

Baugrunduntersuchung
Gründungsberatung
Bodenmechanik • Erdstatik
Altbergbauberatung
Altlastenuntersuchung
Hydrogeologische Untersuchung

GRUNDBAUINSTITUT BIEDEBACH

Hellerstraße 21
44229 Dortmund

Telefon: 0231 880872-0
Telefax: 0231 880872-29
E-Mail: info@gbdo.de
Internet: www.gbdo.de

GRUNDBAUINSTITUT BIEDEBACH · Hellerstraße 21 · 44229 Dortmund

DB InfraGO AG
Unionstraße 5
59067 Hamm

05. November 2024
CB/Me/Yi
Bearb.-Nr. 3165

Neubau Eisenbahnüberführung (EÜ) Bahnhofstraße in Bönen, DB-Strecke 2932, ca. km 197,300

**- Baugrunduntersuchung, geotechnische Beratung,
chemische Gleisschotter-, Asphalt- und Boden-
analysen, Installation von Grundwassermessstellen
und Wassermesspegeln, Grundwasserstands-
messungen -**

INHALTSVERZEICHNIS**Seite**

1. VORBEMERKUNGEN	5
1.1 Allgemeines, Aufgabenstellung	5
1.2 Verwendete Unterlagen	5
1.3 Lage des Untersuchungsbereichs	7
2. BAUGRUND	8
2.1 Allgemeine Hinweise zu den örtlichen Baugrundverhältnissen	8
2.1.1 Geologie	8
2.1.2 Gefährdungspotentiale	9
2.2 Felduntersuchungen	9
2.3 Schichtenfolge	11
2.4 Bodenmechanische Laborversuche	13
2.5 Bodenmechanische Eigenschaften und Kennwerte	14
2.5.1 Auffüllungen, z.T. organisch	14
2.5.2 Schluff, z.T. organisch	15
2.5.3 Mergelstein unterschiedlicher Verwitterungsgrade	16
3. GRUNDWASSER	17
3.1 Grundwasserstände	17
3.2 Angaben zu Bemessungswasserständen	18
3.2.1 Bemessungswasserstand für den Bauzustand	18
3.2.2 Bemessungswasserstand für den Bauendzustand ...	19
3.2.3 Pumpversuche	19
4. GRÜNDUNG	19

4.1	Allgemeines	19
4.2	Flachgründung der Straßentröge	20
4.3	Flachgründung der EÜ	21
4.4	Tiefgründung der EÜ	23
5.	STRAßENBAUMAßNAHME	26
5.1	Frostsicherheit	26
5.2	Tragfähigkeit des Planums	27
5.3	Gehweg	27
6.	BAUGRUBENVERBAUE UND RÜCKVERANKERUNG	28
7.	HINWEISE FÜR DIE PLANUNG UND BAUAUSFÜHRUNG	29
7.1	Herstellung und Trockenhaltung der Baugruben	29
7.2	Trogkonstruktionen	31
7.3	Rammarbeiten	31
7.4	Bohrpfähle	32
7.5	Straßenbaumaßnahme	32
7.6	Angaben zu geeigneten Erdbaustoffen	33
7.7	Weitere Hinweise, Qualitätssicherung	34
8.	HOMOGENBEREICHE, BESCHREIBUNG DER BODENARTEN NACH VOB C ..	35
8.1	Allgemeines	35
8.2	Gewerke	36
8.3	Homogenbereiche	36
8.3.1	Erd- und Verbauarbeiten (DIN 18 300/18 303) ...	36
8.3.2	Bohrarbeiten (DIN 18 301)	37
8.3.3	DIN 18 304: Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten ..	38



9. CHEMISCHE ANALYSEN	38
10. SCHLUSSBEMERKUNGEN	39
11. ANLAGENVERZEICHNIS	40

1. VORBEMERKUNGEN

1.1 Allgemeines, Aufgabenstellung

Die DB InfraGO AG, Hamm, plant den Neubau der Eisenbahnüberführung (EÜ) „Bahnhofstraße“ an der DB-Strecke 2932 bei ca. km 197,300 in Bönen, da der Bahnübergang (BÜ) bei km 197,615 im Rahmen der Maßnahme ESTW HAMM 2. Baustufe zurückgebaut wird.

Das GRUNDBAUINSTITUT BIEDEBACH (GB) wurde beauftragt, für dieses Bauvorhaben eine Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung durchzuführen. Außerdem sollten chemische Boden-, Gleisschotter-, Asphalt- und Grundwasseranalysen sowie Grundwasserstandsmessungen durchgeführt werden.

Im Zusammenhang mit dem Neubau der EÜ werden auch umfangreiche Straßenbaumaßnahmen erforderlich, auf die sich das vom GB zu erstellende Gutachten ebenfalls beziehen sollte.

Seitens der DB wurde die GEOlogik Wilbers & Oeder GmbH, Münster mit der Erstellung eines hydrogeologischen Gutachtens beauftragt.

Im Zuge eines Ortstermins am 04.06.2024 wurde von der DB InfraGO AG und vom GB der Umfang der Feld- und Laboruntersuchungen festgelegt.

1.2 Verwendete Unterlagen

Zur Bearbeitung wurden vom GB die nachfolgend genannten Unterlagen verwendet, welche z.T. in digitaler Form zur Verfügung gestellt worden sind:

- [U1] Lageplan aus der Entwurfsplanung, Plan-Nr. 2714EE01.PIC
Maßstab 1 : 500, erstellt durch Stapelmann und Bramey Architekten und Ingenieure, Schalksmühle, mit Datum vom 24.11.2006

- [U2] Schnitt aus der Entwurfsplanung, Plan-Nr. 2714EO01.PIC
Maßstab 1 : 500, erstellt durch Stapelmann und Bramey Architekten und Ingenieure, Schalksmühle, mit Datum vom 24.11.2006
- [U3] Lageplan aus der Vorplanung, Plan-Nr. 6.1, Maßstab 1 : 200, erstellt durch w+b Ingenieure GmbH, Münster, in 03/2024
- [U4] Lageplan aus der Vorplanung, Plan-Nr. 6.2, Maßstab 1 : 200, erstellt durch w+b Ingenieure GmbH, Münster, in 03/2024
- [U5] Lageplan aus der Vorplanung, Plan-Nr. 6.3, Maßstab 1 : 200, erstellt durch w+b Ingenieure GmbH, Münster, in 03/2024
- [U6] Geologische Karten des Internet-Informationsdienstes Geoportal.NRW, Maßstab 1 : 100.000
- [U7] Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland zur DIN 4149, Maßstab 1 : 350.000, herausgegeben vom Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen
- [U8] Kartenwerke „Gefährdungspotentiale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen“, herausgegeben vom Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen
- [U9] Luftbild des Untersuchungsbereichs, Maßstab 1 : 2.500, erstellt durch die Luftbilddatenbank Dr. Carls GmbH, Estenfeld, von Dezember 2022

Außerdem wurden vom GB auftragsgemäß Informationen zu den im Untergrund verlaufenden Ver- und Entsorgungsleitungen bei den zuständigen Betreibern eingeholt ([U10]).

[U1] ist zu entnehmen, dass die Baustrecke eine Gesamtlänge von ca. 826 m und die beiden Trogbauwerke sowie die EÜ von ca. 242 m aufweisen soll. Die geplante Straßengradiente liegt gemäß [U2] in EÜ-Mitte ca. 6 m unter der Geländeoberfläche. [U3] bis [U5] ist zu entnehmen, dass momentan 3 Varianten der Gründung der EÜ bzw. der Überbauten geplant sind:

Variante 1:

- Gründung mittels überschnittener Bohrpfahlwand
- Überbau als Halbrahmen (monolithische Verbindung mit Unterbauten)
- -Trogbauwerk als separates Bauwerk unterhalb der EÜ

Variante 2:

- Gründung mit WU-Trogkonstruktion aus Widerlagern und Sohle
- schräge Auflagerbank ($< 30^\circ$ nach Ril)
- Preflex-Überbau

Variante 3:

- Gründung mit Bohrpfählen senkrecht zur Gleisachse
- Überbau aus Trogbrücken mit Auflager auf den Pfahlköpfen

Für die Gründung der Straßentröge liegen dem GB zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung keine Unterlagen vor.

