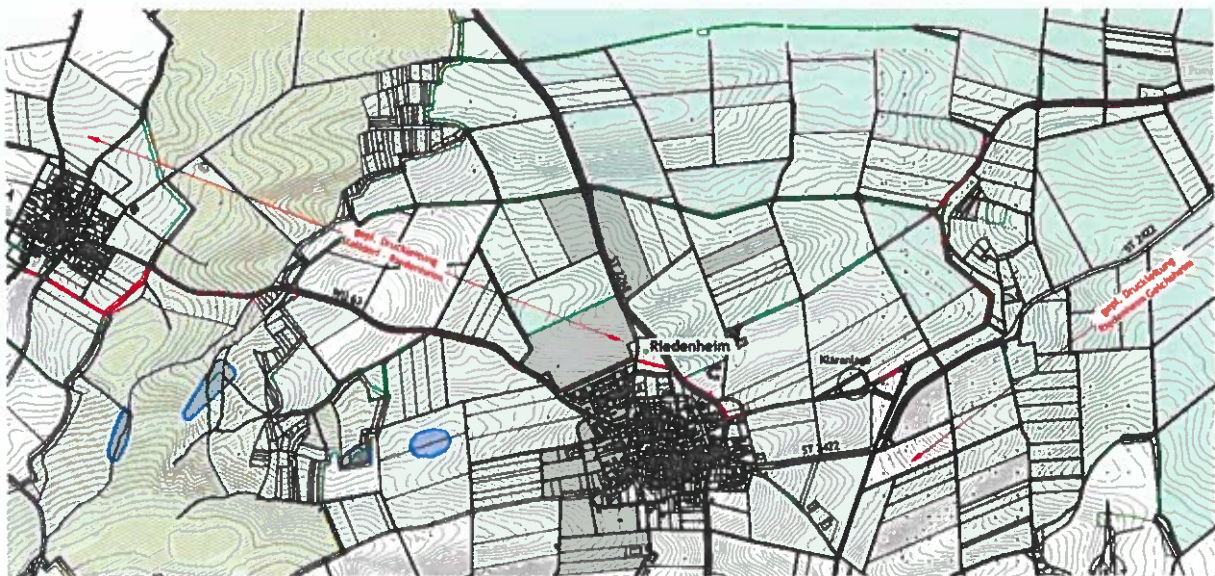


Anschluss an AVO Riedenheim - Stalldorf

Geotechnischer Bericht



Ort: Bolzhausen - Riedenheim - Stalldorf
Auftraggeber: Gemeinde Riedenheim p.A. VG Röttingen
Marktplatz 1
97285 Röttingen
Projektleiter: Dipl.-Ing. (FH) D. Johannsen
GMP-Projektnr.: 221079\g1 Jo/fr
Datum: 23.12.2021

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG Beratende Ingenieure und Geologen | Hedanstraße 17 | 97084 Würzburg
Telefon: 0931 61 44-0 | Fax: 0931 61 44-200 | mail: mail@gmp-geo.de | web: www.gmp-geo.de

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG
Beratende Ingenieure und Geologen
Würzburg,
Amtsgericht Würzburg, HRA 6477

Pers. haft. Gesellschafterin:
GMP Ingenieurbeteiligungsgesellschaft mbH
Würzburg,
Amtsgericht Würzburg, HRB 10485

Geschäftsführer:
Dr.-Ing. Hans-Jörg Franke
Dipl.-Ing. Hubert Hansel
Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Johannsen
Dr. Verena Herrmann

Akkreditiertes Prüflabor
nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018
DAkKS-Akkreditierungsnr.
D-PL-14479-01-00

Unterlagen: Horn Ingenieure GmbH & Co. KG:

- /1/ Übersichtslageplan, M = 1:10.000, Plan-Nr. E-ÜP-01, Stand 31.03.2021
- /2/ Lageplan Druckleitung, Teil 01 bis 05, M = 1:2.500, Plan-Nr. E-DL-01 - 05, Stand 31.03.2021
- /3/ Lageplan RÜB 446 Riedenheim, M = 1:500, Plan-Nr. E-LP-09, Stand 31.05.2021
- /4/ Höhenplan Stalldorf - Riedenheim, M = 1:5.000/500 Plan-Nr. E-HP-01, Stand 31.03.2020
- /5/ Höhenplan Riedenheim - Bolzhausen, M = 1:5.000/500 Plan-Nr. E-HP-02, Stand 16.06.2020
- /6/ Längsschnitt Stalldorf - Riedenheim und Riedenheim - Bolzhausen, M = 1:5.000/500, Plan-Nr. E-LS-01 und 02, Stand 31.03.2020
- /7/ Lageplan RÜB 442 Stalldorf, M = 1:250, Plan-Nr. E-LP-07, Stand 31.03.2021
- /8/ Längsschnitt 442 Stalldorf, M = 1:50, Plan-Nr. E-LS-03, Stand 31.03.2021
- /9/ Lageplan RÜB 446 Riedenheim, M = 1:500, Plan-Nr. E-LP-08, Stand 31.05.2021
- /10/ Detail RÜB 446 Riedenheim, M = 1:100, Plan-Nr. E-LP-09, Stand 31.05.2021
- /11/ Längsschnitt (BÜ, RÜB und PW Riedenheim), M = 1:50, Plan-Nr. E-LS-04, Stand 13.07.2021
- /12/ Bestandsplan Vorbecken Kläranlage, M = 1:250/50, Plan-Nr. B-BW-03, Stand 23.04.2021

Länderübergreifende Regelungen für die abfalltechnische Bewertung:

- /13/ Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Mitteilung Nr. 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln“, Stand 06.11.1997

Länderspezifische Regelungen für die abfalltechnische Bewertung:

- /14/ Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt „Beprobung von Boden und Bauschutt“, Stand: November 2017

- Anlagen:**
1. Übersichtslageplan, M = 1:25.000
 2. Lageplan der Aufschlüsse
 3. Längsschnitte mit Tiefenprofilen und Rammdiagrammen
 4. Bilddokumentation Ansatzpunkte der Aufschlüsse
 5. Bilddokumentation Schürfe
 6. Entnommene Bodenproben Geotechnik
 7. Entnommene Bodenproben Umwelttechnik
 8. Zusammenstellung der Laborversuche
 9. Kornverteilungsanalysen nach DIN EN ISO 17892-4
 10. Bestimmung der Konsistenzgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

- Anhang:**
- CLG - Chemisches Labor Dr. Graser, Schonungen:
- Prüfbericht 21/09/2135329 vom 04.10.2021
 - Prüfbericht 21/10/2138896 vom 27.10.2021
 - Prüfbericht 21/10/2138897 vom 27.10.2021

AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg

- Prüfbericht 3223876 – 199564 vom 08.12.2021
- Prüfbericht 3223876 – 199565 vom 08.12.2021
- Prüfbericht 3223876 – 199566 vom 08.12.2021
- Prüfbericht 3223874 – 199561 vom 09.12.2021
- Prüfbericht 3223874 – 199562 vom 09.12.2021

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Vorgang.....	7
2. Örtliche Verhältnisse.....	7
2.1 Geplante Baumaßnahme	7
2.2 Geotechnische Kategorie und Erdbebenzone.....	7
2.3 Frosteinwirkung	8
2.4 Schutzgebiet	8
3. Untergrunderkundung	8
3.1 Durchgeführte Aufschlüsse	8
3.2 Einmessung der Aufschlüsse.....	9
3.3 Geotechnische Probenahme	9
3.4 Umwelttechnische Probenahme	9
4. Untergrundverhältnisse	10
4.1 Druckleitung.....	10
4.1.1 Oberboden.....	10
4.1.2 Auffüllungen	11
4.1.3 Quartäre Lössse und Lehme	12
4.1.4 Verwitterungsschichten.....	12
4.1.5 Anstehender Fels.....	13
4.1.6 Grund- und Sickerwasser	13
4.2 Baugebiet.....	15
4.2.1 Auffüllung.....	15
4.2.2 Quartäre Schichten.....	15
4.2.3 Anstehender Fels.....	16
5. Geotechnische Laborversuche	16
6. Orientierende abfalltechnische Untersuchungen.....	17
6.1 Bewertungsgrundlage.....	17
6.2 Durchgeführte Untersuchungen	17
6.3 Analysenergebnisse	18
7. Geotechnische Kenngrößen	19

8.	Geotechnische Empfehlungen Druckleitung.....	20
8.1	Verlegetechnik	20
8.2	Verlegung im offenen Graben.....	21
8.2.1	Kanalgrabensicherung.....	21
8.2.2	Rohrbettung.....	22
8.2.3	Rohrgrabenverfüllung	23
8.3	Geotechnische Empfehlungen für das Spülbohrverfahren.....	23
8.3.1	Start- und Zielgrube	23
8.3.2	Empfehlungen zur Spülbohrung	24
8.4	Regenüberlaufbecken Stalldorf.....	25
8.4.1	Baugrube	25
8.4.2	Gründung	25
8.4.3	Arbeitsraumverfüllung	26
8.5	Pumpwerk Riedenheim	26
8.5.1	Baugrube	26
8.5.2	Gründung	27
8.5.3	Arbeitsraumverfüllung	27
9.	Grundbautechnische Empfehlungen für das Baugebiet.....	28
9.1	Kanal	28
9.2	Grundbautechnische Empfehlungen für den Ausbau der Straße	30
9.3	Stabilisierung mit Bindemittel	32
10.	Bewertung orientierende abfalltechnische Untersuchungen.....	33
11.	Homogenbereiche	33
11.1	Geotechnische Klassifizierung.....	33
11.2	Schichteinteilung.....	34
11.3	Druckleitung.....	34
11.4	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320	35
11.5	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18300	36
11.5.1	Boden.....	37
11.5.2	Fels	38
11.6	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18324	39
11.6.1	Boden.....	39
11.6.2	Fels	40
11.7	Baugebiet.....	41
11.8	Schichteinteilung.....	41
11.9	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320	42
11.10	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18300	42
11.10.1	Boden.....	43
11.10.2	Fels	44

12.	Zusammenfassung und weitergehende Empfehlungen	44
12.1	Druckleitung	44
12.2	Empfehlungen zur weiteren Erkundung	45
12.3	Hinweise für Planung, Ausschreibung und Durchführung der Entsorgungsmaßnahmen	45
12.4	Empfehlungen zur geotechnischen Überwachung	46
12.5	Empfehlungen zur umwelttechnischen Überwachung	46

1. Vorgang

Das Ingenieurbüro Horn plant für die Gemeinde Riedenheim den Anschluss von Riedenheim und Stalldorf an die AVO.

Die GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG wurde von der Gemeinde Riedenheim über die VG Röttingen mit der Baugrunduntersuchung und der Ausarbeitung des geotechnischen Berichts beauftragt. Auftragsgrundlage ist das Angebot vom 21.01.2021.

Ergänzend zu den angebotenen Leistungen im Zuge der AVO wurde mit dem Ingenieurbüro Horn abgestimmt, dass auch im Bereich eines Baugebietes Aufschlüsse ausgeführt werden.

