

22082 - G01

28.06.2022

## GEOTECHNISCHER BERICHT

### SCHWEIZER STUBEN UND WACHHOLDERBÜSCHLEIN III – WERTHEIM-BETTINGEN

PROJEKT: 22082-BG Schweizer Stuben und Wachholderbüschlein III  
- Wertheim-Bettingen

AUFTRAGGEBER: Stadt Wertheim  
Mühlenstraße 26  
97877 Wertheim

ORT: Schweizer Stuben u. Wachholderbüschlein III  
97877 Wertheim-Bettingen

PROJEKTLTEITER: Dipl.-Ing. N.Oehler

SACHBEARBEITER: M.Sc. Geowiss. B. Grzegorzek

***Exemplar 1/1 mit 49 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>14</u>
<u>6.</u>	<u>Erdbebenzone</u>	<u>15</u>
<u>7.</u>	<u>Kampfmittelbelastung</u>	<u>15</u>
<u>8.</u>	<u>Schutzgebiete (Trinkwasser, Bodendenkmal etc.)</u>	<u>16</u>
<u>9.</u>	<u>Geotechnische Schichten</u>	<u>16</u>
9.1.	M - Mutterboden	16
9.2.	A - Auffüllungen	16
9.3.	L – Lockergesteine	17
9.3.1.	L1 - Schwemmlehm	17
9.3.2.	L2 - Schwemmsand	17
9.3.3.	L3 – Terrassensande und -kiese	18
9.4.	F - Fels	18
<u>10.</u>	<u>Hydrogeologische Verhältnisse</u>	<u>19</u>
10.1.	Grundwasserhorizont	19
10.2.	Hochwassergefahren	19
10.3.	Betonaggressivität	20
10.4.	Versickerungsversuche	20
<u>11.</u>	<u>Geotechnische Schichten, bodenmechanische Laborversuche, Eigenschaften</u>	<u>22</u>
11.1.	Vorbemerkungen	22
11.2.	Schichten	23
11.2.1.	M - Mutterboden	23
11.2.2.	A - Auffüllungen	23
11.2.3.	L1 - Schwemmlehm	24
11.2.4.	L2 - Schwemmsand	25
11.2.5.	L3 - Terrasse/Talfüllung	26

<b><u>12.</u></b>	<b><u>Ergebnisse der umweltgeotechnischen Laborversuche</u></b>	<b>27</b>
<b><u>13.</u></b>	<b><u>Bodenklassen – Homogenbereiche</u></b>	<b>30</b>
13.1.	Bodenklassen	30
13.2.	Homogenbereiche DIN18300	31
<b><u>14.</u></b>	<b><u>Erdbautechnische Angaben</u></b>	<b>31</b>
<b><u>15.</u></b>	<b><u>Erdstatische Kennwerte</u></b>	<b>33</b>
15.1.	Vorbemerkungen	33
15.2.	A – Auffüllungen	34
15.3.	L1 - Schwemmlehm	34
15.4.	L2 – Schwemmsand	34
15.5.	L3 – Terrassensande und -kiese	34
<b><u>16.</u></b>	<b><u>Leitungsverlegung</u></b>	<b>35</b>
16.1.	Vorbemerkungen	35
16.2.	Baugruben und Baugrubensicherung	35
16.3.	Wasserhaltung	37
16.4.	Leitungsbettung	37
16.5.	Rückverfüllung der Kanalgräben	38
<b><u>17.</u></b>	<b><u>Verkehrsflächen</u></b>	<b>40</b>
17.1.	Frostsicherheit	40
17.2.	Tragfähigkeit des Erdplanums	41
17.2.1.	Ausgangssituation und Vorbemerkungen	41
17.2.2.	Bodenaustausch	42
17.2.3.	Bodenverbesserung	42
<b><u>18.</u></b>	<b><u>Bewertung Versickerungsfähigkeit</u></b>	<b>43</b>
18.1.	Grundlagen	43
18.2.	Versickerungsfähigkeit des Untergrundes	45
<b><u>19.</u></b>	<b><u>Zusammenfassung und Empfehlungen</u></b>	<b>46</b>
19.1.	Zusammenfassung	46
19.2.	Empfehlungen	47

## a. Verzeichnis der Unterlagen

- /1/ Digitale Plangrundlage, ibu TBB, E-Mail vom 29.04.2022, Datei: 210416\_ALKIS\_FDOP\_1000\_UTM.DWG
- /2/ Areal Schweizer Stuben – Baugrund, ibu TBB, E-Mail vom 16.03.2022, Datei:  
1\_Schweizer Stuben\_Wacholderbüschlein III.pdf;  
5\_Abgrenzungsplan\_städtebaulEntwurf\_20220209.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 EN 1997-1/NA Nationaler Anhang - EC 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln, 12/2010.
- [6] DIN 4020, Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke
- [7] DIN 4023, Baugrund- und Wasserbohrungen, Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse.
- [8] DIN EN ISO 14688-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 1: Benennung und Beschreibung, November 2020.
- [9] DIN EN ISO 14688-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen, November 2020.
- [10] DIN EN ISO 14689, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels, Mai 2018.
- [11] DIN EN ISO 22475-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen, Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung, Januar 2007.
- [12] DIN EN ISO 22476-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen, Teil 2: Rammsondierungen, April 2005
- [13] DIN 18196, Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke und Methoden zum Erkennen von Bodengruppen.

- [14] ATV DIN 18300:2012, VOB, Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) Erdarbeiten
  - [15] ATV DIN 18300:2019, VOB, Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) Erdarbeiten
  - [16] ATV DIN18303:2019, VOB Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) Verbauarbeiten
  - [17] DIN 4124, Baugruben und Gräben; Böschungen, Verbau Arbeitsraumbreiten.
  - [18] RStO 12, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012
  - [19] ZTVE-StB 17, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017.
  - [20] ZTVA-StB 12, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 2012
  - [21] Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln, FGSV 2004
  - [22] DWA-A 201 Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Abwasserteichanlagen
  - [23] DWA-M 176, Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und –rückhaltung
  - [24] DWA-M 178 Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem
  - [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] Geologische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 6223 Wertheim, Maßstab 1:25.000, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg mit Erläuterungen
-

- [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] Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen, Leitfaden zu den Eckpunkten, 31.01.2020 (sog. Eckpunktepapier)

## 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

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 Stadt Wertheim beabsichtigt die Liegenschaft „Schweizer Stuben“ zu einem Neubaugebiet zu entwickeln.

Darüber hinaus soll das Baugebiet Wacholderbüschlein um den Teil III erweitert werden.

Die PeTerra GmbH aus Kitzingen wurde am 23.03.2022, auf Grundlage des Angebots Az. 22140-BG-AQ1-oeh vom 16.03.2022, mit der Durchführung der Baugrundkundung sowie Erstellung eines geotechnischen Berichts beauftragt.

## 2. Bauvorhaben

Die Stadt Wertheim plant im Westen der Stadt im Ortsteil Bettingen die Liegenschaft „Schweizer Stuben“ zu einem Wohnbaugebiet umzufunktionieren sowie das Baugebiet am Wacholderbüschlein um Teil III zu erweitern.

