DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTTECHNIK MBH

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

Projekt-Nr.	Datei	Diktat	OE	Datum
43.9142	P9142B260729_SM_Unna_Bachverrohrung	Hol/Sah/Hue	GEO.LEI	29.07.2026

Bachverrohung

Straßenmeisterei Unna in Bönen

- Baugrundgutachten -

Rahmenvertrag Baugrund 02-22-5058
Auftrag vom 20.02.2026

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, Hahnstraße 40, 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**	**7**
2.1	Morphologie, Vegetation und Bebauung	7
2.2	Baugrund	8
2.3	Hydrogeologie / Grundwasser	11
2.4	Bodenmechanische Laborversuche	13
2.4.1	Wassergehalt	13
2.4.2	Plastizitätsuntersuchungen	14
2.4.3	Glühverlust	15
2.5	Umwelttechnische Untersuchungen	16
2.6	Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften	20
3.	**BODENKENNWERTE**	**20**
3.1	Klassifizierung für bautechnische Zwecke	20
3.2	Bodenkennwerte	22
3.3	Homogenbereiche	22
3.3.1	Allgemeines	22
3.3.2	DIN 18 300 Erdarbeiten	24
3.3.3	DIN 18 303 Verbauarbeiten	25
3.3.4	DIN 18 304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten	26
3.3.5	DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten	27
4.	**FOLGERUNGEN/EMPFEHLUNG**	**27**
4.1	Randbedingungen	27
4.2	Kanalbau (offene Bauweise)	29
4.3	Baugruben	30
4.4	Erdarbeiten	32

4.5 Grundwasserhaltung 33
4.6 Nachbarbebauung 34
4.7 Geotechnische Kategorie 35
4.8 Sonstige Empfehlungen 35

6. ANLAGEN

Anlage 1: Übersichtslageplan, M. = 1 : 25.000 (2)
Anlage 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten, M. = 1 : 250 (2)
Anlage 3: Längsschnitte (1)
Anlage 3.1: Geotechnischer Längsschnitt, M. = 1 : 100 (1)
Anlage 4: Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse
Anlage 4.1: Zeichenerläuterung Baugrunderkundung (2)
Anlage 4.2: Bohrsondierungen/Asphaltkerne (BS/K) (9)
Anlage 4.3: Mittelschwere und Schwere Rammsondierung (DPH) (6)
Anlage 5: Bodenmechanische Laborversuche (9)
Anlage 6: Chemische Analytik (1)
Anlage 6.1: Auswertung EBV (5)
Anlage 6.2: Prüfberichte EBV (33)
Anlage 6.3: Auswertung RuVA-Stb 01 (1)
Anlage 6.4: Prüfbericht RuVa-Stb 01 (3)

Änderungshistorie

Rev.	Datum	Bearbeitender	Notiz

1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

Der Landesstraßenbetrieb Straßenbau NRW plant auf dem Grundstück ihrer Niederlassung „Straßenmeisterei Unna“ in Bönen den Neubau der Bachverrohrung des Piplingsgraben. Dazu ist die Erneuerung auf ca. 90 m Kanallänge (aktuell DN 800, geplant DN 1000) in Tiefen zwischen ca. 1,0 m und 3,0 m unter GOK vorgesehen. Zusätzlich sollen von den zugehörigen Schachtbauwerken 4 Stück erneuert werden. Zwei weitere der vorhandenen Schächte entfallen gemäß der Planung. Die Kanalerneuerung soll durchweg in offener Bauweise umgesetzt werden.

1.2 Auftrag

Auf Basis des Rahmenvertrags Baugrund 02-22-5058 wurde von dem Landesbetrieb Straßenbau NRW, Regionalniederlassung Ruhr, mit Schreiben vom 20.02.2026 der Dr. Spang GmbH der Auftrag erteilt, die entsprechenden Leistungen auszuführen.

1.3 Unterlagen

[U 1] **Baugrundgutachten;** Klimaneutraler Ersatzneubau auf dem Betriebsgelände der Straßenmeisterei Unna in Bönen, P43.9142, Dr. Spang GmbH, Witten, 18.07.2025.

[U 2] **Lagepläne, M. = 1 : 250;** Genehmigungsplanung Straßenmeisterei Unna – Bachverrohrung, Projekt-Nr. 09-2180, Landesbetrieb Straßenbau NRW, Stand März 2026.

[U 3] **Geologische und Hydrogeologische Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten, Blatt 4412 Unna, M. = 1 : 25.000 & 1 : 50.000, mit Erläuterungen;** Königlich Preußische Geologische Landesanstalt, Berlin, 1907.

[U 4] **Geoportal des Geologischen Dienstes NRW mit geologischer und hydrogeologischer Karte 1:100.000;** Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, Geschäftsstelle IMA GDI.NRW, Bonn: https://www.geoportal.nrw/, aufgerufen im Juli 2026.

[U 5] **Geoportale des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur-, Verbraucherschutz Nordrhein – Westfalen;** http://www.elwasweb.nrw.de & http://www.uvo.nrw.de, aufgerufen im Juli 2026.

[U 6] **Gefährdungspotenzial des Untergrundes in Nordrhein - Westfalen;** Geologischer Dienst Nordrhein - Westfalen - Landesbetrieb -, Bezirksregierung Arnsberg, https://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/, aufgerufen im Juli 2026.

1.4 Untersuchungen

Am 01.06.2026 wurden 2 Kleinrammbohrungen (BS) nach DIN EN ISO 22 475-1 als Rammkernsondierungen (Schappen-Ø 40 – 60 mm) und 2 Schwere Rammsondierung (DPH) nach DIN EN ISO 22 476-2 bis in eine maximale Tiefe von 4,5 m unter der Geländeoberkante (GOK) ausgeführt.

Neben den durchgeführten Sondierungen werden auch 3 Kleinrammbohrungen und 3 Schwere Rammsondierungen des Baugrundgutachtens zum Ersatzneubau auf dem Grundstück der Straßenmeisterei [U 1] herangezogen.

Das Bohrgut wurde nach den Maßgaben der DIN EN ISO 14 688 (Boden) geotechnisch aufgenommen und nach DIN 18 196 gruppiert. Die Ergebnisse der Bohrgutaufnahmen sind gemäß DIN 4023 in Anlage 4.2 dargestellt.

Alle Aufschlüsse wurden lage- und höhenmäßig eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist in der Anlage 2 dargestellt. Die Ansatzhöhen und Endteufen der Aufschlüsse sind den Darstellungen in Anlage 4 und der Tabelle 1.4 1 zu entnehmen.

Aufschlussbezeichnung	Ansatzhöhe	Endteufe	
	[m NHN]	[m NHN]	[m u. GOK]
BS / DPH 1n	+66,05	+61,55	4,5
BS / DPH 2n	+65,34	+61,24	4,1

Hinzugezogene Sondierungen aus [U 1]:			
BS / DPH 1	+65,78	+63,08	2,7
BS / DPH 2.1	+65,68	+62,08	3,6
BS / DPH 3	+65,57	+61,47	4,1

Tabelle 1.4-1: Bezeichnung der Baugrundaufschlüsse und Höhe

Die Versuchsergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen sind im Einzelnen in der Anlage 5 enthalten. Die bodenmechanischen Laborversuche werden in Kapitel 2.4 dargestellt und erläutert. Die Ergebnisse werden bei der Bodenklassifizierung und zur Festlegung der Kennwerte herangezogen.

Zur Untersuchung und Bewertung der gewonnenen Bodenproben in Hinblick auf die chemisch relevanten Aspekte (Analyse nach EBV) wurden einzelne Proben aus Auffüllungen bzw. gewachsenen Böden zu Mischproben zusammengefasst und zur Analyse in ein Fachlabor gegeben. Die Ergebnisse der Analysen, deren Interpretation und Bewertung werden in Kapitel 2.5 dargestellt und erläutert. Ebenso sind die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sowie die zugehörige Bewertung in der Anlage 6 beigefügt.

Zusätzlich wurde an der Sondierung BS 1n eine Schwarzdeckenproben mittels Kernbohrung (Ø 100 mm) für die umwelttechnische Untersuchung entnommen.

2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung

Das Projektgebiet ist das Betriebsgelände der „Straßenmeisterei Unna“ an der Hammer Straße 13, 59199 Bönen sowie die angrenzende Hammer Straße im Bereich des Grundstücks. Das Gebiet liegt am westlichen Rand des Ortsteils Altenbögge-Bönen der Gemeinde Bönen im Kreis Unna.

