



TerraConcept Consult GmbH
Ingenieure, Umwelt- und Geowissenschaftler

Klosterstraße 34
72793 Pfullingen
Tel.: 0 71 21 / 49 36 65
Fax: 0 71 21 / 49 36 67

**Baugrundgeologisches
Übersichtsgutachten
Erschließungsgebiet
"Obere Au",
Bempflingen**

November 2018



Baugrundgeologisches Übersichtsgutachten Erschließungsgebiet "Obere Au", Bempflingen

November 2018

Auftraggeber:

**Gemeindeverwaltung Bempflingen
- Bürgermeisteramt -
Metzinger Straße 3**

72 658 Bempflingen

Auftragnehmer:

**TerraConcept Consult GmbH
Klosterstraße 34**

72 793 Pfullingen

Tel.: 0 71 21 / 49 36 65

Fax: 0 71 21 / 49 36 67

E-Mail: terraconceptconsult@online.de



Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Vorbemerkungen.....	1
2 Lage und Beschreibung.....	1
3 Geologischer und hydrogeologischer Überblick	2
4 Durchgeführte Untersuchungen.....	3
5 Beschreibung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse.....	4
5.1 Ergebnisse der Rammkernbohrungen und Baggerschürfgruben	4
5.2 Grund- und Sickerwasserverhältnisse.....	4
5.3 Zustandsgrenzen, Körnungslinie, Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen	6
5.4 Einstufung in Boden- und Felsklassen	7
5.5 Bodenmechanische Kennwerte.....	8
5.6 Beurteilung der Verformungseigenschaften und Tragfähigkeit des Untergrundes.....	9
6 Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise für die Erschließung	11
6.1 Leitungsräben	11
6.2 Rohraufleger	11
6.3 Grundwasser bzw. Oberflächenwasser	12
6.4 Wiederverwertbarkeit von Aushubmaterial	13
6.5 Verfüllung der Kanalgräben	13
6.6 Anlage von Verkehrsflächen.....	13
7 Hinweise für die zukünftige Bebauung.....	15
8 Versickerung von Niederschlagswasser	16
9 Erdbebenzone	17
10 Geothermienutzung	18
11 Schlussbemerkungen	18



Verzeichnis der Abbildungen	Seite
Abb. 1: Ausschnitt aus der topographischen Karte mit Lage des Untersuchungsgebietes.....	1
Abb. 2: Ausschnitt aus der geologischen Karte, Blatt 7421 Metzingen (vergrößert)	3

Verzeichnis der Tabellen	Seite
Tab. 1.1: Grundwasserstände (m u. GOK) am 28.09.2017 und 13.10.2017	5
Tab. 1.2: Grundwasserstände der Stichtagsmessungen.....	5
Tab. 2: Boden- und Felsklassen	7
Tab. 3: Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen	8
Tab. 4: Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} für tonig-schluffige Böden (UM, TL, TM) und gemischtkörnige Böden (GU*, GT*)	10

Verzeichnis der Anlagen

- Anlage 1: Lageplan der Untersuchungspunkte
- Anlage 2: Schichtenverzeichnisse und Profildarstellungen der Rammkernsondierungen
- Anlage 3: Schichtenverzeichnisse und Profildarstellungen der Baggerschürfgruben
- Anlage 4: Laborprotokoll zur Bestimmung der Körnungslinie und der Durchlässigkeit
- Anlage 5: Merkblatt "Bauen im Grundwasser"

1 Vorbemerkungen

Die Gemeinde Bempflingen plant die Entwicklung und Erschließung eines Wohngebietes im Gewann "Obere Au" am südlichen Ortsrand. Die TerraConcept Consult GmbH wurde im Juli 2017 beauftragt, die Untergrundverhältnisse im Erschließungsgebiet zu erkunden und ein geotechnisches Übersichtsgutachten zu erarbeiten. Zur Bearbeitung des Auftrags standen die folgenden Unterlagen zur Verfügung:

- Planzeichnung mit Fläche Baugebiet und möglichen Straßenflächen, Maßstab 1 : 1.000. Ingenieurbüro Walter, Nürtingen; 25.07.2017.
- Geologische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 7421 Metzingen, mit Erläuterungen, Maßstab 1 : 25 000. Geologisches Landesamt Baden-Württemberg; 1971.
- Topographische Karte von Baden-Württemberg, Maßstab 1 : 25 000, ohne Blattschnitt. Digitale Ausgabe.

2 Lage und Beschreibung

Das geplante Wohngebiet mit einer Fläche von ca. 2,15 ha liegt in der Ermstalaue im Gewann "Obere Au" zwischen der Metzinger Straße (K1231) und dem Ettwiesenbach am südlichen Ortsrand von Bempflingen (s. Abb. 1). Das Gebiet wird derzeit noch landwirtschaftlich als Ackerfläche genutzt. Das Gelände ist weitgehend eben. Die mittlere Geländehöhe liegt bei ca. 317,50 m ü. NN. Die Erschließung ist im Anschluss an die Blumenstraße und an den Lilienweg sowie zwei Stichstraßen angedacht (s. Anlage 1). Ein Bebauungsplanentwurf liegt noch nicht vor.

Abb. 1: Ausschnitt aus der topographischen Karte mit Lage des Untersuchungsgebietes





3 Geologischer und hydrogeologischer Überblick

Nach der geologischen Karte von Baden-Württemberg, Blatt 7421 Metzingen, stehen im Bereich des Erschließungsgebietes Hochflutlehm bzw. Auelehm und quartäre Talkiese der Erms und des Ettwiesenbaches voraussichtlich über den Schichten des Lias α (Angulaten- und Pylonoten-Schichten) und des Knollenmergels an (s. Abb. 2). Insbesondere am östlichen Rand des Erschließungsgebietes ist durch die Anschwemmung von Talablagerungen und die Umlagerung von Hanglehm und Hangschutt durch eiszeitliches Bodenfließen eine wechselseitige Verzahnung verschiedener Bodenschichten möglich.

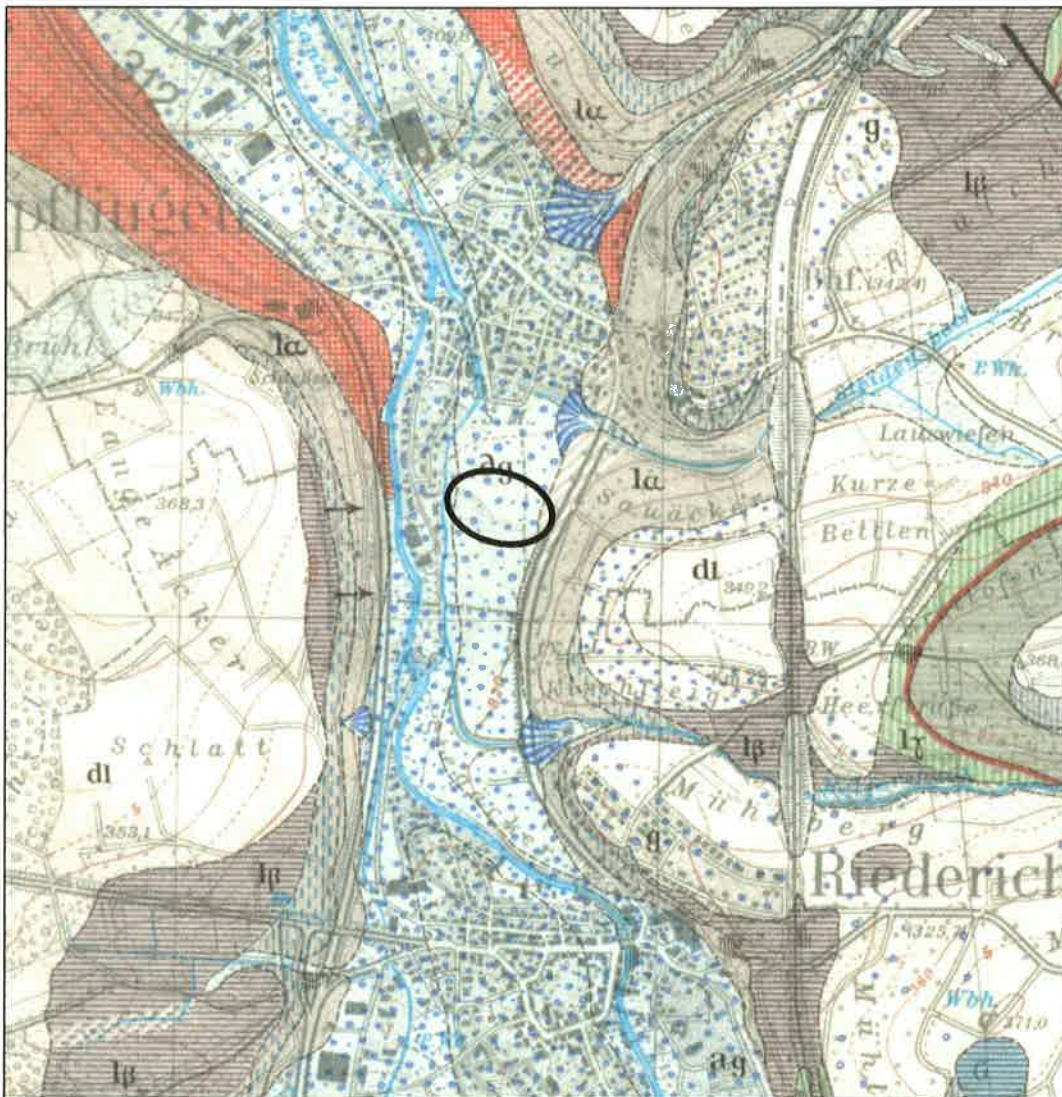
Die Talablagerungen bestehen in der Regel aus einer ca. 1,0 m bis 2,0 m mächtigen Schicht mit teils kiesigem Hochflut- bzw. Auelehm über Mittel- bis Grobkies mit wechselndem Sand- und Schluffanteil, wobei die Mächtigkeit der kiesigen Talablagerungen nach Osten hin zum Rand der Talaue hin deutlich abnimmt. Lokal können im Kies auch Einlagerungen von Kalktuffschluff und Kalktuffsand auftreten.

Die Angulatenschichten sind im Untersuchungsgebiet ca. 15 m mächtig. Sie beginnen an der Basis mit einer 0,3 bis 0,7 m mächtigen, dunklen Kalksteinbank. Darüber finden sich etwa 4 m bis 5 m schiefrige Mergel mit zwei bis drei Kalksandsteinbänkchen. Der eigentliche, ca. 5 m mächtige Angulatensandstein, der im Bereich des Untersuchungsgebietes vermutlich nicht mehr oder nur noch teilweise vorhanden ist, setzt sich aus einer Wechselfolge von schluffreichem Tonstein und feingeschichtetem Sandstein zusammen. Unter den Angulatenschichten folgen die Pylonotenschichten. Hierbei handelt es sich überwiegend um dunkelgraue Tonmergel mit einzelnen Sandstein-, Kalksandstein- und Kalksteinbänken.

Beim Knollenmergel handelt es sich um eine relativ einheitliche Schichtfolge mit violetten bis rotbraunen und graugrünen Tönen und Tonmergeln sowie Lagen aus härteren, grauen Mergelknollen.

Insbesondere bei einer überwiegend kiesig-sandigen Ausbildung der Talablagerungen kann Grund- bzw. Sickerwasser mit geringer bis mittlerer Ergiebigkeit auftreten. Bei der Stichtagsmessung am 13.10.2017 lag der Grundwasserspiegel zwischen ca. 3,3 m und 4,9 m unter Gelände.

Abb. 2: Ausschnitt aus der geologischen Karte, Blatt 7421 Metzingen (vergrößert)



4 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse im Plangebiet wurden am 28.09.2017 drei Rammkernbohrungen (\varnothing 50 mm) bis maximal 5,5 m Tiefe niedergebracht. Die Rammkernbohrungen RKS-1 und RKS-2 wurden als provisorische Grundwassermessstellen ausgebaut. Zudem wurden am 13.10.2017 zwei Baggerschürfgruben zur Erkundung der Untergrundverhältnisse und zwei Baggerschürfgruben für Versickerungsversuche angelegt. Die Lage der Aufschlusspunkte ist in einem Lageplan in Anlage 1 verzeichnet. Die in den Rammkernbohrungen und Schürfgruben erschlossenen Schichten wurden nach DIN 4023 aufgenommen und beschrieben. Die Ergebnisse sind der Anlage 2 und der der Anlage 3 zu entnehmen.



Aus der Baggerschürfgrube BS-1 wurde eine Bodenprobe aus den kiesig-schluffigen Talablagerungen entnommen und die Korngrößenverteilung nach DIN 18 123 mittels kombinierter Sieb-Schlamm-Analyse sowie die mittlere Durchlässigkeit nach DIN 18 130 bestimmt (s. Anlage 4).

Die Wasserdurchlässigkeit der anstehenden Bodenschichten wurde zudem noch sowohl über die Bestimmung der Bodenart als auch durch zwei Versickerungsversuche näherungsweise abgeschätzt. Bei den beiden Versickerungsversuchen wurden Schürfgruben mit Wasser befüllt und die Versickerungsleistung der in der entsprechenden Tiefe anstehenden Bodenschichten anhand von Zeitdauer und Absenkungsbetrag beurteilt.

5 Beschreibung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse

5.1 Ergebnisse der Rammkernbohrungen und Baggerschürfgruben

Die durchschnittliche Mächtigkeit des teilweise kiesigen Oberbodens beträgt ca. 20 cm. Darunter folgt ein Auelehm meist in Form von schwach tonigem bis tonigem, teilweise auch kiesigem und/oder feinsandigem Schluff mit steifer Konsistenz. Die Mächtigkeit des feinkörnig-bindigen Bodens beträgt je nach Lage im Gelände zwischen ca. 0,4 m und 2,0 m. Die Mächtigkeit der unter dem lehmigen Boden folgenden kiesig-schluffigen und kiesig-sandigen Talablagerungen beträgt an den Ansatzpunkten der Rammkernbohrungen über 4 m. Die Lagerung ist im oberen Bereich als locker bis mitteldicht und mit zunehmender Tiefe als mitteldicht und mitteldicht bis dicht einzustufen. Bei den Baggerschürfgruben wurde ab ca. 3,0 m unter Gelände jeweils auch eine Lage mit im Kies eingelagerten Kalksteinblöcken mit bis zu 50 cm Durchmesser festgestellt. Mit der Schürfgrube BS-1 wurde unter dieser Blockschuttlage bis zur Schürfgrubensohle noch Schwemmlehm aus dem Knollenmergel mit steifer bis stark steifer Konsistenz aufgeschlossen.

5.2 Grund- und Sickerwasserverhältnisse

Wie bereits beschrieben, liegt das Gelände im Bereich von Talablagerungen der Erms und des Ettwiesenbaches. Bei den Erkundungsarbeiten am 28.09.2017 und am 13.10.2017 wurde mit Ausnahme der Baggerschürfgrube BS-2 bei allen Aufschlusspunkten Grund- bzw. Schichtwasser angetroffen. Die gemessenen Grundwasserstände sind in der Tabelle 1.1 zusammengestellt. Die Wasserstandsmessungen lassen keinen einheitlichen Druckwasserspiegel erkennen. Für weitere Messungen wurden die Rammkernbohrungen RKS-1 am Lilienweg und RKS-2 an der Blumenstraße als provisorische Grundwassermessstellen ausgebaut. Die Ergebnisse der bis Ende September 2018 vorgenommenen Stichtagsmessungen sind in der Tabelle 1.2 aufgelistet.

**Tab. 1.1: Grundwasserstände (m u. GOK) am 28.09.2017 und 13.10.2017**

	GW angetroffen [m u. GOK]	Wasserstand 28.09.2017	Wasserstand 13.10.2017
RKS-1	5,50	5,50	4,85
RKS-2	5,40	4,50	4,40
RKS-3	4,90	4,90	n.b.
BS-1	3,30	-	3,30
BS-2	kein GW	-	-

n.b.: nicht bestimmt

Tab. 1.2: Grundwasserstände der Stichtagsmessungen

Datum	RKS-1 Wasserstand m u. GOK	RKS-2 Wasserstand m u. GOK
06.11.2017	4,63	4,50
17.11.2017	3,35	3,47
20.11.2017	3,35	3,50
12.12.2017	3,63	3,43
08.01.2018	2,56	3,22
23.01.2018	2,20	3,15
08.02.2018	3,39	3,77
07.03.2018	4,18	4,26
05.04.2018	4,50	4,31
03.05.2018	4,67	4,46
06.06.2018	4,24	4,34
02.07.2018	4,34	4,45
08.08.2018	4,77	4,60
06.09.2018	4,78	4,68
28.09.2018	4,90	4,75



5.3 Zustandsgrenzen, Körnungslinie, Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen

Bei der Einstufung der anstehenden Böden in Bodengruppen ist zu beachten, dass bei angeschwemmtem Bodenmaterial mit wechselnden Gemengeanteilen an Ton, Schluff, Sand und Kies fließende Übergänge sowohl in der Fläche als auch in der Tiefe zu erwarten sind. Der bindige Auelehm liegt erfahrungsgemäß im Übergangsbereich der Bodengruppen der mittelplastischen Tone (TM), der mittelplastischen Schluffe (UM) und der leichtplastischen Schluffe (UL). Eine konkrete Festlegung bzw. Abgrenzung kann dabei nur mit Hilfe bodenmechanischer Laborversuche vorgenommen werden. Nichtbindiger Feinsand kann für eine überschlägige Einschätzung bei einem Schluffanteil unter 5 % der Bodengruppe der enggestuften Sande (SE) zugeordnet werden. Bei einem Schluffanteil über 5 % (bis max. 40 %) ist Feinsand der Bodengruppe der Sand-Schluff-Gemische (SU/SU*) zuzuordnen. Entsprechend können die kiesigen Talablagerungen nach DIN 18 196 bei überwiegend schluffigem Feinkornanteil den Bodengruppen GU (Masseanteil Schluff 5 % bis 15 %) bzw. GU* (Masseanteil Schluff 15 % bis 40 %) zugeordnet werden. Bei sehr geringem Feinkornanteil (< 5 %) und Bodenskelett (Korn-zu-Korn-Kontakt) werden die Kiese je nach Sandanteil der Bodengruppe GE (enggestufte Kiese) oder der Bodengruppe GW (weitgestufte Kies-Sand-Gemische) zugeordnet.

An der Bodenprobe P-1 aus dem Tiefenbereich 1,8 m bis 2,6 m der Schürfgrube BS-1 mit schluffigem Kies wurde die Korngrößenverteilung nach DIN 18 123 mittels kombinierter Sieb-Schlamm-Analyse bestimmt. Die ermittelte Körnungslinie ist in der Anlage 4 dargestellt. Die Probe repräsentiert einen Kies mit 15,2 % Feinkornanteil (Ton und Schluff), ca. 9,5 % Sandanteil und 75,3 % Kieskorn (Bodengruppe GU*).

Gemäß ZTVE-StB sind mittelplastische Tone (TM), mittelplastische Schluffe (UM) und leichtplastische Schluffe (UM) der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (sehr frostempfindlich) zuzuordnen. Kies-Schluff-Gemische (GU bzw. GU*) sind in Abhängigkeit vom Feinkornanteil gering bis mittel oder sehr frostempfindlich. Dabei gilt, je höher der Feinkornanteil ist, desto höher ist auch die Frostempfindlichkeit. Bei sehr geringem Feinkornanteil des Kiesel (Bodengruppen GW und GE) ist auch eine Einstufung in die Frostempfindlichkeitsklasse F 1 (nicht frostempfindlich) möglich. Nach den Frostzonendaten des Deutschen Wetterdienstes liegt das Untersuchungsgebiet in der Frostwirkungszone I.

Bei der Einstufung der Böden in Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen ist zu beachten, dass im vorliegenden Fall fließende Übergänge sowohl in der Fläche als auch in der Tiefe zu erwarten sind. Wenn keine eindeutige Abgrenzung der Bodengruppen im Gelände möglich ist, ist von der ungünstigeren Einstufung auszugehen.



5.4 Einstufung in Boden- und Felsklassen

Nach DIN 18 300 (alt) können die anstehenden Böden und Gesteine folgenden Boden- und Felsklassen zugeordnet werden:

Tab. 2: Boden- und Felsklassen

Boden- bzw. Felsart	Boden- bzw. Felsklasse
Oberboden	Bodenklasse 1
Lehm	Bodenklasse 4
Talablagerungen, lehmig-kiesig	Bodenklasse 3 - 4
Kies, sandig-schluffig	Bodenklasse 3
Blockschutt, kiesig	Bodenklasse 5 - 6

Erläuterungen zu den Bodenklassen:

- Klasse 1: Oberboden:** Oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, z.B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen, auch Humus und Bodenlebewesen enthält.
- Klasse 2: Fließende Bodenarten:** Bodenarten, die von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit sind und die das Wasser schwer abgeben
- Klasse 3: Leicht lösbare Bodenarten:** Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15 Gew.-% an Schluff und Ton und mit höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt
- Klasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten:** Bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die höchstens 30 Gew.-% Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt enthalten sowie Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit einem Anteil von mehr als 15 Gew.-% der Korngröße kleiner als 0,06 mm
- Klasse 5: Schwer lösbare Bodenarten:** Hierzu gehören Bodenarten mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt und höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt sowie ausgeprägt plastische Böden (TA)
- Klasse 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten:** Böden mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt sowie verwitterte Felsarten
- Klasse 7: Schwer lösbarer Fels:** Steine von über 0,1 m³ Rauminhalt und nur wenig verwitterte Felsarten

Nach DIN 18 300 (neu) können für Erdbauarbeiten folgende Homogenbereiche definiert werden:

- Schicht 1: Oberboden
Schicht 2: Lehm
Schicht 2: Kies, verlehmt
Schicht 4: Blockschutt, kiesig

5.5 Bodenmechanische Kennwerte

Aufgrund allgemeiner Erfahrungen mit vergleichbaren Böden können für die anstehenden Bodenschichten die in Tabelle 3 aufgelisteten Werte für erdstatische Berechnungen in Ansatz gebracht werden.

Tab. 3: Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen

Bodenart	Wichte (kN/m ³)		Reibungs- winkel (°) φ'	Kohäsion (kN/m ²) c'	Steife- modul (MN/m ²) E _s
	γ	γ'			
Auelehm					
- weich	20,0	10,0	27,5	0 - 2	1 - 3
- steif	20,5	10,5	27,5	2 - 5	3 - 5
Ermskies					
sandig-schluffig					
- locker	18,0	10,0	30,0	0	15 - 25
- mitteldicht	19,0	11,0	32,5	0	25 - 40
- dicht	20,0	12,0	35,0	0	40 - 100

Bei Hinterfüllungen sind zur Ermittlung des Erddrucks in der Regel die Kennwerte des Verfüllmaterials maßgebend. Im einzelnen werden für verdichtet eingebautes Material folgende Ansätze vorgeschlagen:

	γ	γ'	φ'	c'	E _s
Schottergemische	20	12	35	-	-
Kiesgemische	20	12	32,5	-	-
Bindige Böden	19 - 20	9 - 10	17,5 - 22,5	-	-

Für eine näherungsweise Berechnung nach der Bettungsmodultheorie können die jeweiligen Bettungsmoduli k_s der beteiligten Baugrundsichten nach der Beziehung

$$k_s = E_s / b \times f_{(s,0)} \text{ in MN/m}^3$$

ermittelt werden (vgl. DIN 4018). Hierbei sind:

E_s = Steifemodul (s. obige Werte), k_s = Bettungsmodul, $f_{(s,0)}$ = Einflusswerte



5.6 Beurteilung der Verformungseigenschaften und Tragfähigkeit des Untergrundes

Die **Zusammendrückbarkeit** von bindigen Böden ist generell umso größer, je höher der natürliche Wassergehalt des Bodens und je geringer der Anteil an grobkörnigen Komponenten (Kies- und Sandfraktion) ist. Die Zusammendrückbarkeit eines Bodenhorizontes wird bei bindigen Böden mit der Konsistenz und bei nicht bindigen Böden mit der Lagerungsdichte beschrieben.

Baugrundsichten mit nur weicher oder weicher bis steifer Konsistenz bzw. mit sehr lockerer, lockerer und lockerer bis mitteldichter Lagerung sind als stark kompressibler Untergrund einzustufen, und daher zur Abtragung durchschnittlicher Bauwerkslasten über Streifen- und Einzelfundamente nicht geeignet. Bindige Böden sind bei einer mindestens steifen Konsistenz zwar ebenfalls noch als kompressibler Untergrund einzustufen, aber zur Abtragung geringer bis durchschnittlicher Bauwerkslasten geeignet. In den kiesig-lehmigen Talablagerungen hängt die Zusammendrückbarkeit in erster Linie von der Ausbildung und dem Anteil der bindigen Bodenmatrix ab. Bei einem ausreichenden Korn-zu-Korn-Kontakt (Bodenskelett) und durchgehend mindestens mitteldichter bis dichter Lagerung weisen die Talablagerungen eine relativ geringe Zusammendrückbarkeit auf und bilden bei einer entsprechenden Mächtigkeit einen für durchschnittliche Bauwerkslasten ausreichend tragfähigen Untergrund. Dabei ist allerdings zu beachten, dass Kies mit mindestens mitteldichter bis dichter Lagerung in unterschiedlichen Tiefenlagen und möglicherweise nur mit geringer Mächtigkeit ansteht. Zudem kann mitteldicht bis dicht gelagerter Kies noch von weniger tragfähigen Schichten unterlagert werden. Bei einer Wassersättigung der Talablagerungen können auch alleine aufgrund von Grundwasserschwankungen bzw. durch eine Entwässerung Setzungen hervorgerufen werden, da durch den damit zusammenhängenden Auftriebsverlust eine Konsolidierung stattfindet.

Bei einer Gründung über Streifenfundamente kann der aufnehmbare Sohldruck bei Bedarf in Abhängigkeit von der Einbindetiefe und der Konsistenz nach DIN 1054 ermittelt werden, sofern die Konsistenz nicht weicher als steif ist und es sich um mittig belastete Streifenfundamente zwischen 0,5 m und 2,0 m Breite handelt (s. Tabelle 3). Bei einer Gründung in Lehm mit mindestens steifer Konsistenz sind die Werte für die Bodengruppen UM/TL/TM maßgeblich. Bei einer Gründung in lehmig-kiesigen Talablagerungen können die Werte für die Bodengruppen GU*/GT* angesetzt werden. Es ist zu beachten, dass die Anwendung der Tabellenwerte für den aufnehmbaren Sohldruck bei mittig belasteten Fundamenten zu Setzungen in der Größenordnung von 2 bis 4 cm führen kann. Bei setzungsempfindlichen Bauwerken sollten auf jeden Fall Einzelgutachten mit Setzungsberechnungen erstellt werden. Die Bodengruppe und gegebenenfalls die Konsistenz sollten dann im Einzelfall anhand bodenmechanischer Laborversuche bestimmt werden.



Tab. 4: Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} für tonig-schluffige Böden (UM, TL, TM) und gemischtkörnige Böden (GU*, GT*)

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments in m	Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} in kN/m ² bei Streifenfundamenten mit Breiten b bzw. b' von 0,5 bis 2 m in Abhängigkeit der Konsistenz					
	GU*, GT*			UM, TL, TM		
	steif	halbfest	fest	steif	halbfest	fest
0,5	150	220	330	120	170	280
1,0	180	280	380	140	210	320
1,5	220	330	440	160	250	360
2,0	250	370	500	180	280	400

Bei Einbindetiefen > 2 m dürfen die Bodenpressungen um die Spannung erhöht werden, die sich aus der der Mehrtiefe entsprechenden Bodenbelastung ergibt, sofern der seitlich lagernde Boden weder vorübergehend noch dauerhaft entfernt wird. Bei Rechteckfundamenten mit Seitenverhältnis $a/b < 2$ und Kreisfundamenten dürfen die Tabellenwerte um 20 % erhöht werden, sofern die Fundamentbreite $b > 0,5$ m und die Einbindetiefe $d > 0,5$ m beträgt.

Zu berücksichtigen ist auch, dass tonige Böden je nach saisonaler Durchfeuchtung bis zu einer Tiefe von 1,8 m starken Volumenschwankungen durch **Quellen und Schrumpfen** ausgesetzt sind. Damit können in tonigen Böden unabhängig von äußeren Lasten auch Eigensetzungen auftreten, die vor allem auf ein Austrocknen zurückzuführen sind.

Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass Gründungssohlen frostfrei liegen müssen, da ansonsten mit **Frosthebungen** infolge von Eislinsenbildungen zu rechnen ist. Die frostfreie Gründungstiefe wird mit ca. 1,0 m unter Geländeoberfläche angenommen, wobei ist die zukünftige Geländemodellierung nach Abschluss der Baumaßnahme maßgeblich ist.



6 Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise für die Erschließung

6.1 Leitungsgräben

Bei der Anlage von Leitungsgräben ist die DIN EN 1610 maßgeblich zu beachten. Gräben mit einer Tiefe von mehr als 1,25 m müssen in der Regel mit abgeböschten Wänden hergestellt oder verbaut werden. Bei ausreichenden Platzverhältnissen sowie keinerlei negativer Beeinflussung der Standsicherheit durch Hanglage, Störungen des Bodengefüges, Zufluss von Grund- oder Schichtwasser, nicht entwässerte Fließsandböden, starke Erschütterungen, Verkehrslasten und/oder ähnliche Beeinträchtigungen könnten Kanalgrabenwände kurzzeitig frei geböscht werden. Bei der Anlage freier Böschungen sind nach DIN 4124 folgende Böschungswinkel einzuhalten:

Bodenbeschreibung	max. zul. Böschungsneigung β in ° für kurzzeitig angelegte Böschungen
Lehm, weich, weich bis steif und schwach steif	≤ 45
Lehm, mindestens steif	≤ 60
Talablagerungen, bindig	≤ 60
Talablagerungen, nicht bindig	≤ 45

Leitungsgräben sollten aus Gründen der Standsicherheit jeweils nur über eine kurze Strecke geöffnet (ca. 10 bis 15 m) und unmittelbar nach dem Verlegen der Leitungen wieder verfüllt werden. Mit einem wandernden Großplattenverbau (z.B. Krings-Verbau) kann insbesondere bei größeren Grabentiefen der Flächenbedarf und die Menge des Aushubes deutlich verringert werden. Die Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610 darf dabei allerdings nicht unterschritten werden.

Die Tiefenlage der Kanalsohlen ist derzeit noch nicht bekannt. Wenn Kanalsohlen streckenweise in gering tragfähigen Bodenhorizonten, z.B. in Form von Kalktuffsand oder tonig-schluffigen Lagen oder Linsen innerhalb der Talkiese, liegen, sind Maßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit und/oder ein Bodenaustausch erforderlich.

6.2 Rohraufleger

Es empfiehlt sich, die Kanäle auf einem Auflager aus Sand, Feinkies oder Splitt zu verlegen. Falls an der Sohle von Kanalgräben Böden mit weicher oder noch ungünstigerer Konsistenz anstehen, ist zusätzlich zum planmäßigen Rohraufleger ein Bodenaustausch unter Umständen in Verbindung mit einer Bodenverbesserung erforderlich. Ein Bodenaustausch muss so bemessen sein, dass die Lastausbreitung unter der Rohrsohle überwiegend im Austauschmaterial stattfindet. Bei Bedarf kommt als Material für einen Bodenaustausch in erster Linie Schottertragschicht-Material in Frage. Der Bodenaustausch muss gegebenenfalls verdichtet eingebaut und allseits mit einem reißfesten Filtervlies umhüllt werden.



6.3 Grundwasser bzw. Oberflächenwasser

Wie bereits beschrieben, wurden bei den bisherigen Grundwasserstandsmessungen Wasserstände zwischen 3,30 m und 4,90 m unter Gelände gemessen. Ein Anstieg des Druckwasserspiegels über das bisher gemessene Niveau kann allerdings nicht ausgeschlossen werden. Bei Erschließungs- und Baumaßnahmen muss somit im gesamten Plangebiet damit gerechnet werden, dass in entsprechenden Tiefenlagen Grundwasser zuströmen wird. Alle Maßnahmen, bei denen Grundwasser berührt wird, sind mit der Wasserrechtsbehörde abzustimmen. Wasserhaltungsmaßnahmen, unter den Grundwasserspiegel hinabreichende Bauwerke oder Bauwerksteile und die Einrichtung von Grundwasserumleitungssystemen bedürfen einer wasserrechtlichen Genehmigung.

Da die Höhenlage des Wasserspiegels jahreszeitlichen und witterungsbedingten Schwankungen unterliegt, sollte der Bemessungswasserstand in der Regel auf der Grundlage von langjährigen Grundwasserstandsmessungen festgelegt werden. Stehen solche Messungen nicht zur Verfügung, kann der Bemessungswasserstand in Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde etwa 1,0 bis 1,5 m über dem bisher gemessenen höchsten Grundwasserstand festgelegt werden.

Bei Wasserzutritten in Kanalgräben oder Baugruben ist eine entsprechend dimensionierte offene Wasserhaltung erforderlich. Durch Wasserzutritte aufgeweichte oder breiige Schichten müssen gegebenenfalls durch ausreichend verdichtbares Bodenaustauschmaterial ersetzt werden.

Bei einem Wasserzutritt in Kanalgräben sind Sperrriegel anzuordnen, um eine permanente Dränwirkung der Leitungsgräben und ein Ausschwemmen der Leitungsbettung zu verhindern. Falls Sperrriegel erforderlich sind, ist darauf zu achten, dass diese an der Grabensohle und an den Flanken des Grabens in den natürlichen Untergrund einbinden.

Hinsichtlich der Beurteilung der Betonaggressivität des Wassers ist das Grundwasser in der Ermstalaue erfahrungsgemäß als "nicht betonaggressiv" einzustufen.

Nach der Hochwassergefahrenkarten (HWGK) der LUBW liegt das Erschließungsgebiet außerhalb der Überflutungsfläche eines extremen Hochwassers (HQ-Extrem). Erschließungsarbeiten und Baumaßnahmen sollten stets so ausgeführt werden, dass Oberflächenwasser ungehindert abfließen kann bzw. ein Aufweichen des Untergrundes durch eindringendes Wasser verhindert wird.



6.4 Wiederverwertbarkeit von Aushubmaterial

Humoser Oberboden (Bodenklasse 1) ist im Bereich von Baumaßnahmen abzuschleifen und fachgerecht zwischenzulagern, damit der Oberboden wieder verwendet werden kann. Der Auelehm mit meist nur geringem Tonanteil ist für eine Wiederverwertung uneingeschränkt geeignet. Die kiesigen Talablagerungen lassen sich nur in trockenem Zustand und bei geringem Feinkornanteil für verschiedene Zwecke (z.B. Arbeitsraum- und Kanalgrabenverfüllungen in setzungsunempfindlichen Bereichen) wieder verwenden.

6.5 Verfüllung der Kanalgräben

Die Leitungszone darf nur mit verdichtungsfähigem Material verfüllt werden. Dabei sind die Maßgaben der DIN EN 1610 zu beachten. Das Verfüllmaterial der Überschüttung muss nach den Richtlinien der genannten Norm lagenweise eingebaut und sorgfältig verdichtet werden. Bei bindigen Erdstoffen treten stets Setzungen und Sackungen in der verdichteten Verfüllung auf, die im Bereich von Grünflächen in Kauf genommen werden können. Im Bereich von Verkehrsflächen wird empfohlen, für die Grabenverfüllung oberhalb der Leitungszone bis zur Unterkante des Straßenaufbaus ausschließlich gut verdichtbares Material (z.B. Leberkies mit geringem Feinkornanteil, Siebschutt, Schotter-Splitt-Gemische) zu verwenden. Eine Alternative stellt die Stabilisierung von bindigem Boden mittels der Zugabe von Kalk bzw. Zement dar. Mit einem an der Baggerschaufel aufgesetzten Zusatz (Schaufel-Separator) bzw. mit einer Kalkfräse kann eine ausreichende Durchmischung mit anschließendem Wiedereinbau erfolgen. Das Material muss lagenweise verdichtet und nach den einschlägigen Normen und erdbautechnischen Regeln eingebaut werden.

6.6 Anlage von Verkehrsflächen

Bei der Herstellung und Bemessung der befahrbaren Flächen sind die entsprechenden Normen, technischen Regeln, Vorschriften und Richtlinien zu beachten. Insbesondere wird hier auf die Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO) verwiesen, die die Anforderungen in Abhängigkeit von der Beanspruchung der Flächen und den entsprechenden Bauklassen festlegt.

Bei befahrbaren Flächen muss bis in eine Tiefe von mindestens 0,5 m unter dem Planum für die frostsichere Tragschicht ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 97\%$ und ein Tragfähigkeitsbeiwert von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden. Um den geforderten Verdichtungsgrad zu erreichen, ist das Planum unter Umständen in Abhängigkeit von der Bodenart und dem natürlichen Wassergehalt des Bodens zur Bindung von überschüssigem Wasser mit einem Bindemittel zu versetzen. Ob eine Zugabe erforderlich ist und welche Mengen gegebenenfalls benötigt werden, hängt vom Wassergehalt der bindigen Bodenbestandteile sowie der Witterung zum Zeitpunkt der Erdarbeiten ab und kann durch Proctorversuche nach DIN 18 127 ermittelt werden. Bei Wassergehalten über dem maximalen Wassergehalt ist zum Erreichen der erforderlichen Proctordichte



eine Bindemittelzugabe notwendig. Als Bindemittel kann Weißfeinkalk, ein Kalk-Zement-Gemisch, Kalkhydrat oder ein gleichwertiges Bindemittel verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass stark organische Böden nicht verbessert werden können.

Wenn mit einer Bodenverbesserung nicht nur eine optimale Verdichtung, sondern auch eine zusätzliche Erhöhung der Tragfähigkeit erreicht werden soll, ist ein Kalk-Zement-Gemisch (z. B. Dorosol C) oder ein Zement/Additivgemisch (z. B. NovoCrete) einzubringen. Bei Böden mit Wassergehalten im Bereich des optimalen Wassergehaltes bzw. darunter ist eine Bodenverbesserung nicht sinnvoll, bzw. es ist dann eine Wasserzugabe erforderlich. Eine Kalkzugabe bzw. deren Dosierung muss daher, besonders im Hinblick auf natürliche bzw. witterungsbedingte Schwankungen des Wassergehaltes im Ausgangsmaterial, flexibel gehandhabt werden. Die nachfolgenden Angaben zu notwendigen Mengen bei der Zugabe von Kalk beruhen auf Erfahrungswerten für bindigen Boden und sollen lediglich eine Hilfestellung geben. Die genauen Mengen sind bei Bedarf durch Proctorversuche nach DIN 18127 an repräsentativen Bodenproben zu ermitteln.

Kalkzugabemenge in Gew.-% bezogen auf die Trockendichte	Reduktion des Wassergehaltes in % (geschätzt)	Kalkmenge kg/m ³	Kalkmenge in kg/m ² bei 40 cm Schichtdicke
1,5	2,5	25	10
2,0	3,0	34	13,5
2,5	4,0	42	17
3,5	5,0	60	24

Bei Bedarf besteht als Alternative zu einer Bodenverbesserung die Möglichkeit, die Stärke der ungebundenen Tragschicht zu erhöhen. Die erforderliche Stärke der Tragschicht ist dann mit Hilfe von Plattendruckversuchen zur Bestimmung der Ausgangstragfähigkeit festzulegen. Unabhängig von der Herstellung des Planums sollte die ausreichende Verdichtung der frostsicheren Tragschicht von befestigten Flächen in jedem Fall durch Plattendruckversuche nachgewiesen werden.

Nach einer Bindemittelzugabe sind die Böden bis in die entsprechende Tiefe je nach Art des Bindemittels als mittel bis gering oder nicht frostempfindlich einzustufen. Bei einer geringen Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes ist eine wasserdurchlässige Ausführung von befestigten Flächen nur in Verbindung mit einer Dränage möglich.



7 Hinweise für die zukünftige Bebauung

Nach den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen sind bei einer Bebauung je nach Lage im Gelände und der Einbindetiefe besondere Maßnahmen bezüglich der Gebäudegründung, Bauwerksabdichtung und Böschungssicherung erforderlich. Das Gründungskonzept ist entsprechend den Verformungseigenschaften und der Tragfähigkeit des Untergrundes sowie den abzutragenden Bauwerkslasten zu wählen. Für weitere Hinweise und nähere Angaben zur Gründung und Bauausführung von Gebäuden und sonstigen Bauwerken sind auf der Grundlage konkreter Bauplanungen weitere, gezielt angesetzte Baugrundaufschlüsse erforderlich.

Grundsätzlich sollten alle zusammenhängenden Bauwerksteile auf Böden mit gleicher oder zumindest naheliegender Konsistenz bzw. Lagerungsdichte gründen, um nicht mehr tolerierbare Setzungen und erhebliche Setzungsunterschiede zu vermeiden. Zudem muss auf eine frostfreie und schrumpfungssichere Gründung aller Gebäudeteile geachtet werden. Die frostfreie Gründungstiefe wird mit ca. 1,0 m unter Geländeoberfläche angenommen. Wenn tonig-bindiges Bodenmaterial an der Gründungssohle ansteht, ist auch eine schrumpfungsfreie Gründungstiefe von 1,8 m unter Gelände einzuhalten. Dabei ist jeweils die zukünftige Geländemodellierung nach Abschluss der Baumaßnahme maßgeblich.

Bei Erschließungs- und Baumaßnahmen muss im gesamten Plangebiet damit gerechnet werden, dass Grundwasser angeschnitten wird. Bei einem Anschneiden von Grundwasser sind entsprechende Maßnahmen zur Bauwasserhaltung, Dränage und Abdichtung erforderlich. Bezüglich der Ableitung von Dränagewasser sind entsprechende Vorgaben im Bebauungsplan zu beachten. Die Ableitung von Grundwasser über eine Dränage ist wasserrechtlich nicht zulässig. Bei einer Einbindung in zeitweise oder permanent wasserführenden Untergrund erfolgt die Abdichtung des Bauwerkes nach DIN 18195 Teil 6.

Alle Maßnahmen, bei denen Grundwasser berührt wird, sind mit der Wasserrechtsbehörde abzustimmen. Wasserhaltungsmaßnahmen, unter den Grundwasserspiegel hinabreichende Bauwerke bzw. Bauwerksteile und die Einrichtung von Grundwasserumleitungssystemen bedürfen in der Regel einer wasserrechtlichen Genehmigung. Eine Auflistung der für die Beantragung erforderlichen Unterlagen ist als Anlage 5 beigelegt. Es wird darauf hingewiesen, dass der Anschluss einer Sicherheitsdränage an einen Kanal bei einer Entwässerung im Mischsystem in der Regel nicht zulässig ist. In diesem Fall besteht die bautechnisch sinnvollste Lösung darin, Untergeschosse komplett als einheitlich dichten Betonkörper aus wasserundurchlässigem Beton zu erstellen. Der Bemessungswasserstand zur Berechnung der Auftriebssicherheit entspricht dann dem tiefsten Geländeniveau nach Fertigstellung der Baumaßnahme.

Baugruben und Gräben mit einer Tiefe von mehr als 1,25 m müssen in der Regel mit abgeböschten Wänden hergestellt oder verbaut werden. Bei ausreichenden Platzverhältnissen sowie keinerlei negativer Beeinflussung der Standsicherheit durch Störungen des Bodengefüges, Zufluss von Schichtwasser, starke Erschütterungen, Verkehrslasten und/oder ähnliche Beeinträchtigungen können Baugruben- und Kanalgrabenwände nach den Maßgaben der DIN 4124 frei geböscht werden (s. Kap. 6.1).



Bei Wasserzutritten oberhalb der Aushubsohle oder sonstigen Einflüssen, die die Standsicherheit gefährden, sind die nach DIN 4124 möglichen Böschungswinkel herabzusetzen oder eine konstruktive Böschungssicherung vorzusehen. Die konkrete Notwendigkeit und der Umfang von Maßnahmen zur konstruktiven Böschungssicherung sowie die Art der Ausführung sind jeweils anhand einer projektbezogenen baugrundgeologischen Erkundung und eines Aushubplanes vorab zu prüfen bzw. festzulegen und statisch zu bemessen.

8 Versickerung von Niederschlagswasser

Wesentliche Voraussetzung für eine Versickerung von Niederschlagswasser ist die Durchlässigkeit des Untergrundes sowie die Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone. Die Durchlässigkeit von Lockergesteinen hängt überwiegend von der Korngröße und -verteilung ab. Für Versickerungsanlagen kommen Lockergesteine in Frage, die Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) im Bereich von 5×10^{-3} bis 5×10^{-6} m/s aufweisen.

Im vorliegenden Fall wurde die Versickerungsleistung der anstehenden Bodenschichten zunächst über die Bestimmung der Bodenart bzw. der Körnungslinie abgeschätzt. Bezüglich einer Eignung zur Versickerung sind die angetroffenen Bodenhorizonte demnach wie folgt zu beurteilen:

Der **Auelehm** einschließlich der bereichsweise vorhandenen Übergangshorizonte mit stark kiesigem Lehm ohne Bodenskelett und stark verlehmtem Kies ist aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit für eine Versickerung ungeeignet.

Die **Ermskiese** sind nur dann für eine Versickerung geeignet, wenn diese ein ausreichend wasserwegesames Porenvolumen aufweisen und nicht bereits wasserführend sind.

Aus der Schürfgrube BS-1 wurde eine Bodenprobe aus den kiesig-schluffigen Talablagerungen entnommen. An dieser Bodenprobe wurde die Korngrößenverteilung nach DIN 18 123 mittels kombinierter Sieb-Schlamm-Analyse bestimmt (s. Anlage 4). Die Probe repräsentiert einen Tiefenbereich von ca. 1,8 m bis 2,6 m mit einem Kies mit 15,2 % Feinkornanteil (Ton und Schluff) und 9,5 % Sandanteil. Die Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (k_f) nach DIN 18130 ergab einen k_f -Wert von $5,3 \times 10^{-10}$ m/s. Das durch die Probe repräsentierte Kies-Schluff-Gemisch (Bodengruppe GU*) ist damit nach DIN 18130 als "sehr gering durchlässig" einzustufen und für eine Versickerung von Niederschlagswasser nicht geeignet.

Zur besseren Abschätzung der tatsächlich vorhandenen Versickerungsleistung wurden in den Schürfgruben BS-1A und BS-2A jeweils ein Versickerungstest durchgeführt. Die Schürfgruben mit einer Grundfläche von je ca. 1,0 m² und einer Sohlentiefe von ca. 2 m wurden am 13.10.2017 bis zu einem konstanten Wasserstand mit Trinkwasser befüllt. Die Versickerungsleistung der in 2,0 m Sohlentiefe anstehenden Bodenschichten wurde dann anhand von Zeitdauer und Absenkungsbetrag beurteilt (Testverfahren bei fallender Druckhöhe). Die Versuchsdaten und Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:



Bezeichnung	Wassersäule für t = 0 [m]	Sohle [m u. GOK]	Versuchs- dauer t [s]	Absenkung [m]	Mittlere Druck- höhe h [m]	kf-Wert [m/s]
BS-1A	1,000	2,00	11.520	0,400	0,800	6,30E-07
BS-2A	0,850	2,00	2.400	0,370	0,665	3,36E-06

Für den Aufschluss BS-1A mit mitteldicht gelagertem schluffigem Kies an der Schürfgrubensohle wurde ein k_f -Wert von $6,30 \times 10^{-7}$ m/s (gering durchlässig nach DIN 18 130) berechnet. An der Sohle der Schürfgrube BS-2A mit einem ebenfalls mitteldicht gelagerten, stark sandigen und nur leicht schluffigen Mittel- bis Grobkies wurde ein k_f -Wert von $3,36 \times 10^{-6}$ m/s (durchlässig bis gering durchlässig) bestimmt.

Insgesamt gesehen ist damit die Versickerungsleistung des natürlich anstehenden Untergrundes für eine planmäßige Versickerung von Niederschlagswasser kaum ausreichend und kann im Vergleich zu den zu erwartenden Zuflussmengen vernachlässigt werden. Für das Erschließungsgebiet sollte daher von einer direkten Versickerung von Niederschlagswasser in den Untergrund abgesehen werden. Als Ausgleich wird vorgeschlagen, andere Retentionsmöglichkeiten für das Niederschlagswasser zu nutzen. Abhängig von örtlichen Bedingungen lassen sich z.B. durch Dachbegrünungen und Regenwassernutzung (z.B. Retentions-Zisternen) sowie durch Einstau in Mulden, Rohr-/Rigolensystemen, Kanalgräben, Speicher- bzw. Sickerblöcken und wasserdurchlässigen Tragschichten mehr oder weniger große Mengen an Niederschlagswasser zwischenspeichern. Eine Ableitung von Niederschlagswasser über ein Mulden-Rigolen-System in den Ettwiesenbach kann die Kanalisation ebenfalls entlasten.

9 Erdbebenzone

Nach der Karte der Erdbebenzonen für Baden-Württemberg, herausgegeben vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (1. Auflage 2005), liegt das Untersuchungsgebiet in der **Erdbebenzone 2** und im Bereich der **Untergrundklasse R** (Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund). Die Karte bezieht sich auf die DIN 4149:2005-04, „Bauten in deutschen Erdbebengebieten - Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“, die bei den weiteren Planungen zu berücksichtigen ist.

In der Erdbebenzone 2 sind rechnerisch Intensitätswerte von 7,0 bis $< 7,5$ nach EMS-Skala zu erwarten. Der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_g beträgt $0,6 \text{ m/s}^2$. Für die Erdbebenbeanspruchung ist bei Gründungen in fein- bis mittelkörnigem Lockergestein von der Baugrundklasse C auszugehen. Bei Gründungen mit Einbindung in den mindestens halbfesten bis festen, wenig verwitterten Tonmergelstein kann die Baugrundklasse B und bei Gründungen in festem, felsartigem Gestein die Baugrundklasse A angesetzt werden.



10 Geothermienutzung

Nach dem „Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden“ des Umweltministeriums Baden-Württemberg ist als Kriterium für die Entscheidung, ob eine Erdwärmebohrung schädliche Veränderungen des Grundwassers herbeiführen kann, die Übersichtskarte „Hydrogeologische Kriterien zur Anlage von Erdwärmesonden in Baden-Württemberg“ maßgebend. Dort werden mehrere Fallgruppen unterschieden. Das Untersuchungsgelände, das im Bereich des Oberen Keupers liegt, ist der Fallgruppe B: "Gebiete, in denen die Untergrundverhältnisse für den Bau und Betrieb von Erdwärmesonden bis zu einer bestimmten Tiefe hydrogeologisch günstig, bei größeren Bohrtiefen ungünstig sind" zuzuordnen. Für Bohrungen tiefer als 100 m unter Gelände ist zusätzlich zur wasserrechtlichen Erlaubnis eine bergrechtliche Freigabe erforderlich. Einzelheiten über den Verfahrensablauf zur Genehmigung sowie Hinweise zu Bauausführung und Betrieb können dem Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden des Ministeriums für Umwelt bzw. den Leitlinien "Qualitätssicherung von Erdwärmesondenbohrungen" (LQS) entnommen werden.

Da im Zuge der winterlichen Heizperiode der Untergrund durch Wärmeentzug abkühlt, kann im Sommer Überschusswärme aus der Gebäudekühlung in den Untergrund abgegeben und dort gespeichert werden. Hierdurch wird der Untergrund über den natürlichen geothermischen Wärmefluss hinaus für die nächste Heizperiode wieder aufgeladen. Die Verfügbarkeit der geothermischen Energie kann mittels spezieller EDV-Programme für den jeweiligen Einzelfall durch den Hersteller simuliert werden.

11 Schlussbemerkungen

Die Untergrundverhältnisse wurden auf der Grundlage von drei Rammkernbohrungen und vier Baggerschürfgruben beschrieben und beurteilt. Die Angaben beziehen sich auf die Untersuchungsstellen und die durchgeführten Untersuchungen. Aufgrund der Weite des Sondierasters und einer möglichen Inhomogenität der Untergrundverhältnissen können von den beschriebenen Untersuchungspunkten abweichende Verhältnisse nicht ausgeschlossen werden. Sollten sich Fragen zu Sachverhalten ergeben, die im vorliegenden Gutachten nicht erörtert wurden, so ist der Gutachter zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Aufgrund der zu erwartenden unterschiedlichen Gründungsbereiche und auch sonst je nach Lage im Gelände möglicherweise unterschiedlicher Baugrund- und Grundwasser- verhältnisse sollten für einzelne Bauvorhaben detaillierte Baugrunderkundungen, die auf die jeweilige spezifische Planung abgestimmt sind, durchgeführt werden.

TerraConcept Consult GmbH

Pfellingen, den 12. November 2018

Dipl.-Geol. Gerold Althaus



Verzeichnis der Anlagen

- Anlage 1: Lageplan der Untersuchungspunkte**

- Anlage 2: Schichtenverzeichnisse und Profildarstellungen der Rammkernsondierungen**

- Anlage 3: Schichtenverzeichnisse und Profildarstellungen der Baggerschürfgruben**

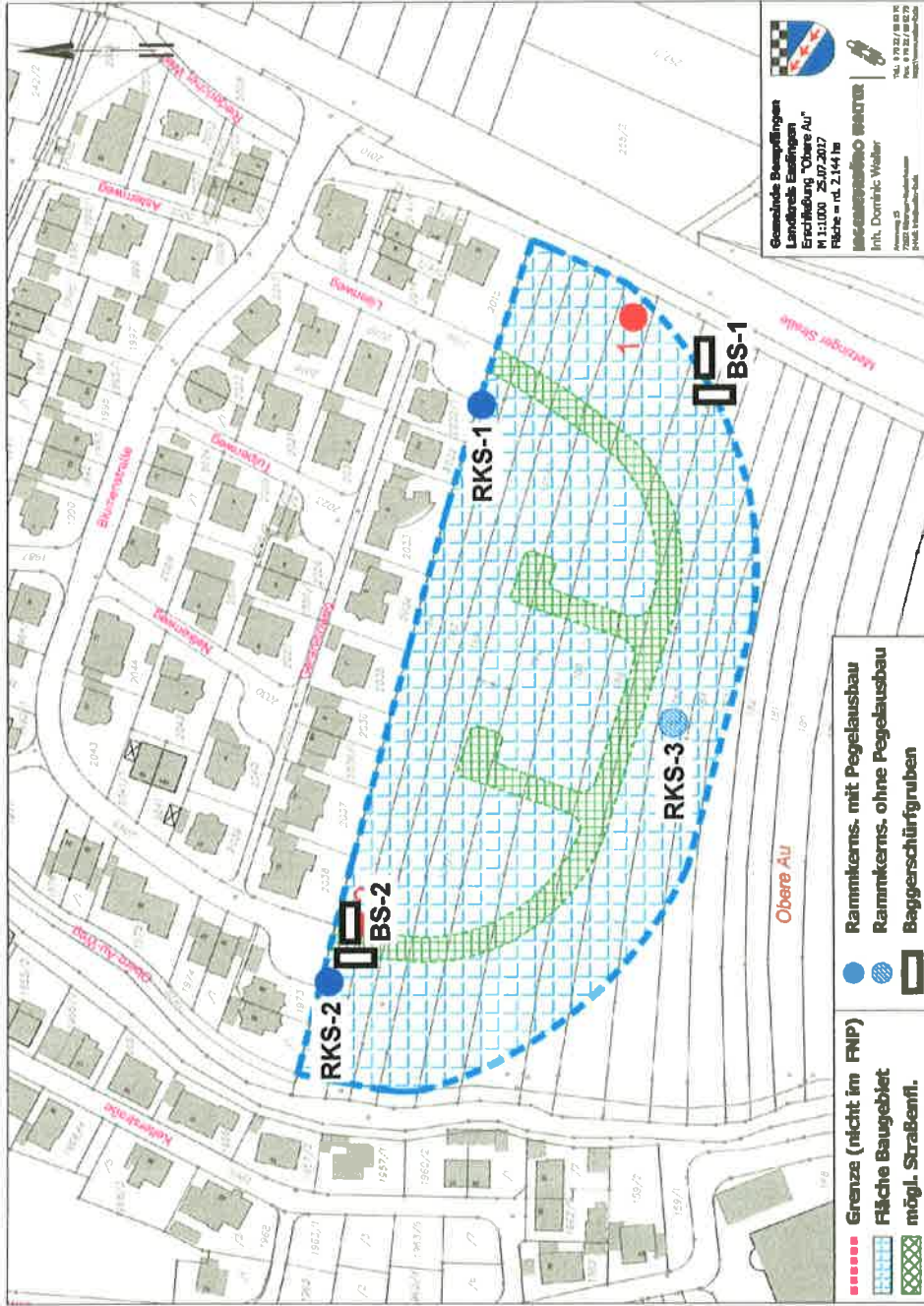
- Anlage 4: Laborprotokoll zur Bestimmung der Körnungslinie und der Durchlässigkeit**

- Anlage 5: Merkblatt "Bauen im Grundwasser"**



Anlage 1

Lageplan der Untersuchungspunkte



Maßstab 1 : 2000



Anlage 2

Schichtenverzeichnisse und Profildarstellungen der Rammkernsondierungen



Schichtenverzeichnis RKS-1

Höhe Ansatzpunkt: nicht eingemessen

0,00 - 0,20 m Oberboden: Schluff, schwach tonig, schwach kiesig, braun, steif

0,20 - 1,50 m Auelehm: Ton, schluffig, graubraun, stark steif

1,50 - 1,80 m Talablagerungen: Mittelkies, stark schluffig, braun, locker bis mitteldicht

1,80 - 5,50 m Talablagerungen: Mittelkies, feinsandig, schluffig, hellgrau, mitteldicht

Nass bei 5,50 m u. GOK

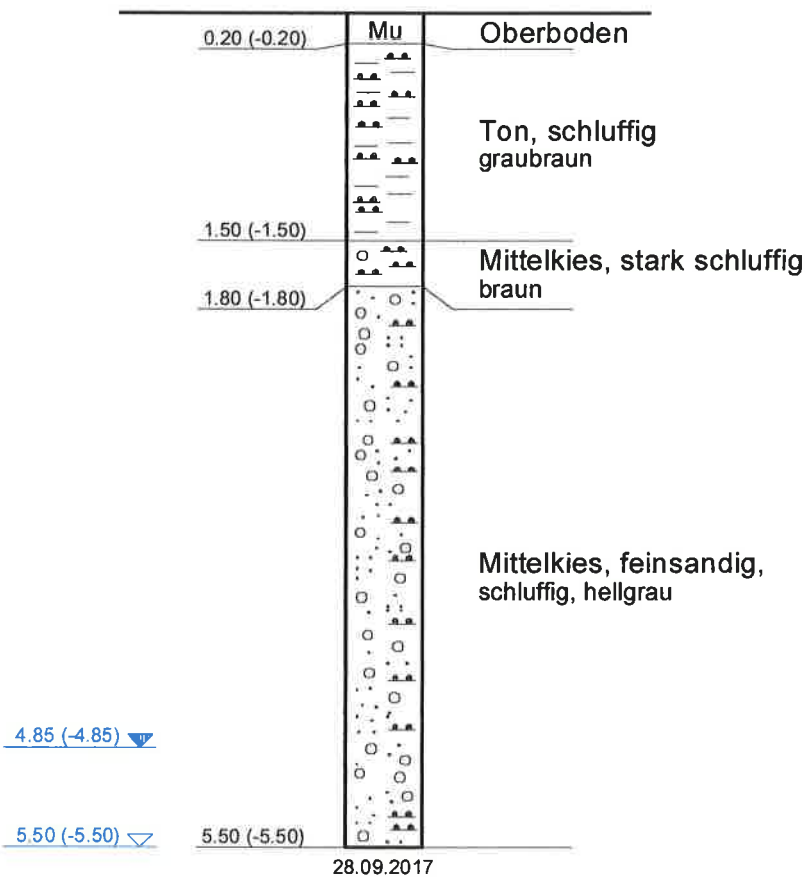
Datum: 28.09.2017

Grundwasser eingemessen bei 4,85 m u. GOK

Datum: 13.10.2017

Pegelausbau

Profildarstellung RKS-1





Schichtenverzeichnis RKS-2

Höhe Ansatzpunkt: nicht eingemessen

- 0,00 - 0,20 m Oberboden: Schluff, tonig, dunkelbraun, steif
- 0,20 - 0,70 m Auelehm: Schluff, tonig, kiesig, braun, steif
- 0,70 - 1,30 m Auelehm: Schluff, feinsandig, schwach tonig, hellbraun, stark steif
- 1,30 - 2,30 m Auelehm: Schluff, feinsandig, graubraun, steif
- 2,30 - 3,00 m Talablagerungen: Mittelkies, sandig, schwach schluffig, ockerbraun, locker bis mitteldicht
- 3,00 - 5,50 m Talablagerungen: Mittelkies, schluffig, schwach sandig, hellgrau, mitteldicht

Nass bei 5,40 m u. GOK

Datum: 28.09.2017

Grundwasser eingemessen bei 4,50 m u. GOK

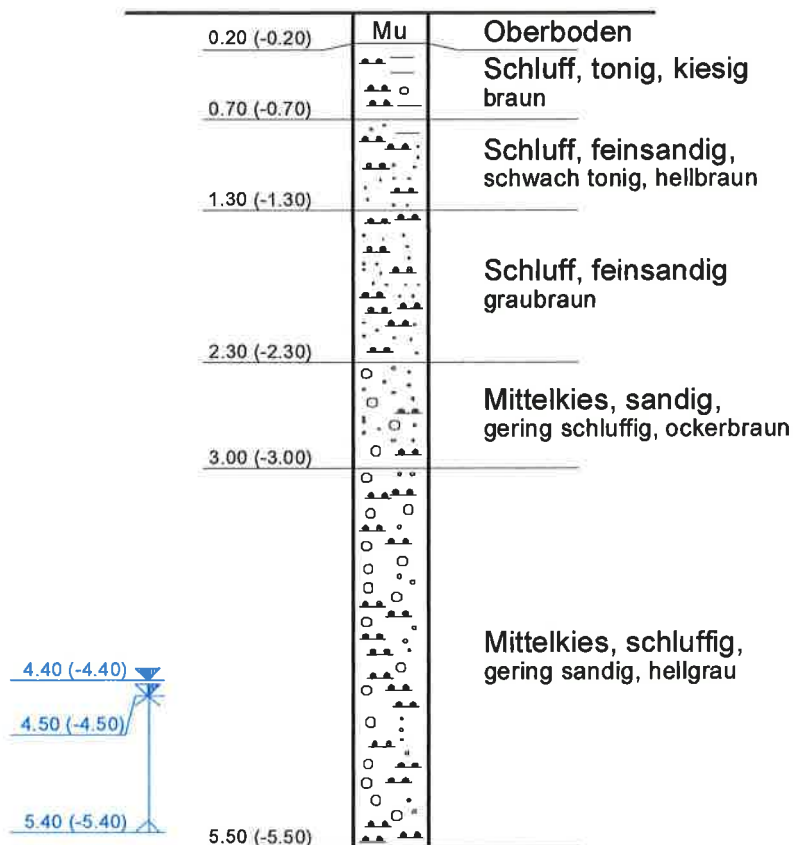
Datum: 28.09.2017

Grundwasser eingemessen bei 4,40 m u. GOK

Datum: 13.10.2017

Pegelausbau

Profildarstellung RKS-2





Schichtenverzeichnis RKS-3

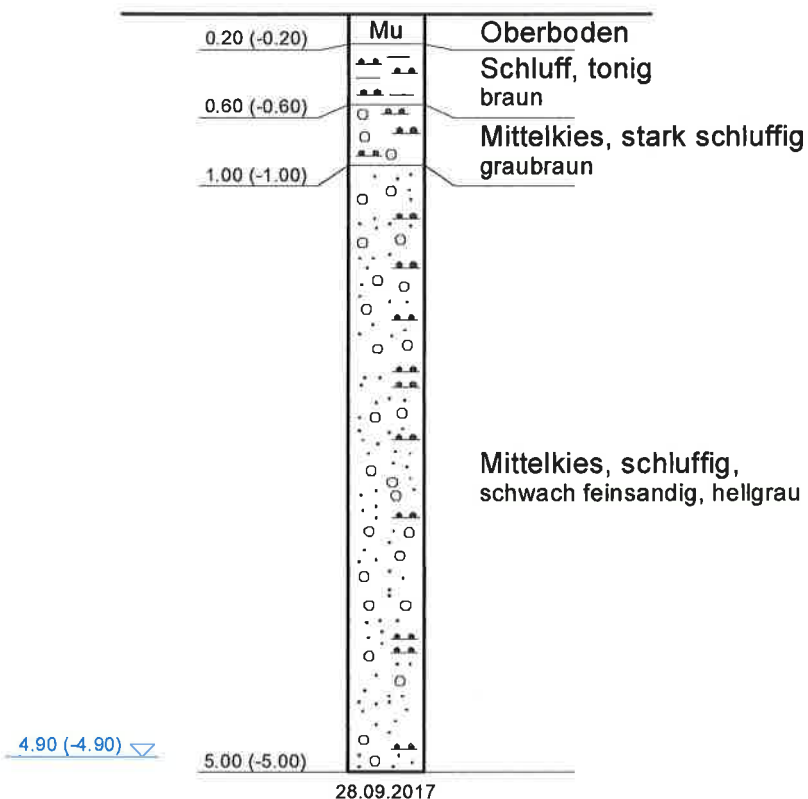
Höhe Ansatzpunkt: nicht eingemessen

- 0,00 - 0,20 m Oberboden: Schluff, schwach tonig, braun, steif
- 0,20 - 0,60 m Auelehm: Schluff, tonig, braun, steif
- 0,60 - 1,00 m Talablagerungen: Mittelkies, stark schluffig, graubraun, locker bis mitteldicht
- 1,00 - 5,00 m Talablagerungen: Mittelkies, schluffig, schwach feinsandig, hellgrau, locker bis mitteldicht und mitteldicht

Nass bei 4,90 m u. GOK

Datum: 28.09.2017

Profildarstellung RKS-3





Anlage 3

Schichtenverzeichnisse und Profildarstellungen der Baggerschürfgruben



Schichtenverzeichnis BS-1

Höhe Ansatzpunkt: nicht eingemessen

- 0,00 - 0,20 m Oberboden: Schluff, tonig, braun, steif
- 0,20 - 1,80 m Auelehm: Schluff, schwach tonig, braun, steif
- 1,80 - 2,60 m Talablagerungen: Mittelkies, schluffig, hellgrau, mitteldicht
- 2,60 - 2,90 m Talablagerungen: Grobkies, schluffig, hellgrau, mitteldicht bis dicht
- 2,90 - 3,30 m Kalksteinblöcke (\varnothing 50 cm) und Kies, grau, mitteldicht
- 3,30 - 4,00 m Schluff (Knollenmergel), schwach kiesig, weinrot, steif bis stark steif

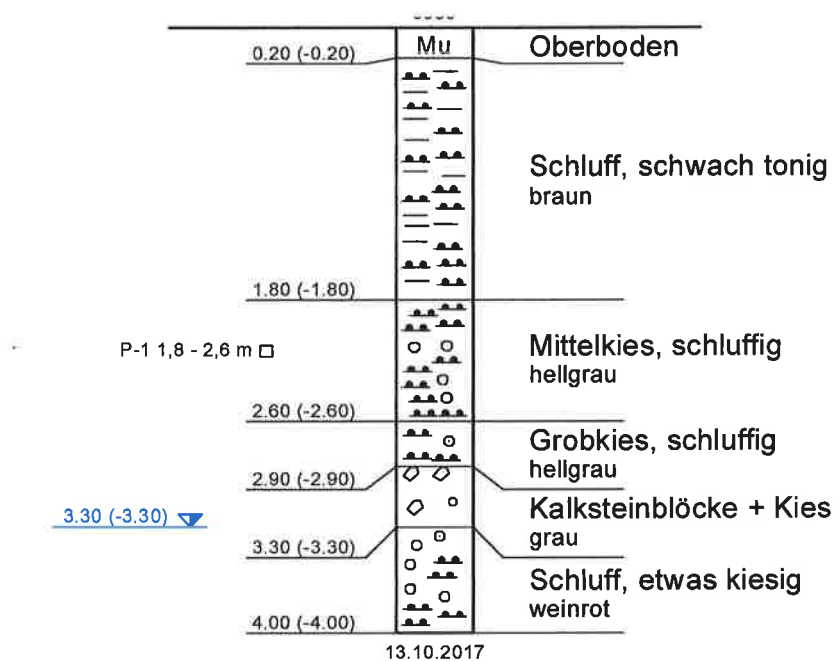
Grundwasser eingemessen bei 3,30 m u. GOK

