerial, Schotter, Schlacke (> 10 Vol.%)	BM-F
MP2_A	BS 3	0,7 - 8,9	Auffüllung	Schotter, Schlacke, Bergematerial, (> 10 Vol.%)	BM-F
MP3_G	BS 2	6,9 - 11,0	gewachsener Boden	keine Fremdanteile	BM-0

Tabelle 2.5-1: Probenbildung und Untersuchungsumfang

Unter Berücksichtigung der Vorgaben der ErsatzbaustoffV werden aufgrund eines mineralischen Fremdanteils von > 10 Vol.-% die Proben MP1_A und MP2_A gemäß dem Untersuchungsumfang BM-F untersucht. Die Mischprobe MP3_G weist keine Fremdbestandteile auf und ist daher nach BM-0 zu untersuchen.

Die Originalanalytik und die Prüfverfahren für die Einzelparameter sind der Anlage 6.2 (Prüfbericht AR-23-FR-050727-01 und AR-23-FR-051236-01 der Eurofins Umwelt Ost GmbH) zu entnehmen. Die Analysenergebnisse werden in der Anlage 6.1 den Materialwerten der ErsatzbaustoffV gegenübergestellt.

ERGEBNISSE: Anhand der Ergebnisse der chemischen Untersuchung werden die analysierten Proben unterschiedlichen Materialklassen gemäß ErsatzbaustoffV zugeordnet.

Die nachstehende Tabelle liefert eine kurze Übersicht der Ergebnisse der chemischen Untersuchungen.

Probe	Einstufung	Einstufungsrelevante Parameter	
		Parameter	Konzentration
MP1_A	> BM-F3	el. Leitfähigkeit (EL) Sulfat (EL)	2.210 µS/cm 1.600 mg/l
MP2_A	> BM-F3	el. Leitfähigkeit (EL) Sulfat (EL) TOC (FS)	2.210 µS/cm 1.600 mg/l 12 M.-%
MP3_G	> BM-0*	Sulfat (EL)	1.400 mg/l

Anm: FS = Feststoff, EL = Eluat

Tabelle 2.5-2: Bewertung der chemischen Untersuchungen gemäß ErsatzbaustoffV

Die Proben **MP1_A und MP2_A überschreiten** aufgrund von erhöhten el. Leitfähigkeiten und Sulfat-Gehalten im Eluat die Materialwerte der Materialklasse **BM-F3.** Die Mischprobe MP2_A weist zusätzlich noch eine erhöhte TOC Konzentration von 12,0 M.-% auf. Die Mischprobe **MP3_G überschreitet** aufgrund eines erhöhten Sulfat-Gehaltes im Eluat die Materialklasse **BM-0*** gemäß ErsatzbaustoffV.

Es ist zu berücksichtigen, dass bei Überschreitungen der Parameter TOC, elektrische Leitfähigkeit oder Sulfat, diese Parameter allein, in Abstimmung mit der zuständigen Behörde, kein Ausschlusskriterium darstellen.

Die Probe MP2_A weist erhöhte TOC-Konzentrationen auf. In Abhängigkeit von der geplanten Verwertung kann, ggfs. in Abstimmung mit der Behörde, die TOC-Konzentration als nicht bewertungsrelevant angesehen werden.

In allen Proben ist der Sulfatwert überschritten – gemäß ErsatzbaustoffV (Anlage 1, Tabelle 3, Fußnote 5) ist die Ursache zu prüfen. Ggf. handelt es sich dabei um naturbedingt erhöhte Sulfatkonzent-

rationen, dann ist eine Verwertung innerhalb der betroffenen Gebiete in Abstimmung mit der zuständigen Behörde möglich. Außerhalb dieser Gebiete ist über eine Verwertungseignung im Einzelfall zu entscheiden.

Bei der elektrischen Leitfähigkeit handelt es sich um einen stoffspezifischen Orientierungswert. Bei Abweichung (MP1 und MP 2) ist die Ursache zu prüfen. Ggf. können im Material vorhandene frischgebrochene Betonstücke für eine Erhöhung sorgen.

Aufgrund des zu erwartenden zeitlichen Abstands zwischen der hier vorliegenden Untersuchung und dem Zeitpunkt der Baumaßnahme werden i.d.R. für die Entsorgung Deklarationsanalysen kurz vor der Baumaßnahme oder baubegleitend erforderlich.

2.5.1 Entsorgung / Abfallschlüssel

Gemäß § 3 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) wird unter dem Begriff Abfallentsorgung sowohl die Verwertung- als auch die Beseitigung verstanden. Nach § 2 KrWG steht eine Wiederverwertung vor der Beseitigung (i.d.R. Deponie).

ENTSORGUNG: Bei den vorliegenden Untersuchungen zeigen sich keine Überschreitungen der Grenzwerte gemäß dem Hazard Check [U 7], daher handelt es sich um keinen gefährlichen Abfall. Das Material kann dementsprechend einer geeigneten Verwertung zugeführt werden.

ABFALLSCHLÜSSEL: In der nachfolgenden Tabelle werden für die anstehende Entsorgung Abfallschlüssel nach EWC/AVV vorgeschlagen. Die vorläufige Einstufung der Materialien erfolgte auf Grundlage organoleptischer Ansprachen und der durchgeführten chemischen Untersuchungen.

Material	**AVV-Schlüssel**	**Abfallbezeichnung EWC (2001) / AVV**
Bodenaushub (nicht gefährlich)	17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen

Tabelle 2.5-3: Abfallschlüsselnummern der anfallenden Materialien

Grundsätzlich sind Abfälle zu vermeiden und es ist eine Wiederverwertung vor Ort anzustreben. Entstandene Abfälle sind möglichst der Verwertung zuzuführen. Ist dies unmöglich muss der Abfall entsprechend KrWG §15 beseitigt werden. Für die ordnungsgemäße Entsorgung sind die nötigen Genehmigungen (Entsorgungsnachweise, vereinfachte Entsorgungsnachweise) bei den zuständigen Behörden durch den Auftraggeber / -nehmer einzuholen.