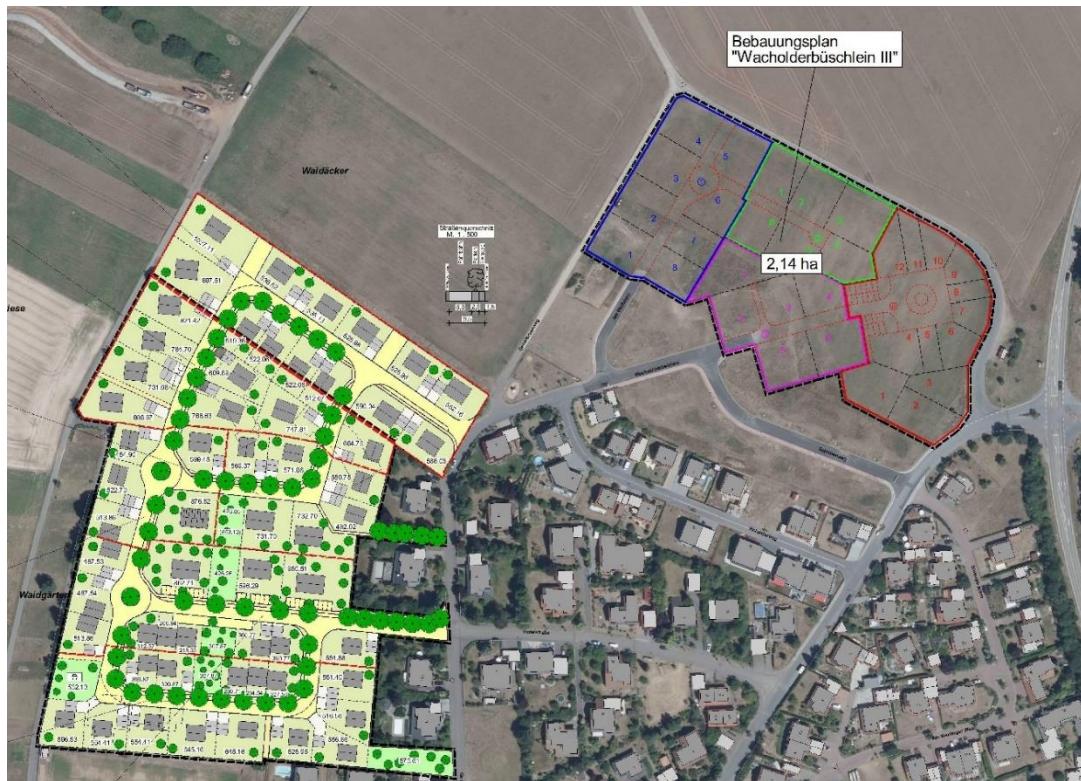


Abbildung 1: Bebauungsplan Schweizer Stuben und Wacholderbüschlein III

Für die Planung der Verkehrsflächen, Leitungsverlegung, zugehörigen Erdbau und einer örtlichen Behandlung von Niederschlagswasser ist eine Erkundung des Baugrunds nötig.

Aufgrund der angetroffenen Untergrundverhältnisse sowie der technischen Anforderungen an die Baumaßnahme wird das Projekt gem. EC7 in die geotechnische Kategorie GK2 eingeordnet.

### **3. Untergrunderkundung**

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurden durch die PeTerra GmbH zwischen dem 19.-21.04.22 insgesamt zehn Rammkernsondierungen (RKS01 – RKS07; RKS09-RKS11) sowie acht Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH01 - DPH05; DPH07-DPH09) niedergebracht. Die geplanten Aufschlüsse DPH06 und RKS08 konnten aufgrund einer fehlenden Betretungserlaubnis nicht durchgeführt werden. Darüber hinaus wurde der Aufschluss V02 ebenfalls aufgrund der fehlenden Betretungserlaubnis verschoben. Die Sondierungen RKS05 und DPH04 wurden als RKS05A bzw. als DPH04A erneut angesetzt.

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

Bei den Aufschläßen RKS01 und DPH02 wurde im Vorfeld der Bohrungen das bestehende Pflaster mittels Pflasterheber entfernt. Nach Abschluss der Sondierungen wurde der Pflasterstein wieder eingesetzt.

In den eigens für den Versuch durchgeführten Aufschläßen V01 – V03 wurde jeweils ein zweistufiger Versickerungsversuch zur Ermittlung der Durchlässigkeit in situ durchgeführt.

In den Sondierungen RKS05A, RKS07 und RKS09 wurden zudem je ein Flügelscherversuch zur Bestimmung der undrainierten Scherfestigkeit in situ ausgeführt.

Nach Abschluss der Versuche wurden die Untersuchungsstellen über ein georeferenziertes GPS (UTM32 mit Referenzsystem ETRS89, Höhenbezugssystem DHHN2016) 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	540275	5513718	143,61	4,40
RKS02	540466	5513700	152,49	1,75
RKS03	540381	5513831	147,50	5,00
RKS04	540312	5513845	144,13	2,05
RKS05	540353	5513976	143,60	1,15
RKS05A	540353	5513976	143,60	2,90
RKS06	540476	5513883	150,40	3,70
RKS07	540399	5514046	143,74	4,00
RKS09	540624	5514035	153,27	3,80
RKS10	540768	5513964	159,54	4,00
RKS11	540672	5513932	157,37	4,60
DPH01	540341	5513715	146,80	5,05
DPH02	540294	5513791	143,90	6,20
DPH03	540431	5513841	149,90	5,50
DPH04	540320	5513924	142,82	1,00
DPH04A	540320	5513924	142,82	5,00
DPH05	540422	5513924	148,02	2,95

Aufschluss	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Höhe [mNN]	Endteufe [m]
DPH07	540585	5513977	153,50	4,44
DPH08	540711	5513996	157,66	6,00
DPH09	540747	5513886	159,49	5,00
V01	540373	5513801	145,74	1,60
V02	540426	5513941	147,59	2,00
V03	540642	5513964	156,12	2,00

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

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

Die Aufschlüsse sind in Anlage 3 in sieben geotechnischen Geländeschnitten höhenorientiert dargestellt. Hier werden auf Basis von Interpolation zwischen den Aufschläßen und Erfahrungswerten Angaben zur Verteilung der erkundeten Schichten gemacht.

#### 4. Topographie des Untersuchungsgebietes

Der Ortsteil Bettingen befindet sich östlich von Wertheim unweit der Landesgrenze Baden-Württemberg – Bayern. Östlich von Bettingen liegt die Bundesautobahn A3.

Die großräumige Topographie um Bettingen ist stark durch den Main geprägt. Naturräumlich liegt der Ort an den südöstlichen Ausläufern des Spessarts im Übergangsbereich zu den Mainfränkischen Platten im Osten (vgl. Anlage 1.1).

Im Ortskern von Bettingen teilt sich der Aalbach auf und mündet gemeinsam mit dem Mühlkanal im Westen in den Main.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Norden des Ortsteils Bettingen im Siedlungsgebiet Wacholderbüschlein auf einer Höhe von ca. 143 - 159 mNN.

## 5. Geologischer Überblick

Die Geologie im Umgebungsbereich des Untersuchungsgebietes ist auf der Geologischen Karte von Baden-Württemberg, Blatt 6223 Wertheim dargestellt. Anlage 1.2 enthält einen Auszug der digitalen Geologischen Karte des Geologischen Landesamts Baden-Württemberg.

Das Kartenblatt beschreibt die geologischen Verhältnisse im Übergangsbereich zwischen der durch Buntsandstein bestimmten Spessartschwelle und der fränkischen Muschelkalktafel. Im westlichen Bereich des Kartenblattes stehen beiderseits der markanten Eintalungen der Flüsse Main und Tauber die Gesteine des Mittleren und Oberen Buntsandsteins (sm und so) an. Diese werden nach Osten hin auf den Anhöhen und Kuppen durch die Ablagerungen des Unteren Muschelkalks (mu) abgelöst. Sedimente des Buntsandsteins sind hier nur noch in den Taleinschnitten des Aalbachs und der Kembach anzutreffen. Die Oberen Röttone (so4T) bilden auf der östlichen Blatthälfte nur noch untergeordnet einzelne Verebnungen auf Hochlagen, wo sie die jüngeren Muschelkalk-Sedimente saumartig umschließen.

Die Sedimente des Buntsandsteins wurden vor mehr als 200 Mio. Jahren im sog. Germanischen Becken abgelagert und stellen eine Wechselfolge aus „bunten“ Sandsteinen und Tonsteinen dar. Die z. T. sehr harten Sandsteine des Mittleren Buntsandstein bilden überwiegend die Steilhänge des Tauber- und des Maintales bei Wertheim. Die überwiegend tiefrot gefärbten und fein- bis grobkörnigen Sandsteine sind meist gut sortiert und besitzen zahlreiche tonige Zwischenlagen. Der Anteil an Ton- bzw. Tonsteinzwischenlagen liegt im Mittel bei ca. 5 %, bei den sog. Wechselfolgen kann dieser aber bis auf 15 % ansteigen. Die Sandsteine des Mittleren Buntsandsteins gehen im Hangenden in einen feinkörnigen und gut sortierten, fast immer sehr gut geschichteten Sandstein über, den sog. Plattensandstein (so2). Dieser markiert die Grenze zum Oberen Buntsandstein und wird durch die stark bindigen

Tonsteine der Rötfolge überlagert (so3T und so4T). Typisch für den Oberen Buntsandstein sind die sehr harten und verwitterungsresistenten Quarzite, deren Mächtigkeit jedoch nur wenige Dezimeter (Grenzquarzit) bis wenige Meter (Rötquarzit, so4Q) beträgt.

