



Gesellschaft für Altlastenmanagement,
Umwelt- und Geotechnik mbH

Sachverständige nach § 18 BBodSchG | Untersuchungsstelle nach § 18 BBodSchG
Anerkannte Prüfstelle nach RAP Stra 15 für die Fachgebiete/Prüfungsarten A1 und A3

20058-G01

22.06.2020

GEOTECHNISCHER BERICHT

GEWERBEGEBIET WELZENGRABEN - ESSELBACH

PROJEKT: 20058-BG GE Welzengraben - Esselbach

AUFTRAGGEBER: VG Marktheidenfeld
Petzoltstraße 21
97828 Marktheidenfeld

ORT: Esselbach Flur Nr.: 5/1, 5/3, 5/4, 6/2, 503, 505, 506, 507,
508, 508/1, 508/2, 509, 510, 511, 512, 512/1 515,
2031/1, 2033, 2034

PROJEKTLEITER: Dipl.-Ing. N. Oehler

SACHBEARBEITER: M.Sc. Geowiss. B. Grzegorzek
M. Pollithy

Exemplar 1/2 mit 48 Seiten, 6 Anlagen und 3 Anhängen

Inhaltsverzeichnis

<u>a.</u>	<u>Verzeichnis der Unterlagen</u>	<u>V</u>
<u>b.</u>	<u>Auszug der verwendeten Vorschriften und Publikationen</u>	<u>VI</u>
<u>c.</u>	<u>Anlagenverzeichnis</u>	<u>IX</u>
<u>d.</u>	<u>Verzeichnis der Anhänge</u>	<u>X</u>
<u>1.</u>	<u>Anlass und Aufgabenstellung</u>	<u>11</u>
<u>2.</u>	<u>Bauvorhaben</u>	<u>11</u>
<u>3.</u>	<u>Untergrunderkundung</u>	<u>12</u>
<u>4.</u>	<u>Topographie des Untersuchungsgebietes</u>	<u>13</u>
<u>5.</u>	<u>Geologischer Überblick</u>	<u>14</u>
<u>6.</u>	<u>Erdbebenzone</u>	<u>16</u>
<u>7.</u>	<u>Kampfmittelbelastung</u>	<u>16</u>
<u>8.</u>	<u>Schutzgebiete (Trinkwasser, Bodendenkmal etc.)</u>	<u>16</u>
<u>9.</u>	<u>Geotechnische Schichten</u>	<u>16</u>
9.1.	M – Mutterboden	16
9.2.	A – Auffüllungen	17
9.3.	L – Lockergesteine	17
9.3.1.	L1 – Löß/Hanglehm	17
9.3.2.	L2 – Hangschutt	18
9.3.3.	L3 – Verwitterungsdeckschicht	19
9.4.	F – Fels Oberer Buntsandstein	19
<u>10.</u>	<u>Hydrogeologische Verhältnisse</u>	<u>19</u>
10.1.	Grundwasserhorizont	19
10.2.	Betonaggressivität	20
<u>11.</u>	<u>Geotechnische Schichten, bodenmechanische Laborversuche, Eigenschaften</u>	<u>20</u>
11.1.	Vorbemerkungen	20
11.2.	Schichten	21
11.2.1.	M- Mutterboden	21
11.2.2.	A - Auffüllungen	22
11.2.3.	L1 – Löß/Hanglehm	23
11.2.4.	L2 – Hangschutt	24
11.2.5.	L3 – Verwitterungsdeckschicht	25
<u>12.</u>	<u>Ergebnisse der umweltgeotechnischen Laborversuche</u>	<u>25</u>

12.1.	Boden	25
12.2.	Schwarzdecken	28
13.	<u>Bodenklassen – Homogenbereiche</u>	29
13.1.	Bodenklassen DIN 18300:2012	29
13.2.	Homogenbereiche DIN18300:2016	30
14.	<u>Erdbautechnische Angaben</u>	31
15.	<u>Erdstatische Kennwerte</u>	33
15.1.	Vorbemerkungen	33
15.2.	A – Auffüllungen	34
15.3.	L1 – Löß/Hanglehm	34
15.4.	L2 – Hangschutt	34
15.5.	L3 – Verwitterungsdeckschicht	34
15.6.	F – Fels Oberer Buntsandstein	35
16.	<u>Leitungsbau</u>	35
16.1.	Vorbemerkungen	35
16.2.	Wasserhaltung	35
16.3.	Sicherung der Leitungsgräben	35
16.3.1.	Geböschte Baugruben	35
16.3.2.	Baugrubenverbau	36
16.4.	Leitungsbettung	37
16.4.1.	Kanalleitungen	37
16.4.2.	Wasserleitungen	38
16.5.	Rückverfüllung der Arbeitsräume in Leitungsgräben	39
17.	<u>Verkehrsflächen</u>	40
17.1.	Frostsicherheit	40
17.2.	Tragfähigkeit des Erdplanums	41
17.2.1.	Ausgangslage	41
17.2.2.	Bodenaustausch	41
17.2.3.	Qualifizierte Bodenverbesserung	42
18.	<u>Niederschlagswasserbewirtschaftung</u>	43
18.1.	Grundlagen	43
18.2.	Versickerungsfähigkeit des Untergrundes	44
18.3.	Regenrückhaltebecken	44
19.	<u>Zusammenfassung und Empfehlungen</u>	45
19.1.	Zusammenfassung	45

19.2. Empfehlungen

46

a. Verzeichnis der Unterlagen

/1/ Digitale Plangrundlage, Auktor Ingenieur GmbH, E-Mail vom 21.04.2020, Datei: Ess-WG.dxf

b. Auszug der verwendeten Vorschriften und Publikationen

- [1] Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Band 1: Allgemeine Regeln
- [2] Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Band 2: Erkundung und Untersuchung
- [3] DIN EN 1997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
- [4] DIN EN 1997-2 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
- [5] DIN 1055-2: 2010-11, Einwirkungen auf Tragwerke - Teil2: Bodenkenngößen.
- [6] DIN EN 1997-1/NA Nationaler Anhang - EC 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln, 12/2010.
- [7] DIN 1054 Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1, 12/2010.
- [8] DIN 4020, Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke
- [9] DIN 4023, Baugrund- und Wasserbohrungen, Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse.
- [10] DIN 4030, Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase, Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte. Juni 2008
- [11] DIN 4030, Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase, Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben
- [12] DIN EN ISO 14688-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 1: Benennung und Beschreibung, Mai 2018.
- [13] DIN EN ISO 14688-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen, Mai 2018.
- [14] DIN EN ISO 14689, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels, Mai 2018.

- [15] DIN EN ISO 22475-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen, Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung, Januar 2007.
- [16] DIN EN ISO 22476-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen, Teil 2: Rammsondierungen, April 2005
- [17] DIN 18196, Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke und Methoden zum Erkennen von Bodengruppen.
- [18] ATV DIN 18300:2012, VOB, Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) Erdarbeiten
- [19] ATV DIN 18300:2016, VOB, Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) Erdarbeiten
- [20] ATV DIN18303:2016, VOB Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) Verbauarbeiten
- [21] DIN 4124, Baugruben und Gräben; Böschungen, Verbau Arbeitsraumbreiten.
- [22] RStO 12, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012
- [23] ZTVE-StB 17, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017.
- [24] ZTVA-StB 12, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 2012
- [25] Geologische Karte von Bayern, GK 1 : 25000 Blatt 6123 Marktheidenfeld mit Erläuterungen, Bayerisches Geologisches Landesamt, München
- [26] Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln, FGSV 2004
- [27] Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, DWA-A 138
- [28] Wiederspahn, M. (1997): Versickerung von Niederschlagswasser aus geowissenschaftlicher Sicht, Arbeitskreise Umweltgeologie und Kommunalgeologie, Arbeitsgruppe Versickerung, Schriftenreihe des BDG, Heft 15, 1997 Bonn

- [29] Merkblatt über das Bauen mit und im Fels, M Fels R2, Ausgabe 2015
- [30] Merkblatt zur Felsbeschreibung für den Straßenbau, FGSV Nr. 543, Ausgabe 1992
- [31] LAGA-Merkblatt: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen - Technische Regeln für die Verwertung Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Nr. 20 (November 1997).
- [32] Anforderung an die Verwertung von Recycling – Baustoffen in technischen Bauwerken, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, 15.07.2005 (sog. RC - Leitfaden)
- [33] Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen, Leitfaden zu den Eckpunkten, 23.12.2019 (sog. Eckpunktepapier)
- [34] Merkblatt Umgang mit humusreichem und organischem Bodenmaterial, Vermeidung- Verwertung – Beseitigung, Bayerisches Landesamt für Umwelt, 04/2016

c. Anlagenverzeichnis

- Anlage 1. LAGEPLÄNE
 - Anlage 1.1. AUSZUG AUS DER TOPOGRAPHISCHEN KARTE
 - Anlage 1.2. AUSZUG AUS DER GEOLOGISCHE KARTE
 - Anlage 1.3. ÜBERSICHTSLAGEPLAN MIT LAGE DER AUFSCHLÜSSE
- Anlage 2. AUFSCHLÜSSE
 - Anlage 2.1. DIREKTE AUFSCHLÜSSE (RAMMKERNSONDIERUNGEN)
PROFILE UND SCHICHTENVERZEICHNISSE
 - Anlage 2.2. INDIREKTE AUFSCHLÜSSE (RAMMSONDIERUNGEN)
RAMMDIAGRAMME
- Anlage 3. GEOTECHNISCHER GELÄNDESCHNITT
- Anlage 4. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE
- Anlage 5. ABFALLRECHTLICHE UND UMWELTCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN
- Anlage 6. FLÜGELSCHERVERSUCH

d. Verzeichnis der Anhänge

- Anhang 1: Bewertungsgrundlagen Rammsondierungen
- Anhang 2: Tabellarische Zusammenstellung Homogenbereiche
- Anhang 3: Fotodokumentation

1. Anlass und Aufgabenstellung

Die VG Marktheidenfeld plant das Gewerbegebiet Welzengraben in Esselbach zu erschließen.

Die Planung der Maßnahme obliegt der Auktor Ingenieure GmbH aus Würzburg.

Die PeTerra GmbH, Kitzingen, wurde am 08.04.2020 durch die VG Marktheidenfeld auf postalischem Wege auf Grundlage des Angebots Az.-Nr. 20090-BG-AQ1-oeh vom 10.03.2020 mit der Erstellung eines Geotechnischen Berichts auf Basis einer Baugrunduntersuchung beauftragt.

