



Gesellschaft für Altlastenmanagement,
Umwelt- und Geotechnik mbH

Sachverständige nach § 18 BBodSchG | Untersuchungsstelle nach § 18 BBodSchG

19070 - G01

22.07.2019

GEOTECHNISCHER BERICHT

METALLBAU SCHIFFLER - MAINSONDHEIM

PROJEKT: 19070-BG

AUFTRAGGEBER: Metallbau Schiffler
Hörblacher Str. 21
97337 Dettelbach / Mainsondheim

ORT: Albertshofener Straße
97337 Dettelbach / Mainsondheim

PROJEKTLEITER: Dipl.-Ing. N. Oehler

SACHBEARBEITER: Dipl.-Geogr. M. Hofer

Exemplar 1/1 mit 38 Seiten, 6 Anlagen und 3 Anhängen

Inhaltsverzeichnis

<u>a.</u>	<u>Verzeichnis der Unterlagen</u>	<u>IV</u>
<u>b.</u>	<u>Auszug der verwendeten Vorschriften und Publikationen</u>	<u>V</u>
<u>c.</u>	<u>Anlagenverzeichnis</u>	<u>VII</u>
<u>d.</u>	<u>Verzeichnis der Anhänge</u>	<u>VIII</u>
<u>1.</u>	<u>Anlass und Aufgabenstellung</u>	<u>9</u>
<u>2.</u>	<u>Bauvorhaben</u>	<u>9</u>
<u>3.</u>	<u>Untergrunderkundung</u>	<u>10</u>
<u>4.</u>	<u>Topographie des Untersuchungsgebietes</u>	<u>11</u>
<u>5.</u>	<u>Geologischer Überblick</u>	<u>12</u>
<u>6.</u>	<u>Erdbebenzone</u>	<u>12</u>
<u>7.</u>	<u>Kampfmittelbelastung</u>	<u>12</u>
<u>8.</u>	<u>Schutzgebiete (Trinkwasser, Bodendenkmal etc.)</u>	<u>13</u>
<u>9.</u>	<u>Geotechnische Schichten</u>	<u>13</u>
9.1.	M - Mutterboden	13
9.2.	A - Auffüllungen	13
9.3.	L – Lockergesteine	14
9.3.1.	L1 – Hanglehm	14
9.3.2.	L2 – Hangschutt / Verwitterungsdeckschicht	15
9.4.	F - Fels Unterer Keuper	15
<u>10.</u>	<u>Hydrogeologische Verhältnisse</u>	<u>16</u>
10.1.	Grundwasserhorizont	16
10.2.	Hochwassergefahren	16
10.3.	Versickerungsversuch	17
10.4.	Betonaggressivität	18
<u>11.</u>	<u>Geotechnische Schichten, bodenmechanische Laborversuche, Eigenschaften</u>	<u>18</u>
11.1.	Vorbemerkungen	18
11.2.	Schichten	19
11.2.1.	M - Mutterboden	19
11.2.2.	A - Auffüllungen	20
11.2.3.	L1 - Hanglehm	21
11.2.4.	L2 - Hangschutt / Verwitterungsdeckschicht	22
<u>12.</u>	<u>Ergebnisse der umweltgeotechnischen Laborversuche</u>	<u>23</u>

<u>13.</u>	<u>Bodenklassen – Homogenbereiche</u>	<u>25</u>
13.1.	Bodenklassen DIN 18300:2012	25
13.2.	Homogenbereiche DIN 18300:2016	26
<u>14.</u>	<u>Erdbautechnische Angaben</u>	<u>26</u>
<u>15.</u>	<u>Erdstatische Kennwerte</u>	<u>28</u>
15.1.	Vorbemerkungen	28
15.2.	A - Auffüllungen	29
15.3.	L1 - Hanglehm	29
15.4.	L2 - Hangschutt/Verwitterungsdeckschicht	29
<u>16.</u>	<u>Baugrube</u>	<u>30</u>
16.1.	Wasserhaltung	30
16.2.	Geböschte Baugrube	30
<u>17.</u>	<u>Gründung</u>	<u>31</u>
17.1.	Frosteinwirkungstiefe	31
17.2.	Gründungsbemessung	31
<u>18.</u>	<u>Bodenplatten</u>	<u>32</u>
<u>19.</u>	<u>Verkehrsflächen</u>	<u>32</u>
19.1.	Frostsicherheit	32
19.2.	Tragfähigkeit des Erdplanums	34
19.3.	Bodenverbesserung	34
<u>20.</u>	<u>Niederschlagswasserbewirtschaftung</u>	<u>35</u>
20.1.	Grundlagen	35
20.2.	Versickerungsfähigkeit des Untergrundes	37
<u>21.</u>	<u>Zusammenfassung und Empfehlungen</u>	<u>37</u>
21.1.	Zusammenfassung	37
21.2.	Empfehlungen	38

a. Verzeichnis der Unterlagen

/1/ Übersichtspläne Bauvorhaben, Metallbau Schiffler, E-Mail vom 29.04.2019

Dateien:

Grundstueck_Halle_Albertshofener_Str.pdf;

Grundstueck_Albertshofener_Str.pdf

/2/ Auszug digitale Flurkarte, Metallbau Schiffler, E-Mail vom 17.05.2019

Dateien:

GRUNDSTUECK_HALLE_190417.DXF;

GRUNDSTUECK_HALLE_190517.DWG

b. Auszug der verwendeten Vorschriften und Publikationen

- [1] Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Band 1: Allgemeine Regeln, 2011
- [2] DIN EN 1997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
- [3] DIN EN 1997-2 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
- [4] DIN 1055-2: 2010-11, Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngößen.
- [5] DIN EN 1997-1/NA Nationaler Anhang - EC 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln, 12/2010.
- [6] DIN 1054 Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1, 12/2010.
- [7] DIN 1072 Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen.
- [8] DIN 4020, Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke
- [9] DIN 4023, Baugrund- und Wasserbohrungen, Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse.
- [10] DIN 4124, Baugruben und Gräben; Böschungen, Verbau Arbeitsraumbreiten.
- [11] DIN EN ISO 14688-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 1: Benennung und Beschreibung, Mai 2018.
- [12] DIN EN ISO 14688-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen, Mai 2018.
- [13] DIN EN ISO 14689, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels, Mai 2018.
- [14] DIN EN ISO 22475-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen, Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung, Januar 2007.

