



22226-G01

31.01.2023

GEOTECHNISCHER BERICHT

ERSCHLIEßUNG BAUGEBIET „40 GÄRTEN“ - TAUBERRETTERSHEIM

PROJEKT: 22226-BG Baugebiet Vierzig Gärten – Tauberrettersheim

AUFTRAGGEBER: Gemeinde Tauberrettersheim

VG Röttingen

Marktplatz 1

97285 Röttingen

ORT: 97285 Tauberrettersheim

PROJEKTLEITER: Dipl.-Ing. N. Oehler

SACHBEARBEITER: M.Sc. Geowiss. B. Grzegorzek

Exemplar 1/1 mit 48 Seiten, 7 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>VIII</u>
<u>d.</u>	<u>Verzeichnis der Anhänge</u>	<u>IX</u>
<u>1.</u>	<u>Anlass und Aufgabenstellung</u>	<u>10</u>
<u>2.</u>	<u>Bauvorhaben</u>	<u>10</u>
<u>3.</u>	<u>Untergrunderkundung</u>	<u>11</u>
<u>4.</u>	<u>Topographie des Untersuchungsgebietes</u>	<u>13</u>
<u>5.</u>	<u>Geologischer Überblick</u>	<u>13</u>
<u>6.</u>	<u>Erdbebenzone</u>	<u>14</u>
<u>7.</u>	<u>Kampfmittelbelastung</u>	<u>14</u>
<u>8.</u>	<u>Schutzgebiete (Trinkwasser, Bodendenkmal etc.)</u>	<u>14</u>
<u>9.</u>	<u>Geotechnische Schichten</u>	<u>15</u>
9.1.	Oberflächenbefestigung	15
9.2.	M – Mutterboden	15
9.3.	A – Auffüllungen	16
9.4.	L – Lockergesteine	17
9.4.1.	L1 – Löß/Lößlehm	17
9.4.2.	L2 – Schwemmlehm/Schwemmsand	17
9.4.3.	L3 – Hangschutt	18
<u>10.</u>	<u>Hydrogeologische Verhältnisse</u>	<u>18</u>
10.1.	Grundwasserhorizont	18
10.2.	Versickerungsversuche	19
10.3.	Betonaggressivität	20
10.4.	Hochwassergefahr	20
<u>11.</u>	<u>Geotechnische Schichten, bodenmechanische Laborversuche, Eigenschaften</u>	<u>21</u>
11.1.	Vorbemerkungen	21
11.2.	Schichten	22
11.2.1.	Oberflächenbefestigung	22
11.2.2.	M – Mutterboden	23
11.2.3.	A1 – Schottertragschicht	23
11.2.4.	A2 - Auffüllung	24
11.2.5.	L1+ Löß/Lößlehm und L2 – Schwemmlehm	24

12.	<u>Ergebnisse der umweltgeotechnischen Laborversuche</u>	25
12.1.	Boden	25
12.2.	Schwarzdecken	28
13.	<u>Bodenklassen – Homogenbereiche</u>	29
13.1.	Vorbemerkungen	29
13.2.	Homogenbereiche DIN 18300:2016	30
14.	<u>Allgemeine erdbautechnische Angaben</u>	30
15.	<u>Erdstatische Kennwerte</u>	33
15.1.	Vorbemerkungen	33
15.2.	A – rollige Auffüllungen	33
15.3.	A – bindige Auffüllungen	34
15.4.	L1 –Löß/Lößlehm	34
15.5.	L2 – Schwemmlehm	34
15.6.	L3 – Hangschutt	34
16.	<u>Verkehrswege</u>	35
16.1.	Frostsicherheit	35
16.2.	Tragfähigkeit des Erdplanums	36
16.2.1.	Ausgangssituation und Vorbemerkungen	36
16.2.2.	Bodenaustausch	37
16.2.3.	Bodenverbesserung	37
17.	<u>Leitungsgräben</u>	38
17.1.	Sicherung der Leitungsgräben	38
17.2.	Wasserhaltung	39
17.3.	Leitungsbettung	40
17.4.	Rückverfüllung der Kanalgräben	41
18.	<u>Retentionsbecken/Regenrückhaltebecken</u>	42
18.1.	Vorbemerkung	42
18.2.	Erdbecken mit Dichtungssohle und Abflussleitung	43
19.	<u>Bewertung Versickerungsfähigkeit</u>	43
19.1.	Grundlagen	43
19.2.	Versickerungsfähigkeit des Untergrundes	45
20.	<u>Zusammenfassung und Empfehlungen</u>	45
20.1.	Zusammenfassung	45
20.2.	Empfehlungen	46

a. Verzeichnis der Unterlagen

- /1/ Lageplan Entlastungskanal, Lageplan Baugebiet, Skizze Aufschlusspunkte Straßenaufbruch, Schriftverkehr Baugrunduntersuchung Denkmalschutz und Übersichtslageplan, VG Röttingen, E-Mail vom 14.11.2022, Dateien: 20220524_2.1_VE_ÜP-01_Übersichtslageplan.pdf, 20220524_2.2_VE_LP-01_Lageplan-Baugebiet.pdf, 20220524_2.3_VE_LP-02_Lageplan-Entlastungskanal.pdf, Skizze Aufschlusspunkte für Analyse Straßenaufbruch.pdf, 221111_Schriftverkehr Baugrunduntersuchung_Denkmalschutz.pdf
- /2/ Digitale Plangrundlagen Gesamtplan Vorabzug, Horn-Ingenieure, E-Mail vom 23.11.2022, Dateien: M-2022-2711-1_0_Gesamtplan-Vorabzug mit BP.pdf, 280621_DFK.dwg
- /3/ Gesamtplan-Vorabzug mit BP denkmalschutzrechtliche Untersuchung und Bestandspläne, VG Röttingen, E-Mail vom 23.11.2022, Dateien: M-2022-2711-1_0_Gesamtplan-Vorabzug mit BP.pdf, 160428_Sche_Kanal02.pdf, 160428_Sche_Kanal01.pdf, 160301_Sche_Wasser01.pdf

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 EN ISO 14688-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 1: Benennung und Beschreibung, November 2020.
- [11] DIN EN ISO 14688-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen, November 2020.
- [12] DIN EN ISO 14689, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels, Mai 2018.
- [13] DIN EN ISO 22475-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen, Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung, Januar 2007.

- [14] DIN EN ISO 22476-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen, Teil 2: Rammsondierungen, April 2005
- [15] DIN 18196, Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke und Methoden zum Erkennen von Bodengruppen.
- [16] ATV DIN 18300:2012, VOB, Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) Erdarbeiten
- [17] ATV DIN 18300:2019, VOB, Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) Erdarbeiten
- [18] ATV DIN18303:2019, VOB Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) Verbauarbeiten
- [19] DIN 4124, Baugruben und Gräben; Böschungen, Verbau Arbeitsraumbreiten.
- [20] RStO 12, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012
- [21] ZTVE-StB 17, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017.
- [22] ZTVA-StB 12, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 2012
- [23] Geologische Karte von Bayern, GK 1 : 25000 Blatt 6525 Weikersheim, Bayerisches Geologisches Landesamt mit Erläuterungen
- [24] Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln, FGSV 2004
- [25] Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, DWA-A 138
- [26] Wiederspahn, M. (1997): Versickerung von Niederschlagswasser aus geowissenschaftlicher Sicht, Arbeitskreise Umweltgeologie und Kommunalgeologie, Arbeitsgruppe Versickerung, Schriftenreihe des BDG, Heft 15, 1997 Bonn
- [27] Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen, Leitfaden zu den Eckpunkten, 31.01.2020 (sog. Eckpunkt Papier)