1.3 Lage des Untersuchungsbereichs

Die Lage des Umbaubereichs ist dem nachfolgenden Stadtplanausschnitt zu entnehmen:



Abbildung 1: Lage des Untersuchungsbereiches (Quelle: tim-online)

2. BAUGRUND

2.1 Allgemeine Hinweise zu den örtlichen Baugrundverhältnissen

2.1.1 Geologie

Aus [U6] ist ersichtlich, dass im Untersuchungsbereich bei künstlich nicht veränderter Topographie oberflächennah Feinsandmergel-, Tonmergel- und Kalkmergelsteine anstehen, welche der geologischen Formation der Oberkreide zuzuordnen sind. Diese werden von quartären Niederterrassen (Kies, Sand, Schluff) sowie von anthropogenen

Auffüllungen überlagert. Erfahrungsgemäß ist der anstehende Mergelstein am Schichtbeginn stark verwittert. Darunter folgt harter Mergelstein, welcher stellenweise stark klüftig ist.

2.1.2 Gefährdungspotentiale

[U7] ist zu entnehmen, dass das Stadtgebiet von Bönen außerhalb der Erdbebenzonen liegt.

Zur Klärung, ob ggf. Sicherungsmaßnahmen gegen Einwirkungen aus geologisch- oder bergbaubedingten Gefahren des Untergrundes vorzusehen sind, wurde vom GB eine Internetrecherche durchgeführt ([U8]). Danach wird auf verkarstungsfähiges Gestein hingewiesen, welches sich durch versickerndes Niederschlagswasser oder durch zirkulierende Grundwässer auflöst und zur Bildung von Spalten, Hohlräumen oder Erdfällen beiträgt.

Für die vom GB durchgeführten bzw. veranlassten Baugrunderkundungsbohrungen sind zuvor Kampfmitteluntersuchungen durchgeführt worden. Im Zuge der weiteren Planung ist die örtliche Kampfmittelsituation zu berücksichtigen und ggf. genauer zu untersuchen. Diesbezüglich ist die zuständige Behörde mit einzubeziehen.

2.2 Felduntersuchungen

Zur Erkundung der Schichtenfolge des Baugrundes wurden vom GB im August und September 2024 insgesamt 12 Rammkernsondierungen (RKS) mit der Entnahme gestörter Bodenproben und parallel dazu jeweils Rammsondierung (mit Ausnahme bei RKS 10) mit mittelschwerem bzw. schwerem Gerät (DPM/DPH) zur Feststellung des Lagerungszustandes der anstehenden Böden sowie zur Abgrenzung des Grundgebirgshorizontes abgeteuft. Die DPM wurden gemäß DIN 4094-3:2002-01 mit einem Spitzenquerschnitt von 10 cm² und einem Rammgewicht von 30 kg ausgeführt.

Ergänzend sind zur Erkundung der Baugrundsichtung im Bereich der geplanten EÜ von der Firma Fluhme & Sohn GmbH, Bergkamen, 2 Bohrungen (BK) mit der Entnahme gestörter und ungestörter Proben aus der Locker- bzw. Verwitterungsgesteinsüberlagerung sowie durchgehender Kerne im harten Mergelstein niedergebracht worden. Die Bohrlöcher wurden jeweils zu Grundwassermessstellen (GWMst) ausgebaut.

Die Sondierlöcher der RKS 1 und RKS 12 wurden zu Wassermesspegeln (WP) ausgebaut, um darin längerfristig Grundwasserstandsmessungen durchführen zu können.

Zusätzlich wurden aus jedem Gleis im Bereich der geplanten EÜ Gleisschotterproben (Schurf 1 bis 5) gemäß Ril 880.4010, Abbildung 4, gewonnen. Gemäß Abbildung 7 der v.g. Ril soll bei der Probenahme jeweils eine Mischprobe aus insgesamt 4 ca. gleichen Volumenanteilen gewonnen werden, wobei 2 Anteile aus dem Gleisschotter und 2 Anteile aus dem Unterbau zu gewinnen sind.

Die Lage der Bohr-, Sondier- und Schurfansatzpunkte kann dem Lageplan, Anlage 1/1, entnommen werden. Die Ergebnisse sind als Schnitte in Form von Schichtprofilen und Rammdiagrammen in der Anlage 1/2 aufgetragen. Aus Anlage 1/2 gehen auch die Ausbauten der GWMst und der WP hervor.

Die Schichtenverzeichnisse der BK, die von dem Geräteführer der Firma Fluhme erstellt wurden, sind diesem Bericht als Anlagen 1/3.1 bis 1/3.6 beigelegt. Eine Fotodokumentation der Bohrkerns ist den Anlagen 1/4.1 bis 1/4.4 zu entnehmen.

Die Ansatzpunkte der BK und RKS wurden höhenmäßig auf 2 Kanaldeckel im Untersuchungsbereich eingemessen, deren Lage im v.g. Lageplan, Anlage 1/1, gekennzeichnet ist und deren Höhen aus [U10] hervorgehen. Danach lagen die Ansatzpunkte der Bohrungen und Sondierungen zwischen den Koten + 67,58 m NN und + 72,70 m NN.

2.3 Schichtenfolge

Nach Ansprache der Bodenproben, die bei den BK und RKS gewonnen wurden, stehen im Untersuchungsbereich ab Geländeoberfläche (GOF) folgende Bodenschichten an:

bis 0,6/4,0 m	Auffüllungen aus Kies, Sand und Schluff, z.T. tonig, organisch, humos, kalkhaltig (Kiese = kantig: Schlacke, Schotter, Naturstein, Bauschutt, Ziegel, zerbohrt, gerundet)
bis 1,9/3,2 m (außer RKS 2, 6 und 11)	Schluff, z.T. sandig, tonig, kiesig, organisch (Kiese = gerundet)
bis 3,3/20,0 m (Endteufe der RKS und BK)	Mergelstein unterschiedlicher Verwitterungsgrade

Bereichsweise konnte die Untergrenze der Auffüllungen nicht eindeutig festgestellt werden. Fremdbeimengungen, wie z.B. Bauschutt, wurden in den fraglichen Böden nicht angetroffen. Es wiesen unregelmäßige Verfärbungen sowie die Tiefenlage auf mögliche Auffüllungen hin. Die entsprechenden Bodenschichten sind in den Schichtprofilen der Anlage 1/2 mit „A?“ gekennzeichnet.

Am Ansatzpunkt 4 ist die GOF mit Kopfsteinpflaster und an den Ansatzpunkten 6 und 7 mit Asphalt befestigt. Die Oberflächenbefestigung wurde zur Durchführung der Sondierungen geöffnet und später wieder fachgerecht verschlossen.

Bereichsweise ist an der GOF eine Grasnarbe vorhanden. Bei der BK 1 wurde die obere Bodenschicht als Mutterboden angesprochen.

Gemäß der Bodenansprache weisen die anstehenden aufgefüllten Schluffe unterschiedliche, überwiegend weiche bis steife Konsistenzen auf. Die gewachsenen Schluffe wurden von den

Laboranten des GB als überwiegend weich bis steif angesprochen. Dies wird im Wesentlichen durch die Ergebnisse der DPM/DPH bestätigt.

Die Eindringwiderstände, die bei den Rammsondierungen innerhalb der Auffüllungen gemessen wurden, lassen auf eine im Wesentlichen sehr lockere bis lockere, bereichsweise auch mitteldichte bis dichte Lagerung schließen. Zum Teil wurden oberflächennah innerhalb der Auffüllungen sehr hohe Eindringwiderstände gemessen, was darauf hindeutet, dass in den Auffüllungen grobstückige Einlagerungen und Verfestigungen vorhanden sein können.

Mit Schichtbeginn des verwitterten Grundgebirges konnte überwiegend jeweils zuerst ein stetiger Anstieg und zur Tiefe hin ein sprunghafter Anstieg der Eindringwiderstände festgestellt werden. Die DPM/DPH 1 bis 9, 11 und 12 mussten in einer Tiefe von 3,1/4,7 m unter GOF bei Eindringwiderständen von $N_{10} > 100$ Schlägen je 10 cm Eindringtiefe abgebrochen werden. Es ist davon auszugehen, dass ab dieser Tiefe Fels mit einer mindestens mäßigen mineralischen Bindung ansteht.

Bereichsweise wurden innerhalb der Auffüllungen und gewachsenen Lockergesteinsüberlagerung sprunghafte Anstiege und Rückgänge der Eindringwiderstände festgestellt. Dies kann auf das Vorhandensein grobstückiger Einlagerung (Steine, Blöcke, Reste ehemaliger Bebauung) innerhalb dieser Böden hinweisen, welche Ramm- bzw. Bohrhindernisse darstellen können.