Die Hammer Straße (L665) ist überwiegend als zweispurige Landesstraße mit beidseitigen Radfahrstreifen ausgebaut. Im relevanten Planungsbereich verläuft sie in Nord-Süd-Richtung und kreuzt die

nach Osten abgehende Paul-Weniger-Straße. Auf der Westseite der Hammer Straße befindet sich das Grundstück der Straßenmeisterei, dessen Zufahrt direkt gegenüber der genannten Kreuzung liegt. Im Kreuzungsbereich sind separate Linksabbiegespuren. Auf beiden Seiten der Paul-Weniger-Straße liegen Grundstücke mit Mehrfamilienhäusern.

Die geplante Baumaßnahme betrifft den südöstlichen Teil des Betriebsgeländes der Straßenmeisterei. Dieser Bereich umfasst die asphaltierte Zufahrt zum Innenhof sowie eine Grünfläche mit vereinzeltem Baumbestand. Angrenzend befindet sich aktuell ein Bestandsgebäude, bei dem es sich um eine Kleingerätehalle handelt.

Südlich des Geländes liegt der oberirdisch verlaufende Teil des Bachs „Piplingsgraben“, in den die Bachverrohrung einleiten soll. Zudem grenzen Einzelgrundstücke mit Grünflächen und Wohnhäusern an das Gebiet an.

Das Projektgebiet ist überwiegend eben. Die Geländehöhen liegen im Bereich um ca. + 65,5 m NHN.

2.2 Baugrund

Gemäß den geologischen Karten [U 1][U 3] und [U 4] stehen im Untersuchungsgebiet Ablagerungen des Quartärs und der Oberkreide an. Die oberflächennahen bindigen Ablagerungen des Quartärs, genannt „Tallehm“ setzen sich aus feinsandigen Lehmen und tonigen Feinsanden zusammen. Bei den im Projektgebiet anstehenden Kreideschichten handelt es sich um Emschermergel. Dieser wird als fossilarmer, sehr kalkhaltiger, grauer Mergelstein beschrieben, der oft brüchig und zerklüftet auftritt. In Oberflächennähe weist der Emschermergel mit fortschreitender Verwitterung eine Verwitterungskruste auf, die aus einem hellgrauen, festen Ton besteht (lokal auch „Kleiboden“ genannt). Die Mächtigkeit des Emschermergels beträgt mehrere 100 Meter. Im Übergangsbereich können die quartären Ablagerungen zum anstehenden Emschermergel Beimengungen aus dessen Verwitterungskruste aufweisen, welche z.T. auch nicht von dieser Verwitterungskruste zu unterscheiden sind. Infolge der anthropogenen Nutzung des Gebiets ist zudem mit Auffüllungen und Umlagerungen zu rechnen.

Bei der durchgeführten Baugrunderkundung wurde nachfolgende Schichtenfolge angetroffen.

Bei den Erkundungsarbeiten wurden auf den mit Asphalt befestigten Flächen zuoberst bituminöse **Schwarzdecke** angetroffen. Diese weist eine Mächtigkeit 0,23 m auf.

Unterhalb der Schwarzdecke sowie in nahezu allen anderen Bohrungen an der Geländeoberkante wurden **rollige Auffüllungen (Schicht 1.1)** in Form von teilweise schluffigen und sandigen Kiesen sowie Sande mit teilweise schluffigen und kiesigen Beimengungen erkundet. Oberflächennah weisen die Sande schwach humose bis humose Komponenten auf. Bei den identifizierbaren Fremdbestandteilen handelt es sich um Schlacke, Beton, Schotter, Bauschutt und Ziegelreste. Die Schichtmächtigkeiten variieren stark. Größtenteils wurden Schlagzahlen zwischen N_{10} = 1 bis 9 Schlägen gemessen. Durch die Fremdbestandteile wurden lokal höhere Werte festgestellt. In der Bohrung BS 1n steht die Sonde der Schweren Rammsondierung auf, sodass kein weiterer Fortschritt möglich war. Die Lagerungsdichte ist entsprechend locker bis dicht. Die Kiese der rolligen Auffüllungen weisen eine hell- bis dunkelgraue, teils gelblich bis grüne Farbe auf. Die Sande sind überwiegend braun bis graubraun.

Neben den rolligen Auffüllungen wurden auch **bindigen Auffüllungen (Schicht 1.2)** angetroffen. Diese bestehen aus schluffigen bis stark schluffigen Tonen mit teils kiesigen, schwach sandigen bis mäßig sandigen und humosen Beimengungen. Es wurden Fremdbestandteile in Form von Betonresten, Ziegeln, Bauschutt und Schotter angetroffen worden. Die Mächtigkeit der Schicht liegt zwischen 1,4 m und 3,5 m. Die Schweren Rammsondierungen liefern Schlagzahlen zwischen N_{10} = 1 und N_{10} = 10 Schlägen. Die Konsistenz der Schicht weich bis halbfest. In der Bohrsondierung BS 2.1 wurde lokal aufgrund der Fremdanteile Schlagzahlen bis zu etwa N_{10} = 40 ermittelt. Die Farbtöne der Schicht sind graubraun, grau und schwarz.

Die o.g. Auffüllungsschichten treten in den Bohrungen entweder einzeln auf oder in einer Abfolge von bindigen Auffüllungen (Schicht 1.2) unterhalb der rolligen Auffüllungen (Schicht 1.1). Beide Auffüllungsschichten sind kalkhaltig bis stark kalkhaltig.

Als oberste natürlich gewachsene Schicht wurden die **quartären Deckschichten (Schicht 2)** angetroffen. Die Schicht besteht überwiegend aus Tonen, oft mit schwach schluffigen bis stark schluffigen sowie vereinzelt kiesigen und schwach sandigen bis sandigen Beimengungen. In den Bohrungen BS 1n, BS 2n und BS 3 wurden in einer Tiefe von etwa 2,8 m bis 3,4 m u GOK organische Beimengungen in den quartären Deckschichten angetroffen. Die Schicht weist eine Mächtigkeit von 1,0 m bis 2,0 m auf. Aus den Schweren Rammsondierungen wurden Schlagzahlen zwischen N_{10} = 1 und

N_{10} = 10 Schlägen ermittelt. Die Konsistenz der Schicht breiig bis halbfest. Die Farbe der Schicht ist von heller grauer bis brauner Farbe. Im Bereich der organischen Beimengungen ist die Farbgebung dunkler und reicht bis schwarz.

Als unterste Schicht wurde im Projektgebiet der **Verwitterungshorizont** des Emschermergels **(Schicht 3)** angetroffen. Es handelt sich hierbei um einen Kalk-, Ton- und Mergelstein mit mäßiger bis starker Verwitterung (W2 bis W3) sowie vereinzelt tonigen und schluffigen Komponenten. Die Schicht ist stark kalkhaltig und weist Farbtöne von hellgrau bis grau auf. Aufgrund ihrer relativen Festigkeit im Vergleich zu o.g. Schichten wurde während der Bohrarbeiten beim Erreichen der Mergelschicht ein verringerter Bohrfortschritt verzeichnet, sodass Bohrungen teils abgebrochen werden mussten. Der Emschermergel steht im Untersuchungsgebiet in Tiefen von 3,1 m bis 3,8 m unter GOK an. Auf Normalhöhennull bezogen ist der Gesteinshorizont etwa in Höhe von +62,2 m NHN angetroffen worden.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Schicht-mächtigkeit [m]	Bodenbeschreibung	
			Bodenart / Farbe	Konsistenz / Lagerungs-dichte
0	Schwarzdecke [1)]	0,23	schwarz	/
1.1	rollige Auffüllungen [1)]	0,4 - 2,57	Kies, tlw. schluffig, sandig / grau, dunkelgrau, gelblich-braun, hellgrau, grün (Fein-)Sand, tlw. schluffig, kiesig, schwach humos bis humos / dunkelbraun, braun, graubraun, braungrau	locker bis dicht
1.2	bindige Auffüllungen [1)]	1,4 - 3,5	Ton, schluffig bis stark schluffig, tlw. kiesig, schwach sandig bis sandig, humos / graubraun, grau, schwarz	weich bis halbfest
2	quartäre Deckschichten [1)]	1,0 - 2,0	Ton, tlw. schwach schluffig bis stark schluffig, kiesig, schwach sandig bis sandig, organisch, humos / grau, oliv, gelblichbraun, hellgrau, dunkelgrau, graubraun, hellbraun, schwarz	breiig bis halbfest

Schicht Nr.	Bezeichnung	Schicht-mächtigkeit [m]	Bodenbeschreibung	
			Bodenart / Farbe	Konsistenz / Lagerungs-dichte
3	Verwitterungshorizont (Emschermergel) 1)	0,1 - 1,0 2)	Mergelstein, Tonstein, Kalk-stein, W2-W3, tlw. tonig, schluffig / hellgrau, grau	/

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

Tabelle 2.2-1: Schematischer Baugrundaufbau

In der vorstehenden Tabelle 2.2-1 ist der angetroffene Schichtaufbau tabellarisch zusammengefasst. Der erkundete Schichtaufbau entspricht stratigraphisch den Angaben der geologischen Karte.

