



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

20001 - G02

01.04.2020

GEOTECHNISCHER BERICHT

BAUGEBIET ZEUBELRIED III EICHENWEG

PROJEKT: 20001-BG/2 Baugebiet Zeubelried III Eichenweg

AUFTRAGGEBER: Stadt Ochsenfurt

Hauptstraße 41

97199 Ochsenfurt

ORT: OT Zeubelried

Eichenweg

97199 Ochsenfurt

PROJEKTLEITER: Dipl.-Ing. N. Oehler

SACHBEARBEITER: M.Sc. Geowiss. B. Grzegorzek

M. Pollithy

Exemplar 1/2 mit 43 Seiten, 5 Anlagen und 3 Anhängen

Inhaltsverzeichnis

<u>a.</u>	<u>Verzeichnis der Unterlagen</u>	IV
<u>b.</u>	<u>Auszug der verwendeten Vorschriften und Publikationen</u>	V
<u>c.</u>	<u>Anlagenverzeichnis</u>	VIII
<u>d.</u>	<u>Verzeichnis der Anhänge</u>	IX
<u>1.</u>	<u>Anlass und Aufgabenstellung</u>	10
<u>2.</u>	<u>Bauvorhaben</u>	10
<u>3.</u>	<u>Untergrunderkundung</u>	11
<u>4.</u>	<u>Topographie des Untersuchungsgebietes</u>	12
<u>5.</u>	<u>Geologischer Überblick</u>	13
<u>6.</u>	<u>Erdbebenzone</u>	14
<u>7.</u>	<u>Schutzgebiete (Trinkwasser, Bodendenkmal etc.)</u>	14
<u>8.</u>	<u>Geotechnische Schichten</u>	14
8.1.	Oberflächenbefestigung	14
8.2.	Mu – Mutterboden	15
8.3.	A – Auffüllung	15
8.4.	L – Lockergesteine	16
8.4.1.	L1 – Löß/Lößlehm	16
8.4.2.	L2 – Hanglehm/-schutt	16
8.4.3.	L3 – Verwitterungsdeckschicht	17
8.5.	F – Fels Unterer Keuper	18
<u>9.</u>	<u>Hydrogeologische Verhältnisse</u>	19
<u>10.</u>	<u>Geotechnische Schichten, bodenmechanische Laborversuche, Eigenschaften</u>	19
10.1.	Vorbemerkungen	19
10.2.	Schichten	20
10.2.1.	M – Mutterboden	20
10.2.2.	A – Auffüllung	20
10.2.3.	L1 – Löß/Lößlehm	21
10.2.4.	L2 – Hanglehm/-schutt	22
10.2.5.	L3 – Verwitterungsdeckschicht	23
<u>11.</u>	<u>Ergebnisse der umweltgeotechnischen Laborversuche</u>	24
11.1.	Boden	24
11.2.	BBodSchV – Vorsorgewerte für Böden	26
11.3.	Schwarzdecken	27

12.	<u>Bodenklassen – Homogenbereiche</u>	28
12.1.	Bodenklassen DIN 18300:2012	28
12.2.	Homogenbereiche DIN 18300:2016	29
13.	<u>Erdbautechnische Angaben</u>	30
14.	<u>Erdstatische Kennwerte</u>	32
14.1.	Vorbemerkungen	32
14.2.	A – Auffüllung	32
14.3.	L1 – Löß/Lößlehm	32
14.4.	L2 – Hanglehm/-schutt	33
14.5.	L3 – Verwitterungsdeckschicht	33
14.6.	F – Fels Unterer Keuper	33
15.	<u>Leitungsbau</u>	34
15.1.	Vorbemerkung	34
15.2.	Wasserhaltung	34
15.3.	Sicherung der Leitungsgräben	34
15.3.1.	Geböschte Baugruben	34
15.3.2.	Baugrubenverbau	35
15.4.	Leitungsbettung	36
15.4.1.	Kanalleitungen	36
15.4.2.	Wasserleitungen	37
15.5.	Rückverfüllung der Arbeitsräume in Leitungsgräben	37
16.	<u>Verkehrsflächen</u>	38
16.1.	Frostsicherheit	38
16.2.	Tragfähigkeit des Erdplanums	39
16.2.1.	Ausgangslage	39
16.2.2.	Bodenaustausch	40
16.2.3.	Qualifizierte Bodenverbesserung	40
17.	<u>Zusammenfassung und Empfehlungen</u>	41
17.1.	Zusammenfassung	41
17.2.	Empfehlungen	42

a. Verzeichnis der Unterlagen

/1/ Digitaler Lageplan, Arz Ingenieure, E-Mail vom 23.01.2020 Datei: 2148 BPL
Geltungsbereich_2020-01-23.dwg

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 6326 Ochsenfurt mit Erläuterungen, Bayerisches Geologisches Landesamt, München
- [26] Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln, FGSV 2004
- [27] EAB - Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben, 5. Auflage, Berlin 2013
- [28] 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).

- [29] Anforderung an die Verwertung von Recycling – Baustoffen in technischen Bauwerken, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, 15.07.2005 (sog. RC - Leitfaden)
- [30] Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen, Leitfaden zu den Eckpunkten, 09.12.2005 (sog. Eckpunktepapier)
- [31] 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. GEOTECHNISCHE GELÄNDESCHNITTE

Anlage 4. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE

Anlage 5. ABFALLRECHTLICHE UND UMWELTCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN

d. Verzeichnis der Anhänge

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

1. Anlass und Aufgabenstellung

Die Stadt Ochsenfurt plant das Baugebiet Zeubelried III zu erschließen.

Die Planung der Baumaßnahme obliegt dem Büro ARZ Ingenieure GmbH & Co. KG aus Würzburg.

Die PeTerra GmbH, Kitzingen, wurde am 18.12.2019 durch die Stadt Ochsenfurt (Az.: FB3/jp-ka) auf Grundlage des Angebots Az.-Nr. 19405-BG-AQ1-oeH vom 02.12.2019 mit der Baugrunderkundung und Erstellung eines Geotechnischen Berichts beauftragt.

2. Bauvorhaben

Die Stadt Ochsenfurt beabsichtigt im Ortsteil Zeubelried die Erschließung des Baugebiets Eichenweg (siehe Abbildung 1). Das Gebiet ist rund 5700 m² groß. Davon nehmen rund 1000 m² die Verkehrsflächen ein. Die Nettobaupfläche entspricht in etwa 4700 m².