Die RKS 1 bis 9, 11 und 12 musste in Tiefen von 3,0/4,4 m unter GOF abgebrochen werden, da kein weiterer Sondierfortschritt zu verzeichnen war.

2.4 Bodenmechanische Laborversuche

An charakteristischen Bodenproben, die bei den RKS gewonnen wurden, sind im Labor des GB bodenphysikalische Untersuchungen durchgeführt worden.

An repräsentativen Bodenproben wurden die Korngrößenverteilungen bestimmt. Hierzu sind 4 Nasssiebungen, 4 Trockensiebungen, 2 Schlämmanalysen sowie 10 kombinierte Sieb- und Schlämmanalysen ausgeführt. Die Körnungslinien und Körnungsbänder sind ebenso wie die Ergebnisse der zugehörigen Wassergehaltsbestimmungen den Anlagen 1/5.1 und 1/5.2 zu entnehmen.

An bindigen Bodenproben sind ergänzend die Zustandsgrenzen nach DIN 18 122 bestimmt worden. Die Versuchsergebnisse sind den Anlagen 1/6.1 bis 1/6.6 zu entnehmen.

An insgesamt 8 geeigneten Kernstücken, die bei den BK gewonnen wurden, sind von der Materialprüfanstalt Hartl, Dortmund, Bestimmungen der einaxialen Druckfestigkeit und der Rohdichte ausgeführt worden. Der Prüfbericht ist als Anlagen 1/7.1 bis 1/7.10 beigelegt. Demnach wurden einaxiale Druckfestigkeiten zwischen 3,33 N/mm² und 9,36 N/mm² sowie Rohdichten zwischen 2,403 kg/dm³ und 2,454 kg/dm³ festgestellt.

Innerhalb der aufgefüllten und gewachsenen Böden wurden zum Teil organische Einlagerungen festgestellt. An den betreffenden Bodenproben wurde der Gehalt an organischen Beimengungen ermittelt. Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Laborergebnisse Organikgehalte

Aufschluss Nr.	Labor Nr.	Entnahmetiefe (m)		Wassergehalt (Gew.-%)	Gehalt an organischen Bestandteilen (Gew.-%)	Versuchs- ergebnis
		von	bis			
RKS 1	7421	0,00	0,60	9,4	9,3	stark organisch
RKS 9	7425	0,80	2,00	21,5	5,2	organisch
RKS 1	7426	0,6	0,8	30,7	11,6	stark organisch
RKS 3	7427	0,7	1,7	25,5	3,8	schwach organisch
RKS 4	7434	0,6	1,8	21,4	4,1	schwach organisch
RKS 5	7435	0,5	1,7	22,6	3,3	schwach organisch
RKS 12	7436a	1,2	1,9	24,4	4,5	schwach organisch

Den vorstehenden Versuchsergebnissen in der Tabelle 1 ist zu entnehmen, dass die untersuchten Proben überwiegend als schwach organisch, z.T. auch als organisch bzw. stark organisch einzustufen sind. Organische Böden schwinden und quellen bei Wassergehaltsveränderungen, so dass unabhängig von der jeweiligen Belastung unkontrollierte Sackungen oder Hebungen eintreten können. Außerdem weisen organische Böden eine relativ große Zusammendrückbarkeit auf.

2.5 Bodenmechanische Eigenschaften und Kennwerte

Die anstehenden Bodenarten können hinsichtlich ihrer bodenmechanischen Eigenschaften und Kennwerte z.T. unter Berücksichtigung der Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche wie folgt beurteilt werden:

2.5.1 Auffüllungen, z.T. organisch

Die Auffüllungen aus Kies, Sand und Schluff weisen unterschiedliche Schichtmächtigkeiten und Lagerungszustände sowie inhomogene Zusammensetzungen auf. Innerhalb dieser Böden ist bei Belastungen neben

Setzungen mit unkontrollierten Sackungen in Folge Kornumlagerungen zu rechnen. Die Auffüllungen stellen deshalb einen schlecht tragfähigen Baugrund dar.

Im wassergesättigten Zustand können Auffüllungen mit hohen Schluffgehalten oder bindigen Eigenschaften die Merkmale fließender Bodenarten aufweisen. Die Böden sind dann stark bewegungsempfindlich, so dass eine dynamische Beanspruchung während der Bauzeit vermieden werden muss.

Innerhalb der Auffüllungen wurden organische Einlagerungen angetroffen. Organische Böden schwinden und quellen bei Wassergehaltsveränderungen, so dass unabhängig von der jeweiligen Belastung unkontrollierte Sackungen oder Hebungen eintreten können.

Die bodenmechanischen Kennwerte und charakteristischen Bodenkenngrößen lassen sich als Grenzwerte geschätzt wie folgt angeben:

Steifemodul	$E_s = 3 - 40 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma_k = 16 - 19 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma_k' = 9 - 11 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des dränierten Bodens	$\phi_k' = 28 - 35^\circ$
Kohäsion des dränierten Bodens	$c_k' = 0$
Durchlässigkeitskoeffizient	$k = 1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ (abhängig vom Feinkorngesamtgehalt)

2.5.2 Schluff, z.T. organisch

Die Schluffe stellen auf Grund ihrer weichen bis festen Konsistenz einen mäßig guten, bereichsweise jedoch verhältnismäßig stark zusammendrückbaren Baugrund dar.

Im wassergesättigten Zustand können die Schluffe die Merkmale fließender Bodenarten aufweisen und sind dann stark bewegungsempfindlich. Aus diesem Grund muss eine dynamische Beanspruchung während der Bauzeit vermieden werden.

Innerhalb der gewachsenen Schluffe wurden organische Einlagerungen angetroffen. Organische Böden schwinden und quellen bei Wassergehaltsveränderungen, so dass unabhängig von der jeweiligen Belastung unkontrollierte Sackungen oder Hebungen eintreten können.

Die bodenmechanischen Kennwerte und charakteristischen Bodenkenngrößen lassen sich als Grenzwerte geschätzt wie folgt angeben:

Steifemodul	$E_s = 5 - 15 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma_k' = 11 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des dränierten Bodens	$\phi_k' = 25 - 28^\circ$
Kohäsion des dränierten Bodens	$c_k' = 10 - 5$
Durchlässigkeitskoeffizient	$k = 1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ (abhängig vom Tongehalt)

2.5.3 Mergelstein unterschiedlicher Verwitterungsgrade

Wie bereits erwähnt, ist der anstehende Mergelstein am Schichtbeginn stark verwittert. Er weist dort die Eigenschaften eines bindigen Lockergesteins auf. Bis zur Endteufe der Rammsondierungen ist von einer fehlenden bzw. schlechten mineralischen Bindung auszugehen. Unterhalb der Endteufen der Rammsondierungen steht nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung harter Mergelstein mit einer mindestens mäßigen mineralischen Bindung an.

Die bodenmechanischen Kennwerte und charakteristischen Bodenkenngrößen lassen sich als Grenzwerte geschätzt wie folgt angeben:

verwitterter Mergelstein (ohne bzw. mit schlechter mineralischer Bindung):

Steifemodul	$E_s = 30 - 70 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma_k = 19 - 21 \text{ kN/m}^3$
Ersatzreibungswinkel (Reibung und Kohäsion)	$\phi_k = 33 - 35^\circ$

harter Mergelstein (mit mindestens mäßiger mineralischer Bindung):

Steifemodul	$E_s = 70 - > 150 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma_k = 20 - 26 \text{ kN/m}^3$
Ersatzreibungswinkel (Reibung und Kohäsion)	$\varphi_k = 35 - 38^\circ$

Der Durchlässigkeitskoeffizient des Grundgebirges ist abhängig vom Felstrennflächengefüge sowie vom Zertrennungsgrad und kann auf engem Raum sehr unterschiedlich sein.

3. GRUNDWASSER

3.1 Grundwasserstände

Bei den im September 2024 von der Firma Fluhme durchgeführten Bohrarbeiten wurde das Grundwasser auf Höhe der Kote + 65,64 m NN und 67,33 m NN festgestellt. In dem WP 1 wurde bei 66,20 m NN bzw. 66,04 m NN und dem WP 12 bei 65,51 m NN bzw. 65,43 m NN Grundwasser angetroffen. Auch bei den vom GB durchgeführten RKS sind z.T. Verlässungszone im östlichen Untersuchungsbereich innerhalb der Lockergesteinsüberlagerung in unterschiedlichen Tiefen ab ca. 1,8 m unter Geländeoberfläche festgestellt worden.

