

# G U T A C H T E N

## GEOTECHNISCHER BERICHT

Auftrag Nr. 3160282  
Projekt Nr. 2016-0860

### AUFTRAGGEBER:

Verwaltungsgemeinschaft  
Oberbergkirchen

### BAUMASSNAHME:

Erschließung Baugebiet „Unteres Feld IV“,  
Gemeinde Zangberg, Landkreis Mühldorf  
am Inn

### GEGENSTAND:

Baugrunduntersuchung

### DATUM:

Deggendorf, den 20.07.2016

Dieser Bericht umfasst 30 Seiten, 8 Tabellen und 5 Anlagen.  
Die Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist ohne unsere Zustimmung nicht zulässig. Die Proben werden ohne besondere Absprache nicht aufbewahrt.

 **Dipl.-Geol. Eduard Eigenschek**  
von der IHK Niederbayern  
öffentlich bestellter und  
vereidigter Sachverständiger  
für ingenieurgeologische  
Bodenuntersuchungen

WASSER | UMWELT

 **Dipl.-Geol. Dr. Roland Kunz**  
von der IHK Niederbayern  
öffentlich bestellter und  
vereidigter Sachverständiger  
für Hydrogeologie

MONITORING

**Dr.-Ing. Bernd Köck**  
Nachweisberechtigt für  
Standortsicherheit (Art. 62, BayBO)  
und bauvorlageberechtigt  
(Art. 61, BayBO)

PLANUNG

**Dipl.-Ing. Tobias Kubetzek**  
Priv. SV Spezialtiefbauplanung

GEOTECHNIK

 **Dipl.-Ing. Rolf d'Angelo**  
von der IHK Niederbayern  
öffentlich bestellter und  
vereidigter Sachverständiger  
für Erdbau im Straßenbau

**M. Eng. Stephan Ziermann**  
Leiter Erd- und Grundbaulabor,  
Leiter der nach § 29b (vormals §§  
26, 28) BImSchG vom Bayerischen  
Landesamt für Umwelt anerkannten  
Messstelle für Geräusche

 **Dipl.-Ing. (FH) Markus Piendl**  
von der IHK Niederbayern  
öffentlich bestellter und  
vereidigter Sachverständiger  
für Baugrunderkundung und  
Gründung von Hochbauten

FELS

**Geol. Dr. Matthias Zeithöfler**  
Priv. SV Felssicherung  
vom Bayr. LfU zert.  
Radonfachperson

HISTORISCHE BAUTEN

Kooperationspartner  
**Prof. Dr.-Ing. Stefan M. Holzer**  
Universitätsprofessor für  
Ingenieurmathematik und  
Bauinformatik an der Fakultät für  
Bauingenieur- und Vermessungs-  
wesen an der Universität der  
Bundeswehr München

## 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 Bauvorhaben .....	6
2.2 Geomorphologie .....	6
2.3 Geologische Verhältnisse .....	7
<b>3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN .....</b>	<b>7</b>
3.1 Ortsbegehung .....	7
3.2 Baugrundaufschlüsse.....	7
3.3 Bodenmechanische Laboruntersuchungen .....	8
<b>4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE.....</b>	<b>9</b>
4.1 Beschreibung der Schichtenfolge.....	9
4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen .....	10
4.3 Ergebnisse der Laborversuche .....	10
4.3.1 Ergebnisse der Bestimmungen der Korngrößenverteilung .....	10
4.3.2 Ergebnisse der Bestimmungen des Wassergehaltes und der Konsistenzgrenzen .....	11
4.4 Hydrologische Verhältnisse.....	12
<b>5 BEWERTUNG DER GEOTECHNISCHEN BEFUNDE .....</b>	<b>13</b>
5.1 Beurteilung der Baugrundverhältnisse .....	13
5.2 Bodenmechanische Kennwerte.....	14
5.3 Bewertung der Erdbebentätigkeit .....	15
5.4 Eigenschaften und Kennwerte für Erdarbeiten (Homogenbereiche) .....	15
<b>6 FOLGERUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG VON GEBÄUDEN .....</b>	<b>17</b>
6.1 Rahmenbedingungen.....	17
6.2 Gründungsempfehlungen.....	17
6.3 Flachgründung mit Einzel- und Streifenfundamenten .....	18
6.4 Gründung auf Bodenaustausch.....	18