2. Bauvorhaben

Die VG Marktheidenfeld beabsichtigt ein Gewerbegebiet mit neu geplanten Baugrundstücken sowie mit vorhandenen Grundstücken zu erschließen. Im nördlichen und südlichen Teil des Untersuchungsgebietes sind Regenrückhaltebecken geplant. Eine von Osten nach Westen verlaufende neue Verkehrsfläche soll die Zuwegung der einzelnen Grundstücke sicherstellen.



Abbildung 1: Bebauungsplanskizze (Auktor Ingenieure GmbH)

Das Bauvorhaben wird aufgrund der Geotechnischen Untergrundverhältnisse gemäß EC 7 in die Geotechnische Kategorie GK1 zugeordnet.

3. Untergrunderkundung

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurden durch die PeTerra GmbH am 23.04.2020 und 30.04.2020 an zwei Ortsterminen insgesamt vier Rammkernsondierungen (RKS01 – RKS04) sowie zwei Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH01 und DPH02) niedergebracht.

Es wurde eine Aufschlusstiefe von 4m angestrebt, die jedoch verfahrensbedingt mit der Sondiertechnik aufgrund der örtlichen Untergrundverhältnisse nicht durchgängig erreicht werden konnte.

Die Rammkernsondierungen wurden mit \varnothing 80 mm auf 1 m vorgebohrt und bis zur Endteufe der Sondierung mit \varnothing 60 mm weitergeführt. Die Sondierungen wurden mit Bohrgut/Dämmen rückverfüllt. Die Kernbohrungen bei RKS02 und RKS03 in den befestigten Oberflächen wurden mit Kaltmischgut verschlossen.

In der Sondierbohrung RKS04 wurde ein Flügelscherversuch zur Bestimmung der undrainierten Scherfestigkeit in situ durchgeführt.

Nach Abschluss der Versuche wurden die Untersuchungsstellen über ein georeferenziertes GPS nach Lage und Höhe eingemessen.

In Tabelle 1 sind Lage und Ansatzhöhe sowie erreichte Endteufe der Aufschlüsse zusammengestellt.

Tabelle 1: Lage, Höhe und Endteufe der Sondierungen

Aufschluss	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Höhe [mNN]	Endteufe [m]
RKS01	538115	5521915	305,80	3,80
RKS02	538232	5521872	317,72	3,95
RKS03	538020	5521830	310,23	4,00
RKS04	538080	5521725	313,40	3,55

Aufschluss	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Höhe [mNN]	Endteufe [m]
DPH01	538031	5521896	307,93	4,00
DPH02	538134	5521842	310,44	2,46

Die Ergebnisse der direkten Aufschlüsse (RKS) und indirekten (DPH) sind in Form von Tiefenprofilen bzw. Rammdiagrammen in Anlage 2 zusammengestellt. Rechts neben den Tiefenprofilen der RKS sind die angetroffenen Boden- und Felsarten mit Kurzzeichen nach DIN 4023, die Farbe, Konsistenz/Lagerungsdichte, die Bodenklassen nach VOB DIN 18300 und die Bodengruppen nach DIN 18196 beschrieben.

Dem Schichtenverzeichnis der direkten Aufschlüsse können die zugehörigen geologischen Kennzeichnungen sowie weitere bohrtechnische Angaben entnommen werden.

4. Topographie des Untersuchungsgebietes

Die Gemeinde Esselbach liegt im Regierungsbezirk Unterfranken an der Staatstraße St2312 (Marktheidenfeld – Aschaffenburg) und wird über die Kreisstraße MSP28 unmittelbar an die Staatsstraße angeschlossen.

Die Topographie von Esselbach und der Umgebung wird maßgeblich durch die Lage am östlichen Spessarttrand bestimmt.

Das entlang der Hauptstraße (MSP28) langgestreckte Siedlungsgebiet von Esselbach befindet sich mit der Gemeinde Bischbrunn zusammen mit den Ortsteilen Kredenbach, Steinmark und Oberndorf in einer wannenartig ausgebildeten Hochebene, die überwiegend landwirtschaftlich genutzt wird. Das sanft hügelige Gelände steigt stetig nach Westen an und wird durch den Esselbach sowie den Kredenbach bzw. Steinmarker Bach Richtung Osten entwässert. Steinmarker Bach und Kredenbach fließen nordöstlich von Esselbach zusammen und münden südwestlich von Rothenfels als Wachenbach in die Hafenlohr, die ihrerseits bei Hafenlohr in den Main fließt. Die

Oberflächengewässer haben im Lauf der Zeit die Hochebene ausgeräumt und sich zum Teil deutlich in das Gelände eingeschnitten.



Abbildung 2: Lage des Untersuchungsgebietes (© BayernAtlas)

Das Untersuchungsgebiet selbst befindet sich im südlichen Bereich von Esselbach. Das Gelände steigt dabei nach Südosten von rund 305mNN auf 320mNN an. Im Osten befindet sich ein Regenrückhaltebecken, im Westen eine bestehende Sportanlage.

Das Gebiet wird von zwei befestigten Gräben durchlaufen, die zum Zeitpunkt der Erkundung jedoch kein Wasser führten.

5. Geologischer Überblick

Die Untergrundverhältnisse im Umgebungsbereich des Untersuchungsgebiets sind auf der geologischen Karte Blatt 6123 Marktheidenfeld des Bayerischen Geologischen Landesamts beschrieben. Demnach stehen im Untersuchungsgebiet unter einer Löß- bzw. Lößlehmauflage die Schichten des Oberen Buntsandsteins (so) an.

Der Obere Buntsandstein wird in der Literatur in vier große Schichtglieder eingeteilt. Den Übergang von Mittleren zum Oberen Buntsandstein wird von den

Chirotherienschiefern gebildet (so1). Die nur 1 bis 4 m mächtigen „Schiefer“ bestehen überwiegend aus blättrigen, rotbraunen bis violetten Tonsteinen. Darüber folgt in der Regel der Plattensandstein (so2), dessen Mächtigkeit sehr stark schwankt. Die meist roten, plattigen Feinsandsteine weisen eine Vielzahl an Muskovitschüppchen auf den Schichtflächen auf, wodurch das Gestein seine typische, dünnplattige Verwitterungsform erhält. Der im Untersuchungsgebiet ca. 25-30 m mächtige Plattensandstein liegt meist in einer Wechsellagerung mit dünnbankigen, tonigen Zwischenlagen vor. Der Übergang von den Plattensandsteinen zu den darüber folgenden Unteren Röttonsteinen lässt sich anhand des auffälligen, graugrünligen Grenzquarzits ziehen (so3Q). Der kieselig gebundene Sandstein ist nur ca. 0,2 bis 0,3 m mächtig. Die ca. 20 m mächtigen Unteren Röttone sind eine eintönige Abfolge von rotbraunen bis rotvioletten Tonen/Tonsteinen, die bei der Verwitterung bröckelig zerfallen (so3T). Vereinzelt finden sich auch hellere, grünlich graue Schichten, die das Ergebnis zirkulierender Wässer und dem damit veränderten Gesteinschemismus sind. Die Grenze zwischen Unteren- und Oberen Röttonen bildet der ca. 7 bis 10 m mächtige, typischerweise weißlich bis grünlich gefärbte Rötquarzit (so4Q). Dieser quarzitischer Sandstein besteht aus zwei einzelnen Quarzitbänken, denen eine dünnbankige Sandstein/Siltsteinlage zwischengeschaltet ist. Die Oberen Röttone sind den Unteren Röttonen sehr ähnlich. Auch hier besteht das ca. 30 bis 40 m mächtige Schichtglied aus einer eintönigen Abfolge von rotbraunen Tonen/Tonsteinen (so4T).

Die Sedimente des Muschelkalks streichen im östlichen Bereich des Kartenblatts östlich des Mains aus.

Häufig sind die Ablagerungen des Buntsandsteins durch pleistozäne Lockergesteinsböden wie Löß (,Löl) bzw. Sandlöß (,Lös), Fließerden (,fl), verschlammte Hanglehne bzw. Hangschuttmassen aus dem Oberen Buntsandstein überdeckt (vgl. Anlage 1.2).

Im Talgrund des Esselbachs sind Talfüllungen (,f) auskartiert.

6. Erdbebenzone

Das Untersuchungsgebiet liegt außerhalb erdbebengefährdeter Gebiete in Bayern. Es sind damit keine besonderen baulichen Maßnahmen zum Erdbebenschutz erforderlich.

7. Kampfmittelbelastung

Angaben zu einer durch Kriegseinwirkungen bedingten Kampfmittelbelastung liegen dem Verfasser nicht vor.

Wir empfehlen, im weiteren Projektverlauf die Hinzuziehung eines Fachbüros, um die in diesem Zusammenhang erforderlichen Maßnahmen planungstechnisch berücksichtigen zu können, bzw. einen nach VOB/C erforderlichen Nachweis zu erbringen, dass für den Projektbereich kein Kampfmittelverdacht besteht.

8. Schutzgebiete (Trinkwasser, Bodendenkmal etc.)

Der Untersuchungsbereich liegt auf Basis einer Recherche über den Internetdienst BayernAtlas des Geoportals der Bayerischen Staatsregierung außerhalb festgesetzter Trinkwasser-/Heilquellenschutzgebiete oder Bodendenkmälern.