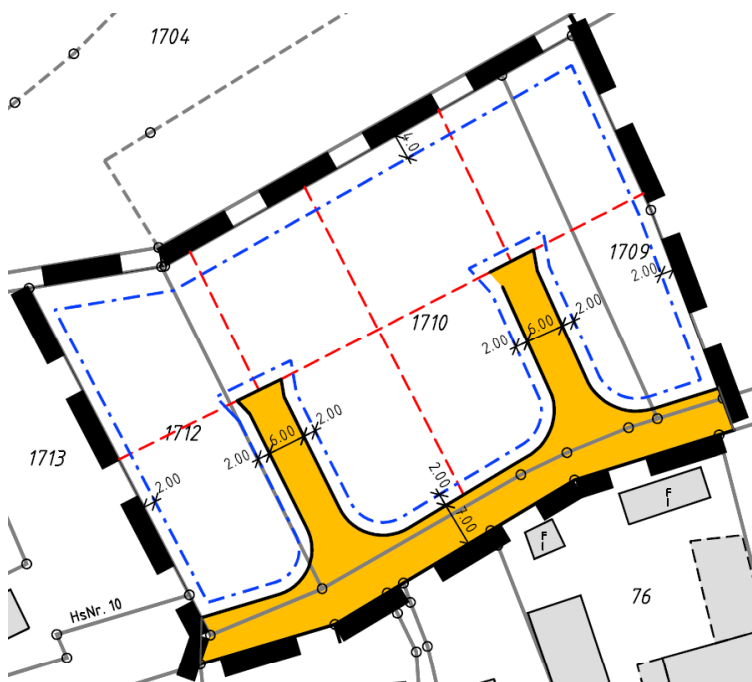


Abbildung 1: Baugebiet Eichenweg

Das Bauvorhaben wird aufgrund der vorliegenden Informationen zu den Baugrundverhältnissen und den üblichen technischen Anforderungen gemäß EC7 in die Geotechnische Kategorie GK1 eingeordnet.

3. Untergrunderkundung

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurden durch die PeTerra GmbH am 29. und 30.01.2020 insgesamt vier Rammkernsondierungen (RKS06 – RKS09) sowie eine Sondierung mit der schweren Rammsonde (DPH03) niedergebracht.

Darüber hinaus wurde ein bauseits hergestellter Schurf (SCH03) durch die PeTerra GmbH ingenieurgeologisch aufgenommen. Hierfür wurde der Bagger JCB Schaufellader DA4 Bamford 4CX verwendet.

Die Rammkernsondierungen wurden mit \varnothing 80 mm auf 1 m vorgebohrt und bis zur Endteufe der Sondierung mit \varnothing 60 mm und \varnothing 50 mm weitergeführt. Die Sondierungen wurden mit Bohrgut rückverfüllt. Aufgebrochene befestigte Oberflächen wurden mit Kaltmischgut/Beton verschlossen.

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

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

Aufschluss	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Höhe [mNN]	Endteufe [m]
RKS06	578112	5504596	247,27	3,25
RKS07	578120	5504633	252,81	4,00
RKS08	578155	5504619	251,89	4,00
RKS09	578192	5504633	254,89	4,00
DPH03	578133	5504608	250,05	4,81
SCH03	578160	5504655	256,28	3,60

Die Ergebnisse der direkten (RKS, SCH) und indirekten (DPH) Aufschlüsse 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 14688, 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

Zeubelried (264 mNN) ist ein Ortsteil von Ochsenfurt, der über die Kreisstraße WÜ 52, die am westlichen Ortsausgang des Stadtteils entlangführt, an das regionale Verkehrsnetz angeschlossen ist.

Die Topographie um Ochsenfurt wird maßgeblich durch den Main bestimmt. Im Westen von Zeubelried fließt der Steinbachsgraben entlang, der in den Main mündet. Die Gewässer haben sich im Laufe der Erdgeschichte tief in die Sedimente des Unteren Keupers und Oberen Muschelkalkes eingeschnitten. Im Bereich von Prallhängen haben sich in Folge des Anschnittes durch den Main steile Hänge gebildet, während das Gebiet um Gleithänge eher flach oder sanft bergauf verläuft.

Die höchste Erhebung im nahen Umfeld stellt der Spitalberg (304 mNN) im Osten Zeubelrieds dar. Das teilweise steil nach Norden ansteigende Untersuchungsgebiet erstreckt sich zwischen etwa 247 und 256mNN. Im Übergang der Flurnummern 1712 und 1713 tritt ein ca. 1,1 m großer Höhenversatz hervor. Hierbei nimmt die Flurnummer 1712 den höheren Wert ein. Im südlichen Bereich unterhalb des Eichenweges (Flurnummern 79/1, 77 und 76) ist eine teilweise 2 bis 3 m tiefe, steile Böschung vorhanden.

5. Geologischer Überblick

Die Geologie im Untersuchungsgebiet ist auf der geologischen Karte von Bayern – Blatt 6326 Ochsenfurt – beschrieben. Anlage 1.2 enthält einen Auszug der amtlichen geologischen Karte des Bayerischen Geologischen Landesamts.

Im Kartenblatt dominieren die Gesteine des Unteren Keupers. Lediglich im Bereich des Mains und seinen Zuflüssen, sowie der umliegenden kurzen Kerbtäler ist Oberer Muschelkalk aufgeschlossen.

In den Tälern sind die häufig fossilienführenden Wechsellagerungen von Kalk-, Ton- und Tonmergelsteinen des Oberen Muschelkalkes (mo) auskartiert. Die darüberliegende Quaderkalkformation (mo3Q) besteht aus blaugrauem, sehr kompaktem Kalkstein, der stark Bruchschill führt.

Im Hangenden wurde Unterer Keuper abgelagert, der sich aus einer bunten Wechselfolge von Sand- und Tonsteinen aufbaut. Die Gruppe gliedert sich in vier stratigraphische Haupteinheiten: die Unteren Tonstein – Gelbkalkschichten (ku1), dem Werksandstein (kuW), den Oberen Tonstein – Gelbkalkschichten (ku2) und dem Grenzdolomit (kuD). Die Oberen und Unteren Tonstein – Gelbkalkschichten bestehen überwiegend aus einer Wechsellagerung von Ton- und Mergelsteinen, in die plattig bis gebankte Sandsteinschichten sowie ggf. ein Dolomithorizont integriert sein können. Der Werksandstein ist hingegen aus feinkörnigen, schluffigen Sandsteinen aufgebaut, die wechsellagernd Ton-/Schluffstein enthalten. Die harte Grenzdolomitschicht besteht aus dolomitischen Kalkstein.