2.3 Hydrogeologie / Grundwasser

Das Untersuchungsgebiet befindet sich innerhalb des Flussgebiets des Rheins und im Teileinzugsgebiet der Lippe. Der nächstgelegene Vorfluter ist der von Nordost nach Südwest fließende Piplingsgraben, für den im Projektgebiet die Bachverrohrung erneuert werden soll. Dieser mündet ca. 1 km südlich des Projektgebiets in die in Ost-West-Richtung fließende Seseke. Weiterhin befindet sich 500 m südöstlich der ebenfalls in Nordost-Südwest-Richtung fließende und in die Seseke mündende Rexebach.

Gemäß [U 4] ist im Umfeld des Untersuchungsgebiets ein mäßig durchlässiger Porengrundwasserleiter in den quartären, sandig-schluffigen Niederterrassen der Lippe-Niederung verzeichnet. Im unmittelbaren Untersuchungsgebiet wurden infolge der Erkundungsarbeiten jedoch keine quartären Terrassenablagerungen angetroffen (siehe Kap. 2.2). Stattdessen sind im Untergrund hoch anstehende Mergel der Oberkreide unterhalb gering mächtiger, bindiger quartärer Schichten abgelagert. Somit weist o.g. Grundwasserkörper für das Projektgebiet keine Bedeutung auf.

Der im Projektgebiet angetroffene Emschermergel der Oberkreide wird gemäß [U 4] als ein sehr gering bis gering durchlässiger Kluftgrundwasserleiter mit geringer Ergiebigkeit beschrieben.

Während der Erkundung wurde lediglich an der Bohrung BS 2n Wasser ab einer Teufe von 1,9 m unter GOK angetroffen. In den Bohrungen BS 1n und BS 2.1 wurde oberhalb der quartären Deckschichten (Schicht 2) nasser Boden angetroffen.

Es wurden die Daten des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur-, Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen [U 5] hinzugezogen, allerdings befinden sich keine Grundwassermessstellen im Nahbereich der Maßnahme. Laut GW-Gleichen nach [U 5] ist im Gebiet eine Grundwasserhöhe vom +63,0 m NHN bis +64,0 m NHN zu erwarten.

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 **vorläufige Bauwasserstand** (der während der Bauzeit zu erwartender höchster Wasserstand) zunächst auf **1,5 m unter GOK** festgelegt. Es wird empfohlen, den Grundwasserstand regelmäßig einzumessen, sodass der Bauwasserstand ggf. angepasst werden kann. Der **Bemessungswasserstand** (der während der voraussichtlichen Nutzungs- bzw. Lebensdauer zu erwartende höchste Wasserstand) wird auf **Höhe der GOK** angesetzt.

Aufgrund der schwachen Durchlässigkeit der oberflächennah anstehenden bindigen Auffüllungen (Schicht 1.2) und bindigen quartären Deckschichten (Schicht 2) sowie des Verwitterungshorizonts (Schicht 3) ist in Abhängigkeit von Dauer und Intensität von Niederschlägen saisonal auch oberhalb des natürlichen Grundwasserspiegels bis in Höhe der GOF mit Schicht- und Sickerwasserzutritten zu rechnen. Bei Starkregenereignissen kann versickerndes Niederschlagswasser sich in den Arbeitsräumen der Schächte und Kanalgräben bis zur Geländeoberkante aufstauen.

Darüber hinaus können aufgrund von Durchlässigkeitsunterschieden Stauwasserhorizonte bis in Höhe der Geländeoberfläche 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. Es ist insbesondere in den Wechselfolgen mit unterschiedlich stark sandigen Tonen und Schluffen von einer ausgeprägten Anisotropie der Durchlässigkeiten auszugehen, d. h. sie sind parallel der Schichtung durchlässiger als senkrecht dazu. Die Spanne der Durchlässigkeiten wurde durch Ableitung aus der Ansprache des erkundeten Baugrundes (s. Kap.2.2) abgewogen.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	Durchlässigkeitsbereich[1)]
1.1	rollige Auffüllungen	$1 \cdot 10^{-6}$ bis $1 \cdot 10^{-3}$	durchlässig bis stark durchlässig
1.2	bindige Auffüllungen	$1 \cdot 10^{-11}$ bis $1 \cdot 10^{-7}$	sehr schwach bis schwach durchlässig
2	quartäre Deckschichten	$1 \cdot 10^{-11}$ bis $1 \cdot 10^{-8}$	sehr schwach durchlässig
3	Verwitterungshorizont (Emschermergel)	$1 \cdot 10^{-11}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$	sehr schwach durchlässig bis durchlässig [2)]

1) Bezeichnung gemäß DIN 18 130
2) Durchlässigkeit variiert je nach Zerklüftung des Felsen

Tabelle 2.3-1: Durchlässigkeitsbeiwerte der Schichten

2.4 Bodenmechanische Laborversuche

Zur detaillierteren bodenmechanischen Bewertung der anstehenden Böden sowie zur Klassifizierung und Festlegung der Bodenkennwerte wurden von der Dr. Spang GmbH die nachfolgend genannten bodenmechanischen Laborversuche an repräsentativen Bodenproben im Untersuchungsbereich durchgeführt:

- 5x Bestimmung des Wassergehalts nach DIN EN ISO 17 892-1,
- 4x Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17 892-12,
- 2x Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 17 685-1.

2.4.1 Wassergehalt

Die Bestimmung des Wassergehaltes erfolgte nach DIN EN ISO 17892-1. Die Ergebnisse können der nachfolgenden Tabelle 2.4-1 und im Detail der Anlage 5.1 entnommen werden.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	Wassergehalt [%]
BS 1n	3,1 - 3,8	2	T, u‘	17,79
BS 2n	2,9 - 3,1	2	T, u‘, s‘, o	52,49
BS 1	0,7 - 2,3	2	T	17,52
BS 2.1	1,2 - 2,2	1.2	A (T, u‘, g‘)	28,32

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	Wassergehalt [%]
BS 3	2,8 - 3,4	2	T, o	69,45

Tabelle 2.4-1: Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmung

Die Wassergehalte der untersuchten Proben der Schicht 2 (Quartäre Deckschichten) liegen in BS 1n und BS 1 zwischen 17,52 % und 17,79 %. Die Messwerte sind typisch für die stark wassergesättigten bindigen Böden. In den Bohrungen BS 2n und BS 3 ist der Wassergehalt der Schicht deutlich höher mit Werten zwischen 52,49 % und 69,45 %. Dies ist damit zu erklären, dass in dieser Tiefe in den beiden Bohrungen organische Beimengungen erkundet wurden.

Der Wassergehalt der untersuchten Probe von Schicht 1.2 (bindige Auffüllungen) liegt bei 28,32 % und ist damit ebenfalls unauffällig.

2.4.2 Plastizitätsuntersuchungen

Konsistenzzahl I_C	Zustandsform
< 0	flüssig
0,0 - 0,50	breiig
0,5 - 0,75	weich
0,75 - 1,00	steif
> 1,0	halbfest

Tabelle 2.4-2: Benennung der Zustandsform anhand der Konsistenzzahl I_C nach DIN EN ISO 17 892-12

Die Benennung der Zustandsform des bindigen Bodens anhand der Konsistenzzahlen ist in der vorstehenden Tabelle 2.4-2 wiedergegeben.

