

iBEG-mbH · Pfortenteich 5 · 99974 Mühlhausen

**Unsere Leistungen:**

- Geotechnische Untersuchungen im Labor und in situ
- Erkundung und Beschreibung des Baugrundes
- Prüfleistungen im Erd-, Grund- und Straßenbau, RAP-Zulassung: A1, A3, A4, H1, H3, I3
- Grundbaustatik
- Geotechnisches Messwesen
- Erschütterungsmessungen nach DIN 4150
- Bodendynamische Untersuchungen und Beratung
- Anker- und Verpresspfahlprüfungen
- Geohydrolog. und geothermische Untersuchung

Ihr Zeichen, Ihre Nachricht vom

Unser Zeichen, unsere Nachricht vom  
11807/23/igTelefon, Name  
StolzeDatum  
10.05.2024

## **Geotechnischer Untersuchungsbericht**

Auftr.-Nr. **11807/23/ig**

Bericht Nr. 01

Bauvorhaben:	Infrastrukturmaßnahmen Bauabschnitt A5, A6 und A7
Teilvorhaben:	Kanal-, Leitungs- und Straßenbau
Auftraggeber:	Ökumenisches Hainich Klinikum gGmbH Pfafferoode 102 99974 Mühlhausen
Planungsbüro:	Rother & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Papiermühlenweg 8 99974 Mühlhausen

Dieser Bericht umfasst die Seiten 1 bis 28 und die Anlagen A 1 bis A 8.

Geschäftsführer:  
Dr.-Ing. A. Gotschol  
Dipl.-Ing. Steffen Stolze  
Amtsgericht Jena, HRB 405587Sparkasse Unstrut-Hainich  
Konto: 511025874; BLZ: 82056060  
IBAN: DE61 8205 6060 0511 025874  
BIC: HELADEF 1 MUECommerzbank Mühlhausen  
Konto: 559303300; BLZ: 82040000  
IBAN: DE36 8204 0000 0559 3033 00  
BIC: COBADEFFXXX

## Inhaltsverzeichnis

<b>Anlagenverzeichnis.....</b>	<b>3</b>
<b>Unterlagenverzeichnis.....</b>	<b>4</b>
<b>1     Veranlassung.....</b>	<b>4</b>
<b>2     Bauwerksangaben .....</b>	<b>4</b>
<b>3     Standortangaben .....</b>	<b>5</b>
3.1   Topographische Einordnung / Geländebeschreibung .....	5
3.2   Geologie .....	5
3.3   Hydrologie.....	6
3.4   Schutzzonen .....	6
<b>4     Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen.....</b>	<b>7</b>
4.1   Felduntersuchungen .....	7
4.2   Einteilung Homogenbereiche / Schichtgliederung.....	7
4.3   Schichtbeschreibung, Schichteigenschaften.....	7
4.4   Angabe der Schichtbezogenen Bodenklassen n. DIN 18300 (VOB 2012).....	13
4.5   Erdstatische Kennwerte.....	14
4.6   Grundwasserstände, Grundwassereigenschaften .....	14
<b>5     Geotechnische Empfehlungen für den Kanal- und Leitungsbau.....</b>	<b>16</b>
5.1   Allgemeine Baugrundeinschätzung.....	16
5.2   Rohrgrabenherstellung für Linienbauwerke.....	16
5.3   Wasserhaltung .....	17
5.4   Rohrgrabensohle.....	17
5.5   Rohrauflager / Rohrzone .....	19
5.6   Rohrgrabenverfüllung .....	19
5.7   Dichtungsriegel .....	21
5.8   Herstellung temporärer Baugruben für Bauwerke .....	21
<b>6     Empfehlungen für den Straßenausbau .....</b>	<b>23</b>
6.1   Allgemeine Baugrundeinschätzung.....	23
6.2   Maßgebliche Bemessungsparameter für den Oberbau.....	23
6.3   Planumsentwässerung .....	25
<b>7     Betonschutzmaßnahmen.....</b>	<b>25</b>
<b>8     Deklarationsuntersuchung an Ausbaustoffen .....</b>	<b>26</b>
<b>9     Hinweise für Abnahmen und Prüfungen .....</b>	<b>28</b>

## Anlagenverzeichnis

A 1	Übersichtsplan, Maßstab 1:10.000	1 Blatt
A 2	Lage- und Aufschlussplan, Maßstab 1:500	1 Blatt
A 3	Schichtenverzeichnisse KRB 1/24 bis KRB 12/24	12 Blatt
A 4.1	Aufschluss- u. Sondierprofile KRB 1/24 bis 12/24 sowie zugehörige DPH's	12 Blatt
A 4.2	Fotodokumentation Bohrkernentnahme, geb. Oberbau	4 Blatt
A 5	Legende der Erdstoffkurzzeichen	2 Blatt
A 6	Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen	
A 6.1	Bestimmung der Wassergehalte n. DIN 18 121	12 Blatt
A 6.2	Bestimmung der Zustandsgrenzen n. DIN 18 122	6 Blatt
A 6.3	Bestimmung der Körnungslinie n. DIN 18 123	12 Blatt
A 7	Bauchemische Wasseranalysen	
A 7.1	Prüfbericht Analyse Grundwasser - Betonaggressivität	4 Blatt
A 7.2	Prüfbericht Analyse Grundwasser - Stahlaggressivität	4 Blatt
A 8	Deklarationsuntersuchungen Ausbaustoffe	
A 8.1	Prüfbericht Analyse Ausbauasphalt nach RuVA-StB	12 Blatt
A 8.2	Prüfbericht Analyse Ausbaustoffe nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV)	15 Blatt

## Unterlagenverzeichnis

Für die Erstellung des vorliegenden Berichtes wurden folgende Unterlagen verwendet:

U 1 Rother und Partner Ingenieurgesellschaft mbH

- Lageplan Verkehrsanlagen BA4/1, Unterlage 7.2, Blatt 1; M 1:500, Planstand 18.12.2020
- Lageplan Verkehrsanlagen BA4/2, Unterlage 7.2, Blatt 2; M 1:500, Planstand 18.12.2020
- Lageplan Verkehrsanlagen BA4/3, Unterlage 7.2, Blatt 3; M 1:500, Planstand 18.12.2020
- koordinierter Leitungslageplan BA4/1, Unterlage 7.3, Blatt 4; M 1:500, Planstand 18.12.2020
- koordinierter Leitungslageplan BA4/2, Unterlage 7.3, Blatt 5; M 1:500, Planstand 18.12.2020
- koordinierter Leitungslageplan BA4/3, Unterlage 7.3, Blatt 6; M 1:500, Planstand 18.12.2020

U 2 Topographische Karte 1202 – 241 Mühlhausen Pfafferode, Maßstab 1:10.000

U 3 Geologische Karte Blatt Mühlhausen, Maßstab 1:25.000

## 1 Veranlassung

Das Ökumenische Hainich Klinikum beabsichtigt in mehreren Bauabschnitten die Erneuerung der Ver- und Entsorgungsleitungen sowie den grundhaften Ausbau der Verkehrswege. Vom Auftraggeber wurde die iBEG mbH mit der Durchführung der Baugrunderkundung und der Erstellung des Baugrundgutachtens sowie der Deklaration der Ausbaustoffe beauftragt. Der hier vorliegende Bericht wurde für die Infrastrukturmaßnahmen im Bauabschnitt A5, A6 und A7 erstellt.

## 2 Bauwerksangaben

Der Baubereich für die Infrastrukturmaßnahmen A5, A6 und A7 befindet sich im nordöstlichen Bereich des Klinikgeländes. Die Lage der geplanten Ver- und Entsorgungsleitungen orientiert sich im Wesentlichen an den bestehenden Verkehrswegen. Hausanschlüsse sowie einzelne Teilabschnitte verlaufen über Freiflächen. Der grundhafte Ausbau von Verkehrsflächen bezieht sich überwiegend auf das bestehende Straßen- und Wegenetz des Klinikgeländes.

Detaillierte Planunterlagen zum geplanten Leitungs- und Straßenbau liegen derzeit nicht vor. Nach fernmündlichen Angaben wird von einer Verlegetiefe der Medien zwischen 2 und 6 Metern ausgegangen. Für den vorgesehenen grundhaften Straßenausbau wird aus gutachtlicher Sicht von einer Belastungsklasse Bk 1,8 ausgegangen.