- [15] DIN EN ISO 22476-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen, Teil 2: Rammsondierungen, April 2005
- [16] DIN 18196, Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke und Methoden zum Erkennen von Bodengruppen.
- [17] DIN 18300:2012, VOB, Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) Erdarbeiten
- [18] DIN 18300:2016, VOB, Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) Erdarbeiten
- [19] RStO 12, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012
- [20] ZTVE-StB 17, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017.
- [21] ZTVA-StB 12, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 2012
- [22] Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln, FGSV 2004
- [23] Geologische Karte von Bayern, GK 1:25000 Blatt 6227 "Iphofen" Bayerisches Geologisches Landesamt
- [24] Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen, Leitfaden zu den Eckpunkten, 09.12.2005
- [25] Leitfaden für die Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen; Anpassung Zuordnungswerte Eluat (Anlage 2), AZ 57d-U4449.3-2015/6-59, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, 19.06.2018.
- [26] 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).

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. VERSICKERUNGSVERSUCHE

d. Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1: Bewertungsgrundlagen Rammsondierungen

Anhang 2: Tabellarische Zusammenstellung Homogenbereiche

Anhang 3: Fotodokumentation

1. Anlass und Aufgabenstellung

Die Firma Metallbau Schiffler plant in Mainsondheim in der Albertshofener Straße eine Produktionshalle inklusive PKW Stellplätzen zu errichten.

Die Planung der Maßnahme erfolgt durch Haines-Leger Architekten Stadtplaner BDA aus Rimpar.

Die PeTerra GmbH wurde auf Basis des Angebots 19126-BG-AQ1-0eh vom 30.04.2019 durch die Firma Metallbau Schiffler am 09.05.2019 per Mail mit der Baugrunderkundung sowie Erstellung eines Geotechnischen Berichts beauftragt.

Am 21.06.2019 wurde bereits eine umfangreiche Vorauswertung zur Gründungsbemessung und Anlage der Verkehrsflächen vorgenommen und per E-Mail (AZ: 19070-mail04-0eh) an die Projektbeteiligten versendet.

2. Bauvorhaben

Die Firma Metallbau Schiffler beabsichtigt am südlichen Ende der Albertshofener Straße in Mainsondheim eine neue nicht unterkellerte Produktionshalle zu errichten.



Abbildung 1: Lage der neuen Produktionshalle im Süden Mainsondheims

Die Halle wird einen Büro- und Sozialtrakt sowie eine Werkhalle aufnehmen. Im Außenbereich werden je sechs PKW Stellplätze für Mitarbeiter und Besucher angelegt.

3. Untergrunderkundung

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurden durch die PeTerra GmbH am 23.05.2019 insgesamt drei Rammkernsondierungen (RKS01, RKS02, RKS02A) sowie drei Sondierungen mit der Schweren Rammsonde (DPH01, DPH02, DPH02A) niedergebracht.

Es wurde eine Aufschlusstiefe von 5m angestrebt, die jedoch verfahrensbedingt mit der Sondiertechnik aufgrund der örtlichen Untergrundverhältnisse nicht durchgängig erreicht werden konnte.

Die Rammkernsondierungen wurden mit Ø 80 mm auf 1 m vorgebohrt und bis zur Endteufe der Sondierung mit Ø 60/50 mm weitergeführt. Die Sondierungen wurden mit Bohrgut rückverfüllt.

Nach Abschluss der Versuche wurden die Untersuchungsstellen über ein georeferenziertes GPS (UTM32 mit Referenzsystem ETRS89, Höhenbezugssystem DHHN2016) nach Lage und Höhe eingemessen.

Zusätzlich wurde in der Sondierung RKS01 ein zweistufiger Versickerungsversuch V01 durchgeführt um die Versickerungsfähigkeit in situ bestimmen zu können.

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse sind im Übersichtslageplan der Anlage 1.3 eingetragen.

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

Tabelle 1: Lage, Höhe und Endteufe der Sondierungen (UTM)

Aufschluss	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Höhe [mNN]	Endteufe [m]
RKS01	584184	5516044	204,97	1,40

Aufschluss	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Höhe [mNN]	Endteufe [m]
RKS02	584134	5516020	206,03	0,95
RKS02A	584135	5516020	206,06	2,20
DPH01	584138	5516046	205,32	2,76
DPH02	584182	5516019	205,75	1,40
DPH02A	584182	5516019	205,74	1,35

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

Mainsondheim liegt auf der orographisch linken Seite des Main, südlich von Dettelbach. Südlich des Ortes verläuft die Bundesautobahn A3. Die Ortschaft gehört zur Stadt Dettelbach und liegt auf einer Höhe zwischen rund 190 und 200 mNN. Die Topographie ist vorrangig durch den Verlauf des Mains geprägt.

Mainsondheim befindet sich auf dem Gleithang des Main, während bei Dettelbach ein ausgeprägter Prallhang zu beobachten ist. Nordwestlich von Mainsondheim befindet sich der Südliche Mainsondheimer See, der eine direkte Verbindung zum Main aufweist.

Das Untersuchungsgebiet selbst liegt am südlichen Ortsrand und ist sehr flach ausgeprägt auf einer Höhe zwischen ca. 205 und 206 mNN.