Die Grundwasserstände wurden vom GB Ende August und Ende September 2024 erneut eingemessen. Dabei wurde das Grundwasser im Mittel auf Höhe der Kote + 65,93 m NN im östlichen Bereich und + 65,55 m NN im westlichen Bereich eingemessen.

Internetrecherchen beim Fachinformationssystem ELWAS-WEB des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen haben ergeben, dass im näheren Umkreis des Untersuchungsbereichs keine Grundwassermessstellen vorhanden sind und demzufolge keine Messergebnisse vorliegen.

Die Ergebnisse der Sondierung, Bohrungen, der Grundwasserstandsmessungen sowie der Pumpversuche sind teilweise nicht eindeutig, sodass aufgrund der einheitlichen Grundwasserstandsmessergebnisse entweder mit gespannten Grundwasserverhältnissen zu rechnen ist oder dass eine Verbindung zwischen den oberen und unteren Grundwasserstockwerken besteht. Weitere Informationen hinsichtlich der Grundwasserthematik wird dem noch zu erstellenden hydrogeologischen Gutachtens entnommen werden können. Aus Sicht des GB sollte nach Fertigstellung des v.g. Gutachtens ein Fachgespräch unter allen Beteiligten hinsichtlich der Grundwasserthematik sowie dessen Auswirkungen aus das Gesamtprojekt stattfinden.

3.2 Angaben zu Bemessungswasserständen

Nach starken, anhaltenden Niederschlägen kann der Grundwasserstand noch ansteigen. Außerdem ist davon auszugehen, dass versickerndes Niederschlagswasser kurzzeitig in und über den relativ undurchlässigen bindigen Boden (Schluff) aufgestaut wird. Aus diesem Grund sind sowohl für die Bauausführung als auch für den Bauendzustand Sicherungsmaßnahmen gegen Stau-, Schichten- und Grundwasser vorzusehen.

Um verlässliche Angaben zum ausgespiegelten Grundwasserstand und Bemessungswasserständen zu erlangen, empfiehlt das GB in den vorhandenen GWMst und WP die Messungen über einen aussagekräftigen Zeitraum in regelmäßigen Abständen (z.B. monatlich für die Dauer eines Jahres) auszuführen. Wir bitten um Benachrichtigung, falls diese Leistungen vom GB erbracht werden sollen.

3.2.1 Bemessungswasserstand für den Bauzustand

Unter Berücksichtigung der derzeit vorliegenden Informationen zu den Grundwasserverhältnissen wird vom GB vorab empfohlen, den

Bemessungswasserstand für die Bauzeit in Höhe der Kote +66,5 m NN anzunehmen.

3.2.2 Bemessungswasserstand für den Bauendzustand

Unter Berücksichtigung der derzeit vorliegenden Informationen zu den Grundwasserverhältnissen wird vom GB vorab empfohlen, den Bemessungswasserstand für den Bauendzustand in Höhe der derzeitigen Geländeoberfläche anzunehmen.

3.2.3 Pumpversuche

In den Grundwassermessstellen der Bohrungen BK 1 und BK 2 ist von der Firma Fluhme & Sohn GmbH jeweils ein Pumpversuch ausgeführt worden. Die Pumpversuchsprotokolle sind als Anlagen 1/8.1 bis 1/8.6 beigelegt. Aus den im Beharrungszustand geförderten Grundwassermengen ($0,7 \text{ m}^3/\text{h}$ bei einer Absenktiefe von 13,4 m bzw. $2,03 \text{ m}^3/\text{h}$ bei einer Absenktiefe von 9,14 m) sowie den technischen Daten des Bohrloches ist vom GB der Durchlässigkeitsbeiwert iterativ ermittelt worden. Die Berechnungsergebnisse sind als Anlagen 1/9.1 und 1/9.2 diesem Gutachten beigelegt.

4. GRÜNDUNG

4.1 Allgemeines

Derzeit liegt noch keine Planung für das neue Brückenbauwerk sowie die Straßentröge vor. Die Lage der Bauwerke kann [U1] entnommen werden. Mögliche Gründungsvarianten für das Brückenbauwerk können [U3] bis [U5] entnommen werden.

Angaben über die Tiefenlagen der konstruktiven Gründungssohlen (Unterkante der statisch erforderlichen Konstruktionen) im Bereich der Straßentröge bzw. der Widerlager sowie ggf. zur Absetztiefe der

Bohrpfähle im Bereich der EÜ liegen dem GB nicht vor. Nachfolgend werden allgemeine Angaben zu Flach- und Tiefgründungen gemacht.

4.2 Flachgründung der Straßentröge

Den Darstellungen der Anlage 1/2 (Längsschnitt durch die Trogbauwerke) ist zu entnehmen, dass der Schichtbeginn des verwitterten Mergelsteins zwischen Anfang (Bau-km 0.1+43.00) und Ende des Trogbauwerks (Bau-km 0.3+75.00) verhältnismäßig eben zwischen den Koten + 64 m NN und + 66 m NN liegt. Die Endteufen der DPM/DPH, welche mit dem Schichtbeginn des harten Mergelsteins gleichzusetzen sind, lagen im Wesentlichen zwischen den Koten + 63,5 m NN und + 65,0 m NN. Die Verwitterungszonen der Mergelsteins weist eine daher eine Mächtigkeit von ca. 1,5 m auf.

Es ist davon auszugehen, dass die Sohlen der Straßentröge bereichsweise innerhalb der gewachsenen Lockergesteine, bereichsweise innerhalb der Verwitterungszone des Mergelsteins und bereichsweise im harten Mergelstein liegen werden. Für die Dimensionierung der Trogsohlen, die üblicherweise nach dem Bettungsmodulverfahren vorgenommen werden, können zunächst folgende Bettungsmodule k_s in Ansatz gebracht werden:

Lockergesteinsüberlagerung (Kies, Sand und Schluff):

$$k_s = 15 \text{ MN/m}^3$$

verwitterter Mergelstein (bis Endteufe der Rammsondierungen):

$$k_s = 25 \text{ MN/m}^3$$

harter Mergelstein (ab Endteufe der Rammsondierungen):

$$k_s = 50 \text{ MN/m}^3$$

Voraussetzung für die v.g. Werte ist jeweils die Gründung auf dem gewachsenen, ungestörten Baugrund ausreichender Tragfähigkeit sowie der fachgerechte Einbau und eine ausreichende Verdichtung der Ausgleichsschicht (vgl. Abschnitt 7.1).

Das GB weist darauf hin, dass der Bettungsmodul keine Bodenkonstante ist und von der Interaktion zwischen Bauwerk und Baugrund abhängig ist.

Nach Durchführung der Gründungsbemessung bitten wir um Mitteilung der daraus resultierenden Spannungen und Spannungsverteilungen, damit vom GB Setzungsberechnungen und ggfs. eine daraus resultierende Anpassung des Bettungsmoduls vorgenommen werden kann.

Bereits an dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass die neuen Trogbauwerke im Bauendzustand nahezu auf der gesamten Länge dauerhaft ins Grundwasser einbinden wird. Die Auftriebssicherheit der EÜ und der anschließenden Straßentröge ist nachzuweisen. Insbesondere im Anfangs- und Endbereich der Anrampungen sind die Bauwerkslasten erfahrungsgemäß gering, so dass hier ggf. zusätzliche Maßnahmen erforderlich werden.

4.3 Flachgründung der EÜ

Erfahrungsgemäß wird die konstruktive Gründungssohle (Unterkante der statisch bzw. konstruktiv erforderlichen Widerlagerfundamente) unter Berücksichtigung der örtlichen Randbedingungen auf Höhe der konstruktiven Gründungssohlen des Trogbauwerke angeordnet. Den Aufträgen der Anlage 1/2 ist zu entnehmen, dass in dieser Tiefe im Bereich der geplanten EÜ der harte Mergelstein mit mind. mäßiger mineralischer Bindung ansteht. Vor Einbau des Fundamentbetons müssen aus den Gründungssohlen sämtliche gestörten oder aufgeweichten Boden-/Felspartien restlos entfernt werden. Dort wo diese noch anstehen, müssen diese ausgehoben und die Fundamente in ihren

Grundrissabmessungen mit Unterbeton bis zum Schichtbeginn des harten Mergelsteins tiefer geführt werden.

