



## GEOTECHNISCHER BERICHT

Auftrag Nr. 3190954  
Projekt Nr. 2019-1591

KUNDE: Markt Essenbach  
Rathausplatz 3  
84051 Essenbach

BAUMAßNAHME: Bebauungsplan Mirskofen Süd – Teil III,  
Essenbach

GEGENSTAND: Baugrunduntersuchung

ORT, DATUM: Deggendorf, den 19.09.2019

---

Dieser Bericht umfasst 34 Seiten, 7 Tabellen und 5 Anlagen.  
Die Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist ohne unsere Zustimmung nicht zulässig.  
Die Proben werden ohne besondere Absprache nicht aufbewahrt.

## Inhaltsverzeichnis:

<b>1 VORGANG .....</b>	<b>5</b>
1.1 Auftrag .....	5
1.2 Fragestellung .....	5
1.3 Projektbezogene Unterlagen .....	6
<b>2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES.....</b>	<b>6</b>
2.1 Geplantes Bauwerk.....	6
2.2 Geomorphologische Situation .....	6
2.3 Geologische Verhältnisse .....	7
<b>3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN .....</b>	<b>7</b>
3.1 Ortsbegehung .....	7
3.2 Baugrundaufschlüsse.....	7
3.3 Sickersversuche .....	9
3.4 Bodenmechanische Laboruntersuchungen .....	9
<b>4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE.....</b>	<b>9</b>
4.1 Beschreibung der Schichtenfolge.....	9
4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen .....	10
4.3 Ergebnisse der Laborversuche .....	11
4.3.1 Wassergehalte und Konsistenzgrenzen.....	11
4.3.2 Glühverluste .....	13
4.4 Hydrologische Verhältnisse.....	13
<b>5 BEWERTUNG DER GEOTECHNISCHEN BEFUNDE .....</b>	<b>14</b>
5.1 Beurteilung der Baugrundverhältnisse .....	14
5.2 Bodenmechanische Kennwerte.....	15
5.3 Eigenschaften und Kennwerte für Erdarbeiten (Homogenbereiche) .....	16
5.4 Bewertung der Grundwasserverhältnisse.....	18
5.5 Bewertung der Erdbebentätigkeit .....	18
<b>6 FOLGERUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG VON GEBÄUDEN .....</b>	<b>18</b>
6.1 Rahmenbedingungen.....	18
6.2 Gründungsempfehlungen.....	19
6.3 Gründung auf Teilbodenaustausch .....	19



6.4 Bodenverbesserung durch Stabilisierungssäulen.....	20
6.5 Plattengründung.....	22
<b>7 FOLGERUNGEN FÜR DIE BAUGRUBE .....</b>	<b>23</b>
7.1 Allgemeines .....	23
7.2 Baugrubenböschungen .....	23
7.3 Wasserhaltung .....	24
7.4 Hinterfüllen/Verdichten.....	24
<b>8 BAUWERK UND GRUNDWASSER.....</b>	<b>26</b>
8.1 Bodenplatte ohne Unterkellerung.....	26
8.2 Bemessungswasserstand bis 3 m über Fundamentunterkante .....	26
8.3 Bemessungswasserstand mehr als 3 m über Fundamentunterkante .....	27
8.4 Versickerung.....	27
<b>9 HERSTELLUNG BEFESTIGTER FLÄCHEN .....</b>	<b>28</b>
9.1 Rahmenbedingungen.....	28
9.2 Herstellung des Oberbaues.....	28
9.3 Ertüchtigung des Untergrundes.....	29
<b>10 FOLGERUNGEN FÜR DEN KANALBAU .....</b>	<b>30</b>
10.1 Rahmenbedingungen .....	30
10.2 Aushub und Wiederverwendbarkeit .....	30
10.3 Grabenverbau und Wasserhaltung .....	30
10.4 Auflager .....	31
10.5 Wiederverfüllung.....	32
<b>11 ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>32</b>
11.1 Beweissicherung.....	32
11.2 Baubegleitende Überwachung.....	33
11.3 Zusätzliche Erkundungen .....	33
<b>12 SCHLUSSBEMERKUNGEN .....</b>	<b>33</b>



### **Anlagen:**

Anlage 1:	Planunterlagen
Anlage 1.1:	Übersichtslageplan
Anlage 1.2:	Lageplan mit Aufschlüssen
Anlage 1.3:	Lageplan der Aufschlüsse mit Grundwasserständen
Anlage 2:	Zeichnerische Darstellung der Erkundungsergebnisse
Anlage 2.1:	Bodenprofile
Anlage 2.2:	Rammdiagramme
Anlage 2.3:	Ergebnisse der Sickerversuche
Anlage 3:	Schichtenverzeichnisse und Kopfblätter
Anlage 3.1:	Schichtenverzeichnisse der Bodenaufschlüsse
Anlage 3.2:	Kopfblätter zu Rammsondierungen
Anlage 4:	Bodenmechanische Laboruntersuchungen
Anlage 5:	Fotoaufnahmen

### **Tabellen:**

Tabelle 1:	Ansatzhöhen/Endteufen	8
Tabelle 2:	Wassergehalte und Konsistenzgrenzen	12
Tabelle 3:	Glühverluste	13
Tabelle 4:	Bodenklassifizierung	14
Tabelle 5:	Vereinfachtes Baugrundmodell	15
Tabelle 6:	Bodenmechanische Kennwerte	16
Tabelle 7:	Eigenschaften und Kennwerte von Böden	17

### **Abbildungen:**

Abbildung 1:	Bodenaustausch	20
Abbildung 2:	Bodenverbesserung durch Stabilisierungssäulen	21



## **1 VORGANG**

### **1.1 Auftrag**

Der Markt Essenbach plant die Erschließung des Wohnbaugebietes Mirskofen Süd – Teil III.

Mit Schreiben vom 25.06.2019 wurde die IFB Eigenschenk GmbH, Deggendorf, mit der Erstellung eines geotechnischen Gutachtens einschließlich der Durchführung von Feld- und Laboruntersuchungen beauftragt. Grundlage der Auftragserteilung ist das Angebot der IFB Eigenschenk vom 27.05.2019 in Verbindung mit dem Werkvertrag.

Der vorliegende Bericht enthält die zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse und die daraus folgenden Hinweise für die Planung und Durchführung der Baumaßnahme.

### **1.2 Fragestellung**

Mit der vorliegenden geotechnischen Baugrundbeurteilung soll im Wesentlichen geklärt werden:

- ⇒ welche Böden am Untersuchungsstandort zu erwarten sind und welche bautechnischen Eigenschaften diese aufweisen;
- ⇒ welche Werte der geotechnischen Kenngrößen den Böden zuzuordnen sind;
- ⇒ welche Wasserverhältnisse anzutreffen sind und mögliche Auswirkungen hieraus;
- ⇒ welche Möglichkeiten der Gründung von Gebäuden aus technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht empfohlen werden können;
- ⇒ welche Folgerungen sich für den Straßenbau ergeben;
- ⇒ welche Folgerungen sich für den Kanalbau ergeben;
- ⇒ welche ergänzenden Hinweise für den Baubetrieb notwendig werden;
- ⇒ welche Versickerungsmöglichkeiten auf dem Grundstück bestehen.



### **1.3 Projektbezogene Unterlagen**

Für die Ausarbeitung dieses Gutachtens standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

[1] EGL Entwicklung und Gestaltung von Landschaft, Landshut (06.08.2019):  
Bebauungsplan „Mirskofen Süd, Teil III), Vorentwurf mit eingetragenen  
Aufschlusspunkten, M 1 : 1.000

[2] Flurkarte mit Markierung Baufeld M 1 : 1.000

## **2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES**

### **2.1 Geplantes Bauwerk**

Der Markt Essenbach plant die Erschließung des Wohnbaugebietes Mirskofen Süd – Teil III.

Für das Baugebiet wird eine Erschließungsstraße mit einer Gesamtlänge von ca. 140 m erforderlich, welche im Osten an die Von-Fürstenberg-Straße und im Norden an die Straße Ziegelstadel anschließt. Im Zuge der Maßnahme soll auch die Oberbrunnstraße, welche derzeit als Schotterweg vorliegt, ausgebaut werden.