2.6 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften

Nach DIN 4149:2005-04 liegt das Projektgebiet außerhalb einer Erdbebenzone.
Der Projektstandort ist nach der RStO 12 der Frosteinwirkungszone F 1 zuzuordnen.

Gemäß [U 4] und [U 5] sind im Untersuchungsbereich keine Naturschutzgebiete, Wasserschutzgebiete oder sonstige Schutzgebiete dokumentiert.

Nach [U 6] – Angaben der Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen – liegt das Bauwerk innerhalb eines Karstgebiets. Zudem können im tieferen Untergrund geogene, natürlich entstandene Gasgemische vorhanden sein.

3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE

3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke

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

Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN		Frostempfindlichkeit[2)]	Verdichtbarkeit[3)]
		18 196	18 300[1)]		
1.1	rollige Auffüllung	A [GW, GI, GE, GU, SW, SU, OH]	3 - 5 (6/7) [5)]	F 1 - F 2	V 1 - V 3
1.2	bindige Auffüllung	TL, TM	4 (2) [4)]	F 3	V 3
2	Lösslehm	TL, TM	4 (2) [4)]	F 3	V 3

Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN		Frostempfindlichkeit[2)]	Verdichtbarkeit[3)]
		18 196	18 300[1)]		
3.1	verwittertes Festgestein	((Mst))-(Mst)	5 - 7	-	-
3.2	Festgestein	Mst	6 - 7	-	-

1) gemäß DIN 18 300:2012-09
2) Nach ZTV E-StB 17, Tab. 3 (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 eine fließende Bodenart übergehen
5) Bodenklasse 6 und 7 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 der zurückgezogenen DIN 18 3xx (Ausgabe 2012) erfolgt informativ. Seit 2015 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. 3.4 Homogenbereiche vorgenommen.

Die **Rammbarkeit** der Bodenschichten für Spundwände, Stahlträger und Rammpfähle ist wie in der nachfolgenden Tabelle 3.1-2 zusammengestellt einzuschätzen. In den Auffüllungen muss wegen Steinen mit schwerer Rammfähigkeit oder auch fehlender Rammfähigkeit gerechnet werden. Bei schwer rammbaren Böden und Böden die Rammhindernisse enthalten (siehe Tabelle 3.1-2) ist die Rammbarkeit ggf. nicht ohne Zusatzmaßnahmen möglich. Es ist davon auszugehen, dass in Abhängigkeit der erforderlichen Einbindetiefe Zusatzmaßnahmen wie z.B. Lockerungsbohrungen oder Austauschbohrungen erforderlich werden. Dies ist im Zuge der weiteren Planung und bei der Ausschreibung zu beachten.

Schicht-Nr.	Boden	Rammbarkeit[1)]
1.1	rollige Auffüllung	leicht - schwer
1.2	bindige Auffüllung	leicht - mittelschwer
2	Lösslehm	leicht
3	verwittertes bis unverwittertes Festgestein	nicht rammbar (Austauschbohrungen erforderlich)[2)]

1) Bezeichnungen gemäß Grundbau-Taschenbuch, 8. Auflage, Ernst & Sohn Verlag
2) Genesebedingt sind Steine / Gerölle bzw. feste Kalkstein- und Sandsteinbänke vorhanden

Tabelle 3.1-2: Rammbarkeit der anstehenden Schichten

Bindige Böden (z.B. der Lösslehm, Schicht 2) können bei Wassersättigung und Lagerungsstörung (z.B. dynamische Beanspruchung, Überfahrten, etc.) in eine fließende Bodenart übergehen.

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/m³]	Wichte unter Auftrieb γ_k' [kN/m³]	Reibungswinkel φ_k' [°]	Kohäsion c_k' [kN/m²]	Undrainierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m²]	Steifemodul $E_{s,k}$ [1)] [MN/m²]
1.1	rollige Auffüllung	19	11	35	-	-	30 - 60
1.2	bindige Auffüllung	20	10	27,5	5	40-200	5 - 10
2	Lösslehm	20	10	27,5	2	25-150	2 - 10

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

Tabelle 3.2-1: Charakteristische Bodenkennwerte

3.3 Felsmechanische Kennwerte

Für das im Baufeld anstehende Festgestein lassen sich die folgenden charakteristischen Kennwerte angeben. Da Bohren im Fels mit Kleinrammbohrungen nicht möglich ist, wurden die Kennwerte abgeschätzt auf Grundlage von Archivbohrungen im Umfeld angegeben. Abweichungen sind somit nicht auszuschließen.

Schicht-Nr.	Felsart	Wichte feuchtes Gebirge γ_k	Reibungs-Winkel φ_k'	Kohäsion c_k'	Einax. Druckfestigkeit Gestein $\sigma_{c,k}$	E-Modul Gebirge E_k
		[kN/m³]	[°]	[kN/m²]	[MN/m²]	[MN/m²]
3.1	verwitterter Festgestein	24	30[1)]	1 - 10	< 0,5 [2)]	< 150[2)]
3.2	Festgestein	24	30[1)]	1 - 10	1 - 35[2)]	300 - 12.000[2)]

1) für Scherbeanspruchung auf Trennflächen
2) Einzelne Härtlinge können auch noch höhere einaxiale Druckfestigkeiten bis 100 MN/m² bzw. E.Moduli bis 35.000 MN/m² aufweisen.

Tabelle 3.3-1: Charakteristische felsmechanische Kennwerte

3.4 Homogenbereiche

3.4.1 Allgemeines

Boden und Fels 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 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 wurden 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 wurde 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, wurde 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 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.