5. Geologischer Überblick

Die Geologie um Mainsondheim ist in der Geologischen Karte von Bayern GK25 Blatt 6227 Iphofen dargestellt.

Im Ort Mainsondheim finden sich hauptsächlich die Schichten des Oberen Muschelkalk (mo – Kalksteinbänke und –linsen, sowie Tonstein und Mergelstein). Auch sind quartäre Ablagerungen in Form von Flussschottern, Schwemmsanden sowie Flugsanden anzutreffen.

In den etwas höheren Lagen am Prallhang oder auch westlich von Mainsondheim streichen die Schichten des Unteren Keuper (Untere Tonstein – Gelbkalkschichten ku1, Mittlerer oder Werksandstein ws und Obere Tonstein – Gelbkalkschichten ku2) aus.

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 Bauverlauf die Hinzuziehung eines Fachbüros, um für die weiteren Maßnahmen 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 Trinkwasserschutzgebiete/Heilquellenschutzgebiete.

Bodendenkmäler sind nach derzeitigem Stand ebenfalls nicht zu erwarten.

9. Geotechnische Schichten

9.1. M - Mutterboden

Stoffliche Zusammensetzung:	Sand, stark schluffig, stark humos, organische Beimengung, tonig, schwach kiesig, schwach steinig
Übliche Benennung:	Mutterboden (q)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,20 – 0,25 m
Farbe:	braun bis dunkelbraun
Lagerungsdichte:	k.A.
Konsistenz der bind. Bestandteile:	steif
Anthropogene Bestandteile:	Ziegelreste
Schlagzahlen DPH:	N ₁₀ ~ 1-2
Bemerkung:	Wurzelreste, kiesige Kalksteinreste

9.2. A - Auffüllungen

Stoffliche Zusammensetzung:	Sand, stark tonig, kiesig, schluffig, leicht humos bis humos, leichte organische Beimengung
Übliche Benennung:	Auffüllung (A)

Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,10 – 0,15 m
Farbe:	braun
Lagerungsdichte:	k.A.
Konsistenz der bind. Bestandteile:	steif bis weich
Anthropogene Bestandteile:	Ziegelreste
Schlagzahlen DPH:	N ₁₀ ~ 1-3
Bemerkung:	Wurzelreste, kiesige Kalksteinreste

9.3. L – Lockergesteine

9.3.1. L1 – Hanglehm

Stoffliche Zusammensetzung:	Kies, steinig bis stark steinig, schluffig, sandig, leicht tonig, leicht humos Ton, stark schluffig, kiesig bis stark kiesig, leicht steinig
Übliche Benennung:	Hanglehm (q)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,17 - 1,00 m
Farbe:	grünlich grau, grau, braun
Lagerungsdichte:	mitteldicht bis dicht
Konsistenz der bind. Bestandteile:	steif bis halbfest
Anthropogene Bestandteile:	-
Schlagzahlen DPH:	N ₁₀ ~ 8-20
Bemerkung:	kiesige und steinige, geringmächtige Kalksteinlagen, humose Reste und Wurzelreste, kiesige und steinige Kalksteinlagen

9.3.2. L2 – Hangschutt / Verwitterungsdeckschicht

Stoffliche Zusammensetzung:	Kies, sandig, leicht tonig bis tonig, steinig bis stark steinig, leicht schluffig bis schluffig, leichte organische Beimengung, leicht humos Kies, steinig bis stark steinig, leicht tonig / Ton, schluffig, leicht kiesig
Übliche Benennung:	Hangschutt (q) / Verwitterungsdeckschicht (mo)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,10 – 1,00 m
Farbe:	grünlich grau, grau, braun
Lagerungsdichte:	mitteldicht bis dicht
Konsistenz der bind. Bestandteile:	steif bis halbfest
Anthropogene Bestandteile:	-
Schlagzahlen DPH:	N ₁₀ ~ 10-30 (>40)
Bemerkung:	bereichsweise Wurzelreste und humose Reste am Top, Verwitterungsdeckschicht: blättrige bis dünnplattige Kalksteinlagen (hart/dicht) im Wechsel mit zersetztem Tonstein (VZ)

9.4. **F - Fels Unterer Keuper**

Der Fels konnte verfahrenstechnisch nicht aufgeschlossen werden. Die Bohrschappen saßen bereits in der Verwitterungsdeckschicht auf. Werden Eingriffe in diese Schichten notwendig, so werden weiterführende Untersuchungen (Aufschlussbohrungen, Baggerschürfe) notwendig um den Fels VOB-gerecht beschreiben zu können.

10. Hydrogeologische Verhältnisse

10.1. Grundwasserhorizont

Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Untersuchungen in keiner Sondierung aufgeschlossen.

In Abhängigkeit der Witterung, insbesondere nach langandauernden Niederschlagsperioden und Starkregenereignissen, kann eine witterungsabhängige geringe Sickerwasserführung an den Schichtgrenzen und innerhalb der Lockergesteine erfahrungsgemäß nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

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

10.2. Hochwassergefahren

Das Untersuchungsgebiet liegt nach amtlicher Karte des Wasserwirtschaftsamtes Aschaffenburg noch außerhalb festgelegter Überschwemmungsbereiche.



Abbildung 2: Auszug IÜG (Bayerisches Landesamt für Umwelt)

10.3. Versickerungsversuch

Nach Arbeitsblatt DWA-A 138 ist für die Beurteilung der Versickerungsfähigkeit anstehender Böden in erster Linie ihre Durchlässigkeit maßgebend.

Die für die Versickerung erforderliche Durchlässigkeit des Untergrunds wird mit Hilfe von Versickerungsversuchen ermittelt. Diese Versuche erfassen die in - situ - Eigenschaften des Anstehenden und in seinem Verband nur gering gestörten Untergrunds und lassen praxisnahe Werte zur Dimensionierung von Versickerungsanlagen gewinnen.