Die Schichten werden nahezu flächendeckend von Löß oder Lößlehm (,Lö(I)) überdeckt. Dabei sind diese Sedimente nicht an ein spezielles Niveau innerhalb der Stratigraphie gebunden.

Im Baugebiet Eichenweg selbst wird Unterer Keuper (ku1) erwartet.

6. Erdbebenzone

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

7. Schutzgebiete (Trinkwasser, Bodendenkmal etc.)

Das Bauvorhaben liegt außerhalb in Bayern ausgewiesener Schutzgebiete.

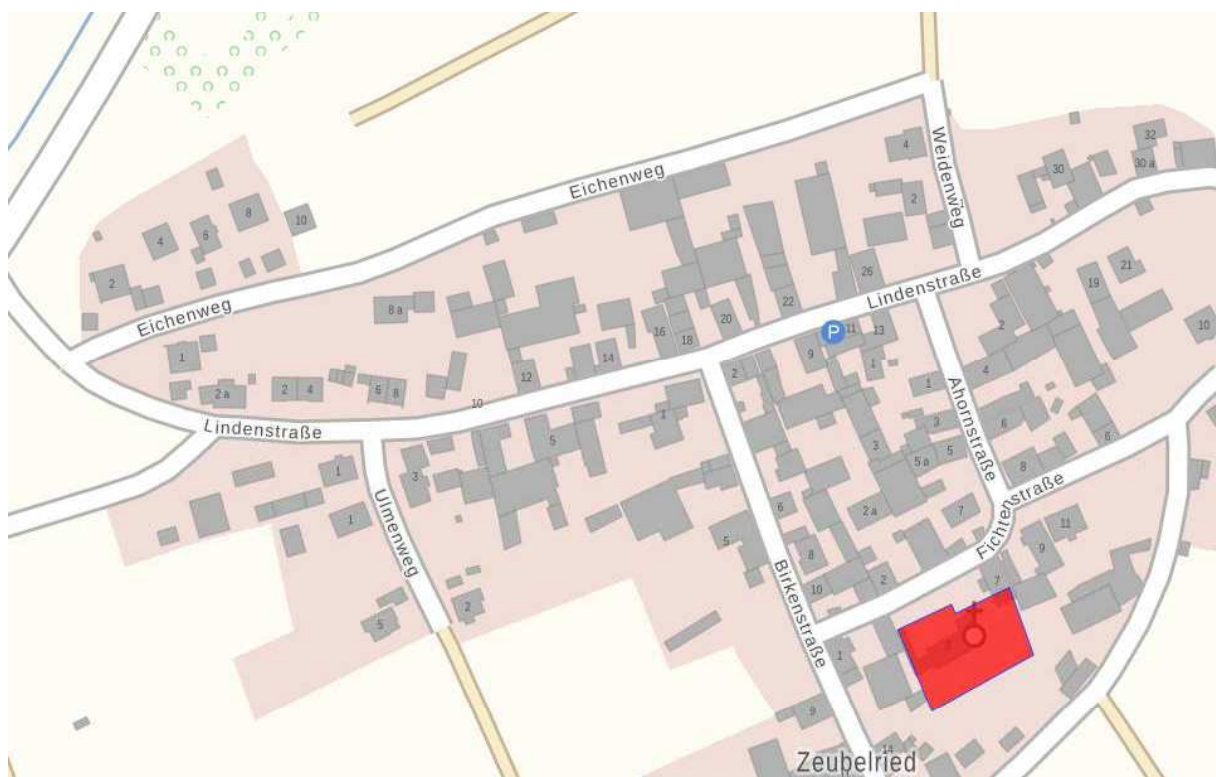


Abbildung 2: Schutzgebiete in Bayern (© geoportal.bayern.de): Bodendenkmäler in rot

8. Geotechnische Schichten

8.1. Oberflächenbefestigung

Die nachfolgende Tabelle gibt die erkundeten Schichtdicken der Asphaltdeck- (Ads) und -tragschichten (Ats) und der weiteren Versiegelungen wieder.

Sofern beim Ziehen der Kerne organoleptische Auffälligkeiten festgestellt wurden, ist dies ebenfalls vermerkt. Der Schichtaufbau kann dem Schichtprofil in Anlage 2 bzw. der Fotodokumentation des Anhangs 3 nachvollzogen werden.

Tabelle 2: Bohrkerne - Aufbau + Mächtigkeiten der Oberflächenbefestigungen

Aufschluss-Nr.	Asphaltdeckschicht [cm]	Asphalttrag-schicht [cm]	Organolept. Auffälligkeit	Bemerkung	Analytik
RKS06-As	0,02	0,06	-	-	X

8.2. Mu – Mutterboden

Stoffliche Zusammensetzung:	Schluff, stark humos, organisch, tonig, feinsandig, schwach kiesig
Übliche Benennung:	Mutterboden (q)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,20 – 0,30 m
Farbe:	dunkelbraun, braun
Lagerungsdichte:	-
Konsistenz der bind. Bestandteile:	steif bis weich
Anthropogene Bestandteile:	-
Bemerkung:	Pflanzen- und Wurzelreste

8.3. A – Auffüllung

Stoffliche Zusammensetzung:	Schluff, feinsandig, tonig, schwach kiesig, schwach humos, schwach organisch; Kies, schwach tonig bis tonig, schwach schluffig, schwach steinig
-----------------------------	---

Übliche Benennung:	Auffüllung (A)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,20 – 0,40 m
Farbe:	hellbraun, grau
Lagerungsdichte:	mitteldicht bis dicht
Konsistenz der bind. Bestandteile:	weich bis steif
Anthropogene Bestandteile:	Ziegelreste
Bemerkung:	Wurzelreste, Kalksteinreste, Kohlereste, Kalkschotter

8.4. L – Lockergesteine

8.4.1. L1 – Löß/Lößlehm

Stoffliche Zusammensetzung:	Schluff, feinsandig, schwach humos bis humos, schwach organisch, schwach tonig bis tonig, schwach kiesig
Übliche Benennung:	Löß/Lößlehm (q)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,25 – 2,70 m
Farbe:	hellbraun, ocker, braun
Lagerungsdichte:	-
Konsistenz der bind. Bestandteile:	weich bis halbfest
Anthropogene Bestandteile:	-
Bemerkung:	Wurzelreste, kiesige Lößkindel