Bauzeitliche Überprüfungen sind mit Versuche nach den in der Tabelle 3.4-1 aufgeführten Prüfvorschriften durchzuführen.

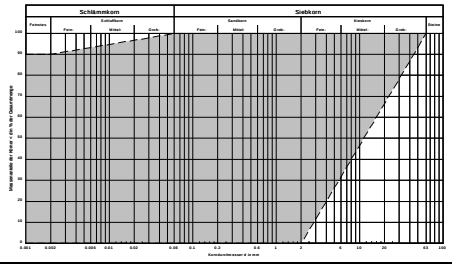
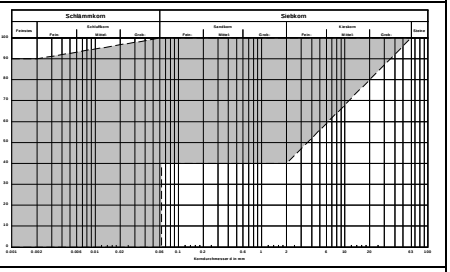
Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
Bodenmechanik	Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17 892-4
	Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke	Aussortieren, Vermessen, Wiegen
	natürliche Dichte / Feuchtdichte	DIN EN ISO 17 892-2
	undrainierte Scherfestigkeit c_u	DIN 4094-4
	Kohäsion c‘	DIN EN ISO 17 892-10
	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
	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
	Bodengruppe	DIN 18 196
	Abrasivität	LCPC-Test nach NF P18-579
Felsmechanik	Dichte / Feuchtdichte	DIN EN ISO 17 892-2
	Verwitterung und Veränderungen/Veränderlichkeit	DIN EN ISO 14 689
	Kalkgehalt v_{ca}	DIN 18 129

Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
	einaxiale Druckfestigkeit	DIN 18 141-1
	Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	DIN EN ISO 14 689
	Öffnungsweite und Kluftfüllung von Trennflächen	DIN EN ISO 14 689
	Gebirgsdurchlässigkeit	DIN EN ISO 22282-4
	Abrasivität	DGGT-Empfehlung Nr. 23: „Bestimmung der Abrasivität von Gesteinen mit dem CERCHAR-Versuch“ des AK 3.3 „Versuchstechnik Fels“
	Spaltzugfestigkeit	DGGT-Empfehlung Nr. 10: „Indirekter Zugversuch an Gesteinsproben — Spaltzugversuch“ des AK 3.3 „Versuchstechnik Fels“

Tabelle 3.4-1: Für eine Überprüfung der Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche anzuwendende Prüfverfahren

3.4.2 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, 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 3.4-2 ist die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Erdarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche angegeben. Es wird derzeit davon ausgegangen, dass der Aushub maximal bis in eine Tiefe von ca. + 105 m NHN und maximal bis auf die Felslinie erfolgt, sodass nur bis in diese Tiefe Homogenbereiche für Erdarbeiten ausgewiesen werden.

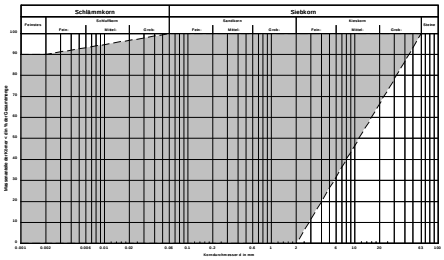
Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Erd-A	**Erd-B**
Schicht Nr.	1.1, 1.2	2
ortsübliche Bezeichnung	rollige und bindige Auffüllung	Lösslehm
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband[2)]		
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	 < 25 < 10 < 5	 < 8 < 4 < 2
natürliche Dichte [g/cm³]	1,6 - 2,6	1,6 - 2,6
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m²]	< 200	< 150
Wassergehalt w_n [%]	< 20	< 30
Plastizitätszahl I_P	< 20	< 20
Konsistenzzahl I_C / Bezeichnung[1)]	0,75 - >1,0 / steif bis halbfest	0,5 - 1,0 / weich bis steif
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung[1)]	15 - 85 / locker bis dicht	--- / ---
organischer Anteil v_{gl} / Bezeichnung[1)]	< 2 - 20 / nicht organisch bis organisch	< 2 - 6 / nicht organisch bis schwach organisch
Bodengruppe	A [GW, GI, GE, GU, SW, SU, OH, TL, TM]	TL, TM

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 3.4-2: Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten in Boden

3.4.3 DIN 18 301 Bohrarbeiten

Für eine mögliche Herstellung von Bohrpfählen, für Lockerungs-/Austauschbohrungen oder für eine Rückverankerung des Baugrubenverbaus können für die Bohrarbeiten die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Bohrarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche gemäß Tabelle 3.4-3 und Tabelle 3.4-4 verwendet werden. Es wird davon ausgegangen, dass die erforderlichen Bohrungen durch Großbohrgeräte ausgeführt werden.

Eigenschaft / Kennwert	**Homogenbereiche**
	Bohr-A
Schicht Nr.	1.1, 1.2, 2
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, Lösslehm
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband[2)]	
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	 < 25 < 10 < 5
Kohäsion c‘ [kN/m²]	0 - 25
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m²]	< 150
Wassergehalt w_n [%]	< 30
Plastizitätszahl I_P	< 20
Konsistenzzahl I_C / Bezeichnung[1)]	0,5 - <1,0 / weich bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung[1)]	15 - 85 / locker bis dicht
LCPC-Abrasivitäts-Koeffizient LAK [g/to] / Bezeichnung[3)]	0 - 1.250 / nicht abrasiv bis stark abrasiv

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Bohr-A
Bodengruppe	A [GW, GI, GE, GU, SW, SU, OH, TL, TM], TL, TM

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 Empfehlung Nr. 24 des Arbeitskreises 3.3 – Versuchstechnik Fels – der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.