6.5 Bodenverbesserung durch Stabilisierungssäulen.....	18
6.6 Plattengründung.....	20
<b>7 FOLGERUNGEN FÜR BAUGRUBEN.....</b>	<b>21</b>
7.1 Gestaltung der Baugrube .....	21
7.2 Wasserhaltung .....	22
7.3 Hinterfüllen/Verdichten.....	22
7.4 Abdichtung / Trockenhaltung.....	23
<b>8 FOLGERUNGEN FÜR DEN STRAßENBAU .....</b>	<b>24</b>
8.1 Rahmenbedingungen.....	24
8.2 Herstellung des Oberbaues.....	24
8.3 Ertüchtigung des Untergrundes.....	25
<b>9 FOLGERUNGEN FÜR DEN KANALBAU .....</b>	<b>26</b>
9.1 Rahmenbedingungen.....	26
9.2 Verbau/Wasserhaltung.....	26
9.3 Auflager .....	27
9.4 Wiederverfüllung .....	28
<b>10 FOLGERUNGEN FÜR VERSICKERUNGSANLAGEN .....</b>	<b>28</b>
<b>11 ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>29</b>
11.1 Beweissicherung.....	29
11.2 Baubegleitende Überwachung.....	29
11.3 Baugrundhauptuntersuchung.....	29
<b>12 SCHLUSSBEMERKUNGEN .....</b>	<b>30</b>

**Anlagen:**

Anlage 1:	Planunterlagen
Anlage 1.1:	Übersichtslageplan
Anlage 1.2:	Lageplan
Anlage 2:	Bodenprofile und Rammdiagramme
Anlage 2.1:	Bodenprofile
Anlage 2.2:	Rammdiagramme
Anlage 3:	Schichtenverzeichnisse
Anlage 3.1:	Schichtenverzeichnisse der Bodenaufschlüsse
Anlage 3.2:	Kopfblätter zu Rammsondierungen
Anlage 4:	Feld- und Laboruntersuchungen
Anlage 4.1:	Laborergebnisse
Anlage 4.2:	Sickerversuche
Anlage 5:	Fotoaufnahmen

**Tabellen:**

Tabelle 1:	Ansatzhöhen/Endteufen	8
Tabelle 2:	Ergebnisse der Bestimmungen der Korngrößenverteilung	11
Tabelle 3:	Ergebnisse der Bestimmungen des Wassergehaltes und der Konsistenzgrenzen	11
Tabelle 4:	Wasserstände	12
Tabelle 5:	Bodenklassifizierung	13
Tabelle 6:	Vereinfachtes Baugrundmodell	13
Tabelle 7:	Bodenmechanische Kennwerte	14
Tabelle 8:	Eigenschaften und Kennwerte von Böden	16

## **1 VORGANG**

### **1.1 Auftrag**

Die Verwaltungsgemeinschaft Oberbergkirchen plant die Erschließung des Baugebietes „Unteres Feld IV“ in Zangberg.

Die IFB Eigenschenk GmbH, Deggendorf, wurde mit der Erstellung eines geotechnischen Gutachtens einschließlich der Durchführung von Feld- und Laboruntersuchungen beauftragt. Grundlage der Auftragserteilung ist das Angebot Nr. 2160609 der IFB Eigenschenk vom 07.04.2016 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.

Die Untersuchungen wurden zum Teil mit dem Ingenieurbüro Wacker aus Nandlstadt koordiniert. Erste Ergebnisse wurden bereits mitgeteilt. Mit dem vorliegenden Bericht werden die Untersuchungsergebnisse zusammengefasst, bestätigt und ergänzt.

### **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 aus technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht empfohlen werden können;
- ⇒ welche Anforderungen bei der Herstellung von Baugruben zu beachten sind;

- ⇒ welche Folgerungen sich für die Anlage befestigter Flächen im Außenbereich 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] Georg Obermaier (24.03.2016): Übersichtslageplan „Unteres Feld IV“, M 1 : 1.000

## **2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES**

### **2.1 Geplantes Bauvorhaben**

Es ist die Erschließung des Baugebietes „Unteres Feld IV“ im Osten der Gemeinde Zangberg im Landkreis Mühldorf am Inn geplant. Über Parzellenanzahl und Größe der Grundstücke ist zum Zeitpunkt des Gutachtens nichts bekannt. Das Baugebiet soll zum einen über die Mozartstraße erschlossen werden. Es ist eine Haupteerschließung von Westen her über die Atzginger Straße geplant. In den Erschließungsstraßen werden Ver- und Entsorgungsleitungen verlegt. Detaillierte Angaben zu den Entsorgungsleitungen sowie zu den Verlegetiefen liegen derzeit nicht vor.

### **2.2 Geomorphologie**

Der Untersuchungsort liegt im Nordwesten der Gemeinde Zangberg in oberbayerischen Landkreis Mühldorf am Inn und ist Mitglied der Verwaltungsgemeinschaft Oberbergkirchen. Das Gelände fällt Richtung Südosten stark ab. Es ist ein Geländeunterschied von knapp 7 m festzustellen. Der Untersuchungsstandort wird im Osten durch den Zangberger Mühlbach begrenzt und im Westen durch die Atzginger Straße. Im Süden grenzt vorhandene Wohnbebauung an. Das Gelände wurde bisher landwirtschaftlich genutzt.