In der nachstehenden Tabelle 2.4-3 sind die Ergebnisse der Plastizitätsuntersuchungen zusammengefasst. Die Detailergebnisse einschließlich der Darstellungen im Plastizitätsdiagramm nach Casagrande können der Anlage 5.3 entnommen werden.

Auf-schluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	w_n [%]	w_L [%]	I_P [%]	I_c [-]	Konsis-tenz	Boden-gruppe[1)]
BS 1n	3,1 - 3,8	2	T, u‘	17,8	49,1	32,4	0,97	steif	TM
BS 1	0,7 - 2,3	2	T	17,5	56,4	36,6	1,06	halbfest	TA
BS 2.1	1,2 - 2,2	1.2	A (T, u‘, g‘)	28,3	47,8	26,9	0,67	weich	TM
BS 3	2,8 - 3,4	2	T, o	69,4	94,6	63,1	0,40	breiig	TA, OT

w_n = natürlicher Wassergehalt; w_L = Wassergehalt an der Fließgrenze; I_P = Plastizitätsindex, I_c = Konsistenzzahl
1) DIN 18 196 / DIN EN ISO 14 688-2

Tabelle 2.4-3: Ergebnisse der Plastizitätsuntersuchung nach DIN EN ISO 17 892-12

Die Konsistenzzahl Ic der 3 untersuchten Proben der Schicht 2 (quartäre Deckschichten) liegt zwischen 0,40 und 1,06. Die Proben weisen demnach Konsistenzen von breiig bis halbfest auf. Als Ausreißer erweist sich das Ergebnis der Probe der Bohrung BS 3, laut welchem die Konsistenzzahl Ic 0,4 beträgt und somit eine breiige Konsistenz vorliegt. Dieses Ergebnis ist auf die organischen Komponenten, die in diesem Horizont angetroffen wurden, zurückzuführen. Die Konsistenzzahl der untersuchten Probe der Schicht 1.2 (bindige Auffüllungen) liegt bei 0,67. Somit weist die Probe eine weiche Konsistenz auf. Die Proben der Bohrungen BS 1 und BS 3 sind gemäß DIN EN ISO 17 892-12 der Bodengruppe der ausgeprägt plastischen Tone, TA zuzuordnen. Die Proben aus den Bohrungen BS 1n und BS 2.1 ist entsprechend in die Bodengruppe der mittelplastischen Tone TM einzustufen. Zusätzlich ist die Probe der BS 3 der Bodengruppe der Tone mit organischen Beimengungen, OT, zuzuordnen.

2.4.3 Glühverlust

Zur Untersuchung des Anteils organischer Bestandteile in Bodenproben mit humosen Beimengungen wurden zwei Proben einem Glühverlustversuch nach DIN EN 17 685-1 unterzogen.

Gehalt an organischen Bestandteilen [Gew.-%]	Einstufung
2 – 6	schwach organisch
6 – 20	organisch
> 20	stark organisch

Tabelle 2.4-4: Benennung und Zuordnung aufgrund der organischen Bestandteile entsprechend DIN EN ISO 14 688-2.

Die Einstufung der Probe aufgrund organischer Bestandteile erfolgt anhand der vorstehenden Tabelle 2.4-4. Die Ergebnisse der Bestimmungen des Glühverlusts sind in der nachfolgenden Tabelle 2.4-5 zusammengefasst.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	Glühverlust w_{LOI} [%]
BS 2n	2,9 - 3,1	2	T, u‘, s‘, o	10,39
BS 3	2,8 - 3,4	2	T, o	11,07

Tabelle 2.4-5: Organische Bestandteile nach DIN EN 17 685-1.

In den untersuchten Proben sind ein Glühverlust und somit ein organischer Anteil zwischen 10,39 % und 11,07 % ermittelt worden. Die Proben sind somit als organisch im Sinne der DIN EN ISO 14 688-2 zu bewerten.

2.5 Umwelttechnische Untersuchungen

Zur umweltchemischen Bewertung der anfallenden Böden wurden durch die Dr. Spang GmbH repräsentative Einzelproben entnommen und als Mischprobe an die akkreditierten Labore der Geotaix Umwelttechnologie GmbH (MP 1n) und der Eurofins Umwelt Ost GmbH (MP 1 bis MP 5) zur Analyse geschickt.

Die Zusammenstellung der Proben und die jeweils durchgeführte Analytik sind der Tabelle 2.5-1 und Tabelle 2.5-2 zu entnehmen.

Proben-bezeich-nung	Auf-schluss-Nr.	Tiefe von bis [m]	Art	Art und Menge des Fremdanteils	Untersuchungsumfang
MP 1n	BS 1n BS 2n	0,4 - 1,1 0,5 - 1,3	A (G, s, u)	Schlacke, Ziegel, Beton, Schotter (> 50 Vol. %)	BM-F
MP 1	BS 3 BS 4	0,4 - 2,8 0,4 - 1,5	A (T, u, s, g)	Bauschutt, Ziegel (> 50 Vol.%)	BM-F
MP 3	BS 2.1 BS 5 BS 6 BS 7	2,2 - 3,0 0,2 - 1,5 1,0 - 1,7 0,2 - 0,8	A (T, u, g)	Ziegel, Bauschutt (< 50 Vol.%)	BM-0*

Proben-bezeich-nung	Auf-schluss-Nr.	Tiefe von bis [m]	Art	Art und Menge des Fremdanteils	Untersuchungsumfang
MP 4	BS 1 BS 9 BS 11	0,1 - 0,7 0,2 - 0,6 0,5 - 0,9	A (S, G, u)	Ziegel, Bauschutt, Schlacke (< 50 Vol.%)	BM-0*
MP 5	BS 1 BS 4 BS 8 BS 9	2,3 - 2,7 1,5 - 2,5 1,8 - 2,3 1,1 - 1,5	T, u, g	keine Fremdan-teile	BM-0

Tabelle 2.5-1: Mischprobenbildung Umwelttechnik und Untersuchungsumfang Ersatzbaustoffverordnung

Probe	Einzelprobe / BS	Entnahmetiefe m u. GOF	Analytik
K 1	BS 1n	0,00 - 0,23	PAK, Phenole (RuVA-StB)

Tabelle 2.5-2: Probenplan Schwarzdeckenproben

Unter Berücksichtigung der Vorgaben der ErsatzbaustoffV werden die Proben MP 1n und MP 1 aufgrund eines mineralischen Fremdanteils von > 50 Vol. % gemäß dem Untersuchungsumfang BM-F untersucht. Die Mischproben MP 3 und MP 4 weisen einen mineralischen Fremdanteil von > 10 Vol. % auf und werden dementsprechend gemäß dem Untersuchungsumfang BM-0* untersucht. Bei der Mischprobe MP 5 ist kein Fremdanteil dokumentiert, weshalb diese Probe gemäß BM-0 untersucht wird. Zusätzlich wurde die Kernproben der Schwarzdecke gemäß RuVA-StB-01 untersucht.

Die Originalanalytik und die Prüfverfahren für die Einzelparameter sind der Anlage 6.2 und 6.4 zu entnehmen. Die Analyseergebnisse werden in der Anlage 6.1 den Materialwerten der ErsatzbaustoffV gegenübergestellt. In Anlage 6.3 ist die Gegenüberstellung der Analysenergebnisse zu den Grenzwerten der RuVA-StB 01 dargestellt.

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

Die nachstehende Anm.: FS) = Feststoff, EL) = Eluat

Tabelle 2.5- liefert eine kurze Übersicht der Ergebnisse der chemischen Untersuchungen.