Für den Nachweis der Gründung entsprechend Eurocode 7 auf dem verwitterten Mergelstein kann dann der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ für die Bemessung einer Flachgründung bei einer Fundamentbreite von $b \geq 1,5$ m wie folgt in Ansatz gebracht werden:

$$\sigma_{R,d} = 840 \text{ kN/m}^2$$

Der v.g. Wert wurde auf Grundlage einer ausreichenden Grundbruchsicherheit ohne Begrenzung der Setzungen angegeben und setzt eine Mindesteinbindetiefe der Fundamente von $t \geq 1,0$ m sowie Frostfreiheit voraus.

Nach Aufstellung der statischen Berechnung bitten wir um Übersendung eines Lastenplanes mit eingetragenen charakteristischen, setzungsrelevanten Lasten, damit vom GB Setzungsberechnungen durchgeführt und Angaben zum Ausgleich etwaiger unzulässiger Setzungen und Setzungsdifferenzen gemacht werden können.

Für eine Gründungsbemessung nach dem Bettungsmodulverfahren darf der Bettungsmodul k_s zunächst wie folgt in Ansatz gebracht werden:

verwitterter Mergelstein (bis Endteufe der Rammsondierungen):

$$k_s = 25 \text{ MN/m}^3$$

harter Mergelstein (ab Endteufe der Rammsondierungen):

$$k_s = 50 \text{ MN/m}^3$$

Das GB weist darauf hin, dass der Bettungsmodul keine Bodenkonstante ist und von der Interaktion zwischen Bauwerk und Baugrund abhängig ist. Nach Durchführung der Gründungsbemessung bitten wir um Mitteilung der daraus resultierenden Spannungen und Spannungsverteilungen,

damit vom GB Setzungsberechnungen und ggfs. eine daraus resultierende erforderliche Anpassung des Bettungsmoduls vorgenommen werden kann.

Falls sich dabei unzulässige Setzungen ergeben, muss eine Tiefgründung ausgeführt werden.

Bereits an dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass die neuen Trogbauwerke im Bauendzustand nahezu auf der gesamten Länge dauerhaft ins Grundwasser einbinden wird. Die Auftriebssicherheit der EÜ und der anschließenden Straßentröge ist nachzuweisen. Insbesondere im Anfangs- und Endbereich der Anrampungen sind die Bauwerkslasten erfahrungsgemäß gering, so dass hier ggf. zusätzliche Maßnahmen erforderlich werden.

4.4 Tiefgründung der EÜ

Die Aufstandsebenen der Bohrpfähle müssen zur Ableitung der Bauwerkslasten mit einer Einbindung von $t \geq 1,0$ m im harten Mergelstein angeordnet werden. Aus den statischen Berechnungen resultieren ggf. auch größere erforderliche Einbindelängen. Aus den Pfahlaufstandsebenen müssen sämtliche aufgelockerten und gestörten Felspartien restlos entfernt werden. Für die Bemessung der Bohrpfähle kann dann der charakteristische Wert des Pfahlspitzendrucks $q_{b,k}$ wie folgt in Ansatz gebracht werden:

$$q_{b,k} = 3.000 \text{ kN/m}^2$$

Positive Mantelreibung darf erst innerhalb des verwitterten Mergelsteins ab Kote + 63,5 m NN und darunter wie folgt in Ansatz gebracht werden:

verwitterter Mergelstein (bis Endteufe der Rammsondierungen):

$$q_{s,k} = 90 \text{ kN/m}^2$$

harter Mergelstein (ab Endteufe der Rammsondierungen):

$$q_{s,k} = 250 \text{ kN/m}^2$$

Es ist zu beachten, dass bei Bohrpfählen im Fels in der Regel nur eine geringe Vertikalverschiebung erforderlich ist, um die Mantelreibung zu aktivieren.

Bohrpfähle, die im kompakten Fels abgesetzt werden, weisen zumeist nur geringe Setzungen auf, sodass bei Einhaltung des Grenzzustandes der Tragfähigkeit (ULS) auf den Gebrauchstauglichkeitsnachweis (SLS) i.d.R. verzichtet werden kann (vgl. EA-Pfähle). Die Erstellung einer Widerstands-Setzungslinie anhand von Erfahrungswerten ist deshalb bei den vorliegenden Baugrundverhältnissen nicht möglich. Wenn für die Bemessung dennoch eine Widerstands-Setzungslinie benötigt wird, ist die Durchführung von statischen Pfahlprobelastungen erforderlich.

Die horizontale Bettung für Bohrpfähle (angenommener Durchmesser: $D = 1,0 \text{ m}$) kann gemäß der nachfolgenden Skizze in Ansatz gebracht werden.

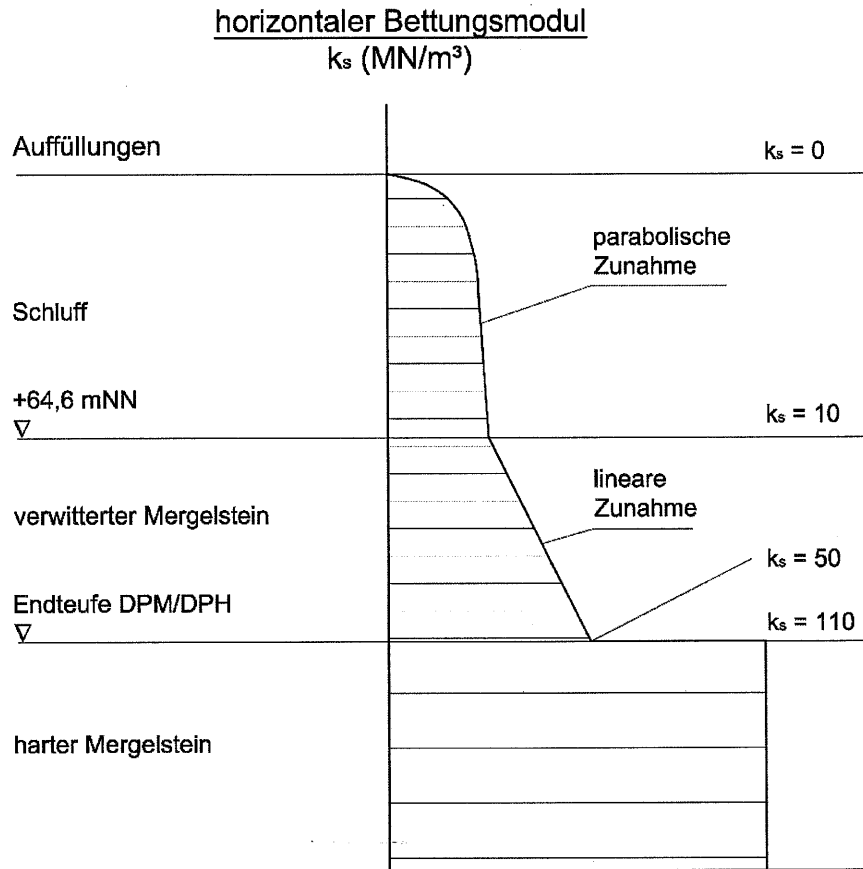


Abbildung 1: horizontaler Bettungsmodul

Für größere und kleinere Pfahldurchmesser (D) kann der horizontale Bettungsmodul (k_s) linear in folgendem Verhältnis umgerechnet werden:

$$k_s = \frac{E_s \left[\frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \right]}{D \left[\text{m} \right]}$$

Eine gegenseitige Beeinflussung (Gruppenwirkung) der Bohrpfähle ist bei der Bemessung zu berücksichtigen.

5. STRASSENBAUMAßNAHME

5.1 Frostsicherheit

Die Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus wird gemäß den „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“ (RStO 12), Tabelle 6, in Abhängigkeit von der Frostempfindlichkeitsklasse des Untergrundes/Unterbaus und der Belastungsklasse festgelegt.

Nachfolgend wird davon ausgegangen, dass für die dimensionierungsrelevante Beanspruchung die Belastungsklasse Bk 10 (oder höher) in Ansatz gebracht werden muss. Danach ergibt sich für einen Untergrund/Unterbau aus Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 (frostempfindlich) und F3 (sehr frostempfindlich) auf der sicheren Seite liegend die Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus zu 65 cm.