8.4.2. L2 – Hanglehm/-schutt

Stoffliche Zusammensetzung:	Kies, schluffig bis stark schluffig, schwach steinig bis steinig, stark tonig; Schluff, tonig
-----------------------------	---

	bis stark tonig, kiesig bis stark kiesig, schwach steinig; Ton, schluffig, schwach kiesig bis kiesig, schwach steinig; Steine, kiesig, schwach schluffig
Übliche Benennung:	Hanglehm/-schutt (q)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,10 – 0,70 m
Farbe:	ocker, grau, braun, grünlich grau
Lagerungsdichte:	-
Konsistenz der bind. Bestandteile:	weich bis halbfest
Anthropogene Bestandteile:	-
Bemerkung:	kiesige und steinige Kalkstein-, Schluffstein- und Dolomitsteinbruchstücke, dünnplattiger bis blättriger Dolomitstein

8.4.3. L3 – Verwitterungsdeckschicht

Stoffliche Zusammensetzung:	Steine, kiesig bis stark kiesig, schwach tonig; Schluff, kiesig bis stark kiesig, schwach tonig bis tonig, schwach steinig bis steinig; Ton, schluffig bis stark schluffig, kiesig bis stark kiesig, schwach steinig bis steinig
Übliche Benennung:	Verwitterungsdeckschicht (ku)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,10 – 1,00 m
Farbe:	grau, beige, ocker, grünlich grau, braun, grün
Lagerungsdichte:	mitteldicht bis dicht
Konsistenz der bind. Bestandteile:	weich bis halbfest
Anthropogene Bestandteile:	-
Bemerkung:	Kalkstein, dünnplattig bis blättrig, zersetzter (VZ) Mergelstein, harte und dünnplattige

Kalksteinlagen im Wechsel mit weichen zersetztem bis entfestigtem (VZ-VE) Schluffstein, geringer Schicht-/ Stauwasseranfall zur Basis, zersetzter (VZ) Tonstein mit Kalksteinresten, zersetzter (VZ) Schluffstein mit Ton- und Mergelsteinlagen, zersetzter bis entfestigter (VZ-VE) Tonstein, bei 3,7m 10 cm mächtige Schluffsteinlage, kiesige und mürbe bis sehr mürbe Tonsteinreste, zerfallen beim Baggern

8.5. F – Fels Unterer Keuper

Farbe:	grau, ocker
Gesteinsart:	Schluff- und Tonstein, Dolomit
Veränderlichkeit:	Schluff-/Tonstein: stark veränderlich (Grad 3-4) Dolomit: nicht veränderlich (Grad 1)
Druckfestigkeit:	Schluff-/Tonstein: sehr gering bis gering Dolomit: mäßig hoch bis hoch
Struktur:	Der verwitterte Fels des Unteren Keupers ist undeutlich gebankt und zerfällt aufgrund des hohen Verwitterungsgrades zu schwach steinigen Kiesen. Schichtoberflächen meist wellig glatt, Schichten augenscheinlich sählig gelagert
Verwitterungsgrad:	VE-VZ – Schluffstein (Verwitterungsstufe 3/4)

9. Hydrogeologische Verhältnisse

Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Untersuchungen in keinem Aufschluss festgestellt, jedoch konnte in der RKS07 bei ca. 4m unter GOK ein geringer Schicht-/ Stauwasseranfall festgestellt werden.

In den übrigen Sondierbohrungen wurde kein Schicht-/ Stauwasseranfall verzeichnet.

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. Geotechnische Schichten, bodenmechanische Laborversuche, Eigenschaften

10.1. 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 grau gestrichelte 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 der Erkundung.

Die Lagerungsdichte (D) der nichtbindigen Böden wurde über die Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen und Rammkernsondierungen abgeleitet.

10.2. Schichten

10.2.1. M – Mutterboden

*Bodengruppe:	OU
*Massenanteil Steine (%):	<1
*Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%):	- / -
*Lagerungsdichte:	-
*Konsistenz (Labor- bzw. Feldansprache):	steif bis weich
Plastizitätszahl I_p (%):	k.A
Konsistenzzahl I_c :	k.A
Schlagzahlen DPH:	$N_{10} \sim 0-2$

10.2.2. A – Auffüllung

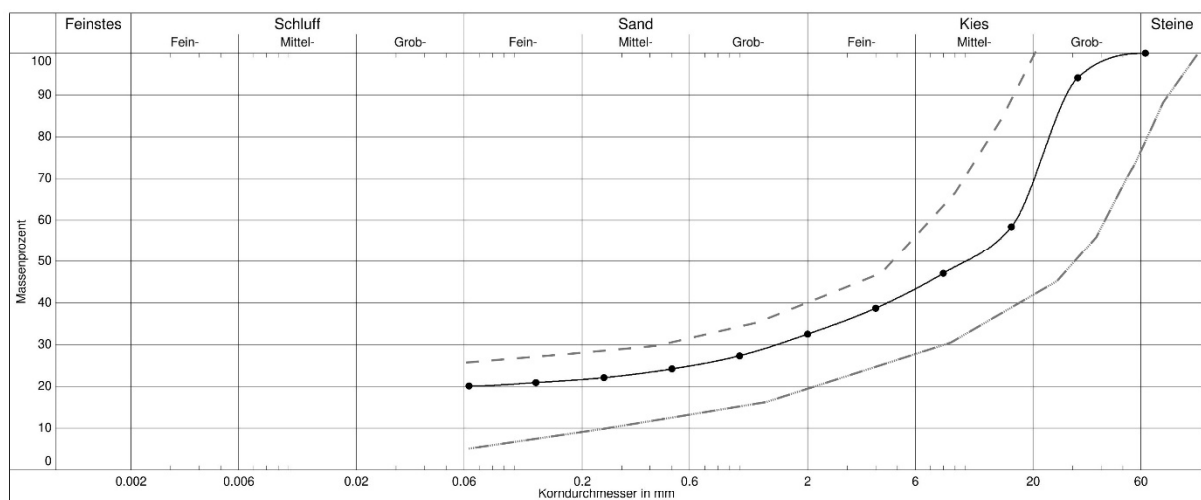


Abbildung 3: Kornverteilungsband - Schicht A

Tabelle 3: Schicht A – Ergebnisse Zusammenstellung einiger Laborversuche

Probe	Wassergehalt w_N [%]	Kornverteilung T + U / S / G [%]
RKS06-1	7,32	20,1 / 12,4 / 67,5