## **3 Standortangaben**

### **3.1 Topographische Einordnung / Geländebeschreibung**

- Topographische Karte 4728 – SW Mühlhausen, Pfafferode
- Koordinaten (GK 4) bezogen auf den ungefähren Standortmittelpunkt der Infrastrukturmaßnahme A 6  
Rechtswert = 43 88 245    Hochwert = 56 76 075
- der Standort liegt westlich der Ortsrandlage von Mühlhausen auf dem Gelände des Klinikums
- das Gelände fällt leicht von West nach Ost ein
- die Geländehöhen im Untersuchungsbereich liegen zwischen 290 und 283 m NHN
- vorhandene Straßen in Asphalt- und Pflasterbauweise mit ein- bzw. beidseitigem Fußweg mit Pflasterdecke
- beidseitig der Straßen zum Teil sehr weitläufig zurück gesetzte Bebauung
- wegebegleitend einzelne Bäume und Sträucher sowie Hecken
- im gesamten Untersuchungsgebiet ist bereits umfangreicher Leitungsbestand vorhanden
- nördlich des Standorts verläuft der Steingraben, welcher nur niederschlagsbedingt und jahreszeitlich abhängig Wasser führt. Zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten im November 2020 war der Vorfluter trocken.

### **3.2 Geologie**

Das Baufeld liegt im Verbreitungsgebiet der Festgesteinsschichten des Oberen Muschelkalkes. Überlagert werden diese Schichten von Hangschuttmaterialien, welche als Produkt der chemischen und physikalischen Verwitterung des Oberen Muschelkalks aus dem tonigen Kalklösungsrückstand und intakten Kalksteinstücken bestehen. Lokal stehen oberflächennah Ablagerungen von pleistozänen Lößlehmsedimenten an. Aufgrund früherer Bautätigkeiten am Standort sind bereichsweise Auffüllungsböden anzutreffen. Abgesehen einer anthropogenen Auffüllung ist von folgendem generellen Schichtenaufbau auszugehen:

Lößlehm (Pleistozän)

über

Hangschutt (Pleistozän)

über

Tonstein - Kalkstein Wechsellagerung des Oberen Muschelkalkes (nicht erkundet)

### **3.3 Hydrologie**

Die hydrologische Situation ist durch die Lage des Standorts in der auslaufenden Hanglage geprägt. In dieser ist ein ausgepegelter oberflächennaher Grundwasserhorizont generell nicht vorhanden. Jahreszeitlich und niederschlagsbedingt ist jedoch in allen Tiefenlagen mit lokalen, temporären Schicht- und Sickerwasserbewegungen zu rechnen. Morphologisch bedingt erfolgt die Entwässerung hangabwärts in östliche Richtung.

Die bohraktuellen Grundwasserstände können dem Abschnitt 4.6 bzw. der Anlage A 4 entnommen werden.

### **3.4 Schutzzonen**

#### **3.4.1 Erdbebenzone**

Nach DIN 4149: 2005 liegt der Baustandort in keiner Erdbebenzone, Schutzmaßnahmen sind daher nicht erforderlich.

#### **3.4.2 Schutzzonen**

Der Standort befindet sich im Wasserschutzgebiet Zone III.

## 4 Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen

### 4.1 Felduntersuchungen

Folgender Untersuchungsumfang wurde nach DIN 4020 ausgeführt:

- 12 Stück Kleinbohrungen BK Ø 80 mm im Rammverfahren nach DIN EN ISO 22475-1
- 7 Stück Schwere Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2

Die Lage der Aufschlusspunkte wurde in dem Lage- und Aufschlussplan der Anlage A 2 dargestellt. Die höhen- und lagentechnische Einmessung der Aufschlusspunkte erfolgte durch die Vermessungsstelle TRIGIS mit Sitz im Mühlhausen.

### 4.2 Einteilung Homogenbereiche / Schichtgliederung

Für den Standort kann nach Auswertung der Ergebnisse der Baugrunderkundung und unter Berücksichtigung der Erdbautechnologie von folgendem generellen Baugrundsichtenmodell / Homogenbereichen ausgegangen werden.

**Tabelle 1:** Benennung der anstehenden Bodenschichten im Baufeld

Homogenbereich	Schichtnummer	Schichtbezeichnung	Kurzzeichen	Geologische Bezeichnung
<b>A 1</b>	1.1	konstr. Straßenoberbau	StO	-
<b>A 2</b>	1.2	Auffüllung	A	-
<b>LG 1</b>	2.1	Hanglehm	L	Pleistozän
<b>LG 2</b>	2.2	Hangschutt	Lx	Pleistozän
<b>FG 1 <sup>1.)</sup></b>	3.1	Kalkstein – Tonstein Wechselagerung	Kst-T	Oberer Muschelkalk
Homogenbereich: <b>Ob</b> ... Oberboden; <b>A</b> ... Auffüllung; <b>LG</b> ... Lockergestein; <b>FG</b> ... Festgestein <sup>1.)</sup> verfahrensbedingt nicht aufgeschlossen, der Vollständigkeit halber hier aufgeführt				

Die Schichtenverzeichnisse sowie die zugehörigen Bohrprofile können der Anlage A 3 bzw. der Anlage A 4.1 entnommen werden.

### 4.3 Schichtbeschreibung, Schichteigenschaften

Auf der Grundlage der vorliegenden Labor- und Feldprüfergebnisse können die anstehenden erkundeten Schichten wie folgt beschrieben werden.

### **Homogenbereich: A 1 ... konstruktiver Straßenoberbau**

Schichtbeschreibung:	Schichten des konstruktiven Oberbaus, bestehend aus gebrochenem Kalkstein- / Hartsteinschotter lokal als steinige Packlage, bodenmechanisch: Fein- bis Grobkies, sandig, tonig bis stark tonig, steinig bis Steine, kiesig, stark tonig
Schichten / Benennung:	Schicht 1.1 → konstruktiver Straßenoberbau
Organischer Anteil:	< 1 %
Steine / Blöcke / große Blöcke:	< 20 % / < 10 % / - (gutachterlicher Schätzwert mit Rammkernbohrverfahren nicht bestimmbar)
Bodengruppe n. DIN 18196:	<b>[GW, GT - GT*, BS]</b>
Lagerungsdichte:	locker bis mitteldicht
Schichtunterkante:	vgl. Tabelle
Verbreitung:	im Bereich der befestigten Verkehrswege

**Tabelle 2:** Angaben zum gebundenen und ungebundenen Oberbau

Aufschluss	Oberbau	Schichtdicke geb. Oberbau	Beschreibung geb. Oberbau	Schichtdicke ungeb. Tragschicht
KRB 1/24	Pflaster	0,10 m + 0,05 m Bettung	Granitpflaster, Kleinpflaster	0,55 m
KRB 2/24	Pflaster	0,10 m + 0,05 m Bettung	Granitpflaster, Kleinpflaster	0,55 m
KRB 3/24	Asphalt	0,12 m	zweilagig, kompakter Kern, organoleptisch nicht auffällig	0,38 m
KRB 4/24	Asphalt	0,15 m	dreilagig, kompakter Kern, organoleptisch nicht auffällig	0,15 m
KRB 5/24	Asphalt	0,17 m	zweilagig, kompakter Kern, organoleptisch nicht auffällig	0,63 m
KRB 6/24	Asphalt	0,12 m	zweilagig, kompakter Kern, organoleptisch nicht auffällig	0,18 m (Packlage ?)
KRB 7/24	Pflaster	0,10 m + 0,05 m Bettung	Granitpflaster, Kleinpflaster	0,35 m
KRB 8/24	Pflaster	0,10 m + 0,05 m Bettung	Granitpflaster, Kleinpflaster	0,25 m
KRB 9/24	Pflaster	0,10 m + 0,05 m Bettung	Granitpflaster, Kleinpflaster	0,85 m
KRB 10/24	Pflaster	0,10 m + 0,05 m Bettung	Granitpflaster, Kleinpflaster	0,55 m
KRB 11/24	Pflaster	0,10 m + 0,05 m Bettung	Granitpflaster, Kleinpflaster	0,45 m
KRB 12/24	Pflaster	0,10 m + 0,05 m Bettung	Granitpflaster, Kleinpflaster	0,45 m

