

Bauvorhaben

Bundesstraße B 236

Grundhafte Erneuerung von km 5,775 bis km 7,600

in Dortmund

(Neubau von Lärmschutzwänden)

2. Geotechnischer Bericht

Ergänzung EBV

- Baugrunduntersuchung/Baugrund- und altlastentechnische Beratung -
Stand: 04.04.2023

Auftraggeber:

Landesbetrieb Straßenbau NRW
Regionalniederlassung
Ruhr
z. H. Herrn Schieder
Harpener Hellweg 1
44791 Bochum

Sachverständige:

Dr.-Ing. U. Höfer
Dipl.-Ing. T. Bockau

Datum: 4. April 2023
Bearb.-Nr.: 20462-BE-02
Dr. Hö/Bo/di

Verteiler:

Landesbetrieb Straßenbau NRW,
z. H. Herrn Schieder, 1 x + E-Mail

Geotechnik-Institut-Dr. Höfer GmbH & Co. KG

Geschäftsführer:
Dr. Ulrich Höfer, Sebastian Höfer, Matthias Höfer
Steuernr.: 315/5806/1402
Sitz: Dortmund
Handelsregister: AG Dortmund HRA 17085

Persönlich haftende Gesellschafterin:
Geotechnik-Institut-Dr. Höfer Verwaltungs GmbH
Sitz: Dortmund
Handelsregister: AG Dortmund HRB 22891

Tel.: 0231-399610-0
Fax: 0231-399610-29

info@gid-hoefer.de
www.gid-hoefer.de

Volksbank Dortmund
BIC GENODEM1DOR
IBAN DE55 4416 0014 3807 2000 00



Staatlich anerkannter
Sachverständiger für
Erd- und Grundbau
Dr.-Ing. Ulrich Höfer

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. VORBEMERKUNGEN UND AUFGABENSTELLUNG	4
2. GEOTECHNISCHE KATEGORIE	5
3. BAUGRUND	6
3.1 Geologie	6
3.2 Baugrundaufschlüsse	7
3.3 Schichtenfolge / Eindringwiderstände	8
3.4 Bodenmechanische Eigenschaften	10
3.4.1 Oberboden	10
3.4.2 Auffüllungen	11
3.4.3 Schluff, schwach tonig bis tonig, schwach sandig bis sandig, kalkhaltig	13
3.4.4 Tonmergel, vollständig verwittert bis kompakt	14
3.5 Zusammenstellung der bodenmechanischen Kennwerte und Bodenklassifizierungen	18
3.6 Einteilung in Homogenbereiche gemäß VOB, Stand Oktober 2019	19
4. GRUNDWASSER	20
5. GRÜNDUNG	21
6. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG	24
6.1 Erdarbeiten gemäß ATV DIN 18 300	24
6.2 Bohrarbeiten gemäß ATV DIN 18 301	24
6.3 Verbauarbeiten gemäß ATV DIN 18 303	26
6.4 Grundwasserhaltung bzw. -absenkung gemäß ATV DIN 18 305	27
7. CHEMIE	28
7.1 Schwarzdeckenanalyse	28
7.2 Probennahme und Umfang der physikalisch-chemischen Untersuchungen	30
7.3 Beurteilungskriterien und Analyseergebnisse gemäß LAGA-Erlass	31
8. VERSICKERUNG VON OBERFLÄCHENWASSER	34
9. TABELLENVERZEICHNIS	35
10. LITERATURVERZEICHNIS/QUELLENANGABEN	35

11. ANLAGENVERZEICHNIS

36

1. VORBEMERKUNGEN UND AUFGABENSTELLUNG

Der Landesbetrieb Straßenbau NRW, Regionalniederlassung Ruhr, beabsichtigt die grundhafte Erneuerung der B 236 in Dortmund. Die Erneuerung soll zwischen den Kilometrierungen km 5,775 bis km 7,600 erfolgen.

Gegenstand des vorliegenden geotechnischen Berichtes sind die zu erneuernden Lärmschutzwände, welche westlich sowie östlich der B 236 neu errichtet werden sollen.

Zum besseren Überblick über die Lage der geplanten Baumaßnahme ist nachfolgend ein Lageplanauszug, aufgestellt vom Landesbetrieb Straßenbau NRW, dargestellt:

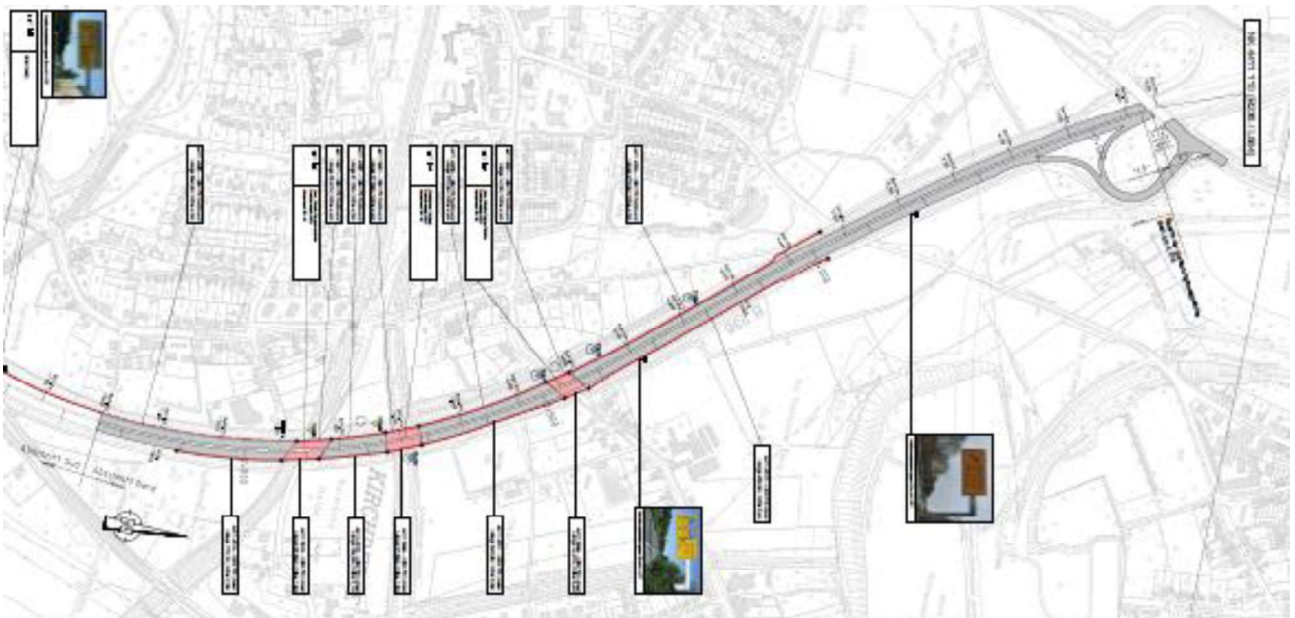


Abbildung 1: Lageplanauszug aus Lageübersichtsplan

Der Landesbetrieb Straßenbau NRW, Regionalniederlassung Ruhr, hat die GID GmbH & Co. KG mit einer baugrund- und altlastentechnischen Beratung beauftragt.

Für die Bearbeitung wurde der GID GmbH & Co. KG von Seiten des Landesbetriebes Straßenbau NRW, Regionalniederlassung Ruhr, ein Lageplan im Maßstab 1:2500 zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse der baugrund- und altlastentechnischen Beratung für die neu zu errichtenden Lärmschutzwände sind in dem vorliegenden Gutachten enthalten.

Des Weiteren stand dem Ingenieurbüro Geotechnik-Institut-Dr. Höfer GmbH & Co. KG die Geologische Karte C 4409, herausgegeben vom Geologischen Dienst NRW, zur Verfügung.

Folgende Normen und Regelwerke wurden im Rahmen des Gutachtens verwendet:

- DIN ISO 22476-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen, März 2012
- DIN 14688-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung, Dezember 2013
- DIN 1054, Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1, Dezember 2012
- DIN EN 1610, Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen, Januar 2010
- DWA-A 139, Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen, Januar 2010
- DIN 18196, Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke, Mai 2011
- DIN 18122-1, Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) - Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze, Juli 1997
- DIN EN ISO 17892-4, Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung, April 2017
- DIN 18300, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten, September 2016
- DIN 18301, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Bohrarbeiten, Stand September 2016
- DIN 18319, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Rohrvortriebsarbeiten, Stand September 2016
- LAGA Mitteilung 20, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln, Stand November 2003,
 - VOB Ausgabe 2019.

2. GEOTECHNISCHE KATEGORIE

Angesichts der vorhandenen hydrogeologischen und geologischen Verhältnisse, der vorliegenden Bauwerksbeschreibungen sowie den Einstufungsmerkmalen des Anhangs AA des Normenhandbuchs EC 7, Band 1, wurde bei der Planung der geotechnischen Erkundung für das vorgesehene Projekt von der Geotechnischen Kategorie GK 3 (Baumaßnahme mit hohem Schwierigkeitsgrad) ausgegangen.