Aufgrund der Bauwerkskonstruktion ist die geplante Baumaßnahme vorläufig in die geotechnische Kategorie GK 2 einzuordnen. Diese umfasst Baumaßnahme mit durchschnittlichem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund.

### **2.2 Geomorphologische Situation**

Mirskofen ist ein Ortsteil des Marktes Essenbach im niederbayerischen Landkreis Landshut und liegt etwa 1,5 km westlich von Essenbach.

Der Untersuchungsstandort liegt am südlichen Ortsrand von Mirskofen auf dem Grundstück mit den Flurnummern 477, 477/10, 478,5, 479/5 und 479/4. Das Baugebiet ist allseitig von bestehenden Ortsstraßen umgeben, lediglich an der nordöstlichen Ecke schließt ein Privatgrundstück an. Die Fläche ist weitgehend eben und liegt im Mittel auf rund 407 m ü. NN. Derzeit wird die Fläche landwirtschaftlich genutzt.



### **2.3 Geologische Verhältnisse**

Nach der geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000 besteht der Untergrund im Untersuchungsgebiet aus pleistozänen Lößablagerungen. Im südlichen Bereich können pleistozäne bis holozäne polygenetische Talfüllungen in Form von Lehmen und Sanden anstehend sein. Im Liegenden der vorgenannten Schichten sind quartäre Schotter in Form von Kiesen, Sanden, Tonen und Schluffen zu erwarten.

Den tieferen Untergrund bilden tertiäre Ablagerungen der Nördlichen Vollschotter-Abfolge aus dem Miozän (Tertiär).

## **3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN**

### **3.1 Ortsbegehung**

Bei Beginn der Aufschlussarbeiten wurde gemeinsam mit Herrn Emmel, Fa. EGL, eine Ortsbegehung des Standorts und seiner Umgebung durch den Sachverständigen für Geotechnik durchgeführt. Eine Dokumentation der Ortsbegehung ist in der Anlage 5 enthalten.

### **3.2 Baugrundaufschlüsse**

Die vorliegende Untersuchung soll die Beurteilung der Ausführbarkeit voraussehbarer Varianten der Gründung und der Baudurchführung zulassen. Deshalb wurde Art und Umfang entsprechend einer Hauptuntersuchung nach DIN 4020 festgelegt.

Es wurde folgendes Untersuchungsprogramm festgelegt:

- 3 Rammkernbohrungen (RKB) bis 6 m unter Geländeoberkante
- 3 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH – dynamic probing heavy) nach DIN EN ISO 22476-2 bis 6 m unter Geländeoberkante
- 3 Schürfe (SCH) bis sickerfähige Schicht bzw. bis Geräteauslastung



Die Felderkundungen fanden am 08.08.2019 statt. Die Sondierungen DPH 1 und DPH 2 wurden auf 7,0 m tiefer geführt, da mit der gewählten Sondiertiefe nur sehr geringe Schlagzahlen registriert wurden.

Die Ansatzpunkte wurden höhenmäßig eingemessen und gehen aus dem Lageplan der Anlage 1 hervor.

**Tabelle 1: Ansatzhöhen/Endteufen**

<b>Erkundungsart</b>	<b>Ansatzhöhe [m ü. NN]</b>	<b>Endteufe [m unter GOK]</b>
RKB 1	406,99	5,9
RKB 2	406,41	6,1
RKB 3	406,81	6,0
DPH 1	406,55	7,0
DPH 2	406,15	7,0
DPH 3	407,33	6,0
SCH 1	407,24	3,5
SCH 2	406,59	3,3
SCH 3	405,92	3,3

GOK: Geländeoberkante  
m ü. NN: Meter über Normalnull

Eine Darstellung der Aufschlüsse als Bodenprofile nach DIN 4023 ist in Anlage 2 gemeinsam mit den Rammdiagrammen aufgetragen. Die zugehörigen Schichtenverzeichnisse und Kopfblätter sind in Anlage 3 zusammengestellt.





### **3.3 Sickerversuche**

In den Schürfen SCH 1, SCH 2 und SCH 3 wurden jeweils Schluckversuche als Sickerversuche durchgeführt. Die Sickerversuche wurden in den in Anlage 2.3 zu diesem Bericht beiliegenden Protokollen aufgezeichnet. Aus den Aufzeichnungen der Sickerversuche wurden anhand der dokumentierten Methoden die hydraulischen Durchlässigkeiten berechnet.

### **3.4 Bodenmechanische Laboruntersuchungen**

Aus den einzelnen Bodenschichten wurden Proben entnommen und - soweit erforderlich - zur Überprüfung der augenscheinlichen Ansprache und Ermittlung der Bodengruppen nach DIN 18 196 im Laboratorium untersucht. Folgende Versuche wurden durchgeführt:

- 3 Bestimmungen des Wassergehaltes nach DIN 18 121
- 3 Bestimmungen der Konsistenzgrenzen nach DIN 18 122
- 2 Bestimmungen des Glühverlustes nach DIN 18 128

Die Ergebnisse sind in Anlage 4 zusammengefasst. Sie werden ggf. im Folgenden bei der Beschreibung der Untergrundverhältnisse näher erläutert.

## **4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE**

### **4.1 Beschreibung der Schichtenfolge**

Die Felderkundungen haben die aufgrund der regionalen geologischen Situation zu erwartende Schichtung des Baugrundes im Wesentlichen bestätigt. Auf der Grundlage vergleichbarer bodenmechanischer Eigenschaften lassen sich die erkundeten Schichten am Untersuchungsstandort in nachfolgend aufgeführte Homogenbereiche zusammenfassen.

#### **Homogenbereich 0 – Oberboden**

In den Bohrungen RKB 1 und RKB 3 sowie in den Schürfen SCH 1 bis SCH 3 wurde unter dem Ansatzpunkt jeweils ein 0,2 m bis 0,4 m mächtiger Oberboden (Schluff, schwach sandig, schwach kiesig, organische Beimengungen) angetroffen. Dieser weist eine braune bis dunkelbraune Farbe auf.



### **Homogenbereich 1 – Auffüllung**

Die Bohrung RKB 2 wurde im Bereich der bestehenden Oberbrunnstraße durchgeführt. Dabei wurden unter der bestehenden Schottertragschicht oberflächennah bis etwa 0,4 m fein- bis gemischtkörnige Auffüllungen in Form kiesiger Schluffe von dunkelbrauner Farbe angetroffen.

### **Homogenbereich 2 – Löß**

Im Liegenden der Oberböden und Auffüllungen wurden in allen Bohrungen und Schürfen jeweils bis in die Endtiefe die Böden dieses Homogenbereiches angetroffen. Es handelt sich dabei um Schluffe von hellbraune bis beige Schluffe, welche teilweise tonige und feinsandige Bestandteile aufweisen. Die Konsistenz der Böden ist oberflächennah, bedingt durch die Trockenheit, überwiegend steif bis teilweise halbfest, in tieferen Lagen überwiegend weich bis steif.

Untergeordnet wurde im Schurf SCH 1 eine geringmächtige Lage aus grauen bis schwarzen Tonen angetroffen.

Oberflächennah wurden vereinzelt Kiese angetroffen, welche voraussichtlich durch die landwirtschaftlich Nutzung eingetragen wurden.

Bei den Ablagerungen handelt es sich um Löß und Lößlehmlagerungen.

## **4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen**

Zur indirekten Bestimmung der Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen sowie zur Erkundung des Ramm- und Bohrverhaltens wurden drei Sondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 abgeteuft. Dabei stellt die Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe über die gesamte Sondierstrecke ein interpretierbares Maß der Lagerungsdichte dar. Ebenso können Rückschlüsse auf Mantelreibungswerte, Spitzendruckwerte und Schichtgrenzen gezogen werden.



Es wurden oberflächennah bis in Tiefen von etwa 4,0 m (DPH 3) bis 6,5 m (DPH 2) unter Geländeoberkante nur geringe bis sehr geringe Schlagzahlen registriert, was auf eine eher geringe Tragfähigkeit in den anstehenden Böden hindeutet. Unterhalb dieser Tiefe kann ein geringfügiger Anstieg der Schlagzahlen festgestellt werden, welcher auf eine Verbesserung der Konsistenz und ggf. dem Antreffen besser tragfähiger Böden zurückzuführen sein kann.