- [28] Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, RuVA-StB 01, Ausgabe 2001, Fassung 2005

c. Anlagenverzeichnis

- Anlage 1. LAGEPLÄNE
 - Anlage 1.1. AUSZUG AUS DER TOPOGRAPHISCHEN KARTE
 - Anlage 1.2. AUSZUG AUS DER GEOLOGISCHEN KARTE
 - Anlage 1.3. ÜBERSICHTSLAGEPLAN MIT LAGE DER AUFSCHLÜSSE
- Anlage 2. AUFSCHLÜSSE
 - Anlage 2.1. DIREKTE AUFSCHLÜSSE
(RAMMKERNSONDIERUNGEN UND KERNBOHRUNGEN)
PROFILE UND SCHICHTENVERZEICHNISSE
 - Anlage 2.2. INDIREKTE AUFSCHLÜSSE (RAMMSONDIERUNGEN)
RAMMDIAGRAMME
- Anlage 3. GEOTECHNISCHE GELÄNDESCHNITTE
- Anlage 4. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE
- Anlage 5. ABFALLRECHTLICHE UND UMWELTCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN
- Anlage 6. VERSICKERUNGSVERSUCHE
- Anlage 7. FLÜGELSCHERVERSUCHE

d. Verzeichnis der Anhänge

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

1. Anlass und Aufgabenstellung

Die Gemeinde Tauberrettersheim beabsichtigt im westlichen Teil des Ortes das Baugebiet „Vierzig Gärten“ zu erschließen.

Die PeTerra GmbH, Kitzingen, wurde am 08.11.2021 per Schreiben von der Gemeinde Tauberrettersheim auf Grundlage des Angebots Az.-Nr. 22351-BG-AQ1-oeH vom 02.09.2022 mit der Erstellung eines Geotechnischen Berichtes auf Basis einer Baugrunduntersuchung beauftragt.

2. Bauvorhaben

Die Gemeinde Tauberrettersheim plant das Baugebiet „Vierzig Gärten“ in ihrem Gemeindeteil Tauberrettersheim zu erschließen. Das Baugebiet wird entlang eines bestehenden Wirtschaftsweges angeordnet. Der Weg wird dazu ausgebaut.

Weiterhin ist im Rahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung ein Entlastungskanal entlang eines bestehenden landwirtschaftlichen Weges und ein Regenrückhaltebecken nordwestlich des Baugebiets geplant.

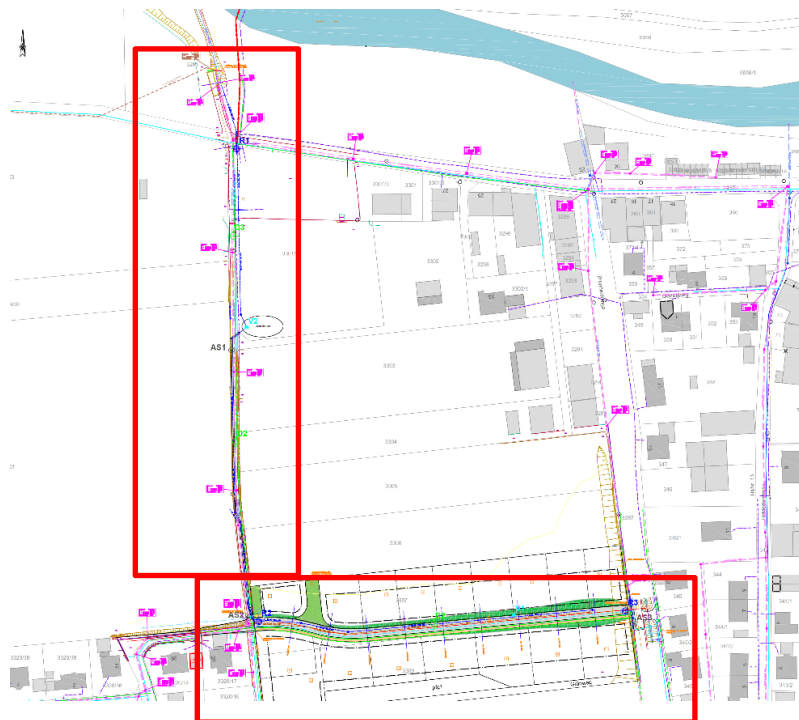


Abbildung 1: Erschließung BG „Vierzig Gärten“, Gemeinde Tauberrettersheim

Das Projekt wird aufgrund der erwarteten geotechnischen Untergrundverhältnisse und den bautechnischen Anforderungen gem. EC 7 in die Geotechnische Kategorie GK2 eingeordnet.

3. Untergrunderkundung

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurden durch die PeTerra GmbH zwischen dem 07.12.2022 und dem 08.12.2022 fünf Rammkernsondierungen (RKS01-RKS03, V01 und V02) und drei Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH01-DPH03) niedergebracht. Weiterhin wurden an fünf Stellen Kernbohrungen in der Schwarzdecke der vorhandenen Verkehrsfläche durchgeführt.

Die angestrebte Aufschlusstiefe von 4m wurde in zwei von drei RKS erreicht. Die RKS V01 und V02 der Versickerungsversuche wurden bis auf 2,50m und 3,00m abgeteuft. In den indirekten Aufschlüssen (DPH) wurde die Endteufe von 4m jeweils erreicht.

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

In der Aufschlussbohrung V01 und V02 wurde ein zweistufiger Versickerungsversuch zur Ermittlung der Durchlässigkeit in situ durchgeführt.

In den Sondierungen RKS01 und V02 wurden zudem je ein Flügelscherversuch zur Bestimmung der undrainierten Scherfestigkeit in situ ausgeführt.

Die Aufschlussstellen in Bereich von Verkehrswegen wurden gemäß genehmigter verkehrsrechtlicher Anordnung nach Regelplan BIV/1 abgesichert.

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

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

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse sind in dem Übersichtslageplan in Anlage 1.3 eingetragen.

Tabelle 1: Lage, Höhe und Endteufe der Sondierungen

Aufschluss	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Höhe [mNN]	Endteufe [m]
RKS01	567338	5482975	229,23	4,00
RKS02	567358	5482726	235.98	4,00
RKS03	567550	5482732	238.41	1,45
V01	567491	5482731	236.00	3,00
V02	567351	5482881	231.55	2,50
DPH01	567455	5482728	235.85	4,00
DPH02	567348	5482823	231.89	4,00
DPH03	567347	5482926	231.43	4,00
As01	567342	5482974	231.38	0,15
As02	567344	5482922	231.42	0,06
As03	567346	5482826	248,23	0,08
As04	567354	5482726	236.01	0,10
As05	567554	5482733	238.75	0,13

Die Ergebnisse der direkten (RKS, V) 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.

Die Aufschlüsse sind in Anlage 3 in zwei geotechnischen Geländeschnitten höhenorientiert dargestellt. Hier werden auf Basis von Interpolation zwischen den

Aufschlüssen und Erfahrungswerten Angaben zur Verteilung der erkundeten Schichten gemacht.

4. Topographie des Untersuchungsgebietes

Die Gemeinde Tauberrettersheim befindet sich im äußersten Süden des unterfränkischen Landkreises Würzburg unmittelbar an der Grenze zu Baden-Württemberg und liegt auf einer Höhe von ca. 231-250mNN.

Das Dorf wird über die St2269 an das überregionale Verkehrsnetz angeschlossen.