3. BAUGRUND

3.1 Geologie

Gemäß des geologischen Dienstes NRW herrscht im Untersuchungsgebiet folgende Geologie vor:

Das Steinkohlengebirge ist ein wesentliches geologisches Element im Untergrund des Stadtgebiets Dortmund. Es entstand vor ca. 300 Mio. Jahren im Erdaltertum (Karbon) und besteht aus einer bis über 2500 m mächtigen Wechselfolge von Ton-, Schluff- und Sandsteinen mit eingelagerten Steinkohlenflözen. Gegen Ende des Karbons wurden die Ablagerungen durch gebirgsbildende Vorgänge verfaltet, zerbrochen und in zahlreiche Graben- und Horstschollen zerlegt. Schichten des Karbons stehen oberflächennah im Untergrund der südlichen Ortsteile und am Ruhrufer an. Nach Norden zu, etwa ab der Wasserscheide zwischen Ruhr und Emscher, werden sie von einem in dieser Richtung immer mächtiger (am Nordrand des Stadtgebiets bis über 300 m) werdenden Deckgebirge überlagert. Es besteht oberflächennah aus Schichten des Erdmittelalters (Kreide). Im Westen des Ruhrgebiets sind noch Schichten des Tertiärs, des Zechsteins, Buntsandsteins, Muschelkalks und Keupers anzutreffen. Großflächig verbreitet sind Lockergesteine der letzten Eiszeiten (Sand, Kies, Löss), die bis über 10 m mächtig werden können.

Der hohe Trink- und Brauchwasserbedarf im Dortmunder Stadtgebiet wird durch intensive Nutzung der gut durchlässigen Flusskiese der Ruhr abgedeckt. Die Leistung der Wasserwerke wird durch künstliche Anreicherung mit Ruhrwasser erhöht. Mineralwasservorkommen in Schichten der Oberkreide sind durch zahlreiche Betriebe erschlossen.

Die Steinkohlengewinnung in der größten nutzbaren Steinkohlenlagerstätte Deutschlands begann im ausgehenden Mittelalter und wurde seit Mitte des 19. Jahrhunderts großindustriell betrieben. Die fortschreitende Gewinnung der Lagerstätte führte zur Verlagerung der Bergbauzone immer weiter nach Norden und zum Vordringen in immer größere Abbautiefen. Die Steinkohlenförderung erreichte im Ruhrgebiet seinen Höhepunkt in den 1950er Jahren mit rund 130 Mio. Tonnen. Bis zum Jahr 2013 ging sie auf 8 Mio. Tonnen zurück. Im Jahr 2018 endet der Bergbau in Nordrhein-Westfalen. Die erste urkundliche Erwähnung einer Steinkohlengewinnung auf Dortmunder Stadtgebiet stammt aus dem Jahr 1302. Der Bergbau kam 1987 mit der Stilllegung des Bergwerkes Minister Stein zum Erliegen.

Der größte Teil des Stadtgebiets wird von Lösslehm eingenommen, aus dem Boden mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit entstanden ist. Zum Teil tritt im Unterboden Staunässe auf. Besonders in den nördlichen Stadtteilen reicht der Staunäseeinfluss häufig bis in den Oberboden. Der Lösslehm

geht im Raum Mengede in eine Zone mit SandLöss über, an die sich nach Norden ein Flugsandgebiet anschließt. Je nach der Mächtigkeit von SandLöss und Flugsand über schwer durchlässigem Untergrund haben sich daraus unterschiedliche Bodentypen gebildet, die kleinräumig wechseln. In den südlichen Stadtteilen, wo Karbon-Sandstein in einzelnen Rippen an der Erdoberfläche ansteht, hat sich flach- bis mittelgründiger Boden gebildet. In den Tälern ist der Boden unter Grundwassereinfluss entstanden.

Der Untergrund der Stadt Dortmund wird durch teilweise mehr als 5 m mächtigen Löss, teilweise umgelagert, durch schluffig-tonige, örtlich humose Ablagerungen der Emscher, die bis über 15 m mächtig sind, durch weitflächig vorhandene Sandablagerungen im Norden und Hanglehm und Verwitterungslehm in den südlichen Stadtteilen gebildet. Örtlich tritt vorbelastete Grundmoräne, die im allgemeinen unter den jüngeren Schluff- und Sandablagerungen verhüllt ist, nahe an die Oberfläche. Die jungen schluffigen Ablagerungen können bei fachgerechter Bearbeitung des Bodens im allgemeinen geringe bis mäßig große Bauwerkslasten aufnehmen und erfordern besondere Gründungsmaßnahmen, insbesondere in den nördlichen Stadtteilen mit örtlich hochstehendem Grundwasser. Auch die Sande können bei vorheriger Verdichtung mäßige bis auch größere Bauwerkslasten aufnehmen. Hohe Bauwerkslasten können oft mit besonderen Gründungsarten auf tieferliegende, besonders gut tragfähige Schichten des Oberkarbons im Süden, der Oberkreide im Mittel- und Nordteil der Stadt abgetragen werden. Örtlich, im Süden und beiderseits des Emschertals, reichen diese verfestigten Gesteine auf 1 - 2 m nahe an die Oberfläche und sind dort als vorteilhafter Baugrund bei Flachgründungen leicht zu erreichen. Die weitverbreiteten Auffüllungen erfordern stets besondere Untersuchungen und Maßnahmen. Im Südteil können bei Überbauungen Tagesbrüche über ehemaligen Abbauhohlräumen des Steinkohlenbergbaus eintreten. Entsprechende Untersuchungen sind nötig. Auskünfte über Beeinflussungen von Bauwerken durch untertägigen Steinkohlenabbau können beim Bergbautreibenden über das Landesoberbergamt in Dortmund eingeholt werden.

3.2 Baugrundaufschlüsse

Zur Erkundung der Schichtenfolge des Baugrundes und zur Gewinnung von Bodenproben wurden von der Terra Control GmbH, Ober-Mörlen, im Bereich der beiden Lärmschutzwände insgesamt 8 Großbohrungen (Bohrdurchmesser 150 mm) bis zu einer maximalen Tiefe von 9,60 m (Endteufe der Bohrungen) abgeteuft.

Zusätzlich wurden 6 Bohrungen für die geplanten Brückenbauwerke bis maximal 25,00 m unter die vorhandene Geländeoberkante abgeteuft.

Die Überprüfung der Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen der Auffüllungen und gewachsenen Böden bzw. die Feststellung der Zustandsformen des Felshorizontes erfolgte durch 44 zusätzliche Sondierungen gemäß DIN ISO 22476-2 mit der schweren Rammsonde.

Die Lage der Sondieransatzpunkte kann dem Lageplan der Anlage 2/1 entnommen werden. Die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse, dargestellt in Form von Schichtprofilen und Rammdiagrammen, gehen aus den Anlagen 2/2a und 2/2b hervor.

Die Höhen der Sondieransatzpunkte wurden von der Terra Control GmbH, Ober-Mörlen mittels GNSS vor Ort eingemessen.

3.3 Schichtenfolge / Eindringwiderstände

Nach dem Ergebnis der Baugrundaufschlüsse wurden im Untersuchungsbereich im Einzelnen folgende Bodenschichten angetroffen:

0 bis 0,10 m/0,60 m	Oberboden
0 bis 0,18 m/0,30 m	Schwarzdecke
0 bis 1,10 m/8,40 m	Auffüllungen (grobkörnig, bindig, sandig)
bis 2,70 m/> 9,60 m	Schluff, schwach tonig bis tonig, schwach sandig bis sandig, kalkhaltig
bis > 9,80 m/> 25,00 m (Endteufen der Bohrungen)	Tonmergel, vollständig verwittert bis kompakt

Zur Überprüfung der Festigkeiten der anstehenden Böden bzw. des Felshorizontes wurden Sondierungen gem. DIN ISO 22 476 – 2 mit der schweren Rammsonde (Fallgewicht 50 kg, Fallhöhe 50 cm, Spitzenquerschnitt 15 cm²) ausgeführt.

Mit der Rammsonde wird die Anzahl der Schläge pro 10 cm Eindringtiefe (n_{10}) gemessen, so dass anhand der festgestellten Eindringwiderstände Aussagen über die Festigkeitszustände der Böden getroffen werden können.

Zunächst wurde Oberboden in einer Mächtigkeit von 0,10 m bis 0,60 m angetroffen.

Im oberflächennahen Bereich wurde zum Teil eine 0,18 m bis 0,30 m mächtige Schwarzdecke durchteuft. Hierbei handelt es sich um den vorhandenen Standstreifen der Bundesstraße B 236.

Des Weiteren sind bis in Tiefen von 1,10 m und 8,40 m unter der vorhandenen Geländeoberkante grobkörnige, sandige, bindige und schlackenhaltige Auffüllungen durchbohrt worden.

Mit zunehmender Tiefe wurden bei den Bohrungen schwach tonige bis tonige, schwach sandige bis sandige und kalkhaltige Schluffe festgestellt. Die Schluffe stehen bis in Tiefen von 4,90 m und > 9,60 m u. GOK an.

Final wurde vollständig verwitterter bis kompakter Tonmergelstein erbohrt. Der Tonmergel reicht über die Endteufen der Sondierungen von > 9,80 m und > 25,00 m hinaus.

Beim Durchteufen der grobkörnigen, schlackenhaltigen, sandigen und bindigen Auffüllungen mit der schweren Rammsonde DPH wurden Eindringwiderstände von $n_{10} = 1$ bis 100 Schlägen erzielt. Abgeleitet aus der Anzahl der Schläge kann den Auffüllungen eine überwiegend lockere bis dichte Lagerung bzw. weiche Konsistenz zugewiesen werden. Die Schlacken stehen teilweise in einem hydraulisch verfestigten Zustand an.

In den Schluffen wurden Schlagzahlen von $n_{10} = 1$ bis 19 Schlägen festgestellt. Demnach kann den Schluffen eine weiche bis halbfeste Konsistenz attestiert werden.

