

Projekt-Nummer 20224-00002-52058/ 65128

**Weber-Consulting Beratungs GmbH**  
**Bauschlottter Str. 62**  
**75177 Pforzheim**

---

**Erschließung Bilfingen-Bell**  
**75236 Kämpfelbach-Bilfingen**

---

**Baugrunderkundung und geotechnisches**  
**Trassengutachten für den Kanal- und Straßenbau**

Pforzheim, 24.11.2020



**Dipl.-Ing. Majd Hatem**



**Dipl.-Geol. Rebekka Stöhrer**

## INHALT

	Seite
<b>1</b>	<b>Veranlassung, Aufgabenstellung und verwendete Unterlagen.....1</b>
<b>2</b>	<b>Geologischer Überblick und Morphologie.....2</b>
<b>3</b>	<b>Durchgeführte Baugrunduntersuchung .....3</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisse der Baugrunduntersuchung .....5</b>
4.1	Baugrundbeschreibung und Schichtenfolge .....5
4.1.1	Künstliche Böden .....6
4.1.1.1	<i>Auffüllungen</i> ①.....6
4.1.1.2	<i>Tragschicht</i> ②.....7
4.1.2	Natürliche Böden.....7
4.1.2.1	<i>Oberboden</i> ③.....7
4.1.2.2	<i>Hangsedimente</i> ④.....7
4.1.2.3	<i>Muschelkalk</i> ⑤.....7
4.2	Grundwasser.....8
4.3	Erdbeben .....8
4.4	Homogenbereiche für Erdarbeiten gemäß VOB Teil C, DIN 18300 .....9
4.5	Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerttabelle).....13
<b>5</b>	<b>Bautechnische Folgerungen und Empfehlungen .....14</b>
5.1	Gründung der Rohrleitungen und Schächte .....14
5.2	Sicherung und Trockenhaltung der Rohrgräben .....15
5.3	Wiederverwertung Aushub, Grabenverfüllung .....17
5.4	Verkehrsflächenbau .....19
<b>6</b>	<b>Wiederverwendung von Aushubmaterial .....22</b>
<b>7</b>	<b>Allgemeine Hinweise.....25</b>

## **TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 1	Mächtigkeit der Asphalttschicht .....	5
Tabelle 2	Bodenklassifikation für die Erdarbeiten (DIN 18300) für die künstlichen Böden.....	9
Tabelle 3	Bodenklassifikation für die Erdarbeiten (DIN 18300) für den Oberboden.....	10
Tabelle 4	Bodenklassifikation für Erdarbeiten (DIN 18300) für Hangsedimente.....	11
Tabelle 5	Bodenklassifikation für Erdarbeiten (DIN 18300) für Mittlerem und Unteren Muschelkalk (Erfahrungswerte, Schicht wurde nicht erkundet) .....	12
Tabelle 6	Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte) für künstliche Böden (Auffüllungen und Tragschichten).....	13
Tabelle 7	Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte) für Hangsedimente.....	13

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1:	Ausschnitt aus der Geologischen Karte Blatt 7017.....	2
--------------	---	---

## **ANLAGEN**

1.1	Lageplan Übersicht M.: 1:25000
1.2	Lageplan der Erkundungspunkte 1:500
2.1	Schichtprofile RKS 1 bis 9 sowie RKS 2b und RKS 3b
2.2	Schichtprofile der Ap1 und Ap2 sowie Ap1b und Ap2b
3	Bodenanalyse nach VwV-Boden und PAK nach EPA (Prüfbericht der Dr. Graner GmbH)
4	Kampfmittelfreimessung Georadar (WST GmbH)

## **1 Veranlassung, Aufgabenstellung und verwendete Unterlagen**

Die Gemeinde Kämpfelbach-Bilfingen plant auf etwa 3,6 ha landwirtschaftlich genutzter Brachflächen die Erschließung eines Wohngebiets südlich der Kirchgrundstraße und westlich der Ebbstraße.

Die Weber-Ingenieure GmbH wurde im Zuge der Planung mit einem geotechnischen Trassengutachten für den Kanal- und Straßenbau beauftragt.

Der geotechnische Bericht beinhaltet die Darstellung der Baugrunderkundung mit den ausgeführten Laborversuchen. Es werden zur Herstellung und Sicherung der Rohrgräben, zur Grabenverfüllung sowie zur Wasserhaltung erforderliche Angaben gemacht. Es werden zudem Vorgaben zur Herstellung der Verkehrsflächen gemacht.

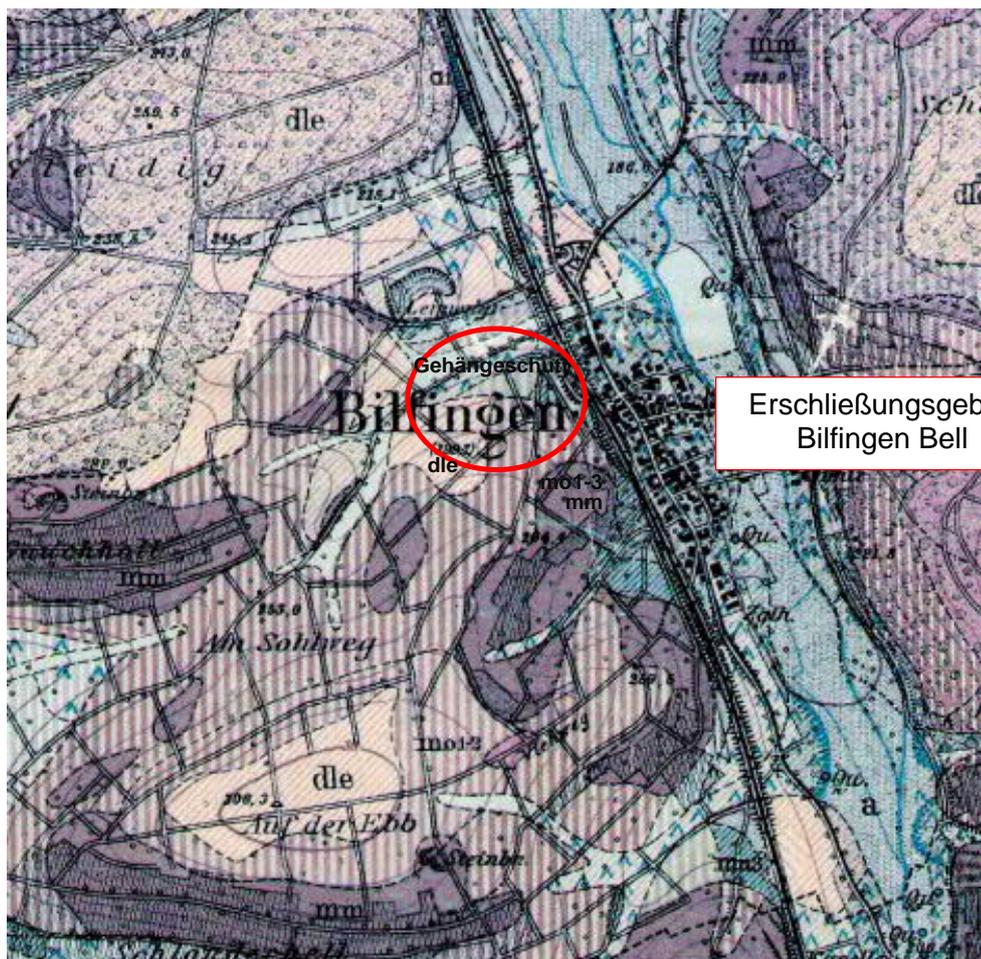
Dem Bericht dienen die folgenden Unterlagen als Grundlage:

- [U1] Weber Consulting: Vorabzug Vorplanung: Erschließung ‚Bell‘ Entwässerung, Gesamtleitungsplan, M.: 1:500 vom 13.07.2020
- [U2] Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg M.: 1:350.000
- [U3] Geologische Karte Blatt 7017 Königsbach, M.: 1:25.000

## 2 Geologischer Überblick und Morphologie

Das Plangebiet liegt westlich der Bahnlinie am Westrand von Biflingen an einem nach Norden und Nordwesten abfallenden Hang. Der Kamm des Geländes befindet sich bei etwa 246 m+NN im Süden des Plangebiets. Der Geländetiefpunkt liegt bei 211 m+NN im Nordwesten der Maßnahme in der Kirchgrundstraße.

Nach der geologischen Karte ist im Plangebiet im Norden mächtiger Gehängeschutt auf Hauptmuschelkalk zu erwarten (Signatur: blaue-beige und blaue Dreiecke). Südwestlich davon sind Lösslehme dle (Signatur: gelb) zu erwarten. Weiter südlich ist nach der geologischen Karte wenig mächtiger Gehängeschutt, der von Muschelkalk unterlagert wird vorhanden md1 bis 3 (Signatur: lila-beige gestreift). Im Südöstlichen Abschnitt folgt Dolomit Zellenkalk mm (Signatur: lila).



**Abbildung 1:** Ausschnitt aus der Geologischen Karte Blatt 7017 (ohne Maßstab). Das Plangebiet ist rot markiert.

### 3 Durchgeführte Baugrunduntersuchung

Eine Lageplanübersicht des Plangebiets ist mit der Anlage 1.1 beigefügt. Die Bohrpunkte sind im Lageplan der Anlage 1.2 dargestellt.

Die Baugrunderkundung erfolgte am 05. und 06.08.2020. Es wurde eine Nacherkundung erforderlich, diese erfolgte am 11.09.2020. Die Kleinbohrungen erfolgten im Rammkernsondierverfahren, ausgeführt durch die Bohrfirma WST GmbH. An den Erkundungspunkte wurden hinsichtlich potenziell vorhandener Kampfmittel aus den beiden Weltkriegen Oberflächenfreimessungen mittels eines Georadars ausgeführt. Die Dokumentation, die keinen Hinweis auf weiteren Handlungsbedarf ergab, ist der Anlage 4 beigefügt.

Am 05. und 06.08.2020 fanden die Bohrungen RKS 1 bis 9 sowie die Asphaltproben AP 1 und AP 2 inklusive der Untersuchung der Tragschichten statt. Aufgrund von Bohrhindernissen wurden in den RKS 2, 3, AP 1 und AP 2 nur geringe Bohrtiefen erreicht und die Bohrungen mussten wiederholt werden. Die neu angesetzten Bohrungen erhielten die Bezeichnung RKS 2b und 3b sowie AP 1a und AP 1b und wurden am 11.09.2020 abgeteuft. Die Bohrungen RKS 1 und 7 fanden im Bereich asphaltierter Flächen statt, auch hier wurden Proben der Asphaltdecke entnommen.

Die in den Bohrungen angetroffenen Schichtfolgen sind in den Anlagen 2.1 (RKS 1 bis 9 und RKS 2b und 3b) und Anlage 2.2 (AP1 und AP2 sowie Ap1b und Ap2b) dargestellt.

Aus den ausgeführten Erkundungsbohrungen wurden Mischproben für abfalltechnische Untersuchungen gewonnen. Es wurden die folgenden Proben im Labor nach VwV Boden -Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuften Bodenmaterials- untersucht:

**Aushub:** Mischprobe aus natürlich gewachsenem Untergrund aus RKS 1 bis 9 (Prüfbericht 2053827)

**Auffüllung:** Auffüllung aus RKS 7 (Prüfbericht 2053828)

Zudem wurden die folgenden Asphaltproben und die Tragschichten auf PAK nach EPA untersucht:

**Asphaltkern RKS 1:** (Prüfbericht 2053829-001)

<b>Asphaltekern RKS 7:</b>	(Prüfbericht 2053829-002)
<b>Asphaltekern AP 1:</b>	(Prüfbericht 2053829-003)
<b>Asphaltekern AP 2:</b>	(Prüfbericht 2053829-004)
<b>Tragschicht RKS 1:</b>	(Prüfbericht 2053829-005)
<b>Tragschicht RKS 7:</b>	(Prüfbericht 2053829-006)
<b>Tragschicht AP 1:</b>	(Prüfbericht 2053829-007)
<b>Tragschicht AP 2:</b>	(Prüfbericht 2053829-008)

Die Mischproben wurden wie folgt erstellt:

**Aushub:** RKS 1: 0,5 bis 1,9 m; RKS 2: 0,3 bis 0,35 m; RKS 2b: 0,1 bis 1,0 m; RKS 3: 0,25 bis 0,3 m; RKS 3b: 0,1 bis 1,7 m; RKS 4: 0,3 bis 3,05 m; RKS 5: 0,5 bis 3,3 m; RKS 6: 0,2 bis 4,0 m; RKS 7: 1,3 bis 4,0 m

**Auffüllung:** RKS 7: 0,1 bis 0,9 m

**Tragschicht RKS 1:** RKS 1: 0,12 bis 0,5 m

**Tragschicht RKS 7:** RKS 7: 0,9 bis 1,3 m

**Tragschicht AP 1:** AP1: 0,1 bis 0,4 m

**Tragschicht AP 2:** AP2 0,12 bis 0,5 m

Die Prüfberichte der Dr. Graner GmbH liegen mit der Anlage 3 bei.