### **2.3 Geologische Verhältnisse**

Nach der geologischen Karte von Bayern im Maßstab 1 : 500.000 liegen am Untersuchungsstandort Böden der Oberen Süßwassermolasse vor. Diese können in Form von Schluff Ton, Mergel, Sand und Kies vorliegen. Ebenfalls ist mit quartären Deckschichten zu rechnen.

## **3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN**

### **3.1 Ortsbegehung**

Bei Beginn der Aufschlussarbeiten wurde eine Ortsbegehung des Standorts und seiner Umgebung durch den Bohrmeister durchgeführt. Eine Dokumentation der Ortsbegehung ist in der Anlage 5 enthalten.

### **3.2 Baugrundaufschlüsse**

Die vorliegende Untersuchung soll der Entscheidung dienen, ob die Baugrundverhältnisse des Standortes für die geplante Baumaßnahme geeignet sind bzw. welche besonderen Anforderungen für die vorgesehene Bebauung zu beachten sind und soll vorläufige Angaben zu den Festigkeits- und Verformungseigenschaften der Böden liefern. Der Untersuchungsumfang wurde deshalb entsprechend einer Voruntersuchung nach DIN 4020 festgelegt.

Es wurde folgendes Untersuchungsprogramm festgelegt:

- 5 Rammkernbohrungen (RKB) bis 8,0 m unter Geländeoberkante
- 2 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH – dynamic probing heavy) nach DIN EN ISO 22476-2 bis 8,0 m unter Geländeoberkante

Die Felderkundungen fanden am 16.06.2016, 17.06.2016, 21.06.2016 und 22.06.2016 statt. Die angestrebte Erkundungstiefe konnte bei allen Bohrungen erreicht werden.

Die Ansatzpunkte wurden lage- und höhenmäßig eingemessen und gehen aus dem Lageplan der Anlage 1 hervor. Als Höhenbezugspunkt (= 100,00 m rel. Höhe) wurde ein Kanaldeckel in der Mozartstraße verwendet, siehe Lageplan und Fotoaufnahmen.

**Tabelle 1: Ansatzhöhen/Endteufen**

Erkundungsart	Ansatzhöhe [m rel. Höhe]	Endteufe [m unter GOK]
RKB 1	105,87	5,00
RKB 2	101,70	5,00
RKB 3	99,29	5,00
RKB 4	98,01	5,00
RKB 5	97,96	5,00
DPH 1	102,35	6,00
DPH 2	99,26	6,00

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 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:

- 4 Bestimmungen der Konsistenzgrenzen nach DIN 18 122
- 4 Bestimmungen der Korngrößenverteilung nach DIN 18 123 durch Nasssiebung
- 2 Bestimmungen des Wassergehaltes
- 3 Bestimmungen des Glühverlustes

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 ähnlich bodenmechanischer Eigenschaften lassen sich die erkundeten Schichten am Untersuchungsstandort in nachfolgend aufgeführte Homogenbereiche zusammenfassen.

#### **Homogenbereich 1 – Deckschichten**

In diesem Homogenbereich werden die oberflächennahen Deckschichten aus quartären Ablagerungen und tertiären Verwitterungsböden zusammengefasst. Diese wurden unter dem Oberboden bis in Tiefen von teilweise 1 m und teilweise bis knapp 4 m unter Gelände aufgeschlossen. Diese Schichten sind dadurch gekennzeichnet, dass in den oberflächennahen Bereichen meist Tone und Schluffe mit steifen oder weichen Konsistenzen vorliegen. Die unteren Schichten sind dagegen durch schluffige Tone mit sandigen Nebenanteilen gekennzeichnet, welche wasserführend sind. Aufgrund des Einflusses des Schichtenwassers liegen Konsistenzen von weich und breiig vor. Darüber hinaus weisen die Schichten meist schwach organische Bestandteile auf.

Diese Böden besitzen eine geringe Scherfestigkeit und sind stark zusammendrückbar. Die Verdichtungsfähigkeit dieser Böden ist schlecht, die Wasserdurchlässigkeit als gering bis mittel anzusehen.

#### **Homogenbereich 2 – Tertiäre Tone**

Unterhalb der weich-breiigen Deckschichten erfolgt der Übergang zu tertiären Tonen, welche im Übergangsbereich meist Konsistenzen von weich bis steif aufweisen. Mit zunehmender Tiefe sind dann meist steife Konsistenzen vorherrschend. Es handelt sich um feinsandige Tone, welche meist eine graue oder hellgraue Färbung aufweisen.

Diese Böden besitzen eine geringe bis mittlere Scherfestigkeit und sind von mittlerer bis großer Zusammendrückbarkeit. Die Verdichtungsfähigkeit dieser Böden ist schlecht, die Wasserdurchlässigkeit gering bis sehr gering.

### **Homogenbereich 3 – Tertiäre Sande**

In den Aufschlüssen RKB 3, RKB 4 und RKB 5 wurden Sandschichten mit Schichtdicken von etwa 0,5 m angetroffen. Es handelt sich um kiesigen bis stark kiesigen, schluffigen Sand, welcher Anteile an Glimmer enthält.