Ferner sind beim Durchteufen des Tonmergels Eindringwiderstände von $n_{10} = 3$ bis 100 Schlägen zu konstatieren. Der Tonmergel weist zu Schichtbeginn einen vollständig verwitterten bis verwitterten, mit zunehmender Tiefe angewitterten bis kompakten Zustand auf.

3.4 Bodenmechanische Eigenschaften

Für die Einteilung der Homogenbereiche bezieht sich die GID GmbH & Co. KG auf bürointern festgelegte Schichteinheiten, vgl. nachfolgende Tabelle 1:

Tabelle 1: Legende Schichteinheiten der GID GmbH & Co. KG

Schichteinheit	Bezeichnung	Im Gutachten enthalten
O/1	Oberboden	Ja
A/1	Auffüllungen, grobkörnig	Ja
A/2	Auffüllungen, bindig und feinkörnig	Ja
A/3	Auffüllungen, Schlacke	Ja
U/1	Schluff	Ja
U/2	Schluff, organisch	Nein
Mst/1	Tonmergel, vollständig verwittert bis verwittert	ja
Mst/2	Tonmergel, angewittert bis kompakt	ja

3.4.1 Oberboden

**Schichteinheiten für die Einteilung
in Homogenbereiche gemäß VOB 10/2019**

Schichteinheit O/1:
Oberboden

Im oberflächennahen Bereich wurde stellenweise eine 0,10 m bis 0,60 m mächtige Oberbodenschicht festgestellt.

Diese Böden sind im Zuge der Erdarbeiten gesondert abzuschieben und so auf Miete zu lagern, dass sie im Falle einer entsprechenden Eignung nach den Vorgaben der BBodSchV für Wiederandeckungsmaßnahmen im Außenbereich weiterverwendet werden können.

3.4.2 Auffüllungen

Schichteinheiten für die Einteilung in Homogenbereiche gemäß VOB 10/2019

Schichteinheit A/1:
Grobkörnige Auffüllungen

Schichteinheit A/2:
Bindige und sandige Auffüllungen

Schichteinheit A/3:
Schlacke

Im oberflächennahen Bereich wurden grobkörnige, schlackenhaltige, bindige und sandige Auffüllungen festgestellt. Die Auffüllungen reichen bis in Tiefen von 1,10 m und 8,40 m unter die Geländeoberfläche.

Bei den grobkörnigen Auffüllungen handelt es sich um Gemische an Bergematerialien, Bauschutt, Schlacke, Ziegelresten und Kohle. Die grobkörnigen Auffüllungen weisen Block- sowie Steinanteile auf.

Zusätzlich sind Auffüllungshorizonte zu konstatieren, welche ausschließlich aus Schlacke bestehen. Die Schlacken sind größtenteils hydraulisch verfestigt.

Des Weiteren sind bindige Auffüllungen, bestehend aus umgelagerten schwach tonigen, schwach sandigen bis sandigen, schwach kiesigen bis kiesigen und kalkhaltigen Schluffen festgestellt worden.

Zusätzlich wurden umgelagerte schwach schluffige bis schluffige und schwach kiesige bis kiesige Sande erbohrt.

Gemäß der Sondierungen mit der schweren Rammsonde besitzen die heterogen zusammengesetzten Auffüllungen eine lockere bis dichte Lagerung bzw. eine weiche Konsistenz. Die Schlacken sind teilweise hydraulisch verfestigt.

Das Ingenieurbüro Geotechnik-Institut-Dr. Höfer GmbH & Co. KG weist darauf hin, dass die anstehenden Auffüllungen keine ausreichende Tragfähigkeit besitzen.

Des Weiteren wird darauf verwiesen, dass die Schlacken ggfls. in erhöhten Festigkeiten anstehen können. Dieses kann zu erschwertem Aufwand beim Lösen führen (z. B. Meißelarbeiten).

Erfahrungsgemäß und nach den Klassifizierungsrichtlinien der DIN 18 196 können die Auffüllungen den Bodengruppen GW, GI, GU, GU*, SU* bzw. UL zugeordnet und als weit- bis intermittierend gestufte Kiese, Kies-Schluff-Gemische sowie leicht plastische Schluffe benannt werden.

Die charakteristischen bodenmechanischen Kennwerte können geschätzt wie folgt angegeben werden:

Auffüllungen (nicht bindig-grobkörnig):

Steifemodul	$E_s = 10 - 20 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des dränierten Bodens	$\varphi'_k = 32,5^\circ$
Kohäsion des dränierten Bodens	$c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

Auffüllungen (bindig)

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	$\gamma'_k = 9 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des dränierten Bodens	$\varphi'_k = 27,5^\circ$
Kohäsion des dränierten Bodens	$c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

Auffüllungen (sandig)

Steifemodul	$E_s = 5 - 15 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des dränierten Bodens	$\varphi'_k = 30,0^\circ$
Kohäsion des dränierten Bodens	$c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

Auffüllungen (Schlacke)

Steifemodul	$E_s = 20 - 60 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des dränierten Bodens	$\varphi'_k = 35,0^\circ$
Kohäsion des dränierten Bodens	$c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

3.4.3 Schluff, schwach tonig bis tonig, schwach sandig bis sandig, kalkhaltig

**Schichteinheit für die Einteilung
in Homogenbereiche gemäß VOB 10/2019**

Schichteinheit U/1:
Schluff

Unterhalb der Auffüllungen wurden schwach schwach tonige bis tonige, schwach sandige bis sandige und kalkhaltige Schluffe festgestellt.

Die gewachsenen Schluffe reichen bis in Tiefen von 2,70 m und > 9,60 m unter die vorhandene Geländeoberkante.

Gemäß den Ergebnissen aus den Sondierungen mit der schweren Rammsonde besitzen die Schluffe eine überwiegend weiche bis halbfeste Konsistenz.

Zur Bestimmung der Korngrößenverteilung der angetroffenen Schluffe der Schichteinheit U/1 wurden im Labor des Ingenieurbüros Geotechnik-Institut-Dr. Höfer GmbH & Co. KG vier Körnungslinien ermittelt, s. Anlage 2/3.

Den Ergebnissen zufolge weisen die untersuchten Bodenproben einen maximalen Kieskornanteil von 2 Gew.-% auf. Die Sandkornanteile liegen bei 16 Gew.-% und 31 Gew.-%. Die Schlämmkornanteile ($\leq 0,06$ mm Korngröße) betragen etwa 67 Gew.-% bis 86 Gew.-%, wobei Feinstkornanteile von 16 Gew.-% bis 30 Gew.-% zu verifizieren sind.

Die natürlichen Wassergehalte der untersuchten Schluffe variieren zwischen $w = 15,58$ % und $w = 23,95$ %.

Des Weiteren sind die Schluffe bezüglich der Konsistenzen untersucht worden, siehe Anlagen 2/4 bis 2/7. Die gemessenen Konsistenzen I_c und die Plastizitätszahlen I_p sind der nachfolgenden Tabelle 2 zu entnehmen:

Tabelle 2: Konsistenzen I_c und die Plastizitätszahlen I_p

Sondierung Nr.	Tiefe (m)	Konsistenzzahl I_c	Plastizitätszahl I_p (%)	Boden- gruppe
B 7	5,00 – 5,70	1,03	24,0	TM
B 11	4,60 – 6,00	0,99	23,0	TM
B 12	4,30 – 5,00	0,61	23,9	TM
B 13	8,40 – 9,60	0,99	25,0	TM

Die ermittelten Konsistenzzahlen I_c aus den oben genannten Tiefen betragen $I_c = 0,61$ und $I_c = 1,03$. Somit entsprechen die untersuchten Schluffe der Bohrungen B 7, B 11, B 12 und B 13 einer weichen bis halbfesten Konsistenz.

Die Plastizitäten liegen in einer Größenordnung von $I_p = 23,0 \%$ und $I_p = 25,0 \%$, so dass die Schluffe der Bodengruppe TM zugeordnet werden. Somit sind die untersuchten Schluffe gemäß DIN 18 196 als mittelplastische Tone zu bezeichnen.

Erfahrungsgemäß können die bindigen Böden nach den Klassifizierungsrichtlinien der DIN 18 196 den Bodengruppen ST, TM, TL, SU* bzw. UL zugewiesen und als Sand-Schluff- bzw. Sand-Ton-Gemische, leicht bis mittelplastische Tone sowie leicht plastische Schluffe benannt werden.

Die charakteristischen bodenmechanischen Kennwerte können geschätzt wie folgt angegeben werden:

Schluff:

Steifemodul	$E_s = 10 - 20 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des dränierten Bodens	$\varphi'_k = 27,5^\circ$
Kohäsion des dränierten Bodens	$c'_k = 5 \text{ kN/m}^2$
Undräßierte Scherfestigkeit	$c_{u,k} = 20 \text{ kN/m}^2$
Durchlässigkeitskoeffizient	$k_f = 1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$

3.4.4 Tonmergel, vollständig verwittert bis kompakt

Schichteinheiten für die Einteilung in Homogenbereiche gemäß VOB 10/2019

Schichteinheit SM/1:

Tonmergel, vollständig verwittert bis verwittert

Schichteinheit SM/2:

Tonmergel, angewittert bis kompakt

Unter den Lockergesteinsdecken steht ab Tiefen von 1,90 m bis 8,00 m u. GOK Tonmergel an. Die Verwitterungszone des Mergels weist in der Regel eine Mächtigkeit von ca. 1,0 m bis 3,0 m auf.

Der vollständig verwitterte Tonmergel entspricht einem Lockergesteinscharakter und einem Schluff mit Einlagerungen von Gesteinsstücken. Im Gegensatz dazu ist der angewitterte Tonmergel als Fels mit hohem Durchtrennungsgrad einzustufen, wobei der Tonmergel stellenweise im oberflächennahen Bereich noch stark brüchig ist und die Eigenschaften eines weichen Gesteins aufweist.