Die Mehr- oder Minderdicken in Folge örtlicher Verhältnisse sind wie folgt festzulegen:

A) Frosteinwirkung: Zone I	+ 0 cm
B) Kleinräumige Klimaunterschiede: keine besonderen Klimaeinflüsse	+ 0 cm
C) Wasserverhältnisse: Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum	+ 5 cm
D) Lage der Gradienten: Geländehöhe bis Damm < 2,0 m	+ 0 cm
E) Entwässerung der Fahrbahn/Ausführung der Randbereiche: Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen	- 5 cm
Mehrdicken infolge örtlicher Verhältnisse:	+ <u>0 cm</u>

Es ergibt sich somit für einen Untergrund/Unterbau aus Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 (frostempfindlich) und F3 (sehr frostempfindlich) auf der sicheren Seite liegend die Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus zu 65 cm.

An den Ansatzpunkten der durchgeführten Baugrundaufschlüsse stehen Auffüllungen und gewachsene Schluffe an, welche den Frostempfindlichkeitsklasse F2 und F3 zuzuordnen sind und somit nicht den Anforderungen an den frostsicheren Straßenaufbau genügen.

Vom GB wird empfohlen, im gesamten im Untersuchungsbereich liegenden Straßenabschnitt die Böden einheitlich bis in eine Tiefe von 65 cm unterhalb der geplanten Straßenoberfläche auszuheben und durch ein Material der Frostempfindlichkeitsklasse F1 (nicht frostempfindlich) zu ersetzen.

5.2 Tragfähigkeit des Planums

Gemäß ZTVE-StB 17 („Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“) muss auf dem Planum aus F2- bzw. F3-Böden ein Verformungsmodul in der Zweitbelastung einen statischen Lastplattendruckversuches von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden.

Es muss davon ausgegangen werden, dass ein Nachverdichten der z.T. anstehenden bindigen Böden nur bei sehr günstigen Witterungsbedingungen möglich ist. Daher weist das anstehende Planum voraussichtlich zumindest bereichsweise keine ausreichende Tragfähigkeit auf. Dort wo der geforderte Verformungsmodul nicht nachgewiesen werden kann, muss ein gezielter zusätzlicher Bodenaustausch mit dem v.g. F1-Material vorgenommen werden. Alternativ besteht die Möglichkeit das Planum durch das Einfräsen von Bindemitteln zu stabilisieren.

5.3 Gehweg

Gemäß RStO 12 beträgt die Minstdicke und unter Berücksichtigung der Angaben in Abschnitt 5.1 die erforderliche Dicke des frostsicheren Oberbaus für Gehwege 30 cm.

Im Bereich von Überfahrten für Kraftfahrzeuge ist die Befestigungsdicke auf die Verkehrsbelastung abzustimmen.

6. BAUGRUBENVERBAUE UND RÜCKVERANKERUNG

Bei Ausführung der Varianten 1 ([U3]) oder 3 ([U5]) können die überschnittenen Bohrpfahlwände, welche im Endzustand das Widerlager für die Überbauten darstellen, bauzeitlich als Baugrubenverbaue genutzt werden. Die Anordnung zusätzlicher Baugrubenverbaue im EÜ-Bereich wäre hierbei nicht erforderlich. Bei Ausführung der Variante 2 ([U4]) ist eine Anordnung von Baugrubenverbauen erforderlich.

Nachfolgend wird davon ausgegangen, dass die Straßentröge im Schutze von Baugrubenverbauen zu erstellen sind, da das Anlegen von geböschten Baugruben voraussichtlich aufgrund der örtlichen Randbedingungen nicht möglich ist. Einzelheiten zur Ausführung der Verbaue waren zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung nicht bekannt. Da jedoch auch die Baugrubensohlen im Bereich der Straßentröge überwiegend unterhalb des voraussichtlich gespannten Grundwasserspiegels liegen werden, müssen wasserdichte Konstruktionen zur Baugrubensicherung zur Ausführung kommen.

Der anstehende Mergelstein ist mindestens ab Endteufe der Rammsondierungen als nicht rammpbar zu bewerten, sodass Spundwandkonstruktionen voraussichtlich nur im Anfangs- und Endbereich der Straßentröge in Frage kommen. Demnach ist u.E. derzeit davon auszugehen, dass auch die Baugrubenverbaue im Bereich der Straßentröge als überschnittene Bohrpfahlwände ausgeführt werden. Falls andere Verbausysteme untersucht werden sollen und hierfür geotechnische Angaben benötigt werden, bitten wir um Benachrichtigung.

Bei der Planung/Bemessung der Baugrubenverbaue ist auch der Nachweis gegen hydraulischen Grundbruch zu führen. Ein Umströmen der Verbaue ist zu verhindern.

Informationen über eine mögliche Rückverankerung von Bauteilen liegen dem GB zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung nicht vor. Wenn die Planung weiter fortgeschritten ist und hierzu Angaben benötigt werden, sollten die Einzelheiten hierzu zu gegebener Zeit in einem gemeinsamen Fachgespräch unter den Beteiligten abgestimmt werden.

7. HINWEISE FÜR DIE PLANUNG UND BAUAUSFÜHRUNG

7.1 Herstellung und Trockenhaltung der Baugruben

Die anstehenden Lockergesteine sind, wie bereits erwähnt, im wassergesättigten Zustand stark bewegungsempfindlich. Aus diesem Grund muss während der Bauarbeiten eine dynamische Beanspruchung des Baugrundes vermieden werden. Das Planum aus den anstehenden Lockergesteinen darf nicht befahren werden. Die Aushubarbeiten müssen rückschreitend mit Standgeräten vorgenommen werden. Anderenfalls sind befestigte Baustraßen anzulegen.

Für den Bodenaushub in den Locker- und Verwitterungsgesteinen sollte ein Hydraulikbagger verwendet werden, der mit einer Schaufel ohne Zähne (Grabenschaufel) ausgerüstet ist. Dieses Gerät kann den Boden ohne Störung des Untergrundgefüges in rückschreitender Arbeitsrichtung bis in die erforderliche Tiefe abtragen. Dort wo nach dem Baugrubenaushub auf Höhe der Sohle aufgeweichte oder gestörte Boden-/Felspartien anstehen, müssen diese ausgehoben und durch ein geeignetes Material (siehe Abschnitt 7.5) ersetzt werden.

Innerhalb des harten Mergelsteins ist bei einem ungünstigen Felstrennflächengefüge beim Lösen mit einem gewissen Mehrausbruch zu rechnen.

Sowohl die anstehenden Lockergesteine als auch der Mergelstein müssen vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Es wird deshalb erforderlich, die Baugrubensohle unmittelbar nach dem Freilegen abzudecken.

Vom GB wird empfohlen, zur Vergleichsmäßigung unter den Trogsohlen einheitlich einen Bodenaustausch in einer Dicke von 30 cm vorzunehmen. Angaben zur Eignung möglicher Materialien können Abschnitt 7.6 entnommen werden. Das Bodenersatzmaterial kann auch verwendet werden, um erforderlichen Mehraushub im Bereich gestörter Boden-/ Felspartien bzw. im Bereich von Mehrausbrüchen im harten Mergelstein auszugleichen. Außerdem dient das Bodenersatzmaterial dem Schutz der Baugrubensohlen.

Im Bereich des Trogbauwerks wird während der Bauphase eine Grundwasserabsenkung und ggf. Entspannung des Grundwassers erforderlich. Die während der Baugrunderkundungen festgestellten Grundwasserstände liegen bereichsweise mehrere Meter über den späteren Baugrubensohlen. Die anstehenden bindigen Böden geben das Wasser erfahrungsgemäß nur langsam ab. Es wird deshalb voraussichtlich erforderlich, innerhalb der Lockergesteinsüberlagerung eine Grundwasserabsenkung im Vakuumverfahren vorzunehmen. Innerhalb des klüftigen Grundgebirges kann die Wasserhaltung voraussichtlich auch im Schwerkraftverfahren (Pumpensümpfe und Tauchpumpen) erfolgen. Es ist sicherzustellen, dass der Grundwasserstand jeweils bis 0,5 m unter Baugrubensohle abgesenkt wird. Andererseits muss verhindert werden, dass der Grundwasserspiegel unnötig tief abgesenkt wird, um die zu fördernde Wassermenge zu minimieren und insbesondere die Reichweite des Absenkt-richters zu begrenzen. Wie bereits erwähnt, sollte Einzelheiten hierzu nach Fertigstellung des hydrogeologischen Gutachtens der GEOlogik Wilbers & Oeder GmbH in ein Fachgespräch unter allen Beteiligten erörtert werden.