Die während des Versickerungsversuchs gemessenen Absenkungsbeträge pro Zeiteinheit sind maßgeblich für die Durchlässigkeit des Nebengesteins.

Mit Hilfe der Abmessungen der Bohrung und der gemessenen Absenkungsrate lässt sich die Durchlässigkeit der erfassten Bodenschichten ermitteln, und zwar im ungesättigten Zustand des Gesteins (Teil 1) und im (teil)gesättigten Zustand des Gesteins (Teil 2).

Die Auswertung erfolgte anhand von Auswertungsverfahren für Bohrlochversuche bei fallender Druckhöhe mit folgendem Ansatz (nach EARTH MANUAL):

Formel 1
$$k_F = \frac{\Pi \cdot \Delta h \cdot C_t}{C_U \cdot h_m \cdot \Delta t}$$

Formel 2
$$k_F = \frac{2\Pi \cdot \Delta h \cdot C_t}{(C_g + 4) \cdot (H_m - a + h_m) \cdot \Delta t}$$

Formel 3
$$k_f = \frac{\pi \cdot \Delta H \cdot C_t}{(C_g \cdot +4) \cdot h \cdot \Delta t'}$$

- mit $\Delta h =$ versickerte Wassersäule zwischen H_1 und H_2 während der Versuchszeit (m)
- $h_m =$ mittlere Druckhöhe, näherungsweise: $h = (h_1+h_2)/2$ in [m]
- $H_m =$ mittlere Spiegeldifferenz des Wasserspiegels im Bohrloch zum Grundwasserspiegel
- $\Delta t =$ verstrichene Zeit zwischen H_1 und H_2 , wobei t' eine Korrektur der Absinkzeit auf eine einheitliche Eingabequerschnittsfläche ist: $t' = (t \times r_2) / r_1^2$ [s/m]
- $C_t =$ Korrekturfaktor der Temperatur zur Normierung auf k_f - Werte bei 20°C
- $C_g, C_u =$ Korrekturfaktoren

In der Bohrung V01A wurde ein zweistufiger Versickerungsversuch ausgeführt. Die Ergebnisse der Erst- und Wiederversickerung sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 2: Versickerungsrate und Durchlässigkeit im Lockergestein

Versuch V01	Versickerungsrate [m³/s]	Durchlässigkeit [m/s]
Erstversickerung	$9,74 \times 10^{-7}$	$1,21 \times 10^{-6}$
Zweitversickerung	$5,03 \times 10^{-7}$	$5,82 \times 10^{-7}$

Die Auswertung des Versickerungsversuches V01 ergab Durchlässigkeiten um $k_F = 10^{-6} - 10^{-7}$ m/s.

10.4. Betonaggressivität

Es wurden keine Anzeichen für betonaggressive Verhältnisse in den Untersuchungen angetroffen und werden erfahrungsgemäß auch nicht erwartet.

Im Zweifel ist der Angriffsgrad über eine Analyse des Bodens 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 blaue 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 aus den Schurfauftnahmen und Erfahrungswerten. Für exakte Angaben wären das Baggergut entsprechend messtechnisch zu charakterisieren.

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:	OH
*Massenanteil Steine (%):	<5
*Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%):	- / -
*Lagerungsdichte:	k.A.
*Konsistenz (Labor- bzw. Feldansprache):	steif
Plastizitätszahl I_p (%):	k.A.
Konsistenzzahl I_c :	k.A.

11.2.2. A - Auffüllungen

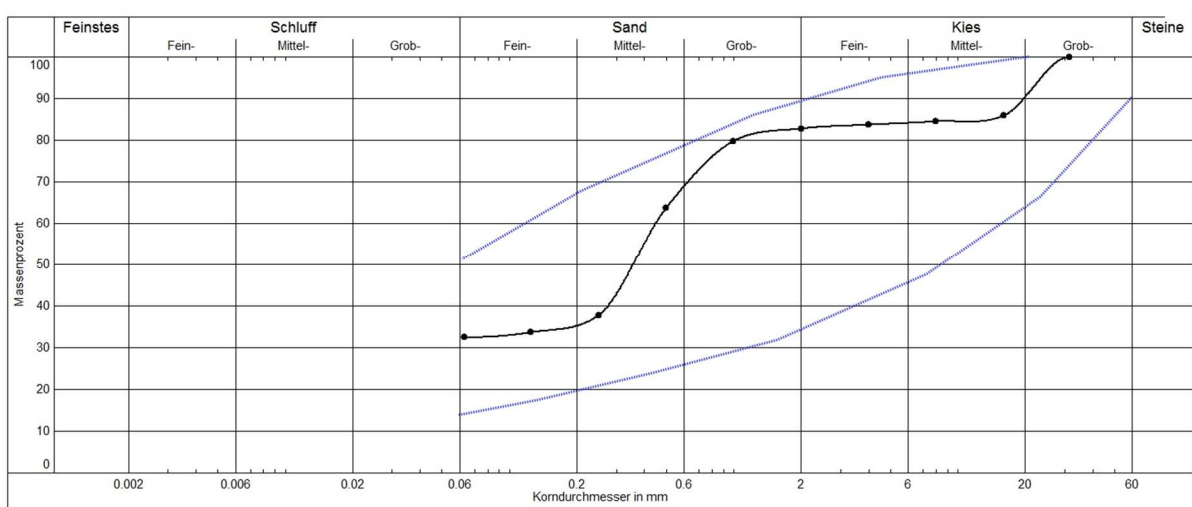


Abbildung 3: Kornverteilungsband - Schicht A

Tabelle 3: Schicht A - Ergebnisse Zusammenstellung einiger Laborversuche

Probe	Wassergehalt w_N [%]	Kornverteilung T + U / S / G [%]
RKS02A-2	12,2	32,5 / 50,3 / 17,2

Bodengruppe: [ST]

*Massenanteil Steine (%): <10

*Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%): <1 / -

*Lagerungsdichte: k.A.