Der vollständig verwitterte bis verwitterte Mergelstein ist der Schichteinheit Mst/1 zuzuordnen, während der angewitterte bis kompakte Mergel der Schichteinheit Mst/2 entspricht.

Zur Bestimmung der Korngrößenverteilung des vollständig verwitterten Tonmergels der Schichteinheit Mst/1 wurden im Labor des Ingenieurbüros Geotechnik-Institut-Dr. Höfer GmbH & Co. KG fünf Körnungslinien ermittelt, s. Anlagen 2/8 und 2/9.

Den Ergebnissen zufolge weisen die untersuchten Bodenproben Kieskornanteile von 1 Gew.-% bis 4 Gew.-% auf. Die Sandkornanteile liegen bei 12 Gew.-% bis 53 Gew.-%. Die Schlämmkornanteile ($\leq 0,06$ mm Korngröße) betragen etwa 58 Gew.-% bis 95 Gew.-%. Des Weiteren sind Feinstkornanteile von 6 Gew.-% bis 42 Gew.-% zu konstatieren.

Die natürlichen Wassergehalte belaufen sich auf $w = 13,36$ % bis $w = 21,71$ %.

In der Verwitterungszone des Tonmergels weist der mit einem hohen Durchtrennungsgrad anstehende Fels eine relativ große Wasserwegsamkeit auf.

Aufgrund der ausgeprägten Klüftigkeit ist der Mergel als Grundwasserleiter mit guter Trennfugendurchlässigkeit zu bezeichnen.

Des Weiteren sind die einaxialen Druckfestigkeiten des kompakten Mergels bestimmt worden. Die Versuchsdurchführung erfolgte mit Hilfe der Bohrkerne der Baugrunderkundungsbohrungen im Bereich der zu erneuernden Brückenbauwerke.

Die Prüfung wurde vom Materialprüfungsamt, Dortmund, vorgenommen.

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die einaxialen Druckfestigkeiten den Bezeichnungen für Felsgestein gegenübergestellt:

Tabelle 3: Beschreibung der einaxialen Druckfestigkeit σ_c

Einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	Bezeichnung
< 1	außerordentlich gering
1 - 5	sehr gering
5 - 25	gering
25 - 50	mäßig hoch
50 - 100	hoch
100 - 250	sehr hoch
> 250	außerordentlich hoch

Zur Bestimmung der Druckfestigkeiten sind aus dem kompakten Mergelhorizont ungestörte Bodenproben entnommen worden.

An den ausgewählten Probekörpern wurden einaxiale Druckversuche zur Bestimmung der ein-axialen Druckfestigkeit σ_c durchgeführt.

Dabei wurden folgende einaxiale Druckfestigkeiten bestimmt, siehe nachfolgende Tabelle 4:

Tabelle 4: Einaxiale Druckfestigkeit σ_c

Probe	Bohrung Nr.	Tiefe [m]	Roh- dichte ρ [g/cm ³]	Höhe [mm]	Durch- messer D [mm]	Einaxiale Druckfes- tigkeit σ_c [MN/m ²]	Bezeichnung
EP 1	B 5	11,00 – 11,30	2,36	199	98	10,10	gering
EP 2	B 5	17,15 – 17,40	2,36	198	98	9,30	gering
EP 3	B 6	19,11 – 19,51	2,29	197	98	6,10	gering
EP 4	B 6	13,30 – 13,51	2,31	103	97	5,90	gering
EP 5	B 3	23,00 – 23,28	2,48	196	98	14,10	gering
EP 6	B 3	20,33 – 20,63	2,30	202	100	8,90	gering
EP 7	B 4	18,00 – 18,23	2,34	201	100	8,90	gering
EP 8	B 4	11,11 – 11,36	2,29	200	102	4,30	sehr gering

Angesichts der Versuchsergebnisse belaufen sich die Druckfestigkeiten auf $\sigma_c = 4,30 \text{ MN/m}^2$ bis $\sigma_c = 14,10 \text{ MN/m}^2$, so dass die beprobten Kerne in einer sehr geringen bis geringen Druckfestigkeit anstehen.

Die Ergebnisse sind im Einzelnen in der Anlage 2/10 dargestellt.

Die GID GmbH & Co. KG weist darauf hin, dass das Felsgestein in situ (im Zuge der Bauausführung) abhängig von der Raumstellung des Gebirges deutlich höhere Festigkeiten aufweisen kann. Bei den einaxialen Druckversuchen handelt es sich lediglich um eine stichprobenartige Untersuchung, wobei die gemessenen Druckfestigkeiten erheblich von der Lage der Klüfte bestimmt werden.

Ergänzend weist die GID GmbH & Co. KG darauf hin, dass das untersuchte Felsgestein als abrasiv einzustufen ist.

Die charakteristischen bodenmechanischen Kennwerte können geschätzt wie folgt angegeben werden:

Tonmergel, vollständig verwittert bis verwittert:

Steifemodul	$E_s = 20 - 40 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des drainierten Bodens	$\varphi'_k = 30,0^\circ$
Kohäsion des drainierten Bodens	$c'_k = 5 \text{ kN/m}^2$

Tonmergel, angewittert:

Steifemodul	$E_s = 40 - 80 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma_k = 21 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma'_k = 11 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des drainierten Bodens	$\varphi'_k = 32,5^\circ$
Kohäsion des drainierten Bodens	$c'_k = 5 - 10 \text{ kN/m}^2$

Tonmergel, kompakt:

Steifemodul	$E_s = 80 - > 120 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma_k = 22 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma'_k = 12 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des drainierten Bodens	$\varphi'_k = 35,0^\circ$
Kohäsion des drainierten Bodens	$c'_k = 5 - 20 \text{ kN/m}^2$

3.5 Zusammenstellung der bodenmechanischen Kennwerte und Bodenklassifizierungen

Die Bodenkennwerte und die Klassifizierungen gemäß VOB/C – Stand 2016 – und DIN 18 196 lassen sich tabellarisch wie folgt zusammenfassen, siehe nachfolgende Tabelle 5:

Tabelle 5: Bodenkennwerte und die Klassifizierungen nach DIN 18 196

Boden- und Felsarten	E_s (MN/m ²)	γ_k (kN/m ³)	γ'_k (kN/m ³)	ϕ'_k (°)	c'_k (kN/m ²)	Schichteinheit	Boden- gruppe DIN 18 196
Auffüllungen, nicht bindig, grobkörnig	10-30	20	10	32,5	0	A/1	A[GI,GW, GU,GU*]
Auffüllungen, nicht bindig, feinkörnig	5-15	20	10	30,0	0	A/2	A[SE,SU]
Auffüllungen, bindig	5-15	19	9	27,5	0	A/2	A[SU*,UL]
Auffüllungen, Schlacke	20-60	20	10	35,0	0	A/3	A[GI,GW]
Schluff	10-20	20	10	27,5	5	U/1	SU*,UL, ST,TM
Tonmergel, vollständig verwittert	20-40	20	10	30,0	5	Mst/1	---
Tonmergel, angewittert	40-80	21	11	32,5	5 - 10	Mst/2	---
Tonmergel, unverwittert	80-120	22	12	35,0	5 - 20	Mst/2	---

Die angegebene Schichtenfolge des Baugrundes bezieht sich auf die durchgeführten punktuellen Aufschlüsse. Abweichungen können nicht völlig ausgeschlossen werden. Grundsätzlich sind die Baugrundverhältnisse im Zuge der Bauausführung entsprechend der DIN EN 1997-2/2.5.2 abschließend zu überprüfen.

3.6 Einteilung in Homogenbereiche gemäß VOB, Stand Oktober 2019

Eine detaillierte Übersicht der Einteilung der Homogenbereiche gemäß VOB/C, Stand Oktober 2019, kann der Anlage 1/12 entnommen werden.

Nach den Vorgaben der DIN 18 300 empfiehlt die GID GmbH & Co. KG, für die Erdarbeiten die Homogenbereiche **LÖS-I** und **LÖS-II** zu bilden. Der Homogenbereich **LÖS-I** setzt sich aus den Schichteinheiten **A/1, A/2, U/1 und Mst/1** zusammen. Der Homogenbereich **LÖS-II** beinhaltet die Schichteinheiten **A/3** und **SM/2**, siehe auch Tabelle 6.

Tabelle 6: Einteilung der Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 - Lösen

Homogenbereich gemäß DIN 18 300	Schichteinheiten
LÖS – I	A/1, A/2, U/1, Mst/1
LÖS – II	A/3, Mst/2

Für gegebenenfalls anfallende Bohrarbeiten gemäß DIN 18 301 sind die Homogenbereiche **BOHR-I** und **BOHR-II** aufzustellen, vgl. Tabelle 7:

Tabelle 7: Einteilung der Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 - Bohrarbeiten

Homogenbereich gemäß DIN 18 301	Schichteinheiten
BOHR – I	A/1, A/2, U/1, Mst/1
BOHR – II	A/3, Mst/2

Sollten des Weiteren im Zuge der Bauausführung Verbauarbeiten nach den Vorgaben der DIN 18 303 anfallen, so sind die Homogenbereiche **VER-I** und **VER-II** zu bilden, siehe Tabelle 8:

Tabelle 8: Einteilung der Homogenbereiche gemäß DIN 18 303 - Verbauarbeiten

Homogenbereich gemäß DIN 18 303	Schichteinheiten
VER – I	A/1, A/2, U/1, Mst/1
VER – II	A/3, Mst/2

4. GRUNDWASSER

Im Zuge der Baugrunderkundung wurden ab Tiefen von 2,00 m bis 4,00 m unter der Geländeoberkante vernässte Bodenzonen angetroffen, welche auf den Zutritt von Grund- oder Schichtenwasser hindeuten.