Diese Böden besitzen eine mittlere bis große Scherfestigkeit und sind gering zusammendrückbar. Die Verdichtungsfähigkeit dieser Böden ist mäßig, die Wasserdurchlässigkeit als mittel einzustufen.

#### **4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen**

Zur indirekten Bestimmung der Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen sowie zur Erkundung des Ramm- und Bohrverhaltens wurden sechs 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.

In den Deckschichten wurden nur geringe und sehr geringe Schlagzahlen registriert. In den Tonen ist ein Anstieg auf mittlere Schlagzahlen zu verzeichnen. Die Sandschichten sind durch wiederum höhere Schlagzahlen charakterisiert.

#### **4.3 Ergebnisse der Laborversuche**

##### **4.3.1 Ergebnisse der Bestimmungen der Korngrößenverteilung**

Es wurden Bestimmungen der Korngrößenverteilung durch Nasssiebung durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle für die jeweiligen Bodenschichten dargestellt.

**Tabelle 2: Ergebnisse der Bestimmungen der Korngrößenverteilung**

Homogenbereich	Entnahmestelle		Korngrößenverteilung	
	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	DIN 18 196	Anteil < 0,063 mm
3/Tertiäre Sande	RKB 5/D5	5,00	SU*	21,2 %

#### 4.3.2 Ergebnisse der Bestimmungen des Wassergehaltes und der 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 3: Ergebnisse der Bestimmungen des Wassergehaltes und der Konsistenzgrenzen**

Homogenbereich	Entnahmestelle		Bodenansprache	Wassergehalt und Konsistenzgrenzen			
	Probenbezeichnung	Tiefe [m]		Konsistenz	w [%]	w <sub>L</sub> [%]	I <sub>c</sub>
1/Deck-schichten	RKB 1/D4	3,70	breiig	31,2	31,6	0,04	TL
1/Deck-schichten	RKB 1/E1	1,40	steif	25,7	41,7	0,84	TM
2/Tertiäre Tone	RKB 2/D6	5,00	steif	22,7	49,0	0,98	TM
2/Tertiäre Tone	RKB 3/E4	2,30	steif	27,5	39,1	0,79	TM
2/Tertiäre Tone	RKB E3	3,00	steif	23,1	31,5	0,92	TL

w: Wassergehalt  
 w<sub>L</sub>: Fließgrenze  
 I<sub>C</sub>: Konsistenzzahl

#### 4.4 Hydrologische Verhältnisse

Mit den durchgeführten Erkundungen wurde Grundwasser angetroffen. Die einzelnen Wasserstände sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

**Tabelle 4: Wasserstände**

Aufschluss Nr.	Endteufe [m]	Ansatzpunkt [m rel. Höhe]	Bohrendwasserstand	
			[m u. GOK]	[m rel. Höhe]
RKB 1	5,00	105,87	3,00	102,87
RKB 2	5,00	101,70	1,35	100,35
RKB 3	5,00	99,29	0,10	99,19
RKB 4	5,00	98,01	0,80	97,21
RKB 5	5,00	97,96	1,00	96,96

Die erkundeten Wasserstände sind einem regional bzw. lokal begrenzten Grundwasserkörper zuzuordnen, welcher auf einer gering durchlässigen Schicht vorhanden ist. Die gering durchlässige Schicht bilden die Tone des Homogenbereiches 2. Das Grundwasser verläuft auf Oberkante der Schicht in den untersten quartären Deckschichten des Homogenbereiches 1. Diese Schicht ist aufgrund des Wassereinflusses durch breiige Konsistenzverhältnisse geprägt und liegt im oberen Hangbereich bei RKB 1 und RKB 2 in einer Tiefe zwischen 3 und 4 m unter Gelände vor. Im unteren Hangbereich, wie bei RKB 4 und RKB 5 erkundet, liegt die Schicht relativ oberflächennah zwischen 1 bis 2 m unter Gelände.

Eine Untersuchung des Bodenwassers auf betonaggressive Bestandteile wurde im Zuge der hier vorliegenden Untersuchungen nicht durchgeführt.