- *Bodengruppe: [GT], [UL]
- *Massenanteil Steine (%): 5 – 15
- *Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%): <1 / -
- *Lagerungsdichte: mitteldicht bis dicht
- *Konsistenz (Labor- bzw. Feldansprache): weich bis steif
- Plastizitätszahl I_p (%): k.A.
- Konsistenzzahl I_c : k.A.
- Schlagzahlen DPH: $N_{10} \sim 0-1$

10.2.3. L1 – Löß/Lößlehm

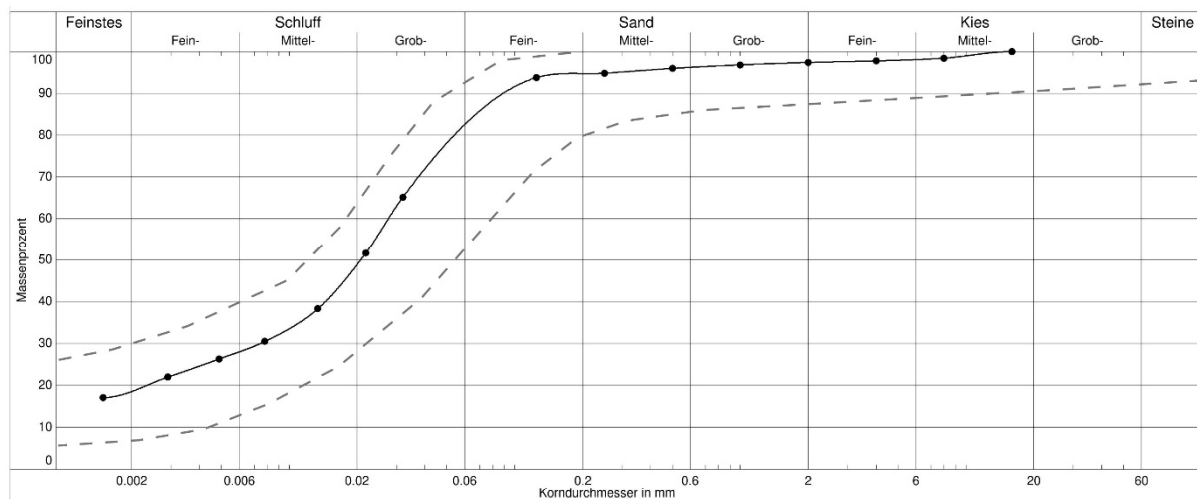


Abbildung 4: Kornverteilungsband - Schicht L1

Tabelle 4: Schicht L1 – Ergebnisse Zusammenstellung einiger Laborversuche

Probe	Wassergehalt w_N [%]	Kornverteilung T / U / S / G [%]	Konsistenzgrenzen w_L/w_P [%]
RKS08-3	20,53	18,5 / 71,4 / 7,5 / 2,6	31,1 / 18,4

- *Bodengruppe: UL, UL-UM
- *Massenanteil Steine (%): <1
- *Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%): - / -
- *Lagerungsdichte: -
- *Konsistenz (Labor- bzw. Feldansprache): weich bis halbfest
- Plastizitätszahl I_p (%): 12,7
- Konsistenzzahl I_c : 0,795
- Schlagzahlen DPH: $N_{10} \sim 2-6$

10.2.4. L2 – Hanglehm/-schutt

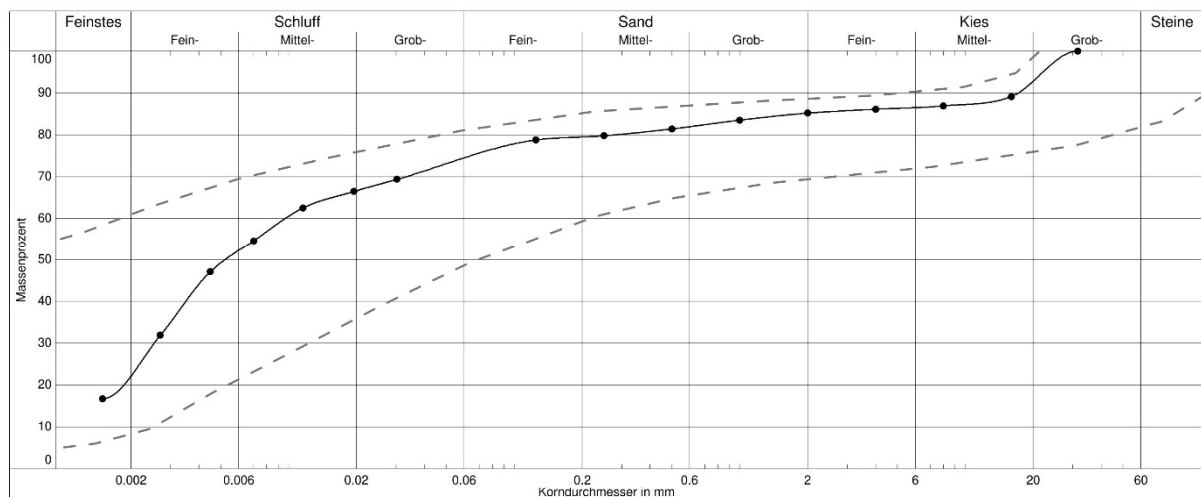


Abbildung 5: Kornverteilungsband - Schicht L2

Tabelle 5: Schicht L2 – Ergebnisse Zusammenstellung einiger Laborversuche

Probe	Wassergehalt w_N [%]	Kornverteilung T / U / S / G [%]	Konsistenzgrenzen w_L/w_P [%]
RKS09-4	20,53	22,0 / 55,7 / 7,4 / 14,8	52,7 / 24,4