2. Örtliche Verhältnisse

2.1 Geplante Baumaßnahme

Nach den vorliegenden Planunterlagen des Ingenieurbüros Horn ist der Bau von zwei Abwasserdruckleitungen geplant. Der erste Abschnitt liegt zwischen Stalldorf und Riedenheim, der zweite Abschnitt zwischen Riedenheim und Bolzhausen. Die Rohrgrabentiefe kann im Allgemeinen aus den Plänen mit ca. 1,6 m unter GOK entnommen werden. Leitungsquerungen werden in Tiefen von bis zu ca. 2,5 m erforderlich.

Im Bereich von Riedenheim und Stalldorf soll jeweils ein Regenüberlaufbecken und eine Pumpstation errichtet werden. Die Sohle liegt jeweils bei ca. 3,5 m unter GOK.

Im Zuge einer Auftragsweiterung wurden ergänzend Untersuchungen in einem Baugebiet bei Riedenheim ausgeführt. Nach den vorliegenden Planunterlagen soll das Baugebiet mit einer Fläche von ca. 0,6 ha erschlossen werden. Die Erschließung soll über zwei Stichstraßen erfolgen.

2.2 Geotechnische Kategorie und Erdbebenzone

Diese Baumaßnahme fällt nach EN 1997-1, DIN 1054 und DIN 4020 in die geotechnische Kategorie GK 2.

Das Baugebiet gehört gemäß DIN EN 1998-1 keiner Erdbebenzone und keiner Untergrundklasse an.

2.3 Frosteinwirkung

Riedenheim liegt gemäß der RStO in der Frosteinwirkungszone II. Damit ist ein Frostindex von $F_i > 250$ bis ≤ 330 [$^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$] anzusetzen. Daraus lässt sich eine Frosteindringung zwischen 80 cm und 90cm abschätzen.

2.4 Schutzgebiet

Die Baumaßnahme befindet sich außerhalb von Wasserschutz- und Heilquellenschutzgebieten.

3. Untergrunderkundung

3.1 Durchgeführte Aufschlüsse

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden im Bereich der Druckleitung und des Baugebietes insgesamt 27 Sondierungen mit der Rammkernsonde ausgeführt (RKS 1 - RKS 27). Ergänzend wurden 11 Schürfe ausgehoben (Sch 1 - Sch 11). Zur Beurteilung der relativen Tragfähigkeit wurden zudem 7 Sondierungen mit der leichten Rammsonde (DPL 1 - DPL 7) abgeteuft.

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse sind in den Lageplan der Anlage 2 im Maßstab 1:5.000 eingetragen. Farbfotos der Aufschlussstellen sind in Anlage 4 beigelegt. Eine Bilddokumentation der Schürfe ist in Anlage 5 beigelegt.

Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind in Form von höhenorientierten Tiefenprofilen in fünf Gelände- und Bauwerksschnitte eingezeichnet (siehe Anlage 3.1 - 3.4).

Im Bereich des Baugebietes sind die Ergebnisse mit in den Lageplan eingetragen.

Rechts neben den Tiefenprofilen sind die angetroffenen Boden- und Felsarten mit Kurzzeichen nach DIN 4023 beschrieben. Angegeben sind außerdem die Farben und die geologischen Kennzeichnungen.

Die am Untersuchungstag angetroffenen Grund- und Sickerwasserstände sind links neben den Tiefenprofilen eingezeichnet. Dort sind außerdem die Nummern und Tiefen der entnommenen Bodenproben angegeben.

Die Anzahl der Schläge, die erforderlich ist, um die leichte Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2:2012 (DPL) 10 cm in den Boden einzurammen, ist in der Anlage 3 in den Rammdiagrammen aufgetragen.

Die verwendeten Signaturen der Tiefenprofile und die Kurzzeichen für Boden- und Felsarten sind in den Legenden der Anlage 2.0 erläutert.

3.2 Einmessung der Aufschlüsse

Die Aufschlüsse wurden lagemäßig eingemessen und in Bezug auf die Höhe in die Geländeschnitte des Ingenieurbüros Horn übertragen.

3.3 Geotechnische Probenahme

Zur Bestimmung wichtiger bodenphysikalischer Kennwerte wurden aus den Aufschlüssen Proben entnommen, die tabellarisch in der Anlage 6 zusammengestellt sind. Die Nummern und Tiefen der entnommenen Bodenproben sind außerdem neben den Tiefenprofilen der Anlage 3 angegeben.

Nach Sichtung und Beurteilung wurden an ausgewählten Proben Versuche im bodenmechanischen Labor von GMP durchgeführt (siehe Anlage 6). Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Anlage 8 zusammengestellt. Die übrigen Proben werden rückgestellt und bei GMP eingelagert. Die Rückstellproben werden bis drei Monate nach Abgabe des Gutachtens aufbewahrt und anschließend fachgerecht entsorgt soweit keine längere Aufbewahrung durch den Auftraggeber gefordert wird.

3.4 Umwelttechnische Probenahme

Aus den Aufschlüssen wurden Asphaltdeckenkerne sowie Boden-/Materialproben für orientierende abfalltechnische Untersuchungen entnommen, im GMP-Labor gesichtet und abfalltechnisch beurteilt. Bodenfremde Bestandteile in Form von Ziegelresten wurden an den Aufschlüssen RKS 1 und 2 Weiherberg, sowie RKS 1, 10, 17, 19(a)

und 20 angetroffen. Am Aufschluss RKS 21 wurde Gleisschotter im Bereich des Gaubahnradweges angetroffen. Zum Zeitpunkt der Probenahme wurden keine geruchlichen Auffälligkeiten festgestellt.

Die entnommenen Asphaltdeckenkerne sind in Tabelle 1 der Anlage 7 zusammengestellt. Es wurden keine laboranalytischen Untersuchungen durchgeführt.

In der Tabelle 2 der Anlage 7 sind die für orientierende abfalltechnische Untersuchungen entnommenen Boden-/Materialproben mit der Angabe der Verwendung für die Mischprobenerstellung sowie der durchgeführten Analytik zusammengestellt.

4. Untergrundverhältnisse

Nach der Geologischen Karte von Bayern stehen im Untersuchungsbereich Felschichten des Unteren Keuper an (Werksandstein und Untere Tonstein-Gelbkalk-Schichten), die aber nur in einigen Aufschlüssen angetroffen wurden. Überlagert wird der Fels von Verwitterungsschichten sowie Lössen und Lehmen. Den Geländeabschluss bilden Auffüllungen und Oberboden.

Die genaue Schichtenfolge kann den Tiefenprofilen der Anlage 3 entnommen werden.

4.1 Druckleitung

4.1.1 Oberboden

Ein Großteil der Aufschlüsse wurde im Bereich von Grünflächen ausgeführt, so dass zunächst Oberboden mit einer Stärke zwischen 0,2 und 0,5 m angetroffen wurde. Mutterboden wird nach DIN 4023 mit dem Kurzzeichen Mu gekennzeichnet.

4.1.2 Auffüllungen

Die Sondierungen RKS 1 und RKS 10 wurden im Bereich der Straße angesetzt, so dass zunächst die Schwarzdecke durchkernt werden musste. Folgender Schichtenaufbau wurde festgestellt:

Tabelle 1: Aufbau Schwarzdecke

Aufschluss	Gesamtdicke [cm]	Schichtdicken [cm]	Sensorik
RKS 1	15,0	3,5 Deckschicht 11,5 Tragschicht	unauffällig
RKS 10	14,5	4,0 Deckschicht 10,5 Tragschicht	unauffällig

Der Schurf Sch 8 wurde im Bereich eines Weges ausgeführt. Hier wurde zunächst Schotter aus der Wegbefestigung angetroffen. Bodenmechanisch ist der Schotter als Kies mit schluffigen und steinigen Beimengungen zu bezeichnen (Kurzzeichen: G, u, x).

Im Bereich RKS 21 wurde zunächst bis 0,7 m unter GOK Gleisschotter und Splitt festgestellt (Kurzzeichen: G).

Die Sondierungen RKS 3, 4 und 12 wurden direkt neben der Straße ausgeführt, so dass hier zunächst Schottermaterial aus dem Bankett angetroffen wurde. Dieses setzt sich zusammen aus Kiesen mit sandigen und schluffigen Beimengungen (Kurzzeichen: G, s, u).

Unter der Straßenbefestigung bzw. dem Bankett wurde zunächst Schotter aus dem Straßenoberbau angetroffen. In der Frostschutzschicht und Schottertragschicht wurden aber erhöhte Anteile an Schluffen und Tonen angetroffen. Bodenmechanisch ist dieses Material als Kies mit sandigen, schluffigen und tonigen Beimengungen zu bezeichnen (Kurzzeichen: G, s, u, t).

Unter dem Straßenoberbau bzw. in einigen Aufschlüssen unter dem Oberboden wurden teilweise weitere Auffüllungen angetroffen. Die Auffüllungen bestehen überwiegend aus Schluffen mit sandigen und tonigen Beimengungen, teilweise sind auch organische Anteile festgestellt worden (Kurzzeichen: U, s, t, o). An anthropogenen Beimengungen wurden z.B. Ziegel festgestellt, deren Anteil im Allgemeinen auf < 1 % abgeschätzt wurde.

Die Auffüllungen haben teilweise Mächtigkeiten von mehreren Dezimetern. Die größte Mächtigkeit wurde bei RKS 10 festgestellt, bei der die Auffüllung bis in eine Tiefe von 2,5 m unter GOK angetroffen wurde.

4.1.3 Quartäre Lössе und Lehme

Unter den Auffüllungen bzw. dem Oberboden folgen in allen Aufschlüssen quartäre Ablagerungen. Hierbei handelt es sich überwiegend um Lössе, Lösslehmе und Lehme (Kurzzeichen: Lö, Löl bzw. U, fs, t). In einigen Aufschlüssen wurden organische Beimengungen festgestellt (Kurzzeichen: o).

Die Lehme haben teilweise eine steife Konsistenz (gekennzeichnet durch eine gestrichelte Linie im Tiefenprofil), teilweise eine halbfeste Konsistenz (durchgezogene Linie). Nahezu auf der gesamten Streckenlänge sind aber auch immer wieder Bereiche vorhanden, in denen die Lehme nur eine weiche Konsistenz haben (gewellte Linie). Bei Schurf Sch 6 wurde sogar nur eine breiige Konsistenz festgestellt (doppelt gewellte Linie). Damit haben die Lehme in weiten Teilen eine nur geringe Tragfähigkeit. Dies wird auch bestätigt durch die Ergebnisse der Sondierungen mit der leichten Rammsonde. In den weichen bis breiigen Lehmen wurden dabei lediglich Schlagzahlen von N_{10} ca. 3 - 5 erzielt. Ein kontinuierlicher Anstieg der Schlagzahlen wie er z.B. bei Sondierung DPL 6 festgestellt wurde, ist aber nicht auf eine Zunahme der Festigkeit sondern auf Mantelreibung am Sondiergestänge zurückzuführen.