Das Gebiet um Tauberrettersheim wird durch die von Osten nach Westen fließende Tauber, die an der nördlichen Ortsgrenze entlang fließt, entwässert.

Das Untersuchungsgebiet für die geplanten Bauplätze erstreckt sich auf einer Höhe von ca. 235mNN - 238mNN. Das Gelände für die geplanten Entwässerungsleitungen verläuft vom westlichen Ende des Baugebietes in Richtung Norden entlang des bestehenden asphaltierten Weges zur Tauber hin und fällt von 236mNN auf bis zu 229mNN ab.

5. Geologischer Überblick

Nach der geologischen Karte sind im Untersuchungsbereich die Gesteine des Mittleren Muschelkalks (mm), eine Gesteinsabfolge aus Mergel- und Tonstein in Wechsellagerung mit Dolomitstein und Kalkstein, zu erwarten (Anlage1.2).

Am äußersten östlichen Rand des Untersuchungsgebietes sind pleistozäne bis holozäne Talfüllungen (ta) kartiert, die sich aus Lehm oder z.T. kiesigen Sand zusammen setzen.

Im Bereich der nördlichen Bauplätze und entlang des asphaltierten Weges Richtung Norden zur Tauber hin sind Abschwemmmassen (w) pleistozänen bis holozänen Ursprungs kartiert, welche aus tonigen, sandigen Schluffen bis schluffigen, tonigen Sanden bestehen.

6. Erdbebenzone

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

7. Kampfmittelbelastung

Es wird eine Kampfmittelerkundung durch historisch genetische Auswertung von Luftbildern bzw. der Ortschronik und Zeitzeugen empfohlen, um das Vorliegen eines Kampfmittelverdachts und möglicher Maßnahmen im Rahmen der weiteren Baumaßnahmen bewerten zu können.

Soll eine Kampfmittelfreiheit sichergestellt werden, so kann diese in der Regel nur durch Freimessen über geophysikalische Messmethoden und ggf. Bergung von Störkörpern erlangt werden. Diese Arbeiten müssen aufgrund der gesetzlichen Vorgaben durch eine Fachfirma nach SprengG mit entsprechend ausgebildetem Fachpersonal ausgeführt werden.

8. Schutzgebiete (Trinkwasser, Bodendenkmal etc.)

Die Tauber, die nördlich der Baumaßnahme fließt, ist zusammen mit teilweise Wiesenflächen Vogelschutzgebiet (Natura 2000) und als FFH-Gebiet (Natura 2000) kartiert. Die Wiesen der Tauber sind bis zur Tauberstraße als Landschaftsschutzgebiete festgelegt. Ansonsten befindet es sich außerhalb festgesetzter Schutzgebiete. In der geplanten Baugebietsfläche „40 Gärten“ wurde ein Bodendenkmal festgesetzt, welches aktuell wissenschaftlich untersucht wird.

Teile der betroffenen Planungsfläche liegen im Überschwemmungsgebiet, das als Hochwassergefahrfläche HQ₁₀₀ erfasst ist (siehe weiter unten Kapitel 10.4).

9. Geotechnische Schichten

9.1. Oberflächenbefestigung

In den untersuchten Verkehrsflächen wurden die bestehenden Oberflächenbefestigungen mittels Kernbohrgerät aufgebohrt. Die nachfolgende Tabelle gibt die erkundeten Schichtdicken der Asphaltdeck- (Ads) und -tragschichten (Ats) wieder.

Sofern beim Bergen der Bohrkerns 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: Bohrkerns Verkehrsflächen - Aufbau + Mächtigkeiten

Aufschluss-Nr.	Asphaltdeckschicht [cm]	Asphalttragschicht [cm]	Organolept. Auffälligkeit	Bemerkung	Analytik
As01	4	6	-	Schottertragschicht 5cm	ja
As02	6	-	-	-	ja
As03	8		-	-	ja
As04	10		-	-	ja
As05	3	10	-	-	ja

9.2. M – Mutterboden

Stoffliche Zusammensetzung: Schluff, tonig, sandig bis schwach sandig, organisch, schwach kiesig

Übliche Benennung: Mutterboden (q)

Erkundete Mächtigkeiten: ca. 0,10 - 0,20m

Farbe: braun bis dunkelbraun

Lagerungsdichte:	-
Konsistenz der bind. Bestandteile:	weich bis steif
Anthropogene Bestandteile:	-
Bemerkung:	Ackerboden, Grasnarbe, teils Ziegelbruchstücke enthalten

9.3. A – Auffüllungen

Schottertragschicht

Stoffliche Zusammensetzung:	Kies, sandig
Übliche Benennung:	Schottertragschicht (A)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,05m
Farbe:	grau, braungrau
Lagerungsdichte:	-
Konsistenz der bind. Bestandteile:	-
Anthropogene Bestandteile:	-
Bemerkung:	Schottertragschicht unter einer Verkehrsfläche
Sonstige Auffüllungen:	
Stoffliche Zusammensetzung:	Schluff, stark tonig bis tonig, kiesig bis schwach kiesig, schwach organisch Kies, schluffig bis stark schluffig, organisch bis stark organisch
Übliche Benennung:	Auffüllungen (A)
Erkundete Mächtigkeiten:	0,6 - 1,1m
Farbe:	hellbraun bis dunkelbraun
Lagerungsdichte:	-
Konsistenz der bind. Bestandteile:	steif bis halbfest

Anthropogene Bestandteile: Ziegelreste, Holzreste
Bemerkung: Mergelsteinbruchstücke, teils
Kalksteinbruchstücke

9.4. L – Lockergesteine

9.4.1. L1 – Löß/Lößlehm

Stoffliche Zusammensetzung: Schluff, feinsandig, tonig, schwach kiesig,
teilweise schwach organisch
Schluff, tonig bis stark tonig, schwach
feinsandig, schwach humos

Übliche Benennung: Löß/Lößlehm (q)

Erkundete Mächtigkeiten: ca. 1,5 - 2m

Farbe: hellbraun, graubraun, olivbraun, braun bis
dunkelbraun

Lagerungsdichte: -

Konsistenz der bind. Bestandteile: weich bis halbfest

Anthropogene Bestandteile: -

Bemerkung:

9.4.2. L2 – Schwemtlehm/Schwemmsand

Stoffliche Zusammensetzung: Schluff, stark tonig, feinsandig bis schwach
feinsandig, schwach kiesig
Schluff, tonig bis stark tonig, vereinzelt
gerundete Kiese, Muschelschalenreste
Sand, schluffig, tonig (in Taubernähe)

Übliche Benennung: Schwemtlehm/Schwemmsand

Erkundete Mächtigkeiten: ca. 1 – 2m

Farbe: gelb hellbraun, braun bis hellbraun

Lagerungsdichte: -

Konsistenz der bind. Bestandteile: weich bis steif, lokal halbfest
Anthropogene Bestandteile: -
Bemerkung: teils Muschelschalenreste und Kiese im Schwemmlehm

9.4.3. L3 – Hangschutt

Stoffliche Zusammensetzung: Kies, stark schluffig bis schluffig, steinig, sandig, schwach tonig

Übliche Benennung: Hangschutt
Erkundete Mächtigkeiten: ca. 0,35 - 0,45m
Farbe: ocker, grau
Lagerungsdichte: -
Konsistenz der bind. Bestandteile: steif bis halbfest
Anthropogene Bestandteile: -
Bemerkung: Kalk- und Mergelsteinbruchstücke

10. Hydrogeologische Verhältnisse

10.1. Grundwasserhorizont

Zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten konnte lediglich in der Sondierung RKS01 Grund-/Schichtwasser in ca. 3,5m unter GOK (Grundwasserstand: absolute Höhe 227,81 m NN) festgestellt werden.