Probe	Einstufung nach EBV	Einstufungsrelevante Parameter	
		Parameter	Parameter
MP 1n	> BM-F3 EL)	Elektr. Leitfähigkeit PAK 15	2.500,0 µS/cm 51,322 µg/l
MP 1	BM-F3 FS)	Chrom	235,0 mg/kg
MP 3	BM-F3 FS) EL)	Elektr. Leitfähigkeit PAK_{16}	658,0 µS/cm 9,43 mg/kg
MP 4	BM-F3 EL)	pH-Wert Elektr. Leitfähigkeit Sulfat	9,7 1.670,0 µS/cm 1.000,0 mg/l
MP 5	BM-0	---	---

Anm.: FS) = Feststoff, EL) = Eluat

Tabelle 2.5-3: Bewertung der chemischen Untersuchungen (ErsatzbaustoffV)

Die Mischprobe MP 1n weist eine hohe PAK_{15}-Konzentration im Eluat auf und überschreitet die Grenzwerte von BM-F3. Das belastete Bodenmaterial darf nicht wiederverwertet werden und muss nach der DepV (Deponie-Verordnung) entsorgt werden. Die Analyse nach der DepV ist nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

Die Probe MP 1 weist eine hohe Chromkonzentration im Feststoff auf, sodass die Mischprobe der Materialklasse BM-F3 zuzuordnen ist. Die Mischprobe MP 3 überschreitet den Parameterumfang BM-0* aufgrund einer erhöhten elektrischen Leitfähigkeit im Eluat und einer hohen PAK_{16}-Konzentration im Feststoff. Die Probe ist daher ebenso in die Klasse BM-F3 einzuordnen. Das Material der Probe MP 4 weist ebenfalls Überschreitungen des Parameterumfangs BM-0* auf, mit erhöhtem pH-Wert, erhöhter elektrischer Leitfähigkeit und einer hohen Sulfatkonzentration im Eluat ist eine Zuordnung zu BM-F3 zuzuordnen.

Der Boden in der Mischprobe MP 5 wurde auf den Parameterumfang BM-0 untersucht und weist keine Überschreitungen des Messumfangs auf; demnach ist der Boden in die Klasse BM-0 einzuordnen.

Bewertungsgrundlagen für Schwarzdecken: Die RuVA-StB-01 regelt die Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau. Die Beurteilung erfolgt anhand 16 relevanter Einzelparameter nach EPA der polyzyklischen

aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) im Feststoff sowie dem Phenolindex im Eluat. Gemäß RuVA-StB-01 sind Straßenbaustoffe mit einem PAK-Gehalt > 25 mg/kg als teer- bzw. pechhaltig zu definieren. In Abhängigkeit vom PAK-Gehalt und Phenolindex lassen sich für die Straßenausbaustoffe folgende Verwertungsklassen ausweisen:

Verwertungs-klasse	Verwertungsverfahren	PAK-Gehalt im Feststoff [mg/kg]	Phenolindex im Eluat [mg/l]
A	Heißmischverfahren Kaltmischverfahren mit/ohne Bindemittel	≤ 25	≤ 0,1
B	Kaltmischverfahren mit Bindemittel Nachweis erforderlich: PAK (E) < 0,03 mg/l	> 25 (teer- / pechstämmig)	≤ 0,1
C	Kaltmischverfahren mit Bindemittel Nachweis erforderlich: PAK (E) < 0,03 mg/l Phenolindex (E) < 0,1 mg/l	Wert ist anzugeben	> 0,1

Tabelle 2.5-4: RuVA - Verwertungsklassen sowie sich daraus ergebende Konsequenzen für die Verwertung / Beseitigung

Zur Beurteilung des karzinogenen Potenzials der teer-/pechtypischen Bestandteile der Schwarzdecken wird der Einzelparameter Benzo(a)pyren der PAK herangezogen. Gemäß der technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 551, sind Schwarzdecken mit einem Benzo(a)pyren-Gehalt von ≥ 50 mg/kg als „Gefahrstoff“ zu kennzeichnen.

Ergebnisse RuVA: In der nachfolgenden Tabelle 2.5- und Anlage 6.3 sind die Schwarzdeckenproben entsprechend ihren Verwertungsklassen zusammengestellt. Es sind die maßgebenden Parameter sowie Schadstoffgehalte angegeben.

Probe	Zuordnung nach RuVa	Schadstoffe	
		Parameter	Gehalt
K 1	**B**	PAK (16)	626,2 mg/kg

Tabelle 2.5-5: Schwarzdeckenprobe im Projektgebiet

Aufgrund des festgestellten PAK-Gehalts wird die untersuchte Schwarzdecke der **Verwertungsklasse B** nach RuVA zugeordnet.

2.6 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften

Nach der Karte der Erdbebenzonen im Nationalen Anhang der DIN EN 1998-1 „Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben" liegt das Projektgebiet **außerhalb** der hier gekennzeichneten **Erdbebenzonen** und somit in einem Gebiet mit sehr geringer Seismizität.

Gemäß [U 5] liegt das Projektgebiet außerhalb von Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten. Das Projektgebiet befindet sich innerhalb des **Landschaftsschutzgebiets** LSG-Rottum-Boegger-Boerde mit der Kennung LSG-4412-0008.

Der Projektstandort ist nach der RStO 12 der **Frosteinwirkungszone F 1** zuzuordnen.

Laut [U 6] sind **Gefährdungspotentiale des Untergrundes** in NRW dokumentiert; demnach liegt der Untersuchungsbereich innerhalb eines Gebiets mit verkarstungsfähigem Gestein sowie einem Risiko von Gasaustritten in Bohrungen.

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		Frostempfindlichkeit[2)]	Verdichtbarkeit[3)]
		18 196	18 300[1)]		
1.1	rollige Auffüllungen	A [SE, SW, SI, SU, GE, GW, GI, GU]	3 (6/7)[6)]	F 1	V 1
1.2	bindige Auffüllungen	A [TL, TM, TA, OT]	4 - 5 (2)[4) 5)]	F 3	V 3
2	quartäre Deckschichten	TL, TM, TA, OT	4 -5 (2)[4) 5)]	F 3	V 3

3	Verwitterungshorizont (Emschermergel)	TM, TA	4 (tlw. 2)[4] (6/7)[6]	F 3	V 3

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) Der angegebene Boden kann lokal organische Horizonte aufweisen, die breiiger Konsistenz sind und Wasser schwer abgeben
6) Bodenklasse 6 und 7 bei Stein- und Schuttanteilen, bzw. im Mergel Festgesteinshärtlinge

Tabelle 3.1-1: Bodenklassifizierung

Die Angabe der Bodenklassen in 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. 3.3 Homogenbereiche vorgenommen.

Bindige Böden bzw. Horizonte (Schicht 1.2 & Schicht 2) können bei Wassersättigung und Lagerungsstörung (z.B. dynamische Beanspruchung, Überfahrten, etc.) in eine fließende Bodenart übergehen.

Die **Rammbarkeit** der Bodenschichten für Spundwände, Stahlträger und Rammpfähle ist wie in der nachfolgenden Tabelle 3.1-2 zusammengestellt einzuschätzen. In den Auffüllungen und in Schicht 3 muss wegen Steinen und Blöcken 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 Einbindetiefen Zusatzmaßnahmen erforderlich werden. Dies ist im Zuge der weiteren Planung und bei der Ausschreibung zu beachten.

Schicht-Nr.	Boden	Rammbarkeit[1)]
1.1	rollige Auffüllungen	leicht - schwer
1.2	bindige Auffüllungen	leicht - schwer
2	quartäre Deckschichten	mittelschwer - schwer
3	Verwitterungshorizont (Emschermergel)	schwer - nicht rammbar [2)] (Vorbohren erforderlich)

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

Tabelle 3.1-2: Rammbarkeit der anstehenden Schichten

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 Auffüllungen	19	10	32,5	-	-	10 - 50
1.2	bindige Auffüllungen	18,5	9	22,5	10	10 - 150	8 - 15
2	quartäre Deckschichten	18,5	9	22,5	10	20 - 250	8 - 20
3	Verwitterungshorizont (Emschermergel)	20	10	25	10	25 - 250	15 - 50

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

Tabelle 3.2-1: Charakteristische Bodenkennwerte

3.3 Homogenbereiche

3.3.1 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 Kapitel 4, 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 3.3-1 aufgeführten Prüfvorschriften durchzuführen.

Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
Bodenmechanik	Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17 892-4
	Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke	Aussortieren, Vermessen, Wiegen
	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

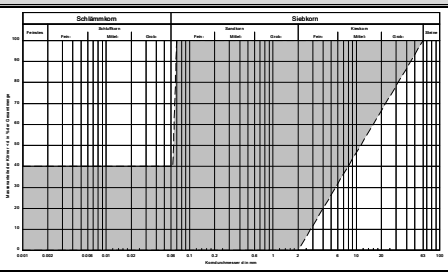
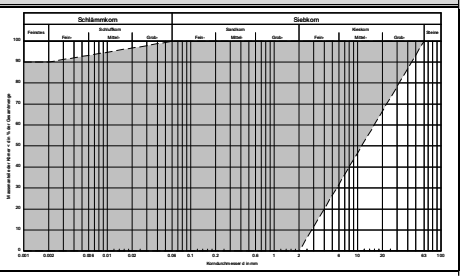
Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
	Konsistenzzahl I_C	DIN EN ISO 17 892-12
	Durchlässigkeit k_f	DIN EN ISO 17 892-11
	bezogene Lagerungsdichte I_D	DIN 18 126 in Verbindung mit Dichtebestimmung nach DIN EN ISO 17 892-2
	organischer Anteil v_{gl}	DIN 18 128
	Kalkgehalt v_{ca}	DIN 18 129
	Sulfatgehalt (säurelöslich)	DIN 4030-2
	Bodengruppe	DIN 18 196
	Abrasivität	LCPC-Test nach NF P18-579

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

3.3.2 DIN 18 300 Erdarbeiten

Für die Festlegung der Homogenbereiche für Erdarbeiten (DIN 18 300) wird davon ausgegangen, dass der Aushub mit einem Bagger 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 3.3-2 ist die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Erdarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche angegeben. Es wird davon ausgegangen, dass der Aushub maximal bis in eine Tiefe von 3,5 m unter GOK 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, 3
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, rollig	Auffüllung bindig, quartäre Deckschichten, Verwitterungshorizont

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche	
	Erd-A	Erd-B
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband[2)]		
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	 < 20 < 10 < 5	 < 20 < 10 < 5
natürliche Dichte [g/cm³]	1,5 - 2,2	1,7 - 2,4
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m²]	-	10 - 250
Wassergehalt w_n [%]	5 - 30	10 - 70
Plastizitätszahl I_P	-	10 - 70
Konsistenzzahl I_C / Bezeichnung[1)]	-	0,25 - > 1,0 / breiig bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung[1)]	0,15 - 1,00 / locker bis dicht	-
organischer Anteil v_{gl} / Bezeichnung[1)]	< 2% - 6% / nicht organisch bis schwach organisch	< 2% - 20% / nicht organisch bis organisch
Bodengruppe	A [SE, SW, SI, SU, GE, GW, GI, GU]	A […], TL, TM, TA, OT

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2
2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Stein, Blöcke und Große Blöcke

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

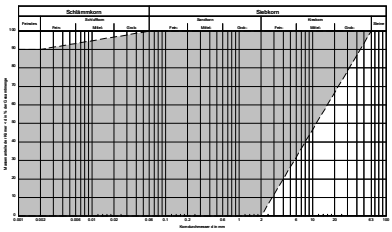
3.3.3 DIN 18 303 Verbauarbeiten

Für die vorübergehende oder dauerhafte Sicherung von Baugruben, Gräben und dergleichen mit Verbau ist die DIN 18 303 zu verwenden. Für das Beschreiben von Boden, Fels und sonstigen Stoffen gelten die Regelungen der DIN 18 300.

Die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen Schichten zu Homogenbereichen sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche kann analog zu denen für Erdbauarbeiten nach DIN 18 300 erfolgen. Die Ausführung der Arbeiten hat nach DIN 18 303 zu erfolgen.

3.3.4 DIN 18 304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten

Für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten können die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche gemäß Tabelle 3.3-3 und Tabelle 3.3-4 verwendet werden. Die Einteilung in Homogenbereiche gilt dabei für ein Rammgerät mit starrer Führung und schwerem Rammbär oder Vibrator. Für ein Anbaugerät an den Hydraulikarm eines Baggers sind z. T. nur um mehrere Meter geringere Rammtiefen möglich. Die Homogenbereiche sind für einen solchen Einsatz neu einzuteilen.

Eigenschaft / Kennwert	**Homogenbereiche**
	Ramm-A
Schicht Nr.	1.2, 2, 3
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung, bindig, quartäre Deckschichten, Verwitterungshorizont
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband[2)]	
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	 <20 <10 <5
Wassergehalt w_n [%]	10 - 70
Plastizitätszahl I_P	10 - 70
Konsistenzzahl I_C / Bezeichnung[1)]	0,25 - > 1,0 / breiig bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung[1)]	/
Bodengruppe	A […], TL, TM, TA, OT

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 3.3-3: Homogenbereiche gemäß DIN 18 304 für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten in Boden

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Ramm-B
Schicht Nr.	3
ortsübliche Bezeichnung	(verwitterter) Emschermergel
Benennung von Fels[1)]	Tst, Kst, Mst
einaxiale Druckfestigkeit [MN/m²]	0,6 - 15,0, einzelne Kalksteinbänke bis 150,0

1) Bezeichnung nach DIN EN ISO 14 689

Tabelle 3.3-4: Homogenbereiche gemäß DIN 18 304 für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten in Fels

3.3.5 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten

Oberboden 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 3.3-5: Homogenbereiche gemäß DIN 18 320 für Oberboden

4. FOLGERUNGEN/EMPFEHLUNG

4.1 Randbedingungen

Die wesentlichen Daten zu der Bachverrohrung sowie die Böden auf Gründungsniveau sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Die Erneuerung bzw. der Neubau der Bachverrohrung soll in **offener Bauweise** erfolgen. Die zugehörigen Schächte werden ebenfalls in **offener Bauweise** hergestellt.

Haltung		Kanalquerschnitt (Länge / Bauweise)	Rohrsohle		Bodenschichten in den Gründungssohlen
von	bis		von / bis [m NHN]	von / bis [m u. GOK]	
Bachverrohrung					
S 2792 neu	S 2793 neu	DN 1000 GFK (L = 35,89 m / offen)	+63,05 / +62,90	2,92 / 2,99	1.2
S 2793 neu	S 2794 neu	DN 1000 GFK (L = 43,50 m / offen)	+62,90 / +62,68	2,99 / 2,52	1.1 / 1.2 / 2
S 2794 neu	S 2795 neu	DN 1000 GFK (L = 8,41 m / offen)	+62,68 / +62,64	2,52 / 1,86	2

Tabelle 4.1-1: Zusammenstellung der Kanaldaten

Zu den Gründungstiefen der Schächte liegen keine näheren Angaben vor. Es wird angenommen, dass die Schächte ca. 50 cm unter den Rohrsohlen der anzuschließenden Kanäle gegründet werden. Somit liegen weitgehend vergleichbare Baugrundverhältnisse wie bei den Kanälen vor.

Die Gründungssohle der Kanäle und Schächte liegt damit voraussichtlich sowohl in den bindigen und rolligen Auffüllungen (Schicht 1.1 & 1.2) als auch den quartären Deckschichten (Schicht 2) – überwiegend jedoch in bindigen Böden. Lokal kann ggf. auch schon der Verwitterungshorizont (Schicht 3) angeschnitten werden. Ebenso muss mit organischen Böden im Bereich der Rohrsohle gerechnet werden (vgl. BS 2n).

Die im Sohlbereich anstehenden, bindigen Böden (Schicht 1.2 und Schicht 2) weisen eine breiige bis halbfeste Konsistenz auf. Bei mindestens steifer Konsistenz sind diese bindigen Böden zur Gründung gut geeignet und weisen eine ausreichend hohe Tragfähigkeit auf. Aufgeweichte oder durch Aushubarbeiten aufgelockerte Bodenschichten sowie organische Böden sind nicht ausreichend tragfähig und daher auszutauschen. Ggfs. ist bei breiigen/ organischen Böden in der Gründungssohle ein zusätzlicher Aushub vorzunehmen. Gemäß den Laborversuchen wurde beispielsweise im Bereich der BS 3 in einer Tiefe von 2,8 m bis 3,4 m u. GOK breiiger Boden untersucht. Organische Böden wurden bspw. in der BS 2n angetroffen.

Der bauzeitlich vorläufig anzusetzende Grundwasserstand liegt oberhalb der geplanten Rohr- und Schachtsohlen. Der bauzeitlich anzusetzende Grundwasserspiegel reicht bis ca. 0,5 m bis 1,5 m über der Kanalsohle. Daher ist in diesem Teil mit Grundwasserzulauf zu rechnen. Unabhängig davon

ist auch mit Schichtenwasser bzw. mit Vernässungszonen in den überlagernden bindigen Böden zu rechnen. Stau- und Schichtwasserhorizonte können generell jedoch insbesondere beim Anschneiden von den bindigen Böden nicht ausgeschlossen werden (siehe Kapitel 2.3 und 4.5).