Für die detaillierte Bestimmung der Grundwasserverhältnisse im Bereich der geplanten Brückenbauwerke wurden drei Grundwassermessstellen (GWMST B 2, GWMST B 3 und GWMST B 5) installiert.

Die durch die Grundwasserstandsmessungen abgelesenen, ausgespiegelten Grundwasserflurabstände und die Höhenangaben in m NHN sind zur besseren Übersicht der nachfolgenden Tabelle 9 zu entnehmen:

Tabelle 9: Grundwasserstandsmessungen

Grundwasser-messstelle	Datum der Messung	Grundwasser-flurabstände (m)	Grundwasserstände (m NHN)
GWMST B 2	19.11.2021	3,09	+ 65,76
GWMST B 3	19.11.2021	2,58	+ 61,35
GWMST B 5	19.11.2021	1,18	+ 62,52

Anhand der Grundwassermessstellen GWMST B 2, GWMST B 3 und GWMST B 5 wird ersichtlich, dass der Grundwasserhorizont in den absoluten Höhen von ca. + 61,35 m NHN bis + 65,76 m NHN variiert. Anhand des Ausbaus der drei Grundwassermessstellen herrschen gespannte Grundwasserverhältnisse vor.

In Abhängigkeit von der Jahreszeit und den vorangegangenen Niederschlägen muss i. d. R. mit Grundwasserstandsschwankungen in der Größenordnung von ± 1 m gerechnet werden. Die Baugrunduntersuchung wurde in einer niederschlagsreichen Zeit durchgeführt, so dass die aktuell gemessenen Grundwasserstände als hoch einzustufen sind.

Für die Dimensionierung der Bauwerke und für die Nachweise der Auftriebssicherheit im Endzustand (**Bemessungssituation BS-P**) empfiehlt die GID GmbH & Co. KG folgende Bemessungswasserstände anzusetzen:

Süd: + 66,80 m NHN
Mitte: + 62,50 m NHN
Nord: + 63,50 m NHN

Darüber hinaus sind für die Dimensionierung von eventuell notwendigen Verbauten folgende Bemessungswasserstände (**Bemessungssituation BS-T**) zu wählen:

Süd: + 65,80 m NHN
Mitte: + 61,50 m NHN
Nord: + 62,50 m NHN

5. GRÜNDUNG

Der Landesbetrieb Straßenbau NRW, Regionalniederlassung Ruhr, beabsichtigt die grundhafte Erneuerung der B 236 in Dortmund. Die Erneuerung soll zwischen den Kilometrierungen km 5,775 bis km 7,600 erfolgen.

Gegenstand des vorliegenden geotechnischen Berichtes sind die neu zu errichtenden Lärmschutzwände.

Der Neubau der Lärmschutzwände kann durch eine Bohrpfahlgründung gemäß DIN EN 1536 im Tonmergel erfolgen.

Eine Bohrpfahlgründung mit Bohrpfählen bietet den Vorteil, dass die Pfähle passgenau unter die Fundamente der Brückenwiderlager bis zur planmäßigen Abstandsebene hergestellt werden können. Auf einen großvolumigen Erdaushub kann somit verzichtet werden.

Bei der Herstellung der Bohrpfähle sind die Vorgaben der DIN EN 1536 – Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten: Bohrpfähle – zu beachten.

Die Bohrpfahlgründung ermöglicht es, die Bauwerkslasten über die Pfahlmantelreibung und den Pfahlspitzendruck in den anstehenden Tonmergel zu übertragen.

Durch die Bohrarbeiten bis in max. 25 m Tiefe ist nachgewiesen, dass unverwittertes, hartes Felsgestein bis mindestens dreimal dem Pfahldurchmesser (3 x D) unter der vorgesehenen Pfahlaufstandsebene bzw. dem Pfahlfuss vorhanden ist.

Der Ansatz der rechnerischen Pfahlmantelreibung $q_{s1,k}$ kann anhand der Bohr- und Sondierergebnisse und von Erfahrungswerten in Abhängigkeit der Bodenzustandsformen ermittelt werden (s. hierzu Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, EA-Pfähle, Tabellen 5.16 sowie 5.20 bis 5.23).

Für die Dimensionierung der Pfahllängen können die Pfahlmantelwiderstände gemäß der Tabellen 5.16 und 5.20 bis 5.23 (EA-Pfähle, 2012) zugrunde gelegt werden, wobei in Abhängigkeit von der Tiefe folgende charakteristischen Werte des Pfahlsitzenwiderstands und der Pfahlmantelreibung in Ansatz gebracht werden können:

Tabelle 10: Charakteristische Werte für die Dimensionierung der Bohrpfahlgründung

Bodenart	Grenzmantelreibung [$q_{s1,k}$] [MN/m²]	Grenzspitzendruck [$q_{b1,k}$] [MN/m²]
Auffüllung	---	---
Schluff	0,050	---
Tonmergel, vollständig verwittert bis verwittert Schichtmächtigkeit: 5 m	0,070	---
Tonmergel, angewittert Schichtmächtigkeit: 2 m	0,125	1,000
Tommergel, kompakt	0,250	2,000

Im Bereich der Auffüllungen kann keine Pfahlmantelreibung $q_{s1,k}$ angesetzt werden.

Bei Ansatz der o. g. Kennwerte und unter Einhaltung der vorgegebenen Pfahlaufstandsebene werden die Setzungen im Vergleich zur Flachgründung erheblich reduziert und sind in einer Größenordnung von bis zu $s = 15$ mm zu erwarten. Eine abschließende Aussage bezüglich der zu erwartenden Setzungen kann nach Kenntnis der Pfahllasten getroffen werden. Diese sind zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht bekannt.

Zur Sicherstellung einer fachtechnisch ordnungsgemäßen Ausführung wird empfohlen, unabhängig vom gewählten Pfahltyp eine baubegleitende Überwachung der Gründungsarbeiten vorzusehen und die Pfahlaufstandsebenen in geotechnischer Hinsicht fachgutachterlich abnehmen zu lassen.

Zur Berechnung der horizontal belasteten Pfähle ist ausgehend von einem Pfahldurchmesser in der Größenordnung von 60 cm in den Auffüllungen ein linear ansteigender charakteristischer Bettungsmodulverlauf in Ansatz zu bringen.

Zum besseren Verständnis dient die folgende Tabelle 11:

Tabelle 11: Übersicht Bettungsmodul

Boden-/Felsart	Bettungsmodul $k_{s,k}$ [MN/m ³]	E-Modul E_s [MN/m ²]	Pfahldurchmesser D_s [m]
Auffüllung	16,67	10,00	0,60
Schluff	33,33	20,00	0,60
Tonmergel, stark verwittert bis verwittert	100,00	60,00	0,60
Tonmergel, angewittert	133,33	80,00	0,60
Tonmergel, kompakt	200,00	120,00	0,60

Für einen von 0,60 m abweichenden Pfahldurchmesser können die Bettungsmoduli näherungsweise nach folgender Gleichung abgeschätzt werden:

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

Ausgehend von einem Pfahldurchmesser in der Größenordnung von 100 cm ist ab der konstruktiven Gründungsebene in den Auffüllungen ein linear ansteigender Bettungsmodulverlauf von $k_{s,k} = 0$ MN/m³ bis auf $k_{s,k} = 16,67$ MN/m³ anzusetzen. In den gewachsenen Schluffen ist ein linearer Verlauf von $k_{s,k} = 16,67$ MN/m³ bis auf $k_{s,k} = 33,33$ MN/m³ zu berücksichtigen. In dem darauf folgenden Tiefenhorizont ist in den vollständig verwitterten bis verwitterten Felsschichten ein konstanter Verlauf von $k_{s,k} = 100$ MN/m³ in Ansatz zu bringen. Im angewitterten Tonmergel ist ein konstanter Verlauf von $k_{s,k} = 133,33$ MN/m³ sowie im kompakten Tonmergel von $k_{s,k} = 200$ MN/m³ anzusetzen.

Auf der Grundlage der in der Tabelle 10 angegebenen Pfahlmantelreibungen und den Pfahlspitzenwiderständen sowie Bettungsmodulverläufen kann die Pfahlgründung – Pfahllängen – nach Kenntnis der aus dem Bauwerk resultierenden Lasten dimensioniert werden.

Eine Gruppenwirkung durch vertikale Belastungen der Bohrpfähle bei einer Gründung innerhalb des kompakten Felshorizontes ist nicht zu erwarten. Für eine horizontale Belastung ist eine Abminderung gemäß EA-Pfähle Kapitel 8.2.3 durchzuführen. Hierbei sind die v. g. Bettungsmodule zu berücksichtigen.

6. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG

6.1 Erdarbeiten gemäß ATV DIN 18 300

Das Schottermaterial ist durch Vor-Kopf-Schüttung taktweise unmittelbar nach Freilegung des Erdplanums einzubringen und zu verdichten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass lediglich kleinteilige Flächen mit Kantenabmessungen von ca. 10 m auf 10 m abschnittsweise ausgekoffert werden dürfen und umgehend mit dem Bettungsmaterial anzudecken sind. Für die Aushubarbeiten ist ein Hydraulikbagger mit Glattschneide einzusetzen, so dass keine Störung des Baugrundes stattfinden kann.