Bodengruppe: GU, UL-GU*, GT*, UL-UM, TM

*Massenanteil Steine (%): 10-20

*Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%): <5 / <1

*Lagerungsdichte: -

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

Plastizitätszahl I_p (%): 28,3

Konsistenzzahl I_c : 1,028

Schlagzahlen DPH: $N_{10} \sim 4-8$

10.2.5. L3 – Verwitterungsdeckschicht

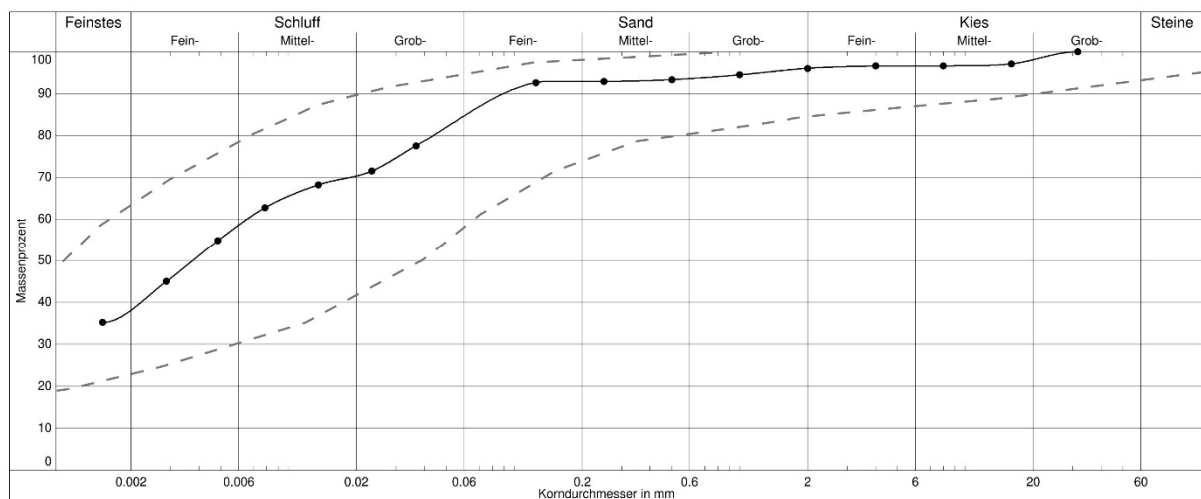


Abbildung 6: Kornverteilungsband - Schicht L3

Tabelle 6: Schicht L3 – Ergebnisse Zusammenstellung einiger Laborversuche

Probe	Wassergehalt w_N [%]	Kornverteilung T / U / S / G [%]	Konsistenzgrenzen w_L/w_P [%]	Proctorwerte ρ_{Pr} [g/cm ³] / w_{Pr} [%]
SCH03-5	15,24	-	-	1,735 / 17,62
SCH03-6	19,86	38,0 / 54,5 / 3,5 / 4,0	54,7 / 26,8	-

- *Bodengruppe: GW, UL-GU*, TL-GT*, UL, TL-TM, TM
- *Massenanteil Steine (%): 15 – 25
- *Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%): <5 / <1
- *Lagerungsdichte: mitteldicht bis dicht
- *Konsistenz (Labor- bzw. Feldansprache): weich bis halbfest
- Plastizitätszahl I_p (%): 27,9
- Konsistenzzahl I_c : 1,197
- Schlagzahlen DPH: $N_{10} \sim 6-74 (>100)$

11. Ergebnisse der umweltgeotechnischen Laborversuche

11.1. Boden

Hinsichtlich einer abfallrechtlichen Voreinstufung wurden folgende Proben orientierend abfallrechtlich untersucht:

Natürliche Böden:

Probe: RKS07-2

Auffüllung:

Probe: RKS08-2

Die Proben RKS07-2 und RKS08-2 wurden nach den Parametern der Anlage 2 und 3 des sog. Eckpunktepapiers (Leitfaden zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen) in der Fraktion kleiner 2 mm untersucht.

Die Analytik wurde durch das Labor AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg ausgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen können den Prüfberichten „2981623-181867“ und „2981623-181868“ in Anlage 5 nachvollzogen werden.

Für die Beurteilung nach den Vorgaben zur 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 7: Ergebnisse Analytik Boden gemäß Eckpunktepapier

Probe	Einzelwerte – Parameter (Konzentration)			Einstufung nach Eckpunktepapier
RKS07-2	<i>Feststoff:</i>	-	Z0	Z0
	<i>Eluat:</i>	-	Z0	

Tabelle 8: Ergebnisse Analytik Auffüllung gemäß Eckpunktepapier

Probe	Einzelwerte – Parameter (Konzentration)			Einstufung nach Eckpunktepapier
RKS08-2	<i>Feststoff:</i>	-	Z0	Z0
	<i>Eluat:</i>	-	Z0	

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

Die Auffüllungen sind im Rahmen des Aushubes dennoch zu separieren und gesondert aufzuhalten.

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 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.
- 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.

11.2. BBodSchV – Vorsorgewerte für Böden

Hinsichtlich einer Abschätzung gem. Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung für Vorsorgewerte Böden nach § 8 Abs. 2 Nr. 1 wurden zwei Bodenproben (RKS07-1

und RKS08-1) gemäß der Vorsorgewerte für Metalle und für organische Stoffe (Anhang 2 – Abschnitt 4.1 und 4.2) analysiert. Hierbei wurden die Vorsorgewerte der Bodenart „Lehm/Schluff“ verwendet.

Die Analytik wurde durch das Labor AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg vorgenommen. Die Ergebnisse der Untersuchungen können in den Prüfberichten „2981623-181865“ und „2981623-181866“ in Anlage 5 nachvollzogen werden.

Tabelle 9: Ergebnisse Analytik Bodenmaterial gemäß Vorsorgewerte Böden

Probenbezeichnung	Humusgehalt [Ma-% TS]	Einzelwerte – Parameter (Konzentration)	Einstufung nach Merkblatt
RKS07-1	2	-	eingehalten
RKS08-1	2	-	eingehalten

11.3. Schwarzdecken

Aus der Schwarzdecke der Verkehrsfläche wurden mittels Kernbohrgerät ein Asphaltbohrkern (RKS06-As) entnommen.

Die Probe wurde durch das AGROLAB Labor aus Bruckberg auf PAK in der Originalsubstanz und Phenole im Eluat gem. RuVA-StB 01 untersucht. Das Ergebnis ist dem Prüfbericht "2981623-181864" in Anlage 5 zu entnehmen.

Das Ergebnis ist in Tabelle 10 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zusammengefasst.

Tabelle 10: Analysenergebnisse Schwarzdecken

Probenbezeichnung	Σ PAK (nach EPA) im Feststoff [mg/kg]	Phenol im Eluat [mg/l]	Benzo(a)pyren [mg/kg]	Verwertungs-klasse nach RuVA-StB 01
RKS06-As	0,070	<0,01	<0,05	A

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

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

Bei organoleptischen Auffälligkeiten (z.B. teerpechtypischer Geruch) innerhalb der Schwarzdecke bzw. bei Freilegen von Tränkschotterlagen unterhalb der Schwarzdecke, die teerpechtypischen 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.