9. Geotechnische Schichten

9.1. M – Mutterboden

Stoffliche Zusammensetzung: Schluff, stark humos, feinsandig bis stark feinsandig, organische Beimengung, schwach tonig

Übliche Benennung: Mutterboden (q)

Erkundete Mächtigkeiten: 0,15 – 0,20m

Farbe: braun

Lagerungsdichte:	-
Konsistenz der bind. Bestandteile:	steif bis halbfest
Anthropogene Bestandteile:	-
Bemerkung:	Gras und Wurzeln

9.2. A – Auffüllungen

Stoffliche Zusammensetzung:	Kies, schluffig, steinig, schwach sandig, schwach tonig Stein, kiesig, sandig, schluffig Schluff, stark steinig, feinsandig
Übliche Benennung:	Auffüllung (A)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,44 – 1,11m
Farbe:	grau, schwarz, bräunlich
Lagerungsdichte:	mitteldicht bis dicht
Konsistenz der bind. Bestandteile:	steif
Anthropogene Bestandteile:	kiesige und steinige Asphalt- und Betonbruchstücke
Bemerkung:	kiesige und steinige Kalksteinbruchstücke, wechselnde Feingehalte

9.3. L – Lockergesteine

9.3.1. L1 – Löß/Hanglehm

Stoffliche Zusammensetzung:	Schluff, feinsandig bis stark feinsandig, schwach tonig, schwach organische Beimengung, schwach kiesig Ton, schluffig bis stark schluffig, schwach kiesig bis kiesig, schwach steinig bis steinig
-----------------------------	--

	Schluff, tonig bis stark tonig, kiesig bis stark kiesig, feinsandig
Übliche Benennung:	Löß/Hanglehm (q)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,85 – 2,10m
Farbe:	rot, rötlich braun, ocker, beige, bräunlich, rötlich
Lagerungsdichte:	-
Konsistenz der bind. Bestandteile:	sehr weich bis halbfest
Anthropogene Bestandteile:	-
Bemerkung:	kiesige und steinige Sandsteinbruchstücke, teilweise Wurzelreste

9.3.2. L2 – Hangschutt

Stoffliche Zusammensetzung:	Kies, schluffig bis stark schluffig, steinig bis stark steinig, feinsandig, schwach tonig bis tonig Stein, stark schluffig, stark kiesig, feinsandig, schwach tonig bis tonig
Übliche Benennung:	Hangschutt (q)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,50 – 1,25m
Farbe:	rot, rötlich braun, ocker, rotbraun
Lagerungsdichte:	mitteldicht
Konsistenz der bind. Bestandteile:	steif bis halbfest
Anthropogene Bestandteile:	-
Bemerkung:	kiesige und steinige Sandsteinbruchstücke in schluffiger Matrix

9.3.3. L3 – Verwitterungsdeckschicht

Stoffliche Zusammensetzung:	Ton, schluffig bis stark schluffig, kiesig, steinig Kies, schluffig bis stark schluffig, steinig bis stark steinig, feinsandig, tonig Stein, kiesig, schwach tonig
Übliche Benennung:	Verwitterungsdeckschicht (so)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,80 – 2,25m
Farbe:	rot, rötlich grau, ocker, braun, rotbraun
Lagerungsdichte:	-
Konsistenz der bind. Bestandteile:	weich bis halbfest
Anthropogene Bestandteile:	-
Bemerkung:	vollständig verwitterter, zersetzter Schluff-/Tonstein; dünnplattiger, glimmerhaltiger, tonig gebundener Mittel- bis Feinsandstein:

9.4. **F – Fels Oberer Buntsandstein**

Der Fels des Buntsandsteins konnte verfahrensbedingt nicht aufgeschlossen werden. Werden Eingriffe in diese Schichten notwendig so werden weiterführende Erkundungen (Aufschlussbohrung, Baggerschürfe) empfohlen, um den Fels VOB-gerecht beschreiben zu können.

10. **Hydrogeologische Verhältnisse**

10.1. **Grundwasserhorizont**

Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Untersuchungen in keinem der Aufschlüsse festgestellt.

In Abhängigkeit der Witterung, insbesondere nach langandauernden Niederschlagsperioden und Starkregenereignissen, kann eine temporäre, witterungsabhängige geringe Schichtwasserführung auftreten.

Die Wasserführung wird jedoch nur temporär zu beobachten sein. Es werden zudem insgesamt nur geringe Sickerwassermengen erwartet.

10.2. Betonaggressivität

Erfahrungsgemäß sind aufgrund der anstehenden sauren Gesteine und deren Verwitterungsprodukte pH-Werte $\leq 6,5$ nicht auszuschließen. Es sollte daher vorsorglich schwach angreifende Verhältnisse unterstellt werden (Expositionsklasse XA1).

Im Zweifel ist der Angriffsgrad nach DIN 4030 im Referenzverfahren zu bestimmen.

11. Geotechnische Schichten, bodenmechanische Laborversuche, Eigenschaften

11.1. Vorbemerkungen

An ausgewählten, charakteristischen Einzelproben der beschriebenen Schichtglieder der direkten Aufschlüsse wurden Indexversuche im hauseigenen erdbautechnischen Labor durchgeführt.

Die Laborprotokolle der geotechnischen Laborversuche können der Anlage 4 entnommen werden.

Die nachfolgenden Tabellen fassen die Ergebnisse einiger Indexversuche je Schicht im Überblick zusammen.

Die erwarteten Bandbreiten der nachfolgend angegebenen Kennwerte wurden auf Basis der Laborversuche in Verbindung mit Erfahrungswerten -soweit möglich- abgeleitet.

In den Bildern zu den Kornverteilungen werden die erwarteten Bandbreiten als graue Grenzlinien angegeben.

Mit * gekennzeichnete Angaben wie Farbe, Bodengruppe, Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke, die allgemeine Konsistenzansprache bzw. Angaben zur Lagerungsdichte basieren auf Feldansprachen bzw. Feldmethoden bei der ingenieurgeologischen Aufnahme der direkten Aufschlüsse.

Insbesondere die Angaben zu Steinen, Blöcken und großen Blöcken beruhen auf Abschätzungen und Erfahrungswerten. Für exakte Angaben wären Schürfe auszuführen und das Baggergut entsprechend messtechnisch zu charakterisieren.

Die Lagerungsdichte (D) und bezogene Lagerungsdichte (I_D) der nichtbindigen Böden wurden, sofern nicht versuchstechnisch bestimmt, unter Nutzung von Korrelationen über die Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen abgeleitet.

Konnte eine Bestimmung im Labor- oder den Feldversuchen nicht vorgenommen werden, so wurde dies mit dem Kürzel k.A. kenntlich gemacht.

11.2. Schichten

11.2.1. M- Mutterboden

*Bodengruppe:	OU
*Farbe:	braun
*Massenanteil Steine (%):	<1
*Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%):	- / -
*Konsistenz:	steif bis halbfest
Plastizitätszahl I_p (%):	k.A
Konsistenzzahl I_c :	k.A
*Lagerungsdichte:	-
Schlagzahlen DPH:	$N_{10} = 2-5$

11.2.2. A - Auffüllungen

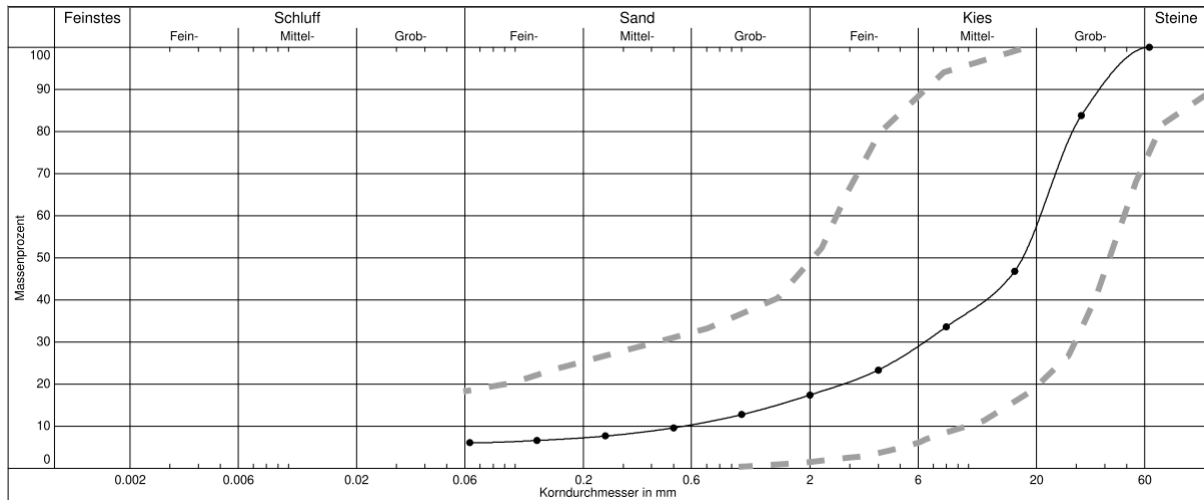


Abbildung 3: Kornverteilungsband – Schicht A

Tabelle 2: - Ergebnisse Zusammenstellung einiger Laborversuche

Probe	Wasser- gehalt w_N [%]	Kornverteilung T + U / S / G [%]
RKS03-1	2,40	6,1 / 11,4 / 82,6

- *Bodengruppe: [GU], [GU]-[GU*], [GU*]
- *Farbe: grau, schwarz, bräunlich
- *Massenanteil Steine (%): 30-50
- *Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%): <5 / <1
- *Konsistenz: steif
- Plastizitätszahl I_p (%): k.A
- Konsistenzzahl I_c : k.A
- *Lagerungsdichte: mitteldicht bis dicht
- Schlagzahlen DPH: $N_{10} = 2-16$

11.2.3. L1 – Löß/Hanglehm

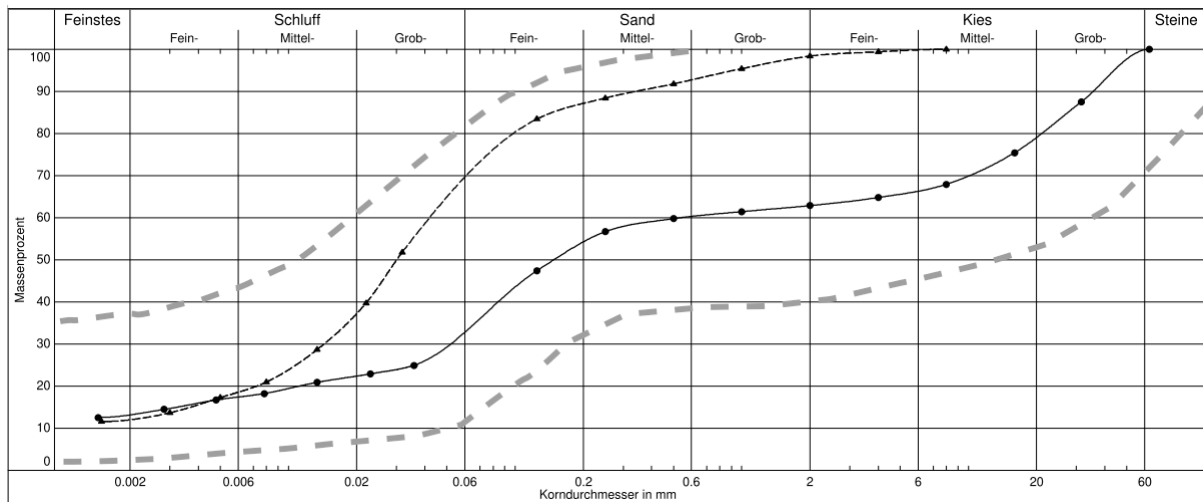


Abbildung 4: Kornverteilungsband – Schicht L1

Tabelle 3: - Ergebnisse Zusammenstellung einiger Laborversuche

Probe	Wasser- gehalt w_N [%]	Kornverteilung T / U / S / G [%]	Konsistenzgrenzen w_L/w_P [%]
RKS01-4	12,10	13,2 / 24,0 / 25,7 / 37,1	32,5 / 16,7
RKS04-2	21,87	12,0 / 62,8 / 23,6 / 1,6	28,2 / 20,4
RKS04-3	22,62	-	27,6 / 19,7