Die Sedimente des Untereren Muschelkalks beginnen mit einer Kalksteinbank, dem sog. Grenzgelbkalk (GK), dessen charakteristische Farbe namensgebend ist. Die Grenzgelbkalk – Bank steht nach Angaben der Geologischen Karte östlich des Untersuchungsgebiets in der Flur Müdershausen auf einer Höhe von ca. 220 m üNN an (siehe Anlage 1.2). An den Grenzgelbkalk schließt sich eine eintönige Abfolge von Kalksteinen an, die zu den sog. Wellenkalkfolgen (mu1-mu3) zusammengefasst werden. Einzelne Leitbänke unterteilen den welligen Kalkstein, dessen strukturelle Ausprägung aus der regen Bioturbation des Sediments herröhrt, in insgesamt neun Folgen (Wellenkalkfolge 1 - 9).

Auf den östlich des Main liegenden Hängen sind insbesondere im Bereich um Kembach mächtige Lößablagerungen (lö) vorhanden. Der Löß legt sich als sehr junges äolisches Sediment aus dem Pleistozän schleierartig über die jeweils anstehenden Gesteine und ist damit nicht an ein spezielles Niveau innerhalb der Stratigrafie gebunden. Während auf den Erhebungen um Bettingen hauptsächlich die Sedimente des Untereren Muschelkalk anstehen, sind im direkten Untersuchungsgebiet die Schichten des Oberen Buntsandstein (so2 – so4Q) zu erwarten.

## 6. Erdbebenzone

Das Untersuchungsgebiet liegt außerhalb erdbebengefährdeter Gebiete in Baden-Württemberg. Es sind damit keine besonderen baulichen bzw. planerischen Maßnahmen zum Erdbebenschutz erforderlich.

## 7. Kampfmittelbelastung

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

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

## **8. Schutzgebiete (Trinkwasser, Bodendenkmal etc.)**

Das Untersuchungsgebiet liegt auf Basis einer Recherche über den Internetdienst Geoportal BW des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg außerhalb ausgewiesener Schutzgebiete.

## **9. Geotechnische Schichten**

### **9.1. M - Mutterboden**

Stoffliche Zusammensetzung:	Sand, stark organisch, stark schluffig bis schluffig, schwach humos, schwach kiesig
Übliche Benennung:	Mutterboden (q)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,05 - 0,40m
Farbe:	dunkelbraun bis braun
Lagerungsdichte:	locker bis mitteldicht
Konsistenz der bind. Bestandteile:	steif bis halbfest
Anthropogene Bestandteile:	-
Bemerkung:	Ackerboden, Grasnarbe, Wurzeln

### **9.2. A - Auffüllungen**

Stoffliche Zusammensetzung:	Sand, stark schluffig bis schluffig, kiesig
	Stein, stark kiesig, sandig, schwach schluffig
Übliche Benennung:	Auffüllung (A)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,30 - 0,55m

Farbe:	braun, beige
Lagerungsdichte:	locker bis dicht
Konsistenz der bind. Bestandteile:	steif bis halbfest
Anthropogene Bestandteile:	Ziegelreste, Schlackereste
Bemerkung:	Wurzelreste, teilweise gerundete Kiese

### 9.3. L – Lockergesteine

#### 9.3.1. L1 - Schwemmlehm

Stoffliche Zusammensetzung:	Schluff, stark sandig bis sandig, tonig bis schwach tonig, schwach kiesig
Übliche Benennung:	Schwemmlehm (q)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 0,40 - 0,95m
Farbe:	(rötlich) braun, hellbraun
Lagerungsdichte:	-
Konsistenz der bind. Bestandteile:	steif bis halbfest
Anthropogene Bestandteile:	-
Bemerkung:	-

#### 9.3.2. L2 - Schwemmsand

Stoffliche Zusammensetzung:	Sand, stark kiesig bis kiesig, stark schluffig bis schwach schluffig Sand, schwach schluffig
Übliche Benennung:	Schwemmsand (q)
Erkundete Mächtigkeiten:	ca. 1,35 - 4,35m
Farbe:	rötlich braun, beige, hellbraun, braun
Lagerungsdichte:	mitteldicht bis sehr dicht
Konsistenz der bind. Bestandteile:	weich bis halbfest

Anthropogene Bestandteile:

-

Bemerkung:

gerundete Kiese, Sandsteinbruchstücke

### 9.3.3. L3 – Terrassensande und -kiese

Stoffliche Zusammensetzung: Sand, stark kiesig bis kiesig, stark schluffig bis schluffig, schwach steinig

Kies, stark steinig, stark sandig bis sandig, schluffig bis schwach schluffig

Übliche Benennung: Mainterrasse (q)

Erkundete Mächtigkeiten: ca. 0,20 - 1,40m

Farbe: rötlich braun, braun, gräulich

Lagerungsdichte: dicht bis sehr dicht

Konsistenz der bind. Bestandteile: steif

Anthropogene Bestandteile: -

Bemerkung: Sandsteinbruchstücke, zum Teil gerundet bzw. angerundet

### 9.4. F - Fels

Der Fels konnte verfahrenstechnisch aufgrund der Sondiertechnik nicht aufgeschlossen werden. Die Rammkernsondierungen saßen in den sehr dicht gelagerten Terrassenkiesen des Main auf. Im Hinblick auf den mit der Tiefe zunehmenden Anteil an Grobkiesen und Geröllen aus umgelagerten Buntsandstein ist eine sicher Ansprache der Verwitterungsdecksschicht des Buntsandstein nicht möglich.

Werden Eingriffe in Tiefenlagen erforderlich, die über die jeweilig erreichten Erkundungstiefen hinausgehen, so werden zur Nacherkundung Baggertschürfe empfohlen.

## 10. Hydrogeologische Verhältnisse

### 10.1. Grundwasserhorizont

Es konnte in mehreren Aufschlüssen Grundwasser gelotet werden.

Im westlichen Bereich der „Schweizer Stuben“ wurde teilweise gespanntes Grundwasser bei ca. 139,5-146mNN gelotet (2,65-3,65m unter GOK). Der Druckspiegel in RKS01 lag nach 4 Stunden bei 141,16mNN (2,45m unter GOK).

Bei der Erweiterungsfläche Teil III des Baugebiets Wacholderbüschlein wurde leicht gespanntes Grundwasser auf einer Höhe von 151,84mNN bis 157,86mNN (1,68m bis 5,82m u. GOK) ermittelt.

Der Wasserspiegel des Entwässerungsgraben Richtung Main wurde zudem bei 139,38mNN per GPS eingemessen. Dieser Wasserspiegel korreliert mit den Verhältnissen am westlichen Rand des Untersuchungsgebiet der Schweizer Stuben.

Es ist von einem zusammenhängenden Grundwasserstockwerk auszugehen, das maßgeblich durch den Main beeinflusst sein wird.

In Abhängigkeit der Witterung, insbesondere nach lang andauernden Niederschlagsperioden und Starkregenereignissen, ist prinzipiell eine witterungsabhängige Schichtwasserführung innerhalb höherer Teufenlagen nicht auszuschließen.

### 10.2. Hochwassergefahren

Der Untersuchungsbereich liegt auf Basis einer Recherche über den Daten- und Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt der Baden-Württembergischen Regierung innerhalb festgelegten Hochwassergefahrenflächen.