Tabelle 3.4-3: Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 für Bohrarbeiten in Boden

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Bohr-B
Schicht Nr.	3
ortsübliche Bezeichnung	verwittertes bis unverwittertes Festgestein
Benennung von Fels	Mergelstein
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit	verwittert, verfärbt bis unverwittert, nicht veränderlich bis veränderlich
einaxiale Druckfestigkeit [MN/m²]	1 - 35, Bänke und Härtlinge bis 100 möglich
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	Fallrichtung: Fallwinkel: 20° bis 90° Trennflächenabstand: 5 - 100 cm Gesteinskörper [1)]: tafelförmig, vielflächig, blockig
Cerchar-Abrasivitätsindex CAI [-] / Bezeichnung[2)]	< 2,0 / nicht abrasiv bis abrasiv

1) Bezeichnung nach DIN EN ISO 14 689
2) Begriffe Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 – Versuchstechnik Fels – der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.

Tabelle 3.4-4: Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 für Bohrarbeiten im Festgestein

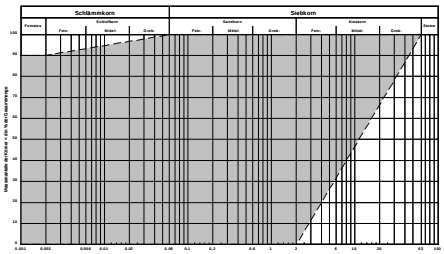
Im Falle von Gesteinsbänken oder größeren Härtlingen muss mit einaxialen Druckfestigkeit von bis zu etwa 100 MN/m² ausgegangen werden. Der Bohrkopf ist entsprechend auszulegen.

3.4.4 DIN 18 303 Verbauarbeiten

Für Verbauarbeiten nach DIN 18 303 sind die Homogenbereiche analog zu denen für Erdarbeiten zu verwenden.

3.4.5 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 3.4- und Tabelle 3.4- verwendet werden. Die Einteilung in Homogenbereiche gilt dabei für ein Rammgerät mit starrer Führung. Für ein Anbaugerät an den Hydraulikarm eines Baggers (z.B. bei gleisgebundenen Arbeiten an ein 2-Wege-Gerät) sind z. T. nur um mehrere Meter geringere Rammtiefen möglich. Die Homogenbereiche sind für einen solchen Einsatz neu einzuteilen.

Eigenschaft / Kennwert	**Homogenbereiche**
	Ramm-A
Schicht Nr.	1.1, 1.2, 2
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, Lösslehm
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband[2)]	
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	 < 25 < 10 < 5
Wassergehalt w_n [%]	< 30
Plastizitätszahl I_P	< 20
Konsistenzzahl I_C / Bezeichnung[1)]	0,5 - >1,0 / weich bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung[1)]	15 - 85 / locker bis dicht
Bodengruppe	A [GW, GI, GE, GU, SW, SU, OH, TL, TM], TL, TM

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 3.4-5: Homogenbereiche gemäß DIN 18 304 für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten in Boden

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Ramm-B
Schicht Nr.	3
ortsübliche Bezeichnung	verwittertes bis angewittertes Festgestein
Benennung von Fels	Mergelstein
einaxiale Druckfestigkeit [MN/m²]	20 - 100, Bänke und Härtlinge bis 200 möglich

1) Bezeichnung nach DIN EN ISO 14 689

Tabelle 3.4-6: Homogenbereiche gemäß DIN 18 304 für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten im Festgestein

Der Homogenbereich Ramm B ist als nicht rammbar einzustufen. Ein Einbringen von z.B. Spundwänden ist ohne Austauschbohrungen nicht möglich.

3.4.6 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten

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

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Oberboden
Bodengruppe nach DIN 18 196	OU / OH
ortsübliche Bezeichnung	Mutterboden
Bodengruppe nach DIN 18 915	3, 4, 5
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	 < 10 < 5 < 5

Tabelle 3.4-7: Homogenbereiche gemäß DIN 18 320 für Oberboden

4. FOLGERUNGEN

4.1 Gründung

Derzeit wird davon ausgegangen, dass der Rückbau mit anschließendem Neubau des Bauwerks vorgesehen ist. Das Bestandsbauwerk ist gemäß den Bestandsplänen [U 1] flach gegründet. Die Gründungsebene der Fundamente befindet sich auf einer Höhe von etwa + 106 m NHN (ca. 9 m unter der B1). Ob unter den Bestandfundamenten ein Gründungspolster vorliegt oder die Gründung unmittelbar auf dem Fels erfolgte, ist aus den Bestandsunterlagen nicht ersichtlich. Erfahrungsgemäß wurde in der Vergangenheit aber bei hoch anstehender Felslinie bis auf den Fels, ggf. durch Austausch, gegründet.

Aktuelle Plangrundlagen liegen derzeit nicht vor. Der Neubau wird voraussichtlich in Gleichlage zum Bestandsbauwerk hergestellt. Gemäß durchgeführter Baugrunderkundung sind im Gründungsbereich bei + 106 m NHN rollige Auffüllungen (Schicht 1.1), Lösslehme (Schicht 2) und ggf. auch verwittertes bis unverwittertes Festgestein (Schicht 3) zu erwarten. Voraussichtlich liegt die Gründung auf dem tragfähigen Festgestein (ggf. mit Gründungspolster) auf, sodass die aufgefüllten Böden auf Höhe der Gründungsebene enden.