In Abhängigkeit der Witterung, insbesondere nach langandauernden Niederschlagsperioden und Starkregenereignissen, kann eine temporäre, witterungsabhängige, geringe Schichtwasserführung sowohl innerhalb des Löß als auch an den Schichtgrenzen des Löß / Schwemmlahms zum Hangschutt prinzipiell nicht ausgeschlossen werden.

10.2. Versickerungsversuche

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

Die für die Versickerung erforderliche Durchlässigkeit des Untergrunds wird zweckmäßig 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.

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 (Versuchsteil 1) und im (teil)gesättigten Zustand des Gesteins (Versuchsteil 2). Durch diese Art der Ausführung können Effekte der Sättigung des Korngerüsts und des Makroporengefüges qualitativ erfasst werden.

Die Auswertung erfolgte anhand von Auswertungsverfahren für Bohrlochversuche mit 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

Die Ergebnisse der Erst- und Wiederversickerung sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Es werden je Versuch zwei Werte angegeben. Der Erstere bezieht sich auf die Erstversickerung, der Zweite auf die Versickerung unter annähernd gesättigten Bedingungen.

Tabelle 3: Versickerungsrate und Durchlässigkeit

Versuch	Versuchsteil	Versickerungsrate [m ³ /s]	Durchlässigkeit [m/s]
V01	1	$3,27 \times 10^{-8}$	$1,9 \times 10^{-8}$
	2	$4,91 \times 10^{-8}$	$2,7 \times 10^{-8}$
V02	1	$5,50 \times 10^{-7}$	$2,7 \times 10^{-7}$
	2	$2,36 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-7}$

Nach Auswertung der Feldversuche ist aufgrund der oberflächennah anstehenden bindigen Böden im Untersuchungsbereich eine mittlere, langfristige Durchlässigkeit im Bereich $k_f = 10^{-7} - 10^{-8}$ m/s zu erwarten (vgl. Anlage 5).

Die anstehenden Lockergesteine sind somit gem. DIN 18130 als schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig einzustufen.

10.3. Betonaggressivität

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

Im Zweifel kann der Angriffsgrad über eine Analyse des Bodens nach DIN 4030 im Referenzverfahren bestimmt werden.

10.4. Hochwassergefahr

Der Untersuchungsbereich liegt teilweise in Überschwemmungsbereich HQ₁₀₀ der Tauber.



Abbildung 2: Lage des Überschwemmungsgebietes. Hochwassergefahrenfläche HQ100 (blau), Hochwassergefahrenfläche HQextrem (türkis) © UmweltAtlas Bayern

Es ist davon auszugehen, dass die Grundwasserstände im Hochwasserfall deutlich ansteigen und sich in höhere Schichten durchpausen werden.

Es wird daher empfohlen die Wasserstände des HQ₅₀, HQ₁₀₀ und HQ_{extrem} beim WWA Aschaffenburg abzufragen.

11. Geotechnische Schichten, bodenmechanische Laborversuche, Eigenschaften

11.1. Vorbemerkungen

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

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

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

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

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

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

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

Die Schichten L1 und L2 wurden aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften zusammengefasst.

11.2. Schichten

11.2.1. Oberflächenbefestigung

In den untersuchten Verkehrsflächen wurden die bestehenden Oberflächenbefestigungen mittels Kernbohrgerät aufgebohrt. Die nachfolgende Tabelle gibt die erkundeten Schichtdicken der Asphaltdeck- (Ads) und -tragschichten (Ats) und der weiteren Versiegelungen wieder.

Sofern beim Bergen der Bohrkernorganoleptische Auffälligkeiten festgestellt wurden, ist dies ebenfalls vermerkt.

Der Schichtaufbau kann dem Schichtprofil in Anlage 2 bzw. der Fotodokumentation des Anhangs 3 nachvollzogen werden.

Tabelle 4: Bohrkern - Aufbau + Mächtigkeiten der Oberflächenbefestigungen

Aufschluss-Nr.	Asphaltdeckschicht [cm]	Asphalttragschicht [cm]	Organolept. Auffälligkeit	Bemerkung	Analytik
As01	4	6	-	Schottertragschicht 5cm	ja
As02	6	-	-	-	ja
As03	8		-	-	ja
As04	10		-	-	ja
As05	3	10	-	-	ja

11.2.2. M – Mutterboden

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

11.2.3. A1 – Schottertragschicht

*Bodengruppe:	[GW]
*Massenanteil Steine (%):	10-20
*Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%):	<5 / -
*Lagerungsdichte:	k.A.

*Konsistenz (Labor- bzw. Feldansprache): k.A.

Plastizitätszahl I_p (%): k.A.

Konsistenzzahl I_c : k.A.

Schlagzahlen DPH: -

11.2.4. A2 - Auffüllung

Bodengruppe: [GU], [GU], [UL]

*Massenanteil Steine (%): 5-10

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

*Lagerungsdichte: -

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

Plastizitätszahl I_p (%): k.A.

Konsistenzzahl I_c : k.A.

Schlagzahlen DPH: $N_{10} \sim 1-2$

11.2.5. L1+ Löß/Lößlehm und L2 – Schwemmlehm

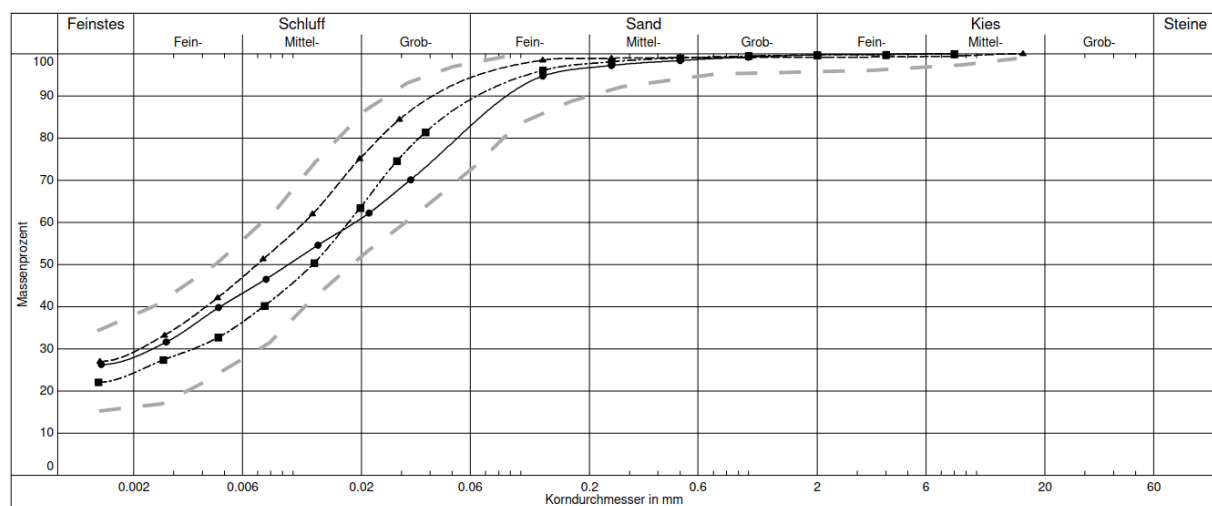


Abbildung 3: Kornverteilungsband - Schicht L1 +L2

Tabelle 5: Schicht L1 und L2 - Ergebnisse Zusammenstellung der Laborversuche

Probe	Wassergehalt w_N [%]	Kornverteilung T / U / S / G [%]	Konsistenzgrenzen w_L/w_P [%]
RKS01-5	30,76	28,0 / 60,9 / 10,8 / 0,3	66,0 / 25,4
RKS02-4	20,81	-	32,1 / 19,1
RKS02-5	26,28	29,2 / 68,5 / 1,5 / 0,8	45,3 / 17,1
V02-3	13,62	24,3 / 68,9 / 6,6 / 0,3	39,9 / 17,9