12. Bodenklassen – Homogenbereiche

12.1. 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. Bei Erdbauarbeiten muss mit folgenden Bodenklassen gerechnet werden (nachfolgende Tabelle):

Tabelle 11: Bodenklassen des Aushubs - DIN 18300

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Verdichtbar- keitsklasse	Frostempfind- lichkeitsklasse ZTVE StB 94	Bodenklasse	
				VOB 18300	DIN
Mu – Mutterboden	OU	-	-	1	
A – Auffüllung	[GT]	V2	F2	4	
	[UL]	V3	F3		
L1 – Löß/Lößlehm	UL, UL-UM	V3	F3	4	
L2 – Hanglehm/-schutt	GU*, GT*, UL-GU*, UL-UM, TM	V2-V3	F3	4 (5)	
L3 – Verwitterungsdeckschicht	GW-GU, UL, UL- GU*, TL-GT*, TL- TM, TM	V2-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

Untergeordnet anzutreffende Schichtausbildungen werden in Klammern angegeben

12.2. 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 10 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 12: Homogenbereiche Erdarbeiten (DIN18300:2016)

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

Mutterboden und Auffüllungen müssen aufgrund der besonderen abfall- und bodenschutzrechtlichen Aspekte beim Aushub separiert werden und wurden daher jeweils einem eigenen Homogenbereich zugeordnet.

13. Erdbautechnische Angaben

Nachfolgend werden allgemeine erdbautechnische Angaben zusammengestellt.

Insgesamt belegen die Laborversuche für die Auffüllung (A), dem Löß/Lößlehm (L1), dem Hanglehm/-schutt (L2) und die Verwitterungsdeckschicht (L3) eine hohe bis sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber Wasserzutritt.

Ein Befahren des weitgehend 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. Im Zweifel sind diese 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 Gründungen 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 und müssen entsorgt werden.

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 einschließlich des Tragschichtenmaterials ist gemäß ZTVE-StB 17 in Ergänzung der Eigenüberwachung des Unternehmens 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 97% Proctordichte und darüber mindestens 99% Proctordichte nachgewiesen werden.

Der Luftporenanteil insbesondere bei Einbau der veränderlich festen Gesteine (Ton-/Schluffstein der Verwitterungsdeckschicht - L3) ist durch Nachweis der Einbaudichte unter Rückgriff auf die Korndichte des bindigen Anteils rechnerisch nachzuweisen (vgl.[23]).

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 festzulegen, dass der Sollwert mit 95%iger Sicherheit eingehalten wird.

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.

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.

14. Erdstatische Kennwerte

14.1. Vorbemerkungen

Die angegebenen Kennwerte wurden 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 tatsächlich wirkenden Bodenspannungen anzupassen sind.

14.2. A – Auffüllung

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 17,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma_k = 18,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma_{\max} = 21 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 7,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma'_k = 8,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma'_{\max} = 11 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\varphi'_{\min} = 20^\circ$	$\dots \varphi'_k = 25^\circ$	$\dots \varphi'_{\max} = 27,5^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 5 \text{ kN/m}^2$	$\dots c'_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$	$\dots c'_{\max} = 12,5 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 2,5 \text{ MN/m}^2$	$\dots E_{S,k} = 5 \text{ MN/m}^2$	$\dots E_{S,\max} = 7,5 \text{ MN/m}^2$

14.3. L1 – Löß/Lößlehm

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 18,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma_k = 19,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma_{\max} = 20,5 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 8,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma'_k = 9,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma'_{\max} = 10,5 \text{ kN/m}^3$

Reibungswinkel (dränert):	$\varphi'_{\min} = 22,5^\circ$	... $\varphi'_k = 25^\circ$	... $\varphi'_{\max} = 25^\circ$
Kohäsion (dränert):	$c'_{\min} = 7,5 \text{ kN/m}^2$	... $c'_k = 10 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 12,5 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 3 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 5 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 7,5 \text{ MN/m}^2$

14.4. L2 – Hanglehm/-schutt

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

14.5. L3 – Verwitterungsdeckschicht

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 19 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 22 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 9 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 12 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dränert):	$\varphi'_{\min} = 25^\circ$	... $\varphi'_k = 25^\circ$	... $\varphi'_{\max} = 30^\circ$
Kohäsion (dränert):	$c'_{\min} = 15 \text{ kN/m}^2$	... $c'_k = 20 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 25 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 15 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 25 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 30 \text{ MN/m}^2$

14.6. F – Fels Unterer Keuper

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 20 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 21,5 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 23 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 10 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_k = 11,5 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 13 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dränert):	$\varphi'_{\min} = 22,5^\circ$	... $\varphi'_k = 27,5^\circ$	... $\varphi'_{\max} = 37,5^\circ$
Kohäsion (dränert):	$c'_{\min} = 30 \text{ kN/m}^2$	... $c'_k = 40 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 65 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 25 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 45 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 60 \text{ MN/m}^2$

15. Leitungsbau

15.1. Vorbemerkung

Eine genaue Planung mit Einbindetiefen der Ver- und Entsorgungsleitungen lag zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung nicht vor. Die bestehenden Kanäle liegen bei ca. 5,5m unter GOK. Es wird aufgrund der ausgeschriebenen Erkundungstiefen von einer maximalen Einbindetiefe von ca. 4m ausgegangen.

15.2. Wasserhaltung

Im Rahmen der Erkundungsarbeiten wurde lediglich im Aufschluss RKS07 bei ca. 4m unter GOK (248,81mNN) Schichtwasser angetroffen. Es kann jedoch Schicht- oder Grundwasseranfall auch in höheren Teufenlagen nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Aufgrund der überwiegend bindigen Böden wird der Wasserandrang voraussichtlich jedoch so gering sein, dass konventionelle offene Wasserhaltungsmaßnahmen in Form von rigolenartigen Sammelgräben mit Dränrohren und Pumpensumpf betrieben werden können.

Die Dränrohre sind nach Herstellung der einzelnen Abschnitte zu verdämmen. Die Auslegung der Wasserhaltung in den Leitungsgräben wird bei Eingriffstiefen <4m daher vorrangig auf die Fassung von Tagwasser auszulegen sein.