Beim Ersatzneubau ist als Vorzugsvariante in Anlehnung an den Bestand eine Flachgründung möglich. Die in der Gründungsebene anstehenden bindigen Bodenschichten (Schicht 2 sowie ggf. tonige, vollständig verwitterte Bereiche der Schicht 3) sind bis auf die Felslinie auszukoffern und durch tragfähiges Material zu ersetzen, sodass die Tragfähigkeit erhöht und ein gleichmäßiges Setzungsverhalten erreicht wird. Dies ist im Bereich des benötigten Rückbaus des flachgegründeten Bestandsbauwerks voraussichtlich bereits gegeben, sollte jedoch im Zuge der Erdarbeiten überprüft werden. Die Mergelsteine der Schicht 3.2 sind als Gründungsebene gut geeignet.

Alternativ zur Flachgründung ist auch eine Tiefgründung der Brücke möglich. Die Pfähle können innerhalb der Mergelsteine (Schicht 3.2) abgesetzt werden. Die Schichtunterkante der Schicht 3.2 konnte bis zu den Endtiefen der Bohrungen nicht erreicht werden.

4.2 Baugrube

Für den Rückbau des Bestandbauwerks und die Herstellung der Fundamente werden Baugruben erforderlich. Baugruben können nach DIN 4124 bis 1,25 m ohne Sicherungen (ungeböscht und unverbaut) hergestellt werden. In steifen oder halbfesten bindigen Böden sowie bei Fels darf bis zu einer Tiefe von 1,75 m ausgehoben werden, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle liegende Bereich der Wand unter einem Winkel $\beta \leq 45°$ abgeböscht oder durch Teilverbau gesichert wird. Beide Maßnahmen (Kopfböschung und teilweiser Verbau) sind nur bis zu einer Baugrubentiefe von 1,75 m zulässig. Mit und ohne Sicherungen der Baugrube ist ein lastfreier Streifen ≥ 0,6 m an der Böschungsschulter einzuhalten. In Abhängigkeit unmittelbarer Einwirkungen aus Baumaschinen oder Vergleichbarem können lastfreie Streifen ≥ 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 den in Tabelle 4.2-1 enthaltenen Böschungswinkeln hergestellt werden. 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	1.1, 2	≤ 45
mindestens steife bindige Böden	1.2	≤ 60

Tabelle 4.2-1: zulässige Böschungswinkel ohne Standsicherheitsnachweis

Gemäß DIN 4124 sind bei geböschten Baugruben bei rolligen oder weichen bindigen Böden Böschungsneigungen von maximal 45° und bei bindigen mindestens steifen Böden Neigungen von 60° zugelassen. Auch bei diesen Böschungsneigungen 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.

Zudem ist die Gründungssituation des Bestands zu beachten. Neben bestehenden Fundamenten (z.B. Oberleitungsmastfundamente) 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. Zudem ist auszuschließen, dass der Erdaushub

auf dem Gelände der DB erfolgt oder die Baugruben in den Stützbereich des Gleiskörpers eingreifen. Andernfalls ist dies mit den entsprechenden Stellen der DB abzustimmen.

4.3 Grundwasserhaltung

Derzeit wird angenommen, dass die Gründungsebene der Fundamente auf einer Höhe von etwa + 106,0 m NHN. Im Rahmen der Erkundung wurde kein Wasser angetroffen. Der Bauwasserstand im Baugrund ist mit + 102,0 m NHN angegeben. Bei einem Baugrubenaushub bis zur Gründungssohle liegt die Sohle demnach weit oberhalb des festgesetzten Bauwasserstandes. Grundwasserhaltungsmaßnahmen sind somit nicht erforderlich.

Zur Beherrschung von Oberflächen- und Niederschlagswasser sowie Schicht- und Sickerwasser ist eine **offene (Rest-)Wasserhaltung** (Pumpensumpf, Tauchpumpe, Auflastfilter etc.) in jedem Fall vorzusehen.

4.4 Nachbarbebauung

Neben der Straßenüberführung ist weitere Infrastruktur (Gleise) vorhanden. Ggf. vorhandene Leitungen sind zu berücksichtigen.

Sämtliche Bauzustände sind so zu planen und statisch nachzuweisen, dass Einflüsse auf bestehende Fundamente (z.B. Oberleitungsmasten), die Gleise und den vorhandenen Straßendamm bzw. die Straßen vermieden werden. Insbesondere bei Abbruch- und Rammarbeiten sind Auswirkungen auf die Bestandsbauwerke nicht auszuschließen. Eine Beweissicherung und eine messtechnische Überwachung werden erforderlich. Es sind die Hinweise der Aushubgrenzen nach DIN 4123 und Ril 836 zu beachten.

4.5 Geotechnische Kategorie

Aufgrund der durchschnittlichen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse wird das Bauwerk in die **geotechnische Kategorie 2** nach Normenhandbuch EC 7 eingeordnet.

5. EMPFEHLUNGEN

5.1 Flachgründung/Erdarbeiten

Es ist davon auszugehen, dass das bestehende Bauwerk bereits auf der Felsoberfläche gegründet ist. Insbesondere, wenn sich das neue Bauwerk und die geplante Nutzung hinsichtlich der Lasten kaum von den bisherigen Randbedingungen unterscheidet ist aus geotechnischer Sicht für das geplante Bauwerk eine **Flachgründung** mit ggf. lokalem Bodenaustausch zu empfehlen. Durch den hoch anstehenden Fels und den für die bisherigen Belastungen auskonsolidierten Zustand sind nur geringfügige Setzungen im Rahmen des Neubaus zu erwarten. Für die Flachgründung ist eine Trag-/ Ausgleichsschicht in einer Mächtigkeit von 0,5 m aus Natursteinschotter der Körnung 0/45 mm o.dgl. zur Homogenisierung der Gründungsbedingungen notwendig. Die Gründung ist in frostfreier Tiefe mindestens 1,0 m unter Geländeoberfläche vorzusehen. Im Falle von aufgeweichten Böden ist in Rücksprache mit einer sachverständigen Person für Geotechnik ein zusätzlicher Bodenaustausch vorzunehmen. Bei Antreffen von kompaktem Fels in der Gründungsebene ist ggf. eine ausgleichende Sauberkeitsschicht aus Magerbeton ausreichend.