- *Bodengruppe: SU*-UL, GT*-TL, UL, UL-UM, TL-TM
- *Farbe: rot, rötlich braun, ocker, beige, bräunlich, rötlich
- *Massenanteil Steine (%): 5-10
- *Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%): <1 / -
- *Konsistenz: sehr weich bis halbfest
- Plastizitätszahl I_p (%): 15,8 / 7,8 / 7,9
- Konsistenzzahl I_c : 1,177 / 0,769 / 0,380
- *Lagerungsdichte: -
- Schlagzahlen DPH: $N_{10} = 2-11$
- Undrainierte Scherfestigkeit c_{fu} : 87,68 kN/m²

11.2.4. L2 – Hangschutt

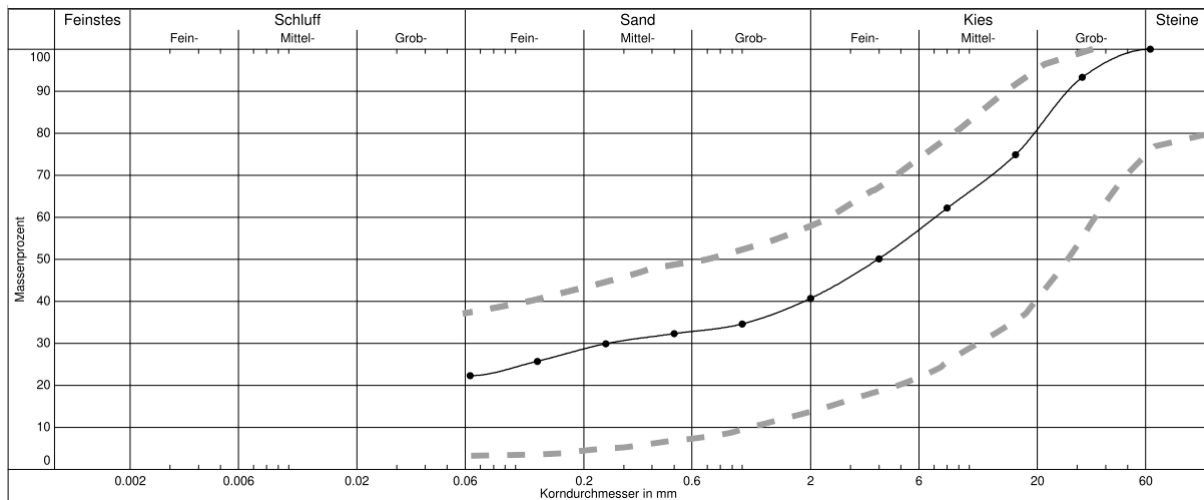


Abbildung 5: Kornverteilungsbandschicht L2

Tabelle 4: - Ergebnisse Zusammenstellung einiger Laborversuche

Probe	Wasser- gehalt w_N [%]	Kornverteilung T + U / S / G [%]
RKS01-3	10,59	22,3 / 18,4 / 59,3

Bodengruppe:	GU-GU, GU*
*Farbe:	rot, rötlich braun, ocker, rotbraun
*Massenanteil Steine (%):	25-35
*Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%):	<5 / <1
*Konsistenz:	steif bis halbfest
Plastizitätszahl I_p (%):	k.A
Konsistenzzahl I_c :	k.A
*Lagerungsdichte:	mitteldicht
Schlagzahlen DPH:	$N_{10} = 4-11$

11.2.5. L3 – Verwitterungsdeckschicht

Bodengruppe:	GU, TL-TM, TM
*Farbe:	rot, rötlich grau, ocker, braun, rotbraun
*Massenanteil Steine (%):	25-45
*Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%):	5-10 / <5
*Konsistenz:	weich bis halbfest
Plastizitätszahl I_p (%):	k.A
Konsistenzzahl I_c :	k.A
*Lagerungsdichte:	-
Schlagzahlen DPH:	$N_{10} = 19-59 (>100)$

12. **Ergebnisse der umweltgeotechnischen Laborversuche**

12.1. **Boden**

Hinsichtlich einer abfallrechtlichen Voreinstufung wurden folgende Bodenproben orientierend abfallrechtlich untersucht:

Natürliche Böden

Probe: RKS01-2

Auffüllungen

Probe: RKS03-4

Die Proben aus dem natürlichen Lockergestein und den Auffüllungen wurden nach den Parametern der Anlage 2 und 3 des sog. Eckpunktepapiers (Leitfaden zur Verfüllung von Gruben, Brücken und Tagebauen) in der Fraktion kleiner 2mm untersucht.

Die Analytik wurde durch das Labor AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg ausgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen können den Prüfberichten „3014860-290538“, „3014860-290541“, „3014860-290546“, „3014860-290550“ in Anlage 5 nachvollzogen werden.

Für die Beurteilung nach den Vorgaben zu Verfüllung von Gruben und Brüchen wurde für die Proben die Bodenart „Lehm/Schluff“ herangezogen.

Nachfolgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Untersuchungen zusammen. Nicht aufgeführte Parameter sind unauffällig bzw. unterschreiten die Z0-Zuordnungswerte.

Tabelle 5: Ergebnisse Analytik Boden gemäß Eckpunktepapier

Probe	Einzelwerte – Parameter (Konzentration)			Einstufung nach Eckpunktepapier
RKS01-2	<i>Feststoff:</i>	-	Z0	Z0
	<i>Eluat:</i>	-	Z0	

Tabelle 6: Ergebnisse Analytik Auffüllung gemäß Eckpunktepapier

Probe	Einzelwerte – Parameter (Konzentration)			Einstufung nach Eckpunktepapier
RKS03-4	<i>Feststoff:</i>	-	Z0	Z0
	<i>Eluat:</i>	-	Z0	

Die untersuchten Bodenproben zeigten keine einstufrungsrelevante Belastung auf und können somit als Z0-Material klassifiziert werden.

Auffüllungen sind dennoch in jedem Fall beim Aushub vom natürlichen Material zu separieren und getrennt aufzuhalten.

Die obig angeführten Untersuchungen besitzen orientierenden Charakter und können naturgemäß keine rechtskonforme Probenahme (gem. LAGA PN98) und Deklaration der anfallenden Bodenmassen ersetzen.

Im Rahmen der Ausschreibung der Entsorgungsmaßnahmen sollten folgende Gesichtspunkte Berücksichtigung finden:

- Mutterboden im Bereich von Grünflächen sollte bevorzugt vor Ort wiederverwertet werden. Eine externe Verwertung auf landwirtschaftlichen Flächen setzt eine Analytik nach den Vorsorgewerten der BBodSchV Anhang 2 Nr. 4 (zusätzlich Hauptnährstoffe NPK, Trockensubstanz, pH-Wert) voraus sowie eine Status-Quo Untersuchung im Verwertungsbereich (Mindestumfang NPK, pH-Wert, ggf. zusätzlich auch BBodSchV Anhang 2 Nr. 4).

- Es wird zudem empfohlen, die Rand- und Initialvegetation (Gräser, kleine Büsche, etc.) vor Beginn der Erdarbeiten zu entfernen bzw. zu separieren, um eine Vermischung mit dem Bodenaushubmaterial zu vermeiden. Biogene Stoffe bedingen insbesondere bei einer Analytik und Deklaration nach Deponieverordnung (DepV, 2009) und Eckpunktepapier (Leitfaden 2020) erhöhte einstufigsrelevante Parameter wie Glühverlust bzw. TOC (Total Organic Carbon), was im Entsorgungsfall unweigerlich zu deutlich höheren Kosten führt.
- Die rechtskonforme Entsorgung des Bodenaushubs erfordert prinzipiell eine haufwerksbezogene Probenahme gem. LAGA PN 98 (qualifizierter Probenehmer) mit zugehöriger Deklarationsanalytik (akkreditiertes Labor). Die Haufwerksgrößen sollten 500m³ nicht wesentlich überschreiten.
- Vom Zeitpunkt der Probenahme abgeschlossener Haufwerke nach LAGA PN 98 bis zum Vorliegen der Deklarationsanalytik sollte ein Zeitraum von ca. 14 Tagen angesetzt werden. Zu beachten ist, dass auf ein bereits beprobtes Haufwerk keine weiteren Ablagerungen stattfinden dürfen.
- Angaben zu den vorgesehenen Entsorgungswegen sollten eingeholt werden.
- Für die Entsorgung ist ausschließlich auf zertifizierte Entsorgungsfachbetriebe zurückzugreifen.
- Wird anstehendes Bodenmaterial vor Ort wiederverwendet, ist bei organoleptischer Unauffälligkeit keine Beprobung/Deklaration erforderlich.

Eine Deklaration des Bodenaushubs in situ über Baggerschürfe kann nur in Abstimmung mit der für die Entsorgung vorgesehenen Verwertungsstelle vorgenommen werden.

Art- und Umfang der erforderlichen Deklarationsanalytik sollte mit dem Erdbauer bzw. den beauftragten Entsorgungsstellen abgestimmt werden, um eine zügige Abwicklung gewährleisten zu können.

12.2. Schwarzdecken

Aus der Schwarzdecke der Verkehrsflächen wurden mittels Kernbohrgerät zwei Asphaltbohrkerne (RKS02-As und RKS03-As) entnommen, dabei wurde die Probe RKS02-As abfallrechtlich untersucht.