*Konsistenz (Labor- bzw. Feldansprache): weich bis steif

Plastizitätszahl I_p (%): k.A.

Konsistenzzahl I_c : k.A.

11.2.3. L1 - Hanglehm

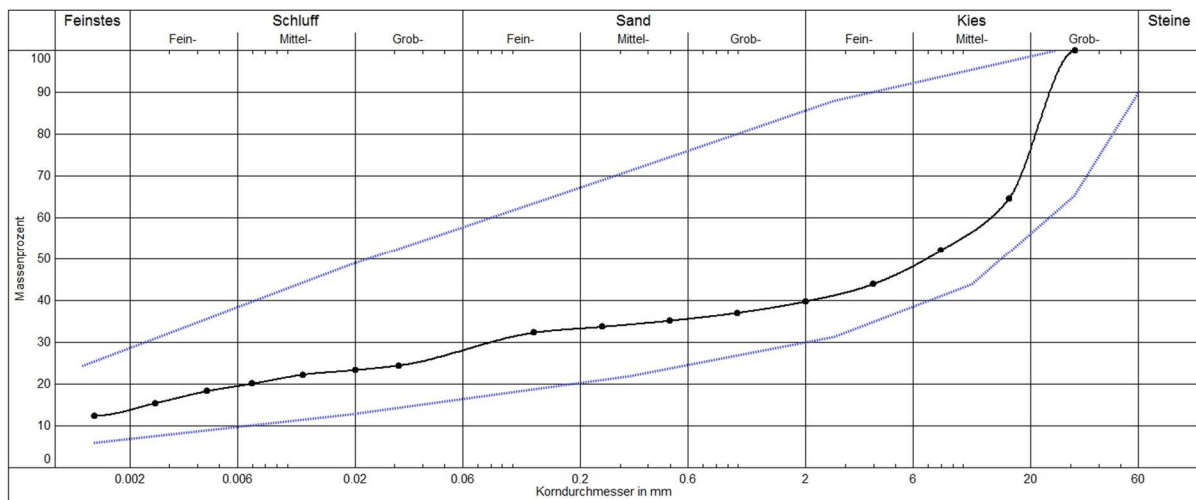


Abbildung 4: Kornverteilungsband - Schicht L1

Tabelle 4: Schicht L1 - Ergebnisse Zusammenstellung einiger Laborversuche

Probe	Wassergehalt w_N [%]	Kornverteilung T + U / S / G [%]	Konsistenzgrenzen w_L/w_P [%]
RKS02A-4	7,9	13,8 / 16,9 / 9,0 / 60,3	41,8 / 16,0

Bodengruppe: TL, GT

*Massenanteil Steine (%): <10

*Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%): <1 / <1

*Lagerungsdichte: k.A.

*Konsistenz (Labor- bzw. Feldansprache): steif bis halbfest

Plastizitätszahl I_p (%): 25,8

Konsistenzzahl I_c : 1,23

11.2.4. L2 - Hangschutt / Verwitterungsdeckschicht

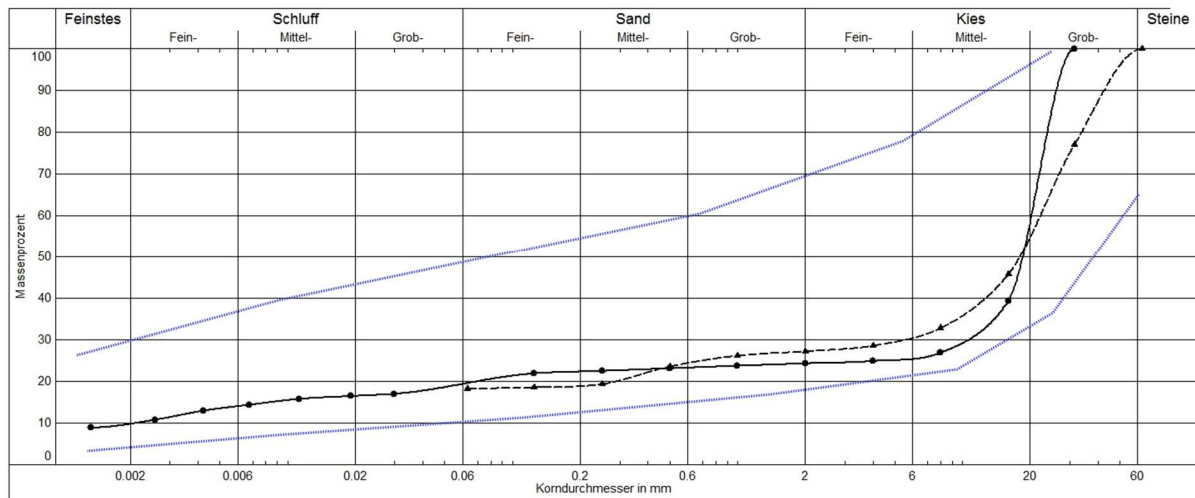


Abbildung 5: Kornverteilungsband - Schicht L2

Tabelle 5: Schicht L2 - Ergebnisse Zusammenstellung einiger Laborversuche

Probe	Wassergehalt w_N [%]	Kornverteilung T + U / S / G [%]
RKS01-3	5,0	9,8 + 11,5 / 3,0 / 75,7
RKS02-3	5,2	18,3 / 8,9 / 72,8

- *Bodengruppe: TM, GT*, GT, GW
- *Massenanteil Steine (%): <35
- *Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%): <5 / <2
- *Lagerungsdichte: mitteldicht bis dicht
- *Konsistenz (Labor- bzw. Feldansprache): steif bis halbfest
- Plastizitätszahl I_p (%): k.A.
- Konsistenzzahl I_c : k.A.
- Durchlässigkeit (Feldversuch): $k_F = 10^{-6} - 10^{-7} \text{ m/s}$

12. Ergebnisse der umweltgeotechnischen Laborversuche

Hinsichtlich einer abfallrechtlichen Voreinstufung wurde eine Probe aus den Auffüllungen (RKS02-2) folgende Proben orientierend abfallrechtlich untersucht.