## 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 vorgenommen werden:

**Tabelle 5: Bodenklassifizierung**

Homogenbereich	Bodengruppe nach DIN 18 196	Bodenklasse nach DIN 18 300	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 09
1/Deckschichten	TL/TM/UL/UM	2, 4	F3
2/Tertiäre Tone	TL/TM/TA	4-5	F3
3/Tertiäre Sande	SU*/ST*	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 6: Vereinfachtes Baugrundmodell**

Homogenbereich	Unterhalb Kote [m u. GOK]	Lagerungsdichte bzw. Konsistenz	Bautechnische Eig-nung als Baugrund für Gründungen
1/Deckschichten	GOK	steif-weich, z. T. breiig	wenig geeignet
2/Tertiäre Tone	1...4	meist steif	brauchbar

Homogenbereich	Unterhalb Kote [m u. GOK]	Lagerungsdichte bzw. Konsistenz	Bautechnische Eignung als Baugrund für Gründungen
3/Tertiäre Sande	4...5 (lokal)	mitteldicht	gut geeignet

## 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 Arbeitsausschusses Ufereinfassungen (EAU 2004).

**Tabelle 7: 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> ]	Durchlässigkeits- beiwert $k$ [m/s]
1	17-19	7-9	22,5- 27,5	0-5 <sup>1)</sup>	5-60	2-6 <sup>1)</sup>	$1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-9}$
2	19-20	9-10	20-25	5-15 <sup>1)</sup>	40-100	4-8 <sup>1)</sup>	$1 \cdot 10^{-8}$ - $1 \cdot 10^{-11}$
3	18-20	10-12	32,5	0	-	15-55	$1 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-7}$

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 Bewertung der Erdbebentätigkeit**

Der Untersuchungsstandort liegt nach DIN 4149 in keiner Erdbebenzone und ist keiner Untergrundklasse zuzuordnen. Damit ist der Grad der Erdbebengefährdung nach DIN 4149 als so gering einzuschätzen, dass diese Norm nicht angewendet werden muss.

### **5.4 Eigenschaften und Kennwerte für Erdarbeiten (Homogenbereiche)**

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

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 8: Eigenschaften und Kennwerte von Böden**

Homogenbereich	Korngrößenverteilung	Massenanteil [%]			Dichte $\rho$ [Mg/m <sup>3</sup> ]	Scherfestigkeit undräniert $c_u$ [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	- <sup>2)</sup>	< 5	0	0	1,7-1,9	5-60 <sup>3)</sup>	20-40	5-20	0-85	- <sup>1)</sup>	< 5	TL/TM/ UL/UM
2	- <sup>2)</sup>	< 5	0	0	1,9-2,0	40-100 <sup>3)</sup>	20-30	8-30	70-100	- <sup>1)</sup>	< 3	TL/TM/ TA
3	s. Anlage 4	< 5	0	0	1,8-2,0	- <sup>1)</sup>	- <sup>2)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	35-85	< 1	SU*/ST*

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



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

### **6.1 Rahmenbedingungen**

Je nach Lage der Bauparzelle wird die Gründung von Gebäuden in Böden der Homogenbereiche 1 oder 2 erfolgen. Es handelt sich um Böden mit unterschiedlicher Tragfähigkeit.

Mit Grundwasser ist im oberen Hangbereich bei rund 3 m unter Gelände und im unteren Hangbereich bereits bei rund 1 m unter Gelände zu rechnen.

### **6.2 Gründungsempfehlungen**

Bei nicht unterkellerten Bauweisen wird eine Flachgründung mit Einzel- und Streifenfundamenten nur in den wenigsten Fällen möglich sein, da ausreichend tragfähige Böden nicht in gründungsrelevanter Tiefe anstehen. Als ausreichend tragfähig sind mindestens steife Böden des Homogenbereiches 2 anzusehen, bei welchen ein Regelfall nach DIN 1054 für die Angabe von Bemessungswerten vorliegt.

Bei weichen und breiigen Böden im Gründungsbereich sind Zusatzmaßnahmen wie z. B. ein Bodenaustausch oder eine tiefgründige Bodenverbesserung vorzusehen.

Bei unterkellerten Bauweisen wird voraussichtlich bereits meist tragfähiger Baugrund angetroffen, gegebenenfalls ist auch ein Bodenaustausch im überschaubaren Umfang vorzusehen.

Aufgrund des teilweise inhomogenen Baugrundes, wird bei allen Gebäuden eine Baugrundhauptuntersuchung erforderlich.

### **6.3 Flachgründung mit Einzel- und Streifenfundamenten**

Sofern auf Böden Homogenbereiches 2 eine Flachgründung mit Einzel- und Streifenfundamenten ausgeführt wird, kann eine Bemessung für Regelfälle nach Tabelle A 6.6 der DIN 1054 vorgenommen werden. Die bei Anwendung der Tabellenwerte zu erwartenden Setzungen sind hierbei zu beachten. Die Tabellenwerte gelten nur für Böden, die mindestens eine steife Konsistenz aufweisen.

### **6.4 Gründung auf Bodenaustausch**

Bei dieser Gründungsvariante wird der wenig 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.

Grundsätzlich möglich ist ein Vollbodenaustausch bis zur Oberkante tragfähiger Böden oder ein Teilbodenaustausch. Bei letztgenanntem ist die erforderliche Dicke des Bodenaustausches in Grundbruch- und Setzungsberechnungen zu ermitteln.