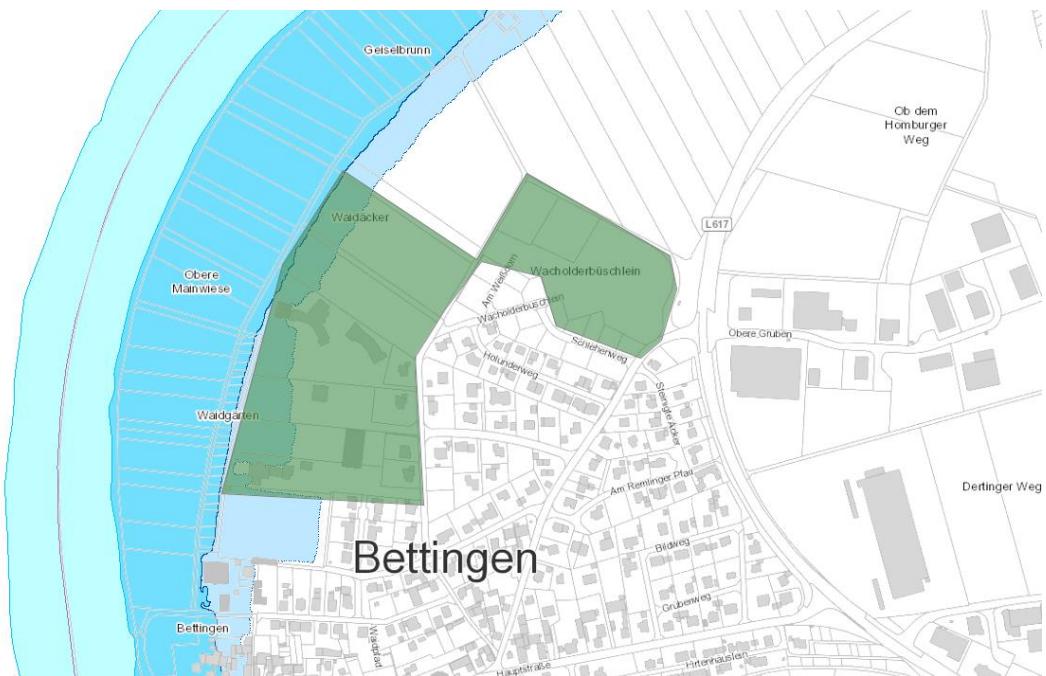


Abbildung 2: Auszug Landesanstalt für Umwelt, Baden-Württemberg bezüglich Hochwassergefahrenflächen HQ100 (blau) und HQ-Extrem (hellblau), Untersuchungsgebiet (grün).

Im Hinblick auf den unmittelbaren Einfluss der Mainwasserstände auf das Grundwasserregime sollten die Hochwasserstände für HQ<sub>50</sub>, HQ<sub>100</sub> und HQextrem bei der zuständigen Behörde eingeholt werden.

### 10.3. Betonaggressivität

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

Im Zweifel ist der Angriffsgrad über eine Analyse des Bodens nach DIN 4030 im Referenzverfahren zu bestimmen.

### 10.4. 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 bei fallender Druckhöhe mit folgendem Ansatz (nach EARTH MANUAL):

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

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

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

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 2: Versickerungsrate und Durchlässigkeit

Versuch	Versuchsteil	Versickerungsrate [m <sup>3</sup> /s]	Durchlässigkeit [m/s]
V01	1	$3,5 \times 10^{-6}$	$2,6 \times 10^{-5}$
	2	$6,6 \times 10^{-6}$	$3,6 \times 10^{-5}$
V02	1	$1,6 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-6}$
	2	$5,2 \times 10^{-7}$	$8,5 \times 10^{-7}$
V03	1	$2 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^{-6}$
	2	$6,2 \times 10^{-7}$	$2,3 \times 10^{-6}$

Nach Auswertung der Feldversuche ist bis 2m Tiefe u.GOK im Untersuchungsbereich aufgrund der hier verstärkt mit erheblichen Feinanteilen anzutreffenden Böden eine mittlere Durchlässigkeit im Bereich  $k_F = 10^{-5}$  m/s bis  $10^{-6}$  m/s zu erwarten (Anlage 5).

## 11. Geotechnische Schichten, bodenmechanische Laborversuche, Eigenschaften

### 11.1. Vorbemerkungen

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

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

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

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

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

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

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

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

## 11.2. Schichten

### 11.2.1. M - Mutterboden

*Bodengruppe:	OU
*Massenanteil Steine :	<1
*Massenanteil Blöcke /große Blöcke :	- / -
*Konsistenz:	steif bis halbfest
Plastizitätszahl $I_p$ (%):	k.A.
Konsistenzzahl $I_c$ :	k.A.
*Lagerungsdichte:	locker bis mitteldicht
Schlagzahlen DPH:	$N_{10} = 0-3$

### 11.2.2. A - Auffüllungen

*Bodengruppe:	[SW], [SU], [SU*]
*Massenanteil Steine :	<10
*Massenanteil Blöcke /große Blöcke :	<1 / -
*Konsistenz:	steif bis halbfest
Plastizitätszahl $I_p$ (%):	k.A.
Konsistenzzahl $I_c$ :	k.A.

\*Lagerungsdichte: mitteldicht bis dicht

Schlagzahlen DPH:  $N_{10} = 5 - 10$

### 11.2.3. L1 - Schwemmllehm

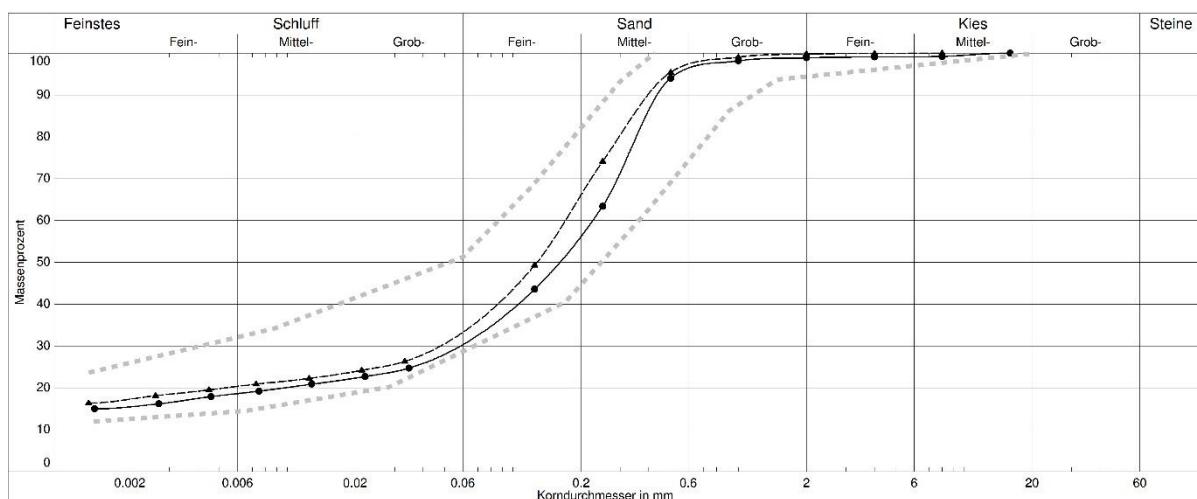


Abbildung 3: erwartetes Kornverteilungsband Schicht L1

Tabelle 3: Schicht L1 – Ergebnisse Zusammenstellung einiger Laborversuche

Probe	Wassergehalt $w_N$ [%]	Kornverteilung T / U / S / G [%]	Konsistenzgrenzen $w_L/w_P$ [%]
RKS05-4	14,7	15,4/19,9/63,6/1,1	-
RKS07-2	15,6	17,3/21,0/61,5/0,2	23,8 / 11,8

\*Bodengruppe: UL, UM

\*Massenanteil Steine : <1

\*Massenanteil Blöcke /große Blöcke : - / -

\*Konsistenz: steif bis halbfest

Plastizitätszahl  $I_p$  (%): 12

Konsistenzzahl  $I_c$ : 0,59

\*Lagerungsdichte: k.A.

undrainierte Scherfestigkeit  $C_{fu} = >192,51 \mid 139,00 \text{ kN/m}^2$ ;  $S_{tv} = - \mid 2,79$