## 4 Ergebnisse der Baugrunduntersuchung

Zum Zeitpunkt der Erkundung war das Gelände landwirtschaftlich in Form von Obstwiesen und Ackerflächen genutzt. Im Bereich von landwirtschaftlichen Flächen kann die Mächtigkeit der humosen Oberbodenschicht stark von den an den Erkundungspunkten angetroffenen Mächtigkeiten abweichen.

Im Folgenden wird der in den Bohrungen angetroffene Untergrundaufbau beschrieben.

### 4.1 Baugrundbeschreibung und Schichtenfolge

Der Untergrund kann wie folgt untergliedert werden:

#### Künstliche Böden: Auffüllungen ①

Tragschichtmaterial ②

#### Natürliche Böden: Mutterboden ③

Hangsedimente ④ (in steinigen Bereichen kein weiterer Bohrfortschritt möglich)

(OK Festgestein ⑤, kein weiterer Bohrfortschritt möglich)

Es wurden die Bohrungen RKS 1 und RKS 7 sowie die Asphaltproben AP 1/ AP 1b und AP2/ AP 2b innerhalb der Straße abgeteuft. Unter der Asphaltdecke war Tragschichtmaterial bzw. in RKS 7 Auffüllung und Tragschicht vorhanden.

Die Asphaltdecke lag in den folgenden Mächtigkeiten vor:

**Tabelle 1 Mächtigkeit der Asphaltdecke**

Bohrung	RKS 1	RKS 7	AP 1	AP 1b	AP 2	AP 2b
Mächtigkeit [m]	0,12	0,1	0,1	0,08	0,12	0,12

In den übrigen Bohrungen, die im Bereich der landwirtschaftlich genutzten Flächen stattfanden, war eine humose Ober- bzw. Mutterbodenschicht vorhanden.

In allen Bohrungen wurde Hangschuttmaterial angetroffen. Es handelt sich dabei um eine Wechsellagerung aus bindigen und gemischtkörnigen Böden.

Die überwiegende Anzahl der Bohrungen konnte nicht bis in die geplante Erkundungstiefe abgeteuft werden. Nur in den RKS 6 und 7 wurde die geplante Tiefe von 4 m erreicht.

In den übrigen Bohrungen war aufgrund von Bohrhindernissen in Form von Steinen oder dem Übergang zum Festgestein kein weiterer Bohrfortschritt möglich. Die Bohrungen enden dort zwischen 0,3 m (RKS 3) und 3,1 m (RKS 4) unter Gelände. Die Bohrungen 2 und 3 sowie die Ap 1 und Ap 2 wurden nochmal angesetzt, sodass in allen Bohrungen Erkundungstiefen von mindestens 0,8 m erreicht werden konnten.

Mit Rammkernsondierungen ist im anstehenden Festgestein sowie beim Auftreten von Hangschutt mit Steinen und Blöcken kein weiterer Bohrfortschritt möglich.

Aufgrund des in RKS 1, 3b und 8 angetroffenen mürben Felszerrsatzes kann hier anstehendes Festgestein (Unterer Muschelkalk) vermutet werden, während in den übrigen Bohrungen aufgrund der wechselgelagerten Kies-Kalksteinabfolgen Hangschuttmaterial vorliegt.

Es ist damit zu rechnen, dass bereichsweise sowohl Fels des Unteren Muschelkalks (Dolomit und Kalksteinbänke mit Tonmergel als Zwischenschichten) als auch Hangsedimente und Fels des Mittleren Muschelkalks (Lehm-Steingemische ggf. mit Blöcken aus Zellendolomit) auftreten.

#### **4.1.1 Künstliche Böden**

##### **4.1.1.1 Auffüllungen ①**

In RKS 7 wurde unter der Asphaltdecke eine insgesamt 1,2 m mächtige Auffüllung angetroffen. Sie besteht bis 0,9 m unter GOK aus kiesigem, schluffigem, sandigem Ton mit halbfester Konsistenz, darunter folgt eine 0,4 m mächtige Sandschicht aus Fein-Mittelsand, die schwach tonig und schluffig ist. Sie wurde für die abfalltechnische Untersuchung als Tragschicht bezeichnet.

#### **4.1.1.2 Tragschicht ②**

In der RKS 1 besteht die Tragschicht aus einem stark kiesigen, schwach tonigen und schwach schluffigen Sand mit einer Mächtigkeit von etwa 0,4 m. Im Bereich der AP 1 und AP 2 lag sandiger, sehr schwach toniger, sehr schwach schluffiger Kies vor. Die Mächtigkeit der Tragschicht lag in der RKS 1 sowie in den AP 1b und AP 2b mit einer Mächtigkeit zwischen ca. 0,3 und 0,4 m vor.

#### **4.1.2 Natürliche Böden**

##### **4.1.2.1 Oberboden ③**

In den RKS 2 bis 6, 2b, 3b und 8 trat Oberboden auf. Dieser besteht aus schluffigem, teilweise sandigem, teilweise kiesigem humosem Ton. Er wies in den Erkundungsbohrungen eine Mächtigkeit zwischen 0,1 und 0,5 m auf.

##### **4.1.2.2 Hangsedimente ④**

Die Hangsedimente bestehen aus wechselgelagerten bindigen und gemischtkörnigen Böden. Die bindigen Böden, die hauptsächlich aus Ton und untergeordnet Schluff im Hauptgemengeanteil bestehen, enthalten als Nebengemenge häufig Sand und Kies. Die bindigen Anteile sind von steif-halbester, halbester, halbfest-fester und fester Konsistenz. Mit zunehmender Tiefe muss mit einem erhöhten Stein- und Blockgehalt sowie dem Übergang zum Fest- bzw. Halbfestgestein gerechnet werden. Die gemischtkörnigen Böden bestehen als Hauptgemenge aus Kies mit Sand, als Nebengemenge sind Schluff und Ton vorhanden.

Die Bohrungen enden in den Hangsedimenten bzw. im Übergang zum Fest-bzw. Halbfestgestein.

##### **4.1.2.3 Muschelkalk ⑤**

Hinweise auf anstehendes Fest- bzw. Halbfestgestein wurde in den Bohrungen 1, 3b und 8 angetroffen.