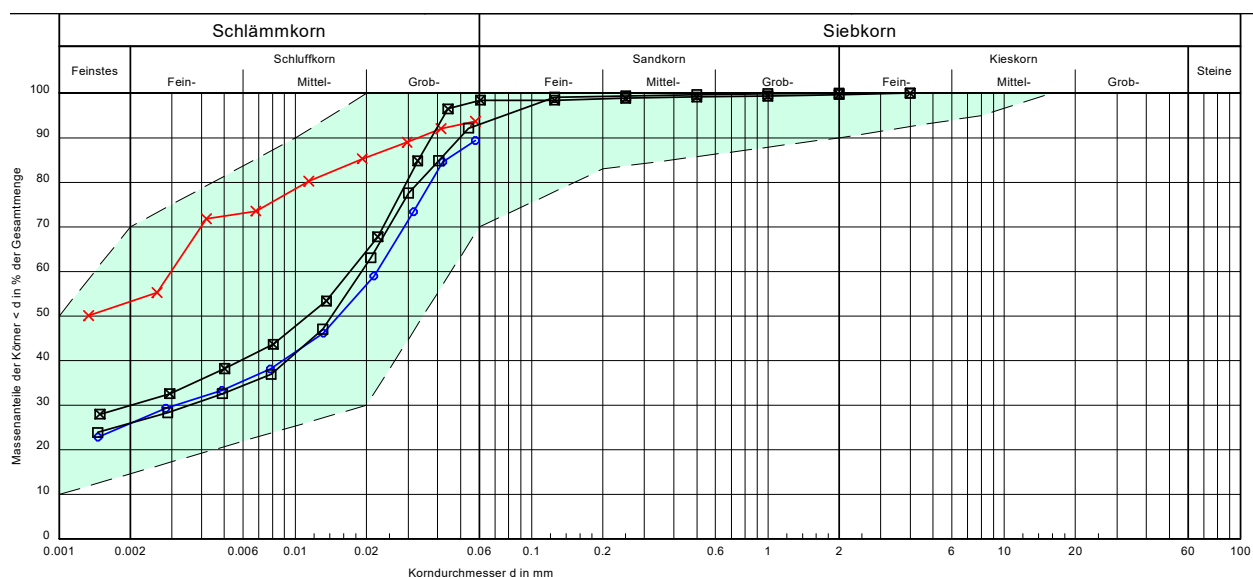


### ***Homogenbereich: A 2 ... Auffüllung***

Schichtbeschreibung:	Homogenbereich der anthropogenen Auffüllungsböden, überwiegend umgelagertes Hanglehm, Hangschutt, Kalksteine mit geringen Bauschuttbeimengungen bzw. lokalen Aschenestern bodenmechanisch: Fein- bis Grobkies, sandig, tonig bis stark tonig, steinig bis Ton, stark kiesig, steinig
Schichten / Benennung:	Schicht 1.2 → Auffüllung
Organischer Anteil:	< 5 %
Steine / Blöcke / große Blöcke:	< 20 % / < 10 % / - (gutachterlicher Schätzwert mit Rammkernbohrverfahren nicht bestimmbar)
Bodengruppe n. DIN 18196:	[GT – GT*, TA, TM, BS]
Bodengruppe n. ATV-A 127:	nicht geeignet als Rohraufleger
Verdichtbarkeitsklasse:	nicht geeignet für den Wiedereinbau
Frostempfindlichkeitsklasse:	F 3
Konsistenz:	weich bis steif
Lagerungsdichte:	locker
Kornverteilung T/U/S/G:	im Körnungsband der benannten Bodengruppen
Durchlässigkeit:	schwach durchlässig bis durchlässig nach DIN 18130
Schichtunterkante:	1,2 – 1,9 m unter Gelände, lokal sind bei Annäherung zu bestehenden baulichen Anlagen auch größere Schichtmächtigkeiten möglich
Verbreitung:	nahezu gesamter Standort

### **Homogenbereich: LG 1 ... Lockergestein 1**

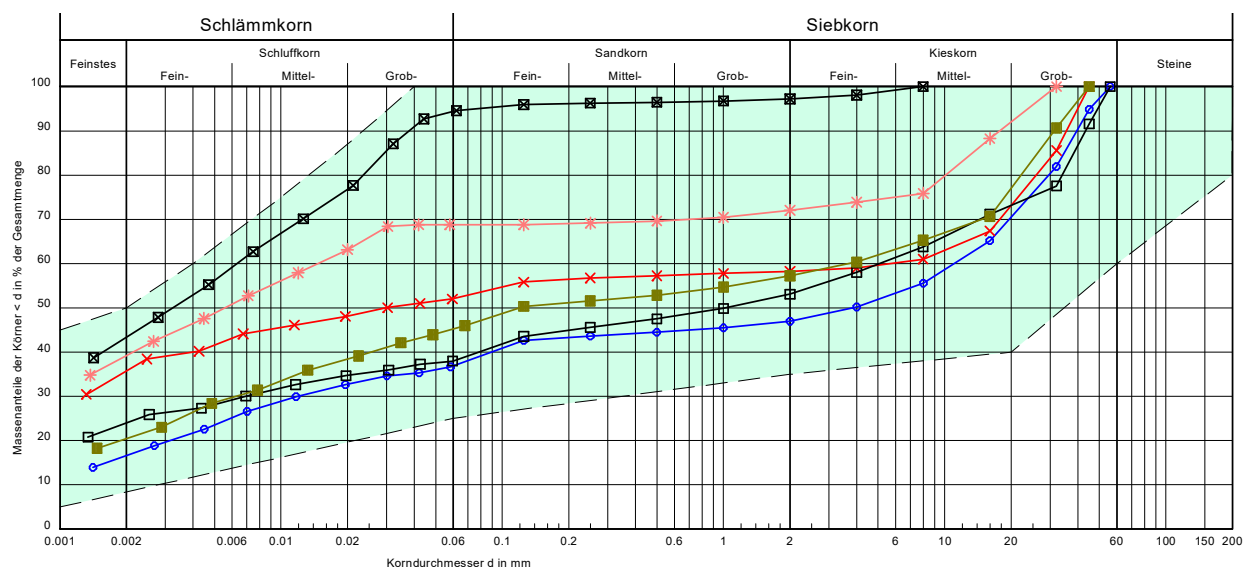
Schichtbeschreibung:	Homogenbereich der feinkörnigen, mittel bis ausgeprägt plastischen Lockergesteinsschichten bodenmechanisch: hellbrauner bis brauner, feinsandiger, schluffiger bis stark schluffiger Ton
Schichten / Benennung:	Schicht 2.1 → Hanglehm
Organischer Anteil:	< 3 % (vgl. Anlage A 6.5)
Steine / Blöcke / große Blöcke:	- / - / -
Bodengruppe n. DIN 18196:	<b>TM - TA</b>
Bodengruppe n. ATV - A 127:	G 4
Verdichtbarkeitsklasse:	V 3
Frostempfindlichkeitsklasse:	F 3
Durchlässigkeit:	schwach durchlässig nach DIN 18130
Konsistenz:	weich bis steif
Wassergehalt:	vergleiche Anlage A 6.1
Plastizitätszahl:	$I_p = 20 - 50$ % oberhalb der A-Linie (vgl. Anlage A 6.2)
Kornverteilung T/U/S/G:	siehe Körnungsband (vgl. Anlage A 6.3)
Schichtunterkante:	0,9 – 2,1 m unter Gelände
Verbreitung:	im gesamten Standortbereich, lokal ausgeräumt



**Abbildung 1:** Kornverteilung Homogenbereich LG 1, ergänzt durch Archivunterlagen

## Homogenbereich: LG 2 ... Lockergestein 2

Schichtbeschreibung:	graugrüner, grauer bis dunkelgrauer hochbindiger Ton dicht verkittet mit kantigen dünnplattigen bis dickplattigen intakten Kalksteinen bzw. Kalksteinplatten / Kalksteinkiesen in stark gestörter Lagentextur bodenmechanisch: Ton, stark kiesig, steinig bis Kies, stark tonig, steinig
Schichten / Benennung:	Schicht 2.2 → Hangschutt
Organischer Anteil:	< 1 %
Steine / Blöcke / große Blöcke:	< 30 % / < 20% / < 10 % (Erfahrungswert mit Rammkernbohrverfahren nicht exakt bestimmbar)
Bodengruppe n. DIN 18196:	<b>TA - GT*, BS</b>
Bodengruppe n. ATV - A 127:	G 3
Verdichtbarkeitsklasse:	V 3
Frostempfindlichkeitsklasse:	F 3
Durchlässigkeit:	schwach durchlässig nach DIN 18130
Konsistenz:	Tonmatrix, steif bis halbfest, lokal weich
Wassergehalt:	vergleiche Anlage A 6.1
Plastizitätszahl:	IP > 30 % oberhalb der A-Linie (vgl. Anlage A 6.2)
Kornverteilung T/U/S/G:	siehe Körnungsband bzw. (vgl. Anlage A 6.3)
Schichtanschnitt:	0,3 bis 2,1 m unter Gelände, bis zur maximalen Aufschlusstiefe nicht durchteuft
Verbreitung:	gesamter Untersuchungsbereich



**Abbildung 2:** Kornverteilung Homogenbereich LG 2, ergänzt durch Archivunterlagen

### ***Homogenbereich: FG 1 ... Festgestein 1***

Verfahrensbedingt konnten nicht alle Bohrungen bis auf planmäßige Endtiefe abgeteuft werden. Der Festgesteinshorizont FG 1 konnte daher mittels der Rammkernsondierungen hinsichtlich der Aufschlusstiefe nicht aufgeschlossen werden. Es ist zu vermuten, dass der Verwitterungshorizont lokal bereits oberflächennah ab 3 bis 4 m unter Gelände ansteht. Eine bodenphysikalische Untersuchung und Beschreibung des Homogenbereiches ist nicht abschließend möglich. Im Bedarfsfall sind ergänzende Aufschlüsse und bodenphysikalische Untersuchungen vorzunehmen. Die nachfolgenden Angaben beruhen auf eigenen Erfahrungswerten aus verschiedenen Baumaßnahmen.

Schichtbeschreibung:	Homogenbereich der biogenen bzw. karbonatischen Sedimentgesteine, Wechsellagerung von blättrigen bis dünnplattigen bis dickplattigen festen bis mürben Kalkstein und steifen bis halbfesten Tonsteinersatz-Zwischenlagen, söhlige Lagerung
Verwitterungsgrad n. FGSV:	<b>VA bis VE</b> (angewittert bis entfestigt)
Schichten / Benennung:	Schicht 3.1 → Kalkstein – Ton Wechsellagerung
Bodengruppe n. DIN 18196:	untergeordnet <b>TA</b> für Tonzwischenlagen
Konsistenz:	steif bis halbfest für Tonzwischenlagen
Organischer Anteil:	< 1 %
Steine / Blöcke / große Blöcke:	< 50 % / < 40 % / < 10 % (gutachterlicher Schätzwert)
Einaxiale Druckfestigkeit:	1,0 – 20 MN/m <sup>2</sup> (im ungestörten Gebirgsverband)
Bodengruppe n. ATV - A 127:	G 1
Verdichtbarkeitsklasse:	V 2, nach dem Lösen aus dem Gebirgsverband
Frostempfindlichkeitsklasse:	F 2
Schichtanschnitt:	ab ca. 4,0 bis > 6 m (gutachterlicher Schätzwert, nach Ergebnissen der schweren Rammsondierungen)
Verbreitung:	gesamter Standort, bis zur maximalen Aufschlusstiefe nicht nachgewiesen

#### 4.4 Angabe der Schichtbezogenen Bodenklassen n. DIN 18300 (VOB 2012)

Nach Auswertung der Labor- und Feldversuche sowie unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten lassen sich für die erkundeten Schichten folgende Eigenschaften (Klassifikationen) zuordnen.

**Tabelle 3:** Klassifikation der anstehenden Bodenschichten im Baufeld - Bodenklassen

Schicht-Nr.:	Kurzzeichen	Bodengruppe DIN 18 196	Konsistenz / Lagerungsdichte	Bodenklasse DIN 18 300
1.1	StO	[GW, GT – GT*, BS]	locker bis mitteldicht	3, 4, 6
1.2	A	[GT-GT* / TM-TA, lokal BS]	locker bis mitteldicht, weich bis steif	3, 4, 5, 6
2.1	L	TM, TA	weich bis steif	4, 5
2.2	Lx	TA - GT*, lokal BS	steif bis halbfest / mitteldicht bis dicht	5, 6 <sup>1.)</sup>
3.1	Kst-T	TA für Tonzwischenlagen	mürbe bis fest, Tonmatrix weich bis halbfest	6, lokal 7 <sup>2.)</sup>
<sup>1.)</sup> mit zunehmenden Steinanteil (Rauminhalt 0,01 bis 0,1 m <sup>3</sup> ) $\geq 30$ % der Bodenklasse 6 zuzuordnen <sup>2.)</sup> fester dickbankiger Kalkstein mit Schichtdicken $d \geq 0,3$ m bzw. Kluftkörpergröße $V \geq 0,1$ m <sup>3</sup> sind der Bodenklasse 7 zuzuordnen				

Eine genaue Abgrenzung zwischen Lockergestein und Festgestein sowie den Bodenklassen 6 und 7 ist generell anhand der Bohrergergebnisse der Rammkernsondierungen nicht möglich. Die Einstufung von Festgesteinen in die Bodenklasse 7 ist neben der Festigkeit in erster Linie vom Trennflächengefüge und der Klüftigkeit abhängig. Erst mit weiträumiger Klüftung und zunehmender Bankung ist für einzelne Zwischenlagen die Bodenklasse 7 festzustellen. Es wird daher empfohlen, die Bodenklasse 7 zum Nachweis auszuschreiben und wenn erforderlich baubegleitend durch ein gemeinsames Aufmaß mengenmäßig zu erfassen.

## 4.5 Erdstatische Kennwerte

Für bodenmechanische Berechnungen ist auf der Basis der festgestellten und eingeschätzten Schichteigenschaften von folgenden korrelativ ermittelten charakteristischen Rechenwerten auszugehen. Die angegebenen charakteristischen Kennwerte gelten für ungestörte Bodenverhältnisse.

**Tabelle 4:** Angabe der charakteristischen Bodenkenngrößen

Schicht- nummer	Kurz- zeichen	natürliche Wichte		Reibungs- winkel	drän. Kohäsion	undrän. Kohäsion	Steife- modul
-	-	$\gamma_k$	$\gamma'_k$	$\phi'_k$	$c'_k$	$c_{u,k}$	$E_{s,k}$
-	-	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[MN/m <sup>2</sup> ]
1.2	A <sup>1.)</sup>	20,0	10,0	32,5	5,0	-	-
2.1	L	19,0	9,0	27,5	7,5	-	6 - 8
2.2	Lx	21,0	11,0	30,0	10,0	-	8 - 12
3.1	Kst-T	22,0	12,0	35,0	15,0	-	20 - 25
<sup>1.)</sup> nur für Erdruckberechnungen							

## 4.6 Grundwasserstände, Grundwassereigenschaften

Bohraktuell (März 2024) wurde in folgenden Aufschlussbohrungen Grund- bzw. Schichtwasser festgestellt.

**Tabelle 5:** Angabe der erkundeten Grundwasserstände

Aufschluss [-]	GOK [m NHN]	Wasseranschnitt [m u. GOK]	Wasseranschnitt [m NHN]	Wasserendstand [m u. GOK]	Wasserendstand [m NHN]
KRB 1/24	283,57	3,50	280,07	3,02	280,55
KRB 3/24	285,97	3,80	282,17	3,41	282,56

Ein oberflächennaher geschlossener Grundwasserleiter ist am Standort generell nicht vorhanden. Bei den erkundeten Wasserständen handelt es sich aufgrund der leichten Hanglage des Standortes um Schicht- und Sickerwasseraufstauungen. Diese können in allen Tiefenlagen innerhalb der Auffüllungsböden, an den Schichtgrenzflächen des Hangschuttes sowie in Auflockerungszonen der im Tieferen anstehenden und klüftigen Kalksteinschichten angetroffen werden. Morphologisch bedingt erfolgt die Entwässerung hangabwärts in Richtung Osten.

Zur Beurteilung der Betonaggressivität des Grundwassers wurde eine bauchemische Grundwasseranalyse nach DIN 4030 durchgeführt. Die Ergebnisse können der nachfolgenden Tabelle sowie der Anlage A 7.1 entnommen werden.

**Tabelle 6:** Ergebnis der Wasseranalyse - Betonaggressivität

Aufschluss [-]	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Beurteilung nach DIN 4030
KRB 1/24	3,20	nicht angreifend

Neben der Untersuchung der Betonaggressivität erfolgte ebenfalls die Bestimmung der Stahlaggressivität des Grundwassers nach DIN 50929 Teil 3. Das Analyseergebnis kann der Anlage A 7.2 entnommen werden. Danach ist für den Wasser / Luft Bereich von folgenden Korrosionswahrscheinlichkeiten auszugehen:

Wasser / Luft - Bereich

- a) Mulden- und Lochkorrosion      sehr gering
- b) Flächenkorrosion                  sehr gering

## **5 Geotechnische Empfehlungen für den Kanal- und Leitungsbau**

### **5.1 Allgemeine Baugrundeinschätzung**

Im Ergebnis der Baugrunderkundung ist von übersichtlichen Baugrundverhältnissen auszugehen. Abgesehen von anthropogenen Auffüllungsböden steht unterhalb des Straßenoberbaus bzw. des Oberbodens Hanglehm des Homogenbereiches LG 1 bis ca. 2 m unter Gelände an. Im Liegenden folgen Hangschuttmaterialien (Homogenbereich LG 2). Der unterlagernde Festgesteinshorizont des Oberen Muschelkalks (Homogenbereich FG 1) konnte verfahrensbedingt nicht direkt aufgeschlossen. Der Übergang zwischen Festgestein und überlagerndem Lockergesteinshorizont kann nur näherungsweise zwischen 3 bis 4 m unter Gelände abgeschätzt werden.

Unter Berücksichtigung der planungsseitigen Angaben für die Einbindetiefen der Ver- und Entsorgungsleitungen sowie des Medienkanals kommt die Grabensohle im Hangschutt (Homogenbereich LG 2) sowie im Festgesteinshorizont (Homogenbereich FG 1) zum Liegen. Lokal können Sickerwasseraufstauungen zu Vernässungsbereichen führen, diese sind dann im Bedarfsfall auszusetzen. Je nach Lage der geplanten Neubautrasse ist mit Mehraufwendungen durch bereits vorhandene Kanäle / Abwassereinrichtungen zu rechnen. Die nachfolgenden Angaben gelten für den ungestörten Baugrund. Im Bedarfsfall sind ggf. baubegleitend weitere Abstimmungen und Anpassungen erforderlich.

Das Bauvorhaben ist aufgrund der geplanten bautechnischen Maßnahmen sowie der örtlichen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse gemäß Eurocode 7 in die **geotechnische Kategorie GK 2** einzustufen.

### **5.2 Rohrgrabenherstellung für Linienbauwerke**

Die Rohrgrabenherstellung in offener Bauweise ist unter Beachtung der Hinweise gemäß DIN 4124 auszuführen. Im gesamten Trassenbereich ist aufgrund der Baugrundverhältnisse, der angrenzenden Bebauung sowie der Verlegetiefe ein Rohrgrabenverbau erforderlich. Unter Einschätzung einer vertikalen, kurzzeitig standsicheren Schachtiefe von maximal 0,5 m bis 1,0 m für alle anstehenden Erdstoffschichten wird ein waagrechtes Verbausystem empfohlen.

Die Anwendung des Einstellverfahrens ist jedoch nur zulässig, wenn keine Gebäude oder andere bauliche Anlagen im Einflussbereich des Grabens liegen. Andernfalls kann es bereits im Zuge der Grabenherstellung vor dem Einstellen des Verbaugerätes zu unzulässigen Auflockerungen und Verschiebungen des Baugrundes und damit zu Setzungen an den Bestandsgebäuden kommen. Aufgrund des teilweisen geringen Abstands der Bauwerke zu vorhanden Leitungstrassen kann eine gegenseitige Beeinflussung der Baugrube und der Bauwerke nicht ausgeschlossen werden. Die Auswirkungen der Maßnahme sind im Hinblick auf die Standsicherheit- und Gebrauchstauglichkeit zu untersuchen. Die baulichen Sicherungsmaßnahmen richten sich nach der



Gründungstiefe, dem Abstand der Bebauung, dem baulichen Zustand, der Nutzung des Bauwerkes sowie der Setzungsempfindlichkeit der Bauwerke.

Auf einen permanenten kraftschlüssigen Verbund zwischen Verbau und anstehenden Boden ist zu achten. Durch unsachgemäße Verbauarbeiten können Auflockerungen im anstehenden Boden und daraus bedingte Schäden der angrenzenden Bebauung nicht ausgeschlossen werden. Im kritischen Annäherungsbereich zur benachbarten Bebauung (Stufenwinkel zwischen Grabensohle und Fundamentsohle Nachbarhaus  $\beta > 30^\circ$ ) sind möglicherweise zusätzliche Sondermaßnahmen erforderlich, die vor Ort mit dem Geotechniker zu beraten und festzulegen sind. Im Vorfeld der Bautätigkeit wird die Durchführung einer Beweissicherung sowie im Bedarfsfall ergänzend die Bestandsaufnahme der vorhandenen Gründungen empfohlen.

### **5.3 Wasserhaltung**

Für die Verlegearbeiten ist die Vorhaltung einer offenen Wasserhaltung zur Ableitung von lokalen Sickerwasserzutritten sowie von Niederschlagswasser vorzusehen.

Generell sind für alle Kanalbereiche Maßnahmen zum Schutz des Gründungsplanums nach DIN 18 300 sowie Schutzmaßnahmen gegen Zutritt von Oberflächenwasser in den Rohrgraben vorzusehen.

### **5.4 Rohrgrabensohle**

#### **5.4.1 Ver- und Entsorgungsleitungen**

Ausgehend von den angenommenen Verlegetiefen liegt die Rohrgrabensohle der geplanten Ver- und Entsorgungsleitungen in den pleistozänen Hangschuttmaterialien (Homogenbereich LG 2) sowie lokal in den Homogenbereichen LG 1 (Hanglehm) und FG 1 (Kalkstein).

Die Rohrgrabensohle ist auf einen Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 97 \%$  und einem Tragfähigkeitssollwert von  $E_{v,dyn} \geq 25 \text{ MN/m}^2$  nachzuverdichten. Das aufgrund des Lösens der kantigen Kalksteine entstehende unregelmäßige Aushubprofil der Rohrgrabensohle sowie mögliche Auflockerungszonen sind durch Zugabe von Kalksteinsplitt auszugleichen und nachzuverdichten. Entsprechende Mehrmassen für Aushub und Wiedereinbau sind planungsseitig zu berücksichtigen.

In Trassenbereichen, wo die Verdichtungs- und Tragfähigkeitsanforderungen nicht erfüllt werden, hierzu zählen der Hanglehm des Homogenbereichs LG 1 sowie Bereiche mit möglichen Vernässungszonen durch Schichtwasser oder ggf. heterogenen Auffüllungsbereiche aus Vorgängerbebauungen, ist unterhalb des Rohraufagers ein zusätzlicher Bodenaustausch vorzusehen. Diese Bereiche sind baubegleitend und abschnittsweise festzulegen.

Bodengruppe:	GW - GT nach DIN 18196
Tragfähigkeitssollwert:	$E_{v,dyn} \geq 25 \text{ MN/m}^2$ , Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 97 \%$ (Anforderungen gelten auch für anstehenden Boden)
Materialempfehlung:	Kst-Sch 0/45 (V), Feinkornanteil $d_{0,063} \leq 15 \%$
Austauschmächtigkeit:	0,1 bis 0,3 m (vorab geschätzt)
Nachweis:	über Probefeld

#### 5.4.2 Medienkanal und Bauwerke

Ausgehend von bautechnischen Angaben kommt die Gründungssohle des Medienkanals größtenteils im Hangschutt des Homogenbereichs LG 2 zum Liegen. Lokal ist auch das Einbinden in die Festgesteinsschichten des Homogenbereichs FG 1 möglich.

Planungsseitig erfolgt die Entwässerung des Medienkanals über beidseitig verlaufende Drainageleitungen, welche an den neu zu errichtenden Regenwasserkanal angebunden werden. Zur Gewährleistung der Drainagefunktion wird die durchgehende Anordnung eines Bodenaustausches als Horizontalfilter unterhalb des Medienkanals empfohlen.

Bodengruppe:	GW nach DIN 18196
Tragfähigkeitssollwert:	$E_{v,dyn} \geq 55 \text{ MN/m}^2$ , Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100 \%$
Materialempfehlung:	Kst-Sch 0/45 (FS), Feinkornanteil $d_{0,063} \leq 5 \%$
Austauschmächtigkeit:	0,3 m
Nachweis:	über Probefeld

Das Erdplanum ist mit einem Quergefälle von mind. 2,5 % hin zu den beidseitig des Medienkanals verlaufenden Drainageleitungen auszubilden. Das aufgrund des Lösens entstehende unregelmäßige Aushubprofil ist mit Magerbeton zu versiegeln. Möglicherweise vorhandene aufgeweichte Bereiche sind auszusetzen und ebenfalls mit Magerbeton aufzufüllen. Die Drainagerohre sollten einen Mindestdurchmesser von DN 100 und sind als Teilsicker auszubilden. Zur dauerhaften Gewährleistung der Filterstabilität ist der Bodenaustausch einschließlich Dränage in ein Geovlies der Beanspruchungsgruppe GRK 3 voll einzuschlagen.

Die Gründungssohle der Bauwerke kommt nach bisherigen Angaben ca. 1,0 unterhalb der Gründungssohle des Medienkanals zum Liegen. Zur Vermeidung von Sickerwasseransammlungen innerhalb des Tiefteiles und zur Gewährleistung der Entwässerung ist bis auf Niveau durchlaufende Längsdränage eine Fußabdichtung des Bauwerkes vorzusehen. Für die Gründung des Bauwerkes wird folgende Vorgehensweise empfohlen:

- Aushub der Baugrubensohle auf 0,2 m unter Bauwerkssohle
- das anstehende Gründungsplanum ist bis an die Grabenwände vollflächig mit Magerbeton der Festigkeitsklasse C 16/20 zu versiegeln
- möglicherweise vorhandene aufgeweichte Bereiche sind auszusetzen und ebenfalls mit Magerbeton aufzufüllen
- die Bauwerkshinterfüllung ist zur Vermeidung von Aufstauung von Grund-/ bzw. Sickerwasser innerhalb der Baugrube von Baugrubensohle bis auf Niveau Unterkante Dränage / Schotterschicht des Medienkanals mit Magerbeton aufzufüllen

## 5.5 Rohraufleger / Rohrzone

Für die Herstellung des Rohrauflegers / Rohrzone sind die Angaben der DIN EN 805 bzw. DIN EN 1610 zu beachten.

Ausführung der Bettung	Bettung Typ 1, mit Bettungsschicht 10 cm im Homogenbereich FG 1 mit Bettungsschicht d = 20 cm
Materialempfehlungen:	<b>ST</b> oder <b>GT</b> nach DIN 18 196 mit Größtkornbegrenzung nach Vorgabe Rohrhersteller. Die hydraulische und mechanische Filterstabilität des Materials ist vor Baubeginn nachzuweisen. Alternativ kann die Filterstabilität durch den Einbau eines Trennvlieses der Beanspruchungsgruppe GRK 3 gewährleistet werden.
Erf. Verdichtungsgrad:	$D_{Pr} > 97 \%$ .
Sondermaßnahmen:	Anordnung eines Dichtriegels innerhalb der Rohrzone siehe Abschnitt 5.7

## 5.6 Rohrgrabenverfüllung

Die Wiederverwendung des anfallenden Aushubmaterials (Tragschichtmaterial/ Schi.-Nr. 1.1, Hanglehm/ Schi.-Nr. 2.1 und Hangschutt/ Schi.-Nr. 2.2) sind bei fachgerechter Zwischenlagerung und nach Aufbereitung sowie Vorlage einer Eignungsprüfung und Beachtung der abfallrechtlichen Vorgaben möglich und sinnvoll. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass für den Wiedereinbau des Hangschuttmaterials aufgrund des zu erwartenden Steinanteils eine Korngrößenbegrenzung 0/80 empfohlen wird. Nur durch Begrenzung des zulässigen Größtkorns ist eine qualitätsgerechte Verdichtung unter Berücksichtigung der beengten Platzverhältnisse im Rohrgraben und der leichten Verdichtungsgeräte möglich.

Alle zur Verwendung kommenden Erdstoffe sind lagenweise, mit einer Dicke von  $d \leq 0,3$  m und einem Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 97$  % und Luftporenanteil  $n_a \leq 12$  % einzubauen.

Aufgrund des natürlichen Wassergehaltes und der Wasserempfindlichkeit der Böden in Verbindung mit Sickerwasseransammlungen sowie der Drainagewirkung der Leitungszone werden für den Wiedereinbau generell Bodenverbesserungsmaßnahmen mit Bindemittel empfohlen. Für die weitere Planung kann hierfür vorab von folgenden Angaben ausgegangen werden:

empfohlenes Bindemittel: Mischbinder 70/30 (70 % Kalk / 30 % Zement)

Bindemittelmenge: Zugabe  $\geq 3$  %, entspricht ca.  $60 \text{ kg/m}^3$

Verdichtungsanforderungen:  $D_{Pr} \geq 97$  % und Luftporenanteil  $n_a \leq 12$  %

Tragfähigkeitsanforderung:  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf Planum

Vor Beginn der Arbeiten wird die Durchführung einer Eignungsprüfung gemäß „Merkblatt über Bodenbehandlung mit Bindemitteln (M BmB)“ empfohlen. Es wird empfohlen das Bodenmaterial unter Zugabe des Bindemittels mittels Anbauseparator aufzubereiten und tagesaktuell einzubauen.

Alternativ ist auch der Einbau von Lieferboden denkbar. Die Verdichtungsanforderungen können in Abhängigkeit der Bodengruppen wie folgt angegeben werden:

Für den Verfüllbereich von Oberkante Rohrzone bis 0,5 m unter Planum

Verdichtungsanforderungen  $D_{Pr} > 95$  % für Bodengruppe GU\*, GT\*, SU\*, ST, U, T

$D_{Pr} > 97$  % für Bodengruppe GU, GT, SU, ST

$D_{Pr} > 98$  % für Bodengruppe GW, GI, GE, SW, SI, SE

Für den Verfüllbereich von 0,5 m unter Planum bis Planum

Materialempfehlung: Lieferboden der Bodengruppe GW – GT, beispielsweise Schotter 0/45 oder Schotter 0/56 Vorabsiebung (max. 12 % Feinanteil  $< 0,063 \text{ mm}$ )

Verdichtungsanforderung:  $D_{Pr} > 100$  % für Bodengruppe GW, GT

Tragfähigkeitsanforderung:  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf OK Planum

Darüber hinaus ist im Bedarfsfall, zum Beispiel unter beengten Platzverhältnissen sowie bei vorhandenen Leitungsquerungen auch der Einbau von Flüssigboden denkbar. Die Bereiche sind baubegleitend und abschnittsweise festzulegen. Im Rahmen der Bauausführung ist die Vorlage einer Eignungsprüfung / Mischrezeptur erforderlich. Die bautechnologischen Besonderheiten beim Einbau des Flüssigbodens (Auftriebssicherheit etc.) sind zu beachten. Sondermaßnahmen zur Stabilisierung des Rohraufagers sind bei vollständiger Rohrummantelung mit Flüssigboden nicht erforderlich.

## 5.7 Dichtungsriegel

Zur Vermeidung einer drainageartigen Wasserführung im Rohrgrabensystem wird in Abständen von  $< 80$  m und vor jedem Hausanschluss in Abhängigkeit vom Einbaumaterial innerhalb der Rohrzone und der Hauptverfüllung über den gesamten Rohrgrabenquerschnitt den Einbau eines Dichtungsriegels bis 0,5 m unter Planum empfohlen. Folgende Anforderungen sind zu berücksichtigen:

Dicke:	Minstdicke ca. 0,50 m
Boden:	Bodengruppe TM, TA nach DIN 18 196
Verdichtungsgrad:	$D_{Pr} \geq 97 \%$ und Luftporenanteil $n_a \leq 12 \%$
Durchlässigkeitsbeiwert:	$k < 1 \cdot 10^{-8}$ m/s

Bei durchgehender Verwendung des anfallenden bindigen Aushubmaterials (Homogenbereich LG 1 und LG 2) für die Rohrgrabenverfüllung kann in diesen Bereichen auf die Anordnung eines Dichtungsriegels verzichtet werden.

## 5.8 Herstellung temporärer Baugruben für Bauwerke

Für die Herstellung der Baugrube oberhalb des Grundwassers sind die Vorgaben der DIN 4124: 2002-10 zu beachten. Folgende Böschungsneigungen sind für temporäre Baugruben bis 5,0 m Tiefe einzuhalten:

- Weichplastische Böden:  $\max. \beta = 45^\circ$
- Steifplastische Böden:  $\max. \beta = 60^\circ$
- Nichtbindige Böden:  $\max. \beta = 60^\circ$
- Die Randbedingungen DIN 4124, insbesondere Abs. 4.2.3 und 4.2.5 sind zu beachten.

Tiefere Baugruben als 5,0 m sind rechnerisch nachzuweisen bzw. zu verbauen. Bauzeitige Böschungen sind mit Folien oder Geotextilien als Erosionsschutz sowie vor Austrocknung zu sichern.

Alternativ ist auch die Herstellung der Baugrube durch einen senkrechten Grabenverbau mittels Trägerbohlverbau möglich bzw. im Bereich der Bauwerke unter Umständen sogar erforderlich. Rammende oder Vibrierende Einbringverfahren sind am Standort bis in die erforderlichen Absetztiefen nicht möglich. Als Hilfsmittel sind daher generell Auflockerungs- / Einstellbohrungen in Verbindung mit Austausch des Bohrgutes vorzusehen. Die Herstellung der Füsseinspannung der Verbauträger ist mit Beton oder Sandbeton vorzunehmen. Die Einstellung der Verbauträger in das Bohrgut der Auflockerungsbohrung ist nicht zulässig. Für die Herstellung

der Einstellbohrungen und Bemessung der Verbauträger kann von folgenden Angaben ausgegangen werden.

**Tabelle 7:** Angabe der charakteristischen Bodenkenngrößen

Schicht- nummer	Kurz- zeichen	Bodengruppe nach DIN 18196	Bodenklasse nach DIN 18301	horizontaler Bettungsmodul $k_{s,h}$
2.1	L	TM, TA	BB 2/3	-
2.2	Lx	TM-TA / GT*, BS	BB 2/3 + BS 1/2	12.000 kN/m <sup>3</sup>
3.1	Kst / T	-	FV 2/3 + FD 1/2	40.000 kN/m <sup>3</sup>

Aufgrund der Größe der Baugrube sowie der Bestandbebauung und dem Leitungsbestand ist eine temporäre Rückverankerung nicht möglich, es wird daher eine Kopfaussteifung der Verbauträger empfohlen. Aufgrund des unregelmäßigen Löseprofils der Kalksteinlagen sind Mehraufwendungen für die rückseitige kraftschlüssiger Verfüllung des Holzverbau zu berücksichtigen.

## 6 Empfehlungen für den Straßenausbau

### 6.1 Allgemeine Baugrundeinschätzung

Die vorherrschenden Baugrundverhältnisse sind für die geplante Baumaßnahme als übersichtlich einzustufen. Das Erdplanum bindet überwiegend in den pleistozänen Lockergesteinsschichten der Homogenbereiche LG 1 und LG 2 sowie lokal in aufgefüllte Bereiche des Homogenbereiches A 2 ein.

### 6.2 Maßgebliche Bemessungsparameter für den Oberbau

#### 6.2.1 Frostempfindlichkeit der Böden / Hydrologische Verhältnisse

Die Beurteilung der Frostempfindlichkeit der anstehenden Planumsböden sowie die Beurteilung der hydrologischen Bedingungen erfolgt nach ZTVE und kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

**Tabelle 8:** Angabe der Frostempfindlichkeit für die potentiellen Planumsböden

Schicht-Nr.	Schicht-benennung	Verbreitung	Bodengruppe n. DIN 18196	Frostempfindlichkeit nach ZTVE	hydrologische Verhältnisse
2.1	Hanglehm	gesamter Standort	TM - TA	F 3	ungünstig
2.2	Hangschutt	gesamter Standort	TA - GT*	F 3	ungünstig

#### 6.2.2 Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus

Auf Grundlage der vorliegenden bautechnischen Parameter wurde die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus nach RStO 12 ermittelt.

- Belastungsklasse Bk 1,8 und Bk 0,3
- Frosteinwirkungszone II, auf Grundlage der Karte der Frosteinwirkungszone von der Bundesanstalt für Straßenwesen, Ausgabe 2017

Gemäß der ZTVE werden unter anderem an frostempfindliche Planumsböden Anforderungen an die Tragfähigkeit  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  und an den Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 97 \%$  bei einem zulässigen Porenanteil  $n_a \leq 12 \%$  ( $n_a \leq 8 \%$  bei Einbau von wasserempfindlichen gemischt- und feinkörnigen Böden) gestellt. Es ist dabei entscheidend, dass die genannten Anforderungen dauerhaft erfüllt werden.

Erfahrungsgemäß sind bei den im Planum anstehenden Hanglehm- und Hangschuttmaterialien (Homogenbereiche LG 1 und LG 2) selbst bei Einhaltung des Verdichtungsgrades und des zulässigen Porenanteils sowie des optimalen Wassergehaltes die nach ZTVE und RStO geforderte

Tragfähigkeiten nicht zu erreichen. Den anstehenden Böden können je nach Konsistenzbereich Frühjahrstragfähigkeitswerte von  $E_H = 15$  bis  $25 \text{ MN/m}^2$  zugeordnet werden. Lokal anstehende Auffüllungsböden sind als nicht tragfähig einzustufen und daher vollständig auszusetzen.

Als Sondermaßnahme zum Nachweis der geforderten Planumtragfähigkeit ist auch der Einbau eines zusätzlichen Bodenaustausches mit folgenden Mindestanforderungen empfohlen:

- Material der Bodengruppe GT (z.B. gebrochener Schotter 0/45); Begrenzung des Feinkornanteils  $d_{0,063 \text{ mm}} \leq 15 \%$
- vorab geschätzte Austauschmächtigkeit  $d = 0,20$  bis  $0,40 \text{ m}$ , Nachweis über Probefeld
- Einbau Trennvlies, Beanspruchungsgruppe GRK 3 zwischen anstehenden Untergrund und Bodenaustausch
- im Bereich anstehender weicher Böden / Auffüllung zusätzlicher Einbau von ca.  $0,20 \text{ m}$  Grobschlag unterhalb des Bodenaustauschs
- Nachweis Verformungsmodul auf dem Planum für Straßenbau von  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
- Erdplanum intensiv nachzuverdichten, ggf. unter Zugabe von Grobschlag

Im Sinne eines einheitlichen Aufbaus wird empfohlen, den Bodenaustausch auch im Bereich des Rohrgrabens einzubauen. Bei Ausführung einer Bodenverbesserung mit Bindemitteln ist die Grabenverfüllung nur bis Unterkante Bodenaustausch auszuführen.

Im Ergebnis der Sondermaßnahmen kann bei einer Mindesteinbaudicke des Bodenaustauschs von  $d \geq 0,30 \text{ m}$  das ertüchtigte Planum der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 zugeordnet werden. Die Minstdicke des frostsicheren Aufbaus kann um  $10 \text{ cm}$  reduziert werden. Hierfür ergibt sich je nach Belastungsklasse folgende Dicke des frostsicheren Aufbaus.

**Tabelle 9:** Minstdicke des frostsicheren Straßenaufbaus für Belastungsklasse Bk 1,8

Faktor	Charakteristik	geschlossene Ortslage
-	Ausgangswert nach RStO 12, Tab. 6 <sup>1.)</sup>	50 cm
A	Frosteinwirkungszone, Zone II	+ 5 cm
B	kleinräumige Klimaunterschiede	± 0 cm
C	Wasserverhältnisse im Untergrund	+ 5 cm
D	Lage der Gradienten	± 0 cm
E	Entwässerung der Fahrbahn/ Ausführung der Randbereiche	-5 cm
	<b>Minstdicke</b>	<b>55 cm</b>

<sup>1.)</sup> Planum wird durch empfohlene Sondermaßnahmen dauerhaft verbessert



**Tabelle 10:** Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus für Belastungsklasse Bk 0,3

Faktor	Charakteristik	geschlossene Ortslage
-	Ausgangswert nach RStO 12, Tab. 6 <sup>1.)</sup>	40 cm
A	Frosteinwirkungszone, Zone II	+ 5 cm
B	kleinräumige Klimaunterschiede	± 0 cm
C	Wasserverhältnisse im Untergrund	+ 5 cm
D	Lage der Gradiente	± 0 cm
E	Entwässerung der Fahrbahn/ Ausführung der Randbereiche	-5 cm
	<b>Mindestdicke</b>	<b>45 cm</b>

<sup>1.)</sup> Planum wird durch empfohlene Sondermaßnahmen dauerhaft verbessert

### 6.3 Planumsentwässerung

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung ist gemäß den Anforderungen der RAS-Ew (Richtlinie für die Anlage von Straßen Teil: Entwässerung) das anfallende Wasser aus dem Oberbau durch wirksame Sickeranlagen zu fassen und abzuleiten.

Dementsprechend werden der Bau von Sickersträngen mit Sickerrohrleitung sowie der Bau des Planums mit Gefälleausbildung zu den Sickersträngen empfohlen. Die Querneigung des Planums soll nach ZTVE-StB bei unverändertem Planum mindestens 4 % und bei mit Bindemitteln verbesserten Planum 2,5 % betragen.

Zur dauerhaften Sicherstellung der Funktionalität der Entwässerungslage werden Sickerstränge mit Sickerrohrleitungen empfohlen. Der Mindestdurchmesser der Sickerrohre beträgt DN 100. Die Sickerstränge sind mit abgestuften Mineralstoffgemischen filterstabil zum anstehenden Baugrund auszubilden. Bei Anwendung von geotextilen Filtern (Vliesstoffen etc.) ist deren Funktionsfähigkeit nachzuweisen. Die bautechnischen Angaben der RAS-Ew zur Ausbildung von Sickersträngen sind zu berücksichtigen.

Die Tiefenlage der Sickerrohrleitung richtet sich je nach Lage des zu entwässernden Erdplanums. Der Rohrscheitel ist mindestens 0,20 m unter dem Erdplanum anzuordnen. Das Sohlgefälle soll aus Gründen der Selbstreinigung den Wert von  $I = 0,3 \%$  nicht unterschreiten. Der Schachtabstand sollte 80 m nicht überschreiten.

## 7 Betonschutzmaßnahmen

Im Ergebnis der Grundwasserbeprobung ist nach DIN 206-1 keine erhöhte Expositionsklasse erforderlich. Planungsseitig ist zu prüfen, inwieweit darüber hinaus andere Expositionsklassen erforderlich werden.

## 8 Deklarationsuntersuchung an Ausbaustoffen

Zur orientierenden Deklaration der Ausbaustoffe wurden gemäß den technischen Regelwerken exemplarisch chemische Untersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sowie die Zuordnung der Abfallschlüssel und Einstufung der Ausbaustoffe sind in der Anlage A 8.1 bis A 8.3 zusammengefasst.

Der vorhandene Asphalt wurde exemplarisch anhand vier Einzelproben untersucht. Die Ergebnisse der Analysen können der Tabelle 11 bzw. die vollständigen Prüfberichte der Anlage A 8.1 entnommen werden.

**Tabelle 11:** Einstufung gebundener Oberbau nach RuVA und AVV

Labor- nummer	Entnahmestelle und Entnahmetiefe	Art	Einstufung n. RuVA	Einstufung n. AVV
<b>10082</b>	KRB 3/24 (0,00 – 0,12 m)	Asphalt	<b>A</b>	<b>17 03 02</b> Bitumengemische, nicht gefährlich
<b>10083</b>	KRB 4/24 (0,00 – 0,15 m)	Asphalt	<b>A</b>	<b>17 03 02</b> Bitumengemische, nicht gefährlich
<b>10084</b>	KRB 5/24 (0,00 – 0,17 m)	Asphalt	<b>A</b>	<b>17 03 02</b> Bitumengemische, nicht gefährlich
<b>10085</b>	KRB 6/24 (0,00 – 0,12 m)	Asphalt	<b>A</b>	<b>17 03 02</b> Bitumengemische, nicht gefährlich

Das Tragschichtmaterial, die Auffüllung sowie die natürlich anstehenden Böden wurden exemplarisch anhand von drei Mischproben untersucht. Die Ergebnisse der Analysen können der Tabelle 12 bzw. die vollständigen Prüfberichte den Anlagen A 8.2 entnommen werden.

**Tabelle 12:** Einstufung des Bodenmaterials nach EBV und AVV

Labor- nummer	Entnahmestelle und Entnahmetiefe	Art	Einstufung n. EBV	Einstufung n. AVV
<b>10088</b>	KRB 1/24 (0,15 – 0,70 m) KRB 5/24 (0,17 – 0,80 m) KRB 7/24 (0,15 – 0,40 m) KRB 12/24 (0,15 – 0,60 m)	Mischprobe Tragschicht- material	<b>BM-0</b>	<b>17 05 04</b> Boden und Steine, nicht gefährlich
<b>10086</b>	KRB 1/24 (0,70 – 1,20 m) KRB 5/24 (0,80 – 1,20 m) KRB 8/24 (0,40 – 1,90 m)	Mischprobe Auffüllung / umgelagerter Boden	<b>BM-F1</b>	<b>17 05 04</b> Boden und Steine, nicht gefährlich
<b>10087</b>	KRB 1/24 (1,20 – 3,70 m) KRB 5/24 (1,20 – 2,80 m) KRB 7/24 (0,50 – 4,30 m) KRB 12/24 (0,60 – 3,60 m)	Mischprobe Hanglehm / Hangschutt	<b>BM-0*</b>	<b>17 05 04</b> Boden und Steine, nicht gefährlich

Im Rahmen der Bauausführung wird eine getrennte Aufnahme und Lagerung der Ausbaustoffe empfohlen. Ergänzend dazu werden baubegleitende Haufwerksbeprobungen nach LAGA PN 98 empfohlen. Hierfür sind in der Ausschreibung zusätzliche Leistungspositionen für das Betreiben und Vorhalten eines Zwischenlagers aufzunehmen.

Es wird empfohlen, den Auftragnehmern die vorliegenden Analyseergebnisse im Rahmen der Angebotskalkulation zur Klärung des Entsorgungsweges und zur Ermittlung der Entsorgungskosten zur Verfügung zu stellen. Es wird darauf hingewiesen, dass die chemischen Untersuchungen nur punktuell durchgeführt wurden und somit keine repräsentative Aussage für den gesamten Trassenabschnitt darstellen. Im Zuge der Bauausführung sind gegebenenfalls bei vorhandenem Anfangsverdacht ergänzende Untersuchungen zur Einstufung der Erdstoffe durchzuführen.

## 9 Hinweise für Abnahmen und Prüfungen


Aus geotechnischer Sicht werden folgende Abnahmen und Prüfungen empfohlen:

- Baubegleitende Beratung für geotechnische Fragen
- Ergänzende Baugrundaufschlüsse zur eindeutigen Erkundung des Felshorizontes
- Abnahme Rohrgrabensohle mit Festlegungen von Bodenaustauschmaßnahmen
- Vorlage von Eignungsprüfungen bei Wiederverwendung der Erdstoffe
- Aufstellen einer Prüfkonzepktion für die Eigen- und Kontrollprüfungen gemäß ZTVE / ZTVA
- Ergänzende Haufwerksbeprobungen nach LAGA PN 98 und Deklaration der anfallenden Ausbaustoffe
- Verdichtungs- und Tragfähigkeitskontrollprüfungen
- Durchführung einer Beweissicherung vor Ausführung der Arbeiten

Mühlhausen, den 10.05.2024

**Ing.-Ges. f. Bodenmechanik,  
Erd- und Grundbau mbH**

Pfortenteich 5  
99974 Mühlhausen/Thür.  
Tel.: 036 01/48 17 20, Fax: 036 01/48 17 21

  
Dipl.-Ing. S. Stolze  
Bearbeiter