Schlagzahlen DPH:  $N_{10} = 2 - 8$

## 1121. L2 - Schwemmsand

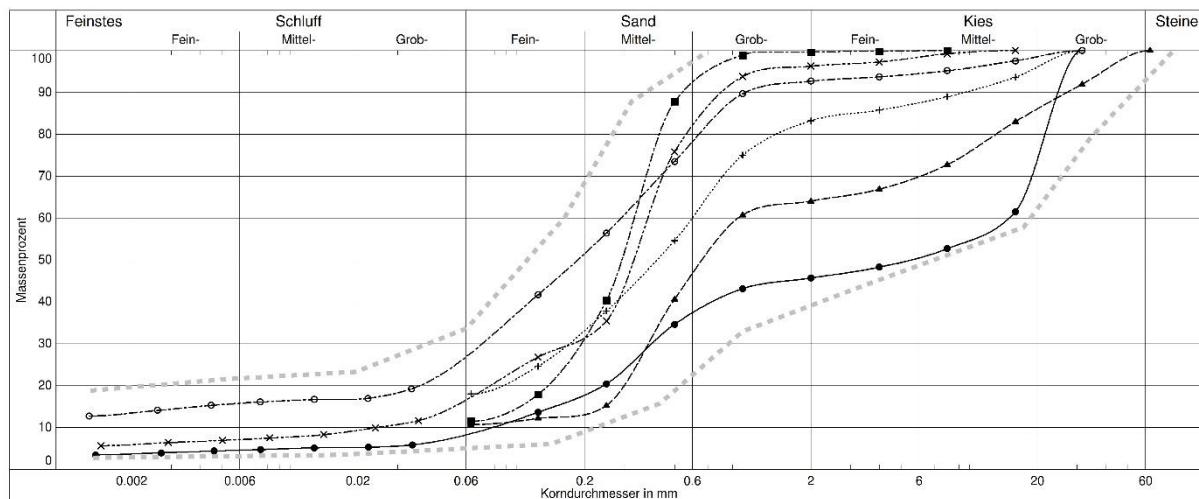


Abbildung 4: erwartetes Kornverteilungsband Schicht L2

Tabelle 4: Schicht L2 – Ergebnisse Zusammenstellung einiger Laborversuche

Probe	Wassergehalt w <sub>N</sub> [%]	Kornverteilung T + U / S / G [%]	Konsistenzgrenzen w <sub>L</sub> /w <sub>P</sub> [%]	Proctorwerte ρ <sub>Pr</sub> [g/cm <sup>3</sup> ] / w <sub>Pr</sub> [%]
RKS01-4	7,1	3,7 + 6,6 / 35,5 / 54,3	-	-
RKS03-5	6,3	10,7 / 53,4 / 36,0	-	-
RKS04-3	7,5	11,5 / 88,2 / 0,4	-	-
RKS09-4	10,1	5,9 + 14,0 / 76,4 / 3,7	-	-
RKS11-5	9,2	10,0 / 65,3 / 16,8	-	-
V02-4	11,5	13,4 + 17,2 / 62,1 / 7,3	32,6 / 12,3	-
MP-A	9,06	-	-	2,13 / 8,7

\*Bodengruppe: SW, SU, SU\*

\*Massenanteil Steine : <5

\*Massenanteil Blöcke /große Blöcke : - / -

\*Konsistenz: weich bis halbfest

Plastizitätszahl I<sub>p</sub> (%): 20,3

Konsistenzzahl I<sub>c</sub>: 0,8

\*Lagerungsdichte: mitteldicht bis dicht

undrainierte Scherfestigkeit C<sub>fu</sub> = 36,85 kN/m<sup>2</sup> S<sub>tv</sub> = 1,57

Schlagzahlen DPH:

$N_{10} = 2 - 20$

### 11.2.2. L3 - Terrasse/Talfüllung

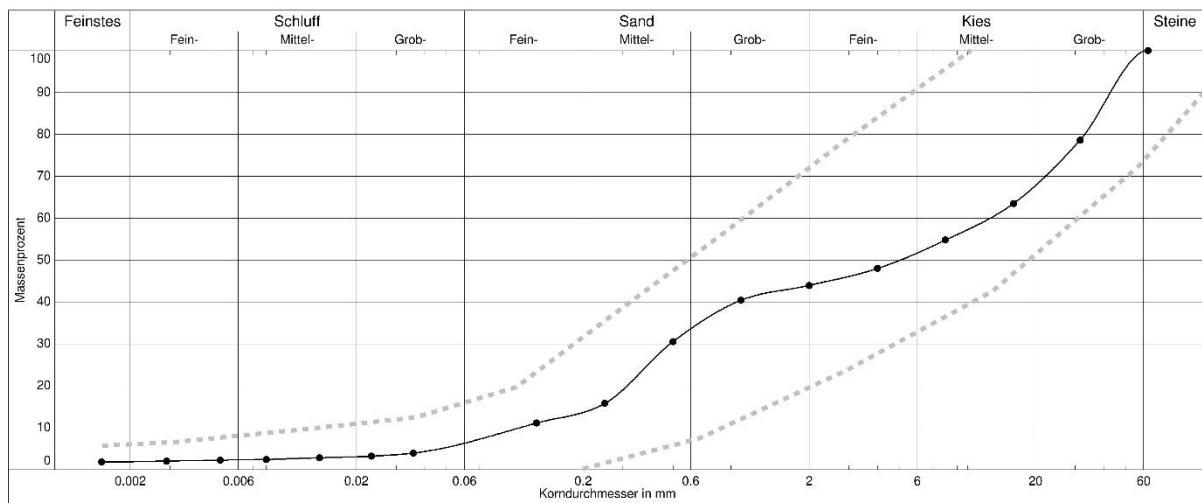


Abbildung 5: erwartetes Kornverteilungsband Schicht L3

Tabelle 5: Schicht L3 – Ergebnisse Zusammenstellung einiger Laborversuche

Probe	Wassergehalt $w_N$ [%]	Kornverteilung T / U / S / G [%]	Konsistenzgrenzen $w_L / w_P$ [%]
RKS07-3	3,9	1,8 / 6,2 / 36,0 / 56,1	-

\*Bodengruppe: GW, SU, GU, (GU\*)

\*Massenanteil Steine: 15-35

\*Massenanteil Blöcke /große Blöcke: <5 / <5

\*Konsistenz: steif

Plastizitätszahl  $I_p$  (%): k.A.

Konsistenzzahl  $I_c$ : k.A.

\*Lagerungsdichte: dicht bis sehr dicht

Schlagzahlen DPH:  $N_{10} = 8 - 60$  (100)

## 12. Ergebnisse der umweltgeotechnischen Laborversuche

Hinsichtlich einer abfallrechtlichen Voreinstufung wurden folgende Proben orientierend abfallrechtlich untersucht:

Auffüllungen:

Proben: RKS02-2, RKS04-2

Natürlicher Boden:

Proben: RKS01-3, RKS01-5, RKS05A-4, RKS10-4

Die Proben RKS02-2 und RKS04-2 wurde nach den Vorgaben LAGA M20, Tabelle II. 1.2-2 und Tabelle II. 1.2-3 in der Gesamtfraktion untersucht.

Die Proben RKS01-3, RKS01-5, RKS05A-4 und RKS10-4 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 im Prüfbericht 3286398 in Anlage 5 nachvollzogen werden.

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

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

Tabelle 6: Natürlicher Boden - Ergebnisse Analytik gemäß Eckpunktepapier

Probe	Einzelwerte – Parameter (Konzentration)			Einstufung nach Eckpunktepapier
RKS01-3	<i>Feststoff:</i> - <i>Eluat:</i> -	-	-	Z0
RKS01-5	<i>Feststoff:</i> Nickel <i>Eluat:</i> -	22	Z1.1	Z1.1
RKS05A-4	<i>Feststoff:</i> Nickel	21	Z1.1	Z1.1

Probe	Einzelwerte – Parameter (Konzentration)			Einstufung nach Eckpunktepapier
	<i>Eluat:</i> -	-	-	
RKS010-4	<i>Feststoff:</i> - <i>Eluat:</i> -	-	-	Z0

Tabelle 7: Auffüllungen - Ergebnisse Analytik gemäß LAGA M20

Probe	Einzelwerte – Parameter (Konzentration)	Einstufung nach LAGA	
RKS02-2	<i>Feststoff:</i> - <i>Eluat:</i> -		Z0
RKS04-2	<i>Feststoff:</i> - <i>Eluat:</i> -		Z0

Im natürlichen Lockergestein wurden geringe Nickelbelastungen ermittelt, die sich jedoch im Bereich der geogenen Hintergrundbelastungen bewegen und damit hinsichtlich einer Verwertung vor Ort kein Ausschlusskriterium darstellen

Die Auffüllungen und ggf. sensorisch auffälliger Bodenaushub sind prinzipiell getrennt aufzuhalten.