Vom GB wird empfohlen, für Gebäude und Verkehrsanlagen, die im Einwirkungsbereich der Grundwasserabsenkung liegen, vorsorglich eine Beweissicherung vorzunehmen.

7.2 Trogkonstruktionen

Die Straßentröge sowie ggf. je nach Ausführungsvariante auch das Brückenbauwerk müssen als wasserdichte Konstruktionen ausgebildet und auf Wasserdruck (nach jetzigem Kenntnisstand) bis zur GOF bemessen werden. Hierbei ist in jedem Fall eine ausreichende Auftriebssicherheit nachzuweisen. Seitens des GB wird empfohlen ggf. eine umlaufenden Ringdrainage einzubauen und an einen Pumpenschacht anzuschließen, um Grundwasserspitzen abzufangen. Ggf. kann es sinnvoll sein, ergänzend Flutöffnungen anzuordnen, um den Bemessungswasserstand zu begrenzen und eine wirtschaftlichere Bemessung zu gewährleisten. Einzelheiten sollten zu gegebener Zeit in einem gemeinsamen Fachgespräch unter den Beteiligten abgestimmt werden, wenn die Planung weiter fortgeschritten ist.

7.3 Rammarbeiten

Die anstehenden Bodenarten sind erfahrungsgemäß ab einer festen Konsistenz (bindige Böden) bzw. ab Schlagzahlen von $N_{10,DPH} > 60-80$ Schlägen innerhalb der nichtbindigen Böden als nicht rammbaar zu bewerten. Der Mergelstein ist ab Endteufe der DPH ebenfalls als nicht rammbaar einzustufen. Daher kann lokal der Einsatz von Einbringhilfen erforderlich werden, um die Spundwandprofile bis in die erforderlichen Tiefen einzubringen. Hierdurch kann möglicherweise deren Tragfähigkeit beeinträchtigt werden. Seitens des Tragwerksplaners ist dann ggf. zu beurteilen, ob zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen sind.

Die Wahl des Rammgerätes ist unter Beachtung der in diesem Bericht vorgenommenen Baugrundbeschreibung von der ausführenden Firma verantwortlich auf den Boden bzw. Fels und seine bodenmechanischen Eigenschaften abzustimmen.

Wie bereits erwähnt, wird seitens des GB davonausgegangen, dass Spundwandkonstruktionen voraussichtlich nur im oberen Anfangsbereich der Straßentröge in Frage kommen.

7.4 Bohrpfähle

Bei der Herstellung von Bohrpfählen sind die geltenden DIN-Normen, insbesondere die DIN EN 1997 und DIN EN 1536 sowie der Eurocode 7 zu berücksichtigen. Während des Abteufens der Bohrungen muss ein hydraulischer Grundbruch vermieden werden, welcher auch durch gespanntes Grundwasser begünstigt werden kann. Die Verrohrungen müssen dem Aushub bis zu den Aufstandsebenen vorausseilen, dürfen aber nicht tiefergeführt werden. Die Aufstandsebenen der Bohrpfähle müssen waagrecht hergestellt und von sämtlichen aufgelockerten und gestörten Felspartien sowie Bohrschmand gereinigt werden. Die Aufstandsebenen müssen mit einem Bohrtopf hergestellt werden, der über eine glatte Schneide verfügt (Schneidenüberstand < 5 cm). Der Einsatz von Pilotbohrern in Höhe der Aufstandsebenen ist nicht zulässig. Das Betonieren muss unmittelbar nach der Säuberung der Aufstandsebenen im Kontraktorverfahren (mit Schüttrohr und Ball) erfolgen.

7.5 Straßenbaumaßnahme

Zur Ableitung von Stau- und Niederschlagswasser muss das Planum mit einem ausreichenden Quergefälle von mindestens 4 ‰ angelegt werden. Das Planumsgefälle sollte dem Quergefälle der Straße angepasst werden. Außerdem sollte zur Ableitung von Stau- und Niederschlagswasser in den Tiefpunkten während der Bauzeit eine offene Wasserhaltung (Pumpensümpfe und Tauchpumpen) vorgehalten werden.

Die anstehenden Lockergesteinsböden sind im wassergesättigten Zustand stark bewegungsempfindlich. Aus diesem Grund muss während der Erdarbeiten eine dynamische Beanspruchung des Baugrundes weitgehend vermieden werden. Das Planum darf nicht befahren werden. Die Aushubarbeiten müssen rückschreitend mit Standgeräten vorgenommen werden, anderenfalls sind befestigte Baustraße anzulegen.

Für den Bodenaushub sollte ein Hydraulikbagger verwendet werden, der mit einer Schaufel ohne Zähne (Grabenschaufel) ausgerüstet ist. Dieses Gerät kann den Boden ohne Störungen des Untergrundgefüges bis

in die erforderliche Tiefe abtragen. Eventuelle (herstellungsbedingte) Auflockerungen und Aufweichungen müssen ausgehoben werden.

Wie bereits erwähnt, muss dort, wo keine ausreichende Tragfähigkeit auf dem Planum nachgewiesen werden kann, ein gezielter zusätzlicher Bodenaustausch mit Fl-Material vorgenommen werden. Vom GB wird empfohlen, Prüffelder anzulegen, damit die Einbaukriterien (Schüttlagendicke, Verdichtungsleistung, Anzahl der Verdichtungsübergänge, usw.) optimiert werden können. Einzelheiten hierzu sollten zu gegebener Zeit in einem gemeinsamen Fachgespräch erörtert werden.

Es besteht auch die Möglichkeit einer Planumsstabilisierung durch das Einfräsen von Bindemitteln. In diesem Fall werden umfangreiche Eignungsuntersuchungen (Laborversuche und Felduntersuchungen) erforderlich, um die Art und Menge der Bindemittelzugabe zu kalibrieren. Die Vorgehensweise sollte frühzeitig in einem gemeinsamen Fachgespräch unter den Beteiligten abgestimmt werden, wenn eine entsprechende Planumsstabilisierung vorgenommen werden soll.

7.6 Angaben zu geeigneten Erdbaustoffen

Unter dem Bauwerk wird ein Bodenaustausch (Flächenfilter) und in den Straßenbereichen der Einbau eines Fl-Materials erforderlich. Hierfür muss ein körniger, volumenbeständiger Erdbaustoff mit stetigem Kornaufbau verwendet werden. Diese Forderung erfüllt zum Beispiel lehmfreier Kiessand der Körnung 0 - 32 mm oder ein entsprechendes gebrochenes Natursteinmineralgemisch der Körnung 0 - 45 mm. Der Feinkornanteil ($< 0,063$ mm Korngröße) muss < 5 Gew.-% betragen.

Die einzubauenden Materialien müssen filterstabil gegenüber dem anstehenden Baugrund sein, andernfalls ist ein Geotextil zu verlegen.

Bei der Ausführung des Bodenaustausches ist zu berücksichtigen, dass der Bodenersatzkörper über den Bauteilgrundriss hinaus unter einem

Winkel von $\leq 45^\circ$ verbreitert werden muss, um die Lastausstrahlung innerhalb des Bodenersatzes zu gewährleisten.

Der Einbau der Bodenmaterialien muss lagenweise bei guter Verdichtung erfolgen, so dass eine Lagerungsdichte von $D_{pr} \geq 100\%$ der einfachen Proctordichte bzw. die gemäß RStO 12 geforderten Werte erzielt werden. Der erzielte Verdichtungsgrad muss versuchsmäßig nachgewiesen werden. Gegebenenfalls stellen die gewachsenen Lockergesteine sowie der verwitterte Mergelstein kein ausreichendes Verdichtungswiderlager dar, so dass möglicherweise ein zusätzlicher Bodenaustausch erforderlich wird, um die geforderten Tragfähigkeiten nachzuweisen. In diesem Zusammenhang wird nochmals das Anlegen von Prüffeldern empfohlen.

Als Erdbaustoff eignet sich ggf. auch Recyclingmaterial, wenn dessen chemische und bodenmechanische Eignung nachgewiesen und mit der zuständigen Behörde abgestimmt wird.