Am Endpunkt der Leitung bei Sondierung RKS 24 wurden in der Sondierung zwischen 1,2 und 2,2 m Torfe angetroffen (Kurzzeichen: H). Auch bei RKS 22 und Schurf Sch 6 waren zumindest immer wieder Torfeinlagerungen vorhanden.

4.1.4 Verwitterungsschichten

Die Lössе und Lehme wurden im Großteil der Aufschlüsse bis zur jeweiligen Aufschlussendtiefe von 2,5 - 3,0 m unter GOK angetroffen. In den Aufschlüssen RKS 6, 7, 9 und 14 sowie in den Schürfen 1, 2, 6 und 7 wurden unter den Lehmen ab Tiefen zwischen 1,2 und 2,0 m unter Gelände Verwitterungsschichten erkundet, die den Übergang zu den anstehenden Schichten des Unteren Keuper anzeigen. Hierbei handelt es sich teilweise um Hang- bzw. Verwitterungsschutt, der größtenteils steinig ausgebildet ist mit schluffigen und tonigen Beimengungen (Kurzzeichen: X, u, t). Teilweise sind die Verwitterungsschichten überwiegend lehmig ausgebildet mit eingelagerten Mergel- und Sandsteinbrocken (Kurzzeichen: U, t, x). Die Konsistenz der Verwitterungsschichten wurde vor Ort als steif bis halbfest angesprochen.

4.1.5 Anstehender Fels

Die anstehenden Schichten des Unteren Keuper wurden nur in Sondierung RKS 14 sowie in den Schürfen Sch 1 und Sch 2 aufgeschlossen. Hier wurden stark bis vollständig verwitterte Ton- und Sandsteine angetroffen (Kurzzeichen: Tst, Sst). Mit dem Erreichen der Felsschichten mussten die Aufschlüsse aufgrund des hohen Eindringwiderstandes abgebrochen werden.

Die Sondierung RKS 21 kam in einer Tiefe von 1,9 m unter GOK fest. Systembedingt kann nicht eindeutig beurteilt werden, ob unterhalb der Aufschlussendtiefe ein größerer Stein eingelagert ist oder auch hier Felsschichten des Unteren Keuper anstehen.

4.1.6 Grund- und Sickerwasser

Bei den Grundwasserverhältnissen zeigt sich auch in Abhängigkeit von der Topographie ein sehr uneinheitliches Bild. In einigen Aufschlüssen wurde weder Grund- noch Sickerwasser angetroffen, während z.B. bei RKS 22 Grundwasser bereits bei 1,0 m unter GOK festgestellt wurde. Bei RKS 12 wurde das Wasser bei 1,80 m unter Gelände angebohrt und ist dann bis zum Ende der Sondierung bis auf 1,0 m unter GOK angestiegen.

In folgenden Tiefen wurde Grund- oder Sickerwasser angetroffen.

Tabelle 2: Grund- und Sickerwasser

Aufschluss	Wasser angetroffen u. GOK [m]	Bemerkung
RKS 1	2,81	Grundwasser
Sch 1	---	---
RKS 2	---	---
RKS 3	---	---
RKS 4	---	---
Sch 2	---	---
RKS 5	---	---
RKS 6	2,00	Sickerwasser
RKS 7	---	---
Sch 3	---	---
RKS 8	---	---

Aufschluss	Wasser angetroffen u. GOK [m]	Bemerkung
RKS 9	---	---
RKS 10	---	---
Sch 4	2,00	leichtes Sicker- wasser
RKS 11	2,20	leichtes Sicker- wasser
RKS 12	1,80/1,05	Sickerwasser (gespannt)
RKS 13	1,00	Grundwasser
Sch 5	2,00	leichtes Sicker- wasser
RKS 14	1,90	Grundwasser
RKS 15	---	---
Sch 6	1,50	Sickerwasser
RKS 16	1,10	Grundwasser
RKS 17	---	---
Sch 7	---	---
RKS 18	---	---
RKS 19	---	---
RKS 19a	---	---
RKS 20	---	---
Sch 8	---	---
RKS 21	---	---
Sch 9	---	---
RKS 22	1,01	Grundwasser
RKS 23	1,25	Grundwasser
Sch 10	1,50	leichtes Sicker- wasser
RKS 24	---	---

Mit jahreszeitlichen Grundwasserschwankungen muss gerechnet werden. Aussagen zum höchsten und niedrigsten Wasserstand sind nicht möglich, da keine langjährigen Pegelbeobachtungen vorliegen.

In oder nach Nässeperioden muss auch in den Bereichen, in denen im Zuge der Bau-
grunduntersuchung kein Wasser angetroffen wurde, mit Sicker- bzw. Schichtwasser
gerechnet werden. Aussagen zur Stärke des Wasserandrangs sind aber nicht möglich.

4.2 Baugebiet

4.2.1 Auffüllung

Die Sondierung RKS 2 wurde im Bereich einer Straße ausgeführt. Die Schwarzdecke wurde in folgender Stärke festgestellt:

Tabelle 3: Aufbau Schwarzdecke

Aufschluss	Gesamtdicke [cm]	Schichtdicken [cm]	Sensorik
RKS 26	11,0	1,0 Deckschicht 10,0 Tragschicht	unauffällig

Unter der Schwarzdecke folgt ein Schotterunterbau bis in eine Tiefe von 0,6 m.

Bei Schurf Sch 1 wurde eine Wegbefestigung bis in eine Tiefe von 0,4 m angetroffen. Diese besteht aus Schluffen mit sandigen und steinigen Beimengungen (Kurzzeichen: U, s, x).

Bei RKS 1 wurde Oberboden (Mu) mit einer Stärke von 0,45 m erkundet.

Unter dem Mutterboden bei RKS 1 folgen Auffüllungen bis in eine Tiefe von 0,9 m. Zwischen 0,7 und 0,9 m handelt es sich hierbei möglicherweise um den alten Oberboden.

An anthropogenen Beimengungen wurden in der Auffüllung Ziegel festgestellt, deren Anteil auch hier auf ca. 1 % abgeschätzt wurde.

4.2.2 Quartäre Schichten

Unter den Auffüllungen folgen bis zur Aufschlussendtiefe von 2,4 m (Sch 1) bzw. bis in eine Tiefe von 2,5 - 4,5 m unter GOK Löss und Lehme (Kurzzeichen: Lö bzw. U, s, t, g). Diese Schichten haben eine steife, teilweise halfeste Konsistenz. Dies wird auch bestätigt durch die Ergebnisse der Sondierungen mit der leichten Rammsonde, bei denen Schlagzahlen überwiegend von $N_{10} > 10$ erzielt wurden.

4.2.3 Anstehender Fels

Die anstehenden Schichten des Unteren Keuper konnten nur bei Sondierung RKS 1 und RKS 2 aufgeschlossen werden. Bei RKS 2 stehen ab 2,5 m bis zur Aufschlussendtiefe von 5,0 m Wechselfolgen von vollständig verwitterten Ton- und Sandsteinen an (Kurzzeichen: Tst, Sst). Schlagzahlen der Sondierungen mit der leichten Rammsonde von N_{10} ca. 20 - 40 bedeuten bereits eine relativ gute Tragfähigkeit, zeigen aber auch den hohen Verwitterungsgrad dieser Schichten.

Bei RKS 1 wurde in der Aufschlussendtiefe Tonstein angetroffen. Mit dem Erreichen der Tonsteine musste die Sondierung aufgrund des hohen Eindringwiderstandes abgebrochen werden. Auch die Rammsondierungen kamen in etwa der gleichen Tiefe fest. Hier ist davon auszugehen, dass der Fels nur gering oder unverwittert ausgebildet ist.

5. Geotechnische Laborversuche

Zur Bestimmung wichtiger bodenphysikalischer Eigenschaften wurden an repräsentativ ausgewählten Bodenproben im geotechnischen Labor Versuche entsprechend folgender Normen ausgeführt:

Tabelle 4: Normung Laborversuche

Art	Versuch	Norm	Ausgabe
Boden	Bestimmung des Wassergehalts	DIN EN ISO 17892 - 1	03-2015
	Bestimmung der Dichte	DIN EN ISO 17892 - 2	03-2015
	Bestimmung der Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17892 - 4	04-2017
	Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen	DIN EN ISO 17892 - 12	10-2018
	Konsistenz und Plastizität	DIN EN ISO 14688 - 2	11-2020
	Bestimmung des Glühverlustes	DIN 18128	12-2002
	Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit	DIN EN ISO 17892 - 11	05-2019
	Klassifizierung	DIN 18196	05-2011
Wasser	Betonaggressivität	DIN 4030-1	06-2008

Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Anlage 8 zusammengefasst. Eine detaillierte Dokumentation der jeweiligen Versuche ist in den Anlagen 9 und 10 sowie im Anhang beigefügt.

6. Orientierende abfalltechnische Untersuchungen

6.1 Bewertungsgrundlage

Zur orientierenden umwelttechnischen Bewertung werden folgende Bewertungsgrundlagen herangezogen:

- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Mitteilung Nr. 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln“, Stand 06.11.1997 /13/
Nachfolgend: LAGA M20
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt „Beprobung von Boden und Bauschutt“ /14/, Stand: November 2017

6.2 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erhöhung der Planungssicherheit und für die Ausschreibung der Baumaßnahme wurden orientierende abfalltechnische Untersuchungen an Einzel- und Mischproben durchgeführt. Die Mischproben wurden anhand der Erkenntnisse aus der Probensichtung aller Einzelproben aufgrund ähnlicher Materialbeschaffenheit (z.B. Fremdbestandteile) sowie deren räumlichen Bezug zueinander zusammengestellt. Die für die Herstellung der Mischproben verwendeten Einzelproben sind der Tabelle 2 der Anlage 7 zu entnehmen.

Die laboranalytischen Untersuchungen auf den Parameterumfang der LAGA M20 in der Gesamtfraktion wurden von dem nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten Labor AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg durchgeführt.

Die Aufschlüsse entlang des geplanten Trassenverlaufs wurden in Abständen von ca. 300 m niedergebracht.

Die Misch- bzw. Einzelproben werden für einen Zeitraum von sechs Wochen nach Datum des Prüfberichtes (Laborproben) bzw. drei Monaten nach Erstellung des Gutachtens (Rückstellproben GMP) zurückgestellt. Die Rückstellfristen können gegebenenfalls nach vorheriger Anmeldung verlängert werden.

6.3 Analyseergebnisse

LAGA M20

Die Prüfergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen der Boden-/Materialproben aus den Auffüllungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. In der Tabelle werden die Entnahmetiefe, die Materialbeschreibung, die orientierende abfalltechnische Einstufung gemäß LAGA M20, Hinweise für eine maßnahmeninterne Verwertung sowie die für die Einstufung maßgeblichen Parameter angegeben.

Die in der Tabellenspalte „Verwertung vor Ort“ angegebenen potentiellen internen Verwertungsmöglichkeiten beziehen sich ausschließlich auf den GMP-bekanntem Planungsstand (siehe Kapitel 2.1 und Anlagen 2 + 3).