*Bodengruppe:	UL, UM
*Massenanteil Steine (%):	<5
*Massenanteil Blöcke/große Blöcke (%):	<1 / -
*Lagerungsdichte:	k.A.
*Konsistenz (Labor- bzw. Feldansprache):	halbfest bis weich
Plastizitätszahl I_p (%):	13,0 / 22,0 / 28,2 / 40,6
Konsistenzzahl I_c :	0,67 / 0,87 / 0,87 / 1,19
undrainede Scherfestigkeit [kN/m^2]:	>192 (Abbruch wg. zu hohem Drehmoment)
Schlagzahlen DPH:	$N_{10} \sim 1-4$

12. Ergebnisse der umweltgeotechnischen Laborversuche

12.1. Boden

Hinsichtlich einer abfallrechtlichen Voreinstufung wurden folgende Proben orientierend abfallrechtlich untersucht:

Auffüllungen:

Proben: RKS01-3, RKS02-2

Die Proben 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 GmbH, Bruckberg ausgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen können den Prüfberichten 3365876 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 "Lehm/Schluff" herangezogen.

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

Tabelle 6: Auffüllungen - Ergebnisse Analytik gemäß Eckpunktepapier

Probe	Einzelwerte – Parameter (Konzentration)			Einstufung nach Eckpunktepapier
RKS01-3	<i>Feststoff:</i>	-	-	Z0
	<i>Eluat:-</i>	-	-	
RKS02-2	<i>Feststoff:</i>	-	-	Z0
	<i>Eluat:-</i>	-	-	

Die untersuchten Proben weisen TOC-Gehalte von 1,36% (RKS01-3) und 1,01% (RKS02-2) als relevanten Parameter auf. Liegt der TOC-Gehalt von Bodenproben zwischen > 1% und 3% sind zusätzliche Anforderungen beim Einbau gemäß Eckpunktepapier einzuhalten.

Die Auffüllungen sind im Rahmen des Aushubes in jedem Fall zu separieren.

Aufgrund der enthaltenen Fremdbestandteile sind die Auffüllungen für Trockenverfüllung an sehr empfindlichen Standorten der Kategorie A nicht geeignet.

Prinzipiell gilt, dass sensorisch auffälliger Bodenaushub sowie Auffüllungen in jedem Fall gesondert aufzuhalten sind.

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

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

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

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

12.2. Schwarzdecken

Aus der Schwarzdecke der Oberflächenversiegelungen wurden mittels Kernbohrgerät fünf Asphaltkerne (As01 bis As05) entnommen.

Durch die AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, wurde diese Probe auf PAK in der Originalsubstanz und Phenole im Eluat gem. RuVA-StB 01 untersucht. Die Ergebnisse können im Prüfbericht 3365876 in Anlage 5 entnommen werden.

Tabelle 7: Analyseergebnisse Oberflächenversiegelungen

Probenbezeichnung	Σ PAK (nach EPA) im Feststoff [mg/kg]	Phenol im Eluat [mg/l]	Benzo(a)pyren [mg/kg]	Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01
As01	3,1	<0,01	0,35	A
As02	3,9	<0,01	0,94	A
As03	1,1	<0,01	0,07	A
As04	0,7	<0,01	0,05	A
As05	7,0	<0,01	0,42	A

Gemäß den chemischen Untersuchungsergebnissen können die Schwarzdecken der untersuchten Verkehrsflächen der Verwertungsklasse A zugeordnet und kann als Asphaltgranulat im Heißmischverfahren wiederverwertet werden.

Bei organoleptischen Auffälligkeiten (z.B. teerpechtypischer Geruch) 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.

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

13. Bodenklassen – Homogenbereiche

13.1. Vorbemerkungen

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 8: Bodenklassen des Aushubs

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Verdichtbar- keitsklasse	Frostempfind- lichkeitsklasse ZTVE StB 17	Bodenklasse VOB DIN 18300:2012
M – Mutterboden	OU	-	-	1
A1 – Schottertragschicht	[GW], [GU]	V1	F1	3
A2 – Auffüllung	[GU*], [UL]	V2-V3	F3	4
L1 – Löß	UL, UM	V3	F3	4
L2 – Schwemmlehm	UL, UM, TL, TM	V3	F3	4
L3 - Hangschutt	GU, GU*	V2	F3	4-5

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

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 9: Homogenbereiche Erdarbeiten (DIN18300:2016)

Homogenbereich	ERD-1	ERD-2	ERD-3	ERD-4
Schichten	M	A1	A2	L1+L2

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

14. Allgemeine erdbautechnische Angaben

Nachfolgend werden allgemeine erdbautechnische Angaben zusammengestellt.

Insgesamt belegen die Laborversuche und Feldansprachen für bindigen Auffüllungen, Löß/Lößlehme und Schwemmlerme eine hohe bis sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber Wasserzutritt. Hier können bereits geringe Wassergehaltsänderungen zu einem völligen Aufweichen führen. Sie bedürfen daher eines Schutzes vor Vernässung.

Ein Befahren des strukturempfindlichen bindigen Erdplanums während und nach Nässeperioden ist zu vermeiden bzw. auf das absolut notwendige Maß zu beschränken. Hier besteht die Gefahr eines tiefgründigen Aufweichens mit der Folge aufwändiger zusätzlicher Stabilisierungsmaßnahmen. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen kann partiell die Einstellung der Erdarbeiten, soweit möglich, daher sinnvoll sein. Im Zweifel sind ggf. die bindigen Böden vollständig im bautechnisch erforderlichen Maß aus dem Erdplanum auszuräumen und durch witterungsunempfindliches Material zu ersetzen 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 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.

Die Sondierung RKS03 saß bei rund 1,5m im Hangschutt auf. Es kann hier nicht ausgeschlossen werden, dass bereits der Fels des Mittleren Muschelkalk ansteht. Es wird eine Nacherkundung durch einen Schurf empfohlen.

Bei der Lagerhaltung, Verladung und Schüttung von Erdbaustoffen sind Qualitätsbeeinträchtigungen durch z.B. Entmischung zu vermeiden und durch gezielte technische Maßnahmen entgegenzuwirken.

Durch Anlage von geeigneten Probefeldern im Rahmen der Baumaßnahme sollten die erforderlichen Parameter zum Bodenaustausch bzw. der hydraulischen Bodenverbesserung wie Austauschmächtigkeit oder Frästiefe, Anzahl der Übergänge mit dem Verdichtungsgerät, Bindemittelgehalt/Bodenaustauschmaterial etc. festgelegt werden. Isolierte Schwachstellen im vorverdichteten Erdplanum der Verkehrswege können durch ein sog. Proof-Rolling mit beladenen LKW lokalisiert werden.