Böden erhöhter Tragfähigkeit wurden im Zuge der Erkundungen nicht direkt aufgeschlossen.

### **4.3 Ergebnisse der Laborversuche**

#### **4.3.1 Wassergehalte und Konsistenzgrenzen**

An bindigen Bodenschichten wurden die Konsistenzgrenzen bestimmt und dabei die Plastizität sowie der natürliche Wassergehalt ermittelt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

**Tabelle 2: Wassergehalte und Konsistenzgrenzen**

Homogenbereich	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	Bodenansprache und Konsistenz	w [%]	w <sub>L</sub> [%]	I <sub>p</sub>	I <sub>c</sub>	DIN 18 196
2/Löß	SCH 2 / E3	1,8-3,0	Ton, schwach organische Beimengungen weich	26,87	47,10	28,91	0,70	TM
2/Löß	RKB 1 / D2	0,35-1,1	Schluff, schwach feinsandig, schwach organische Beimengungen halbfest	14,14	32,45	15,02	1,22	TL
2/Löß	RKB 2 / D3	1,0-2,1	Schluff, schwach feinsandig, schwach organische Beimengungen weich	22,53	35,53	18,97	0,68	TM
2/Löß	RKB 2 / D4	2,1-3,6	Ton, schluffig weich bis steif <sup>1)</sup>	23,0	-	-	-	-
2/Löß	RKB 3 / D2	0,2-1,3	Schluff, tonig steif <sup>1)</sup>	12,2	-	-	-	-
2/Löß	RKB 3 / D3	1,3-2,1	Schluff steif <sup>1)</sup>	14,4	-	-	-	-

w: Wassergehalt

w<sub>L</sub>: FließgrenzeI<sub>c</sub>: Konsistenzzahl

1) nach Bodenansprache



#### 4.3.2 Glühverluste

Es wurde der Anteil organischer Bestandteile durch Bestimmung des Glühverlustes ermittelt. Die Versuchsergebnisse mit einer qualitativen Bewertung in Anlehnung an DIN EN ISO 14688-2:2013-12 sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

**Tabelle 3: Glühverluste**

Homogenbereich	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	Bodenansprache	Glühverlust [%]	Bewertung in Anlehnung an DIN EN ISO 14688-2:2013-12
2/Löß	SCH 2 / E3	1,8-3,0	Ton, schluffig, schwach organisch	3,2	schwach organisch
2/Löß	RKB 1 / D2	0,35-1,1	Schluff, schwach feinsandig, schwach organisch	3,5	schwach organisch

#### 4.4 Hydrologische Verhältnisse

Mit den durchgeführten Erkundungen wurde kein Grund- oder Schichtenwasser angetroffen.

Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass sich bei den vorliegenden Böden zum Beispiel nach starken oder lang anhaltenden Niederschlägen lokal bzw. regional begrenzte Stauwasserkörper bilden können.

Nach der hydrogeologischen Karte liegt der mittlere Grundwasserstand am Untersuchungs-ort bei rund 395 m ü. NN, d.h. ca. 12 m unter GOK.

In vier Bohrungen in der näheren Umgebung wurden Grundwasserstände zwischen 384,1 m ü. NN und 391,1 m ü. NN dokumentiert. Die Lage der Bohrungen ist in Anlage 1.3 dokumentiert.



## 5 BEWERTUNG DER GEOTECHNISCHEN BEFUNDE

### 5.1 Beurteilung der Baugrundverhältnisse

Auf Grundlage der durchgeführten Felduntersuchungen, der örtlichen Bodenansprachen und der Ergebnisse der Feld- und Laborversuche kann die in der folgenden Tabelle dargestellte Klassifizierung der einzelnen Bodenschichten nach den geltenden Normen bzw. rein informativ nach der nicht mehr gültigen DIN 18 300 (2012) vorgenommen werden:

**Tabelle 4: Bodenklassifizierung**

Homogenbereich	Bodengruppe nach DIN 18 196	Bodenklasse nach DIN 18 300 (2012)	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 17
0/Oberboden	OU	1	F2
1/Aufüllung	[UL/UM]	4	F3
2/Löß	UL/UM/TL/TM	4	F3

Als wesentliches Ergebnis kann ein vereinfachtes Berechnungsmodell des Baugrundes ausgearbeitet werden. Die Vereinfachung bezieht sich dabei auf die geometrischen Annahmen über den Schichtenaufbau und -verlauf sowie auf die ähnlichen bodenmechanischen Baugrundeigenschaften.



Für das vorliegende Untersuchungsgrundstück ergibt sich folgendes Baugrundmodell:

**Tabelle 5: Vereinfachtes Baugrundmodell**

Homogenbereich	Unterhalb Kote [m ü. NN]	Lagerungsdichte bzw. Konsistenz	Bautechnische Eignung als Baugrund für Gründungen
0/Oberboden	405,9...407,2	weich	nicht geeignet
1/Auffüllung <sup>1)</sup>	406,4	weich bis steif	nicht geeignet
2/Löß	405,5...406,8	weich bis halbfest	mäßig geeignet

1) nur in RKB 2

Die in der Tabelle angegebenen Höhen der Schichtgrenzen weisen Spannen auf. Bei geotechnischen Nachweisen ist jeweils die ungünstigste Schichtung des Baugrundes zu berücksichtigen. Dabei kann sich je nach Art der zu führenden Standsicherheits-, Verformungs- oder sonstigen Berechnung ein unterschiedliches Berechnungsprofil ergeben.

## 5.2 Bodenmechanische Kennwerte

In der nachfolgenden Tabelle sind geschätzte mittlere bodenmechanische Kennwerte als charakteristische Werte für erdstatische Berechnungen zusammengefasst. Sie basieren auf Laboruntersuchungen, örtlichen Erfahrungen, den Angaben der DIN 1055 und DIN 1054 sowie den Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben EAB den Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen (EAU 2004).

Da sich die angetroffenen Oberböden nicht für einen technischen Wiedereinbau eignen, werden diese im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

**Tabelle 6: Bodenmechanische Kennwerte**

Homogenbereich	Wichte erdfeucht $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Wichte unter Auftrieb $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Winkel d. inneren Reibung $\varphi'$ [°]	Kohäsion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Kohäsion, undrännert $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Steifemodul $E_s$ Erstbelastung für Laststufe 100 bis 200 kN/m <sup>2</sup> [MN/m <sup>2</sup> ]	Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]
1/Auf-füllung	17 - 19 <sup>1)</sup>	8 – 9,5 <sup>1)</sup>	22,5-27,5 <sup>1)</sup>	2 - 10 <sup>1)</sup>	5-60 <sup>1)</sup>	2 - 8 <sup>1)</sup>	1 · 10 <sup>-6</sup> - 1 · 10 <sup>-7</sup>
2/Löß	17 - 20 <sup>1)</sup>	8 – 10,5 <sup>1)</sup>	17,5-27,5 <sup>1)</sup>	2-15 <sup>1)</sup>	5-80 <sup>1)</sup>	2 - 8 <sup>1)</sup>	1 · 10 <sup>-6</sup> - 1 · 10 <sup>-11</sup>

1) konsistenzabhängig

Soweit möglich wurden als bodenmechanische Kennwerte vorsichtige Schätzwerte des Mittelwertes nach DIN 4020 angegeben. Soweit in der Tabelle für einzelne Kennwerte Spannen angegeben worden sind, kann im Regelfall mit den Mittelwerten gerechnet werden. Bei Nachweis des Grenzzustandes des Verlustes der Lagesicherheit, des Versagens durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen sind jedoch die jeweils ungünstigsten Werte anzusetzen.

### 5.3 Eigenschaften und Kennwerte für Erdarbeiten (Homogenbereiche)

Homogenbereiche sind Abschnitte, welche für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweisen.