Die Baugrubenböschung kann mit einem Böschungswinkel von $\leq 45^\circ$ hergestellt werden. Sollte dies aufgrund der Geometrien nicht möglich sein, so ist ein Trägerbohlwandverbau zu erstellen. Details diesbezüglich können dem Kapitel 6.3 entnommen werden.

Für den Einbau der Tragschicht aus Mineralstoffgemischen oder Bodenersatzschichten ist eine Glattmantelwalze mit einem Mindesteinsatzgewicht von > 15 t zu wählen, so dass Verdichtungsgrade von mindestens 100 % gewährleistet werden können. Bei geringen Platzverhältnissen ist ein Anbauverdichter oder eine Rüttelplatte zu verwenden. Die Rüttelplatte sollte ein Einsatzgewicht von mindestens 750 Kilogramm nicht unterschreiten.

Die Schüttlagen des einzubauenden Materials dürfen eine Mächtigkeit von 0,30 m nicht überschreiten.

Zur Gewährleistung einer Gründung auf einheitlich tragfähigem Baugrund sind Baugrubenabnahmen durchzuführen.

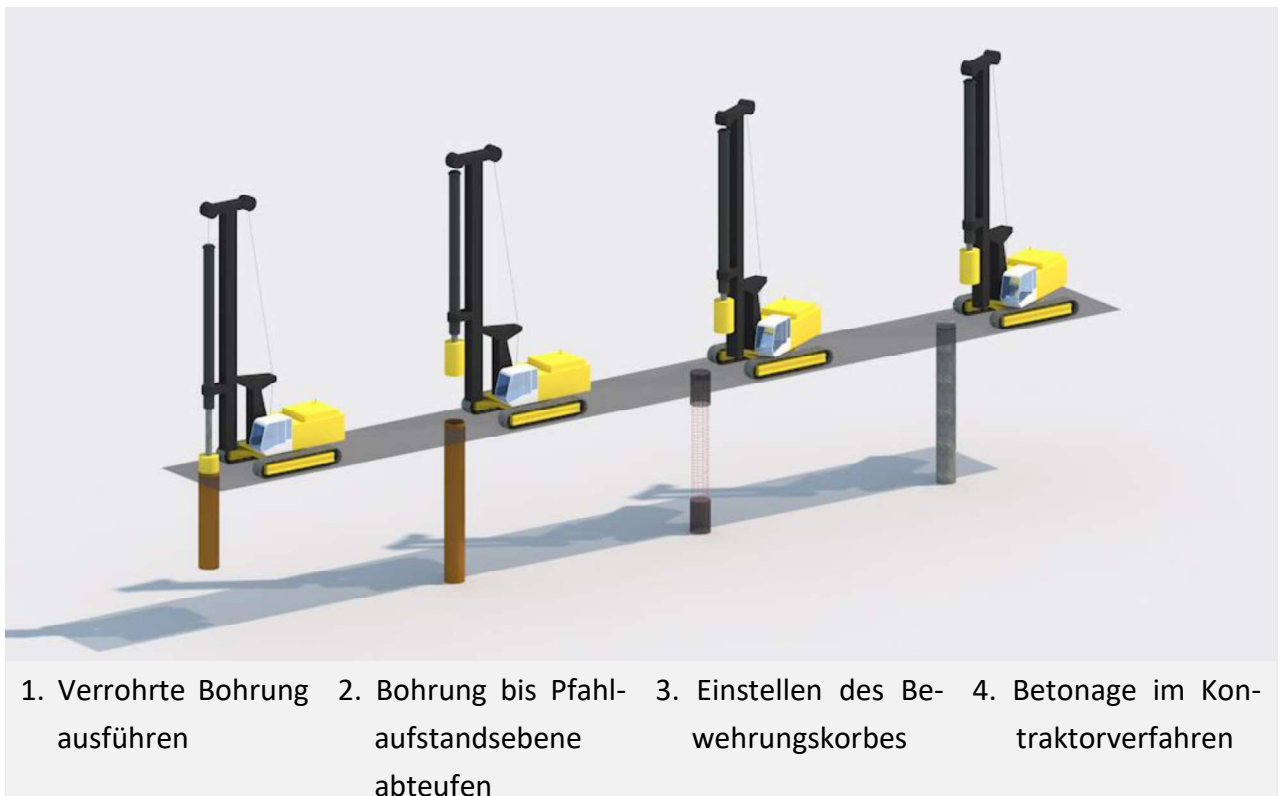
6.2 Bohrarbeiten gemäß ATV DIN 18 301

Die Bohrpfähle sind unter Beachtung der Hinweise und Auflagen der DIN EN 1536 herzustellen. Beim Abteufen der Bohrlöcher ist in jedem Fall ein Eindringen von Bodenfeinstanteilen in das Bohrloch zu verhindern. Aus diesem Grund muss im Bohrrohr ständig ein hydrostatischer Wasserüberdruck von $p_u = 30$ kPa (3 m Wassersäule) gegenüber dem anstehenden Grundwasser vorhanden sein. Dadurch wird während des Bohrvorgangs ein hydraulischer Grundbruch in Verbindung mit Sogerscheinungen verhindert, welcher zu schädlichen Bodenauftrieben führen würde.

Für die Herstellung der Bohrpfähle ist eine Verrohrung zwingend erforderlich, welche der Kernräumung vorauszuweilen hat. Ist die Solltiefe der Bohrung erreicht, muss der Boden bis zur Unterkante der Verrohrung ausgeräumt werden, um Auflockerungen unter dem Pfahlfuss zu verhindern. Es wird insbesondere darauf hingewiesen, dass aus der Pfahlaufstandsebene sämtliche aufgelockerten und aufgeweichten Bodenbereiche sowie Bohrschmant entfernt werden müssen. Dazu sind geeignete Geräte, wie z. B. ein Bohreimer, auf der Baustelle vorzuhalten und einzusetzen.

Der Betoniervorgang ist im Kontraktorverfahren unmittelbar nach der Fertigstellung des Bohrloches durchzuführen. Im Hinblick auf die Konsistenz des verwendeten Betons sind die Vorgaben der DIN EN 1536 zu beachten. Der Beton ist so einzubringen, dass ein Entmischen vollständig vermieden wird. Dazu ist das Kontraktorrohr unmittelbar zu Beginn der Betonierarbeiten bis zum Bohrlochtiefsten hinunter zu führen. Anschließend muss das Rohr während des Betonierens mindestens 1,5 m in den frischen Beton einbinden.

Zum besseren Verständnis über den Herstellungsprozess eines Bohrpfahls dient die nachfolgende Abbildung.



Um sicherzustellen, dass die Gründung der Pfähle jeweils in ausreichend tragfähigen Schichten mit der erforderlichen Einbindetiefe erfolgt, sind Abnahmen der Pfahlaufstandsebenen erforderlich. Hierzu bitten wir zu gegebener Zeit um Benachrichtigung.

Für die Bohrarbeiten ist im Vorfeld der Bauausführung die Kampfmittelfreiheit zu überprüfen.

6.3 Verbauarbeiten gemäß ATV DIN 18 303

Für den Fall, dass ein Verbau benötigt wird, um die Lärmschutzwand zu erstellen, empfiehlt die GID GmbH & Co. KG einen Bohrträgerverbau mit Holzausfachung.

Bei dieser Verbauart werden die Verbau-Stahlträger in vorgebohrte und verrohrte Bohrlöcher (Durchmesser 60 cm) gestellt und im Fußbereich ausbetoniert. Anschließend werden die Zwischenräume entsprechend dem Aushubfortschritt mit Kanthölzern ausgefacht. Der Verbau ist nach DIN 4124 auszuführen und nach den Vorgaben des Eurocodes EC 7 zu dimensionieren.

Für die Dimensionierung der Baugrubenumschließung können die unter Abschnitt 3.5 angegebenen bodenmechanischen Kennwerte in Ansatz gebracht werden. Bis zu einer lichten Verbauhöhe von 3,50 m kann der Bohrträgerverbau nicht rückverankert bzw. ausgesteift hergestellt werden.

Zum besseren Verständnis dient die nachfolgende Abbildung 2:

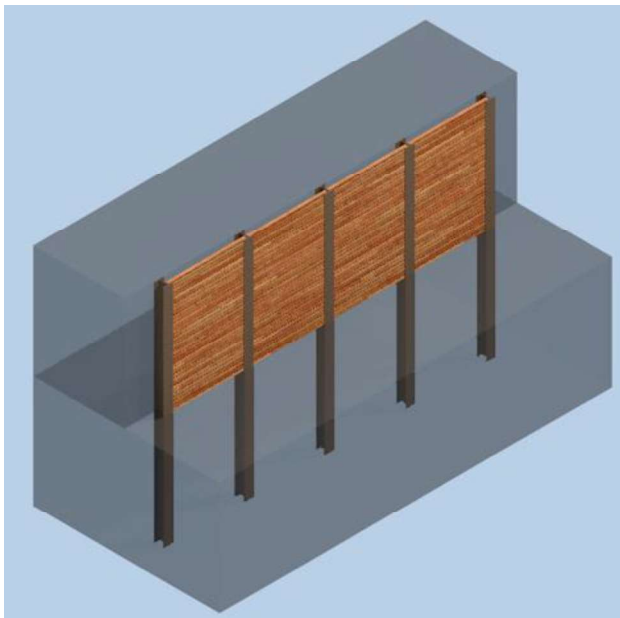


Abbildung 2: Isometrie Trägerbohlwand unverankert, © GID GmbH & Co. KG 2018

Für jeden Bauzustand ist nachzuweisen, dass die Standsicherheit der Verbauwand sowie eine ausreichende Geländebruchsicherheit gegeben sind. Für die erdstatische Bemessung der Verbauwände gelten die unter Abschnitt "Baugrund" angegebenen bodenmechanischen Kennwerte.