Bodenverbesserungsmaßnahmen mit hydraulischen Bindemitteln sind beim Fräsvorgang mit unvermeidlicher Staubentwicklung verbunden. Insbesondere bei direkt angrenzender Wohnbebauung bzw. staubempfindlichem Nutzungsumfeld (Gewerbebetrieben wie Autohäusern, Feinmechanik etc., Forschungs- oder Gesundheitseinrichtungen etc.) kann dies problematisch sein. Zudem muss sichergestellt sein, dass durch das Fräsen erdverlegte Leitungen nicht beschädigt werden. Steine größer 63mm Kantenlänge sind entweder technisch auszusondern oder die Fräse auf das erwartete Kornspektrum auszulegen.

Aufgrund des sehr hohen bindigen Anteils der zu verbessernden Böden wird die Zugabe von Stützkorn (z.B. 0/56) im Verhältnis 1 : 4 (Stützkorn zu Boden) empfohlen, um den Bindemittelanspruch zu reduzieren und die Verarbeitbarkeit zu verbessern.

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

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

Die Verdichtung der Rückverfüllung der Leitungsgräben ist durch geeignete Maßnahmen nachzuweisen. Für den eingebauten und verdichteten Boden muss bis ca. 1m unter Erdplanum der Verkehrsflächen mindestens 97% Proctordichte und danach mindestens 99% Proctordichte nachgewiesen werden.

Stichpunktartig sollte nach vollständiger Rückverfüllung der Leitungsgräben insbesondere der Kanalgräben die Verdichtung durch Leichte Rammsondierungen überprüft werden. Alternativ kann eine lagenweise Kontrolle der Rückverfüllung durch dynamische Lastplattendruckversuche vorgenommen werden. Hierbei sollten je Einbaulage und Haltung mindesten zwei dynamische Lastplattendruckversuche durch den beauftragten Unternehmer ausgeführt werden.

Die durchgeführten Eigenkontrollen im Verkehrswege- und Leitungsbau sind in einer Gesamtdokumentation am Ende der Maßnahme nachvollziehbar zu belegen.

Im Rahmen der Probefelder sind zudem die indirekten an den direkten Prüfmethode zu ‚eichen‘. Hier ist durch statistische Auswertung der Zielwert der indirekten Prüfmethode so fest zulegen, 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 Aufschlussresultate in Verbindung mit Erfahrungswerten abgeschätzt, soweit sie nicht labortechnisch oder auf Basis von z.B. Flügelscherversuchen bestimmt wurden.

In den nachfolgenden Zusammenstellungen werden die erwarteten Bandbreiten und die charakteristischen Bemessungskennwerte angegeben. Hierbei ist zu beachten, dass die Steifemodule lastabhängig sind und an die tatsächlichen effektiven Bodenspannungen in Folge der Gründungslasten anzupassen sind.

15.2. A – rollige Auffüllungen

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 19 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 21 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 9 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 11 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\varphi'_{\min} = 30^\circ$	... $\varphi'_k = 35^\circ$	... $\varphi'_{\max} = 40^\circ$

Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 0 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{k} = 0,5 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 2 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 10 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 15 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 25 \text{ MN/m}^2$

15.3. A – bindige Auffüllungen

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 18 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 20 \text{ kN/m}^3$
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):	$\varphi'_{\min} = 22,5^\circ$	... $\varphi'_{k} = 25^\circ$	... $\varphi'_{\max} = 30^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 5 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{k} = 10 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 20 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 2,5 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 5 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 8 \text{ MN/m}^2$

15.4. L1 –Löß/Lößlehm

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 18 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 19,5 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 8 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{k} = 9 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 9,5 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\varphi'_{\min} = 22,5^\circ$	... $\varphi'_{k} = 25^\circ$	... $\varphi'_{\max} = 27,5^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 10 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{k} = 15 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 25 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 1 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 2 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 5 \text{ MN/m}^2$

15.5. L2 – Schwemmlehm

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 18 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 19,5 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 8 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{k} = 9 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 9,5 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\varphi'_{\min} = 25^\circ$	... $\varphi'_{k} = 27,5^\circ$	... $\varphi'_{\max} = 30^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 10 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{k} = 15 \text{ kN/m}^2$	... $c'_{\max} = 25 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 1 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,k} = 2 \text{ MN/m}^2$	... $E_{S,\max} = 5 \text{ MN/m}^2$

15.6. L3 – Hangschutt

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 19 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma_{\max} = 21 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 9 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{k} = 10 \text{ kN/m}^3$	... $\gamma'_{\max} = 11 \text{ kN/m}^3$

Reibungswinkel (dräniert): $\varphi'_{\min} = 27,5^\circ$... $\varphi'_k = 32,5^\circ$... $\varphi'_{\max} = 37,5^\circ$
 Kohäsion (dräniert): $c'_{\min} = 10 \text{ kN/m}^2$... $c'_k = 15 \text{ kN/m}^2$... $c'_{\max} = 25 \text{ kN/m}^2$
 Steifemodul: $E_{S,\min} = 5 \text{ MN/m}^2$... $E_{S,k} = 10 \text{ MN/m}^2$... $E_{S,\max} = 25 \text{ MN/m}^2$

16. Verkehrswege

16.1. 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 den Belastungsklassenbereich BK1,0 bis Bk1,8 einzustufen sein.

Der Untergrund im Erdplanum ist unter Anrechnung eines üblicherweise im Mittel rund 60cm starken Straßenkoffers überwiegend der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen. Das Untersuchungsgebiet liegt in der Frosteinwirkungszone I.

Gemäß RStO 12, Tabelle 6 ist bei Zugrundelegung eines Belastungsklassenbereichs von Bk1,0 bis Bk1,8 ein Ausgangswert des frostsicheren Mindestaufbaus 60 cm für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 erforderlich.

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

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

	Örtliche Verhältnisse	
Frosteinwirkung	Zone I	0cm
Kleinräumige Klimaunterschiede	Keine besonderen Klimaeinflüsse	0cm
Wasserverhältnisse im Untergrund	Kein Grund und Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5m unter Planum	0cm
Lage der Gradienten	Geländehöhe bis Damm <2m	0cm
Entwässerung der Fahrbahn / Ausführung der Randbereiche	Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen	-5cm

Damit ergibt sich 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 – Bk1,8 von mindestens 55 cm.

Sofern durch Bodenaustauschmaßnahmen mit frostunempfindlichem Bodenmaterial bzw. durch Bodenverbesserungsmaßnahmen die Frostempfindlichkeit des Erdplanums auf die Frostempfindlichkeitsklasse auf F2 abgesenkt werden kann, kann der frostsichere Gesamtaufbau um 10cm reduziert werden.

16.2. Tragfähigkeit des Erdplanums

16.2.1. Ausgangssituation und Vorbemerkungen

Nach den Ergebnissen der durchgeführten Rammsondierungen sowie den bohrtechnischen Ergebnissen der Rammkernsondierungen werden im Bereich der Erdplanie unzureichende Tragfähigkeiten erwartet.

Insbesondere die verdichtungsunwilligen, stark bindigen Auffüllungen sowie Löß/Lößlehme im Bereich des zukünftigen Erdplanums bedingen eine erheblich eingeschränkte Tragfähigkeit.

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

Nachfolgend werden Angaben zu zwei Varianten für die Sicherstellung eines ausreichend tragfähigen Unterbaus der Verkehrswege gemacht.

Der Umfang des vorgeschlagenen Bodenaustauschs oder Bodenverbesserung sollte durch Probefelder im Rahmen der Baumaßnahme wirtschaftlich optimiert werden. Aufgrund der teilweise heterogenen Tragfähigkeiten im Erdplanum wird empfohlen ein sog. Proof-Rolling mit beladenem LKW auf einem vorverdichteten Erdplanum auszuführen, um Schwachstellen vor Ausführung der Probefelder zu lokalisieren, so dass hier gezielt ggf. zusätzliche Maßnahmen definiert bzw. ergriffen werden können.