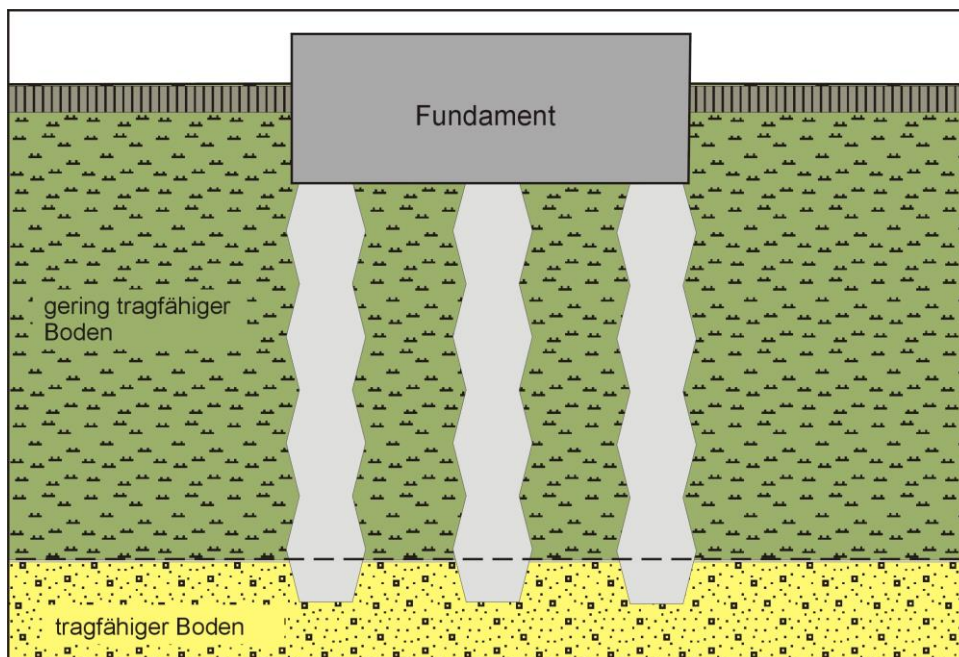
Das Bodenaustauschmaterial besitzt gegenüber den anstehenden Böden eine höhere Durchlässigkeit. Es ist deshalb ein Wasserzutritt wahrscheinlich. Bautechnisch ist dafür zu sorgen, dass Bodenwasser nicht längere Zeit innerhalb der Bodenaustauschschicht verbleibt. Dies kann durch die Anlage eines Gefälles oder den Einbau einer Dränleitung realisiert werden.

### **6.5 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 Eindringen 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 1: 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. Im vorliegenden Fall müssen die Stabilisierungssäulen in die gut tragfähige Böden der Homogenbereiche 2 und 3 einbinden. Unter diesen Voraussetzungen kann erfahrungsgemäß ein aufnehmbarer Bemessungswert der Einzelsäulen von 50 bis 70 kN bei der Bemessung zugrunde gelegt werden. Dieser Wert ist durch Probelastungen nachzuweisen.

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.

## **6.6 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 erfolgt meist nach dem Bettungsmodulverfahren. 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 wurde vorliegend mit Hilfe überschlägiger Setzungsberechnungen wie folgt ermittelt, woraus folgende Bettungsmodule abgeleitet werden können:

ohne Keller:

Homogenbereich 2:  $k_S = 4 \text{ MN/m}^3$

mit Keller:

Homogenbereich 2:  $k_S = 8 \text{ MN/m}^3$

## **7 FOLGERUNGEN FÜR BAUGRUBEN**

### **7.1 Gestaltung der Baugrube**

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 : 10 geneigt ist.

Bei größeren Aushubtiefen sind geböschte Baugrubenwände mit einem Neigungswinkel von  $\beta \leq 60^\circ$  gegen die Horizontale in den Böden des Homogenbereiches 2 und  $\beta \leq 45^\circ$  in den Böden des Homogenbereiches 1 herzustellen. Bei Antreffen von Böden mit breiiger Konsistenz bzw. bei Schichtwasseraustritten in der Böschung sind flachere Böschungsneigungen auszuführen.

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 des Schutzstreifens und der Arbeitsraumbreiten zu beachten.

## **7.2 Wasserhaltung**

Eine Wasserhaltung hat im vorliegenden Fall eine gezielte Ableitung von Oberflächenwasser, ggf. zutretendem Schichtwasser und je nach Standort und Einbindung auch von Grundwasser 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 können als offene Gräben ausgebildet werden, da die anstehenden Böden ausreichend standfest sind.

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.

## **7.3 Hinterfüllen/Verdichten**

Nach ZTVE-StB 09 sind für Hinterfüllbereiche und Überschüttbereiche grobkörnige bis gemischtkörnige Bodenarten, Gemische aus gebrochenem Gestein 0/100 und natürlich entstandene Schlacken mit einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von maximal 15 Gew-% oder Recycling-Baustoffe und industrielle Nebenprodukte, welche die oben genannten Kornverteilungskriterien einhalten, geeignet. Die Eignung der zwei letztgenannten Baustoffe ist im Einzelfall zu prüfen.