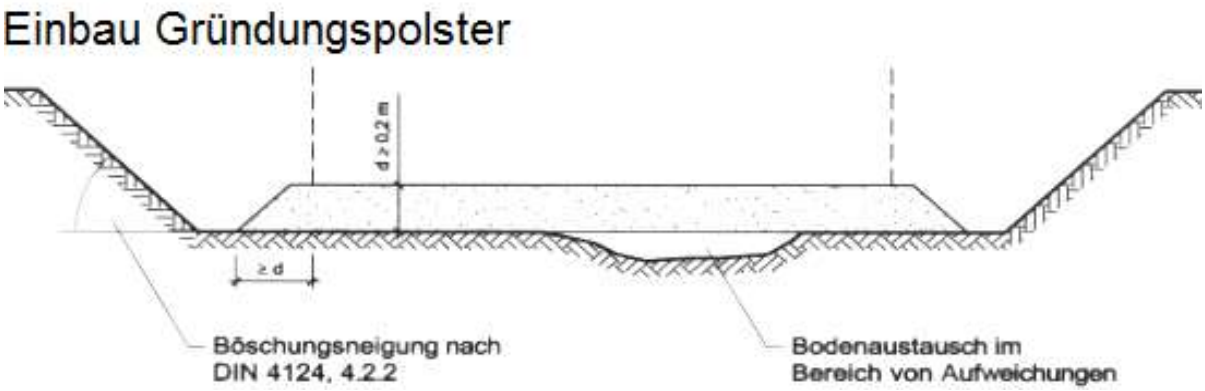
Beim Aushub ist zu beachten, dass feinkörnige Böden (Schicht 1.2 und 2) witterungsempfindlich und bei erhöhten Wassergehalten stark bewegungsempfindlich sind. Diese Böden können bei ungünstigen Witterungsbedingungen / Wassersättigung und mechanischer Beanspruchung aufweichen und sich verflüssigen. Der Boden ist dann nicht wieder einbaufähig und auch nicht mehr tragfähig. Dynamische Beanspruchungen dieser Böden sind zu vermeiden. Aufgeweichte Bereiche sind vollständig aus der Aushubsohle zu entfernen auszutauschen. Die Gesteine des Kreidehorizonts (Schicht 3) können ebenfalls sehr witterungsempfindlich sein und sollten möglichst schnell wieder angedeckt werden (Tragschicht bzw. Magerbeton).

Die bindigen Böden sind überwiegend gut lösbar, aber schlecht verdichtungsfähig und frostempfindlich. Sie sind für einen Wiedereinbau ohne Zusatzmaßnahmen (Bodenverbesserung) i.d.R. nicht geeignet, außer es können Sackungen (z.B. in Grünflächen) hingenommen werden. Organische Böden sind für einen Widereinbau ungeeignet.

Der **Bodenaustausch bei einer Flachgründung** ist lagenweise auf $D_{Pr} \geq 100$ % zu verdichten. Die Mehrausschachtung für den Bodenaustausch ist zu berücksichtigen. Der Austauschboden sollte aus gut tragfähigen, verdichtungsfähigen und frostunempfindlichen Böden bestehen (Bodengruppen

SW, SI, GW, GI nach DIN 18 196). Grundsätzlich eignen sich bei umwelttechnischer Eignung (hier in Abstimmung mit der zuständigen Behörde) auch die, ggf. bindemittelstabilisierten, Aushubböden. Für die Tragschicht wird jedoch empfohlen in Anlehnung an die TL SoB-StB 20 ein Material zu verwenden, welches den Anforderungen an eine Frostschutzschicht im Straßenbau entspricht.
Das Planum ist möglichst sauber abzuziehen und der Bodenaustausch als Planumsschutz unmittelbar nach Aushub aufzubringen. Der Aushub sollte rückschreitend und der Einbau des Ersatzmaterials vor Kopf erfolgen. Ein Befahren des Planums ist nur auf rolligen Böden bei trockener Witterung zulässig. Bindige Böden dürfen insbesondere bei nasser Witterung nicht befahren werden.

Der Einbau dieser Materialen ist lagenweise in Schüttmächtigkeiten von max. 0,3 m vorzunehmen. Im Falle einer hohen Wassersättigung der z.T. bewegungsempfindlichen Böden im Planum ist anstelle einer durchgängig dynamischen Verdichtung die erste Lage nur statisch in 1 bis 2 Übergängen zu verdichten. Weiter gilt es anzumerken, dass bei der Anordnung des Bodenersatzes eine Lastausbreitung unter 45° anzusetzen ist. Es ist ein seitlicher Überstand der Ersatzmaterialien entsprechend der Schichtmächtigkeit einzuhalten. Auf die Prinzipskizze 5.1-1 wird verwiesen.



Prinzipskizze 5.1-1: Schematischer Aufbau des Gründungspolsters

Für eine **Flachgründung über Streifenfundamente** kann der Bemessungswert des Sohlwiderstands gemäß folgenden Tabellen angesetzt werden.

kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m²] b bzw. b‘					
[m]	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0	5,0
1,5	435	460	485	480	460	450
2,5	610	625	640	660	680	720

ACHTUNG – Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11

Tabelle 5.1-1: Bemessungswert des Sohlwiderstands für Streifenfundamente auf Gründungspolster (0,5m)

Die in der vorstehenden Tabelle angegebenen Bemessungswerte basieren auf überschlägigen Grundbruch- und Setzungsberechnungen unter Ansatz von zulässigen Setzungsbeträgen ≤ 2 cm und den bodenmechanischen Kennwerten entsprechend der Tabelle 3.2-1. Es wurde von einem Horizontallastanteil H/V ≤ 0,2 und von max. 25 % veränderlichen Lasten, sowie einem zentrischen Lasteintrag ausgegangen. Nach Vorliegen genauerer Planungsdetails, sind die Werte rechnerisch zu verifizieren.