In diesem Sinne wurden im vorliegenden Bericht Homogenbereiche definiert und diesen den erkundeten Bodenschichten zugeordnet. Abhängig von dem gewählten Bauverfahren kann es jedoch sinnvoll sein, dass mehrere Homogenbereiche für Ausschreibung und Baudurchführung zusammengefasst werden. Dies ist durch den verantwortlichen Planer vorzunehmen, gegebenenfalls in Abstimmung mit dem Sachverständigen für Geotechnik.

In der folgenden Tabelle sind die nach DIN 18 300 anzugebenden Eigenschaften und Kennwerte der einzelnen Homogenbereiche enthalten, soweit dies auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse möglich ist.



**Tabelle 7: Eigenschaften und Kennwerte von Böden**

Homogenbereich	Korngrößenverteilung	Massenanteil [%]			Dichte $\rho$ [Mg/m <sup>3</sup> ]	Scherfestigkeit undrännert $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Wassergehalt $w$ [%]	Plastizitätszahl $I_p$ [%]	Konsistenzzahl $I_c$ [%]	Bezogene Lagerungsdichte $I_D$ [%]	Organischer Anteil $V_{GI}$ [%]	Boden- gruppe nach DIN 18 196
		Steine > 63 mm	Blöcke > 200 mm	große Blöcke > 630 mm								
1/Auf-füllung	- <sup>2)</sup>	≤ 20 <sup>3)</sup>	≤ 10 <sup>3)</sup>	≤ 5 <sup>3)</sup>	1,7 - 1,9	10-60 <sup>3)</sup>	- <sup>2)</sup>	2-25 <sup>3)</sup>	50-100 <sup>3)</sup>	- <sup>1)</sup>	≤ 5 <sup>3)</sup>	[UL/UM]
2/Löß	- <sup>2)</sup>	≤ 5 <sup>3)</sup>	0 <sup>3)</sup>	0 <sup>3)</sup>	1,7 - 2,0	10-80 <sup>3)</sup>	10-30	15-30	60-120	- <sup>1)</sup>	≤ 5	UL/UM/ TL/TM

- 1) Bei Böden dieser Art keine Angabe möglich
- 2) Mit den vorliegenden Feld- und Laboruntersuchungen nicht ermittelt
- 3) Abgeschätzt nach Erfahrungswerten



#### **5.4 Bewertung der Grundwasserverhältnisse**

Für Bauwerksabdichtungen und statische Nachweise ist ein Bemessungswasserstand festzulegen. Dieser ist definiert als der Grundwasserhöchststand bzw. Bemessungsgrundwasserstand (HGW), der sich witterungsbedingt einstellen kann oder als der Bemessungshochwasserstand (HHW), wobei der höhere Wert maßgebend ist. Bei der Ermittlung des Bemessungsgrundwasserstandes sind wasserwirtschaftliche Einflussfaktoren mit ihren Auswirkungen auf den Grundwasserstand zu berücksichtigen.

Aufgrund des großen Flurabstandes des Grundwassers kann der Bemessungsgrundwasserstand unterhalb der Gründungssohle angesetzt werden, wenn eine Bauwerksdrainage ausgeführt wird. Wird diese nicht ausgeführt, so ist der Bemessungsgrundwasserstand bei Geländeoberkante anzusetzen, da bei den vorliegenden Baugrundverhältnissen Stauwasser nicht ausgeschlossen werden kann, welches im ungünstigsten Fall bis Geländeoberkante ansteigt.

#### **5.5 Bewertung der Erdbebentätigkeit**

Der Untersuchungsstandort liegt nach DIN EN 1998-1/NA in keiner Erdbebenzone bzw. in der Erdbebenzone 0 und damit in einem Gebiet sehr geringer Seismizität. In Fällen sehr geringer Seismizität müssen die Vorschriften der Reihe EN 1998 nicht berücksichtigt werden.

### **6 FOLGERUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG VON GEBÄUDEN**

#### **6.1 Rahmenbedingungen**

Mit den erkundeten Gegebenheiten des Baugrunds liegen durchschnittliche Baugrundverhältnisse vor. Die in Kapitel 2.1 vorgenommene vorläufige Einstufung in die geotechnische Kategorie GK 2 nach DIN 4020 und DIN 1054 kann damit hinsichtlich der Baugrundverhältnisse bestätigt werden.

Über die geplanten Gebäude liegen zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung keine Unterlagen vor im Hinblick auf Stockwerkanzahl, Höhe der Gründungssohle und Fundamentart. Daher werden im Folgenden allgemeine Hinweise für die Gründung von Gebäuden gegeben.



## **6.2 Gründungsempfehlungen**

Bei den vorliegenden, überwiegend weichen bis steifen Böden kann die Gründung von Gebäuden voraussichtlich nicht ohne Zusatzmaßnahmen erfolgen.

Sind in der Gründungssohle die Tone und Schluffe des Homogenbereiches 2 in mindestens steifer Konsistenz anstehend, kann bei geringen Gebäudelasten ohne Zusatzmaßnahmen gegründet werden.

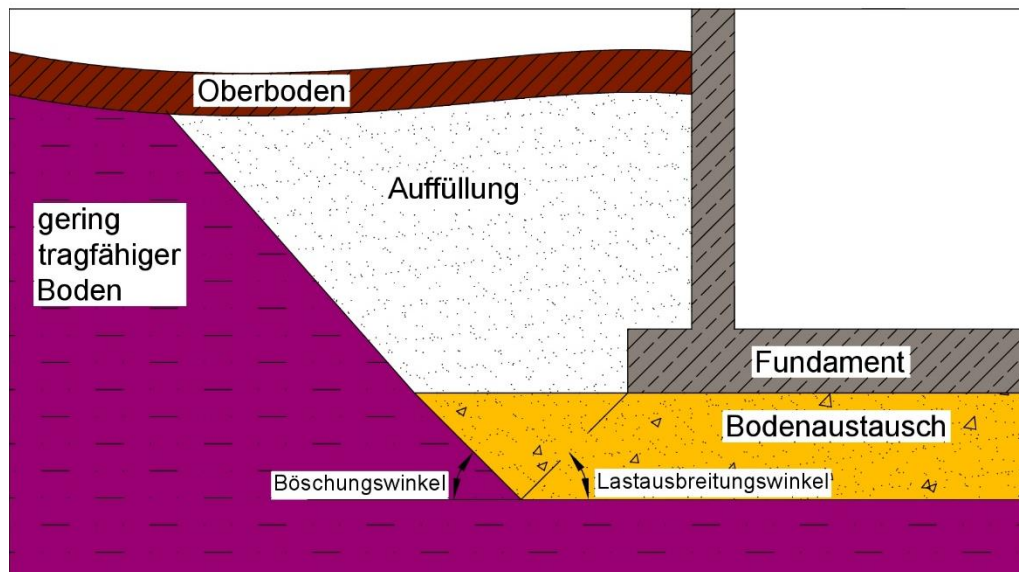
Da anhand der Erkundungen bereits frühzeitig mit dem Antreffen Böden schlechterer Konsistenz gerechnet werden muss und insbesondere beim Bauen in feuchter Jahreszeit eine weitere Verschlechterung der Konsistenz wahrscheinlich ist, sollten Zusatzmaßnahmen vorgesehen werden.

Die Gründung von Gebäuden kann prinzipiell über Einzel- und Streifenfundamente wie auch über eine tragende Bodenplatte auf einem Teilbodenaustausch erfolgen. Die Austauschdicke hängt dabei von den Lasten ab.

Eine Gründung über tieferführende Bodenverbesserungsmaßnahmen (z. B. Stabilisierungssäulen) oder Tiefgründungen sind denkbar. Mit den durchgeführten Erkundungen wurden jedoch keine Böden mit ausreichender Tragfähigkeit erkundet. Es sind hierfür tiefere Aufschlüsse erforderlich.

## **6.3 Gründung auf Teilbodenaustausch**

Bei dieser Gründungsvariante wird der gering tragfähige Boden unterhalb der Fundamente entfernt und durch gut verdichtbares, nichtbindiges Material ersetzt. Es eignet sich hierzu z. B. ein Kies-Sand-Gemisch mit einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von maximal 15 % im eingebauten Zustand oder Recycling-Baustoffe und industrielle Nebenprodukte, welche die oben genannten Kornverteilungskriterien einhalten. Dieses Material ist auf einem wasserdurchlässigen geotextilen Vlies lagenweise einzubauen und zu verdichten, wobei ein Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 100 \%$  nachzuweisen ist. Darüber hinaus ist ein Lastausbreitungswinkel von  $45^\circ$  gegen die Horizontale bei rundkörnigem Material bzw. von  $60^\circ$  gegen die Horizontale bei gebrochenem Material zu beachten.