Der Felszerratz besteht aus zerrbohrten mürben Tonmergel- und Kalksteinbruchstücken in Kiesgröße. Er deutet auf den Übergang zum Fest- bzw. Halbfestgestein hin und ist nicht immer kornstabil.

## **4.2 Grundwasser**

In den Bohrungen wurde kein Grund- oder Schichtwasser angetroffen. Witterungsbedingt kann sich Grundwasser innerhalb der kiesigen und sandigen gemischtkörnigen Böden sammeln, abfließen und an den weniger durchlässigen Lehmschichten aufstauen. Es ist aus diesem Grund mit episodisch auftretenden Schichtwässern zu rechnen.

Der geschlossene Grundwasserspiegel ist erst in einer für das Bauvorhaben unbedeutenden Tiefe zu erwarten.

## **4.3 Erdbeben**

Das Bauvorhaben liegt gemäß der Karte für Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen [U2] in der Erdbebenzone 0 und der geologischen Untergrundklasse R. Für die Gründung in Hangsedimenten (Lockersedimente) gilt Baugrundklasse C, ab Tiefen wo kein weiterer Bohrfortschritt angesetzt werden konnte gilt Baugrundklasse B.

#### 4.4 Homogenbereiche für Erdarbeiten gemäß VOB Teil C, DIN 18300

In den nachfolgenden Tabellen sind die für die Erdarbeiten nach DIN 18300 erforderlichen Kennwerte der einzelnen Homogenbereiche aufgeführt. Die definierten Homogenbereiche klassifizieren die Böden in der örtlich angetroffenen Bandbreite.

**Tabelle 2 Bodenklassifikation für die Erdarbeiten (DIN 18300) für die künstlichen Böden**

Homogenbereich	Künstliche Böden	
	① Auffüllung	② Tragschicht
Bodenart	Ton, stark schluffig, stark kiesig, stark sandig	Kies, stark sandig bis sandig, sehr schwach tonig, sehr schwach schluffig; Sand, kiesig, tonig, schluffig
Bodengruppe nach DIN 18196	TL, TM	GW, GI; SW, SE, SI
Bodenklasse (nach alter Norm)	4, (2)	3
Lagerungsdichte, Konsistenz	halbfest	locker bis dicht
Organischer Anteil [%]	< 5	
Wassergehalt	5 bis 25	5 bis 15
Konsistenzzahl $I_c$ [-]	1,5 bis 2	-
Plastizitätszahl $I_p$ [%]	7 bis 50	-
Anteil Stein [%]	< 5	
Anteil Blöcke [%]	< 5	
Frostempfindlichkeit	F3, F2	F1
Undränierete Scherfestigkeit $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	200 - 400	-
Wichte $\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	20/11, 19/9	18/ 9
Reibungswinkel $\varphi$ [°]	22 bis 25, 30	32 bis 32
Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	5 bis 6,0	0
Steifemodul [MN/m <sup>2</sup> ]	-	-
Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ [m/s]	< 10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup> bis 10 <sup>-4</sup>

**Tabelle 3 Bodenklassifikation für die Erdarbeiten (DIN 18300) für den Oberboden**

Homogenbereich	© Oberboden
Bodenart	Ton, schluffig bis stark schluffig, teilweise sandig, teilweise kiesig, humos, teilweise mit Wurzelresten
Bodengruppe nach DIN 18196	OH, TL
Bodenklasse (nach alter Norm)	1, 4, (2)
Lagerungsdichte, Konsistenz	variiert witterungsbedingt
Organischer Anteil [%]	< 5
Wassergehalt [%]	variiert witterungsbedingt
Konsistenzzahl $I_c$ [-]	-
Plastizitätszahl $I_p$ [%]	-
Anteil Stein [%]	< 5
Anteil Blöcke [%]	< 5
Frostempfindlichkeit	F3, F2
Undrained Scherfestigkeit $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	-
Wichte $\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19/ 9
Reibungswinkel $\varphi$ [°]	22 bis 25
Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	5 bis 6
Steifemodul [MN/m <sup>2</sup> ]	-
Durchlässigkeitsbeiwert $k_r$ [m/s]	k. A.

**Tabelle 4 Bodenklassifikation für Erdarbeiten (DIN 18300) für Hangsedimente**

Homogenbereich	④ Hangsedimente	
	bindige Böden	gemischtkörnige Böden
Bodenart	Ton, schluffig, sandig, teilweise kiesig	Kies, sandig, tonig, schluffig
Bodengruppe nach DIN 18196	TL, TM, (TA), UL, UM	GT, GT*, GU, GU*
Bodenklasse (nach alter Norm)	4, (2)	4, (2), 3, 5
Lagerungsdichte, Konsistenz	steif-halbfest bis fest	locker bis dicht
Organischer Anteil [%]	< 5 %	
Wassergehalt [%]	10 bis 20	5 bis 20
Konsistenzzahl $I_c$ [-]	0,75 bis 2	-
Plastizitätszahl $I_p$ [%]	4 bis 50	-
Anteil Stein [%]	< 5	
Anteil Blöcke [%]	< 5	
Frostempfindlichkeit	F3	F2, F3
Undränierete Scherfestigkeit $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	200 bis 600	-
Wichte $\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	20/11	20/11
Reibungswinkel $\phi$ [°]	22,5 bis 27,5	27,5 bis 30
Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	2 bis 6	2 bis 6
Steifemodul [MN/m <sup>2</sup> ]	6 bis 8	8 bis 20
Durchlässigkeitsbeiwert $k_r$ [m/s]	<10 <sup>-6</sup>	

**Tabelle 5 Bodenklassifikation für Erdarbeiten (DIN 18300) für Mittlerern und Unteren Muschelkalk (Erfahrungswerte, Schicht wurde nicht erkundet)**

Homogenbereich	© Muschelkalk
Fels nach DIN EN 14689	Mittlerer Muschelkalk: Sediment, geschichtet, Tonmergel, Dolomit (Kalzit), Steine und Blöcke aus Zellenkalk; Unterer Muschelkalk: Sediment geschichtet, Tonmergel und Wellenkalk
Trennflächengefügen DIN EN 14689 -Schichtung: -Klüftung:	Steine, Blöcke, tafelförmig, rhombisch  sehr dünn bis dick  engständig bis weitständig
Bodenklasse (nach alter Norm)	6, (7)
Veränderlichkeit DIN EN 14689	stark veränderlich (Tonmergel) bis nicht veränderlich (Dolomit, Kalzit)
Einaxiale Druckfestigkeit DIN EN 14141-1 [MPa]	1 bis 150
Wichte $\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	21/12
Reibungswinkel $\varphi$ [°]	30 - 45
Kohäsion c [kN/m <sup>2</sup> ]	0 bis 5

#### 4.5 Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerttabelle)

Die nachfolgenden Rechenwerttabellen dürfen für die Dimensionierung von Grabenverbauten verwendet werden.