Für ein Sohlplatte auf dem wie oben beschrieben hergestellten Gründungsplanum kann für die statische Bemessung nach dem Bettungsmodulverfahren für **Vorentwurfszwecke** ein Bettungsmodul von $k_{s,k}$ = 5 MN/m^3 angesetzt werden. Der Bettungsmodul ist keine Bodenkonstante, sondern maßgeblich von der Größe der Lastfläche, der Belastung und der Laststellung abhängig. Daher stellt der angegebene Bettungsmodul lediglich einen Schätzwert dar und ist im Zuge der Planung anhand von Setzungsberechnungen zu überprüfen. Im Bereich der Plattenränder darf der Bettungsmodul auf einem Randstreifen von 1 m mit dem 2-fachen Wert angesetzt werden. Im Bereich eines konzentrierten, hohen Lasteintrags (Einzelstützen, innenliegende Wände) darf ebenfalls der doppelte Bettungsmodul angesetzt werden.

5.2 Tiefgründung

Alternativ zu einer Flachgründung kann auch eine Tiefgründung der Brücke erfolgen. Hierfür kann die Brücke auf Bohrpfählen gegründet werden.

Die Pfähle sind bis in ausreichend tragfähigen Baugrund zu führen. Für die Ableitung von Bohrpfahlwiderständen ohne Probebelastungen wird in der EA-Pfähle eine Pfahleinbindung von mindestens 2,5 m in den tragfähigen Boden gefordert. In Festgestein mit einer einaxialen Mindestdruckfestigkeit von $q_u \geq 5$ MN/m² (Schicht 3.2) darf die minimale Einbindung auf 0,5 m reduziert werden.

In Anlehnung an die Empfehlungen der EA-Pfähle können unter diesen Voraussetzungen folgende charakteristische Mantelreibungs- und Pfahlspitzenwiderstandswerte in Ansatz gebracht werden:

Schicht	**Bruchwert $q_{s,k}$ der Pfahlmantelreibung**	**Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$**
	[kN/m²]	**[kN/m²]**
1 – Auffüllungen	-	-
2 – Lösslehm	30	-
3.1 – verwittertes Festgestein	50	-
3.2 – unverwittertes Festgestein	500	5.000

Tabelle 5.2-1: Charakteristische Kennwerte für **Bohrpfähle**

Wenn die Bohrpfähle im Fels (Schicht 3.2) abgesetzt werden, tritt in der Regel nur eine sehr geringe Setzung (< 1 cm) auf. Gemäß EA-Pfähle, Kap. 5.4.6.3 ist, z.B. mittels Pfahlprobebelastungen, zu prüfen, ob die zu erwartenden Pfahlsetzungen im Fels den Ansatz der Mantelreibung von überlagernden Bodenschichten rechtfertigen. Im Zweifelsfall darf diese Mantelreibung nicht angesetzt werden.

Die in Tabelle 5.2-1 genannten Werte gelten für Einzelpfähle. Für alle Pfahlsysteme ist bei Anordnung von mehreren Pfählen in unmittelbarer Nachbarschaft bzw. mit geringem Abstand zueinander die **Pfahlgruppenwirkung** in Anlehnung an die EA Pfähle zu berücksichtigen. In diesem Fall sind nicht die Kriterien für Lockergesteine maßgebend. Für die Mantelreibung im Fels ist der umrissene Umfang der Pfahlgruppe maßgeblich, sofern die umrissene Fläche kleiner ist, als die Summe der Mantelflächen der Einzelpfähle.

Unterhalb des Grundwasserspiegels sind die Pfähle mit Wasserauflast zu bohren, um einen unkontrollierten Bodeneintrag über die Pfahlsohle zu vermeiden. Die Regelungen des EC 7, der DIN EN 1536 und DIN SPEC 18 140 sowie der EA Pfähle sind zu beachten.

Die Bohrpfähle sind verrohrt herzustellen. Der anschließende Betoniervorgang ist im Kontraktorverfahren durchzuführen. Beim Betonieren im Kontraktorverfahren muss das Schüttrohr bei Beginn bis zur Bohrlochsohle reichen. Zur Herstellung der Pfahlaufstandsebene ist ein Bohreimer mit glatter Schneide ohne Pilotbohrer zu verwenden.

Die charakteristische horizontale Pfahlbettung $k_{s,k}$ kann nach EC 7, Abschnitt 7.7.3, über den charakteristischen Steifemodul $E_{s,k}$ und den Pfahlschaftdurchmesser D_s zu $k_{s,k} = E_{s,k} / D_s$ ermittelt werden. Für $D_s > 1{,}0$ m darf $D_s = 1{,}0$ m angesetzt werden. Für $E_{s,k}$ können die in Tabelle 3.2-1 angegebenen Werte $E_{s,k}$ angesetzt werden und für Fels $E_{s,k} = 1.110$ MN/m². Bei der Ermittlung des Bettungsmoduls ist für jede Tiefenlage zu prüfen, ob der ermittelte örtliche Pressungswert an keiner Stelle die im ebenen Fall berechneten Erdwiderstandspannung überschreitet, $\sigma_{h,k} \leq e_{ph,k}$. Außerdem darf der seitliche Bodenwiderstand nicht größer angesetzt werden, als es der Bemessungswert des räumlichen Erdwiderstandes für den Anteil der Einbindetiefe bis zum Drehpunkt (Verschiebungsnullpunkt) zulässt, $B_{h,d} \leq E^{r}_{ph,d}$. Bzgl. des Nachweises der horizontalen Pfahlbettung sind auch die Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ (EA-Pfähle) zu beachten.