Die bei dem Bodenaushub gewonnenen Böden sind damit für einen Wiedereinbau nur bedingt geeignet. Insbesondere dort, wo eine spätere Befahrung vorgesehen ist und somit Setzungen und Sackungen auf der Geländeoberkante grundsätzlich ausgeschlossen werden müssen, sollte kein Aushubboden, sondern gut verdichtbarer und nichtbindiger Boden eingebaut werden.

Hinsichtlich der Verdichtung sind die Anforderungen der ZTVE-StB 09 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.

#### **7.4 Abdichtung / Trockenhaltung**

##### **Gründungssohle über Grundwasserspiegel:**

Die erdberührten Bauteile befinden sich im Einflussbereich von Stau- und Sickerwasser in schwach durchlässigen Böden. Es ist entweder eine Dränanlage gemäß DIN 4095 vorzusehen und eine Abdichtung nach den Vorgaben der DIN 18 195, Teil 4 (bzw. Teil 5 für erdüberschüttete Decken) durchzuführen oder bei Verzicht auf eine Dränanlage die Abdichtung nach den erhöhten Anforderungen der DIN 18 195, Teil 6, bzw. eine wasserundurchlässige Betonwanne auszuführen. Bei qualitativ gleichwertiger Ausführung sind die Kostenunterschiede meist in einer vernachlässigbaren Größenordnung. Ausschlaggebender sind folgende Gesichtspunkte.

Für eine Dränanlage spricht:

- Das Wasser wird vom Gebäude ferngehalten.
- Die notwendigen Abdichtungsarbeiten können von der Baufirma ausgeführt werden.
- Bei komplizierten Grundrissen ist eine Dränung einfacher auszuführen als eine Abdichtung nach DIN 18 195, Teil 6, bzw. eine wasserundurchlässige Betonwanne.

Gegen eine Dränanlage spricht:

- Geeignete rückstaufreie Vorfluter sind oft nicht vorhanden.
- Rückstausicherungen und Hebeanlagen sind problematisch und erfordern einen hohen Wartungs- und Betriebsaufwand.
- Schadensanfälligkeit (Verschlammung, Verockerung, Verkalkung).

- Wartungsaufwand der Dränanlage.

### **Gründungssohle unter Grundwasserspiegel:**

Die erdberührten Bauteile befinden sich im Einflussbereich von Grundwasser und damit drückendem Wasser. Es ist eine Abdichtung nach den Vorgaben der DIN 18 195, Teil 6, und damit als „Schwarze Wanne“ bzw. die Ausführung einer „Weißen Wanne“ aus wasserundurchlässigem Beton vorzusehen. Eine Dränanlage ist nicht erforderlich.

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 FOLGERUNGEN FÜR DEN STRAßENBAU**

### **8.1 Rahmenbedingungen**

Im Bereich der geplanten Erschließungsstraßen sind nach den Erkundungsergebnissen auf Höhe des Erdplanums Böden des Homogenbereiches 1 (Deckschichten) anzutreffen. Es kann deshalb die Frostepfindlichkeitsklasse F3 zugrunde gelegt werden.

### **8.2 Herstellung des Oberbaues**

Die Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues ist nach RStO 12 unter Berücksichtigung der gewählten Belastungsklasse vorzunehmen. Hierbei sind die oben genannten Frostepfindlichkeitsklassen des Untergrundes zu berücksichtigen.

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):  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$



### **8.3 Ertüchtigung des Untergrundes**

Nach Abtrag der oberflächennahen Böden stehen im Erdplanumsbereich Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 an. Nach ZTVE-StB 09 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 50 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.

Aufgrund der teilweise sehr weichen und/oder breiigen Böden auf Höhe des Erdplanums wird eine Lage Schroppen als erste Schüttlage empfohlen. Diese ist statisch einzuwalzen. Die weiteren Schüttlagen sind ebenfalls statisch zu verdichten, z. B. mit einer Gummiradwalze. Bei Verwendung von Verdichtungsgeräten mit Vibration sind solche mit einer auf die eigentliche Schüttlage begrenzten Tiefenwirkung zu verwenden, z. B. Rüttelplatten oder Oszillationswalzen. Eine dynamische Beanspruchung des Untergrundes ist zwingend zu vermeiden.

## **9 FOLGERUNGEN FÜR DEN KANALBAU**

### **9.1 Rahmenbedingungen**

Es liegen noch keine genauen Angaben zu den geplanten Verlegetiefen vor. Es wird vorläufig von üblichen Verlegetiefen zwischen 2 m und 4 m unter Gelände ausgegangen.

In der angenommenen Verlegetiefe sind je nach Lage Böden der Homogenbereiche 1 oder 2 zu erwarten, untergeordnet Homogenbereich 3. Beim Aushub fallen damit überwiegend leicht und mittelschwer zu lösende Böden der Bodenklassen BKL 3 und BKL 4 an.