Tabelle 5: Orientierende abfalltechnische Einstufung von Aushubmaterialien

Probe (Entnahmetiefe)	Material	Orientierende abfalltechnische Einstufung		Verwertung vor Ort (Einbaubereich) ¹
		LAGA M 20 (Boden)	maßgebl. Parameter	
RKS 1 Baugebiet Weiherberg (0,45 – 0,9 m)	<u>Auffüllung:</u> Schluff, sandig, tonig <u>Fremdbestandteile:</u> <1% Ziegelreste	Z0	--	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)
RKS 2 Baugebiet Weiherberg (0,11 – 0,6 m)	<u>Auffüllung:</u> Kies, sandig, schluffig, tonig <u>Fremdbestandteile:</u> ohne	Z1.2	PAK 1,26 mg/kg BAP 0,69 mg/kg [pH (E) 9,4] ²	Ja (Über dichter Deck- schicht aus Lehm/Ton/Schluff oder unter dichter Deck- schicht, Grundwasser- abstand > 1 m)
MP 1 RKS 1 (0,15 – 1,1 m)	<u>Auffüllung:</u> Kies, stark schluffig, san- dig, tonig <u>Fremdbestandteile:</u> <1% Ziegelreste	Z0	--	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)
MP 2 RKS 10 (0,15 – 1,0 m)	<u>Auffüllung:</u> Kies, sandig, schluffig, sehr schwach tonig <u>Fremdbestandteile:</u> ohne	Z1.1	PAK 2,6 mg/kg [pH (E) 9,3] ²	Ja (Grundwasserabstand > 1 m)
RKS 10 (1,0 – 2,5 m)	<u>Auffüllung:</u> Schluff, sandig, tonig, orga- nisch <u>Fremdbestandteile:</u> <1% Ziegelreste	Z1.2	PAK 7,47 mg/kg BAP 0,61 mg/lg Chlorid 11 mg/l	Ja (Über dichter Deck- schicht aus Lehm/Ton/Schluff oder unter dichter Deck- schicht, Grundwasser- abstand > 1 m)

Z...: Einstufung gemäß LAGA-Mitteilung Nr. 20, Teil Boden, Stand 1997

LAGA M20: Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln" Teil II, Stand 06.11.1997

PAK: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (Summe gem. EPA); BAP: Benzo(a)pyren (PAK Einzelstoff)

E: Eluat

¹: Bewertet wird nur die abfallrechtliche, nicht die bautechnische Eignung.

²: Erhöhte pH-Werte allein stellen nach LfU online-FAQ kein Ausschlusskriterium dar.

7. Geotechnische Kenngrößen

Nach den Ergebnissen der Aufschlüsse und Laborversuche sowie den Erfahrungen des Gutachters können für erdstatische Berechnungen die nachfolgenden charakteristischen Bodenkennwerte angesetzt werden.

Tabelle 6: Charakteristische Bodenkennwerte

Baugrund	Wichte γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	Reibungs- winkel φ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
Auffüllungen	20,0	10,0	30,0 ¹⁾	---
Lehme, breiig	20,0	10,0	20,0	2
Lehme, weich			22,5	5
Lehme, steif - halbfest			27,5	10
Verwitterungsschicht	21,0	11,0	30,0	15
anstehender Fels	23,0	13,0	35,0	20

¹⁾ in Abhängigkeit vom Spannungsbereich (150 – 300 kN/m²)
²⁾ Ersatzreibungswinkel

8. Geotechnische Empfehlungen Druckleitung

Die Druckleitung soll in zwei Abschnitten eingebracht werden. Abschnitt 1 verläuft zwischen Stalldorf und Riedenheim, Abschnitt 2 zwischen Riedenheim und Bolzhäusern.

Bei Straßenquerungen sollen die Leitungen im Spülbohrverfahren verlegt werden. Ansonsten sind bislang keine Vorgaben zur Verlegetechnik gemacht.

8.1 Verlegetechnik

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung sind im Bereich der geplanten Druckleitung überwiegend Löss und Lehme vorhanden, teilweise wurden auch organische Böden und Torfe festgestellt. Die Konsistenz der Schichten wurde sehr unterschiedlich zwischen weich und steif sowie zwischen steif und halbfest, teilweise aber auch als breiig angesprochen.

Bei den angetroffenen Untergrundverhältnissen kann die Leitung sowohl im Spülbohrverfahren als auch bedingt im Einpflügeverfahren verlegt werden. Ebenso ist aber auch eine Verlegung im offenen Graben möglich. Der Grabenaushub kann konventionell mit einem Bagger oder mit einer Fräse erfolgen. Die Fräse müsste auf alle angetroffenen Bodenarten (Löss, Lehme, Tone, Fels, gering bis stark verwittert) ausgelegt

werden. Ein Nachbruch der Rohrgrabenwände kann nicht vollständig ausgeschlossen werden. In diesem Fall müsste mit einem Bagger ein Nachaushub erfolgen.

Vor allem im Bereich der breiigen Schichten (Schurf Sch 6) ist eine auch kurzzeitige Standsicherheit vermutlich nicht mehr gegeben, so dass zumindest hier Verbaumaßnahmen durchgeführt werden müssen.

8.2 Verlegung im offenen Graben

8.2.1 Kanalgrabensicherung

Bei der Baugrunduntersuchung wurde in unterschiedlichen Bereich immer wieder Grund- und Sickerwasser angetroffen. Mit jahreszeitlichen Grundwasserschwankungen muss gerechnet werden. Das bedeutet, dass sich nach länger anhaltenden Nässeperioden auch ein höherer Grundwasserstand einstellen kann, als bei der Baugrunduntersuchung festgestellt.

Die Löss- und Lehme verlieren in Verbindung mit Wasser erheblich an Tragfähigkeit. Dies führt dazu, dass der Kanalgraben auch kurzzeitig nicht senkrecht standsicher ist. Dies betrifft vor allem die Bereiche, in denen bereits jetzt eine weiche bis breiige Konsistenz festgestellt wurde (z.B. Schurf Sch 6). Um einen Nachbruch des Bodens zu vermeiden muss daher in diesen Bereichen eine Wasserhaltung ausgeführt werden, um den Boden vor dem Einbringen des Verbaus zu entwässern. In den stark lehmigen Böden kann keine offene Wasserhaltung ausgeführt werden. Hier muss zur Entwässerung des Bodens eine Wasserhaltung mit Vakuumpflanzen erfolgen. Die Lanzen müssten beidseits des Rohrgrabens im Reißverschlussprinzip eingespült werden.

In den übrigen Bereichen kann bei einer Herstellung des Grabens mit konventionellem Aushub oder mit einer Fräse überwiegend davon ausgegangen werden, dass die Grabenwände zumindest kurzzeitig senkrecht standsicher sind. Ein Nachbruch der Grabenwände kann jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden, so dass zumindest in Teilbereichen ein Nachaushub erforderlich wird.

Ein Betreten des Rohrgrabens ohne Sicherungsmaßnahmen ist aber generell nicht zulässig. **Lebensgefahr!**

Die Sicherung des Rohrgrabens kann durch einen Verbau (z.B. mit Großflächenelementen) erfolgen, der nach dem Aushub des Rohrgrabens eingestellt wird. Hohlräume hinter den Verbauelementen sollten fachgerecht mit Sand verfüllt werden, damit ein Nachbruch des Erdreiches nicht möglich ist.

Sollte der Rohrgraben in Teilbereichen sehr nahe an bestehenden Gebäuden oder Leitungen verlaufen, muss hier eine kontinuierliche Stützung der Grabenwände gewährleistet werden. Hier muss daher ein Verbau im Absenkverfahren (z.B. Kammerdielenverbau) oder Großflächenelemente im Absenkverfahren vorgesehen werden, um Schäden zu vermeiden. Ein Verbau im Absenkverfahren sollte dann verwendet werden, wenn von Fundamentunterkante des Gebäudes bzw. von der Leitungssohle bis zur Sohle des neuen Grabens ein Lastausbreitwinkel von $< 27,5^\circ$ zur Horizontalen vorhanden ist.

Trotz Ausführung einer Wasserhaltung mit Vakuumpumpen ist davon auszugehen, dass auf Höhe der Grabensohle ergänzend eine Drainage für das anfallende Restwasser verlegt werden muss. Die Drainage ist an einen Pumpensumpf anzuschließen, an dem das Wasser in eine geeignete Vorflut abgepumpt werden kann.

8.2.2 Rohrbettung

Für die Druckleitung sind keine besonderen Anforderungen in Bezug auf Setzungen zu stellen, so dass im Allgemeinen keine Stabilisierung der Rohrgrabensohle erforderlich wird. Bei sehr weichen oder breiigen Schichten (z.B. Sch 6) oder im Bereich von Torfen sollte aber eine Stabilisierung ausgeführt werden, um ein stabiles Rohrauflager zu erhalten. Die Stabilisierung kann aus einem Mineralgemisch der Körnung 10/120 mm erfolgen. Bei sehr weichen Schichten ist zunächst Grobschotter der Körnung 10/120 statisch z.B. mit dem Baggerlöffel in den Untergrund einzudrücken, bis ein stabiles Planum entsteht (erforderliche Mächtigkeit geschätzt ca. 50 - 60 cm).

Ansonsten wird davon ausgegangen, dass nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung eine Stabilisierung der Rohrsohle auf ca. 50 % der Länge erforderlich wird. Als durchschnittliche Mächtigkeit sollte für eine Massenermittlung zur Ausschreibung von einer Dicke von ca. 40 - 50 cm ausgegangen werden.

8.2.3 Rohrgrabenverfüllung

Soweit ein offener Rohrgraben ausgeführt wird, kann zur Rückverfüllung das Aushubmaterial nur verwendet werden, wenn keine Anforderungen an Tragfähigkeit und Verdichtung zu stellen sind. Vor allem die weichen bis breiigen Schichten lassen sich nicht verdichten. Diese Schichten sollten generell ausgesondert oder durch Bindemittel aufbereitet werden.

Organische Böden sollten generell nicht rückverfüllt werden. Steife bis halbfeste Lehme können verwendet werden. Aber auch hier ist davon auszugehen, dass eine ausreichende Verdichtung entsprechend den Anforderungen der ZTV A nicht möglich ist, so dass auch diese Schichten nur in den Bereichen wieder rückverfüllt werden sollten, in denen keine Anforderungen an die Tragfähigkeit zu stellen sind.

Im Bereich von befestigten Flächen und Wegen muss die Rückverfüllung mit einem gut abgestuften Schottermaterial (z.B. Mineralgemisch) der Körnung 0/56 mm erfolgen.

8.3 Geotechnische Empfehlungen für das Spülbohrverfahren

8.3.1 Start- und Zielgrube

Start- und Zielgruben werden in der Regel am Eintritts- und Austrittspunkt der Bohrung für das Auffangen des Spülmittels und des Bohrkleins erforderlich. Teilweise steht bereits das Grundwasser sehr hoch an, so dass keine tieferen Gruben möglich sind. Bei hochanstehendem Grundwasser ist zudem davon auszugehen, dass die Sohle der Baugrube nur eine geringe Tragfähigkeit hat.