16.2.2. Bodenaustausch

Die Tragfähigkeit des Erdplanums kann über einen Bodenaustausch sichergestellt werden. Als Austauschmaterial ist ein weit gestuftes Kies-Sand-(Stein)-Gemisch (Bodengruppe GW nach DIN 18196 z.B. Schotter 0/56, 0/63) einzusetzen und auf $D_{Pr} \geq 100\%$ zu verdichten.

In Anbetracht der vorliegenden Ergebnisse wird derzeit davon ausgegangen, dass ein Bodenaustausch in ca. 40 cm Gesamtstärke erforderlich werden wird.

Zum Trennen und Filtern wird die Verlegung eines Geotextils GRK5 mit mind. 250g/m² Flächengewicht im Erdplanum des Bodenaustausch empfohlen.

16.2.3. Bodenverbesserung

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

Es wird ein Bindemittelanspruch von rund 4Gew.-% bei einer Frästiefe von 30cm (i.e. ca. 24kg/m²) 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 Kalkzugabe ist abhängig vom Wassergehalt der örtlich anstehenden bindigen Böden. Je Prozent Wassergehalt über dem optimalen Wassergehalt können zusätzlich ca. 1Gew.-% Bindemittel erforderlich werden.

Zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit und Strukturverbesserung wird empfohlen, eine ca. 5cm starke Aufstreulage aus Schotter 0/56 mit einzufräsen.

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.

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 [24] hingewiesen.

17. Leitungsraben

17.1. Sicherung der Leitungsraben

Die Leitungsverlegung kann innerhalb geböschter Baugruben stattfinden. Bei einer Verlegetiefe bis 2m u. GOK können dabei Böschungswinkel bis max. 65° angewendet werden, sofern durchgehend bindige mit steifer Konsistenz Böden anstehen.

Leitungsraben bei Verlegetiefen über 2 m sind nach Auffassung des Gutachters jedoch generell zu verbauen.

Bei Grabentiefen bis 1,75m unter GOK können die Kanalraben unter Berücksichtigung der DIN 4124 im oberen Teil unter 45° geböschet und unverbaut hergestellt werden, sofern keine baulichen Anlagen in direkter Nähe vorhanden sind.

Bis ca. 1,5m u. GOK wird in den bindigen Auffüllungen und den bindigen Lockergesteinen eine ausreichende Kurzzeitstandsicherheit erwartet, so dass auch randgestützte Grabenverbaussystem 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 und um weichplastische Bodenzonen zu stabilisieren. Damit werden Setzungen im Nachgang zur Baumaßnahme unterbunden.

Die Stirnseiten der Haltungsabschnitte sind entweder in geeigneter Weise zu böschen oder durch Kanaldielen zu sichern.

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

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.

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

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

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

17.2. Wasserhaltung

Aufgrund der angetroffenen geotechnischen Verhältnisse kann bei Velegertiefen bis 3,5m u. GOK im Rahmen der Kanalbauarbeiten Schichtwasseranfall prinzipiell nicht

ausgeschlossen werden. Aufgrund der überwiegend bindigen Böden wird der Wasserandrang voraussichtlich jedoch so gering sein, dass konventionelle offene Wasserhaltungsmaßnahmen betrieben werden können.

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

17.3. Leitungsbettung

Generell wird das voraussichtliche Planum der Kanalgräben keine ausreichende Tragfähigkeit besitzen.

Es werden daher voraussichtlich Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich. Es wird ein Bodenaustausch in ca. 25cm Stärke durch Schotter 0/56 vorgeschlagen.

Die Leitungsbettung und Einsandung der Leitungszone sollte zum Trennen und Filtern gegen das Erdreich mittels Geotextil GRK3 mit einem Flächengewicht $>150\text{g/m}^2$ eingeschlagen werden.

Es kann zudem nicht ausgeschlossen werden, dass nach starken Regenereignissen das vorgesehene Kanalaufleger lokal aufweicht, so dass eine zusätzliche Stabilisierung erforderlich wird. Hierzu sollte dann der aufgeweichte Bereich ausgekoffert oder durch Eindrücken von Felsklein 60/120 stabilisiert werden, bevor die Bettungsschicht aus Kiessand oder Mineralbeton der Körnung 0/32 mm bis 0/56 mm aufgebracht wird.

Die genaue Bettung der Rohre richtet sich nach der DIN EN 1610 bzw. nach dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127.

In jedem Fall sollte die Kanalgrabensohle durch den geotechnischen Gutachter abgenommen werden.

Leitungsbettung und Einsandung der Leitungszone sowie die Bodenverbesserung des Erdplanums der Leitung hat dränende Wirkung. Zur Verminderung der längsdränenden Wirkung und damit unplanmäßigen Grundwasseranfall andernorts sollten in regelmäßigen Abständen Querriegel aus bindigem Boden oder Beton errichtet werden.

17.4. Rückverfüllung der Kanalgräben

Allgemein sollte vorzugsweise verdichtungsfähiges Bodenmaterial der Bodengruppen GW, SW eingebaut werden.

Die bindigen Lockergesteine können für Rückverfüllarbeiten nur dann genutzt werden, wenn eine bautechnische Verbesserung durch Zumischen von Weißfeinkalk mit mind. ca. 3 - 4 Gew.% (i.e. ca. 60 - 80.kg/m³) vorgenommen wird. Es wird ein Mischbindemittel aus 70 % Weißfeinkalk und 30% Tragschichtbinder/Zement vorgeschlagen, dass zweckmäßig z.B. mit einem Schaufelseparator eingearbeitet wird.

Zur Strukturverbesserung und Verarbeitbarkeit wird das Zumischen von Stützkorn (Schotter 0/32 oder 0/56) im Verhältnis 1 . 4 (Stützkorn zu Boden) empfohlen.

Die Leitungsgräben sind unter Berücksichtigung der Platzverhältnisse bevorzugt mit einer Grabenwalze bzw. Anbaurüttelplatte zu verdichten. Lagenstärken von 25cm bei Einsatz von Grabenwalzen und 30cm bei Anbaurüttelplatten dürfen nicht überschritten werden.

Die Leitung sollte generell gemäß den Hinweisen für das Verfüllen von Leitungsgräben gem. ZTVE-StB 17 bzw. ZTVA – StB 12 in Verbindung mit ATV-DWK-A 127 bis ca. 20 cm über Rohrscheitel vorzugsweise mit Böden der Gruppe G1 überdeckt werden.

Die Verfüllung der Leitungszone muss gemäß den Vorgaben des jeweiligen Leitungsbetreibers erfolgen (vgl. ZTVE-StB 17 bzw. ZTVA – StB 12). Die Verfüllung inkl. Verdichtung ist gemäß DIN EN 1610 auszuführen. Die in der statischen Berechnung für die Rohre angenommenen Randbedingungen sind dabei zu beachten.

Die Leitungsgräben sind bis 1m unter Erdplanum der Verkehrsfläche auf eine Proctordichte von mindestens $D_{Pr} \geq 98\%$ zu verdichten. Darüber ist eine Proctordichte größer/gleich 100% nachzuweisen.

Im Erdplanum der Straßen ist durch statische Lastplattendruckversuche ein Verformungsmodul $E_{V2} > 45 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verdichtungsverhältnis $E_{V2}/E_{V1} < 2,3$ nachzuweisen.