**Tabelle 6 Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte) für künstliche Böden (Auffüllungen und Tragschichten)**

Homogenbereich ① und ②	Auffüllungen und Tragschichten
Wichte $\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19/9
Reibungswinkel $\varphi$ [°]	25
Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0

**Tabelle 7 Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte) für Hangsedimente**

Homogenbereich ③	Hangsedimente
Wichte $\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	20/11
Reibungswinkel $\varphi$ [°]	27,5
Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	2

## 5 Bautechnische Folgerungen und Empfehlungen

### 5.1 Gründung der Rohrleitungen und Schächte

Die Gründung der Rohrleitungen erfolgt in den RKS 1 sowie 5 bis 7 im Hangschutt Homogenbereich ④. Im Hangschuttmaterial muss mit Steinen und Blöcken mit lehmigen Zwischenschichten gerechnet werden.

Die Gründung der Rohrleitungen ist in den Bohrungen RKS 2, 2b, 3, 3b, 4 und 8 unterhalb der erreichten Erkundungstiefe geplant. Es muss hier mit Steinen und Blöcken, die mit Lehm und Mergel wechselgelagert auftreten können und im Bereich der RKS 1, 3b und 8 dem Übergang zum Fest- bzw. Halbfestgestein ⑤ (Muschelkalk) gerechnet werden.

Die bisher geplanten Gründungstiefen können den Planunterlagen [U1] entnommen werden. Schematisch sind sie in der Anlage 2.1 im Zusammenhang mit den Bohrungen skizziert.

Nach Niederschlägen ist damit zu rechnen, dass Wasser nicht versickert, sondern sich an undurchlässigen Lehm oder Felsschichten aufstaut. Unmittelbar nach dem Aushub muss die Aushubsohle vor Witterungseinflüssen (z.B. Frost und Niederschlägen) geschützt werden. Bei schlechten Witterungsverhältnissen müssen Erdarbeiten gegebenenfalls ruhen.

Zum Schutz der Aushubsohle vor Witterungseinflüssen empfehlen wir eine mineralische Sauberkeitsschicht bzw. Bettungsschicht einzubringen und zu verdichten.

Wir empfehlen für die Abwasserleitung eine Rohrbettung nach DIN 1610 Typ 1 vorzusehen, deren Mächtigkeit von 150 mm darf dabei nicht unterschritten werden. Im Bauzustand kann sie zudem als Dränschicht für eine offene Wasserhaltung dienen.

Das für die Bettung geeignete Material ist in Abhängigkeit zum Rohrdurchmesser nach DIN 1610 Abschnitt 5.2.1 zu wählen. Sie ist verdichtet einzubauen.

Für die Auflagerung der Trinkwasserleitung sind die Verlegerichtlinien des Herstellers zu beachten. Üblich ist eine untere Bettungsschicht in 100 mm Stärke gemäß DVGW Arbeitsblatt W 400-2.

Unter den Schachtsohlen ist der Einbau einer mindestens 0,25 m mächtigen mineralischen Ausgleichsschicht aus gut abgestuften Kies-Sand- bzw. Sand-Splitt-Schottergemischen (z. B. Körnung 0/45 mm nach ZTV SoB-StB) vorzusehen.

Zur filterstabilen Trennung von Bodenaustauschmaterial sowie der Ausgleichsschichten (der Schachtgründungen) gegen die anstehenden teilweise feinkörnigen Bodenarten der Modellschichten ④ (+⑤) ist ein Trennvlies (mechanisch verfestigtes Filtervlies z. B. aus Polypropylen, Robustheitsklasse GRK 4) vorzusehen, das so anzuordnen ist, dass ein Feinkorneitrag in das Bettungsmaterial vermieden wird.

Es gelten die Arbeitsblätter DWA-A 139 (Einbau und die Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen) und Arbeitsblatt DWA-A 127-10 (statische Berechnungen von Entwässerungsanlagen).

## **5.2 Sicherung und Trockenhaltung der Rohrgräben**

Zur Herstellung der Kanalgräben gelten die Anforderungen und Aushubgrenzen der DIN 4124. Im Bereich von Bestandsgebäuden muss im Hinblick auf die Ausschachtungen die DIN 4123 beachtet werden. Nach derzeitigem Stand der Planung [U1] liegen im Bereich von Wohnbebauung in der Kirchgrundstraße die tiefsten bisher geplanten Schachttiefen K0749 bei etwa 3,5 m Tiefe, außerhalb des Lasteinflussbereichs von Gebäuden.

Die Überprüfung des Einflusses des Rohrgrabens auf vorhandene bauliche Anlagen ist durch den Planer abzuarbeiten. Im Einflussbereich setzungsempfindlicher baulicher Anlagen sind die speziellen Vorgaben durch den Eigentümer bzw. Betreiber zu beachten. Um Beschädigungen zu vermeiden, kann eventuell das Freilegen von unterirdischen Medien und ihr Schutz durch geeignete Maßnahmen, z. B. durch Felsschutzmatten, notwendig werden. Im Bereich von Bestandsleitungen sind die Kabelschutzanweisungen grundsätzlich zu beachten.

Als Kriterium, ob ein Bauwerk im Einflussbereich des Rohrgrabens liegt, darf eine von Aushubebene im Winkel von 30° ansteigende Gerade angesetzt werden. Bauwerke mit Gründungsebene oberhalb dieser Geraden befinden sich im Einflussbereich des Rohrgrabens. Für eine rechnerische Überprüfung des o. g. Kriteriums sind die Gründungstiefen eventuell betroffener Bauwerke und die Entfernung zwischen Graben und Bauwerken zu ermitteln.

Die Rohrleitungen erfordern im übrigen Plangebiet laut den Unterlagen [U1] Grabentiefen zwischen etwa 1,3 (MW07) bis 6,84 m (MW12).

Gräben dürfen nur bis in eine Tiefe von 1,25 m senkrecht und frei abgebösch werden. Gräben, die diese Tiefe überschreiten müssen durch einen kraftschlüssigen Grabenverbau gesichert werden, da eine freie Abböschung mit Böschungswinkeln voraussichtlich zu unwirtschaftlich großen Aushubmassen führt.