**Abbildung 1: Bodenaustausch**

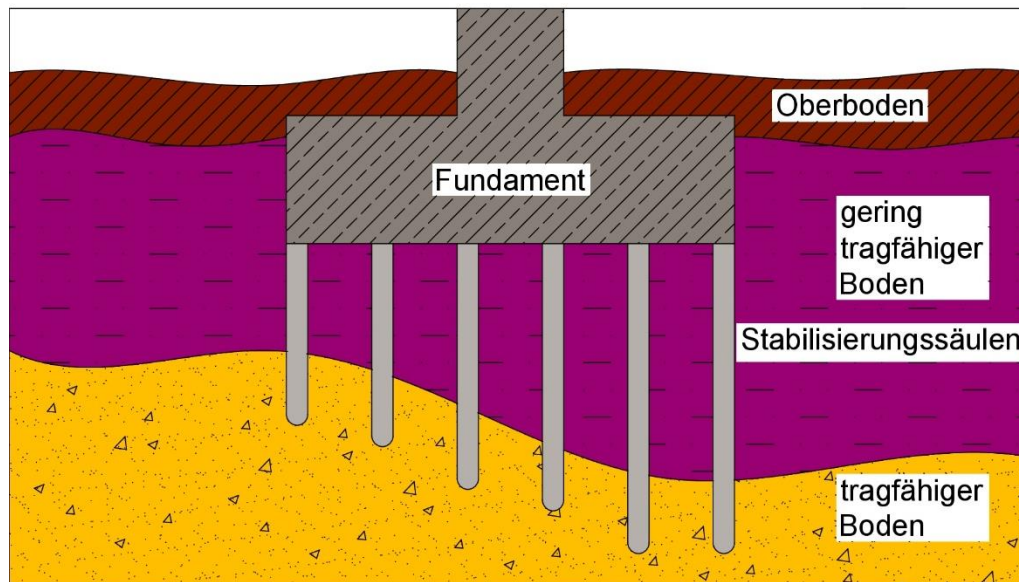
Die erforderliche Dicke des Bodenaustausches ist in Grundbruch- und Setzungsberechnungen zu ermitteln.

#### **6.4 Bodenverbesserung durch Stabilisierungssäulen**

In den vorliegenden Böden kann eine Untergrundverbesserung durch Einbau einer geeigneten Körnung oder durch Zugabe von Bindemitteln, jeweils zusammen mit einer Verdichtung des Bodens, erreicht werden.

Stabilisierungssäulen kleinen Durchmessers werden im Verdrängungsverfahren in den Untergrund eingebracht. Die Verdrängung erfolgt über eine Förderschnecke sowie ein negatives Eindrehen. Die Förderschnecke wird an einem Mäkler geführt. Beim Eindrücken der Förderschnecke wird sowohl der anstehende Boden verdrängt und verdichtet als auch über einen Aufgabetrichter am unteren Ende des Mäklers das Verbesserungsmedium, zum Beispiel eine Sand-Zement-Mischung, eingebracht. Das Verbesserungsmedium wird dem anstehenden Boden Feuchte entziehen und mit dieser Feuchte abbinden und aushärten. Die Tiefe der Verdrängungssäulen richtet sich nach der gewünschten Säulenlänge oder dem Erreichen eines bestimmten Anpressdruckes beim Bohrvorgang, der Rasterabstand wird abhängig von der Größe der abzutragenden Lasten festgelegt.

Für die Herstellung der Stabilisierungssäulen ist ein Arbeitsplanum aus Kies oder Schotter auf einem geotextilen Vlies in einer Dicke von mindestens 30 cm vorzusehen.



**Abbildung 2: Bodenverbesserung durch Stabilisierungssäulen**

Eines der gebräuchlichsten Verfahren ist eine Bodenverbesserung mit dem CSV-Verfahren, das nach dem „Merkblatt für die Herstellung, Bemessung und Qualitätssicherung von Stabilisierungssäulen zur Untergrundverbesserung, Teil I - CSV-Verfahren“ geregelt ist.

Die Ausführung der Stabilisierungssäulen ist sowohl unter Einzel- und Streifenfundamenten als auch unter einer tragenden Bodenplatte möglich.

Hinsichtlich der Grundbruchsicherheit der Fundamente kann bei einer Mindesteinbindetiefe der Fundamente von 1,0 m und für Fundamentbreiten über 1,0 m von einem Bemessungswert des Sohlwiderstands von 350 kN/m<sup>2</sup> bei Streifenfundamenten ausgegangen werden.

In welcher Tiefe Böden mit durchgehend ausreichender Tragfähigkeit anstehend sind, ist anhand zusätzlicher Erkundungen zu ermitteln.



## 6.5 Plattengründung

Mit einer Plattengründung kann im Vergleich zu Einzel- und Streifenfundamenten ein gleichmäßigeres Setzungsverhalten erreicht werden, da die Steifigkeit der Gründungsplatte Verformungsunterschiede auszugleichen vermag. Dadurch können stark unterschiedliche Lasten setzungsverträglich abgetragen werden und prinzipiell auch größere Gesamtsetzungen akzeptiert werden als bei einer Gründung auf voneinander unabhängigen Fundamentkörpern. Vorteile ergeben sich auch, wenn das Untergeschoss teilweise in das Grundwasser einbindet und eine wasserdichte Wanne ausgebildet werden soll.

Die Angabe eines Bemessungswertes des Sohlwiderstands nach Regelfällen ist bei einer Plattengründung nicht möglich. Es sind nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054 die Nachweise der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit zu führen. Bei den Nachweisen der Tragfähigkeit sind im Wesentlichen der Grundbruchwiderstand, der Gleitwiderstand und die Sicherheit gegen Kippen nachzuweisen sowie die Bedingungen hinsichtlich der zulässigen Ausmittigkeit der Sohldruckresultierenden einzuhalten. Zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind Setzungs- und Verformungsberechnungen durchzuführen, welche auch die Wechselwirkung zwischen Baugrund und Bauwerk berücksichtigen.

Die Dicke der Gründungsplatte und der erforderliche Bewehrungsgehalt ergibt sich aus der Biegebemessung. Die Ermittlung der Biegemomente kann nach dem Bettungs- oder dem Steifemodulverfahren erfolgen.

Für das Steifemodulverfahren können direkt die in Tabelle 6 angegebenen Werte für den Steifemodul der relevanten Bodenschichten verwendet werden.

Der Bettungsmodul ist kein Bodenkennwert, sondern eine Kenngröße für die Setzung der Bodenoberfläche unter einer Flächenlast. Somit hat der Bettungsmodul in der gesamten Gründungssohle verschieden große Werte, da in der Regel Sohlspannungen und Setzungen nicht gleichmäßig verteilt sind.

Es ist jedoch meistens ausreichend genau, einen konstanten Bettungsmodul  $k_s$  über die gesamte Gründungsfläche anzusetzen. Dieser wird vorliegend mit Hilfe einer überschlägigen Setzungsberechnung wie folgt ermittelt.

1. Die Sohlspannungen werden über die Gründungsfläche gemittelt und als mittlere Sohlspannung  $\sigma_m$  auf die gesamte Gründungsfläche verteilt.



2. Die Setzungen  $s$  werden im kennzeichnenden Punkt berechnet.
3. Der Bettungsmodul  $k_s$  wird mit  $k_s = \sigma_m/s$  ermittelt.

Rechnerische Sicherheit gegenüber Grundbruch ist bei der Gründung über eine Bodenplatte gewährleistet.

## **7 FOLGERUNGEN FÜR DIE BAUGRUBE**

### **7.1 Allgemeines**

Beim Aushub der Baugrube ist in Abhängigkeit von der gewählten Gründungsart mit Böden der Homogenbereiche 0, 1 und 2 zu rechnen.