4.2 Kanalbau (offene Bauweise)

Grundsätzlich sind die Bestimmungen und Vorgaben der DIN EN 1610 bzw. DWA-Arbeitsblatt A 139 einzuhalten. Die Sohle der geplanten Rohrstrecke verläuft in einer Tiefe von etwa 1,8 m bis 3,0 m unter GOK. Unter Annahme einer Schachtgründung von etwa 0,5 m unterhalb der Rohrsohlen, werden diese Tiefen zwischen 2,3 m und 3,5 m unter GOK gegründet.

Demnach liegen die Sohlen der einzelnen Bauteile überwiegend in den bindigen Schichten der quartären Ablagerungen (Schicht 2) und bindigen Auffüllungen (Schicht 1.2), lokal aber auch in den rolligen Auffüllungen (Schicht 1.1) und im Verwitterungshorizont (Schicht 3). Gemäß DIN EN 1610 bzw. DWA-Arbeitsblatt A 139 sind diese hauptsächlich in die Gruppen G4 einzuordnen. Ausnahme bilden die rolligen Auffüllungen (Schicht 1.1), welche in die Gruppen G1 und G2 einzuteilen sind.

Aufgrund dieser Gegebenheiten wird empfohlen für die Kanalrohre eine Bettung nach DIN EN 1610, Kapitel 7.2.1, Bettungstyp 1 vorzusehen. Für die anstehenden Böden ist eine untere Bettungsschicht von mindestens 100 mm vorgesehen. Falls in der Grabensohle hohe Steinanteile oder Böden mitfester Konsistenz beziehungsweise hoher Lagerungsdichte angetroffen werden, wird empfohlen die Bettungsschicht um 1/5 DN zu erhöhen, um Schäden und Setzungen zu vermeiden bzw. zu reduzieren, sodass sich eine empfohlene, untere Bettungsschicht von 300 mm ergibt.

Für die Schächte ist ein ausgleichendes Gründungspolster in einer Gesamtmächtigkeit von 0,3 m vorzusehen. Sollte die Schicht 2 in höherer Festigkeit auf Höhe der geplanten Baugrubensohle vorliegen ist eine ausgleichende Sauberkeitsschicht aus Magerbeton ausreichend. Dies ist ggf. durch Abnahmen der Baugrubensohle zu bestätigen. Unter Berücksichtigung einer Setzungsbegrenzung von maximal 1 cm kann für die Schächte bei fachgerechtem Einbau der vorgenannten Gründungsschicht ein **Bemessungswert des Sohlwiderstands von $\sigma_{R,d}$ = 230 kN/m²** für ungünstige Randbedingungen angesetzt werden. **Dabei handelt es sich nicht um die zulässige Bodenpressung nach DIN 1054:1976-11 oder den aufnehmbaren Sohldruck nach DIN 1054:2005-01**. Für die

überschlägige Berechnung wurde ein Horizontal- zu Vertikal-Last-Anteil von 0,2 sowie ein Verhältnis von veränderlichen zu ständigen Lasten von 0,6 angesetzt.

Die Sicherheit gegen Aufschwimmen ist für die Schachtbauwerke mit dem in Kapitel 2.3 angegebenen Bemessungswasserstand nachzuweisen. Der Bemessungswasserstand berücksichtigt, dass im Bereich der Arbeitsraumverfüllung versickerndes Niederschlagswasser eindringen und bis zur Geländeoberkante aufstauen kann.

Die Schachtwände sind unter Berücksichtigung der Angaben in der DIN 4085 ("Baugrund - Berechnung des Erddrucks") grundsätzlich auf Erdruhedruck zu bemessen. Es ist darüber hinaus zu prüfen, ob ggf. ein Verdichtungserddruck oder der Mindesterddruck maßgebend werden kann.

4.3 Baugruben

Für das Bauvorhaben werden Baugruben erforderlich. Hierzu sind grundsätzlich die Vorgaben der DIN 4124 zu beachten.

Gemäß der vorliegenden Planung und unter Berücksichtigung des nötigen Unterbaus (siehe Kapitel 4.2) liegen die Baugrubensohlen in Tiefen zwischen etwa 1,8 m und 3,5 m. Zur Vermeidung eines großflächigen Straßenaufbruchs und eines unverhältnismäßigen Aushubs wird empfohlen, die Baugruben mittels Kanal-/Kammerdielenverbaus oder Systemverbaus (Verbauboxen oder Linearverbau) zu sichern.

Während des Baugrubenaushubs ist darauf zu achten, dass der Verbau immer parallel zum Aushubfortschritt entsprechend der jeweiligen Aushubtiefe nachgedrückt wird. Der Aushub darf der Unterkante der Verbauelemente um maximal 0,5 m vorauseilen und muss bei Bedarf ggf. angepasst werden. Hierdurch soll ein unkontrolliertes Einbrechen des zu stützenden Bodens in den Kanalgraben verhindert werden. Die zulässigen Abschlagtiefen der DIN 4124 sind dabei zu berücksichtigen. Die Verbauelemente sind durch ausreichend dimensionierte Drucksteifen gegeneinander auszusteifen.

Im Zuge der Baumaßnahmen müssen ggf. verlaufende Fremdleitungen gesichert werden. Die Leitungsfreilegung und daraus abzuleitende Arbeiten gehören zu den planerischen Aufgaben, die in

Zusammenarbeit mit dem örtlichen Betrieb/der Bauleitung abgestimmt werden müssen. Das Freilegen oder Untergraben von bestehenden Leitungen ist ohne weitere Maßnahmen grundsätzlich nicht zulässig (z.B. Sicherung durch Verbau oder Aufhängung). Die **Zulässigkeit potenzieller Verformungen** ist in jedem Fall nachzuweisen und mit den betroffenen Leitungsträgern abzuklären.

Im Falle von angrenzenden, setzungskritischen Leitungen ist mit besonderer Sorgfalt zu arbeiten. Ggf. sind in Abhängigkeit der Betreibervorgaben weitere Maßnahmen erforderlich (z.B. Setzungsabschätzung und begleitende Setzungs-Vermessung). Falls nötig ist eine verformungsärmere Verbauart (z.B. ausgesteifter Spundwandverbau) zu wählen und ggf. unter Berücksichtigung der EAB und DIN 4124 auf einen erhöhten aktiven Erddruck zu bemessen. Auf die Kennwerte in Tabelle 3.2-1 wird verwiesen. Für den Wandreibungswinkel darf 2/3 φ angesetzt werden.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass größere Setzungen im Einflussbereich des aktiven Erddrucks (Ausbreitungswinkel $\theta = 45° + \varphi/2$) nicht auszuschließen sind. Kleinere Setzungen sind zudem unter einem Ausbreitwinkel von 45° ab Grabensohle möglich.

Falls der neu verlegte Kanal an bestehende Schachtbauwerke herangeführt wird, ist beim Ausheben der Baugruben bzw. des Grabens zu beachten, dass das **einseitige Abgraben der Schächte** zu einer **einseitigen Erddruck-Belastung** führt. Es ist zu prüfen, ob diese Schächte dafür ausriechend bemessen sind. Gegebenenfalls sind diese Schächte rundherum freizulegen oder entsprechend abzustützen.

Nach DIN EN 1610/DWA-A 139 ist eine Mindestgrabenbreite von 2,1 m aufgrund des Rohrdurchmessers einzuhalten. Die Mindestgrabenbreite bei verbauten Gräben nach DIN EN 1610 bzw. DWA A 139, Tab. 1 bzw. Tab. 2 werden damit eingehalten. Im Bereich der Schächte ist die Grabenbreite entsprechend der Schachtbreite zu erhöhen, sofern Personalzutritt z.B. für Verdichtungsarbeiten erforderlich ist.

Die Schachtwände sind unter Berücksichtigung der Angaben in der DIN 4085 ("Baugrund - Berechnung des Erddrucks") grundsätzlich auf Erdruhedruck zu bemessen. Es ist darüber hinaus zu prüfen, ob ggf. ein Verdichtungserddruck oder der Mindesterddruck maßgebend werden kann.

4.4 Erdarbeiten

Bei den Aufbrucharbeiten der Asphaltdecke ist zu berücksichtigen, dass unterhalb der Schwarzdecke Schlacke und Betonreste angetroffen wurden. Entsprechende Erschwernisse sind einzukalkulieren.