Bei ausreichenden Platzverhältnissen und geringen Einbindetiefen können die Gruben unter Berücksichtigung der DIN 4124 geböscht hergestellt werden. In den steifen Lehmen können dabei Böschungswinkel von 60° , in den weichen Lehmen 45° , in den Lehmen mit einer weichen bis breiigen Konsistenz Böschungswinkel von 30° vorgesehen werden. Bei nicht ausreichenden Platzverhältnissen müssen die Gruben mit einem Verbau (Trägerbohlwandverbau/Spundwandverbau) gesichert werden.

8.3.2 Empfehlungen zur Spülbohrung

Allgemeine Angaben

Das Spülbohrverfahren ist in drei Phasen untergliedert. Zunächst wird eine Pilotbohrung in der planmäßigen Rohrachse durchgeführt. Das Bohrgut wird dabei mit einer Spülflüssigkeit in die Startgrube gefördert und stützt gleichzeitig die Bohrlochwandung.

In einem zweiten Schritt erfolgt die Weitung des Bohrlochs auf einen Durchmesser, der bis zu 50 % über dem größten Außendurchmesser der einzuziehenden Leitung liegen kann. In dieser Phase übernimmt das Spülmittel die gleiche Aufgabe wie bei der Pilotbohrung.

Mit der letzten Aufweitungsbohrung wird vom Austrittspunkt ausgehend die vorbereitete Leitung an den Räumler gekuppelt und in das Bohrloch eingezogen.

Nach DVGW-Arbeitsblatt GW 321 werden als Maß für den erforderlichen Überschneid bei zum Nachfallen neigenden Boden- und Felsarten sowie bei möglichen Spülverlusten maximal 50 % angegeben, von denen auch bei den angetroffenen Untergrundverhältnissen auszugehen ist.

Im Bereich der Rohrachse sind überwiegend Lehme zu erwarten, die eine weiche bis steife, teilweise auch breiige Konsistenz haben. Diese Schichten sind generell als gut bohrbar zu bezeichnen.

In Teilbereichen ist mit kiesig-steinigem Böden zu rechnen, die eingeschränkt mit darauf abgeschränkter Technik als bohrbar einzuschätzen sind. Bei größeren eingelagerten Steinen müsste gegebenenfalls bereichsweise ein konventioneller Aushub ausgeführt werden.

Im Bereich von z.B. Schurf Sch 6 und RKS 24 muss mit Torfen gerechnet werden, die eine faserige Struktur aufweisen.

Im Bereich von Schurf Sch 1 und Sch 2 ergibt sich gegebenenfalls eine Einbindung in die anstehenden Felsschichten. Hierbei handelt es sich um unterschiedlich stark verwitterte Ton- und Sandsteine. Die Bohrausrüstung ist auf die angetroffenen Felsschichten abzustimmen.

8.4 Regenüberlaufbecken Stalldorf

Im Bereich des Regenüberlaufbeckens Stalldorf soll ein Revisionschacht errichtet werden. Die Sohle des Schachtes liegt bei ca. 5 m unter Gelände.

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung sind bis in dieser Tiefe zunächst Auffüllungen, dann Löss und Lehme zu erwarten. Grundwasser wurde bei ca. 2,8 m unter Gelände festgestellt.

8.4.1 Baugrube

Wegen des festgestellten Grundwassers und der Nähe zum Stahlbach ist eine geböschte Baugrube nicht möglich. Daher muss ein wasserdichter Spundwandverbau vorgesehen werden. Für die Dimensionierung des Verbaus können die Bodenkennwerte aus Tabelle 6 entnommen werden. Anzusetzen sind die Kennwerte für die Auffüllungen sowie für steife Lehme.

Die Baugrunduntersuchung wurde lediglich bis in eine Tiefe von 5 m unter GOK ausgeführt. Die Spundwand wird voraussichtlich bis in Tiefen von ca. 8 - 10 m unter Gelände eingerammt werden müssen. Zur Beurteilung der Rammbarkeit sollte im Vorfeld eine Sondierung mit der schweren Rammsonde ausgeführt werden. Sollte sich zeigen, dass bereits oberhalb der statisch erforderlichen Endtiefe der Spundwand Fels ansteht, muss gegebenenfalls vorgebohrt werden. Ob eine Auflockerungsbohrung ausreichend ist oder eine Austauschbohrung ausgeführt werden muss, ergibt sich ebenfalls erst nach Durchführung der ergänzenden Aufschlüsse.

8.4.2 Gründung

Der Revisionschacht kann auf einer Bodenplatte gegründet werden. Unterhalb der Bodenplatte sollte ein Schotteraustausch mit einer Stärke von ca. 30 - 40 cm vorgesehen werden.

Im Zuge der statischen Berechnung muss auch ein Nachweis der Auftriebssicherheit erbracht werden, wobei hierfür jeweils die Geländeoberkante anzusetzen ist.

8.4.3 Arbeitsraumverfüllung

Es wird davon ausgegangen, dass keine erhöhten Anforderungen an die Tragfähigkeit und Verdichtung der Arbeitsraumverfüllung zu stellen sind. Aus diesem Grunde kann die Rückverfüllung mit Aushubmaterial erfolgen, das in Lagen von maximal 30 cm einzubringen und bestmöglich zu verdichten ist.

Beim Ziehen der Spundwand muss damit gerechnet werden, dass Erdreich anhaften bleibt, so dass ein großer Ziehspalt entsteht, der auch zu Setzungen unterhalb des Bauwerkes führen kann. Um diesen Ziehspalt zu schließen, sollten an den Spunddielen Verpresslanzen vorgesehen werden.

8.5 Pumpwerk Riedenheim

Im Bereich vom bestehenden Vorbecken in Riedenheim soll ein neues Pumpwerk errichtet werden. Die Sohle liegt ca. 3 m unter Gelände.

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung sind in diesem Bereich weiche Löss und Lehme, teilweise mit organischen Beimengungen zu erwarten. Sickerwasser wurde ab 2,2 m unter Gelände festgestellt. In oder nach Nässeperioden muss aber mit einem höheren Wasserstand bzw. verstärktem Wasserandrang gerechnet werden.

8.5.1 Baugrube

Auch hier kann aufgrund der örtlichen Verhältnisse keine Baugrube mehr ausgeführt werden. Als Verbau kommt ebenfalls ein wasserdichter Spundwandverbau in Frage, wobei auch hier bis zu der zu erwartenden Einbindetiefe des Verbaus noch ergänzend Rammsondierungen ausgeführt werden sollten, um die Rammbarkeit beurteilen zu können.

8.5.2 Gründung

Auf den weichen, organischen Lehmen werden umfangreiche Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich. Hierfür sollte zunächst bis ca. 70 - 80 cm unterhalb der planmäßigen Gründungssohle ausgehoben werden und in das entstehende Planum statisch (z.B. mit dem Baggerlöffel) Grobschoppen der Körnung 0/120 mm eingedrückt werden solange bis ein stabiles Planum entsteht. Darauf ist ein Geotextil (GRK 4) zu verlegen und anschließend ein Mineralgemisch der Körnung 0/56 mm bis auf Höhe Unterkante Bodenplatte einzubauen.

Auf der stabilisierten Schicht können dann die Bauwerke gegründet werden.

8.5.3 Arbeitsraumverfüllung

Die weichen Lehme sind für eine Rückverfüllung in den Arbeitsräumen nicht geeignet, da eine Verdichtung in keiner Weise möglich ist. Eine Aufbereitung mit Bindemittel wäre nur in der Form denkbar, dass dem Boden soviel Wasser entzogen wird, dass eine Verdichtung, z.B. mit Grabenwalze möglich ist. Eine dauerhafte Tragfähigkeit wird aufgrund der organischen Beimengungen aber nicht zu erzielen sein, so dass mit Setzungen in der Arbeitsraumverfüllung zu rechnen ist. Wenn diese Setzungen zugelassen werden können, kann eine Aufbereitung mit Bindemittel erfolgen. Ansonsten müsste der Arbeitsraum mit Fremdmaterial (z.B. Mineralgemisch) verfüllt werden.

9. Grundbautechnische Empfehlungen für das Baugebiet

9.1 Kanal

Der Kanal soll in Tiefen zwischen 2,0 und 2,7 m unter GOK verlegt werden.

Kanalgrabensicherung

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung sind die angetroffenen Böden zumindest kurzzeitig senkrecht standsicher. Somit kann zur Sicherung des Kanalgrabens ein Verbau z.B. mit Großflächenschalung erfolgen, der nach dem Aushub des Rohrgrabens eingestellt wird. Hohlräume hinter den Verbaulementen sollten fachgerecht mit Sand verfüllt werden, damit ein Nachbruch des Erdreiches nicht möglich ist.

Alternativ kann der Kanalgraben unter Berücksichtigung der DIN 4124 geböscht hergestellt werden. Im Hangschutt und den quartären Lehmen können dabei Böschungswinkel von 50 - 60° angenommen werden. Im verwitterten Fels kann die Böschung unter ca. 60 - 70 hergestellt werden.

Wasserhaltung

Bei der Baugrunduntersuchung wurde in keinem der Aufschlüsse Grund- oder Sickerwasser angetroffen. Bei Ausführung der Baumaßnahme in Nässeperioden oder nach starken Regenfällen muss aber mit Sicker- bzw. Schichtwasser gerechnet werden.

In den Bereichen, in denen Sickerwasser angetroffen wird, muss zur fachgerechten Verlegung der Kanäle eine Wasserhaltung ausgeführt werden. Anfallendes Sickerwasser kann mit einer offenen Wasserhaltung über Baudrainagen und Pumpensümpfe einer geeigneten Vorflut zugeführt werden.

Die Wasserhaltung kann mit Drainagen erfolgen, die in der Stabilisierungsschicht verlegt werden.

Rohrbettung

Je nach Tiefenlage liegt die Rohrleitung teilweise in den steifen Lehmen, gegebenenfalls aber auch schon in den verwitterten Felsschichten.

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung dürften in der Rohrgrabensohle überwiegend steifplastische bis halfeste Lehme vorhanden sein. In diesen Bereichen sollte zur Erreichung einer ausreichenden Tragfähigkeit eine ca. 20 cm mächtige Stabilisierungsschicht aus Kiessand oder Mineralbeton eingebracht werden. Als Austausch kann Mineralbeton der Körnung 0/32 mm bzw. 0/56 mm verwendet werden.

Die genaue Bettung der Rohre richtet sich nach dem Scheitelbruchnachweis entsprechend DIN EN 1610, dem Arbeitsblatt DWA-A 139 sowie dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127.

Rohrgrabenverfüllung

Der Rohrgraben sollte gemäß den Hinweisen für das Zufüllen von Leitungsgräben im Straßenkörper nach ZTVA-StB 12 in der Leitungszone entsprechend den Vorgaben der jeweiligen Leitungsbetreiber verfüllt werden.