Das Verbausystem ist für den aktiven Erddruck zu bemessen, da bei den Wänden so große Verformungen eintreten, dass die Voraussetzungen für das Entstehen des aktiv-plastischen Grenzzustandes erfüllt sind.

Bei Vorhandensein von setzungsempfindlichen Bauwerken, Stützmauern und Versorgungsleitungen etc. muss ein verformungsarmer Verbau ausgeführt werden, wobei die Dimensionierung durch Ansatz des erhöhten aktiven Erddrucks ($K = 0,5 + (k_o + k_a)$) erfolgen muss.

Des Weiteren kann für den Nachweis der Vertikalkräfte ein Ersatz-Spitzendruck am Fußpunkt des einbetonierten Bohlträgers von $q_{b,k} = 1,5 \text{ MN/m}^2$ angesetzt werden.

Ab Verbauhöhen von größer 3,50 m muss der Verbau rückverankert oder ausgesteift werden.

Die Rückverankerungen sind so zu neigen, dass die jeweiligen Verpressstrecken innerhalb des Tonmergelhorizontes liegen.

Für die u. U. erforderliche Dimensionierung der Rückverankerung kann in dem verwitterten Tonmergelhorizont ein Grenzwert der Mantelreibung τ_M (mit Nachverpressung) von $\tau_M = 200,00 \text{ kN/m}^2$ (ab Kote + 47,00 m NHN) angesetzt werden. Im angewitterten Mergel kann dieser Grenzwert der Mantelreibung auf $\tau_M = 220,00 \text{ kN/m}^2$ erhöht werden.

Die Verpreßkörperlänge muss ein Maß von $\geq 6,0 \text{ m}$ besitzen.

Hinsichtlich Planung, Ausführung und Prüfung von Injektionszugankern ist das Normen-Handbuch EC 7 - Band 1 und die DIN EN 1537-201-01 zu beachten. Für die Herstellung sind nur bauaufsichtlich zugelassene Ankersysteme zu wählen.

6.4 Grundwasserhaltung bzw. -absenkung gemäß ATV DIN 18 305

Im Zuge der Baugrunderkundung wurden ab Tiefen von 2,00 m bis 4,00 m unter der Geländeoberkante vernässte Bodenzonen angetroffen, welche auf den Zutritt von Grund- oder Schichtenwasser hindeuten.

Sofern Schichtenwasser in Höhe von etwa $\leq 1,0 \text{ m}$ oberhalb der Baugrubensohle ansteht, kann aus Sicht der GID GmbH & Co. KG eine Schichtenwasserabsenkung über eine offene Wasserhaltung (Pumpensümpfe und Tauchpumpen) erfolgen.

Im Zuge der Erstellung der offenen Wasserhaltung sind während der Bauausführung Drainagestränge zu verlegen bzw. Pumpensümpfe anzulegen, damit die Funktionalität der offenen Wasserhaltung gewährleistet ist.

Diese Leistungen (u. a. auch Herstellung von Pumpensümpfen) sind im Leistungsverzeichnis zu berücksichtigen.

Erfahrungsgemäß beläuft sich die Förderrate Q auf ein Maß von $Q = 1 \text{ m}^3/\text{h}$ bis $5 \text{ m}^3/\text{h}$.

7. CHEMIE

7.1 Schwarzdeckenanalyse

Im Untersuchungsbereich wurden 0,18 m bis 0,30 m mächtige Schwarzdecken festgestellt.

Die durch einen Laboranten des Ingenieurbüros Geotechnik-Institut-Dr. Höfer GmbH & Co. KG entnommenen Kernproben und Stemmproben des gebundenen Straßenaufbaus sind zur Eurofins Umwelt West GmbH weitergeleitet worden. Dort sind die Proben auf den Summenparameter PAK sowie den Phenolindex untersucht worden.

Die zur Bestimmung der PAK-Gehalte der Schwarzdecke entnommenen Proben werden in der Tabelle 12 gesondert ausgewiesen.

Tabelle 12: Bestimmung der PAK-Gehalte

Einzelproben Nr.	Sondierung Nr.	Entnahmetiefe (m)	Bodenart	Untersuchungsprogramm
LSW – EP 1	B – 7	0,00 – 0,30	Schwarzdecke	Σ PAK + Phenolindex
LSW – EP 2	B – 8	0,00 – 0,25	Schwarzdecke	Σ PAK + Phenolindex
LSW – EP 3	B – 10	0,00 – 0,20	Schwarzdecke	Σ PAK + Phenolindex
LSW – EP 4	B – 11	0,00 – 0,30	Schwarzdecke	Σ PAK + Phenolindex
LSW – EP 5	B – 12	0,00 – 0,20	Schwarzdecke	Σ PAK + Phenolindex
LSW – EP 6	B – 13	0,00 – 0,23	Schwarzdecke	Σ PAK + Phenolindex
LSW – EP 7	B – 14	0,00 – 0,30	Schwarzdecke	Σ PAK + Phenolindex
LSW – EP 8	B – 15	0,00 – 0,18	Schwarzdecke	Σ PAK + Phenolindex
LSW – EP 9	B – 16	0,00 – 0,25	Schwarzdecke	Σ PAK + Phenolindex

Das Ergebnis der Analyse geht zur besseren Übersicht in tabellarischer Form aus der Anlage 2/11 sowie der nachfolgenden Tabelle 13 hervor.

Tabelle 13: Analyseergebnis (Schwarzdecke)

Einzel- proben Nr.	Entnahme- stelle	Entnahmetiefe (m)	Parameter/ Konzentration (mg/kg)	Einstufung gemäß RuVA-StB 01
LSW – EP 1	B – 7	0,00 – 0,30	Σ PAK: < 0,50 Benzo(a)pyren: < 0,50 Phenolindex: < 0,010 mg/l	A/A1
LSW – EP 2	B – 8	0,00 – 0,25	Σ PAK: < 0,50 Benzo(a)pyren: < 0,50 Phenolindex: < 0,010 mg/l	B/C
LSW – EP 3	B – 10	0,00 – 0,20	Σ PAK: < 0,50 Benzo(a)pyren: < 0,50 Phenolindex: < 0,010 mg/l	A/A1
LSW – EP 4	B – 11	0,00 – 0,30	Σ PAK: < 0,50 Benzo(a)pyren: < 0,50 Phenolindex: < 0,010 mg/l	B/C
LSW – EP 5	B – 12	0,00 – 0,20	Σ PAK: < 0,50 Benzo(a)pyren: < 0,50 Phenolindex: < 0,010 mg/l	A/A1
LSW – EP 6	B – 13	0,00 – 0,23	Σ PAK: < 0,50 Benzo(a)pyren: < 0,50 Phenolindex: < 0,010 mg/l	B/C
LSW – EP 7	B – 14	0,00 – 0,30	Σ PAK: < 0,50 Benzo(a)pyren: < 0,50 Phenolindex: < 0,010 mg/l	A/A1
LSW – EP 8	B – 15	0,00 – 0,18	Σ PAK: < 0,50 Benzo(a)pyren: < 0,50 Phenolindex: < 0,010 mg/l	A/A1
LSW – EP 9	B – 16	0,00 – 0,25	Σ PAK: < 0,50 Benzo(a)pyren: < 0,50 Phenolindex: < 0,010 mg/l	A/A1

Zur Einstufung des gebundenen Straßenaufbaus wird die RuVA-StB 01 "Richtlinie für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die

Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau", Ausgabe 2001, zugrunde gelegt. Die Bewertung wird gemäß RuVA-StB 01, Tabelle 1 vorgenommen.

Den Analyseergebnissen zufolge sind die Schwarzdeckenproben aus den untersuchten Bereichen der Einzelproben EP 1 bis EP 9 als bitumenstämmig einzustufen und entsprechen gemäß RuVA-StB 01 der Verwertungsklasse A.

Eine Entsorgung kann über die Abfallschlüsselnummer 17 03 02 erfolgen.

7.2 Probennahme und Umfang der physikalisch-chemischen Untersuchungen

Der Auftrag an das Geotechnik-Institut-Dr. Höfer GmbH & Co. KG umfasste die Durchführung der LAGA-Klassifizierung der anfallenden Aushubböden.

Die Probennahme wurde von einem Laboranten des IBs GID GmbH & Co. KG durchgeführt.

Die Einzelproben sind luftdicht in Glasbehältern verschlossen und zur Eurofins Umwelt West GmbH zur physikalisch-chemischen Untersuchung weitergeleitet worden.