15.3. Sicherung der Leitungsgräben

15.3.1. Geböschte Baugruben

Bis in Tiefen von 4m ab GOK sind bei mindestens steifer Konsistenz in den Schichten L1 (Löß/Lößlehm), L2 (Hanglehm/-schutt) 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.

Sofern weiche bis sehr weiche einzelne Lagen aufgeschlossen werden, so muss in Abstimmung mit dem Gutachter die Baugrubenböschung in diesen Zonen erheblich abgeflacht werden.

Im verwitterten Fels des Unteren Keupers 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.

15.3.2. Baugrubenverbau

Bis ca. 1,5m u. GOK wird in den bindigen Lockergesteinen mit mind. steifer Konsistenz eine ausreichende Kurzzeitstandsicherheit erwartet, so dass auch randgestützte Grabenverbausysteme im Einstellverfahren unmittelbar nach dem Aushub eingebracht werden können.

Im Weiteren sollte der Verbau jedoch im Absenkverfahren eingebracht werden, um die mit dem Aushub verbundene Entspannung der anstehenden Böden zu minimieren. Damit werden Setzungen im Nachgang zur Baumaßnahme unterbunden.

Die Stirnseiten der Haltungsabschnitte sind entweder in geeigneter Weise zu böschen (vgl. hierzu Angaben zu geböschte Baugruben) oder durch Kanaldielen zu sichern.

Für die Bereiche, wo kreuzende Leitungen zu erwarten bzw. einzubinden 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.

Klaffende Fugen zwischen den Verbauplatten sind zu vermeiden bzw. auf das technisch mögliche Maß zu begrenzen.

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

Verbauelemente sind über die Spindeln gegen das Erdreich zu verspannen. Offene Fugen zwischen Verbauplatte und der Baugrubenwand sind unmittelbar nach Einbringen des Verbaus mittels Splitt-Sandgemisch zu verfüllen.

Durch geeignete Maßnahmen ist zu gewährleisten, 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 den Randbereichen der ehemaligen Leitungsgräben führt.

Für die Beurteilung der Standsicherheit des aufgeschlossenen Felshorizonts wird aufgrund der Randbedingungen prinzipiell empfohlen, den Gutachter hinzuzuziehen.

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.

15.4. Leitungsbettung

15.4.1. Kanalleitungen

Für den Kanal wird von einer Einbettung der Rohrleitung gem. Typ1 DIN EN 1610 ausgegangen.

Abhängig von den im Planum vorliegenden Baugrundverhältnissen sind geringfügige Bodenaustauschmaßnahmen vorzusehen.

Bei Antreffen weicher Böden sollte dann der Bereich ausgekoffert oder durch Eindrücken von Felsklein z.B. 60/120 oder vergleichbar stabilisiert werden, bevor die Bettungsschicht aus Kiessand oder Mineralbeton der Körnung 0/32 mm bis 0/56 mm aufgebracht wird.

Bei mindestens steifer Konsistenz werden für den Hanglehm/-schutt (Schicht L2) und die Verwitterungsdeckschicht (Schicht L3) ausreichende Tragfähigkeiten erwartet.

15.4.2. Wasserleitungen

Bei Wasserleitungen sind üblicherweise aufgrund deren längskraftschlüssigen Leitungsverbindungen 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. Auch 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.

15.5. 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 Bodenaushub (Schicht A, L1-L3) 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 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 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 $> 300\text{g/m}^2$) zum Trennen und Filtern empfohlen.

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

16. Verkehrsflächen

16.1. Frostsicherheit

Die Verkehrsflächen werden vorerst in den Belastungsklassenbereich von Bk1,0 – Bk3,2 gem. RStO°12 eingeordnet.

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 12: 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.

16.2. Tragfähigkeit des Erdplanums

16.2.1. Ausgangslage

Nach dem Ergebnis der durchgeführten Rammsondierung sowie den bohrtechnischen Ergebnissen der Rammkernsondierungen sind im Bereich der Erdplanie durchgehend unzureichende Tragfähigkeiten zu erwarten.

Insbesondere die verdichtungsunwilligen stark witterungsempfindlichen Löß/Lößlehme im Bereich des zukünftigen Erdplanums bedingen erfahrungsgemäß eine eingeschränkte Tragfähigkeit.

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 hier in der Regel durch Verdichtungsmaßnahmen allein nicht erreichbar sein.

16.2.2. Bodenaustausch

Für die Sicherstellung eines anforderungsgerecht tragfähigen Unterbaus ist ein Bodenaustausch in ca. 35-40cm Stärke voraussichtlich erforderlich.

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/m^2 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.

16.2.3. Qualifizierte Bodenverbesserung

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

Es wird ein Bindemittelanspruch von rund 4 M.-% bei einer Frästiefe von 35cm (i.e. ca. 28kg/m^2) abgeschätzt.

Als Bindemittel werden entweder ein geeignetes Fertiggemisch (z.B. Bodenbinder 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 [25] hingewiesen.

17. Zusammenfassung und Empfehlungen

17.1. Zusammenfassung

Im Zuge der Baugrunderkundungen wurde unter Mutterbodenauflage und teilweise geringmächtigen Auffüllungen vorwiegend Löß/Lößlehm, Hanglehm/-schutt sowie die Verwitterungsdeckschicht des Unteren Keupers erkundet. Zudem wurde im Schurf SCH03 der Fels des Unteren Keupers aufgeschlossen.

Unter Zugrundelegung der Vorgaben des Leitfadens zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen sind die orientierend untersuchten Bodenproben aus den Auffüllungen und natürlichen Böden als Z0-Material einzustufen.

Die Baugruben für den Leitungsgrabenbau können geböscht erstellt werden. Die Wasserhaltung wird vorrangig auf die Fassung von Tagwasser auszulegen sein

Der vorhandene Bodenaushub kann nur nach einer Vergütung mittels hydraulischer Bindemittel für eine Wiederverfüllung der Leitungsgräben verwendet werden.

Anhand der Aufschlussresultate ist davon auszugehen, dass die erforderliche Tragfähigkeit im Erdplanum der Verkehrsflächen trotz Verdichtung durchgängig 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 des geotechnischen Sachverständigen erfolgen.


17.2. 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 von geotechnischen Geländeschnitten zusammengefasst. Hier werden Angaben zur vermuteten Verteilung der 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



- Verteiler:**
- gedruckt (3-fache Ausfertigung) Stadt Ochsenfurt
 - elektronisch Stadt Ochsenfurt
 - elektronisch ARZ Ingenieure GmbH & Co. KG



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.