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

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

- Wird anstehendes Bodenmaterial vor Ort wiederverwendet, ist bei organoleptischer Unauffälligkeit in der Regel keine Beprobung/Deklaration erforderlich.
- Aushubmaterial, das nicht vor Ort wiederverwendet werden kann, sollte auf Halde witterungsgeschützt zwischengelagert werden.
- Haufwerksgrößen über 500m<sup>3</sup> werden nicht empfohlen. Haufwerke aus organoleptisch auffälligen Böden sowie Böden mit anthropogenen Anteilen

(Auffüllungen) sollten 200m<sup>3</sup> Volumen nicht überschreiten und im Zweifel eher kleiner angelegt werden. Eine Abstimmung mit dem Gutachter wird empfohlen.

- Haufwerke sind wetterfest zu kennzeichnen, um Verwechslungen auszuschließen.
- Die rechtskonforme Entsorgung des Bodenaushubs erfordert prinzipiell eine haufwerksbezogene Probenahme gem. LAGA PN 98 (qualifizierter Probenehmer) mit zugehöriger Deklarationsanalytik (akkreditiertes Labor).
- 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.
- Für das Haufwerksmanagement vor Ort ist ein erheblicher Platzbedarf gegeben.
- Ist eine Zwischenlagerung des Bodenaushubs auf der Baustelle aus logistischen Gründen nicht möglich, so muss auf ein immissionsschutzrechtlich zugelassenes Zwischenlager zurückgegriffen werden.
- Angaben zu den vorgesehenen Entsorgungswegen sollten eingeholt und vor Auftragsvergabe geprüft werden.

Folgende Angaben sind dazu durch die Bieter zu liefern:

- Entsorgungsstelle mit Anschrift
  - Art der geplanten Entsorgung (Verwertung nach LAGA, Eckpunktepapier, Deponieersatzbaustoff etc.)
  - Annahmeerklärung der Entsorgungsstelle für die ausgeschriebenen Abfallarten
- Für die Entsorgung ist ausschließlich auf zertifizierte Entsorgungsfachbetriebe zurückzugreifen.
  - Neben den erkundeten können insbesondere in Auffüllungen naturgemäß auch höhere Belastungen auftreten.

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.

## **13. Bodenklassen – Homogenbereiche**

### **13.1. Bodenklassen**

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

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

Tabelle 8: Bodenklassen des Aushubs

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Verdichtbar- keitsklasse	Frostempfind- lichkeitsklasse ZTVE StB 17	Bodenklasse VOB DIN 18300:2012
M - Mutterboden	OU	-	-	1
A - Auffüllung	[SW], [SU], [SU*]	V1-V2	F2-F3	3-4
L1 - Schwemmsand/ Flugsand	SW, SU, SU*	V1-V2	F2-F3	3-4
L2 - Schwemmlehm	UL, UM	V3	F3	4
L3 - Terrasse/Talfüllung	GW, SU, GU, (GU*)	V1, (V2)	F1-F2, (F3)	3/5, (4)

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 DIN18300

Für die Festlegung von Homogenbereichen nach DIN 18300 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)

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

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. Erdbautechnische Angaben

Nachfolgend werden allgemeine erdbautechnische Angaben zusammengestellt. Weiterführende Ausführungen erfolgen in den folgenden Abschnitten zum Leitungsbau und der Anlage von Verkehrsflächen.

Insgesamt belegen die Laborversuche und Feldansprachen für die Schichten A, L1 und teilweise L2 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.

Die Lockergesteine lassen sich mit einem Bagger mittlerer bis großer Reißkraft problemlos lösen.

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. Die teilweise im Grundwasser befindlichen Schwemmsande bzw. Schwemmlehme sind vollständig im bautechnisch erforderlichen Maß aus dem Erdplanum auszuräumen und durch witterungsunempfindliches Material zu ersetzen oder durch Bodenaustauschmaßnahmen 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. Eine Lagerung von Bodenaushub im Überschwemmungsbereich wird voraussichtlich nicht zulässig sein.

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 wie Austauschmächtigkeit, Anzahl der Übergänge mit dem Verdichtungsgerät etc. festgelegt werden.

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.

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

Der Einsatz von Recyclingbaustoffen wird aufgrund der hydrologischen Situation als unzulässig erachtet.

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 auf Grundlage der Aufschlussergebnisse in Verbindung mit Erfahrungswerten abgeschätzt, soweit sie nicht labortechnisch oder auf Basis von z.B. Flügelscherversuchen bestimmt wurden. Sie können für den Vorentwurf der baulichen Anlagen und der Baugrubensicherungen genutzt werden.

## 15.2. A – Auffüllungen

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 18 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma_{\max} = 21 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 8 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma'_{\max} = 11 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\varphi'_{\min} = 25^\circ$	$\dots \varphi'_k = 30^\circ$	$\dots \varphi'_{\max} = 32,5^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 5 \text{ kN/m}^2$	$\dots c'_k = 5 \text{ kN/m}^2$	$\dots c'_{\max} = 10 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 4 \text{ MN/m}^2$	$\dots E_{S,k} = 5 \text{ MN/m}^2$	$\dots E_{S,\max} = 7,5 \text{ MN/m}^2$

## 15.3. L1 - Schwemmllehm

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 17,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma_k = 18,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma_{\max} = 20 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 7,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma'_k = 8,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma'_{\max} = 20 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\varphi'_{\min} = 22,5^\circ$	$\dots \varphi'_k = 25^\circ$	$\dots \varphi'_{\max} = 30^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 5 \text{ kN/m}^2$	$\dots c'_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$	$\dots c'_{\max} = 15 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 3 \text{ MN/m}^2$	$\dots E_{S,k} = 4 \text{ MN/m}^2$	$\dots E_{S,\max} = 10 \text{ MN/m}^2$

## 15.4. L2 – Schwemmsand

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 18,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma_k = 20,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma_{\max} = 22 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 8,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma'_k = 10,5 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma'_{\max} = 12 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\varphi'_{\min} = 25^\circ$	$\dots \varphi'_k = 27,5^\circ$	$\dots \varphi'_{\max} = 27,5^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 7,5 \text{ kN/m}^2$	$\dots c'_k = 5 \text{ kN/m}^2$	$\dots c'_{\max} = 12,5 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 3 \text{ MN/m}^2$	$\dots E_{S,k} = 4 \text{ MN/m}^2$	$\dots E_{S,\max} = 7,5 \text{ MN/m}^2$

## 15.5. L3 – Terrassensande und -kiese

Feuchtwichte:	$\gamma_{\min} = 20 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma_k = 21 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma_{\max} = 23 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'_{\min} = 10 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma'_k = 11 \text{ kN/m}^3$	$\dots \gamma'_{\max} = 13 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel (dräniert):	$\varphi'_{\min} = 30^\circ$	$\dots \varphi'_k = 35^\circ$	$\dots \varphi'_{\max} = 45^\circ$
Kohäsion (dräniert):	$c'_{\min} = 2,5 \text{ kN/m}^2$	$\dots c'_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$	$\dots c'_{\max} = 10 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	$E_{S,\min} = 35 \text{ MN/m}^2$	$\dots E_{S,k} = 35 \text{ MN/m}^2$	$\dots E_{S,\max} = 40 \text{ MN/m}^2$

## 16. Leitungsverlegung

### 16.1. Vorbemerkungen

Verbindliche Angaben zu den Verlegetiefen der Entwässerungsleitungen liegen nicht vor. Es wird von ca. 2,5-3 u. GOK ausgegangen.

### 16.2. Baugruben und Baugrubensicherung

Schachtungen und Baugruben für die Verlegung von Leitungen können geböschter erstellt werden. Bei einer Verlegetiefe bis ca. 2,5 m u. GOK können dabei voraussichtlich Böschungswinkel bis max. 45° angewendet werden, sofern kein Grundwasser ansteht. Die Baugrubenböschungen müssen gegen Erosion und aus Stabilitätsgründen gegen Zutritt von Niederschlagswasser gesichert werden.