Die Probe wurde durch das AGROLAB Labor aus Bruckberg auf PAK in der Originalsubstanz und Phenole im Eluat gem. RuVA-StB 01 untersucht. Die Ergebnisse sind dem Prüfbericht „3014860-290535“ in Anlage 5 zu entnehmen.

Die Ergebnisse werden in Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7: Analysenergebnis Schwarzdecke

Probenbezeichnung	Σ PAK (nach EPA) im Feststoff [mg/kg]	Phenol im Eluat [mg/l]	Benzo(a)pyren [mg/kg]	Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01
RKS02-As	1,2	<0,01	0,14	A

Der untersuchte, organoleptisch unauffällige Asphaltkern aus RKS02 zeigt nur geringfügige PAK-Belastungen auf, sodass gemäß RuVA-StB 01 eine Verwertung nach Verwertungsklasse A möglich ist bzw. gemäß Merkblatt 3.4/1 diese in den Bereich „Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen“ eingestuft werden können.

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die obigen Aussagen streng genommen nur auf die untersuchten Bereiche zu beziehen sind.

Bei organoleptischen Auffälligkeiten (z.B. teerpechttypischer Geruch) innerhalb der Schwarzdecke bzw. bei Freilegen von Tränkschotterlagen unterhalb der Schwarzdecke, die teerpechttypischen Geruch aufweisen, sind diese Bereiche in jedem Fall von der unbelasteten, organoleptisch unauffälligen Schwarzdecke zu separieren.

Anschließend muss dieses organoleptisch auffällige Material beprobt, analysiert sowie dem Belastungsgrad entsprechend verwertet bzw. beseitigt werden.

Eine örtliche Verwertung des Ausbauasphalts in Form von Fräsgut etwa als ungebundene Tragschicht ist möglich und sollte im Vorfeld mit den zuständigen Genehmigungsbehörden (Landratsamt/Umweltamt, Wasserwirtschaftsamt)

abgestimmt werden. Hierbei sollten die örtlich tolerierbaren Einbaugrenzwerte für PAK in Verbindung mit den erforderlichen technischen Maßnahmen (bituminöse oder hydraulische Bindung, Einsatz als gebundene bzw. ungebundene Tragschichten) festgelegt werden.

13. Bodenklassen – Homogenbereiche

13.1. Bodenklassen DIN 18300:2012

Nachfolgend werden die erkundeten Schichten nach baubetriebs- und bautechnisch relevanten Merkmalen den Bodenklassen der DIN 18300:2012 zugeordnet. Die Bodengruppen nach DIN 18196 und die Bodenklassen können auch den Schichtprofilen in Anlage 2 bzw. dem geotechnischen Geländeschnitt der Anlage 3 entnommen werden. Die Angabe der Bodenklassen DIN 18300:2012 erfolgt an dieser Stelle rein informativ. Bei Erdbauarbeiten muss mit folgenden Bodenklassen gerechnet werden (nachfolgende Tabelle):

Tabelle 8: Bodenklassen des Aushubs - DIN 18300

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Verdichtbar- keitsklasse	Frostempfind- lichkeitsklasse ZTVE StB 94	Bodenklasse	
				VOB 18300	DIN
M – Mutterboden	OU	-	-	1	
A – Auffüllung	[GU], [GU]-[GU*], [GU*]	V2-V3	F2-F3	3-4	
L1 – Hanglehm/löß	SU*-UL, GT*-TL, UL, UL-UM, TL-TM	V3	F3	4	
L2 – Hangschutt	GU-GU*, GU*	V2-V3	F3	4	
L3 – Verwitterungsdeckschicht	GU*, TL-TM, TM	V3	F3	4-5	
F – Fels Oberer Buntsandstein	-	-	F3	6 –(7)	

Verdichtbarkeitsklasse analog ZTV A StB 97:

V1 – nicht bindige bis schwachbindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden: gut verdichtbar wenig witterungsanfällig

V2 – bindige, gemischt körnige Böden: höhere Verdichtungsleistung erforderlich, witterungsempfindlich

V3 – bindige feinkörnige Böden: mäßig bis schlecht verdichtbar, sehr witterungsempfindlich

Untergeordnet anzutreffende Schichtausbildungen werden in Klammern angegeben

13.2. Homogenbereiche DIN18300:2016

Für die Festlegung von Homogenbereichen nach DIN 18300:2016 sind die geplanten Eingriffe in den Baugrund, die bautechnischen Eigenschaften der zu lösenden und ggf. wieder einzubauenden Böden sowie die abfallrechtlichen Belange zu berücksichtigen.

Im Anhang Nr. 2 ist eine detaillierte Übersicht der zu beschreibenden Kennwerte und deren erwarteten Bandbreiten für die nachfolgend definierten Homogenbereiche angegeben. Die Bandbreiten wurden auf Basis der Laborversuche in Verbindung mit Erfahrungswerten abgeleitet. Darüber hinaus werden hier zudem Angaben zu den abfallrechtlich erwarteten Belastungen gemacht. Die Kornverteilungen können dem Abschnitt 11 entnommen werden. Die angegebenen Bandbreiten wurden auf Basis von Erfahrungswerten abgeschätzt.

Die nachfolgende Tabelle gibt an, welche Schichten zu bautechnisch relevanten Homogenbereichen zusammengefasst wurden.

Tabelle 9: Homogenbereiche Erdarbeiten (DIN18300:2016)

Homogenbereich	ERD-1	ERD-2	ERD-3	ERD-4
Schichten	M	A	L1+L2+L3	F

Mutterboden und Auffüllungen müssen aufgrund der besonderen abfall- und bodenschutzrechtlichen Aspekte beim Aushub separiert werden. Der Fels ist aufgrund der sich deutlich unterscheidenden Lös- und Verdichtbarkeit einem eigenen Homogenbereich zugewiesen.

14. Erdbautechnische Angaben

Nachfolgend werden allgemeine erdbautechnische Angaben zusammengestellt. Weiterführende Ausführungen erfolgen z.B. in den Abschnitten zum Leitungsbau und Verkehrsflächen.

Insgesamt belegen die Laborversuche für die Schichten L1, L2 und L3 eine hohe bis sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber Wasserzutritt. Hier können bereits geringe Wassergehaltsänderungen zu einem völligen Aufweichen führen. Sie bedürfen daher eines Schutzes vor Vernässung.

Ein Befahren des strukturempfindlichen bindigen Erdplanums während und nach Nässeperioden ist zu vermeiden bzw. auf das absolut notwendige Maß zu beschränken. Hier besteht die Gefahr eines tiefgründigen Aufweichens mit der Folge aufwändiger zusätzlicher Stabilisierungsmaßnahmen. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen kann partiell die Einstellung der Erdarbeiten insbesondere im Hanglehm/Löß, soweit möglich, daher sinnvoll sein. Im Zweifel sind ggf. diese Schichten vollständig im bautechnisch erforderlichen Maß aus dem Erdplanum auszuräumen oder durch Bodenverbesserungsmaßnahmen soweit aufzubereiten, dass deren Witterungsempfindlichkeit auf ein bautechnisch akzeptables Maß reduziert wird.

Ferner ist durch eine entsprechende Profilierung der Oberflächen bzw. Erdplanie bei der Anlage der Verkehrsflächen und in Leitungsgräben jederzeit sicherzustellen, dass Niederschlagswasser auf kürzestem Weg abgeleitet und stehendes Wasser unter allen Umständen vermieden wird, da dies zu einem massiven Aufweichen der bindigen Böden führt. Aufgeweichte Böden sind abzuziehen, können in der Regel nicht wieder eingebaut werden und müssen entsorgt werden.

Aushubmaterial, das zur Rückverfüllung zwischengelagert wird, ist witterungsgeschützt in Mieten aufzusetzen. Die Mieten sind so auszubilden, dass Niederschlagswasser nicht eindringen kann (Profilierung/Verdichtung). Zur Rückverfüllung angelegte Erdmieten sollten nach Möglichkeit abgeplant werden.

Durch Anlage von geeigneten Probefeldern im Rahmen der Baumaßnahme sollten die erforderlichen Parameter zum Bodenaustausch bzw. der hydraulischen Bodenverbesserung wie Austauschmächtigkeit oder Frästiefe, Anzahl der Übergänge

mit dem Verdichtungsgerät, Bindemittelgehalt/Bodenaustauschmaterial etc. festgelegt werden. Isolierte Schwachstellen im vorverdichteten Erdplanum der Verkehrswege können durch ein sog. Proof-Rolling mit beladenen LKW lokalisiert werden.

Bodenverbesserungsmaßnahmen mit hydraulischen Bindemitteln sind beim Fräsvorgang mit unvermeidlicher Staubentwicklung verbunden. Insbesondere bei direkt angrenzender Wohnbebauung kann dies problematisch sein. Zudem muss sichergestellt sein, dass durch das Fräsen erdverlegte Leitungen nicht beschädigt werden. Steine größer 63mm Kantenlänge sind entweder technisch auszusondern oder die Fräse auf das erwartete Kornspektrum auszulegen.

Die Einhaltung der Qualität der Lieferstoffe im Erdbau ist durch Kontrollprüfungen bei Anlieferung und nach Einbau der Bodengemische gem. Anforderungen der ZTV T-StB 95 nachzuweisen. Zusätzlich sind aktuelle Nachweise der abfallrechtlichen Unbedenklichkeit vorzulegen.

Eine stichpunktartige unabhängige Kontrolle des Erdbaus (Straßen und Leitungsbau) im Rahmen der Fremdüberwachung zur Überprüfung der Tragfähigkeit des Planums, der Verdichtung und der Eignung der Schüttstoffe einschl. Tragschichtenmaterials ist gemäß ZTVE-StB17 in Ergänzung der Eigenüberwachung des Unternehmers erforderlich.

Die Verdichtung der Rückverfüllung der Leitungsgräben ist durch geeignete Maßnahmen nachzuweisen. Für den eingebauten und verdichteten Boden muss bis ca. 1m unter Erdplanum der Straße mindestens 98% Proctordichte und darüber mindestens 100% Proctordichte nachgewiesen werden.

Stichpunktartig sollte nach vollständiger Rückverfüllung der Leitungsgräben insbesondere der Kanalgräben die Verdichtung durch Leichte Rammsondierungen überprüft werden. Alternativ kann eine lagenweise Kontrolle der Rückverfüllung durch dynamische Lastplattendruckversuche vorgenommen werden.