Die Probe wurde nach den Parametern der Anlage 2 und 3 des sog. Eckpunktepapiers (Leitfaden zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen) in der Fraktion kleiner 2mm untersucht.

Die Analytik wurde durch das Labor eurofins Umwelt Ost GmbH, Jena ausgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen können im Prüfbericht AR-19-JE-015880-01 in Anlage 5 nachvollzogen werden.

Für die Beurteilung nach den Vorgaben zur Verfüllung von Gruben und Brüchen wurde für die Probe unter Berücksichtigung der bindigen Anteile des Probenmaterials die Bodenart „Sand“ herangezogen.

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

Tabelle 6: Ergebnisse Analytik Auffüllungen gemäß Eckpunktepapier

Probe	Einzelwerte – Parameter (Konzentration)			Einstufung nach Eckpunktepapier
RKS02-2	<i>Feststoff:</i>			Z1.2
	Cadmium	2,0mg/kg	Z1.1	
	Kupfer	27mg/kg	Z1.1	
	Nickel	33mg/kg	Z1.1	
	Zink	425mg/kg	Z1.2	
	<i>Luft:-</i>	-	-	

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

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

- Mutterboden 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).

- 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.
- Ist eine Zwischenlagerung des Bodenaushubs auf der Baustelle aus logistischen Gründen nicht möglich, so muss auf ein immissionsschutzrechtlich zugelassenes Zwischenlager zurückgegriffen werden.
- 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.

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. den geotechnischen Geländeschnitten der Anlage 3 entnommen werden. Die Angabe der Bodenklassen DIN 18300:2012 erfolgt an dieser Stelle rein informativ.

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die oben beschriebenen Schichtglieder zusammengefasst und durch Angaben zur Frostempfindlich- und Verdichtbarkeit ergänzt.

Bei Erdbauarbeiten muss mit folgenden Bodenklassen gerechnet werden:

Tabelle 7: Bodenklassen des Aushubs

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Verdichtbar- keitsklasse	Frostempfind- lichkeitsklasse ZTVE StB 17	Bodenklasse VOB DIN 18300:2012
M - Mutterboden	[GW], [SW], [GU]	-	-	1
A - Auffüllung	[ST*]	V3	F3	4
L1 - Hanglehm	TL, GT*	V3	F3	4
L2 - Hangschutt/ Verwitterungs- deckschicht	GW, GT, GT*, TM	V3	F3	3-5
F - Fels des Unteren Keupers	-	-	F3	6

Verdichtbarkeitsklasse analog ZTVA 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

13.2. Homogenbereiche DIN 18300:2016

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 8: Homogenbereiche Erdarbeiten (DIN 18300:2016)

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

Mutterboden und anthropogenen Auffüllungen sind beim Aushub vom natürlichen Lockergestein zu trennen und wurden daher einem eigenen Homogenbereich zugeordnet.

Derzeit werden keine Eingriffe in den Felshorizont erwartet. Es wurde diesbezüglich daher kein Homogenbereich ausgewiesen.

14. Erdbautechnische Angaben

Insgesamt ist den bindigen Böden eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Wasserzutritt zu unterstellen. Hier können bereits relativ 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, soweit möglich, daher sinnvoll sein.

Ferner ist durch eine entsprechende Profilierung der Oberflächen bzw. Erdplanie bei der Anlage der Verkehrsflächen 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 abgeplant werden.

Durch Anlage eines geeigneten Probefelds 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.

Bodenverbesserungsmaßnahmen mit hydraulischen Bindemitteln sind beim Fräsvorgang mit unvermeidlicher Staubentwicklung verbunden. 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 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.

Im Rahmen eines Probefelds sind 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.

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-StB17 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 Aufschlussergebnisse 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 und an die tatsächlichen effektiven Bodenspannungen in Folge der Gründungslasten anzupassen sind.

Es wurden bei deren Festlegung effektiv wirksame Bodenspannungen zwischen 200 und 400kN/m² zugrunde gelegt.

15.2. A - Auffüllungen

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 17,5 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 18 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 19,5 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 7,5 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_k = 8 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 9,5 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\phi'_{\min} = 20^\circ$	... $\phi'_k = 22,5^\circ$	... $\phi'_{\max} = 27,5^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 5 \text{ kN/m}^2$	... $c'_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 10 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 2,5 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 3 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 7,5 \text{ MN/m}^2$

15.3. L1 - Hanglehm

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 17,5 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 20 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 8 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_k = 9 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 10 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\phi'_{\min} = 20^\circ$	... $\phi'_k = 22,5^\circ$	... $\phi'_{\max} = 25^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 7,5 \text{ kN/m}^2$	... $c'_k = 12,5 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 15 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 2 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 5 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 7,5 \text{ MN/m}^2$

15.4. L2 - Hangschutt/Verwitterungsdeckschicht

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 19,5 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 20,5 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 21 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 9,5 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_k = 10,5 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 11 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\phi'_{\min} = 22,5^\circ$	... $\phi'_k = 27,5^\circ$	... $\phi'_{\max} = 37,5^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 5 \text{ kN/m}^2$	... $c'_k = 10 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 25 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 7,5 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 25 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 40 \text{ MN/m}^2$

16. Baugrube

16.1. Wasserhaltung

Aufgrund der angetroffenen geotechnischen Verhältnisse kann im Rahmen des Baugrubenaushubs geringer Schichtwasseranfall prinzipiell nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der überwiegend bindigen Böden wird der Wasserandrang voraussichtlich jedoch so gering sein, so dass konventionelle offene Wasserhaltungsmaßnahmen über Gräben und Pumpensümpfe betrieben werden können.