Erd- und Felswände dürfen nicht unterhöhlt werden, trotzdem entstandene Überhänge sind sofort abzutragen.

Ein kraftschlüssiger Einbau eines Baugrubenverbau ist aufgrund der dafür ungünstigen Eigenschaften des Untergrundes schwierig. Die geringe Feuchtigkeit der Böden und die Festgesteinsbestandteile und -lagen bewirken die Gefahr von Mehrausbrüchen beim Aushub. Deswegen können Verformungen des angrenzenden Erdreiches nicht immer ausgeschlossen werden, auch wenn ein Verbaussystem eingesetzt wird, das per se für ein kraftschlüssiges Einbauverfahren geeignet wäre.

Geeignet für den Graben- und Baugrubenverbau sind abseits von setzungsempfindlichen baulichen Anlagen z. B. randgestützte Grabenverbaugeräte, die auf die maßgebende Erddruckbelastung gemäß DIN 4085 ausgelegt sind und wegen der Nachbruchgefahr der Böden der Modellschicht ④ bzw. dem anstehenden Fels erforderlichenfalls im Absenkverfahren niederzubringen sind. Auch kommen gut ausgesteifte Verbausysteme wie z. B. rahmengestützte Grabenverbaugeräte nach DIN 4124, Abschnitt 5 (etwa Linearverbaue) oder gut ausgesteifte Kammerdielenverbausysteme in Betracht. Senkrechte Rohrgräben und Schachtbaugruben sind über die gesamte Tiefe zu verbauen.

Wasser kann sich an dem schlecht durchlässigen felsartigen und tonigen Schichten aufstauen und über die durchlässigen kiesigen und sandigen Schichten dem Graben zu sickern. Nach Niederschlägen kann eine offene Wasserhaltung erforderlich werden. Wasser muss dann in einem Pumpensumpf gefasst und der Kanalisation oder einer Vorflut zugeführt werden. Die behördliche Genehmigung hierfür ist rechtzeitig einzuholen.

### **5.3 Wiederverwertung Aushub, Grabenverfüllung**

Hinsichtlich der abfalltechnischen Eignung des Aushubs für den Wiedereinbau ist das Kapitel 6 zu beachten.

Der Aushub aus natürlichem gewachsenem Boden des Homogenbereichs ④ (Hangsedimente) und die Auffüllung Homogenbereich ① sind aus geotechnischer Sicht für einen Wiedereinbau in der Leitungszone nicht und im Bereich der Verfüllzone schlecht geeignet.

Es ist damit zu rechnen, dass sich der gemischtkörnige Aushub nicht vom bindigen Boden trennen lässt und der Boden aufgrund seiner unterschiedlichen geotechnischen Eigenschaften nur mit großem Aufwand zum Wiedereinbau aufbereiten lässt. Voraussichtlich muss der Aushub abgefahren werden.

Eine Aufbereitung ist nur mit sehr großem Aufwand möglich. Aufgrund der steifen, halbfesten und festen Konsistenz sind der Aushub (Homogenbereich ④) sowie die Auffüllung (Homogenbereich ①) für den Wiedereinbau zu trocken und können mit vorliegendem Wassergehalt nicht ausreichend verdichtet werden. Die Aufbereitung muss zunächst durch gleichmäßige Durchfeuchtung und dann ggf. Zugabe eines hydraulischen Bindemittels erfolgen, um einen für den Wiedereinbau geeigneten Wassergehalt zu erreichen. Steine und Blöcke sind auszusortieren, da sie aufgrund ihrer Größe für den Wiedereinbau ungeeignet sind.

Das Tragschichtmaterial des Homogenbereichs ② ist aus geotechnischer Sicht für einen Wiedereinbau in der Leitungszone sowie in der Verfüllzone geeignet, sofern es einheitlich in der angetroffenen Qualität vorliegt.

Für die **Leitungszone** innerhalb und außerhalb des Straßenkörpers gilt nach ZTV E-StB 17 Abschnitt 9.5 eine Anforderung an das 10% Mindestquantil des Verdichtungsgrades  $D_{Pr} = 97\%$ . Bereiche in der Leitungszone in denen sich die Böden nicht ausreichend verdichten lassen, sind mit geeigneten Baustoffen, die fließfähig und selbstverdichtend sind (Boden-Bindemittel-Gemische oder Porenleichtbeton) zu verfüllen.

Für die Leitungszone empfehlen wir den Einbau von Baustoffen der Verdichtbarkeitsklasse V1 gemäß ZTV A-StB 97-06 (GW, GI, GE, SW, SE, SI). Vom Einbau der Kornabstufungen ST und SU sowie GU und GT wird aufgrund deren Wasserempfindlichkeit abgeraten.

Die Verfüllung des Leitungsgrabens muss unmittelbar nach dem Verlegen der Leitung erfolgen. Eine Lageänderung des Rohres darf dabei nicht eintreten. Für eine optimale Verdichtung ist nach ZTV E-StB Tabelle 82 die maximal zulässige Lagendicke in Abhängigkeit des Verdichtungsgerätes zu wählen. Es muss darauf geachtet werden das verwendete Verdichtungsgerät auf die verwendeten Rohrleitungen abzustimmen.

Um einen Eintrag des anstehenden Bodens in die Leitungszone dauerhaft zu verhindern muss auf Filterstabilität zwischen anstehendem Boden und Verfüllmaterial der Leitungszone geachtet werden. Sie kann entweder durch Kornabstufung des verwendeten Verfüllmaterials gegenüber dem anstehenden Boden oder durch das Einlegen eines Geotextils erreicht werden.

Für **Verfüllzone** innerhalb des Straßenkörpers gelten die Anforderungen nach ZTV E-StB 17 Abschnitt 4.3.2.

Die bindigen Böden des Homogenbereichs ④ sind für einen Wiedereinbau zu trocken. Der bindige Boden muss vor dem Wiedereinbau gewässert und dann mit einem hydraulischen Bindemittel verbessert werden. Es muss im Bereich der Wohnbebauung ein staubfreies Verfahren verwendet werden. Der bindige Boden kann nur bei einem idealen Wassergehalt fachgerecht verdichtet werden.

Die gemischtkörnigen Böden des Homogenbereichs ④ können ebenfalls nur bei einem idealen Wassergehalt eingebaut und ausreichend verdichtet werden zudem müssen Steine und Blöcke zwingend aussortiert werden.

Der Aushub ist vor Witterungseinflüssen zu schützen, durch Austrocknung oder Nässe unbrauchbar gewordener Boden ist durch Fremdmaterial zu ersetzen. Verwendet werden kann beispielsweise ein Schotter-Splitt-Sandgemisch der Körnung 0/45.