Hinweis:

Im Rahmen der Versickerungsversuche wurde in V01 ein Teilverbruch des Bohrlochs ab 1,2m u. GOK bei Wasserzugabe beobachtet.

Je nach Einbindetiefe der Leitungen ergeben sich dadurch erhebliche Baugrubenbreiten. Es ist daher zu prüfen, ob hier ein oberhalb des Grundwassers die Anwendung eines Verbaus durch randgestützte Verbauplatten technisch wirtschaftlich vorteilhafter ist. Die Verbaulemente sind nach einem Voraushub von ca. 1,5m ausschließlich im Absenkverfahren einzubringen, um jederzeit eine anforderungsgerechte Stützung der Baugrubenwände sicherzustellen. Im Hinblick auf die Standsicherheit des Voraushubs sind vorab im Rahmen der Baumaßnahme gutachterliche begleitete Probeschürfe zu erstellen.

Die Stirnseiten der Haltungsabschnitte sind entweder in geeigneter Weise zu böschern 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.

Tiefere Baugruben müssen durch Kanaldielen oder Spundwandverbau gesichert werden. Hierzu sind weitere Untersuchungen und Abstimmungen mit dem geotechnischen Sachverständigen erforderlich.

Bei Eingriffen in das Grundwasser wird ein nach statischen Erfordernissen ausgesteifter wasserabsperrender Spundwandverbau empfohlen, wobei auch die Stirnseiten zu verbauen sind. Die Spundbohlen und der Diesel- oder Hydraulikbär sind aufeinander abzustimmen (vgl. Rammfibel).

Der Verbau ist nach DIN 1054, DIN 4124 und der EAB zu bemessen. Dabei sind die Bodenschichtung gemäß Anlage 3 und die Bodenkenngroßen gemäß Abschnitt 15 anzusetzen.

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.

### 16.3. Wasserhaltung

Im Hinblick auf den hohen Grundwasserstand in RKS10 sowie den geringen Flurabstand in RKS01 und DPH04A wird empfohlen, eine gezielte Grundwassererkundung durch Baggerschürfe vorzunehmen, um einerseits den Grundwasserandrang visuell zu beurteilen und um andererseits Pumpversuche ausführen zu können, so dass realistische Angaben zur Dimensionierung einer Wasserhaltung abgeleitet werden können.

Werden Eingriffstiefe in den Grundwasserbereich erforderlich die Absenkungen über 0,75m in den Schwemmsanden bzw. 0,5 in den Terrassensande und Kiesen erforderlich machen, wird eine geschlossene Wasserhaltung (z.B. Vakuumkleinfilterbrunnen) in Verbindung mit Spundwandverbau erforderlich werden.

Nach derzeitigem Stand werden folgende auf Basis empirischer Korrelationen aus den Kornverteilungskurven bzw. Erfahrungswerten abgeleitete Durchlässigkeiten erwartet:

L1 – Schwemmlehm                            $10^{-7}$  bis  $10^{-8}$  m/s

L2 - Schwemmsand                            $10^{-5}$  bis  $10^{-6}$  m/s

L3 – Terrassensande und – kiese            $10^{-2}$  bis  $10^{-4}$  m/s

Die obig angegeben Durchlässigkeiten konnten für die ersten 2m u. GOK in den Versickerungsversuchen weitgehend bestätigt werden.

### 16.4. Leitungsbettung

Generell wird das voraussichtliche Planum der Kanalgräben in den Schwemmsanden und den Terrassensanden und -kiesen nach Verdichtung eine ausreichende Tragfähigkeit besitzen. In den Schwemmlehmern wird eine Stabilisierung der Grabensohle durch begrenzten Bodenaustausch (Schotter 0/32, D = 0,2m) empfohlen. Es wird eine Einbettung der Rohrleitung gem. Typ1 DIN EN 1610 angenommen.

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

Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass in bindig ausgeprägten Schwemmsanden (Feinanteil Ton + Schluff > 15%) nach starken Regenereignissen bzw. längeren feuchten Witterungsperioden das vorgesehene Kanalauflager

aufweicht, so dass eine Stabilisierung erforderlich wird. Hierzu sollte dann der aufgeweichte Bereich ausgekoffert oder durch eindrücken von Schotter 0/56 stabilisiert werden, bevor die Bettungsschicht aus Kiessand oder Mineralbeton der Körnung 0/32mm aufgebracht wird. Je nach vorgesehener Jahreszeit für die Umsetzung der tiefbautechnischen Maßnahmen wird empfohlen mehr oder weniger Bodenaustausch/Stabilisierung mit auszuschreiben. Mindestanteil von ca. 30% der Haltungslängen sollte aber in jedem Fall berücksichtigt werden.

Sollten in der Grabensohle sehr weiche Schichten vorhanden sein, so müsste vor dem Einbringen des Mineralbetons Felsklein mit einer Körnung von 60/120 mm statisch, z.B. mit dem Baggerlöffel, in den Untergrund eingedrückt werden.

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

## **16.5. Rückverfüllung der Kanalgräben**

Generell kann das anfallende Aushubmaterial der Schwemmsande sowie die Terrassensande und – kiese zur Rückverfüllung der Kanalgräben herangezogen werden. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, stark schluffige oder tonige Sande nicht im Bereich der Rohre einzubauen.

Auffüllungen und Schwemmlehme sind als nicht geeignet für die Rückverfüllung der Leitungsgräben einzustufen.

Hinzuweisen ist, dass bei ungünstigen Witterungsbedingungen eine ordnungsgemäße Verdichtung und Tragfähigkeit der Arbeitsraumverfüllung bei Rückgriff auf örtliche Böden mit einem Feinanteil (Ton + Schluff) über 15 Gew.% nur mit Bindemittelteinsatz sichergestellt werden kann. Das hydraulische Bindemittel ist dazu entweder über ein Fräsfeld oder Schaufelseparator unterzuarbeiten. Es wird eine Bindemittelanspruch von ca. 2-4 Gew.% (40- 80kg/m<sup>3</sup>) abgeschätzt. Es sollte ein Mischbindemittel zu Anwendung kommen mit einem maximalen Zementanteil von 30%.

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.

Beim Aushub anfallende steinfreie Kiessande sind für den Wiedereinbau auch in die Leitungszone grundsätzlich geeignet, wobei die Anforderungen der DIN EN 1610 zu beachten sind. Generell sollte die Eignung der Aushubmaterialien für den Wiedereinbau geprüft werden. Es wird vermutlich der Einbau von Fremdmaterial erforderlich.

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 die Rückverfüllung mittels sog. Flüssigböden durchgeführt werden z.B. in schlecht zugänglichen Bereichen, bei kreuzenden Leitungen in verschiedenen Ebenen etc. Der Boden kann als pumpfähiges Gemisch eingebaut werden kann. Durch seine Festigkeitsentwicklung und selbstverdichtende Wirkung sind 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.

## 17. Verkehrsflächen

### 17.1. 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 BK3,2 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 des obigen Belastungsklassenbereichs ein Ausgangswert des frostsicheren Mindestaufbaus 60cm für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 erforderlich.

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

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

	Örtliche Verhältnisse	
Frosteinwirkung	Zone I	0cm
Kleinräumige Klimaunterschiede	Keine besonderen Klimaeinflüsse	0cm
Wasserverhältnisse im Untergrund	Grund und Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5m unter Planum	+5cm

Lage der Gradienten	Geländehöhe bis Damm <2m	0cm
Entwässerung	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 – Bk3,2 von mindestens 60 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.

## 17.2. Tragfähigkeit des Erdplanums

### 17.2.1. Ausgangssituation und Vorbemerkungen

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

Insbesondere die verdichtungsunwilligen oberflächennah anstehenden, stark bindigen Schwemmllehme und Schwemmsand im Bereich des zukünftigen Erdplanums bedingen eine erheblich eingeschränkte Tragfähigkeit. Zudem unterliegen diese Böden einer erheblichen Witterungsempfindlichkeit, bereits relativ geringer Wasserzutritt kann zu einem völligen Aufweichen und Tragfähigkeitsverlust führen.