Im Rahmen der Probefelder sind zudem die indirekten an den direkten Prüfmethode zu ‚eichen‘. Hier ist durch statistische Auswertung der Zielwert der indirekten Prüfmethode so fest zu legen, dass der Sollwert mit 95%iger Sicherheit eingehalten wird.

Der Luftporenanteil insbesondere bei Einbau der veränderlich festen Gesteine (Ton-/Schluff-/Sandstein) ist durch Nachweis der Einbaudichte unter Rückgriff auf die Korndichte des bindigen Anteils rechnerisch nachzuweisen (vgl. ZTVE-StB 17).

Im Fels des Oberen Buntsandstein wird der Einsatz eines Felsreißzahns und für annähernd profilgerechten Aushub der Einsatz eines Felsmeisels bzw. einer Felsfräse für die Herstellung der Baugrubenwände, Schachtungen zur Erstellung von Leitungsräben erforderlich.

Bei Einsatz von Recyclingbaustoffen ist die abfallrechtliche Unbedenklichkeit nach der in Bayern eingeführten LAGA M20 Tabelle II.1.2-2 und Tabelle II.1.2-3 sowie die Eignungsnachweise gem. ZTVT-StB 95 (Widerstand gegen Zertrümmerung, Frostbeständigkeit, Kornverteilung etc.) für die tatsächlichen Lieferchargen nachzuweisen.

Durch den AN ist zudem ein Qualitätssicherungsplan analog ZTVE-StB 17 vorzulegen, in dem die Anzahl und Art der vorgesehenen Eigenkontrollmaßnahmen sowie die zu erreichenden Zielwerte niedergelegt sind. Ferner ist ein aktueller Kalibrierungsnachweis von Lastplattendruckgeräten und dynamischen Fallplattendruckgeräten vorzulegen.

15. Erdstatische Kennwerte

15.1. Vorbemerkungen

Die angegebenen Kennwerte wurden über Korrelationen der Rammsondiererergebnisse abgeleitet bzw. auf Grundlage der Aufschlussresultate in Verbindung mit Erfahrungswerten abgeschätzt, soweit sie nicht labortechnisch oder auf Basis von z.B. Flügelscherversuchen bestimmt wurden.

In den nachfolgenden Zusammenstellungen werden die erwarteten Bandbreiten und die charakteristischen Bemessungskennwerte angegeben. Hierbei ist zu beachten, dass die Steifemodule lastabhängig sind.

15.2. A – Auffüllungen

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 17 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 18 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 19 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 7 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_k = 8 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 9 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\varphi'_{\min} = 32,5^\circ$	... $\varphi'_k = 35^\circ$	... $\varphi'_{\max} = 37,5^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 1 \text{ kN/m}^2$	... $c'_k = 2 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 5 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 5 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 10 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 12,5 \text{ MN/m}^2$

15.3. L1 – Löß/Hanglehm

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 18,5 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 20 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 8,5 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_k = 9 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 10 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\varphi'_{\min} = 20^\circ$	... $\varphi'_k = 25^\circ$	... $\varphi'_{\max} = 27,5^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 5 \text{ kN/m}^2$	... $c'_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 15 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 1 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 3 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 6 \text{ MN/m}^2$

15.4. L2 – Hangschutt

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 17,5 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 18 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 19 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 7,5 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_k = 8 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 9 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\varphi'_{\min} = 25^\circ$	... $\varphi'_k = 30^\circ$	... $\varphi'_{\max} = 35^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 4 \text{ kN/m}^2$	... $c'_k = 5 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 10 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 10 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 15 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 25 \text{ MN/m}^2$

15.5. L3 – Verwitterungsdeckschicht

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 19 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 21,5 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 9 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 11,5 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\varphi'_{\min} = 27,5^\circ$	... $\varphi'_k = 32,5^\circ$	... $\varphi'_{\max} = 37,5^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 10 \text{ kN/m}^2$	... $c'_k = 15 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 20 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 10 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 20 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 40 \text{ MN/m}^2$

15.6. F – Fels Oberer Buntsandstein

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 20 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 23 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 24 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 10 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_k = 13 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 14 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\varphi'_{\min} = 25^\circ$	... $\varphi'_k = 32,5^\circ$	... $\varphi'_{\max} = 37^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 35 \text{ kN/m}^2$	... $c'_k = 45 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 80 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 25 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 45 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 70 \text{ MN/m}^2$

16. Leitungsbau

16.1. Vorbemerkungen

Eine genaue Planung mit Einbindetiefen der Ver- und Entsorgungsleitungen lag zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung nicht vor. Es wird aufgrund der ausgeschriebenen Erkundungstiefen von einer maximalen Einbindetiefe von ca. 3,50m ausgegangen

16.2. Wasserhaltung

Aufgrund der angetroffenen geotechnischen Verhältnisse kann im Rahmen der Kanalbauarbeiten Schichtwasseranfall prinzipiell nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der überwiegend bindigen Böden wird der Wasserandrang voraussichtlich jedoch so gering sein, dass konventionelle offene Wasserhaltungsmaßnahmen betrieben werden können.

Die Auslegung der Wasserhaltung in den Leitungsgräben wird vorrangig auf die Fassung von Tagwasser auszulegen sein.

16.3. Sicherung der Leitungsgräben

16.3.1. Geböschte Baugruben

Bis in Tiefen von 4m ab GOK sind bei mindestens steifer Konsistenz in den Schichten L1 (Hanglehm/Löß), L2 (Hangschutt) und L3 (Verwitterungsdeckschicht) Böschungsneigungen bis 60° zulässig.

Steilere Böschungen können nur nach Bewertung der örtlichen Verhältnisse im Rahmen des Leitungsgrabenaushubs durch den Geotechnischen Sachverständigen zugelassen werden.

Bei Antreffen von Grundwasser oder weicher bis sehr weicher Schichten, muss in Abstimmung mit dem Gutachter die Baugrubenböschung in diesen Zonen auf ca. 40° abgeflacht werden.

Im verwitterten Fels des Oberen Buntsandsteins können Böschungsneigungen bis 80° zugelassen werden, sofern söhlige Lagerung der Felsschichtung angetroffen wird.

Es wird prinzipiell empfohlen, den geotechnischen Sachverständigen zur endgültigen Festlegung der Böschungsneigungen im Rahmen der Baumaßnahme mit hinzuzuziehen.

An der Böschungskrone ist ein lastfreier Streifen von ca. 1 m Breite vorzuhalten.

Die Baugrubenböschungen sollten bei Standzeiten über 3 Wochen in jedem Fall durch Abplanen gegen Witterungsangriff geschützt werden (Erosion, Aufweichen...). Die UV-stabilen Planen sind verwehungssicher auf den Böschungen zu fixieren.

16.3.2. Baugrubenverbau

Bis ca. 2m u. GOK wird eine ausreichende Kurzzeitstandsicherheit der Lockergesteine erwartet, so dass randgestützte Grabenverbausysteme im Einstellverfahren unmittelbar nach dem Aushub eingebracht werden können.

Größere Aushubtiefen in den Lockergesteinen sollten aufgrund der zum Teil vorhandenen rollig-betonnten Auffüllungen jedoch prinzipiell über randgestützte Verbauplatten oder vergleichbare Systeme gesichert werden, die ausschließlich im Absenkverfahren einzubringen sind, um die mit dem Aushub verbundene Entspannung der anstehenden Böden zu minimieren.

Für die Bereiche, wo kreuzende Leitungen zu erwarten sind, sollte eine entsprechende Absicherung (Aufhängung, Abstützung, etc.) mit ausgeschrieben werden. Hier kann die Grabensicherung je nach Tiefe der Leitungen über einen senkrechten oder waagerechten Verbau erfolgen.

Die Stirnseiten der Haltungsabschnitte sind entweder in geeigneter Weise zu böschen (max. Böschungsneigung 60°) oder durch Kanaldielen zu sichern.

Zur Sicherstellung eines kraftschlüssigen Verbunds sind offene Fugen zwischen Verbauplatte und der Baugrubenwand unmittelbar nach Einbringen des Verbaus mittels Splitt-Sandgemisch zu verfüllen.

Alle technischen Sicherungssysteme müssen einen kraftschlüssigen Verbund der Baugrubensicherung gegen das Erdreich gewährleisten.

Durch geeignete Maßnahmen ist sicherzustellen, dass Niederschlagswasser nicht ungehindert in den Zwischenraum zwischen Verbau und anstehendem Boden eindringen kann. Dies wird die bindigen Böden stark aufweichen, was zu Stabilitätsproblemen am Verbau und späteren Setzungsproblemen in Randbereich des ehemaligen Leitungsgrabens führen.

Der Verbau darf nur beseitigt werden, soweit er durch das Verfüllen entbehrlich geworden ist. Das Entfernen des Verbaus sollte während der Herstellung der Leitungszone fortschreitend erfolgen. Dabei ist darauf zu achten, dass durch die Verdichtung des Verfüllbodens eine satte Verbindung mit dem gewachsenen Boden der Grabenwand entsteht.

Verbaugeräte müssen für die auftretenden Erddruckbelastungen aus Bodeneigengewicht und Verkehr zugelassen sein.

Im Übrigen sind die Maßgaben der Zulassung des gewählten Verbausystems und die Vorgaben der DIN 4124 zu beachten.

16.4. Leitungsbettung

16.4.1. Kanalleitungen

In Hanglehmen von steifer bis halbfester Konsistenz bzw. der Verwitterungsdeckschicht werden derzeit ausreichende Tragfähigkeiten erwartet, sodass hier keine Maßnahmen zur Stabilisierung der Rohrgrabensohle erwartet werden. Bei Verlegetiefen der Entwässerungsleitungen über 2m u. GOK sind damit überwiegend anforderungsgerechte Tragfähigkeiten des Erdplanums in den Leitungsgräben zu erwarten.

Werden im Planum lokal weiche bzw. witterungsbedingt aufgeweichte bindige Hanglehme/Löß oder zersetzte Ton-/Schluffsteine angetroffen, so sind Bodenaustauschmaßnahmen vorzusehen. Es wird dazu eine Austauschmächtigkeit

von ca. 15cm abgeschätzt. Als Bodenaustauschmaterial wird Kiessand oder Mineralbeton der Körnung 0/32 mm bis 0/56 mm vorgeschlagen.

Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass nach starken Regenereignissen das vorgesehene Leitungsaufleger lokal massiv aufweicht, so dass eine zusätzliche Stabilisierung erforderlich wird. Hierzu sollte dann der aufgeweichte Bereich ausgekoffert oder durch Eindrücken von Felsklein 60/120 stabilisiert werden, bevor die Bettungsschicht aufgebracht wird.

Art und Umfang des Bodenaustauschs sollte im Rahmen des Bauablaufs vor Ort mit den geotechnischen Sachverständigen abgestimmt werden.

Über dem Bodenaustausch ist die Bettungsschicht in geeigneter Körnung und Stärke aufzubringen.

Der Bodenaustausch und Verfüllboden der Leitungszone sollte mittels Geotextil GRK4 > 200g/m² vom natürlichen Boden abgetrennt werden.

Die Maßgaben der DIN EN 1610 und des Merkblattes ATV-DVWK – A127 sind zu beachten.

16.4.2. Wasserleitungen

Bei Wasserleitungen sind üblicherweise bei längskraftschlüssigen Leitungen keine besonderen Tragfähigkeitsanforderungen im Bereich der Grabensohle zu erfüllen. Allerdings ist dafür Sorge zu tragen, dass es im Bereich der Schieber durch die Verkehrslasten zu keinen gebrauchstauglichkeitsgefährdenden Verformungen kommt. Ferner sind hier die Vorgaben der Leitungsbetreiber zu beachten.

In weichen Bodenverhältnissen bzw. tritt ein witterungsbedingtes Aufweichen der bindigen Böden in der Grabensohle auf, so wird empfohlen, einen ca. 15cm starken Bodenaustausch durch Schotter der Körnung 0/56 vorzunehmen mit ggf. anschließender Sandabstreuung. Die Aushubsohle kann durch Einarbeiten einer Aufstreulage aus ca. 15cm Rohfels (Körnung 0/120 oder vergleichbar) zusätzlich stabilisiert werden.

16.5. Rückverfüllung der Arbeitsräume in Leitungsgräben

Der Verbau darf nur beseitigt werden, soweit er durch das Verfüllen entbehrlich geworden ist. Das Entfernen des Verbaus muss deshalb während der Leitungsgrabenverfüllung fortschreitend erfolgen. Dabei ist darauf zu achten, dass durch die Verdichtung des Verfüllbodens eine satte Verbindung mit dem gewachsenen Boden der Grabenwand entsteht.

Der bindige Bodenaushub (Schicht A, L1) wird aufgrund seiner bodenmechanischen Eigenschaften (z.B. hohen Wasserempfindlichkeit) ohne Verbesserungsmaßnahmen als nicht geeignet für die Rückverfüllung der Leitungsgräben eingestuft.

Generell sollte vorzugsweise verdichtungsfähiges Fremdmaterial der Bodengruppen GW, SW, GU, SU eingebaut werden.

Alternativ kann eine Bodenaufbereitung des bindigen Aushubs durch hydraulische Bindemittel (Weißfeinkalk, Kalkhydrat) vor Ort vorgenommen werden (z.B. über Schaufelseparatoren). Es wird ein Bindemittelanspruch von ca. 1,5 M.-% abgeschätzt (~30kg/m³). Zur Strukturverbesserung, Reduktion des Bindemittelanspruchs und Verklebungsneigung sollte ca. 1/4 Volumenanteil Schotter 0/32 oder 0/56 untergearbeitet werden.

Die Verfüllung der Leitungsgräben sollte entweder mittels Grabenwalze oder Anbaurüttelplatte verdichtet werden.

Unter Berücksichtigung obiger Vorgaben und der örtlichen Verhältnisse dürfen Lagenstärken von 20cm bei Einsatz von Grabenwalzen und 30cm bei Anbaurüttelplatten nicht überschritten werden.

Die Leitungsgräben sind auf eine Proctordichte von mindestens $D_{Pr} \geq 98 \%$ bis 1m u. Erdplanum der Straße und im letzten Meter auf 100% Proctordichte zu verdichten.

Die Leitung sollte generell gemäß den Hinweisen für das Verfüllen von Leitungsgräben gem. ZTVE-StB 17 bzw. ZTVA – StB 12 bis ca. 20 cm über Rohrscheitel vorzugsweise mit Böden der Gruppe G1 (Sand-Kies-Gemische) überdeckt werden.

In der Leitungszone (inkl. Austauschkofer der Leitungsbettung) wird die Verlegung eines Geotextils (GRK 5, Flächengewicht > 300g/m²) zum Trennen und Filtern empfohlen.

Im Bettungsbereich und der Leitungszone sollte je Haltungsabschnitt ein Lehmriegel angeordnet werden, um die längsdränende Wirkung dieser Verfüllzone bei Anschneiden wasserführender Schichten zu unterbinden.

Die Verfüllung inkl. Verdichtung ist gemäß DIN EN 1610 auszuführen. Die in der statischen Berechnung für die Rohre angenommenen Randbedingungen sind dabei zu beachten.

17. Verkehrsflächen

17.1. Frostsicherheit

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Frosteinwirkungszone II. Die bestehende Straße soll im Vollausbau saniert und verbreitert werden.

Es wird ein Belastungsklassenbereich von Bk1,0 bis Bk3,2 abgeschätzt. Gemäß RStO 12, Tabelle 6 ist bei Zugrundelegung des Belastungsklassenbereich von Bk1,0 bis Bk3,2 ein Ausgangswert des frostsicheren Mindestaufbaus von 60cm für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 erforderlich.

Die örtlichen Verhältnisse sind gem. RStO-12, Tab. 7 wie folgt zu bewerten:

Tabelle 10: Ermittlung der Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse

	Örtliche Verhältnisse	
Frosteinwirkung	Zone II	+5cm
Kleinräumige Klimaunterschiede	Keine besonderen Klimaeinflüsse	0cm
Wasserverhältnisse	kein Grund- und Schichtenwasser bis in eine Tiefe von 1,5m unter Planum	0cm
Lage der Gradiente	geländegleich	0cm
Entwässerung der Fahrbahn / Ausführung der Randbereiche	Entwässerung der Verkehrsflächen über Rinnen bzw. Ablaufgräben	-5cm

Damit ergibt sich für den Untersuchungsbereich eine rechnerisch erforderliche Gesamtstärke des frostsicheren Aufbaus unter Einbeziehung der groß- und kleinklimatischen Verhältnisse sowie der baulichen Randbedingungen und Wasserverhältnisse für den Belastungsklassenbereich BK1,0 - Bk3,2 von mindestens 60cm.

Unter Anrechnung eines Bodenaustausches mit frostunempfindlichen/-sicheren Material im Erdplanum kann entsprechend RStO-12 eine Reduzierung des ungebundenen Oberbaus von 10 cm erfolgen, sofern die Gesamtmächtigkeit des frostsicheren Aufbaus inkl. Bodenaustausch gewährleistet bleibt.

17.2. Tragfähigkeit des Erdplanums

17.2.1. Ausgangslage

Nach den Ergebnissen der durchgeführten Rammsondierungen sowie den bohrtechnischen Ergebnissen der Rammkernsondierungen sind im Bereich der Erdplanie teilweise unzureichende Tragfähigkeiten zu erwarten.

Insbesondere der verdichtungsunwillige, massiv witterungsempfindliche Hanglehm bzw. Löß im Bereich des zukünftigen Erdplanums bedingt erfahrungsgemäß eine stark eingeschränkte Tragfähigkeit, die einem erheblichen Witterungseinfluss unterliegt.

Der nach RStO-12 geforderte Verformungsmodul von $E_{v2} > 45 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verdichtungsverhältnis von $E_{v2}/E_{v1} < 2,5$ wird in der Regel durch Verdichtungsmaßnahmen allein nicht durchgängig erreichbar sein.

17.2.2. Bodenaustausch

Für die Sicherstellung eines anforderungsgerecht tragfähigen Unterbaus wird ein erforderlicher Bodenaustausch in ca. 30cm Stärke abgeschätzt. Als Austauschmaterial ist ein weit gestuftes Kies-Sand-Gemisch (Bodengruppe GW nach DIN 18196 z.B. Schotter 0/56, 0/63) einzusetzen und auf $D_{Pr} \geq 100\%$ zu verdichten.

Im Erdplanum sollte zum Trennen und Filtern ein Geotextil GRK5 mit mind. 250g/m² Flächengewicht verlegt werden.

Es wird ein Probefeld empfohlen, um den endgültigen Umfang des erforderlichen Bodenaustauschs wirtschaftlich technisch zu optimieren. Dessen Herstellung und

Prüfung durch statische Lastplattendruckversuche sollte in Begleitung des geotechnischen Sachverständigen erfolgen.

17.2.3. Qualifizierte Bodenverbesserung

Alternativ kann für die Ertüchtigung der örtlichen Böden eine qualifizierte Bodenverbesserung durch hydraulische Bindemittel angewandt werden.

Es wird ein Bindemittelanspruch von rund 3 M.-% bei einer Frästiefe von 35cm (i.e. ca. 20kg/m²) abgeschätzt.

Als Bindemittel werden entweder ein geeignetes Fertiggemisch (z.B. Bodenbinder B70 Fa. Schwenk) oder ein Mischbindemittel aus einem Teil Zement und zwei Teilen Weißfeinkalk empfohlen.

Die erforderliche Bindemittelzugabe ist abhängig vom Wassergehalt der örtlich anstehenden bindigen Böden. Je Prozent Wassergehalt über dem optimalen Wassergehalt sind zusätzlich ca. 1 M.-% Bindemittelzugabe über der Grundzugabemenge erforderlich.

Bei Anwendung einer qualifizierten Bodenverbesserung ist zu beachten, dass im Planum eine Tragfähigkeit von $E_{v2} > 70\text{MN/m}^2$ nachzuweisen ist.

Durch Anlage eines geeigneten Probefelds im Rahmen der Baumaßnahme sollten die erforderlichen Parameter zur Bodenverbesserung, Anzahl der Übergänge mit dem Verdichtungsgerät, Bindemittelgehalt, Frästiefe etc. festgelegt werden. Die Herstellung der Probefelder und deren Prüfung durch statische Lastplattendruckversuche sollte in Begleitung des geotechnischen Sachverständigen erfolgen.