Die Einhaltung der Verdichtungsanforderungen ist im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung mittels Plattendruckversuchen, Rammsondierungen oder Sandersatzverfahren in Abhängigkeit des verwendeten Verfüllmaterials zu überprüfen. Das geeignete Prüfverfahren und der Prüfumfang können der ZTV A-StB entnommen werden.

#### **5.4 Verkehrsflächenbau**

Aufgrund der Hangneigung müssen Straßen entweder in das Gelände einschneiden oder es müssen Anschüttungen erfolgen. Die Planung ist derzeit hierzu noch nicht vollständig abgeschlossen.

Im Hangschutt (Homogenbereich ④) können nach RAS-Q Dämme und Einschnitte mit  $h > 2$  m im Hangschutt als Regelböschung 1:1,5 hergestellt werden. Für Regelböschungen von Dämmen und Einschnitten  $h < 2$  m ist eine konstante Böschungsbreite von  $b = 3$  m anzuwenden. Mit abnehmender Böschungshöhe werden die Böschungen dann flacher.

Im anstehenden Festgestein sind abhängig vom Trennflächengefüge steilere Böschungen möglich. Das Trennflächengefüge konnte mit den bisher ausgeführten Erkundungsbohrungen nicht erkundet werden.

Werden Böschungswinkel für die gegebenen Untergrundverhältnisse zu steil gewählt, können Hangsicherungsmaßnahmen gegen Rutschung und Erosion z. B. mit Stützmauern erforderlich werden.

Sollen Anschüttungen erfolgen kann hierfür ein leicht verdichtbares Schottermaterial der Körnung 0/45 verwendet werden.

Verkehrsflächen sind nach RStO 12 zu dimensionieren. Nach RStO 12, Bild 6 gilt für die geplante Baumaßnahme die Frosteinwirkungszone I.

Die anstehenden Böden des Homogenbereichs ④ sind frostempfindlich und gehören überwiegend der Frostempfindlichkeitsklasse F3 an. Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 (GT) sind im Bereich des Erdplanums nur in sehr geringem Umfang vorhanden (RKS 4).

Für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 und F3 ist auf dem bindigen Erdplanum nach RStO 12 ein  $Ev_2 \geq 45 \text{ MN/m}^2$  durch statische Plattendruckversuche nachzuweisen.

Dieser Wert kann erfahrungsgemäß auf den nachverdichteten halbfesten, halbfest-festen und festen bindigen Böden erreicht werden. Im Bereich von steifen, oder witterungsbedingt aufgeweichten Böden kann der Wert erfahrungsgemäß nicht erreicht werden. Es wird dann eine Bodenverbesserung durch Einfräsen eines hydraulischen Bindemittels oder ein Bodenaustausch erforderlich.

Das Einfräsen eines Bindemittels kann zu Staubemissionen führen und ist für die Anwendung in Bereichen von direkter Wohnbebauung eher weniger geeignet. Für Bereiche anstehender weniger tragfähiger Böden wird im Bereich von Wohnbebauung daher ein Bodenaustausch empfohlen.

Für den Bodenaustausch kann beispielsweise ein Material Schotter-Sandgemisch der Körnung 0/45 verwendet werden. Die genaue Mächtigkeit der erforderlichen Bodenaustauschschicht kann naturgemäß erst im Zuge der Ausführung erfolgen. Wir empfehlen dann Testfelder zur Ermittlung der erforderlichen Schichtmächtigkeit (d) anzulegen. Vorläufig kann von einer mittleren Schichtmächtigkeit von  $d = 0,3 \text{ m}$  ausgegangen werden.

Die Mächtigkeit des frostsicheren Oberbaus ist für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zu dimensionieren. Für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 wird beispielsweise bei einer Belastungsklasse BK 0,3 (entspricht der Belastungsklasse eines Wohnweges) ein frostsicherer Oberbau von mindestens 0,5 m erforderlich.

Frosteinwirkung, kleinräumige Klimaunterschiede, Wasserverhältnisse im Untergrund, Lage der Gradienten sowie Entwässerung der Fahrbahn/ Ausführung der Randbereiche sind zusätzlich bei der Festlegung der Gesamtdicke des Oberbaus zu berücksichtigen. Für die hier vorliegende Frosteinwirkungszone I ist eine Mehr- oder Minderdicke +/- 0 zu berücksichtigen.

Die Mehr- oder Minderdicken des frostsicheren Oberbaus sind der Tabelle 7 der RStO 12 abzuleiten.

Auf der Schottertragschicht muss in Abhängigkeit zur Belastungsklasse, der nach RStO geforderte Verformungsmodul durch Plattendruckversuche nachgewiesen werden.

Die anstehenden Böden reagieren empfindlich auf Nässe und mechanische Beanspruchung. Das ungeschützte Erdplanum darf aus diesem Grund nicht befahren werden. Zur Befahrbarkeit des Planums ist ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 zu verlegen, auf das eine etwa 0,3 m mächtige Schottertragschicht aus einem groben Schottermaterial der Körnung z. B. 2/45 einzubauen ist.

Einmal aufgeweichter und aufgewühlter bindiger Boden kann ggf. nicht mehr ausreichend verdichtet werden und muss dann ausgetauscht werden.

Die bindigen Böden besitzen wasserstauende Eigenschaften und neigen zur Pfützenbildung. Das Gelände ist aus diesem Grund so zu profilieren, dass Pfützenbildung vermieden wird und Wasser aus Niederschlägen oberflächlich abfließen kann. Bei starken und langanhaltenden Niederschlägen ist eine offene Wasserhaltung vorzusehen. Das Niederschlagswasser kann dann in einem Pumpensumpf gefasst und der Kanalisation zugeführt werden.

Soll Wasser in die Kanalisation eingeleitet werden, bedarf dies der vorherigen behördlichen Genehmigung. Entsprechende Anträge sind rechtzeitig zu stellen.