Dort wurden in Absprache mit dem Ingenieurbüro Geotechnik-Institut-Dr. Höfer GmbH & Co. KG aufgrund der Schichtenfolge und der organoleptischen Ansprache die Mischproben wie folgt zusammengestellt, siehe nachfolgende Tabelle 14:

Tabelle 14: Mischproben & Untersuchungsprogramm

Mischproben Nr.	Sondierung Nr.	Entnahmetiefe (m)	Bodenart	Untersuchungsprogramm
LSW – MP 1	B – 12	0,20 – 3,60	Auffüllungen: Schlacke, Bergematerial, Umgelagerte Schluffe und Sande	LAGA-Erlass Tab. II. 1.2-2/II. 1.2-3
	B – 13	0,23 – 8,40		
	B – 16	0,25 – 1,40		
	B – 14	0,30 – 4,00		
	B – 15	0,18 – 4,30		
	B – 7	0,30 – 1,80		
	B – 8	0,25 – 8,00		
	B – 10	0,20 – 4,40		
	B – 11	0,30 – 2,00		
LSW – MP 2	B – 12	3,60 – 7,70	Gew. Boden / Fels: Schluff / Mergelstein	LAGA-Erlass Tab. II. 1.2-2/II. 1.2-3
	B – 13	8,40 – 9,60		
	B – 16	1,40 – 5,50		
	B – 15	7,70 – 8,00		
	B – 7	1,80 – 6,50		
	B – 8	8,00 – 9,00		
	B – 10	4,40 – 6,00		
	B – 11	2,00 – 7,80		

7.3 Beurteilungskriterien und Analyseergebnisse gemäß LAGA-Erlass

Ein Kriterium für die Beurteilung der Böden ist der LAGA-Erlass "Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von Mineralstoffen/Abfällen" - Technische Regeln, Stand 2003.

Die Beurteilung wird gemäß den Zuordnungswerten für Böden entsprechend den Tabellen II.1.2-2 (Feststoff) und II.1.2-3 (Eluat) vorgenommen.

Die Ergebnisse der Bodenanalysen gehen in tabellarischer Form ebenso aus der Anlage 2/11 hervor.

Die Einstufung in die LAGA-Zuordnungsklassen zur Bodenverwertung gemäß LAGA-Merkblatt Nr. 20 ist der nachfolgenden Tabelle 15 zu entnehmen:

Tabelle 15: Einstufung in die Verwertungsklassen gemäß LAGA-Boden und LAGA-RCL

Mischprobe Nr.	Proben Nr.	Entnahmetiefe (m)	Parameter/ Konzentration	Zuordnung gemäß LAGA-Boden	Zuordnung gemäß LAGA-RCL
LSW – MP 1	B – 12	0,20 – 3,60	Chlorid: 21,00 mg/l	---	Z 1.2
	B – 13	0,23 – 8,40			
	B – 16	0,25 – 1,40			
	B – 14	0,30 – 4,00			
	B – 15	0,18 – 4,30			
	B – 7	0,30 – 1,80			
	B – 8	0,25 – 8,00			
	B – 10	0,20 – 4,40			
	B – 11	0,30 – 2,00			
LSW – MP 2	B – 12	3,60 – 7,70	Chlorid: 18,00 mg/l	Z 1.2	---
	B – 13	8,40 – 9,60			
	B – 16	1,40 – 5,50			
	B – 15	7,70 – 8,00			
	B – 7	1,80 – 6,50			
	B – 8	8,00 – 9,00			
	B – 10	4,40 – 6,00			
	B – 11	2,00 – 7,80			

Anhand der chemischen Analyse müssen die Auffüllungen (Mischprobe MP 1) gemäß der Klassifizierungsrichtlinien der LAGA-RCL in die Zuordnungs-kategorie Z 1.2 eingestuft werden. Ausschlaggebend dafür ist eine erhöhte Konzentration an Chlorid.

Die gewachsenen Schluffe der Mischprobe MP 2 weisen ebenso einen leicht erhöhten Gehalt an Chlorid auf, so dass die Zuordnungs-kategorie Z 1.2 anzusetzen ist.

Auf Grundlage der durchgeführten chemischen Analyse können die anfallenden Aushubmassen über die Abfallschlüsselnummer **17 05 04** der Verwertung zugeführt werden.

Die untersuchten Böden können nach den Einstufungsrichtlinien des LAGA-Erlasses wie folgt wiederverwendet werden.

Tabelle 16: Einbaukriterien gemäß LAGA-Merkblatt

Mischprobe Nr.	LAGA- Zuordnung gemäß LAGA-RCL	Einbaukriterien gemäß LAGA-Merkblatt
---	Z 0	Uneingeschränkter Einbau
---	Z 1.1	Eingeschränkt offener Einbau auch unter ungünstigen hydrogeologischen Bedingungen möglich.
MP 1 MP 2	Z 1.2	Eingeschränkt offener Einbau nur bei günstigen hydrogeologischen Bedingungen möglich. Hydrogeologisch günstig sind u.a. Standorte, die nach oben durch ausreichend mächtige Deckschichten mit hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt sind oder Standorte mit hohem Grundwasserflurabstand.
---	Z 2	Eingeschränkter Einbau nur mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (z.B. Versiegelung) möglich.

7.4 Beurteilungskriterien und Analyseergebnisse gemäß Ersatzbaustoffverordnung

Zusätzlich wurde für die durchgeführte chemische Analyse gemäß LAGA-Merkblatt eine Voreinstufung entsprechend der ab dem 01.08.2023 gültigen Ersatzbaustoffverordnung durchgeführt.

Die GID GmbH & Co. KG weist explizit darauf hin, dass es sich bei der Einstufung lediglich um eine Voreinstufung handelt. Aufgrund der unterschiedlichen Mischverhältnisse der Eluatproben können die tatsächlichen Ergebnisse stark von der vorläufigen Einstufung abweichen.

Das Ergebnis ist der nachfolgenden Tabelle zusammenfassend dargestellt:

Tabelle 17: Einstufung gemäß Ersatzbaustoffverordnung

Mischprobe Nr.	Proben Nr.	Entnahmetiefe (m)	Parameter/Konzentration	Zuordnung gemäß EBV
LSW – MP 1	B – 12	0,20 – 3,60	TOC: 4,40 Ma.-% TS	BM-F0*
	B – 13	0,23 – 8,40		
	B – 16	0,25 – 1,40		
	B – 14	0,30 – 4,00		
	B – 15	0,18 – 4,30		
	B – 7	0,30 – 1,80		
	B – 8	0,25 – 8,00		
	B – 10	0,20 – 4,40		
	B – 11	0,30 – 2,00		
LSW – MP 2	B – 12	3,60 – 7,70	Keine Überschreitungen der Richtwertkonzentrationen gemäß EBV feststellbar	BM-0
	B – 13	8,40 – 9,60		
	B – 16	1,40 – 5,50		
	B – 15	7,70 – 8,00		
	B – 7	1,80 – 6,50		
	B – 8	8,00 – 9,00		
	B – 10	4,40 – 6,00		
	B – 11	2,00 – 7,80		

8. VERSICKERUNG VON OBERFLÄCHENWASSER

Eine Versickerung von anfallenden Oberflächen- und Schichtenwässern muss nach den Vorgaben des DWA-Arbeitsblatts 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – erfolgen. Hierbei wird ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f \geq 1,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ verlangt.

Aufgrund der festgestellten Schluffe sowie des vollständig verwitterten Felshorizontes im Bereich des Baugrundstückes bleibt festzuhalten, dass eine Versickerung des anfallenden Oberflächenwassers gemäß den Vorgaben des DWA-Arbeitsblatts 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – nicht möglich ist.

Das Geotechnik-Institut-Dr. Höfer GmbH & Co. KG empfiehlt daher einen Antrag auf Einleitung in das öffentliche Kanalnetz zu stellen.

Sollten weitere Fragen in baugrundtechnischer Hinsicht auftreten, bitten wir um Benachrichtigung.

**Geotechnik-Institut-Dr.Höfer
GmbH & Co. KG**



(ppa. Dipl.-Ing. T. Bockau)



(Dr.-Ing. Höfer)

9. TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Legende Schichteinheiten der GID GmbH & Co. KG	10
Tabelle 2:	Konsistenzen I_c und die Plastizitätszahlen I_p	13
Tabelle 3:	Beschreibung der einaxialen Druckfestigkeit σ_c	16
Tabelle 4:	Einaxiale Druckfestigkeit σ_c	16
Tabelle 5:	Bodenkennwerte und die Klassifizierungen nach DIN 18 196	18
Tabelle 6:	Einteilung der Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 - Lösen	19
Tabelle 7:	Einteilung der Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 - Bohrarbeiten	19
Tabelle 8:	Einteilung der Homogenbereiche gemäß DIN 18 303 - Verbauarbeiten	19
Tabelle 9:	Grundwasserstandsmessungen	20
Tabelle 10:	Charakteristische Werte für die Dimensionierung der Bohrpfahlgründung.....	22
Tabelle 11:	Übersicht Bettungsmodul.....	23
Tabelle 12:	Bestimmung der PAK-Gehalte.....	28
Tabelle 13:	Analyseergebnis (Schwarzdecke)	29
Tabelle 14:	Mischproben & Untersuchungsprogramm	31
Tabelle 15:	Einstufung in die Verwertungsklassen gemäß LAGA-Boden und LAGA-RCL.....	32
Tabelle 16:	Einbaukriterien gemäß LAGA-Merkblatt.....	33
Tabelle 17:	Einstufung gemäß Ersatzbaustoffverordnung.....	34

10. LITERATURVERZEICHNIS/QUELLENANGABEN

[1] „openstreetmaps,“ [Online]. Available: <http://openstreetmaps.de/>.

11. ANLAGENVERZEICHNIS siehe bei Baugrundgutachten vom 23.02.2022

- Anlage 2/1: Lageplan
- Anlage 2/2a: Schichtprofile
- Anlage 2/2b: Schichtprofile
- Anlage 2/3: Kornverteilung U/1
- Anlage 2/4: Plastizität
- Anlage 2/5: Plastizität
- Anlage 2/6: Plastizität
- Anlage 2/7: Plastizität
- Anlage 2/8: Kornverteilung Mst/1
- Anlage 2/9: Kornverteilung Mst/1
- Anlage 2/10: Druckfestigkeiten Tonmergel
- Anlage 2/11: Chemie