In den angenommenen Verlegetiefen ist mit Grundwasser, Sickerwasser und Schichtenwasser zu rechnen.

### **9.2 Verbau/Wasserhaltung**

Grundsätzlich lassen sich alle gängigen Grabenverbaugeräte einsetzen, es wird auf die Beachtung der Sicherheitsregeln nach DIN 4124 hingewiesen.

Eine Wasserhaltung ist zur gezielten Ableitung von eindringendem Grundwasser, Oberflächenwasser und gegebenenfalls zutretendem Sickerwasser vorzusehen. Dies bedeutet, dass das Herstellen von Pumpensämpfen auf der Baustelle vorzuhalten ist.

Bei Antreffen von Grundwasser sind Längsdränagen im Kanalgraben entsprechend dem Baufortschritt mitzuführen. In regelmäßigen Abständen sind Pumpensämpfe einzurichten. In der Sohle des Kanalgrabens sollte hierfür eine ca. 30 cm dicke Dränageschicht vorgesehen werden, welche mit einem filterstabilen geotextilen Vlies ummantelt wird.

### **9.3 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 1**

Da die Böden dieses Homogenbereiches überwiegend mit weicher Konsistenz vorliegen, wird eine Auflagerung der Rohre nicht ohne Zusatzmaßnahmen empfohlen.

Es wird vorgeschlagen, einen Teilbodenaustausch mit gut verdichtbarem, nichtbindigem Bodenmaterial auszuführen. Das Bodenaustauschmaterial ist auf einem geotextilen Vlies einzubauen und ausreichend zu verdichten. Die Dicke des Bodenaustausches sollte mindestens 0,2 m bis 0,3 m betragen, abhängig von den jeweiligen Konsistenzverhältnissen.

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

#### **Auflager im Bereich der Böden des Homogenbereiches 2**

Eine Auflagerung der Rohre ist in mindestens steifen Böden dieses Homogenbereiches ohne Zusatzmaßnahmen durchführbar.

Erfolgt durch Witterungseinflüsse oder dynamische Belastungen ein Aufweichen dieser Böden, so wird empfohlen, einen Bodenaustausch mit gut verdichtbarem, nicht bindigem Bodenmaterial durchzuführen. Die Dicke des Bodenaustausches ist abhängig von den aufgeweichten Schichten zu wählen.

#### **Auflager im Bereich der Böden des Homogenbereiches 3**

Beim Aushub der Grabensohle sind Auflockerungen zu vermeiden, gegebenenfalls ist die Grabensohle mit schwerem Gerät nachzuverdichten. Darauf kann dann die herkömmliche Bettungsschicht, z. B. Kiessand mit einer Mindestdicke von 100 mm, eingebracht werden.

## 9.4 Wiederverfüllung

### Leitungszone

Gemäß ZTVE-StB 09 ist für die Leitungszone unter Beachtung des Rohrmaterials grobkörniger Boden bis zu einem Größtkorn von 20 mm einzubauen. Dabei ist sowohl innerhalb als auch außerhalb des Straßenkörpers ein Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 97\%$  nachzuweisen.

### Verfüllzone

Außerhalb der Leitungszone soll gemäß der ZTVE-StB 09 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 3.3.2 der ZTVE-StB 09 nachzuweisen. Die Anforderung ist vom Verfüllmaterial abhängig.

## 10 FOLGERUNGEN FÜR VERSICKERUNGSANLAGEN

Grundlage zur Versickerung von unbedenklichen und tolerierbaren Niederschlagsabflüssen ist das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, Januar 2002, der Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik 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.

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.

Die Böden im Untersuchungsbereich erfüllen die Anforderung nicht. Daher ist eine Versickerung nicht möglich.

## **11 ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN**

### **11.1 Beweissicherung**

Aufgrund der Bautätigkeiten, die unvermeidlich Erschütterungen durch Baustellenverkehr, 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. IFB Eigenschenk steht dazu kurzfristig 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 09 im Zuge von Verdichtungs- und Hinterfüllungsarbeiten hingewiesen.

### **11.3 Baugrundhauptuntersuchung**


Für die Errichtung der Wohngebäude wird eine Baugrundhauptuntersuchung erforderlich.


## 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.

IFB Eigenschenk 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 bleiben damit erforderlich. Ohne örtliche Abnahme gilt die Untersuchung des Baugrundes als nicht abgeschlossen.

 **EIGENSCHENK**  
Dipl.-Ing. (FH) Markus Piendl <sup>1)</sup>  
Fachbereichsleiter Grundbau

 **EIGENSCHENK**  
Dipl.-Ing. (FH) Florian Metje  
Sachbearbeiter

<sup>1)</sup> Von der Industrie- und Handelskammer für Niederbayern in Passau öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baugrunderkundung und Gründung von Hochbauten