Die Auslegung der Wasserhaltung in den Schachtungen wird sich auf die Fassung von Tagwasser beschränken können.

16.2. Geböschte Baugrube

Die Baugruben für die Fundamentschachtungen können nach den vorliegenden Ergebnissen in den bindigen Lockergesteinen bei mind. steifer Konsistenz bis maximal ca. 60° geböscht hergestellt werden. Kurzfristige Abstiche, die nicht begangen werden müssen, können bis 1,5m u. GOK in den bindigen Böden senkrecht ausgebildet werden.

Bei Antreffen weicher Böden sind die Böschungen auf maximal 45° abzuflachen.

Die Baugrubenböschungen sollten im Bereich der Lockergesteine bei Standzeiten über 3 Wochen durch Abplanen mit UV stabiler Folie gegen Erosion und Austrocknung abgedeckt werden. Die Folie ist verwehungssicher auf den Böschungen zu fixieren.

An der Böschungsbasis sollte ein Gerinne ausgebildet werden, so dass Niederschlagswasser aus dem Böschungsbereich vor Zutritt zur Baugrubensohle gefasst und abgeleitet werden kann.

An der Böschungskrone ist ein lastfreier Streifen von mindestens 1m einzuhalten.

17. Gründung

17.1. Frosteinwirkungstiefe

Das Baufeld liegt in Frosteinwirkungszone II gem. RStO-12. Unter Zugrundelegung der maßgebenden Frostindices ist im Projektbereich aufgrund der topografischen Randbedingungen aus Sicht des Gutachters eine frostfreie Gründungstiefe von ca. 0,9m u. GOK anzusetzen.

17.2. Gründungsbemessung

Es wurden ca. 1,5-2m mächtige gering tragfähige Bodenschichten über dem Fels des Unteren Keupers erkundet.

Wir schlagen daher vor, auf dem Fels über Unterbeton (unbewehrt) zu gründen. Die dazu notwendigen Schachtungen sind kurzfristig unter 90° standsicher.

Auf Basis der Baugrunderkundung kann dann für die Bemessung der Fundamente in Anlehnung an EC7 Teil 1 A 6.10.2, A 6.10.3 und A 6.10.4 ein zulässiger Bemessungswiderstand in der Sohle von:

$$\sigma_{R,d} = 450 \text{ kN/m}^2 \text{ (i.e. } \sigma_{s,k} \sim 320 \text{ kN/m}^2)$$

angesetzt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Vorgaben des EC7-1, A 6.10.1, A 6.10.2, A 6.10.3 und A 6.10.4 zu beachten sind. Der obig angegebene Bemessungswert des Sohlwiderstands gilt unter der Voraussetzung, dass das Verhältnis von Horizontal- zu Vertikalkräften (H/V) kleiner gleich 0,2 beträgt. Wird dieses Verhältnis überschritten, so sind gesonderte Betrachtungen und Berechnungen erforderlich.

Für die statische Bemessung der Fundamente nach dem Bettungsmodulverfahren kann hier bei Ausführung eines Bodenaustauschs ein charakteristisches Bettungsmodul von $k_{s,k} = 15\text{MN/m}^3$ angesetzt werden.

Das Bettungsmodul ist keine Bodenkonstante. Seine Größe wird maßgeblich durch die Größe der jew. Lastabtragungsfläche, der Laststellung und der Größe der Belastung bestimmt. Das angegebene Bettungsmodul ist daher ein Mittelwert, der im Zug der weiteren Planungen überprüft und verifiziert werden muss.

Die angegebene Bodenpressung gilt für die reduzierte Fläche gem. DIN1054.

Auf Basis der erwarteten Untergrundverhältnisse sind unter Ansatz der Gründung auf der Oberkante des Oberen Muschelkalks Setzungen unter Ansatz üblicher Größen von Streifen- bzw. Einzelfundamenten um ca. 1cm zu erwarten.

18. Bodenplatten

Angaben zu den tatsächlichen Belastungen der Bodenplatte liegen nicht vor. Es wird derzeit von Regallasten und Staplerverkehr ausgegangen.

Üblicherweise ist unter bewehrten Bodenplatten im Industriebau in Abhängigkeit der maximalen Einzellast ($Q < 32,5 \text{ kN}$) ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ auf der in der Regel ca. 30cm starken Bettungsschicht sicherzustellen. Somit müsste unter Ansatz der obig angeführten Bettungsschicht im Erdplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} > \text{ca. } 50 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden.

Dieser Verformungsmodul kann durch die anstehenden Böden selbst nach Verdichtung in der Regel nicht durchgängig erbracht werden.

Es wird daher eine Bodenverbesserung durch Einfräsen eines hydraulischen Mischbindemittels mit ca. 50% Zementanteil empfohlen. Der tatsächlich erforderliche Umfang der Maßnahmen zur Sicherstellung einer ausreichenden Tragfähigkeit kann erst nach Ausführung von Lastplattendruckversuchen auf dem Erdplanum innerhalb eines Probefeldes geklärt werden.

19. Verkehrsflächen

19.1. Frostsicherheit

Bei den folgenden Angaben wird davon ausgegangen, dass die Verkehrsflächen an die örtlichen Verhältnisse angepasst werden und damit das bestehende Geländeniveau weitestgehend beibehalten wird.