Für die Verfüllung des restlichen Kanalgrabens sollte geeignetes, gut verdichtbares und gut tragfähiges Material verwendet werden, das lagenweise einzubringen und zu verdichten ist. Die Dicke der einzelnen Lagen ist gemäß ZTVA-StB in Abhängigkeit von der Bodenart und dem Verdichtungsgerät zu wählen.

Für die Verdichtung sollten folgende Verdichtungskriterien eingehalten und nachgewiesen werden:

Tabelle 7: Verdichtungskriterien

Schicht	Verdichtungskriterium	
	bis 1,0 m unter OK Planum	> 1,0 m unter OK Planum
Proctordichte	$\geq 100 \%$	$\geq 98 \%$
Luftporengehalt	$< 6 - 12 \%^{1)}$	$< 6 - 12 \%^{1)}$
Tragfähigkeit E_{v2}	$\geq 45 \text{ MN/m}^2$	---

1) Gem. ZTVE sind die Anforderungen an den Luftporenanteil abhängig von der Art des Verfüllbodens. Bei wasserempfindlichen gemischt- und feinkörnigen Böden ist der Luftporenanteil auf 8%, bei Einbau von veränderlich festen Gesteinen auf 6% zu begrenzen. Diese Anforderungen sind mit in das LV aufzunehmen.

Die steifplastischen Lehme sind nach dem Ergebnis der Laborversuche nur bis maximal 95 % der einfachen Proctordichte zu verdichten und können daher nicht für die Rückverfüllung verwendet werden. Ein Wiedereinbau ist nur möglich, wenn die Lössse mit Bindemittel aufbereitet werden. Genauere Hinweise hierzu finden sich in Kapitel 9.4.

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung muss davon ausgegangen werden, dass nicht genügend geeignetes Aushubmaterial anfallen wird, so dass für die Rückverfüllung entsprechend geeignetes Fremdmaterial vorgesehen werden muss.

Das Fremdmaterial muss so beschaffen sein, dass die in der Tabelle 4 angegebenen Verdichtungskriterien erreicht werden können. Empfohlen wird ein weitgestuftes Material mit nur geringen Feinanteilen (z.B. Bodengruppe GW gemäß DIN 18196). Vor der Rückverfüllung des Rohrgrabens ist das vorgesehene Material durch den Bodengutachter freizugeben.

Das für die Verfüllung der Rohrgräben vorgesehene Material sollte vom Baugrundgutachter vor dem Einbau auf Eignung überprüft werden.

Im Straßenbereich ist die Kanalgrabenverfüllung so zu verdichten, dass im Planum der Straße ein Tragfähigkeitsbeiwert von $E_{v2} > 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht wird.

9.2 Grundbautechnische Empfehlungen für den Ausbau der Straße

Genaue Angaben über die geplante Höheneinstellung der Straße liegen nicht vor. Es wird aber davon ausgegangen, dass die Oberkante der geplanten Straße in etwa auf derzeitiger GOK liegt.

Tragfähigkeit des Planums

In den Bereichen, in denen die Oberkante der Straße auf bzw. unter derzeitiger GOK liegt, dürften bei einer angenommenen Mächtigkeit des Straßenoberbaus von ca. 60 - 70 cm auf Höhe des Planums überwiegend Lössse und Lehme vorhanden sein.

Gemäß ZTVE-StB bzw. RStO muss auf Höhe des Planums eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gewährleistet werden. Diese Tragfähigkeit ist auch bei bestmöglicher Verdichtung des Planums nicht bzw. nur in Ausnahmefällen zu erzielen.

Aus diesem Grund muss eine Stabilisierung des Planums durchgeführt werden. Bei den vorhandenen Untergrundverhältnissen wird empfohlen, die Stabilisierung durch einen Bodenaustausch aus Schottermaterial oder Felsklein der Körnung 10/120 mm durchzuführen. Wird die Rohrgrabenverfüllung wie in Kapitel 10.1 beschrieben ausgeführt, ist im Bereich der Kanalgräben bereits eine ausreichende Tragfähigkeit gegeben. Eine Stabilisierung wird somit nur außerhalb der Leitungszone erforderlich.

Die genaue Mächtigkeit des Austausches ist abhängig von verschiedenen Faktoren, im Wesentlichen auch von den Witterungsverhältnissen vor und während der Bauausführung, so dass endgültige Angaben erst nach Anlegen von Probefeldern und Ausführung von Plattendruckversuchen gemacht werden können.

Bei den zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung festgestellten Verhältnissen kann davon ausgegangen werden, dass auf den Lehmen eine Stabilisierung von ca. 30 - 40 cm erforderlich wird.

Alternativ zu einem Bodenaustausch kann die Stabilisierung auch durch Einfräsen von Bindemittel erfolgen. Genauere Aussagen hierzu können dem Kapitel 9.3 entnommen werden.

Bei einer Stabilisierung mit Bindemitteln ist eine Staubemission nicht vermeidbar. Es ist zu prüfen, ob diese Emission akzeptiert werden kann (z.B. Baumschutz, Objektschutz).

Beurteilung der Frostsicherheit

Auf Höhe des Planums sind Lössе und Lehme vorhanden.

Nach den durchgeführten Untersuchungen sind diese Böden nach DIN 18196 als leicht- bis mittelplastische Tone mit dem Gruppensymbol TL bzw. TM zu bezeichnen. Diese Böden sind sehr frostempfindlich und somit nach ZTVE-StB in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 einzuordnen.

In den Bereichen, in denen eine Stabilisierung des Planums erforderlich wird, ist die Mächtigkeit der Frostschutzschicht abhängig von der Frostempfindlichkeit der stabilisierten Schicht. Bei einem Bodenaustausch mit einer Mächtigkeit von mindestens 20 cm kann bei Verwendung von geeignetem, frostsicherem Material die Frostschutzschicht nach der Klasse F2 ausgelegt werden.

Eine Bodenverbesserung mit Bindemittel hat nur einen geringen Einfluss auf die Frostempfindlichkeit, so dass in diesem Fall die Frostschutzschicht nach der Klasse

F3 ausgelegt werden muss. Eine Einstufung in Frostempfindlichkeitsklasse F2 ist nur bei Ausführung einer qualifizierten Bodenverbesserung nach dem „Merkblatt über Bodenverfestigung und Bodenverbesserung mit Bindemittel“ und einem entsprechend höherem Bindemittelgehalt möglich.

9.3 Stabilisierung mit Bindemittel

Beim Aushub des Kanalgrabens bzw. auf Höhe des Planums sind überwiegend Löss und Lehme vorhanden, die nicht ausreichend verdichtbar/tragfähig sind.

Soll das Material im Rohrgraben wieder eingebaut werden, muss eine Aufbereitung mit Bindemittel erfolgen, ebenso wie zur Verbesserung der Tragfähigkeit auf Höhe des Planums.

Hierfür sind ausschließlich genormte Bindemittel gem. ZTV E-StB zu verwenden. Die genaue Bindemittelart und -menge ist abhängig vom Wassergehalt während der Bauzeit und kann daher je nach Jahreszeit und Witterungsverhältnissen variieren.

Bei den vorhandenen örtlichen Verhältnissen wird ein Mischbindemittel empfohlen, wobei auch das Mischverhältnis Kalk/Zement erst im Rahmen der Bauausführung vor Ort endgültig festgelegt werden kann.

Nach den Ergebnissen der Laboruntersuchungen kann bei dem zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung festgestellten Verhältnissen von folgenden Bindemittelarten und -mengen ausgegangen werden:

Tabelle 8: Bindemittelart und -menge bei Rückverfüllung/Stabilisierung

Bereich	Bindemittelart	Mischverhältnis Kalk/Zement	Bindemittelmenge	
			[%]	[kg/m³]
Rohrgraben	Mischbindemittel	70/30	2 - 3	35 - 50
Rohrgraben ab 0,5 m unter Planum	Mischbindemittel	50/50	3 - 4	50 - 70
Planum	Mischbindemittel	50/50	3 - 4	50 - 70

Bei zu trockenen Böden kann ein dosiertes Wässern erforderlich werden, damit genügend Feuchtigkeit für die Hydratation des Bindemittels vorhanden ist.

10. Bewertung orientierende abfalltechnische Untersuchungen

LAGA M20

Die in der Tabelle 5 angegebenen Hinweise zu maßnahmeninternen Verwertungsmöglichkeiten beziehen sich ausschließlich auf den GMP bekannten Planungsstand (siehe Kapitel 2.1 und Anlagen 2+3) sowie die untersuchten Materialien. Bei Planungsänderungen sind die internen Verwertungsmöglichkeiten neu zu bewerten. Bei einer externen Verwertung sind die Hinweise der LAGA M20 zu beachten.

Die angetroffenen Auffüllungen sind heterogen. Aufgrund der relativ großen Abstände der Aufschlüsse sind die Untersuchungsergebnisse stichpunktartig und können von den tatsächlich angetroffenen Verhältnissen erheblich abweichen.

11. Homogenbereiche

11.1 Geotechnische Klassifizierung

Nach der aktuellen Norm (VOB/C, September 2019) sind die bekannten Bodenklassen (z.B. DIN 18300 u. a.) durch Homogenbereiche ersetzt worden. Homogenbereiche sind z. B. in DIN 18300 definiert als:

„[...] ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für Erdarbeiten vergleichbare Eigenschaften aufweist.“

Für das geplante Bauvorhaben wird davon ausgegangen, dass nur Homogenbereiche für das/die folgenden Gewerke anzugeben sind:

- ATV DIN 18320 „Landschaftsbauarbeiten“
- ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“
- ATV DIN 18303 „Verbauarbeiten“ (siehe ATV DIN 18300)
- ATV DIN 18324 „Horizontalspülbohrungen“

11.2 Schichteinteilung

Bei der Festlegung der Homogenbereiche wird die in nachfolgender Tabelle zusammengestellte Schichteinteilung verwendet. Der Aufbruch von Verkehrsflächen ist in einer gesonderten Position auszuschreiben.

Tabelle 9: Schichteinteilung

Schicht-Nr.	Bodenschichtung	Einstufung	
		Boden	Fels
1	Oberboden	x	
2	Auffüllungen	x	
3	Lösse und Lehme	x	
4	Verwitterungsschichten	x	
5	anstehender Fels		x

11.3 Druckleitung

Die Homogenbereiche werden wie folgt definiert:

Tabelle 10: Festlegung Homogenbereiche

Schicht-Nr.	Homogenbereich nach DIN 18320	Homogenbereich nach DIN 18300	Homogenbereich nach DIN 18324
1	HOB 1	---	---
2	---	HEB 1	---
3	---	HEB 2	HSSB 1
4	---	HEB 3	HSSB 2
5	---	HEF 1	HSSF 1

Da es sich bei Schicht 2 um Auffüllungen handelt, sind diese gesondert zu behandeln (siehe hierzu Kapitel 12.3).

Die endgültigen Homogenbereiche sowie ggf. erforderliche Homogenbereiche für weitere Gewerke sind im weiteren Verlauf der Planungen in enger Abstimmung zwischen den Fachprojektanten und GMP festzulegen.