Generell ist festzuhalten, dass die Menge der Kalkzugabe und der Aufwand zur Herstellung einer Stabilisierungsschicht zum einen sehr witterungsabhängig sind. Zum anderen können aufgrund der schwankenden Wassergehalte der bindigen Böden im Untersuchungsgebiet lokal erhöhte Aufwendungen erforderlich werden. Im Übrigen wird auf die Angaben des FGSV Merkblatts für Bodenverbesserungsarbeiten [26] hingewiesen.

18. Niederschlagswasserbewirtschaftung

18.1. Grundlagen

Prinzipiell stehen nach DWA-A 138 fünf verschiedene Grundverfahren zur Verfügung, anfallendes Regenwasser zu versickern. Diese sind:

- Flächenversickerung
- Muldenversickerung
- Rigolenversickerung
- Rohrversickerung
- Schachtversickerung

Die Wahl der Versickerungsmethode ist durch mehrere Faktoren bestimmt. Eine Auswahl der wichtigsten Einflussgrößen soll hier kurz gegeben werden:

- (a) Durchlässigkeit der anstehenden Böden
- (b) Grundwasserflurabstand
- (c) Menge des zu versickernden Wassers
- (d) Morphologie des Geländes
- (e) Platzbedarf der Versickerungsanlage etc.

Aufgrund der unter a) bis e) beschriebenen Einflussgrößen kommen in der Regel Mischformen, wie kombinierte Rohr- und Rigolenversickerung, Flächen und Rigolenversickerung etc. zur Anwendung, um die erforderliche hydraulische Leistung der Versickerungsanlage zu gewährleisten.

Im Zuge der Planung von Versickerungsanlagen ist zudem immer zu prüfen, ob durch Bau und Betrieb einer Versickerungsanlage benachbarte bauliche Anlagen betroffen sein können oder gar die Belange Dritter berührt werden. Probleme können insbesondere durch Vernässung ehemals trockener Keller, Fremdwasseranfall in Entwässerungssystemen, Wasseraustritte an tieferliegenden Punkten im Gelände, Suffosion und dergleichen mehr im Umfeld der Anlagen erwachsen. Eine direkte Einleitung von Niederschlagswasser in das Grundwasser ist prinzipiell nicht zulässig. Allgemein ist ein Grundwasserflurabstand zwischen der Unterkante der Versickerungsanlage und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand von mind. 1 m einzuhalten (Flächen-, Mulden-, Rigolen und Rohrversickerungssysteme). Bei Schachtversickerungssystemen soll ein Abstand von 1,5m nicht unterschritten werden

(DWA-A 138, Abschnitt 3.3.5). Ziel dieser Vorgaben ist es eine hohe Reinigungsleistung vor Eintritt des Niederschlagswassers in das Grundwasser zu gewährleisten. Damit wird klar, dass Flächenversickerungssysteme prinzipiell eine höhere Reinigungsleistung als Rigolen- oder gar Schachtversickerungssysteme besitzen.

Der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich liegt gem. DWA-A 138 bei einer Durchlässigkeit von ca. 1×10^{-3} bis 1×10^{-6} m/s. Kleinere Durchlässigkeiten stauen die Versickerungsanlagen lange ein. Es bilden sich anaerobe Verhältnisse in der ungesättigten Bodenzone aus, die das Reinigungs- und Retentionsvermögen der belebten Bodenzone ungünstig beeinflussen. Bei größeren Durchlässigkeiten als 1×10^{-3} m/s ist davon auszugehen, dass das Niederschlagswasser nahezu unfiltriert und ungereinigt in das Grundwasser übertritt, somit die Vorgaben des Wasserhaushaltsgesetzes zum nachhaltigen Schutz der Grundwasserqualität nicht erfüllt werden. Hier wären dann geeignete Filteranlagen zu planen und zu unterhalten.

Als weitere maßgebliche Komponente zur Bewertung der Eignung der örtlichen Böden für die Errichtung von Versickerungsanlagen ist die dauerhafte Leistungsfähigkeit des Sickerraums in Bezug auf die Stabilität des Korngerüsts einerseits und auf das erforderliche Rückhaltevermögen andererseits zu bewerten.

18.2. Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Die langfristig in einer Versickerungsanlage als bemessungsrelevant anzusetzende Durchlässigkeit wird auf Basis der Korngrößenverteilungen bei ca. $k_f < 10^{-7}$ m/s liegen. Diese liegt damit deutlich jenseits der Grenzen für die wirtschaftliche Auslegung derartiger Anlagen.

Eine ausschließliche Versickerung von anfallendem Niederschlagswasser wird daher unter technischen und wirtschaftlichen Aspekten nicht empfohlen.

18.3. Regenrückhaltebecken

Zur Niederschlagswasserableitung des untersuchten Gebietes ist ein Retentionsraum/Regenrückhaltebecken (RRB) geplant. Es wird von einem RRB in Erdbauweise ausgegangen. Über die Tiefe des Beckens liegen derzeit noch keine Planunterlagen vor, es wird von einer Tiefe von ca. 2m ausgegangen.

Prinzipiell sind Retentionsbecken/RRB in Erdbauweise nach Vorgaben der zuständigen Fachbehörden zum Schutz des Grundwassers grundsätzlich so auszubilden, dass diese entweder ausreichend dicht oder durch Bodenfilter eine Reinigungsleistung aufweisen (Retentionsfilterbecken), sodass keine negativen Folgen für das Grundwasser zu besorgen sind.

In der Regel sind dazu die Vorgaben des DWA-Arbeitsblatts A 201 analog anzuwenden. Für die Dichtungssohle ist eine Durchlässigkeit von $k_f < 10^{-8}$ m/s zu erbringen. Die Sohlabdichtung muss dabei auf einer Stärke von mind. 0,3m diese Anforderungen gewährleisten.

Die örtlich vorliegenden Lockergesteine werden ohne Aufbereitung als nicht geeignet für die Herstellung einer Abdichtung der Beckensohle eingestuft. Es wird eine Aufbereitung der örtlichen bindigen Böden durch Zugabe von Tonmehl oder Bentonit empfohlen. Es wird eine erforderliche Zugabemenge von ca. 25kg/m² abgeschätzt. Bevorzugt sollten Hanglehm und Löß für die Beckenabdichtung genutzt werden.

Auf der Dichtungssohle ist eine Schutz- und Vegetationsschicht nach den Vorgaben des Merkblatts DWA-M 176 anzuordnen.

Die Dichtungssohle ist auf mind. 100% Proctordichte zu verdichten. Die Durchlässigkeit der Beckenabdichtung sollte an jeweils zwei Proben aus der Dichtungsschicht der Becken im Laborversuch nach DIN 18130-1 nachgewiesen werden.

19. Zusammenfassung und Empfehlungen

19.1. Zusammenfassung

Im Zuge der Untergrunderkundungen wurde unterhalb der Oberflächenbefestigungen bzw. des Mutterbodens Auffüllungen, Hanglehme/Löß sowie Hangschutt und die Verwitterungsdeckschicht des Oberen Buntsandstein erkundet.

Unter Zugrundelegung der Vorgaben des Leitfadens zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen sind die orientierend untersuchten Bodenproben aus dem natürlichen Böden und der Auffüllung als Z0-Material zu klassifizieren.

Die Auffüllungen sind dennoch in jedem Fall beim Aushub vom natürlichen Material zu separieren und getrennt aufzuhalden.

Es wurde kein Grund-/Schichtwasser angetroffen.

Die Baugruben für den Leitungsbau bzw. Kanalbau können geböschert erstellt werden. Die Auslegung der Wasserhaltung wird vorrangig auf die Fassung von Tagwasser auszulegen sein.

Um die Verarbeitungsfähigkeit und Verdichtbarkeit zu verbessern wird empfohlen, den Bodenaushub für eine Wiederverfüllung der Leitungsgräben durch hydraulische Bindemittel zu vergüten.

Eine ausschließliche Behandlung von Niederschlagswasser über Versickerungsanlagen kann nicht empfohlen werden.

Es wird empfohlen, die Dichtungssohle des Regenrückhaltebeckens vorzugsweise durch mit Bentonit verbesserten örtlichen Boden herzustellen.

Anhand der Aufschlussergebnisse ist davon auszugehen, dass die erforderliche Tragfähigkeit im Erdplanum der Verkehrsflächen trotz Verdichtung teilweise nicht erzielt werden kann. Hier sind daher weiterführende Maßnahmen zur Sicherstellung eines anforderungsgerecht tragfähigen Straßenkoffers erforderlich. Es wird vorzugsweise eine Bodenverbesserung über hydraulische Bindemittel empfohlen.

Für die Festlegung der Bodenverbesserungsmaßnahmen bzw. des Umfangs eines Bodenaustauschs wird ein Probefeld empfohlen. Die Herstellung des Probefelds und dessen Prüfung durch statische Lastplattendruckversuche sollte in Begleitung eines geotechnischen Sachverständigen erfolgen.

19.2. Empfehlungen

Die Aussagen des Gutachtens beziehen sich auf den bei Erstellung des Gutachtens den Unterzeichnern bekannten Planungsstand. Bei Änderungen ist der geotechnische Gutachter zur Neubewertung der im Gutachten getroffenen Aussagen hinzuzuziehen.

In Anlage 3 wurden die Ergebnisse in Form eines geotechnischen Geländeschnittes zusammengefasst. Hier werden Angaben zur vermuteten Verteilung der unten

beschriebenen Schichtglieder gemacht, die auf Interpolation zwischen den Aufschlüssen und auf Erfahrungen beruhen.

Die Baugrunduntersuchungen basieren auf stichprobenartigen, punktuellen Aufschlüssen und Probenahmen, so dass lokale Abweichungen von den beschriebenen Verhältnissen daher möglich sind.

Die gemachten Angaben sollten daher im Zuge der Bauausführung durch den geotechnischen Sachverständigen überprüft und bestätigt werden.



M.Sc. Geowiss. B. Grzegorzek
PeTerra GmbH



Dipl.-Ing. N. Oehler
PeTerra GmbH

Verteiler:

- gedruckt (2-fache Ausfertigung) VG Marktheidenfeld
- elektronisch VG Marktheidenfeld
- elektronisch Auktor Ingenieure GmbH

Urheberrechtliche Hinweise

Das vorliegende Gutachten einschließlich aller Anlagen darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Erstellers weder im Gesamten noch auszugsweise veröffentlicht, vervielfältigt oder geändert, noch für ein anderes Vorhaben genutzt werden, als für das, das auf dem Deckblatt bzw. Plankopf ausgewiesen ist.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände.