

# G U T A C H T E N



## GEOTECHNISCHER BERICHT

Auftrag Nr. 150258  
Projekt Nr. 2015-0591

### AUFTRAGGEBER:

Gemeinde Mintraching

### BAUMASSNAHME:

Errichtung eines interkommunalen  
Gewerbegebietes, Mintraching/Barbing

### GEGENSTAND:

Baugrunduntersuchung

### DATUM:

Deggendorf, den 17.11.2016

Dieser Bericht umfasst 39 Seiten, 11 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 Eigenschenk**  
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  
Standsicherheit (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 Felsicherung  
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>6</b>
1.1 Auftrag .....	6
1.2 Fragestellung .....	6
1.3 Projektbezogene Unterlagen.....	7
<b>2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES.....</b>	<b>7</b>
2.1 Geplantes Bauwerk.....	7
2.2 Geomorphologische Situation .....	7
2.3 Geologische Verhältnisse .....	8
<b>3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN .....</b>	<b>8</b>
3.1 Ortsbegehung .....	8
3.2 Baugrundaufschlüsse.....	8
3.3 Sickerversuche .....	10
3.4 Bodenmechanische Laboruntersuchungen .....	11
<b>4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE.....</b>	<b>11</b>
4.1 Beschreibung der Schichtenfolge.....	11
4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen .....	12
4.3 Ergebnisse der Laborversuche .....	13
4.3.1 Ergebnisse der Wassergehalte und der Konsistenzgrenzen .....	13
4.3.2 Ergebnisse der Korngrößenverteilung .....	13
4.4 Hydrologische Verhältnisse.....	14
<b>5 BEWERTUNG DER GEOTECHNISCHEN BEFUNDE .....</b>	<b>15</b>
5.1 Beurteilung der Baugrundverhältnisse .....	15
5.2 Bodenmechanische Kennwerte.....	17
5.3 Eigenschaften und Kennwerte für Erdarbeiten (Homogenbereiche) .....	18
5.4 Bewertung der Grundwasserverhältnisse.....	20
5.5 Bewertung der Erdbebentätigkeit .....	20

<b>6 FOLGERUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG VON GEBÄUDEN .....</b>	<b>20</b>
6.1 Rahmenbedingungen.....	20
6.2 Gründungsempfehlungen.....	21
6.3 Flachgründung .....	21
6.4 Plattengründung.....	24
<b>7 FOLGERUNGEN FÜR BAUGRUBEN.....</b>	<b>25</b>
7.1 Baugrubenböschungen .....	25
7.2 Baugrubenverbau .....	26
7.3 Wasserhaltung .....	27
7.4 Hinterfüllen/Verdichten.....	28
<b>8 BAUWERK UND GRUNDWASSER.....</b>	<b>28</b>
8.1 Abdichtung / Trockenhaltung unterkellertes Gebäude.....	28
8.2 Abdichtung / Trockenhaltung von Gebäuden ohne Keller.....	29
8.3 Versickerung .....	29
<b>9 HERSTELLUNG BEFESTIGTER FLÄCHEN .....</b>	<b>31</b>
9.1 Rahmenbedingungen.....	31
9.2 Herstellung des Oberbaues.....	31
9.3 Ertüchtigung des Untergrundes.....	31
<b>10 FOLGERUNGEN FÜR DEN KANALBAU .....</b>	<b>32</b>
10.1 Rahmenbedingungen .....	32
10.2 Aushub und Wiederverwendbarkeit .....	33
10.3 Grabenverbau und Wasserhaltung .....	33
10.4 Auflager .....	33
10.5 Wiederverfüllung.....	34
<b>11 HINWEISE FÜR DIE BAUAUSFÜHRUNG .....</b>	<b>34</b>
11.1 Baustraßen.....	34
11.2 Folgerungen für das Einbringen von Rammelementen .....	35
11.3 Frostsicherheit .....	36

<b>12 ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>36</b>
12.1 Hauptuntersuchung .....	36
12.2 Beweissicherung.....	36
12.3 Wasseruntersuchung .....	37
12.4 Altlasten.....	37
12.5 Baubegleitende Überwachung.....	37
12.6 Wasserrechtsverfahren.....	38
<b>13 SCHLUSSBEMERKUNGEN .....</b>	<b>38</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 und Kopfblätter
Anlage 3.1:	Schichtenverzeichnisse der Bodenaufschlüsse
Anlage 3.2:	Kopfblätter zu Rammsondierungen
Anlage 4:	Laboruntersuchungen
Anlage 5:	Fotoaufnahmen

**Tabellen:**

Tabelle 1:	Ansatzhöhen/Endteufen	9
Tabelle 2:	Ergebnisse der Wassergehalte und der Konsistenzgrenzen	13
Tabelle 3:	Ergebnisse der Korngrößenverteilung	14
Tabelle 4:	Wasserstände	14
Tabelle 5:	Bodenklassifizierung	16
Tabelle 6:	Vereinfachtes Baugrundmodell	16
Tabelle 7:	Bodenmechanische Kennwerte	17
Tabelle 8:	Eigenschaften und Kennwerte von Böden	19
Tabelle 9:	Bemessungswert des Sohlwiderstands - Homogenbereich 2	22
Tabelle 10:	Bemessungswerte für Versickerungsanlagen	30
Tabelle 11:	Rammfähigkeit der Böden	35

**Abbildungen:**

Abbildung 1:	Maßgebende Einbindetiefe	23
--------------	--------------------------	----

## **1 VORGANG**

### **1.1 Auftrag**

Die Gemeinde Mintraching plant die Errichtung eines interkommunalen Gewerbegebietes.

Mit Schreiben vom 18.09.2015 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 20.08.2015 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 aus technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht empfohlen werden können;
- ⇒ welche Anforderungen bei der Herstellung von Baugruben zu beachten sind;
- ⇒ welche Folgerungen sich für die Anlage der Erschließungsstraße und die Verlegung von Leitungen 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] Ingenieurbüro Bartsch (ohne Datum): Bebauungsplan mit Grünordnungsplan „interkommunales Gewerbegebiet Mintraching/Barbing“, Teilbereich Barbing, M 1 : 1.000 (Vorabzug)
- [2] Ingenieurbüro Bartsch (ohne Datum): Bebauungsplan mit Grünordnungsplan „interkommunales Gewerbegebiet Mintraching/Barbing“, Teilbereich Mintraching, M 1 : 1.000 (Vorabzug)

## **2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES**

### **2.1 Geplantes Bauwerk**

Es ist die Ausweisung des interkommunalen Gewerbegebietes Mintraching/Barbing geplant.

Im Rahmen dieser Maßnahme ist eine Erschließungsstraße mit Wendehammer geplant. Darüber hinaus sind Ver- und Entsorgungsleitungen in das Gewerbegebiet zu verlegen.

Anfallendes Niederschlagswasser soll versickert werden.

Detaillierte Angaben und Art von der genauen Lage von Versickerungseinrichtungen sowie auch zur Verlegung von Abwasser- und Regenwasserkanalisationen sowie Verlegetiefen liegen noch nicht vor.

### **2.2 Geomorphologische Situation**

Der Untersuchungsstandort befindet sich in der Talebene der Donau im Landkreis Regensburg.

Die für die Bebauung vorgesehenen Grundstücke werden im Norden von der Autobahn A 3 und nach Westen und Südwesten von der Bundesstraße B 8 begrenzt. Nach Osten schließt das Grundstück des ADAC-Geländes an, welches derzeit bebaut wird.

Die Untersuchungsgrundstücke befinden sich zum Großteil auf dem Gemeindegebiet der Gemeinde Barbing, der kleinere Teil der Fläche liegt im Gemeindegebiet der Gemeinde Mintraching.

Bisher wurden die Untersuchungsgrundstücke landwirtschaftlich genutzt. Es liegt ein weitgehend ebenes Gelände vor.

### **2.3 Geologische Verhältnisse**

Nach der geologischen Karte von Bayern besteht der Untergrund am Untersuchungsort aus Niederterrassenschottern. Es handelt sich hierbei um Schmelzwasserablagerungen aus der letzten Eiszeit in Form von Sanden und Kiesen. Diese können eine lehmige Überdeckung aufweisen.

Der tiefere Untergrund besteht aus Sedimenten des Tertiärs. Es handelt sich hierbei meist um Tone sowie um Mergel, Sande und Kiese, auch Braunkohlelagen können lokal vorhanden sein.

## **3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN**

### **3.1 Ortsbegehung**

Bei Beginn der Aufschlussarbeiten wurde 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 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:



- 10 Rammkernbohrungen (RKB) bis 7 m unter Geländeoberkante
- 6 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH – dynamic probing heavy) nach DIN EN ISO 22476-2 bis 7 m unter Geländeoberkante
- 3 Schürfe (SCH)

Die Felderkundungen fanden am 17.10.2016, 18.10.2016, 19.10.2016 statt. Bei den Aufschlüssen RKB 4, RKB 5, RKB 6, RKB 7, RKB 9, RKB 10 und DPH 5 wurde dabei die angestrebte Erkundungstiefe nicht erreicht. Der Grund hierfür ist das Antreffen dicht gelagerter, schwer bohrbarer Böden oder von Bohrhindernissen.

Die Ansatzpunkte wurden lage- und 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	330,77	6,00
RKB 2	330,39	7,00
RKB 3	329,55	6,00
RKB 4	329,57	5,60
RKB 5	330,96	2,80
RKB 6	330,02	5,60
RKB 7	330,79	5,50
RKB 8	329,66	6,00
RKB 9	330,52	2,50
RKB 10	331,01	5,80
SCH 1	330,82	1,30

<b>Erkundungsart</b>	<b>Ansatzhöhe [m ü. NN]</b>	<b>Endteufe [m unter GOK]</b>
SCH 2	330,47	1,20
SCH 3	331,01	1,50
DPH 1	330,86	8,00
DPH 2	330,58	7,00
DPH 3	329,90	7,00
DPH 4	330,89	8,00
DPH 5	330,63	1,90
DPH 5A	330,63	2,00

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 Sickerversuche**

In den Baggerschürfen wurden Schluckversuche als Sickerversuche durchgeführt.

Die Sickerversuche wurden in den in Anlage 7 zu diesem Bericht beiliegenden Protokoll aufgezeichnet.

Aus den Aufzeichnungen der Sickerversuche wurden anhand der in Anlage 7 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:

- 1 Bestimmung der Konsistenzgrenzen nach DIN 18 122
- 4 Bestimmungen der Korngrößenverteilung nach DIN 18 123 durch Nasssiebung

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 1 - Decklehm**

Lehmige Deckschichten wurden in nahezu allen Aufschlüssen unter dem Oberboden angetroffen. Die Schichtdicken betragen zwischen 0,3 und bis zu 1,0 m. Bereichsweise sind auch Böden des Homogenbereiches 2 (Sande und Kiese) zwischengelagert wie bei RKB 4. Es handelt sich bei diesen Böden meist um tonigen Schluff mit kiesigen und sandigen Nebenanteilen. Die Konsistenzen wurden als weich und steif angesprochen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Konsistenz der angetroffenen Böden veränderlich ist und vom Wassergehalt abhängig ist. Der Wassergehalt der Böden kann jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. So kann eine Erhöhung des Wassergehaltes durch Wasserzutritt oder dynamische Belastung die Konsistenz deutlich verschlechtern, dabei ist eine Verschlechterung zu breiiger oder flüssiger Konsistenz nicht auszuschließen.

Diese Böden besitzen eine geringe Scherfestigkeit und sind stark zusammendrückbar. Die Verdichtungsfähigkeit dieser Böden ist schlecht, die Wasserdurchlässigkeit.

### **Homogenbereich 2 – Sande und Kiese**

Unterhalb der lehmigen Deckschichten wurden Sande und Kiese angetroffen. Diese Böden wurden mindestens bis 4,9 m unter Gelände und bei mehreren Aufschlüssen bis in Erkundungsendteufe bei 6 m unter Gelände aufgeschlossen. Es handelt sich im oberflächennahen Bereich meist um Sand, welcher teils schwach kiesige Nebenanteile aufweist. Ab 2 m unter Gelände dominieren stark sandige Kiese bzw. Kies und Sand mit schwach schluffigen Nebenanteilen.

Diese Böden besitzen eine große Scherfestigkeit und sind gering zusammendrückbar. Die Verdichtungsfähigkeit dieser Böden ist gut, die Wasserdurchlässigkeit groß.

### **Homogenbereich 3 – Tone**

In den Aufschlüssen RKB 1, RKB 2, RKB 6, RKB 7 und RKB 10 wurden Tone des tertiären Untergrundes unterhalb der Kiese aufgeschlossen. Es handelt sich meist um Ton mit graublauer oder graubrauner Färbung. Die Konsistenzen wurden meist als halbfest bis fest angesprochen.

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

## **4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen**

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

Im oberflächennahen Decklehm wurden nur geringe bis sehr geringe Schlagzahlen registriert. Diese bestätigen im Wesentlichen die anstehenden Böden und die angesprochenen Konsistenzverhältnisse.

Ab Oberkante der Sande und Kiese ist ein Anstieg auf hohe Schlagzahlen festzustellen. Im weiteren Verlauf ist ab 2 m unter Gelände ein teilweiser Rückgang der Schlagzahlen zu verzeichnen. Dies ist auf den Einfluss des Grundwassers zurückzuführen. Insgesamt lassen die Schlagzahlen in den Sanden und Kiesen auf mindestens mitteldichte und teils dichte bis sehr dichte Lagerungsverhältnisse schließen.

### 4.3 Ergebnisse der Laborversuche

#### 4.3.1 Ergebnisse der Wassergehalte 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 2: Ergebnisse der Wassergehalte und der Konsistenzgrenzen**

Homogenbereich	Entnahmestelle		Bodenansprache	Wassergehalte und Konsistenzgrenzen			
	Probenbezeichnung	Tiefe [m]		Konsistenz	w [%]	w <sub>L</sub> [%]	I <sub>c</sub>
1/Decklehm	RKB 4/D4	1,80	weich	11,7	30,8	0,42	TL

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

#### 4.3.2 Ergebnisse 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 3: Ergebnisse der Korngrößenverteilung**

Homogenbereich	Entnahmestelle		Korngrößenverteilung				
	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	DIN 18 196	Anteil < 0,063 mm	U	C <sub>c</sub>	Körnungsverlauf
2/Sande und Kiese	RKB 1/E4	2,20	GU	6,60	31,5	0,3	weitgestuft
2/Sande und Kiese	RKB 3/E2	5,60	GU	8,10	18,7	0,9	weitgestuft
2/Sande und Kiese	RKB 7/E2	4,90	GU	6,10	15,7	0,6	weitgestuft
2/Sande und Kiese	RKB 8/E3	3,40	GU	6,70	20,2	0,6	weitgestuft

U: Ungleichförmigkeitszahl

C<sub>c</sub>: Krümmungszahl

#### 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 ü. NN]	Erkundungsendwasserstand	
			[m u. GOK]	[m ü. NN]
RKB 1	6,00	330,77	2,20	328,57
RKB 2	7,00	330,39	2,15	328,24
RKB 4	5,60	329,57	1,00	328,57

Hauptgrundwasserleiter sind die Böden des Homogenbereiches 2.

Maßgebend für das Gefälle der Grundwasseroberfläche ist die Vorflut. Im vorliegenden Fall ist dies die nahegelegene Donau.

Nach den Angaben in der hydrogeologischen Karte von Bayern liegt der mittlere Grundwasserstand am Untersuchungsgrundstück etwa zwischen 327,5 und 328,5 m ü. NN.

Die Grundwasserfließrichtung ist nach Nordosten gerichtet.

Der Grundwasserspiegel ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Die Schwankungsbreite wird von der Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet und damit auch von der jahreszeitlichen Niederschlagsverteilung und der Verdunstung beeinflusst.

Im vorliegenden Fall wird die Schwankung des Grundwasserspiegels auch maßgeblich durch Infiltration aus dem nahegelegenen Gewässer bei Hochwasserereignissen bestimmt.

Es liegen Angaben über die nahe gelegene Messstelle Lerchenfeld Q4 vor, welche sich im Bereich der Kiesweiher südwestlich vom Rosenhof befindet. Gemäß der Ganglinie dieser Messstelle liegt der höchste bisher gemessene Grundwasserstand etwa 1 m über dem mittleren Grundwasserstand.

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 bzw. rein informativ nach der nicht mehr gültigen DIN 18 300 (2009) vorgenommen werden:

**Tabelle 5: Bodenklassifizierung**

Homogenbereich	Bodengruppe nach DIN 18 196	Bodenklasse nach DIN 18 300 (2012)	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 09
1/Decklehm	UM/UL/TL	4	F3
2/Sande und Kiese	SE/SW/SI/SU/ GU/GW	3	F1/F2
3/Tone	TM/TA	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 ü. NN]	Lagerungsdichte bzw. Konsistenz	Bautechnische Eignung als Baugrund für Gründungen
1/Decklehm	GOK	weich, steif	wenig geeignet
2/Sande und Kiese	329,7...332,0	mitteldicht - sehr dicht	gut geeignet
3/Tone	326,3...328,0	halbfest - fest	geeignet

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.



Die Unterkante des vereinfachten Baugrundmodelles liegt nach den Erkundungsergebnissen bei 325 m ü. NN.

## 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, undräniert $c_u$ [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	17-19	7-9	22,5-27,5	0-5 <sup>1)</sup>	15-70	3-6	1 · 10 <sup>-6</sup> - 1 · 10 <sup>-10</sup>
2	18-21	10-12,5	32,5-37,5	0	-	60-180	1 · 10 <sup>-2</sup> - 1 · 10 <sup>-5</sup>
3	18-20	8-10	20	10-25	100-300	6-18	1 · 10 <sup>-8</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 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 undränniert $c_u$ [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	15-70 <sup>3)</sup>	10-20 <sup>3)</sup>	10-20	40-80	- <sup>1)</sup>	< 5	UL/UM/ TL
2	s. Anlage 4	< 10	< 2	0	1,8-2,1	- <sup>1)</sup>	5-10 <sup>3)</sup>	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	35-100	< 2	SW/SI/ SE/SU/ GU/GW
3	- <sup>2)</sup>	< 5	0	0	1,8-2,0	100-300 <sup>3)</sup>	10-30 <sup>3)</sup>	15-50	90-130 <sup>3)</sup>	- <sup>1)</sup>	< 2	TM/TA

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**

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen können folgende maßgebende Grundwasserstände für den Untersuchungsort abgeleitet werden:

Mittlerer Grundwasserstand: ca. 327,5...328,5 m ü. NN

Höherer Grundwasserstand mit häufiger Wiederkehr: 327,8...328,8 m ü. NN

Höchster zu erwartender Grundwasserstand: 328,5...329,5 m ü. NN

Für die geplante Baumaßnahme werden auf Grundlage dieser Grundwasserdaten folgende Bemessungswasserstände vorgeschlagen:

Bemessungswasserstand für Wasserhaltungsmaßnahmen: 327,8...328,8 m ü. NN

Bemessungswasserstand für Abdichtung und Auftriebssicherheit: 328,5...329,5 m ü. NN

Die vorgenannten Angaben wurden auf Grundlage der erarbeiteten Daten abgeleitet. Sie sind gegebenenfalls anzupassen, sofern weitere Erkenntnisse gewonnen werden.

#### **5.5 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.

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

#### **6.1 Rahmenbedingungen**

Es liegen noch keine Angaben über die geplante Lage, Größe und Einbindetiefe von Hochbauten vor.

Voraussichtlich werden überwiegend nicht unterkellerte Gewerbegebäude zur Ausführung kommen. Nicht auszuschließen ist auch, dass Bürogebäude mit Unterkellerung ausgeführt werden.

Nimmt man für nicht unterkellerte Gebäude eine Einbindetiefe für die Gründung von rund 1 m und für unterkellerte Gebäude eine Einbindetiefe von rund 3 m an, so wird die Gründung von Gebäuden nach den Erkundungsergebnissen überwiegend in Böden des Homogenbereiches 2 (Sande und Kiese) erfolgen. Bereichsweise können bei nicht unterkellerten Bauweise in der Gründungssohle auch lehmige Deckschichten anzutreffen sein.

Bei unterkellerten Bauweise ist mit Grundwasser ab rund 2 m unter Gelände zu rechnen.

## **6.2 Gründungsempfehlungen**

Sowohl bei unterkellerten als auch nicht unterkellerten Bauweise kann eine Flachgründung auf den zu erwartenden Sanden und Kiesen des Homogenbereiches 2 ausgeführt werden. Eine Flachgründung kann nach den Tabellenwerten der DIN 1054 vorgenommen werden, welche im folgenden Kapitel angegeben werden.

Grundsätzlich möglich ist auch eine Flächengründung über eine elastisch gebettete, tragende Bodenplatte. Dies empfiehlt sich insbesondere bei unterkellerten Gebäuden.

## **6.3 Flachgründung**

Die Nachweise für die Grenzzustände Grundbruch und Gleiten sowie der Gebrauchstauglichkeit (Nachweis der Setzungen) dürfen nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054 durch die Verwendung von Erfahrungswerten ersetzt werden, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind. Mit den anstehenden Sanden oder Kiesen liegen die Voraussetzungen hinsichtlich der ausreichenden Festigkeit vor. Die Anforderung, dass Böden dieser Festigkeit mindestens bis in eine Tiefe unter der Gründungssohle anstehen, die der zweifachen Fundamentbreite sowie mindestens 2,0 m entspricht, ist bei Anwendung der Tabellenwerte einzuhalten. Wird dies nicht eingehalten, so sind Grundbruch- und Setzungsberechnungen durchzuführen.

Ausreichende Sicherheiten gegen Grundbruch und bauwerksverträgliche Setzungen dürfen als nachgewiesen angesehen werden, wenn die Bedingung  $\sigma_{E,d} \leq \sigma_{R,d}$  erfüllt ist. Dabei ist  $\sigma_{E,d}$  der Bemessungswert der Sohlendruckbeanspruchung,  $\sigma_{R,d}$  der Bemessungswert des Sohlwiderstands.

Der Bemessungswert der Sohldruckbeanspruchung ergibt sich aus der ungünstigsten Einwirkungskombination. Nach DIN 1054 kann der Bemessungswert über die charakteristischen Vertikalbeanspruchungen multipliziert mit den Teilsicherheitsbeiwerten für das Nachweisverfahren 2 (Geo-2) oder aus dem Bemessungswert der Vertikalbeanspruchung ermittelt werden.

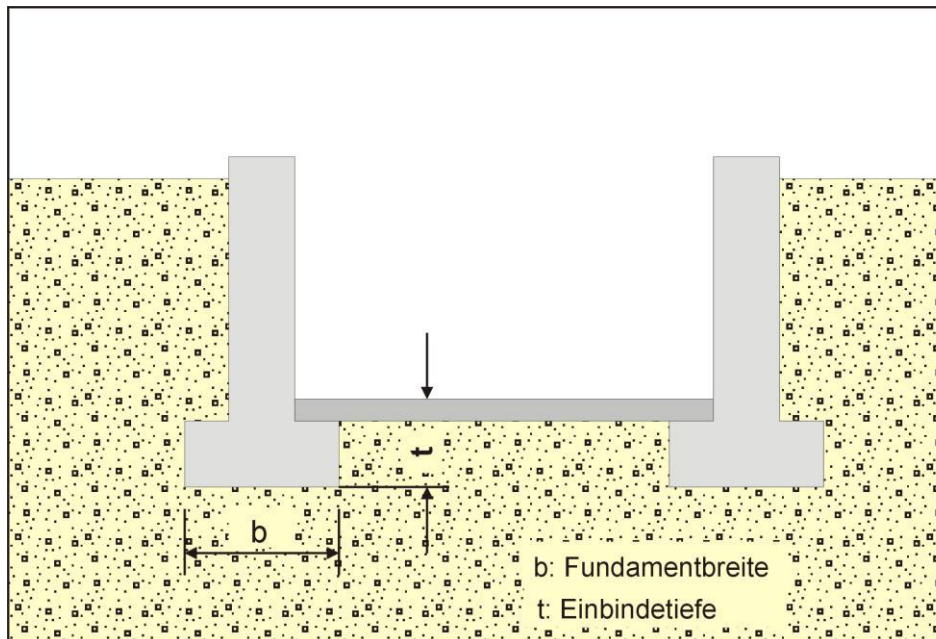
Bei ausmittiger Lage der Sohldrucksresultierenden darf nur derjenige Teil A' der Sohlfläche angesetzt werden, für den die Resultierende der charakteristischen bzw. repräsentativen Beanspruchung im Schwerpunkt steht. Als maßgebende Sohldruckbeanspruchung ist in diesem Fall die Spannung anzusetzen, die sich aus der Division der Vertikalbeanspruchung durch die reduzierte Sohlfläche A' ergibt.

Der maßgebende Bemessungswert des Sohlwiderstandes darf für Streifenfundamente in Abhängigkeit von der tatsächlichen Fundamentbreite b bzw. von der reduzierten Fundamentbreite b' der folgenden Tabelle entnommen werden.

**Tabelle 9: Bemessungswert des Sohlwiderstands - Homogenbereich 2**

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands in kN/m <sup>2</sup> bei Streifenfundamenten mit Breiten b bzw. b' von					
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
m						
0,5	170	250	335	390	350	310
1,0	230	310	400	430	380	340
1,5	290	370	450	480	410	360
2,0	335	420	500	500	430	390

In den o. g. Tabellenwerten sind der Grundwasserstand, die Vorkonsolidierung und der tiefere Untergrund berücksichtigt. Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.



**Abbildung 1: Maßgebende Einbindetiefe**

Die auf Grundlage der Tabellenwerte bemessenen Fundamente können sich um ein Maß setzen, dass bei Fundamentbreiten bis 1,5 m etwa 1,0 cm, bei breiteren Fundamenten etwa 2,0 cm nicht übersteigt. Bei wesentlicher gegenseitiger Beeinflussung benachbarter Fundamente können sich die Setzungen vergrößern. Eine Vorkonsolidierung ist berücksichtigt. Weiterhin trägt sich ein Großteil der Setzungen bereits während der Bauphase zu.

Ist die Einbindetiefe auf allen Seiten des Gründungskörpers größer als 2,0 m, so darf der Bemessungswert des Sohlwiderstands um die Spannung erhöht werden, die sich aus der 1,4-fachen Bodenentlastung für die Mehrtiefe ergibt.

Bei nicht lotrechtem Angriff der Resultierenden in der Sohlfläche muss die Neigung der resultierenden charakteristischen Sohldruckresultierenden die Bedingung  $\tan \delta = H/V \leq 0,2$  einhalten.

Bei größeren Fundamentbreiten als 3,0 m müssen die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit nachgewiesen werden.

Bei Rechteckfundamenten mit einem Seitenverhältnis unter 2 und bei Kreisfundamenten dürfen die Werte der Tabelle um 20 % erhöht werden. Die Werte der ersten beiden Spalten der Tabelle dürfen jedoch nur dann erhöht werden, wenn die Einbindetiefe mindestens das 0,6-fache der Fundamentbreite  $b$  bzw.  $b'$  beträgt.

Die Bedingungen hinsichtlich der zulässigen Ausmittigkeit der Sohldruckresultierenden für charakteristische Beanspruchungen sind einzuhalten und der Nachweis gegen Gleichgewichtsverlust durch Kippen ist zu führen.

#### **6.4 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 7 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 kann mit Hilfe einer überschlägigen Setzungsberechnung wie folgt ermittelt werden.

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 BAUGRUBEN**

### **7.1 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 : 10 geneigt ist.

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

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 Baugrubenverbau**

Alternativ zu einer geböschten Baugrube kann ein Verbau mit senkrechten Baugrubenwänden hergestellt werden.

Die kostengünstigste Variante stellt im Allgemeinen eine Trägerbohlwand dar. Hierzu werden Bohlträger in regelmäßigen Abständen eingerammt oder in vorgebohrte Löcher gestellt. Die Ausfachung erfolgt mit Holzbohlen, Kanthölzern, Kanaldielen, Stahlbetonfertigteilen oder Spritzbeton. Es sind die Anforderungen nach DIN 4124 zu beachten. Der Trägerbohlverbau ist jedoch nicht wasserdicht.

Aus Gründen der Wasserhaltung und Trockenhaltung der Baugrube ist bei größeren Einbindetiefen ein wasserdichter Verbau (Grundwasserabspernung) erforderlich. Ein wasserdichter Verbau kann grundsätzlich mit Spundbohlen, mit Bohrpfählen oder als Schlitzwand ausgeführt werden.

Die günstigste Variante ist im Allgemeinen ein Spundwandverbau. Es wird empfohlen, einen wasserdichten Verbau vorzusehen, wenn die Baugrubensohle deutlich unter dem Grundwasserspiegel zu liegen kommt. Hierbei sind die Spundwände in die gering durchlässigen Schichten des Homogenbereiches 3 (Tone) einzubinden. Dadurch kann eine vollständig wasserdichte Baugrubenumschließung hergestellt werden und es sind keine aufwendigen Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich.

Grundsätzlich kann der Verbau eingespannt, zur Baugrube hin ausgesteift oder rückverankert hergestellt werden. Eine Einspannung allein wird bei den gegebenen Baugrubentiefen keine ausreichende Standsicherheit und/oder zulässige Verformungen gewährleisten können. Ob eine Aussteifung aus Platzgründen innerhalb der Baugrube möglich ist, gilt es zu prüfen. Es empfiehlt sich deshalb eine Rückverankerung mit vorgespannten Verpressankern.

### 7.3 Wasserhaltung

Eine Wasserhaltung hat im vorliegenden Fall bei Bauweisen ohne Keller 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 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.

Bei Bauweisen mit Keller ist eine offene Wasserhaltung zum Erreichen des erforderlichen Absenkziels nicht mehr ausreichend, so dass eine geschlossene Wasserhaltung mit Brunnen vorzunehmen ist. Die Brunnen sind vor Beginn des Baugrubenaushubs einzurichten, und das Grundwasser ist mit einem zeitlichen Vorlauf zum Erdaushub abzusenken. Die Anordnung der Brunnen erfolgt zweckmäßigerweise außerhalb der Baugrube, um den Aushub und die späteren Arbeiten in der Baugrube nicht zu behindern. Da es sich vorliegend um eine relativ große Aushubfläche handelt, kann es jedoch erforderlich werden, Brunnen auch innerhalb der Baugrube anzuordnen, um das gewünschte Absenkziel zu erreichen. In diesem Fall sind Zusatzmaßnahmen bei der Abdichtung des Bauwerkes vorzusehen.

Die Brunnen reichen im Allgemeinen bis mehrere Meter unterhalb der Baugrubensohle. Der erforderliche Brunnendurchmesser richtet sich nach der Durchlässigkeit des Bodens und der Tiefe der Absenkung.

Die genaue Ermittlung ist über hydrologische Berechnungen vorzunehmen. Dabei ist ein Bemessungswasserstand vorzugeben, bis zu welchem die Wasserhaltungsanlage betrieben werden soll. Zur genauen Ermittlung der Durchlässigkeit wird ein Pumpversuch dringend empfohlen. Liegen nur Annahmen zur Durchlässigkeit vor, so sind die Berechnungen für untere und obere Grenzwerte der angenommenen Spanne der Durchlässigkeit durchzuführen. Dadurch kann sich evtl. eine unwirtschaftliche Bemessung der Wasserhaltungsanlage ergeben.

Bei einer Wasserhaltungsmaßnahme mit Brunnen ist zu berücksichtigen, dass die maximale Tiefe der Brunnen durch die Lage des Stauers (Böden des Homogenbereiches 3) begrenzt ist. Eine Grundwasserabsenkung durch Brunnen wird somit nur bei relativ geringen Absenkmaßnahmen eine wirtschaftliche Lösungsmöglichkeit darstellen. Bei größeren Absenkbeträgen empfiehlt sich grundsätzlich die Herstellung einer wasserdichten Baugrubenumschließung mit z. B. Spundwänden, wie im Kapitel 7.2 beschrieben.

#### **7.4 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. Die Böden des Homogenbereiches 2 sind voraussichtlich zum Großteil geeignet.

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.

## **8 BAUWERK UND GRUNDWASSER**

### **8.1 Abdichtung / Trockenhaltung unterkellerten Gebäude**

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.

## **8.2 Abdichtung / Trockenhaltung von Gebäuden ohne Keller**

Es wird empfohlen, die Abdichtung der Bodenplatte nach den Vorgaben der DIN 18 195-4 vorzunehmen. Voraussetzung hierfür ist, 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.

## **8.3 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 gesammelten Niederschlagswasser (MWFreiV)“ sowie die „Technischen Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammelten Niederschlagswasser in das Grundwasser (TRENGW)“.

Im Bedarfsfall kann die wasserrechtliche Beantragung einer Niederschlagsversickerung durch die IFB Eigenschenk ausgeführt werden.

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.

Mit den durchgeführten Sickerversuchen wurde der Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  an drei Untersuchungsstellen ermittelt. Um den für die Bemessung von Versickerungsanlagen erforderlichen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  zu erhalten, sind die im Versuch ermittelten Werte laut dem Arbeitsblatt DWA-A 138 mit einem dort angegebenen Faktor zu multiplizieren. Die für die einzelnen Bodenproben ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte und Bemessungswerte sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

**Tabelle 10: Bemessungswerte für Versickerungsanlagen**

Unter- suchungs- stelle	Homogenbereich	Durchlässigkeitsbeiwert $k$ [m/s]	Bemessungswert $k_f$ [m/s]
SCH 1	2/Sande und Kiese	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$5,6 \cdot 10^{-5}$
SCH 2	2/Sande und Kiese	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$6,8 \cdot 10^{-5}$
SCH 3	2/Sande und Kiese	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$7,0 \cdot 10^{-5}$

Für den Homogenbereich 3 kann damit ein mittlerer Bemessungswert von  $k_f = 5 \cdot 10^{-5}$  m/s abgeschätzt werden. Die Böden dieses Homogenbereiches erfüllen damit die vorgenannte Anforderung an sickerfähige Böden.

Der oben genannte Bemessungswert kann für eine Vorbemessung von Versickerungsanlagen verwendet werden. Für eine detaillierte Prüfung der Sickerfähigkeit und eine genaue Ermittlung des Bemessungswertes ist ein Sickerversuch vor Ort an der für die Versickerungsanlage vorgesehenen Stelle erforderlich.

Bei der Planung und Anlage von Versickerungsanlagen sind darüber hinaus die Grundwasserstände, Schwankungsbreiten des Grundwassers und die erforderlichen Reinigungsstrecken zu beachten. Darüber hinaus sind die Auflagen des Wasserwirtschaftsamtes zu berücksichtigen. Es wird deshalb empfohlen, die Planung von Versickerungsanlagen frühzeitig mit dem zuständigen Wasserwirtschaftsamt abzustimmen. Es wird darauf hingewiesen, dass von einigen Ämtern beispielsweise einem Durchstoßen von gering durchlässigen Deckschichten nicht zugestimmt wird.

Die Abstimmung mit den Behörden sowie die Dimensionierung von Versickerungsanlagen kann bei Bedarf durch die IFB Eigenschenk GmbH ausgeführt werden.

## **9 HERSTELLUNG BEFESTIGTER FLÄCHEN**

### **9.1 Rahmenbedingungen**

Im Bereich der geplanten Erschließungsstraßen sind nach den Erkundungsergebnissen auf Höhe des Erdplanums Böden der Homogenbereiche 1 (Decklehm) und 2 (Kiese und Sande) anzutreffen. Ob Böden des Homogenbereiches 1 oder des Homogenbereiches 2 angetroffen werden, ist von der gewählten Höhenlage des Erdplanums sowie der vorhandenen Schichtdicke der Böden des Homogenbereiches 1 abhängig. Werden Böden des Homogenbereiches 1 in Höhe des Erdplanums angetroffen, so ist ein Bodenaustausch auszuführen. Aufgrund der meist geringen Schichtdicke der Böden des Homogenbereiches 1 wird dabei voraussichtlich bereits die Oberkante der Böden des Homogenbereiches 2 erreicht. Es kann damit für die Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues einheitlich von Frostempfindlichkeitsklasse F2 ausgegangen werden.

### **9.2 Herstellung des Oberbaues**

Die Dicke der Asphaltsschichten, der Frostschutzschicht und gegebenenfalls zusätzlich vorzusehender Tragschichten 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 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 des Homogenbereiches 1 (Decklehm) 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 Eigenschonk 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 ca. 30 bis 50 cm ausgegangen werden.

Die erforderliche Austauschdicke ist abhängig von der vorhandenen Dicke des Homogenbereiches 1. Sobald die Oberkante der Böden des Homogenbereiches 2 (Sande und Kiese) erreicht wird, ist im Allgemeinen kein weiterer Austausch erforderlich. Auf den Böden des Homogenbereiches 2 kann im Allgemeinen der geforderte Tragfähigkeitswert von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  erreicht werden, gegebenenfalls ist eine intensive Nachverdichtung erforderlich.

## **10 FOLGERUNGEN FÜR DEN KANALBAU**

### **10.1 Rahmenbedingungen**

Es liegen derzeit noch keine Angaben über geplante Verlegetiefen von Regen- und Abwasserkanalisation vor. Für die Abwasserkanalisation sind Verlegetiefen zwischen 2 und 4 m üblich.



Es werden im vorliegenden Gutachten allgemeine Hinweise für übliche Verlegetiefen angegeben.

## **10.2 Aushub und Wiederverwendbarkeit**

Beim Aushub fallen die Böden der Homogenbereiche 1 und 2 an.

Gut verdichten lassen sich die Böden des Homogenbereiches 2, womit diese gut wiederzuverwenden sind. Die bindigen Böden des Homogenbereiches ### werden sich bei den angetroffenen Konsistenzverhältnissen nicht ausreichend verdichten lassen. Es sollte deshalb eine Bodenverbesserung durch Zugabe eines Bindemittels oder ein Bodenersatz vorgesehen werden.

## **10.3 Grabenverbau und Wasserhaltung**

Grundsätzlich lassen sich 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 im Grundwasserbereich nicht kurzzeitig standfest sind. Grabenverbaugeräte können in diesen Böden nur mit dem Absenkverfahren eingebracht werden. Dabei dürfen mittig gestützte Grabenverbaugeräte nicht zu Einsatz kommen.

Hinsichtlich der erforderlichen Aufwendungen für Wasserhaltung wird auf die Ausführungen im Kapitel 7.2 und 7.3 hingewiesen. Grundsätzlich ist der erforderliche Umfang an Wasserhaltungsmaßnahmen bzw. die Erfordernis des wasserdichten Verbaues abhängig von der gewählten Verlegetiefe.

## **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**

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.

## **10.5 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.

## **11 HINWEISE FÜR DIE BAUAUSFÜHRUNG**

### **11.1 Baustraßen**

Das Gelände ist insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen mit Baufahrzeugen nicht befahrbar, weshalb geeignete Baustraßen erforderlich werden. Baustraßen sollten wegen der leicht aufweichenden Deckschichten unter Verwendung eines Geotextils hergestellt werden. Es empfiehlt sich eine Schotterauflage auf einem geeigneten Vlies.

## 11.2 Folgerungen für das Einbringen von Rammelementen

Beim Einbringen von Rammelementen sind grundsätzlich zwei Einbringverfahren zu unterscheiden. Zum Einen das Rammen mit schlagenden Rammhären sowie das Einrütteln mit Vibrationshären.

Die Wahl des Einbringverfahrens ist dabei sowohl von den gewählten Stahlprofilen, den Längen sowie den Untergrundverhältnissen abhängig. Die hinsichtlich der Untergrundverhältnisse zu beurteilende Eignung und zu erwartende Schwere der Rammung wird in der folgenden Tabelle für das vorliegende Untersuchungsgebiet qualitativ beurteilt.

**Tabelle 11: Rammfähigkeit der Böden**

Homogenbereich	Rammen (Schlagrammen)	Einrütteln (Vibrationsrammen)
1/Decklehm	leicht	leicht
2/Sande und Kiese	mittel - schwer	leicht - mittel
3/Tone	schwer	sehr schwer <sup>1)</sup>

1) Zusatzmaßnahmen sind ggf. vorzusehen

In halbfesten Tonen (Homogenbereich 3) kann ein Einbringen über Vibrationsrammung mit Rammhilfen wie Vorbohren und einer Spülhilfe im Niederdruckverfahren bei günstigen Bedingungen ermöglicht werden. Alternativ kann dies durch Anwendung der Hochdruck-Vorschneide-Technik erreicht werden. Es handelt sich hierbei um eine Spülhilfe mit Spezialdüsen und hohem Spüldruck.

Es wird darauf hingewiesen, dass das Ziehen von mit Rammhilfen eingebrachten Spundbohlen nach einer längeren Standzeit nicht mehr oder nur mit sehr hohem Aufwand möglich ist.

### **11.3 Frostsicherheit**

Für alle Bauteile ist eine frostsichere Mindesteinbindetiefe von 1,20 m unter der endgültigen Geländeoberkante vorzusehen. Beim Bauen in kalter Jahreszeit sind gesonderte Schutzmaßnahmen gegen das Eindringen von Frost in den Untergrund und gegen ein Aufweichen der Deckschichten zu ergreifen.

## **12 ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN**

### **12.1 Hauptuntersuchung**

Für konkrete Einzelbauvorhaben im Gewerbegebiet ist eine Hauptuntersuchung des Baugrundes nach DIN 4020 durchzuführen.

### **12.2 Beweissicherung**

Aufgrund der Bautätigkeiten, die unvermeidlich Erschütterungen durch Baustellenverkehr, Rammarbeiten oder Verdichtungsarbeiten mit sich bringen, sowie durch eine eventuell erforderliche Grundwasserabsenkung 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 Eigenschenk steht dazu zur Verfügung.

### **12.3 Wasseruntersuchung**

Da Fundamente ganz oder teilweise im Bereich des Grundwasserspiegels liegen, wird vorliegend eine Untersuchung des Grundwassers auf seinen Angriffsgrad gegenüber Beton nach DIN 4030 empfohlen. Diese Prüfung kann im Zuge der Erdarbeiten durchgeführt werden. Dazu ist die sachgemäße Entnahme und labortechnische Untersuchung erforderlich. Die IFB Eigenschenk steht für die Durchführung dieser Arbeiten zur Verfügung.

### **12.4 Altlasten**

Im Zuge der Felderkundungen wurden mittels organoleptischer Ansprache keine Hinweise auf Altlasten oder Kontaminationen festgestellt.

### **12.5 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.

## **12.6 Wasserrechtsverfahren**


Eine Bauwasserhaltung erfüllt gemäß § 9 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) den wasserrechtlichen Tatbestand einer Grundwasserbenutzung. Diese ist bei der zuständigen Kreisverwaltungsbehörde im Vorfeld der Baumaßnahme zu beantragen. Es wird darauf hingewiesen, dass die Bearbeitung wasserrechtlicher Anträge seitens der Behörden bis zu drei Monate in Anspruch nehmen kann. Da eine Bauwasserhaltung erst nach Vorliegen der wasserrechtlichen Erlaubnis eingerichtet werden darf, ist dieser Vorlauf bei der Bauplanung entsprechend zu berücksichtigen. Bei Bedarf übernimmt die IFB Eigenschenk die Erstellung der wasserrechtlichen Antragsunterlagen sowie die fachgutachterliche Begleitung des Behördenverfahrens. Eingriffe in den Untergrund, wie beispielsweise Abgrabungen, Auffüllungen, Einbau von Materialien in den Untergrund, Geländemodellierungen etc. erfüllen vielfach wasserrechtliche Tatbestände, die bei den zuständigen Kreisverwaltungsbehörden entsprechend zu beantragen sind. Sollten im Zuge der geplanten Baumaßnahme solche Eingriffe vorgesehen sein, übernimmt die IFB Eigenschenk bei Bedarf die Einzelfallprüfung, ob bzw. inwieweit es sich dabei um eine wasserrechtlich zu beantragende Maßnahmen handelt und bereitet die entsprechenden Antragsunterlagen in Abstimmung mit den Behörden vor.


## **13 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 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 bleibt damit erforderlich. Ohne örtliche Abnahme gilt die Untersuchung des Baugrundes als nicht abgeschlossen.

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

 **EIGENSCHENK**  
Dipl.-Ing. (FH) Markus Piendl <sup>2)</sup>  
Fachbereichsleiter Grundbau  
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> Von der Industrie- und Handelskammer für Niederbayern in Passau öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baugrunderkundung und Gründung von Hochbauten