Die Oberböden des Homogenbereiches 0 sind nicht für einen technischen Wiedereinbau geeignet und müssen vollständig aus der Gründungssohle entfernt werden.

### **7.2 Baugrubenböschungen**

Baugruben und Gräben dürfen erst betrieben werden, wenn die Standsicherheit der Wände gemäß den Anforderungen der DIN 4124 „Baugruben und Gräben“ eingehalten wird. Fundamentgräben können bis in eine Tiefe von 1,25 m senkrecht geböscht werden, wenn die anschließende Geländeoberfläche nicht stärker als 1:2 geneigt ist.

Bei größeren Aushubtiefen sind geböschte Baugrubenwände mit einem Neigungswinkel von  $\beta \leq 45^\circ$  gegen die Horizontale herzustellen.

Dabei wird vorausgesetzt, dass Baugeräte bis 12 t Gesamtgewicht sowie Fahrzeuge, welche die nach § 34, Abs. 4 der Straßenverkehrszulassungsordnung zulässigen Achslasten nicht überschreiten einen Abstand von mindestens 1,0 m zur Böschungskante einhalten. Bei Baugeräten mit mehr als 12 t bis 40 t Gesamtgewicht sowie Fahrzeugen, welche die oben genannten zulässigen Achslasten überschreiten, ist ein Abstand von mindestens 2 m zur Böschungskante sicherzustellen.

Ist damit zu rechnen, dass während der Bauzeit die Standsicherheit durch Wasser, Trockenheit oder Frost gefährdet wird, so sind zusätzliche Sicherungsmaßnahmen wie Auflegen von Folien oder Dämmmatten vorzusehen.



Ein rechnerischer Nachweis geböschter Baugrubenwände ist bei Böschungshöhen von mehr als 5 m zu führen. Dies gilt auch, wenn das Gelände neben der Böschungskante stärker als 1 : 10 ansteigt, größere Stapellasten vorliegen oder schwere Baufahrzeuge den erforderlichen Mindestabstand gem. DIN 4124 nicht einhalten. Ein rechnerischer Nachweis ist darüber hinaus erforderlich, wenn der oben angegebene Böschungswinkel überschritten werden soll.

Darüber hinaus sind die Sicherheitsbestimmungen der DIN 4124 bezüglich Ausbildung der Arbeitsraumbreiten zu beachten.

### **7.3 Wasserhaltung**

Eine Wasserhaltung hat im vorliegenden Fall eine gezielte Ableitung von Oberflächenwasser und ggf. zutretendem Schichtwasser zu gewährleisten. Bei den erkundeten Böden kann dies in einer offenen Wasserhaltung erfolgen. Dabei wird das in der Baugrube anfallende Wasser in Gräben gesammelt und Pumpensümpfen zugeführt. Von dort wird das Wasser ständig oder zeitweise abgepumpt.

Die Gräben sollten als Sicker- oder Drängräben ausgebildet werden, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass die anstehenden Böden für die Ausbildung von offenen Gräben ausreichend standfest sind. Als Sickergräben werden mit Filtermaterial (Sand oder Kies) gefüllte Gräben bezeichnet. Drängräben sind bei großem Wasseranfall einzusetzen, indem in den Filterkörper zusätzlich Dränrohre eingebettet werden.

Pumpensümpfe sind Vertiefungen, die während der Aushubphase mit einem Bagger an der tiefsten Stelle der Baugrube ausgehoben werden. In diese Vertiefungen werden z. B. Brunnenringe, gelochte Betonrohre oder ähnliches eingestellt. Um diesen Pumpensumpf herum wird Filtermaterial eingebaut. Das im Pumpensumpf gesammelte Wasser wird mit Tauch- oder Vakuumpumpen abgepumpt. Die Sohle des Pumpensumpfes muss so tief liegen, dass die Aushubsohle an jeder Stelle wasserfrei ist.

### **7.4 Hinterfüllen/Verdichten**

Nach ZTVE-StB 17 sind für Hinterfüllbereiche und Überschüttbereiche grobkörnige bis gemischtkörnige Bodenarten mit einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von maximal 15 Gew-% oder Rezyklierte Baustoffe, welche die oben genannten Kornverteilungskriterien einhalten, geeignet. Die Eignung der Rezyklierten Baustoffe ist im Einzelfall zu prüfen.





Auch die Verwendung von leicht- bis mittelplastischen feinkörnigen Böden und von gemischtkörnigen Böden mit einem Feinkorngehalt  $\geq 15$  Gew.-% ist möglich, wenn diese Böden einer qualifizierten Bodenverbesserung unterzogen werden.

Wird eine Dränanlage ausgeführt, so sind nur grobkörnige Böden (Feinkorngehalt  $< 5$  %) zu verwenden.

Wird gebrochenes Material verwendet, so ist die Bauwerksabdichtung zu schützen.

Hinsichtlich der Verdichtung sind die Anforderungen der ZTVE-StB 17 zu beachten. Demnach sind die zur Hinterfüllung geeigneten Böden in Hinterfüllbereichen und unmittelbar an die Bauwerke angrenzenden Überschüttbereichen unterhalb des Erdplanums so zu verdichten, dass ein Verdichtungsgrad von mindestens  $D_{Pr} = 100$  % erreicht wird.

Die genannten Anforderungen an Materialien und Verdichtung sind für alle Hinterfüllbereiche zu beachten, welche überbaut werden oder auf denen die Anlage von Verkehrsflächen vorgesehen ist.

Werden auf Hinterfüllbereichen Grünflächen angelegt, so kann von diesen Anforderungen abgewichen werden. Es sollte jedoch in diesen Hinterfüllbereichen ein Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 95$  % sichergestellt werden.

Die beim Bodenaushub gewonnenen Böden der Homogenbereiche 0 und 1 sind für einen technischen Wiedereinbau prinzipiell ungeeignet.

Die bei dem Bodenaushub gewonnen Böden des Homogenbereiches 2 sind für einen Wiedereinbau unter Grünflächen oder in Verbindung mit einer qualifizierten Bodenverbesserung geeignet, sofern keine Dränanlage ausgeführt wird.



## **8 BAUWERK UND GRUNDWASSER**

### **8.1 Bodenplatte ohne Unterkellerung**

Wenn die Gebäude ohne Unterkellerung ausgeführt und auf Bodenplatten gegründet werden, ist die Einwirkung auf Bodenfeuchte beschränkt und es kann die Wassereinwirkungsklasse W1.1-E nach DIN 18 533-1 zugeordnet werden. Dabei muss gewährleistet werden, dass das angrenzende Gelände ein Gefälle vom Gebäude weg aufweist und anfallendes Oberflächenwasser in geeigneter Weise abgeleitet wird. Voraussetzung hierfür ist im Weiteren, dass unter der Bodenplatte eine kapillARBrechende Schicht, z. B. Kies 8/16 mm in einer Dicke von mindestens 15 cm vorgesehen wird. Alternativ erfüllt auch Frostschutzkies mit einer Schichtdicke von mindestens 40 cm die gleiche Funktion.

Unterhalb der kapillARBrechenden Schicht empfiehlt sich der Einbau eines geotextilen Vlieses. Zwischen kapillARBrechender Schicht und Sauberkeitsschicht der Bodenplatte ist eine Kunststoffolie als Trennlage vorzusehen.

Mögliche Abdichtungsbauarten für die vorliegende Wassereinwirkungsklasse sind in Tabelle 4 der DIN 18 533-1 aufgelistet.

### **8.2 Bemessungswasserstand bis 3 m über Fundamentunterkante**

In allen anderen Fällen (Gebäude ohne Unterkellerung auf Einzel- und Streifenfundamenten, Gebäude mit Unterkellerung) befinden sich die erdberührten Bauteile im Einflussbereich von Grundwasser und Stauwasser bis 3 m über der Abdichtungsebene. Damit liegt eine mäßige Einwirkung von drückendem Wasser vor und es ist die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E nach DIN 18 533-1 zuzuordnen.

Mögliche Abdichtungsbauarten für die vorliegende Wassereinwirkungsklasse sind in Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 der DIN 18 533 aufgelistet. Alternativ sind die erdberührten Bauteile als sogenannte Weiße Wanne nach der Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton DAfStb für die Beanspruchungsklasse 1 herzustellen.