Die geplanten Verkehrsflächen werden vermutlich gem. RStO 12 in die Belastungsklassenbereich BK1,0 bis BK3,2 einzustufen sein.

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Frosteinwirkungszone II. Gemäß RStO 12, Tabelle 6 ist bei Zugrundelegung des Belastungsklassenbereichs Bk1,0 – 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 7: 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 dauernd oder zeitweise höher als 1,5m unter Planum	0cm
Lage der Gradiente	geländegleich	0cm
Entwässerung der Fahrbahn / Ausführung der Randbereiche	Entwässerung der Verkehrsflächen über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen	-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 einer qualifizierten Bodenverbesserung bzw. eines Bodenaustausches mit frostunempfindlichen/-sicheren Material im Erdplanum kann entsprechend RStO-12 eine Reduzierung des ungebundenen Oberbaus von 10 cm erfolgen.

19.2. Tragfähigkeit des Erdplanums

Nach den Ergebnissen der Erkundung sind im Bereich der Erdplanie bei trockener Witterung Tragfähigkeiten zu erwarten, die die Anforderungen der RStO nicht vollständig flächendeckend erfüllen werden.

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

Darüber hinaus sind die bindigen Böden sehr wasserempfindlich und neigen zu aufweichen. Mit zunehmenden Wassergehalt nimmt dann auch die Tragfähigkeit massiv ab. Es wird daher eine Bodenverbesserung durch einarbeiten hydraulischer Bindemittel vorgeschlagen, um flächendeckend die erforderlichen Tragfähigkeiten sicherzustellen und die Witterungsempfindlichkeit zu reduzieren. Dies gilt auch für Bodenauftrag und Abtrag, der ebenfalls verbessert werden sollte.

Der Umfang der Bodenverbesserung sollte durch ein Probefeld im Rahmen der Baumaßnahme wirtschaftlich optimiert werden.

19.3. Bodenverbesserung

Für die Ertüchtigung der örtlichen Böden durch Bodenverbesserung durch hydraulische Bindemittel wird ein Bindemittelanspruch von rund 3Gew.-% bei einer Frästiefe von 30cm (i.e. ca. 18kg/m^2) abgeschätzt.

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

Die erforderliche Kalkzugabe ist abhängig vom Wassergehalt der örtlich anstehenden bindigen Böden und damit auch von der Witterung vor und während der Bauzeit. Je Prozent Wassergehalt über dem optimalen Wassergehalt können zusätzlich ca. 1Gew.-% Bindemittel erforderlich werden.

Bei Anwendung einer qualifizierten Bodenverbesserung (Bindemittelgehalt über 3 Gew%) ist zu beachten, dass im Planum dann ein Verformungsmodul von $E_{v2} > 70\text{MN/m}^2$ nachzuweisen ist.

Der frostsichere Aufbau kann zudem um 10 cm reduziert werden, wenn durch die Bodenverbesserung zusätzlich die Frostempfindlichkeitsklasse von F3 auf F2 abgesenkt wird. Hierzu ist neben der erforderlichen Tragfähigkeit zusätzlich auch die einaxiale Druckfestigkeit von 0,5 MN/m² (siehe ZTVE-StB 17, Kapitel 12.4.3.1) nachzuweisen. Dies setzt vor Ausschreibung der Baumaßnahmen in der Regel gesonderte Eignungsversuche voraus.

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.

Im Übrigen wird auf die Angaben des FGSV Merkblatts für Bodenverbesserungsarbeiten hingewiesen.

20. Niederschlagswasserbewirtschaftung

20.1. 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.

20.2. Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Der in RKS01 durchgeführte Versickerungsversuch V01 in situ konnte Durchlässigkeiten im Bereich von 10^{-6} - 10^{-7} m/s nachweisen.

Als langfristig in einer Versickerungsanlage bemessungsrelevant anzusetzende Durchlässigkeit wird ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_F < 10^{-7}$ ms anzusetzen sein. Dieser liegt jenseits der Grenzen für die wirtschaftliche Auslegung derartiger Anlagen.

Eine Behandlung anfallendem Niederschlagswasser ausschließlich über Versickerungsanlagen kann daher nicht empfohlen werden.

21. Zusammenfassung und Empfehlungen

21.1. Zusammenfassung

Anhand der Aufschlussergebnisse ist von relativ homogenen Untergrundverhältnissen auszugehen. Unterhalb einer geringmächtigen Mutterbodenauflage folgt der Hangschutt sowie die Verwitterungsdeckschicht des Unteren Keupers im Übergang zum Oberen Muschelkalk mit eingeschalteten Hanglehmlagen. Lokal wurden Reste anthropogener Auffüllungen aufgeschlossen.

In den Sondierungen wurde zum Zeitpunkt der Untersuchung kein Grundwasser angetroffen.

Das orientierend abfallrechtlich untersuchte Auffüllmaterial hält gemäß Eckpunktepapier Bayern die Zuordnungswerte für Z1.2 ein.

Aufgrund der festgestellten Untergrundsituation wird eine Versickerung von Niederschlagswasser nicht empfohlen.

Als Gründungshorizont sollte die Felsoberkante des Oberen Muschelkalkes herangezogen werden. Auftretender Höhenversatz ist entsprechend mittels Unterbeton auszugleichen.

Die Tragfähigkeit der Bettungsschicht unterhalb der Bodenplatte ist durch statische Plattendruckversuche zu überprüfen.

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

21.2. 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.

Dipl.-Geogr. M. Hofer

PeTerra GmbH

Dipl.-Ing. N. Oehler

PeTerra GmbH

Verteiler:

- gedruckt Metallbau Schiffler (1-fache Ausfertigung)
- elektronisch Metallbau Schiffler
- elektronisch

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.