Die angegebenen Grenzwerte der nachfolgenden Tabellen ergeben sich aus den Ergebnissen der Laborversuche sowie der Auswertung von zahlreichen Versuchen in vergleichbaren geologischen Verhältnissen. Unter Berücksichtigung der Entstehungsgeschichte sowie durch äußere Einflüsse (z.B. Witterungsverhältnisse) können Abweichungen nach oben wie unten nicht ausgeschlossen werden.

11.4 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320

Oberboden wird hinsichtlich der Bearbeitbarkeit nach DIN 18915 in Oberbodengruppen eingeteilt. Die Ausschreibung erfolgt nach DIN 18320.

Tabelle 11: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18320

Homogenbereich	HOB 1	
Schicht-Nr.	1	
Eigenschaft / Kennwert	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	
Bodengruppe (DIN 18196)	OU, OT, OH	
Bodengruppe (DIN 18915)	2 - 9	
Massenanteil Steine, D > 63 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	

¹⁾ indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

11.5 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18300

Infolge der Abhängigkeit der Homogenbereiche von den Bauverfahren können diese nur soweit eingeteilt werden, als sie zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung und Gutachtenerstellung bekannt sind.

Bei der vorgenommenen Einteilung der Homogenbereiche werden folgendes Vorgehen und folgende Planungsgrundlagen vorausgesetzt:

- Einsatz eines Kettenbaggers von ca. 20 bis 30 t Betriebsgewicht (z.B. Liebherr R 920)
- Ausreichend Flächen zur Zwischenlagerung des Aushubs sind vorhanden.
- Kontinuierliche geotechnische Fachbetreuung zur Separation des Aushubs.
- Fräse, z.B. Stehr Fräse SBF 24-2
- Anbaufräse, z.B. MTS-Bodenrecycler B180-3

11.5.1 Boden

Tabelle 12: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18300

Homogenbereich	HEB 1		HEB 2		JEB 3	
Schicht-Nr.	2		3		4	
Eigenschaft / Kennwert	von	bis	von	bis	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung		Lösse + Lehme, teils organisch und mit Torfen		Verwitterungsschichten	
Bodengruppe (DIN 18196)	alle grob-, gemischt- und feinkörnigen Böden nach DIN 18196		GU*/GT* SU*/ST* TL, TM, TA OU, OT, OH		GU/GT, GU*/GT* SU/ST, SU*/ST* TL, TM, TA	
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)	Körnungsband 1 (siehe Anlage 9.1)		Körnungsband 2 (siehe Anlage 9.2)		Körnungsband 2 (siehe Anlage 9.2)	
Massenanteil Steine, D > 63 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	0	30	0	70	0	70
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	0	10	0	60	0	60
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb		nb		nb	
Dichte [g/cm³] (DIN 18125-2)	1,7	2,2	1,4	2,2	1,9	2,3
undrainierte Scherfestigkeit [kN/m²] (DIN 4094-4)	nb		10	>150	nb	
Wassergehalt [-] (DIN EN ISO 17892-1)	0,04	0,15	0,10	3,00	0,10	0,50
Plastizitätszahl [-] (DIN EN ISO 17892-12)	nb		0,10	0,75	nb	
Konsistenzzahl [-] (DIN EN ISO 17892-12)	nb		0,10	>1,25	nb	
Lagerungsdichte ¹⁾ [-] (DIN EN ISO 14688-2)	locker	dicht	nb		mittel-dicht	dicht
Organischer Anteil [Gew. %] (DIN 18128)	0	8	0	60	0	3

¹⁾ indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

11.5.2 Fels

Tabelle 13: Homogenbereiche Fels entsprechend VOB DIN 18300

Homogenbereich	HEF 1	
Schicht Nr.	5	
Eigenschaft/Kennwert	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Tonstein, Sandstein	
Benennung von Fels (DIN EN ISO 14689)	sedimentär, geschichtet	
Dichte (DIN EN ISO 17892-1) [g/cm ³]	2,2	2,5
Verwitterung und Veränderung, (DIN EN ISO 14689)	frisch	zersetzt
Veränderlichkeit (DIN EN ISO 14689)	nicht veränderlich ¹⁾ nicht veränderlich ²⁾	stark veränderlich ¹⁾ stark veränderlich ²⁾
einaxiale Druckfestigkeit (DIN 18141-1) [N/mm ²]	1 (Tonstein)	100 (Sandstein)
Trennflächenrichtung ³⁾ (DIN EN ISO 14689) [°]	nb	
Trennflächenabstand (DIN EN ISO 14689) - Schichtflächenabstand - Kluffflächenabstand	fein laminiert nb	dick nb ⁴⁾
Gesteinskörperform (DIN EN ISO 14689)	tafelförmig, prismatisch	

¹⁾ atmosphärisch

²⁾ unter Wasserabdeckung

³⁾ Kluffflächenabstand mit den durchgeführten Aufschlüssen nicht bestimmbar

⁴⁾ K/S Hauptklüftung/Schichtflächen, nur Fallwinkel, Fallrichtung nicht bestimmbar

K/K: Hauptklüftung/Nebenklüftung, nur Fallwinkel, Fallrichtung nicht bestimmbar

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

11.6 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18324

11.6.1 Boden

Tabelle 14: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18324

Homogenbereich	HSBB 1		HSBB 2	
Schicht-Nr.	3		4	
Eigenschaft / Kennwert	von	bis	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Lösse, Lehme, teils organisch mit Torf		Verwitterungsschicht	
Bodengruppe (DIN 18196)	GU*GT* SU*/ST* TL, TM, TA OU, OT, OH		GU/GT, GU*GT* SU/ST, SU*/ST* TL, TM, TA	
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)	Körnungsband 2 (siehe Anlage 9.2)		Körnungsband 2 (siehe Anlage 9.2)	
Massenanteil Steine, D > 63 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	0	70	0	70
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	0	60	0	60
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb		nb	
mineralog. Zusammensetzung Steine und Blöcke (DIN EN ISO 14689-1)	nb		nb	
Dichte [g/cm³] (DIN 18125-2)	1,4	2,2	19,	2,3
undrainierte Scherfestigkeit [kN/m²] (DIN 4094-4)	10	>150	nb	
Wassergehalt [-] (DIN EN ISO 17892-1)	0,10	3,00	0,10	0,50
Plastizitätszahl (DIN EN ISO 17892-12)	0,10	0,75	nb	
Konsistenzzahl (DIN EN ISO 17892-12)	0,10	>1,25	nb	
Durchlässigkeit [m/s] (DIN EN ISO 17892-11)	1 E-08	1 E-10	1 E-06	1 E-09
Lagerungsdichte ¹⁾ [-] (DIN EN ISO 14688-2)	nb		mitteldicht	dicht
Kalkgehalt [-] (DIN 18129)	nb		nb	
Sulfatgehalt (DIN 4030-2, DIN EN 1997-2)	nb		nb	
Organischer Anteil [Gew. %] (DIN 18128)	0	60	0	3
Benennung, Beschreibung org. Böden (DIN EN ISO 14688-1)	Torf, faserig bis nicht faserig		---	
Abrasivität (NF-P 18-579)	nicht abrasiv	abrasiv	abrasiv	stark abrasiv

¹⁾ indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

11.6.2 Fels

Tabelle 15: Homogenbereiche Fels entsprechend VOB DIN 18324

Homogenbereich	HSBF 1	
Schicht Nr.	5	
Eigenschaft/Kennwert	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Tonstein, Sandstein	
Benennung von Fels (DIN EN ISO 14689)	sedimentär, geschichtet	
Dichte (DIN EN ISO 17892-1) [g/cm ³]	2,2	2,5
Verwitterung und Veränderung, (DIN EN ISO 14689)	frisch	zersetzt
Veränderlichkeit (DIN EN ISO 14689)	nicht veränderlich ¹⁾ stark veränderlich ²⁾	nicht veränderlich ¹⁾ stark veränderlich ²⁾
Kalkgehalt (DIN 18129) [-]	nb	
Sulfatgehalt (DIN 4030-2, DIN EN 1997-2)	nb	
einaxiale Druckfestigkeit (DIN 18141-1) [N/mm ²]	1 (Tonstein)	100 (Sandstein)
Trennflächenrichtung ³⁾ (DIN EN ISO 14689) [°]	nb	
Trennflächenabstand (DIN EN ISO 14689) - Schichtflächenabstand - Klufflächenabstand	fein laminiert nb	dick nb ⁴⁾
Gesteinskörperform (DIN EN ISO 14689)	tafelförmig, prismatisch	
Gebirgsdurchlässigkeit ⁵⁾ (DIN EN ISO 14689-1) [m/s]	nb	
Abrasivität (DGGT Empf.23, AK 3.3)	gering abrasiv	stark abrasiv

¹⁾ atmosphärisch

²⁾ unter Wasserabdeckung

³⁾ Klufflächenabstand mit den durchgeführten Aufschlüssen nicht bestimmbar

⁴⁾ K/S Hauptklüftung/Schichtflächen, nur Fallwinkel, Fallrichtung nicht bestimmbar

K/K: Hauptklüftung/Nebenküftung, nur Fallwinkel, Fallrichtung nicht bestimmbar

⁵⁾ nach alter Norm EN ISO 14689-1:2011-6, da nicht in EN ISO 14689 enthalten

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

11.7 Baugebiet

11.8 Schichteinteilung

Bei der Festlegung der Homogenbereiche wird für die Erschließung des Baugebietes die in nachfolgender Tabelle zusammengestellte Schichteinteilung verwendet. Der Aufbruch von Verkehrsflächen ist in einer gesonderten Position auszuschreiben.

Tabelle 16: Schichteinteilung

Schicht-Nr.	Bodenschichtung	Einstufung	
		Boden	Fels
1	Oberboden	x	
2	Auffüllung	x	
3	Lösse, Lehme	x	
4	anstehender Fels		x

Die Homogenbereiche werden wie folgt definiert:

Tabelle 17: Festlegung Homogenbereiche

Schicht-Nr.	Homogenbereich nach DIN 18320	Homogenbereich nach DIN 18300
1	HOB 1	---
2	---	HEB 1
3	---	HEB 2
4	---	HEF 1

Da es sich bei Schicht 2 um Auffüllungen handelt, sind diese gesondert zu behandeln (siehe hierzu Kapitel 12.3).

Die endgültigen Homogenbereiche sowie ggf. erforderliche Homogenbereiche für weitere Gewerke sind im weiteren Verlauf der Planungen in enger Abstimmung zwischen den Fachprojektanten und GMP festzulegen.

11.9 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320

Oberboden wird hinsichtlich der Bearbeitbarkeit nach DIN 18915 in Oberbodengruppen eingeteilt. Die Ausschreibung erfolgt nach DIN 18320.

Tabelle 18: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18320

Homogenbereich	HOB 1	
Schicht-Nr.	1	
Eigenschaft / Kennwert	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	
Bodengruppe (DIN 18196)	OU, OT, OH	
Bodengruppe (DIN 18915)	2 - 9	
Massenanteil Steine, D > 63 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	
Massenanteil große Blöcke, D > 630 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	

¹⁾ indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

11.10 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18300

Bei der vorgenommenen Einteilung der Homogenbereiche werden folgendes Vorgehen und folgende Planungsgrundlagen vorausgesetzt:

- Einsatz eines Kettenbaggers von ca. 20 bis 30 t Betriebsgewicht (z.B. Liebherr R 920)
- Ausreichend Flächen zur Zwischenlagerung des Aushubs sind vorhanden.
- Kontinuierliche geotechnische Fachbetreuung zur Separation des Aushubs.
- Fräse, z.B. Stehr Fräse SBF 24-2
- Anbaufräse, z.B. MTS-Bodenrecycler B180-3

11.10.1 Boden

Tabelle 19: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18300

Homogenbereich	HEB 1		HEB 2		
	2		3		
Schicht-Nr.					
Eigenschaft / Kennwert	von	bis	von	bis	
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung		Lösse, Lehme		
Bodengruppe (DIN 18196)	alle grob-, gemischt- und feinkörnigen Böden nach DIN 18196		GU*GT* SU*/ST* TL, TM, TA		
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)	Körnungsband 1 (siehe Anlage 9.1)		Körnungsband 2 (siehe Anlage 9.2)		
Massenanteil Steine, D > 63 mm (DIN EN ISO 14688-1)	[Gew. %]	0	40	0	70
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm (DIN EN ISO 14688-1)	[Gew. %]	0	30	0	60
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm (DIN EN ISO 14688-1)	[Gew. %]	nb		nb	
Dichte (DIN 18125-2)	[g/cm ³]	1,7	2,2	1,9	2,2
undrainierte Scherfestigkeit (DIN 4094-4)	[kN/m ²]	nb		>150	
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	[-]	0,04	0,15	0,15	0,35
Plastizitätszahl (DIN EN ISO 17892-12)	[-]	nb		0,15	0,50
Konsistenzzahl (DIN EN ISO 17892-12)	[-]	nb		0,75	>1,25
Lagerungsdichte ¹⁾ (DIN EN ISO 14688-2)	[-]	locker	dicht	nb	
Organischer Anteil (DIN 18128)	[Gew. %]	0	8	0	3

¹⁾ indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

11.10.2 Fels

Tabelle 20: Homogenbereiche Fels entsprechend VOB DIN 18300

Homogenbereich	HEF 1	
Schicht Nr.	4	
Eigenschaft/Kennwert	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Tonstein, Sandstein	
Benennung von Fels (DIN EN ISO 14689)	sedimentär, geschichtet	
Dichte (DIN EN ISO 17892-1) [g/cm ³]	2,2	2,5
Verwitterung und Veränderung, (DIN EN ISO 14689)	frisch	zersetzt
Veränderlichkeit (DIN EN ISO 14689)	nicht veränderlich ¹⁾ nicht veränderlich ²⁾	stark veränderlich ¹⁾ stark veränderlich ²⁾
einaxiale Druckfestigkeit (DIN 18141-1) [N/mm ²]	1 (Tonstein)	100 (Sandstein)
Trennflächenrichtung ³⁾ (DIN EN ISO 14689) [°]	nb	
Trennflächenabstand (DIN EN ISO 14689) - Schichtflächenabstand - Klufflächenabstand	fein laminiert nb	dick nb ⁴⁾
Gesteinskörperform (DIN EN ISO 14689)	tafelförmig, prismatisch	

¹⁾ atmosphärisch

²⁾ unter Wasserabdeckung

³⁾ Klufflächenabstand mit den durchgeführten Aufschlüssen nicht bestimmbar

⁴⁾ K/S Hauptklüftung/Schichtflächen, nur Fallwinkel, Fallrichtung nicht bestimmbar

K/K: Hauptklüftung/Nebenklüftung, nur Fallwinkel, Fallrichtung nicht bestimmbar

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

12. Zusammenfassung und weitergehende Empfehlungen

12.1 Druckleitung

Die Druckleitung kann eingepflügt werden sowie in konventioneller Weise verlegt werden. Alternativ können Spülbohrungen ausgeführt werden. Zusatzmaßnahmen werden vor allem im Bereich von weichen bis breiigen Lehmen sowie Torfen erforderlich.

Im Bereich des Baugebietes werden für die Verlegung der Rohrleitungen teilweise Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich. Auch für die Straße ist von einer erforderlichen Stabilisierung auszugehen.

12.2 Empfehlungen zur weiteren Erkundung

Nach dem derzeitigen Planungsstand sind keine weiteren Erkundungen erforderlich.

12.3 Hinweise für Planung, Ausschreibung und Durchführung der Entsorgungsmaßnahmen

Hinsichtlich der Planung, Ausschreibung und Durchführung der Aushubmaßnahme empfehlen wir folgende Vorgehensweise:

- Hinweis auf den orientierenden Charakter der durchgeführten abfalltechnischen Untersuchungen und die Beschränkung auf die untersuchten Materialien
- Berücksichtigen von Entsorgungspositionen für Zuordnungsklassen für Boden (Z0 bis Z1.2) gemäß LAGA M20 bei der Ausschreibung
- Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse der orientierenden abfalltechnischen Einstufung bei der Gewichtung der Aushubmassen je Entsorgungsposition
- Angabe der geplanten Entsorgungswege für sämtliche Zuordnungs- bzw. Deponieklassen durch die Bieter bereits bei der Angebotsabgabe
- Für alle im Entsorgungskonzept genannten Entsorgungsstellen sollten zur Überprüfung der Zulässigkeit des Entsorgungsweges folgende Unterlagen beigelegt sein:
 - Bezeichnung der Entsorgungsstelle mit Anschrift
 - Art der geplanten Entsorgung (z.B. Entsorgung auf einer Deponie, Verwertung als Deponieersatzbaustoff usw.)
 - Vollständiger Genehmigungsbescheid mit dem Positivkatalog der zugelassenen Abfallarten, Annahmekriterien der Entsorgungsstelle sowie gegebenenfalls Einzelfallentscheidungen der zuständigen Behörden
 - Annahmeerklärung des Entsorgers für die im Leistungsverzeichnis genannten Abfälle
- Prüfung der Zulässigkeit der Entsorgungswege bis spätestens zur Auftragserteilung
- Entsorgung/Verwertung der Aushubmaterialien durch einen zertifizierten Entsorgungsfachbetrieb gemäß § 52 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG).

- Aushubüberwachung durch eine verantwortliche Person zur Gewährleistung einer gleichbleibenden Zusammensetzung der Aushubmaterialien.
- Abstimmung mit Betreiber der geplanten Entsorgungsstelle und gegebenenfalls mit der zuständigen Fachbehörde ob für die abfalltechnische Einstufung der Aushubmaterialien \leq Z1.2 die vorliegenden in-situ-Untersuchungen ausreichend sind.
- Verbindliche abfalltechnische Deklaration der Aushubmaterialien \leq Z1.2 über Haufwerksuntersuchung (empfohlenes Mietenvolumen maximal 500 m³), wenn von der geplanten Entsorgungsstelle die vorliegenden in-situ Ergebnisse nicht anerkannt werden, oder eine Untersuchung behördlich im Einzelfall gefordert wird.

In Auffüllungsmaterialien wurden teilweise bodenfremde Bestandteile (Fremdbestandteile) festgestellt. Allein das Vorhandensein bestimmter Fremdbestandteile (z.B. Asphaltdeckenreste) kann zu einer schlechteren abfalltechnischen Einstufung oder einem anderen Entsorgungsweg führen. Dies ist im Zweifelsfall mit der konkreten Entsorgungsstelle im Vorfeld der Aushubmaßnahme abzuklären.

Die Untersuchungen erfolgten unter den im Bericht genannten Bedingungen auf Grundlage der zum Zeitpunkt der Untersuchung geltenden Kenntnisse, Vorschriften und Normen. Trotz sorgfältiger Vorgehensweise kann das Vorhandensein weiterer schadstoffhaltiger Materialien nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung aufgrund nicht identifizierter schadstoffhaltiger Materialien wird ausgeschlossen.

Ergeben sich im Zuge der Erdbauarbeiten Hinweise auf weitere Schadstoffbefunde wird empfohlen, GMP hinzuziehen.

12.4 Empfehlungen zur geotechnischen Überwachung

GMP ist baubegleitend zur Überprüfung der erreichten Tragfähigkeit und Verdichtung mit einzubeziehen.

12.5 Empfehlungen zur umwelttechnischen Überwachung

Die abfalltechnischen Empfehlungen in Kapitel 12.3 sind zu beachten. Für Aushubmaterialien \leq Z1.2 ist im Vorfeld mit der geplanten Entsorgungsstelle und gegebenenfalls der zuständigen Fachbehörde abzustimmen, ob die vorliegenden in-situ-Ergebnisse für eine abfalltechnische Einstufung ausreichend sind.

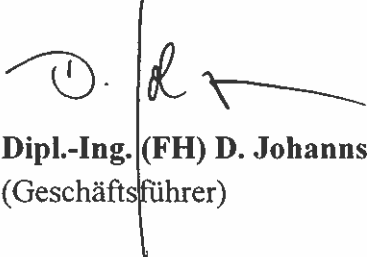
Wir empfehlen für eine höhere Kostensicherheit nach Abschluss der Planungen kleinräumige abfalltechnische Untersuchungen in Bereichen in denen große Aushubmassen zur externen Verwertung/Entsorgung anfallen.

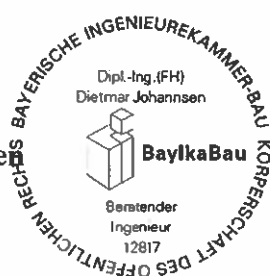
Bei Nichtbeachtung der abfalltechnischen Empfehlungen kann es zu Bauverzögerungen und Kostenmehrungen kommen.


Bei der Beprobung über Haufwerke ist bei der Planung der Baustellenlogistik zu berücksichtigen, dass für die chemische Analytik ein Zeitaufwand von sechs bis sieben Werktagen benötigt wird. Bis zum Vorliegen der Analysenergebnisse darf dann das Haufwerk nicht mehr durch weitere Anschüttungen oder Abgrabungen verändert werden.

Die Untersuchungen erfolgten unter den im Bericht genannten Bedingungen auf Grundlage der zum Zeitpunkt der Untersuchung geltenden Kenntnisse, Vorschriften und Normen. Trotz sorgfältiger Vorgehensweise kann das Vorhandensein weiterer schadstoffhaltiger Materialien nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung aufgrund nicht identifizierter schadstoffhaltiger Materialien wird ausgeschlossen.

Ergeben sich im Zuge der Erdbauarbeiten Hinweise auf weitere Schadstoffbefunde wird empfohlen, GMP hinzuziehen.


Dipl.-Ing. (FH) D. Johannsen
(Geschäftsführer)




M. Sc. Geoökologie S. Weber
(Projektleiter Umwelttechnik)

Verteiler:

VG Röttingen, Gemeinde Riedenheim p.A. (1x Schriftform)
Ingenieurbüro Horn (1x Schriftform, 1x digital)