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

wird empfohlen vor Ausführung von Bodenaustauschmaßnahmen oder Bodenverbesserungsmaßnahmen 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.

Im Hinblick auf spätere Aufgrabungen, die im urbanen Straßenbereich häufiger auftreten, wird der prinzipielle, flächendeckende Einsatz von geogitterverstärkten ungebundenen Tragschichten nicht empfohlen, da die Geogitter dann durchtrennt werden müssen und die Wiederherstellung der Flächentragwirkung aufwändig und im erforderlichen Umfang zumeist eher fraglich erscheint

### 17.2.2. Bodenaustausch

Die Tagfähigkeit 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. 35 cm Gesamtstärke erforderlich werden wird.

Zum Trennen und Filtern ist im Erdplanum ein Geotextil GRK4 mit mind. 200g/m<sup>2</sup> zu verlegen.

### 17.2.3. 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/m<sup>2</sup>) 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.

Bei Anwendung einer qualifizierten Bodenverbesserung (Bindemittelgehalt über 3Gew%) ist zu beachten, dass im Planum dann ein Verformungsmodul von  $E_v = 70\text{ MN/m}^2$  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/m<sup>2</sup> (siehe ZTVE-StB 17, Kapitel 12.4.3.1) nachzuweisen. Dies setzt vor Ausschreibung der Baumaßnahmen zwingend Eignungsversuche am örtlichen Boden mit den vorgesehenen Mischbindemitteln 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 [21] hingewiesen.

## 18. Bewertung Versickerungsfähigkeit

### 18.1. Grundlagen

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

- Flächenversickerung
- Rigolenversickerung
- Schachtversickerung
- Muldenversickerung
- Rohrversickerung

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, Suffusion 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.  $1 \times 10^{-3}$  bis  $1 \times 10^{-6}$  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  $1 \times 10^{-3}$  m/s ist davon auszugehen, dass das Niederschlagswasser nahezu unfiltriert und ungereinigt in das Grundwasser übertritt, somit die Vorgaben des

Wasserhaushaltsgesetzes zum nachhaltigen Schutz der Grundwasserqualität nicht erfüllt werden. Hier wären dann geeignete Filteranlagen zu planen und zu unterhalten.

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

## 18.2. Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Die Versickerungsversuche in situ konnte Durchlässigkeiten im Bereich von  $10^{-5}$  bis  $10^{-6}$  m/s im Bereich bis 2m u. GOK nachweisen.

Die Durchlässigkeit ist stark abhängig vom Anteil der Feinfraktion Ton + Schluff den Lockergesteinen. Dieser nimmt tendenziell mit der Tiefe ab, so dass die Durchlässigkeit zunimmt.

Allerdings gilt zu beachten, dass der erforderliche Mindestabstand der Sohle der Versickerungsanlage zum Grundwasser eingehalten wird. Maßgeblich ist hier zumeist der höchste zu erwartende Grundwasserstand. Dieser dürfte für das Untersuchungsgebiet in etwa mit dem Wasserstand des Main bei HQ<sub>extrem</sub> zusammenfallen.

Folgende Gesichtspunkte sind bei der Planung der Versickerungsanlage aus Sicht des Gutachters zu berücksichtigen:

- Die Lage der Anlage ist so zu wählen, dass negative Auswirkungen auf Bestandsgebäude im Umfeld ausgeschlossen sind.
- Die Bemessung der Anlage erfolgt in der Regel auf Basis eines standortspezifischen Bemessungsregens mit 5-jährlicher statistischer Wiederkehrwahrscheinlichkeit. In Anbetracht der Nutzungsdauer derartiger Anlagen werden aber auch höhere Niederschlagsmengen abzuführen sein. Es ist daher zwingend ein rückstaufreier Notüberlauf in eine gesicherte Vorflut vorzusehen.

## 19. Zusammenfassung und Empfehlungen

### 19.1. Zusammenfassung

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurden im Untersuchungsbereich Mutterboden, geringmächtige Auffüllungen, Schwemmlehme, Schwemmsande sowie Terrassensande und -kiese des Main erkundet. Die Auffüllungslagen beschränken sich auf den Bereich Schweizer Stuben und landwirtschaftliche Wege.

Die Schwemmlehme, Schwemmsande sowie die Terrassenablagerungen des Main verzahnen sich durch die fluviatile Ablagerung und den Einfluss des Aalbachs.

Mit zunehmender Tiefe werden jedoch verstärkt Terrassenkiese des Mains angetroffen, die zur Basis erheblich Grobgerölle führen. Richtung Talrand konnte eine Scheidung zwischen Grobgeröllen und ggf. bereits anstehenden verwitterten Buntsandstein nicht sicher vorgenommen werden.

Grundwasser wurde nahezu flächendeckend aufgeschlossen. Lokal wurden ungewöhnlich geringe Grundwasserflurabstände erkundet. Hier werden Nacherkundungen durch Schürfe mit Pumpversuchen empfohlen, um die erforderlichen Parameter zur Dimensionierung der Wasserhaltung zu ermitteln. Im Gutachten werden Durchlässigkeit angegeben, die für Vorentwurfszwecke herangezogen werden können.

In der Regel ist von einem Grundwasserspiegel auszugehen, der durch den Uferbegleitstrom des Main beeinflusst ist und dessen Spiegeländerungen zeitverzögert und in der Amplitude gedämpft nachzeichnet.

Besondere abfallrechtliche Belastungen wurden nicht erkundet (Eckpunktepapier /LAGA Z0 – Z1.1)

In der Regel können die Baugruben bis ca. 2,5m u. GOK außerhalb des Grundwasser frei unter ca. 45° geböscht werden. Alternativ kann mittels randgestützten Verbauelementen verbaut werden. Diese sind nach geringem Voraushub ausschließlich im Absenkverfahren einzubringen.

Baugruben im Grundwasser sind mittels Spundwandverbau und begleitender Wasserhaltung zu sichern.

Im Bereich des Auflagers der Kanalleitungen sind teilweise Bodenaustauschmaßnahmen erforderlich, um eine anforderungsgerechte Bettung sicherzustellen.

Der Bodenaushub kann für die Rückverfüllung der Leitungsgräben genutzt werden. Auffüllungen und Schwemmlehme sind als nicht geeignet für die Rückverfüllung der Leitungsgräben einzustufen. Die bindig ausgeprägte Schwemmsande bedürfen einer Bodenverbesserung durch Zumischen hydraulischer Bindemittel, um die im Leitungsbau/Straßenbau notwendige Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit sicher zu stellen.

Die Tragfähigkeit des Erdplanums der Verkehrsflächen wird einem massiven Witterungseinfluss unterliegen. Es wird zur Gewährleistung einer anforderungsgerechten Tragfähigkeit eine Bodenverbesserung durch hydraulische Bindemittel empfohlen.

## **19.2. Empfehlungen**

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

Die Angaben des Gutachtens zur Untergrundbeschaffenheit sollten im Zuge der Bauausführung deshalb durch den Baugrundgutachter überprüft und bestätigt werden. Insbesondere, wenn im Zuge der Herstellung der Leitungsgräben und Erdplanie der Verkehrsflächen andere als die beschriebenen Baugrundverhältnisse angetroffen oder Planänderungen während der Baumaßnahme vorgenommen werden, sollte der geotechnische Gutachter zur Abstimmung der erforderlichen Maßnahmen hinzugezogen werden.

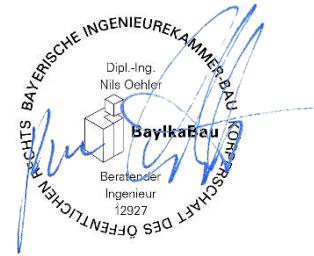
Die abfallrechtlichen Untersuchungen besitzen rein orientierenden Charakter und ersetzen keine fachgerechte Haufwerksbeprobung.

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



M.Sc. Geowiss. B. Grzegorzek

PeTerra GmbH



Dipl.-Ing. N. Oehler

PeTerra GmbH

Verteiler: - gedruckt Stadt Wertheim (1-fache Ausfertigung)  
- elektronisch Stadt Wertheim

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.