Beim Aushub fallen die Schichten 1.1 (G1 bis G2), 1.2, 2 und 3 (G3 bis G4) an. Es wurde Festgestein angetroffen. Gemäß den Erkundungen gab es Erschwernisse beim Bohrvorgang, daher ist aufgrund des unterlagernden Festgesteins und Verwitterungshorizontes mit Stein- und Blockanteilen zu rechnen, die die Erdarbeiten erschweren können. Es ist grundsätzlich in allen Schichten und Tiefen mit Aushuberschwernissen zu rechnen. Grundsätzlich ist in den bindigen Böden mit einer Glattschneide zu arbeiten. In Schicht 1.1 und 3 können je nach Festigkeit auf Höhe der Sohle Arbeiten mit Baggerschaufel mit Reißzähnen oder Meißelarbeiten erforderlich werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die bindigen Böden mit geringer Plastizität (Schicht 1.2 und 2) bei Wassersättigung (Niederschläge, zulaufendes Stauwasser) und gleichzeitiger Lagerungsstörung in eine breiige Zustandsform (ehemals Bodenklasse 2) übergehen können. Ein Befahren des Erdplanums ist unzulässig, der Aushub muss rückschreitend und der Einbau des Bodenaustausches mittels Vor-Kopf-Schüttung vorgenommen werden. Im Falle von aufgeweichten Böden sind diese zusätzlich auszutauschen.

Unterhalb der Gründungsschicht sollte zudem ein Geotextil (mindestens GRK 3) als Trennschicht angeordnet werden, um die Filterstabilität bei den Verdichtungsarbeiten zum angrenzenden Baugrund zu wahren. Zum Schutze des Erdplanums ist dieses unverzüglich nach Freilegung mit dem Geotextil und der ersten Lage des Gründungspolsters anzudecken.

Für das Gründungspolster, die Verfüllung in der Leitungszone sowie für Verfüllung oberhalb des Rohres können abgesehen von enggestuften Sanden grundsätzlich alle Böden der Gruppe G1 (Bodengruppen nach DIN 18196: GE, GW, GI, SW, SI) verwendet werden. Diese sollten eine gute Verdichtbarkeit und Volumenbeständigkeit aufweisen. In der Leitungszone muss zudem ein Größtkorn von 40 mm eingehalten werden. Zur Vermeidung einer ungünstigen Drainagewirkung wird empfohlen ca. alle 15 m bis 20 m einen etwa 0,5 m breiten Riegel aus bindigen Materialien (z.B. TL, TM) einzubauen.

Der Einbau und die Verdichtung des Materials hat in Schüttlagen von maximal 30 cm zu erfolgen. Hierbei ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 98\%$ zu erzielen. Es wird empfohlen, Kontrollen der Verdichtungsarbeiten durchzuführen. Dazu empfehlen wir nach erfolgter Verdichtung die Durchführung von Rammsondierungen (DPL) oder auf einzelnen Lagen dynamische Plattendruckversuche als Fremdüberwachung durch den AG. Bei der Verfüllung der Schachtbaugruben ist auf eine rundherum gleichmäßige Verfüllhöhe zu achten.

Es wird darauf hingewiesen, dass der **Verbau** gemäß den Angaben in DIN EN 1610, Abschnitt 11.5, entsprechend dem Stand der Verfüllung einschließlich deren Verdichtung **schrittweise gezogen** werden muss. Ansonsten können beim Entfernen des Verbaus erst nach Fertigstellung der Grabenverfüllung Hohlräume im Untergrund verbleiben, die zu Nachsackungen und Straßen- bzw. Gebäudeschäden führen können.

Die Aushubböden der Schicht 2 sind aufgrund der umwelttechnischen Eignung weitestgehend unter Zustimmung der entsprechenden Umweltbehörde für den Wiedereinbau geeignet. Hierzu wird in Abhängigkeit der Wassergehalte ggf. eine Bindemittelstabilisierung erforderlich. Es wird empfohlen, falls geplant, die Aushubböden ggf. nur oberhalb der Leitungszone für den Wiedereinbau zu verwenden. Bei der Zwischenlagerung sind die Böden auf Miete aufzuschichten und gegen Wasserzutritt zu schützen. Die Böden der Schichten 1.1 und 1.2 müssen aufgrund der chemischen Analyseergebnisse entsorgt werden. Es wird darauf hingewiesen, dass nach den derzeit geltenden Bestimmungen eine Analyse gemäß der Ersatzbaustoffverordnung sowie der Deponieverordnung (DepV) erforderlich ist. Diese ist nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

Da in den Straßenbereich eingegriffen wird, sind bei der Wiederherstellung des ungebundenen und gebundenen Straßenaufbaus grundsätzlich die Vorgaben der ZTV E-StB 17, der RStO 12 und der ZTV A-StB 12 zu berücksichtigen sowie die Vorgaben der zuständigen Behörde bzw. der Eigentümer einzuholen und zu beachten.

4.5 Grundwasserhaltung

Gemäß Kap. 2.3 wurde der Bauwasserstand auf 1,5 m u. GOK angesetzt. Die Baugrubensohlen liegen teilweise unterhalb des angesetzten Bauwasserstandes, sodass aufgrund der hauptsächlich erdfeuchten bis feuchten, bindigen Böden eine offene Wasserhaltung vorzusehen ist. Eine offene

Wasserhaltung ist zur Beherrschung von Oberflächenwasser und Stauwasser in jedem Fall vorzuhalten und ggf. zu betreiben. Bei längeren offenen Grabenabschnitten mit Gefälle sind, falls eintretend, Wasserwegigkeiten abschnittsweise durch Riegel (z.B. aus dem gering durchlässigen Aushubböden) und Pumpensümpfen zu unterbinden und das anfallende Wasser abzupumpen. Ein entsprechendes Gefälle zu den Pumpensümpfen hin ist vorzusehen.

Aufgrund der gemessenen Grundwasserstände wird empfohlen, vor Baubeginn die Notwendigkeit einer Wasserhaltung zu prüfen.

4.6 Nachbarbebauung

Neben den Bebauungen und Straßen sind ggf. vorhandene Leitungen zu berücksichtigen. Es sind die Hinweise der Aushubgrenzen nach DIN 4123 zu beachten. Ggf. zu berücksichtigende Vorgaben/ Randbedingungen der jeweiligen Betreiber sind einzuholen und planerisch zu prüfen.

Die Bauzustände sind so zu planen und statisch nachzuweisen, dass Einflüsse auf die bestehenden Fundamente, Leitungen und die vorhandenen Straßen vermieden werden. Da der im Untergrund anstehende Boden Schwingungen (z. B. durch Verdichtungsarbeiten) übertragen kann, können sich hieraus u.U. kleinere Rissbilder an der Nachbarbebauung ergeben. Insbesondere bei Abbruch- und Rammarbeiten sind Auswirkungen auf die Bestandsbebauung nicht auszuschließen.

Bei **Verdichtung** mit schwerem Gerät neben bestehenden Bauwerken ist zu beachten, dass es hierdurch zu architektonischen Schäden am Gebäudebestand kommen kann. Es wird empfohlen, die naheliegenden Nachbargebäude und die Verkehrsinfrastruktur im Vorfeld beweiszusichern. Sollten im Bestand Erschütterungen deutlich spürbar werden, sind ggf. Schwingungsmessungen zum Zweck der Beweissicherung durchzuführen. Es ist ein frequenzsteuerbares Verdichtungsgerät zu verwenden und dieses ist ggf. hinsichtlich Frequenz und Amplitude anzupassen oder es ist statisch zu verdichten.

4.7 Geotechnische Kategorie

Unter Berücksichtigung der geologischen Randbedingungen wird das Bauwerk in die **geotechnische Kategorie 2** nach Normenhandbuch EC 7 eingeordnet.

4.8 Sonstige Empfehlungen

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

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.

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. Hollenhorst

Caterina Hollenhorst, M.Sc.
(Teamleiterin)

i.A. A. Sahin

Alexandra Sahin, M.Sc.
(Projektleiterin)

Verteiler:

- Landesbetrieb Straßenbau NRW, Herr Ozan Simsek, Bochum, 1 x per Mail an < ozan.simsek@strassen.nrw.de>
- Dr. Spang GmbH, Witten, 1 x