Das Errichten des Bauwerks im Grundwasser stellt im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes ein Einbringen von Stoffen ins Grundwasser dar und ist daher genehmigungspflichtig. Die Genehmigung ist bei der zuständigen Kreisverwaltungsbehörde zu beantragen.



### **8.3 Bemessungswasserstand mehr als 3 m über Fundamentunterkante**

Bei größerer Gründungstiefe können sich die erdberührten Bauteile im Einflussbereich von Grundwasser und Stauwasser bei mehr als 3 m über der Abdichtungsebene befinden. Damit liegt eine hohe Einwirkung von drückendem Wasser vor und es ist die Wassereinwirkungsklasse W2.2-E nach DIN 18 533-1 zuzuordnen.

Mögliche Abdichtungsbauarten für die vorliegende Wassereinwirkungsklasse sind in Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 der DIN 18 533 aufgelistet. Alternativ sind die erdberührten Bauteile als sogenannte Weiße Wanne nach der Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton DAfStb für die Beanspruchungsklasse 1 herzustellen.

### **8.4 Versickerung**

Die Versickerung von Niederschlagsabflüssen erfüllt grundsätzlich einen wasserrechtlichen Tatbestand und ist bei der zuständigen Kreisverwaltungsbehörde entsprechend zu beantragen. Unter gewissen Umständen ist die Versickerung von Niederschlagswasser in kleinem Umfang erlaubnisfrei. In Bayern gelten diesbezüglich die „Verordnung über die erlaubnisfreie schadlose Versickerung von gesammeltem Niederschlagswasser (MWFreiV)“ sowie die „Technischen Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in das Grundwasser (TRENGW)“.

Grundlage zur Versickerung von unbedenklichen und tolerierbaren Niederschlagsabflüssen ist das Arbeitsblatt DWA-A 138: „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, April 2005, der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. Demnach sind Böden dann zur Versickerung geeignet, wenn deren Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  für Fließvorgänge in der wassergesättigten Zone im Bereich  $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} \leq k_f \leq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  liegt.

In den Schürfen SCH 1 bis SCH 3 wurden in einer Tiefe von 3,3 m bis 3,5 m unter Geländeoberkante Absinkversuche ausgeführt. Dabei wurden Durchlässigkeitsbeiwerte  $k$  von 1,9 bis  $2,6 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  festgestellt. Um den für die Bemessung von Versickerungsanlagen erforderlichen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  zu erhalten, sind die im Versuch ermittelten Werte sind gemäß dem Arbeitsblatt DWA-A 138 mit dem dort angegebenen Faktor 2 zu multiplizieren. Damit kann für den Homogenbereich 2 ein mittlerer Bemessungswert  $k_f = 4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  abgeschätzt werden.

Aufgrund dieser Prüfergebnisse ist eine Versickerung nicht möglich.



## **9 HERSTELLUNG BEFESTIGTER FLÄCHEN**

### **9.1 Rahmenbedingungen**

Im Bereich der geplanten Erschließungsstraße sind nach den Erkundungsergebnissen auf Höhe des Erdplanums durchgehend Böden des Homogenbereiches 2 (Löß) anzutreffen. Es kann deshalb die Frostempfindlichkeitsklasse F3 zugrunde gelegt werden.

### **9.2 Herstellung des Oberbaues**

Für die Erschließungsstraße kann nach RStO 12 die Belastungsklasse Bk0,3 zugrunde gelegt werden.

Für die Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus sind die Tabellen 6 und 7 der RStO 12 heranzuziehen. Das Untersuchungsgelände liegt gemäß Bild 6 der RStO 12 in der Frosteinwirkungszone F2. Damit ergibt sich unter Zugrundelegung der Belastungsklasse Bk0,3 folgende Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues:

Belastungsklasse Bk0,3:	40 cm
Kleinräumige Klimaunterschiede:	0 cm
Frosteinwirkungszone F2:	5 cm
Wasserverhältnisse:	0 cm
Lage der Gradienten:	0 cm
Gesamtaufbau:	<u>45 cm</u>

Je nach Ausführung der Randbereiche kann der Aufbau gemäß Tabelle 7 der RStO 12 um 5 cm geringer ausfallen. Die Minderdicke wird auf die Dicke der Frostschutzschicht angerechnet.

Die Dicke der Asphaltsschichten und gegebenenfalls zusätzlich vorzusehender Tragsschichten ist nach Tafel 1 der RStO 12 festzulegen.

Es sind folgende Tragfähigkeitswerte bei der Bauausführung nachzuweisen:

Geforderte Tragfähigkeit auf dem Planum (Oberkante Frostschutzschicht):  
 $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$

Geforderte Tragfähigkeit auf dem Erdplanum (Oberkante Untergrund):  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$



### **9.3 Ertüchtigung des Untergrundes**

Nach Abtrag der oberflächennahen Böden stehen im Erdplanumsbereich Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 an. Nach ZTVE-StB 17 und RStO 12 ist auf der Oberkante des Erdplanums ein Verformungsmodul beim Plattendruckversuch von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  nachzuweisen. Dieser Wert wird auf den anstehenden Böden mutmaßlich nicht erreicht werden können. Es sollte daher ein Bodenaustausch oder eine Bodenverbesserung in Form der Zugabe von Feinkalk bzw. eines Kalk-Zement-Gemisches vorgesehen werden.

Die Verbesserungsmethode bzw. die erforderliche Kalk- bzw. Kalk-Zement-Zugabemenge kann durch die IFB Eigenschenk kurzfristig über eine Eignungsprüfung ermittelt werden.

Die erforderliche Zugabemenge ist von den Wasserverhältnissen im Boden abhängig, welche jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. Zur Vorbemessung kann eine mittlere Zugabemenge von 3 % angenommen werden.

Bei Ausführung eines Bodenaustausches wird empfohlen, ein gut verdichtbares Kies-Sand-Gemisch mit einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von maximal 15 % im eingebauten Zustand einzubauen. Geeignet sind auch Recycling-Baustoffe und industrielle Nebenprodukte, welche die oben genannten Kornverteilungskriterien einhalten.

Die Dicke der zu verbessernden oder auszutauschenden Bodenschicht ist von der vorhandenen Tragfähigkeit der anstehenden Böden abhängig. Diese wird wiederum maßgeblich von den Wasserverhältnissen im Boden beeinflusst, welche jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. Es wird empfohlen, die erforderliche Dicke bei Baubeginn durch Anlage eines Probefeldes und Durchführung von Plattendruckversuchen zu ermitteln.

Zur Vorbemessung kann von einer Dicke der zu verbessernden bzw. auszutauschenden Schicht von mindestens 30 cm ausgegangen werden. Bei Ausführung eines Bodenaustausches kann die erforderliche Austauschdicke durch Verlegung eines knotensteifen Geogitters vor Einbau der ersten Schüttlage erfahrungsgemäß um etwa 30 % bis 40 % reduziert werden.



## **10 FOLGERUNGEN FÜR DEN KANALBAU**

### **10.1 Rahmenbedingungen**

Zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung liegen keine Informationen über die geplante Verlegetiefe und den geplanten Kanaldurchmesser vor.

Bei üblichen Verlegetiefen von 1,5 bis 4,0 m sind in der Gründungssohle die Böden des Homogenbereiches 2 (Decklehme) in weicher bis steifer Konsistenz anstehend. Die Verlegesohle befindet sich oberhalb des Grundwasserspiegels. Es ist mit Schichtwasser zu rechnen.

### **10.2 Aushub und Wiederverwendbarkeit**

Beim Aushub fallen die Böden der Homogenbereiche 0, 1 und 2 an. Die Oberböden des Homogenbereiches 0 sowie die Auffüllungen des Homogenbereiches 1 sind vollständig zu entfernen.

Die Böden des Homogenbereiches 2 können in Verbindung mit einer qualifizierten Bodenverbesserung wiederverwendet werden.

### **10.3 Grabenverbau und Wasserhaltung**

Prinzipiell können die Verlegegräben geböscht werden. Die Gräben können bis in eine Tiefe von 1,25 m senkrecht geböscht werden. Bei größeren Aushubtiefen ist ein Böschungswinkel von 45° gegen die Horizontale einzuhalten.