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 Bettungsspannungen oberflächennah nicht in voller Höhe anzusetzen sind, sondern von der GOK ($\sigma_{h,k} = 0$ kN/m²) bis zum Schnittpunkt mit dem Erdwiderstandsverlauf linear ansteigen. Beim Ansatz der GOK sind mögliche Abgrabungszustände zu berücksichtigen. 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 ($B_{h,d} \leq E_{ph,d}$). Für alle tiefer liegenden Schichten wird der Bettungsverlauf konstant mit dem abgeschätzten Bettungsmodul der jeweiligen Schicht festgelegt. Bettungssprünge im Lockergestein sind durch Übergänge auszugleichen. Im Übergang zum Fels sind Bettungssprünge zu erwarten.

5.3 Baugruben

Bei einem Neubau muss für die Gründung ein Aushub bis in frostfreie Gründungstiefe bzw. bis auf die tragfähigen Baugrundschichten erfolgen.

Die **Baugruben** können bei ausreichenden **Platzverhältnissen und Wasserfreiheit frei geböscht** werden. Die anstehenden Böden können einheitlich mit 45° geböscht werden. Es ist dann mit kleineren Nachbrüchen zu rechnen. Wenn diese nicht hingenommen werden können, ist die Böschungsneigung entsprechend abzuflachen. Falls in der Aushubsohle bindige Böden anstehen – welche wasserempfindlich sind – so sind die Böschungen mit Planen vor Witterungseinflüssen zu schützen, um ein Ausfließen der Böden bei Niederschlägen zu vermeiden. In der Baugrubensohle kann ein Flächenfilter erforderlich werden.

Aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse (Damm, Straße, Bahngleise) und der örtlichen Gegebenheiten wird ein **Baugrubenverbau** empfohlen. Hierfür kann – bei entsprechender Wasserfreiheit – beispielsweise ein **Trägerbohlverbau** erfolgen. Während des Baugrubenaushubs ist beim Trägerbohlverbau darauf zu achten, dass Bohlen immer parallel zum Aushubfortschritt entsprechend der jeweiligen Aushubtiefe eingebaut werden.

Alternativ kommt ein **Spundwandverbau** infrage. Die Spundbohlen werden dann voraussichtlich bis in den angewitterten bis unverwitterten Mergel (Schicht 3) einbinden. Zu diesem Zweck muss die Spundwandtrasse ggf. vorgebohrt werden (Austauschbohrungen).

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 Tabelle 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.

Die Verträglichkeit der voraussichtlichen Verformungen des Baugrubenverbaus für die angrenzenden Verkehrswege bzw. Bebauung, Leitungen und Kanäle ist nachzuweisen. Ggf. geltende Vorgaben/Randbedingungen der jeweiligen Betreiber sind zu berücksichtigen.

Für den Nachweis des vertikalen Lastabtrags von Verbauwänden dürfen für Spundwände und Stahlbohlträger die Kennwerte der nachfolgenden Tabelle verwendet werden. Der Ansatz dieser Tabellenwerte 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.

Wenn die Vertikalverformung der Wand begrenzt werden soll (z.B. bei Nutzung als Auflager für Hilfsbrücken) oder eine Verformung der Wand aufgrund naher gelegener, setzungsempfindlicher Bebauung nicht zugelassen werden kann, dürfen die Kennwerte der Tabelle 5.3-1 nicht verwendet werden.

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/m²]**	**Mantelreibung $q_{s,k}$ Spundwände [kN/m²]**	**Mantelreibung $q_{s,k}$ Bohlträger [kN/m²]**
1.1	9.000	20	40
2	1.000	25	27
3	18.000	20	40

Tabelle 5.3-1: Charakteristische Kennwerte für Spundwände und Bohlträger

5.4 Wasserhaltung / Abdichtung

Die Baugrubensohlen liegen oberhalb des angesetzten Bauwasserstandes. Durch Niederschlag bedingt ist ggf. mit Sickerwasserzutritten bzw. Oberflächenwasserzuflüssen zu den Baugruben zu rechnen. Das Tagwasser ist zusammen mit eventuell anfallenden Sickerwässern über eine **offene (Rest-)Wasserhaltung** in den Grabensohlen bzw. in den Baugruben abzuführen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass insbesondere bei starken Niederschlägen ein erhöhter Oberflächenwasserabfluss erfolgt.

Das Sichern der Arbeiten gegen Niederschlagswasser und ihrer Beseitigung, inkl. das Fassen und geordnete Ableiten von anfallenden Sickerwässern ist gemäß DIN 18 299 als Nebenleistung anzusehen.

Für den Endzustand ist eine fachgerechte Dränage und Entwässerung (RiZ Was 7) erforderlich, um den Aufstau von Sickerwasser hinter den Widerlagern und Flügelwänden zu vermeiden. Ein Anschluss an eine rückstausichere Vorflut ist zu gewährleisten.

5.5 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.

In jedem Falle sind die Erdarbeiten beim Antreffen von organoleptisch auffälligen Böden (unnatürlicher Geruch, visuelle Müllanteile etc.) einzustellen bzw. ist das Material sofort fachgerecht (Container o.ä.) zu separieren. Eine umgehende Benachrichtigung der Bauleitung ist erforderlich.

Für die wahrscheinlich im Nahbereich der Baumaßnahme vorhandenen Leitungen 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. (gezeichnet)

M. Sc. Peter Knorr
(Teamleiter)

i.A. S. Taqsir

M. Sc. Sohrab Taqsir
(Projektingenieur)

Verteiler:
- Landesbetrieb Straßen.NRW, Herr Christian Schieder, Bochum, 2 x, davon 1 x vorab per Mail an <christian.schieder@strassen.nrw.de>
- Dr. Spang GmbH, Witten, 1 x