Verdichtungskontrollen der Grabenverfüllung sollten im Bereich der Verkehrsflächen durchgeführt werden. Dabei sind die Anforderungen für den Verdichtungsgrad und die Tragfähigkeit nach ZTVE-StB 17 bzw. ZTVA-StB 12 zu beachten.

Stichpunktartig sollte nach vollständiger Rückverfüllung der Kanalgräben die Verdichtung durch Leichte Rammsondierungen überprüft werden.

Alternativ kann partiell die Rückverfüllung mittels sog. Flüssigboden durchgeführt werden. Letzteres bietet den Vorteil, dass der Boden als pumpfähiges Gemisch eingebaut werden kann und durch seine Festigkeitsentwicklung und selbstverdichtende Wirkung keine gesonderten Verdichtungsarbeiten erforderlich sind. Der Verbau kann zudem mehr oder weniger in einem Zug mit der Verfüllung geborgen werden. Ferner kann in der Regel auch auf eine Einsandung der Leitungszone sowie die Verlegung eines Geotextils verzichtet werden.

Die Druckfestigkeit des Flüssigbodens darf $0,3\text{N/mm}^2$ nach 28 Tagen nicht wesentlich überschreiten, um spätere Aufgraben nicht unnötig zu erschweren.

Es ist eine Auftriebssicherung der Rohrleitungen vorzusehen.

Die Vorgaben der RAL-Flüssigboden bzw. H ZFSV sind zu beachten. Die ungebundenen Tragschichten im Bereich der Verkehrsflächen können hier in der Regel schon zwei Tage nach Verfüllung aufgebracht werden.

Der Einsatz von Flüssigboden wird insbesondere in komplexen Einbausituationen empfohlen, die eine konventionelle Verdichtung nicht zulassen oder erheblich erschweren.

18. Retentionsbecken/Regenrückhaltebecken

18.1. Vorbemerkung

Für die Rückhaltung von Niederschlagswasser aus dem zukünftigen Baugebiet ist die Schaffung eines Retentionsraums/Regenrückhaltebecken (RRB) in erdbauweise vorgesehen. Über die Tiefe des Beckens liegen derzeit noch keine Planunterlagen vor.

Je nach Eingriffstiefe des Beckens stehen in der Sohle Löß/Lößlehme bzw. Schwemmler an. Diese sind als schwach bis sehr schwach durchlässig zu klassifizieren.

Prinzipiell sind Retentionsbecken/RRB in Erdbauweise nach Vorgaben der zuständigen Fachbehörden zum Schutz des Grundwassers grundsätzlich so auszubilden, dass diese entweder ausreichend dicht oder durch Bodenfilter eine

Reinigungsleistung aufweisen (Retentionsfilterbecken), dass keine negativen Folgen für den Grundwasserleiter zu besorgen sind.

18.2. Erdbecken mit Dichtungssohle und Abflussleitung

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

Die örtlichen bindigen Böden werden als geeignet für die Herstellung einer Abdichtung der Beckensohle eingestuft.

Die Lößablagerungen bzw. der Schwemmlehm sollte jedoch durch Einfräsen von ca. 3 Gew.% Bentonit oder Tonmehl (i.e. ca. 18 kg/m²) vergütet werden, um die Durchlässigkeitsanforderungen zuverlässig zu erfüllen. Zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit und Strukturverbesserung wird auch hier empfohlen, eine mind. 5cm starke Schicht Schotter 0/56 mit einzufräsen.

Durch die Aufbereitung wird zudem sichergestellt, dass die Bildung von Trockenrissen minimiert wird und damit die Abdichtungswirkung dauerhaft erhalten bleibt.

Die benötigte Menge an Bentonit sollte im Vorfeld über Eignungsuntersuchungen festgelegt werden. Die Dichtungssohle ist auf mind. 98% Proctordichte zu verdichten. Auf der Dichtungssohle ist eine Schutz- und Vegetationsschicht nach den Vorgaben des Merkblatts DWA-M 176 anzuordnen. Die Durchlässigkeit der Beckenabdichtung sollte an jeweils zwei Proben aus der Dichtungsschicht der Becken im Laborversuch nach DIN 18130-1 nachgewiesen werden.

19. Bewertung Versickerungsfähigkeit

19.1. 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 Sickertraums in Bezug auf die Stabilität des Korngerüsts einerseits und auf das erforderliche Rückhaltevermögen andererseits zu bewerten.

19.2. Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Es wurden zwei Versickerungsversuche (V01 und V02) durchgeführt. V01 liegt im geplanten Baugebiet und Versuch V02 liegt im Bereich des geplanten Regenrückhaltebeckens.

Die durchgeführten Versickerungsversuche Durchlässigkeiten im Bereich von $k_f \sim 10^{-7}$ bis 10^{-8} m/s nachweisen.

Die festgestellten Durchlässigkeiten liegen außerhalb der entwässerungstechnisch sinnvollen Wertebereiche.

20. Zusammenfassung und Empfehlungen

20.1. Zusammenfassung

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurden unter der Mutterbodenaufgabe flächenhaft Auffüllungen erkundet, die zumeist in weiche bis steife Löß bzw. Lößlehmschichten übergehen. In topographisch höher gelegenen Bereichen steht Hangschutt an. Der Löß/Lößlehm wird von weichen bis gering steifen Schwemmlernen unterlagert. In Taubernähe können an der Basis der Schwemmlerne Schwemmsande angetroffen werden.

Im Umfeld der RKS03 wird eine Nacherkundung durch einen Schurf empfohlen, um das Vorhandensein von Fels zu überprüfen.

Grundwasser wurde nur im morphologisch tiefsten Abschnitt des Untersuchungsgebiet bei rund 3,6m u. GOK angetroffen. Im übrigen Bereich wird Grund bzw. Schichtwasser nur witterungsbedingt und temporär anzutreffen sein. Es werden dann nur geringe Schüttungen erwartet.

Abfallrechtliche relevanten Bodenbelastungen bzw. teerpechbürtige Belastung der Schwarzdecken wurden nicht erkundet.

Die bindigen Böden sind insgesamt nur gering tragfähig und schlecht verdichtbar. Es werden daher Bodenverbesserungsmaßnahmen im Straßenbau zur Sicherstellung eines anforderungsgerecht tragfähigen Straßenkoffers sowie für die Aufbereitung des Bodenaushubs zur Rückverfüllung der Leitungsgräben durch Einarbeiten hydraulischer Bindemittel empfohlen.

Die Tragfähigkeit des Leitungsauflegers von Entwässerungsleitungen muss durch einen Bodenaustausch sichergestellt werden.

Die Durchlässigkeit der bindigen Böden ist gering und für Anlagen zur ausschließlichen Versickerung von Niederschlagswasser nicht geeignet.

Die Beckensohle von Regenrückhalteeinrichtungen in Erdbauweise sollte durch Einfräsen von Bentonit oder Tonmehl vergütet werden.


Zur Strukturverbesserung, besseren Verarbeitbarkeit und Reduktion des Bindemittelanspruchs wird das Unterarbeiten von Schotter 0/56 in die bindigen Böden empfohlen.

20.2. 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 zweier geotechnischer Geländeschnitte 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



Dipl.-Ing.
Nils Oehler
BayikaBau
Sachverständiger
für Geotechnik
12927

Dipl.-Ing. N. Oehler
PeTerra GmbH

Verteiler: - gedruckt (1-fache Ausfertigung) Gemeinde Tauberrettersheim
- elektronisch Gemeinde Tauberrettersheim

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.