7.7 Weitere Hinweise, Qualitätssicherung

Im Zuge der weiteren Planungsphasen und auch während der Bauzeit sollten bzw. müssen u.a. weitere geotechnische Untersuchungen und Berechnungen sowie Kontrollen und Abnahmen durchgeführt werden:

- Beurteilung der bodenmechanischen und chemischen Eignung von vorgesehenen Erdbaustoffen, Abstimmung mit den Behörden und der geotechnischen Bauleitung
- Untersuchung der Filterstabilität zwischen den anstehenden Böden und den vorgesehenen Erdbaustoffen
- Durchführung von Verdichtungskontrollen (Eigen- und Fremdüberwachung)
- Abstimmung mit der zuständigen Behörde bzgl. der hydrogeologischen Situation in Abstimmung mit der GEOlogik Wilbers & Oeder GmbH

- Durchführung von Wasserstandsmessungen sowie ggf. ergänzenden Pumpversuchen, ggf. in Abstimmung mit der GEOlogik Wilbers & Oeder GmbH
- Beurteilung der Standsicherheit von bauzeitlichen Böschungen ohne rechnerische Nachweise
- Durchführung von Standsicherheits- und Setzungsberechnungen für Bau- und Endzustände
- Durchführung von Standsicherheitsuntersuchungen für Krangründungen
- Durchführung von Gründungs- und/oder Pfahlabnahmen

Außerdem ist davon auszugehen, dass im Weiteren ergänzende geotechnische Angaben und Kennwerte benötigt werden. Hierzu bitten wir im Rahmen einer planungs- und baubegleitenden geotechnischen Beratung zu gegebener Zeit um Benachrichtigung.

8. HOMOGENBEREICHE, BESCHREIBUNG DER BODENARTEN NACH VOB C

8.1 Allgemeines

Nach VOB/C sind die anstehenden Boden- und Felsarten entsprechend ihres Zustandes vor Durchführung der Bauleistungen in Homogenbereiche einzuteilen. Ein Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich aus einzelnen oder mehreren Boden-/Felsschichten, der für die zum Einsatz kommenden Geräte vergleichbare Eigenschaften aufweist.

Das GB geht davon aus, dass die Baumaßnahme in die geotechnische Kategorie GK 2 nach DIN 4020:2010-12 einzustufen ist. Die daraus resultierenden Anforderungen im Hinblick auf die anzugebenden Kennwerte sind im Zuge der weiteren Planung zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Es ist zu beachten, dass der Anteil an Steinen und (großen) Blöcken anhand der Ergebnisse der bisher durchgeführten Baugrundaufschlüsse nicht eindeutig festgelegt werden kann. Sowohl innerhalb der

Auffüllungen als auch innerhalb der gewachsenen Lockergesteinsüberlagerungen und insbesondere im Mergelstein sind entsprechende grobstückige Einlagerungen nicht auszuschließen.

8.2 Gewerke

Derzeit wird vom GB davon ausgegangen, dass bei der geplanten Maßnahme Bauleistungen für folgende Gewerke erforderlich werden können

- Erdarbeiten: DIN 18 300:2019-09
- Bohrarbeiten: DIN 18 301:2019-09
- Verbauarbeiten: DIN 18 303:2019-09
- Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten: DIN 18 304:2019-09

8.3 Homogenbereiche

8.3.1 Erd- und Verbauarbeiten (DIN 18 300/18 303)

Im Hinblick auf die Vorgaben der o.g. DIN-Normen wird vom GB empfohlen, die anstehenden Böden wie folgt in Homogenbereiche aufzuteilen.

- Homogenbereich A: Auffüllungen
- Homogenbereich B: Gewachsene Lockergesteine und verwitterter Mergelstein ohne bzw. mit schlechter mineralischer Bindung
- Homogenbereich C: Harter Mergelstein mit mindestens mäßiger mineralischer Bindung

Für den Aufbruch von Oberflächenbefestigungen sowie die Beseitigung von grobstückigen Einlagerungen und Bauwerksresten gelten die v.g. Homogenbereiche nicht. Hierfür sollten in die Ausschreibung gesonderte Positionen aufgenommen werden.

Sofern Gleisschotter getrennt vom Boden ausgebaut und entsorgt werden soll, ist dieser als separater Homogenbereich für die Erdarbeiten

zu betrachten. Anderenfalls stellt der Gleisschotter keinen eigenen Homogenbereich dar und ist dem Homogenbereich A zuzuordnen. Für den Gleisschotter gelten mit ausreichender Genauigkeit die Angaben für aufgefüllte Kiese.

Die erforderlichen Kennwerte und Angaben zu den bodenmechanischen Eigenschaften sind in den Tabellen der Anlagen 1/10.1 und 1/10.2 zusammengefasst.

Die Angaben darin basieren teilweise auf den Erkenntnissen bei der Baugrunderkundung, den Ergebnissen der bodenmechanischen Laborversuche sowie Erfahrungswerten.

8.3.2 Bohrarbeiten (DIN 18 301)

Im Hinblick auf die Vorgaben der o.g. DIN-Norm wird vom GB empfohlen, die anstehenden Böden wie folgt in Homogenbereiche aufzuteilen:

- Homogenbereich A: Auffüllungen
- Homogenbereich B: Gewachsene Lockergesteine und verwitterter Mergelstein ohne bzw. mit schlechter mineralischer Bindung
- Homogenbereich C: Harter Mergelstein mit mindestens mäßiger mineralischer Bindung

Die erforderlichen Kennwerte und Angaben zu den bodenmechanischen Eigenschaften sind in den Tabellen der Anlagen 1/10.3 und 1/10.4 zusammengefasst.

Die Angaben darin basieren teilweise auf den Erkenntnissen bei der Baugrunderkundung, den Ergebnissen der bodenmechanischen Laborversuche sowie Erfahrungswerten.

8.3.3 DIN 18 304: Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten

Im Hinblick auf die Vorgaben der v.g. DIN-Normen wird vom GB empfohlen die anstehenden Boden- und Felsarten in folgenden Homogenbereich einzuteilen:

- Homogenbereich A: Auffüllungen
- Homogenbereich B: Gewachsene Lockergesteine und verwitterter Mergelstein ohne bzw. mit schlechter mineralischer Bindung
- Homogenbereich C: Harter Mergelstein mit mindestens mäßiger mineralischer Bindung

Wie bereits erwähnt, ist innerhalb des Homogenbereichs A bereichsweise mit grobstückigen Einlagerungen zu rechnen, die Rammhindernisse darstellen können. Der Homogenbereich A ist als leicht bis schwer rammbaar einzustufen.

Die erforderlichen Kennwerte und Angaben zu den bodenmechanischen Eigenschaften sind in den Tabellen in den Anlagen 1/10.5 und 1/10.6 zusammengefasst.

Die Angaben in den v.g. Tabellen basieren teilweise auf den Erkenntnissen aus den Laborversuchen (siehe Abschnitt 2.4) sowie z.T. auf Erkenntnissen aus der Baugrunderkundung und Erfahrungswerten.

9. CHEMISCHE ANALYSEN

Die Ergebnisse der chemischen Boden-, Altschotter- sowie Grundwasseranalysen liegen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vollständig vor und werden später in einem separaten Bericht mitgeteilt.

10. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Zur Durchführung einer planungs- und baubegleitenden geotechnischen Beratung sowie falls ergänzend Rückfragen in baugrundtechnischer Hinsicht anstehen, bitten wir zu gegebener Zeit um Benachrichtigung.

Projektingenieur

(S. Menzer, M. Eng.)

GRUNDBAUINSTITUT BIEDEBACH

(Dipl.-Ing. C. Biedebach)

10 Anlagen

Verteiler: DB InfraGO AG, Hamm, 2 x als Ausdruck, digital

11. ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1/1	Lageplan
Anlage 1/2	Schichtprofile, Rammdiagramme
Anlagen 1/3.1 bis 1/3.6	Schichtenverzeichnisse der Bohrfirma Fluhme
Anlagen 1/4.1 bis 1/4.4	Fotodokumentation der Bohrkerne
Anlagen 1/5.1 und 1/5.2	Körnungslinien/-bänder
Anlagen 1/6.1 bis 1/6.6	Bestimmung der Zustandsgrenzen
Anlagen 1/7.1 bis 1/7.10	Laborbericht der Firma HARTL zur Er- mittlung von einaxialen Druckfestig- keiten und Rohdichten an Bohrkernen
Anlagen 1/8.1 bis 1/8.6	Protokolle Pumpversuche
Anlagen 1/9.1 und 1/9.2	Auswertung Pumpversuche
Anlagen 1/10.1 bis 1/10.6	Angaben zu Homogenbereichen