## 6 Wiederverwendung von Aushubmaterial

Aus den ausgeführten Erkundungsbohrungen wurden Mischproben für eine abfalltechnische Untersuchung gewonnen. Es wurden die folgenden Proben im Labor nach VwV Boden -Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuften Bodenmaterials- untersucht. Es erfolgte zur abfalltechnischen Entsorgung die Einteilung in die folgenden Z-Klassen:

**Aushub:** **Z2 (Arsen)**

Mischprobe aus natürlichem gewachsenem Untergrund aus RKS 1 bis 9 (Prüfbericht 2053827)

**Auffüllung:** **Z1.1 (Arsen)**

Auffüllung aus RKS 7 (Prüfbericht 2053828)

Zudem wurden die folgenden Asphaltproben und die Tragschichten auf PAK nach EPA untersucht:

**Asphaltkern RKS 1:** **Grenzwert für Ausbauasphalt PAK nach EPA  $\leq 25$  mg/kg (RuVA Tab. 1) wird eingehalten**

Summe PAK nach EPA 0,499 mg/kg TS  
(Prüfbericht 2053829-001)

**Asphaltkern RKS 7:** **Grenzwert für Ausbauasphalt PAK nach EPA  $\leq 25$  mg/kg (RuVA Tab. 1) wird eingehalten**

Summe PAK nach EPA 3,331 mg/kg TS  
(Prüfbericht 2053829-002)

**Asphaltkern AP 1:** **Grenzwert für Ausbauasphalt PAK nach EPA  $\leq 25$  mg/kg (RuVA Tab. 1) wird eingehalten**

Summe PAK nach EPA 5,732 mg/kg TS  
(Prüfbericht 2053829-003)

**Asphaltkern AP 2:** **Grenzwert für Ausbauasphalt PAK nach EPA  $\leq 25$  mg/kg (RuVA Tab. 1) wird eingehalten**

Summe PAK nach EPA 3,283 mg/kg TS  
(Prüfbericht 2053829-004)

**Tragschicht RKS 1: Grenzwert nach VwV-Boden für Z0 ≤ 3 mg/kg wird eingehalten**

Summe PAK nach EPA 0,551 mg/kg TS (Prüfbericht 2053829-005)

**Tragschicht RKS 7: Grenzwert nach VwV-Boden für Z0 ≤ 3 mg/kg wird eingehalten**

Summe PAK nach EPA unter der Bestimmungsgrenze (Prüfbericht 2053829-006)

**Tragschicht AP 1: Grenzwert nach VwV-Boden für Z0 ≤ 3 mg/kg wird eingehalten**

Summe PAK nach EPA unter der Bestimmungsgrenze (Prüfbericht 2053829-007)

**Tragschicht AP 2: Grenzwert nach VwV-Boden für Z0 ≤ 3 mg/kg wird eingehalten**

Summe PAK nach EPA unter der Bestimmungsgrenze (Prüfbericht 2053829-008)

Die Prüfberichte der Dr. Graner GmbH liegen mit der Anlage 3 bei.

Grundsätzlich kann alles Aushubmaterial, aufgrund seiner geotechnischen Eigenschaften überall dort wiederverwendet werden, wo keinen besonderen geotechnischen Anforderungen an das Material gestellt werden und Setzungen hingenommen werden können, z. B. zur Gestaltung von Gartenflächen.

Die **künstlichen Böden Auffüllung des Homogenbereichs ①** (RKS 7: 0,1 bis 0,9 m) halten die abfalltechnische Einstufung Z1.1 wegen Arsen ein.

Die **künstlichen Böden Tragschichten des Homogenbereichs ②** (GW, GI; SW, SE, SI) können aufgrund ihrer geotechnischen Eignung beispielsweise in der Verfüllzone oder der Leitungszone wiederverwendet werden. Das Tragschichtmaterial hält die abfalltechnische Zuordnung Z0 für die untersuchten PAK nach EPA nach den Richtlinien der VwV Boden ein.

**Der Oberboden-Homogenbereich ③** ist ein schützenswertes Gut und darf nicht mit den anderen Böden vermengt werden. Er ist vor Beginn der Baumaßnahme abzuschleppen und gesondert zu lagern. Er ist möglichst wieder zu verwenden und ist, wenn er gelagert werden muss zu begrünen. Da er möglichst wiederverwendet werden soll, wurde er nicht abfalltechnisch beprobt. Eine erste Massenermittlung des Oberbodens kann anhand der ausgeführten Erkundungsbohrungen erfolgen, es muss jedoch im Bereich von Ackerflächen mit mächtigeren Oberbodenschichten als bisher beschrieben gerechnet werden.

**Die Hangsedimente-Homogenbereich ④** halten die abfalltechnische Einstufung Z2 ein und können nur durch eine aufwändige Aufbereitung in der Verfüllzone wiederverwendet werden. Für die Verfüllung der Leitungszone ist das Material ungeeignet. Wir empfehlen das Material möglichst abzufahren.

In Abhängigkeit des Entsorgungskonzepts bzw. der Wiederverwertung kann die Erstellung von Haufwerken erforderlich werden. Die Haufwerke sind entsprechend der Homogenbereiche zu erstellen. Böden verschiedener Homogenbereiche dürfen nicht vermengt werden und sind getrennt zu lagern. Abfalltechnische Haufwerksbeprobungen können im Bedarfsfall durch uns ausgeführt werden. Lagerflächen sind rechtzeitig zu planen.

Soll das Material deponiert werden wird eine Erweiterung des Parameterumfangs nach Deponieverordnung erforderlich. Hierfür werden bis 3 Monate nach Ausführung der chemischen Untersuchungen Rückstellproben vorgehalten.

Blöcke und Fels des **Muschelkalks ⑤** sind nicht für den Wiedereinbau geeignet und müssen voraussichtlich abgefahren werden. Es ist kein Fels in gleichbleibender Qualität zu erwarten, der sich durch brechen aufbereiten und als homogener Baustoff verarbeiten lässt.

## **7 Allgemeine Hinweise**

Die angetroffenen steinigen und blockigen Böden sowie Fels können Schwingungen gut übertragen. Verwendete Verdichtungsgeräte dürfen daher keine Schwingungen erzeugen, welche die bestehende Bebauung oder bestehende Leitungen schädigen kann. Bei der Bauausführung ist die Unschädlichkeit zu überwachen. Für Verdichtungsarbeiten, die nahe an einem empfindlichen Gebäude ausgeführt werden wird ein Beweissicherungsverfahren empfohlen.

Die im geotechnischen Bericht beschriebenen Baugrundverhältnisse beruhen auf punktuellen Aufschlüssen. Abweichungen des Baugrundaufbaus sind daher grundsätzlich nicht auszuschließen.

Wir empfehlen die beschriebenen Baugrundverhältnisse im Zuge der Ausführung gutachterlich zu prüfen. Werden andere Bodenverhältnisse angetroffen als beschrieben, sind wir zu benachrichtigen. Es können dann weitere Maßnahmen erforderlich werden.