Alternativ können die Gräben verbaut werden. Dabei lassen sich grundsätzlich alle gängigen Grabenverbaugeräte einsetzen. Es wird auf die Beachtung der Sicherheitsregeln nach DIN 4124 und der dort aufgeführten Bestimmungen zum Einstell- und Absenkverfahren hingewiesen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Böden des Homogenbereiches 2 (Löß) bei schlechten Witterungsverhältnissen nicht kurzzeitig standfest sind. Grabenverbaugeräte können in diesen Böden nur mit dem Absenkverfahren eingebracht werden. Dabei dürfen mittig gestützte Grabenverbaugeräte nicht zum Einsatz kommen.



Eine Wasserhaltung ist zur gezielten Ableitung von Oberflächenwasser und Schichtenwasser vorzusehen. Hierzu sind Längsdränagen im Kanalgraben entsprechend dem Baufortschritt mitzuführen. In regelmäßigen Abständen sind Pumpensümpfe einzurichten. In der Sohle des Kanalgrabens sollte eine ca. 30 cm dicke Dränageschicht vorgesehen werden, welche mit einem filterstabilen geotextilen Vlies ummantelt wird.

Nach Beendigung der Wasserhaltung müssen alle Baudränagen vorzugsweise entfernt oder andernfalls ausreichend verschlossen werden.

#### **10.4 Auflager**

Unter Berücksichtigung der Angaben der Rohrhersteller der statischen Vorgaben sowie der DIN EN 1610 (Mindestauflagerdicken) kann die Gründung oder die Auflagersituation der Rohre wie folgt unterteilt werden:

##### **Auflager im Bereich der Böden des Homogenbereiches 2, mindestens steife Konsistenz**

Sind die Böden dieses Homogenbereiches in mindestens steifer Konsistenz anstehend, kann eine direkte Auflagerung der Rohre auf diesen Böden vorgenommen werden.

Voraussetzung hierfür ist, dass kein Aufweichen durch Wasserzutritt und/oder dynamische Belastung erfolgt. Aufgeweichte Schichten sind zu entfernen und durch gut verdichtbares Material zu ersetzen. Darauf bzw. auf mindestens steifen Böden kann die herkömmliche Bettungsschicht, z. B. Kiessand mit einer Mindestdicke von 100 mm eingebracht werden.

##### **Auflager im Bereich der Böden des Homogenbereiches 2, weiche Konsistenz**

Sind in der Verlegesohle Böden von schlechterer Konsistenz vorhanden, sollte ein Teilbodenaustausch mit gut verdichtbarem, nichtbindigen Material vorgesehen werden. Das Austauschmaterial ist dabei auf einem geotextilen Vlies einzubauen und ausreichend zu verdichten. Die Dicke des Bodenaustausches richtet sich nach der Mächtigkeit der organischen Bodenschicht, sollte jedoch mindestens 0,2 bis 0,3 m betragen, abhängig von den jeweiligen Bodenverhältnissen.

Der Bodenaustausch kann bei Verwendung von entsprechendem Material als untere Bettungsschicht angerechnet werden.



## **10.5 Wiederverfüllung**

### **Leitungszone**

Es sind die nach DIN EN 1610 in der Leitungszone geeigneten Baustoffe zu verwenden. Das dort angegebene Größtkorn in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser ist zu beachten. Eine Verlagerung anstehenden Bodens in die Leitungszone oder umgekehrt ist zu verhindern, gegebenenfalls ist die Verwendung von Filterkies oder Geotextilien notwendig, insbesondere im Grundwasserbereich. Im Einflussbereich von Grund- und Schichtenwasser sind geeignete Vorkehrungen zu treffen, z. B. Innenauskleidung des Grabens mit Geotextilien. Es ist ein Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 97\%$  nachzuweisen.

### **Verfüllzone**

Außerhalb der Leitungszone soll gemäß der ZTVE-StB 17 möglichst der ausgehobene Boden oder in Dammlage das für den Damm vorgesehene Schüttmaterial zur Grabenverfüllung verwendet werden. Innerhalb des Straßenkörpers ist ein Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$  gemäß Abschnitt 4.3.2 der ZTVE-StB 17 nachzuweisen. Die Anforderung ist vom Verfüllmaterial abhängig. Außerhalb des Straßenkörpers gilt die Anforderung  $D_{Pr} \geq 97\%$ .

## **11 ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN**

### **11.1 Beweissicherung**

Aufgrund der Bautätigkeiten, die unvermeidlich Erschütterungen durch Baustellenverkehr, Rammarbeiten oder Verdichtungsarbeiten mit sich bringen, sind Einflüsse auf die Nachbarbebauung nicht auszuschließen. Daher wird eine Beweissicherung des Ist-Zustandes von benachbarten Bauwerken und Straßen empfohlen.

Das Schadensrisiko für Gebäude durch Erschütterungseinwirkungen sollte durch Erschütterungsmessungen und eine Bewertung nach DIN 4150 minimiert werden. Somit kann eine Überwachung und Optimierung der Erschütterungsintensität vor Ort erfolgen sowie der Nachweis erbracht werden, dass die gemäß DIN 4150 Teil 3 geforderten Anhaltswerte nicht überschritten werden.

Da es sich vorliegend um erdbautechnische Maßnahmen handelt, sollten das Beweissicherungsverfahren sowie die Erschütterungsmessung von einem Baugrundsachverständigen durchgeführt werden. Die IFB Eigenschonk steht dazu zur Verfügung.





### **11.2 Baubegleitende Überwachung**

Nach DIN EN 1997-1 und -2 ist während der Bauausführung zu überprüfen, ob die Baugrundverhältnisse den Annahmen entsprechen.

Es wird auf die Erfordernis von Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen gemäß ZTVE-StB 17 im Zuge von Verdichtungs- und Hinterfüllungsarbeiten hingewiesen.

### **11.3 Zusätzliche Erkundungen**

Da mit den durchgeführten Erkundungen keine tragfähigen Bodenschichten erkundet wurden, wird die Durchführung tieferer Erkundungen empfohlen.

Für die einzelnen Parzellen wird jeweils eine eigene Erkundung, angepasst auf das jeweilige Bauvorhaben, empfohlen.

## **12 SCHLUSSBEMERKUNGEN**

Im Zuge der Baugrunduntersuchung wurden Erkundungen niedergebracht und der aufgeschlossene Boden beurteilt. Die für die Ausschreibung, Planung und Baudurchführung erforderlichen Hinweise und bodenmechanischen Kennwerte wurden erarbeitet und sind im Text- und Anlagenteil dokumentiert. Die jeweils notwendigen Maßnahmen und Gründungsbedingungen wurden für die Verhältnisse an den Ansatzpunkten aufgezeigt.

Die IFB Eigenschek ist zu verständigen, falls sich Abweichungen vom vorliegenden Gutachten oder planungsbedingte Änderungen ergeben. Zwischenzeitlich aufgetretene oder eventuell von der Planung abweichend erörterte Fragen werden in einer ergänzenden Stellungnahme kurzfristig nachgereicht.



Bei den durchgeführten Untersuchungen handelt es sich naturgemäß nur um punktförmige Aufschlüsse, weshalb Abweichungen im flächenhaften Anschnitt nicht auszuschließen sind. Eine Überprüfung des Baugrundaufbaus während des Aushubs und eine Inspektion der Baugrubensohle bleibt damit erforderlich. Ohne örtliche Abnahme gilt die Untersuchung des Baugrundes als nicht abgeschlossen.

**IFB Eigenschenk GmbH**

Dipl.-Ing. Rolf d'Angelo <sup>1) 2)</sup>  
Geschäftsführer

Michael Hornacsek M. Sc.  
Sachbearbeiter

- <sup>1)</sup> Von der Industrie- und Handelskammer für Niederbayern in Passau öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Erdbau im Straßenbau
- <sup>2)</sup> Leiter der Prüfstelle (Richtlinien für die Anerkennung von Prüfstellen für Baustoffe und Baustoffgemische im Straßenbau RAP Stra 15)