Datum: 13.10.2017

Bodenprobe P-1 entnommen zwischen 1,6 m und 2,0 m unter GOK

→ Kornverteilung/Durchlässigkeit

Profildarstellung BS-1





Schichtenverzeichnis BS-2

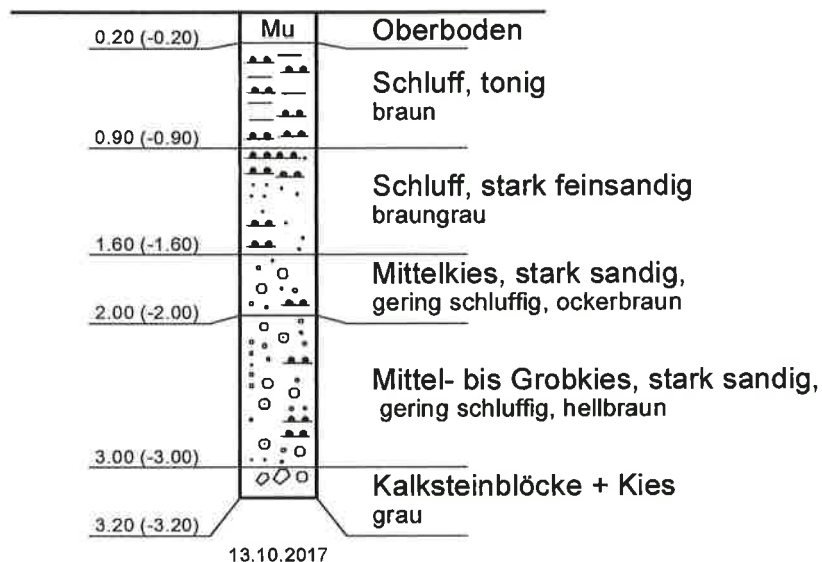
Höhe Ansatzpunkt: nicht eingemessen

- 0,00 - 0,20 m Oberboden: Schluff, schwach tonig, schwach kiesig, braun, steif
- 0,20 - 0,90 m Auelehm: Schluff, tonig, braun, steif
- 0,90 - 1,60 m Auelehm: Schluff, stark feinsandig, braungrau, locker
- 1,60 - 2,00 m Talablagerungen: Mittelkies, stark sandig, schwach schluffig, ockerbraun, locker bis mitteldicht
- 2,00 - 3,00 m Talablagerungen: Mittel- bis Grobkies, stark sandig, schwach schluffig, hellbraun, mitteldicht
- 3,00 - 3,20 m Kalksteinblöcke und Kies, grau, mitteldicht

Kein Grund-/Sickerwasser angetroffen

Datum: 13.10.2017

Profildarstellung BS-2





Anlage 4

Laborprotokoll zur Bestimmung der Kornverteilung und der Durchlässigkeit

ihb GmbH
 Albrechtstraße 29
 72072 Tübingen
 Tel.: 0707176760

Bearbeiter: Fundinger Datum: 24.10.2017

Körnungslinie

Bauvorhaben Bempflingen

TerraConcept Consult GmbH

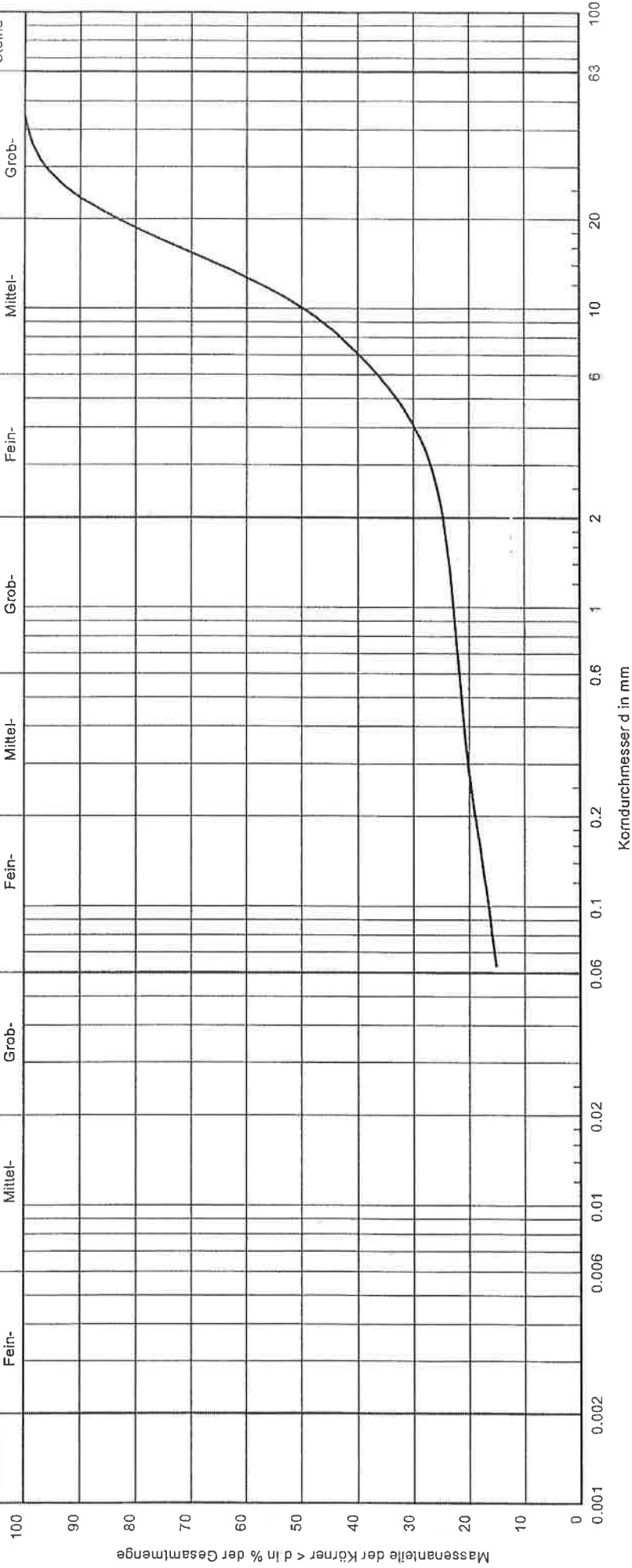
Probenbezeichnung: P-1
 Probe entnommen am: 17.10.2017
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Siebung nach "nassem" Abtrennen

Schlammkorn

Feinstes Fein- Schluffkorn Mittel- Grob-

Siebkorn

Fein- Sandkorn Mittel- Grob- Fein- Kieskorn Mittel- Grob- Steine



Projekt-Nr.:
 B 171601/5
 Anlage:

Bemerkungen:

Bezeichnung:	P-1
Entnahmestelle:	BS-1
Entnahmetiefe:	1,8-2,6 m
k [m/s] (Beyer):	-
U/Cc:	-/-
Bodenart:	mG, u. gg, s', fg'
T/U/S/G [%]:	-/15.2/9.5/75.3
nach DIN 18196:	GU*

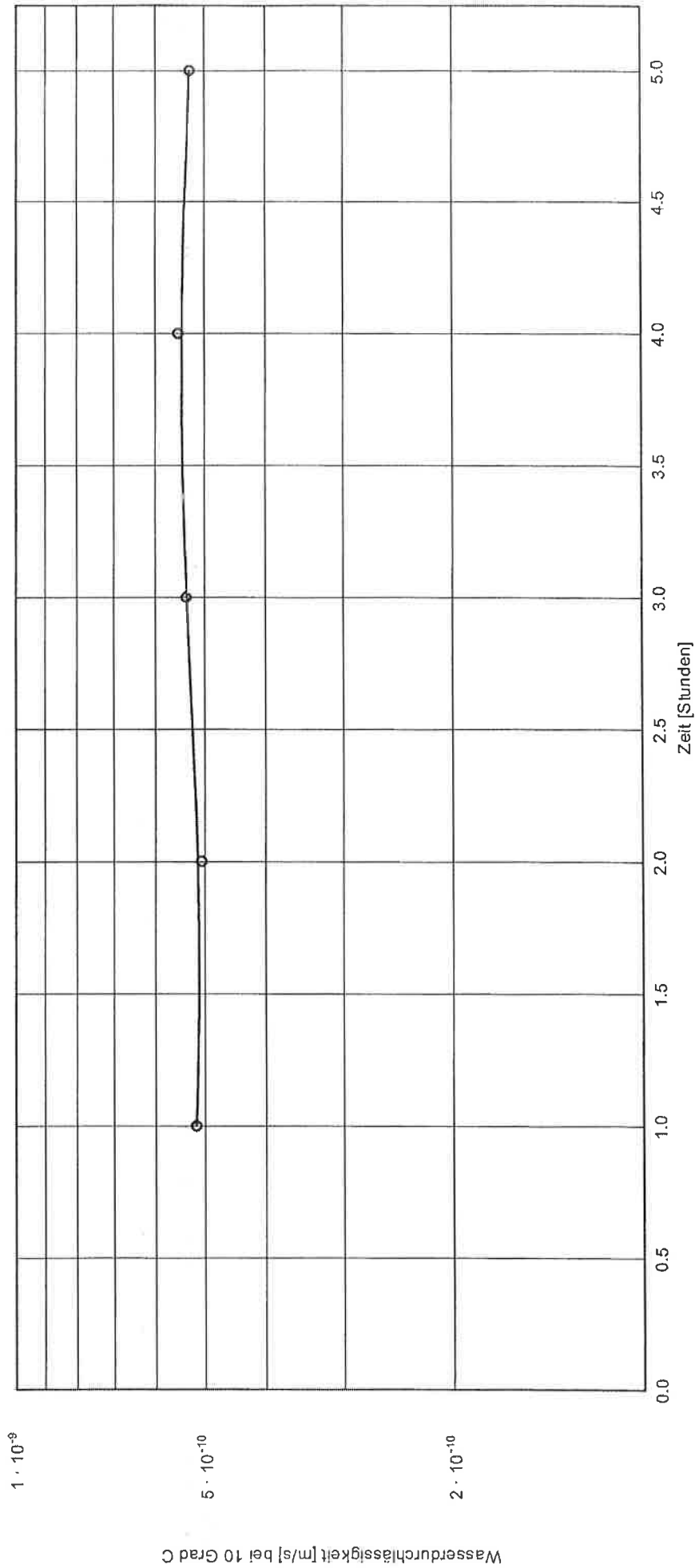
ihb GmbH
 Albrechtstraße 29
 72072 Tübingen
 Tel.: 07071/76760

Bearbeiter: Fundinger Datum: 24.10.2017

Durchlässigkeitsversuch Bauvorhaben Bempflingen

TerraConcept Consult GmbH

Probenbezeichnung: P-1
 Probenahme am: 17.10.2017
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: fallende Druckhöhe



Projekt-Nr.:
 B 171601/5
 Anlage:

Bemerkungen
 Versuchsdurchführung nach
 DIN 18130 - ZY - ES - ST - 3
 Durchströmung von unten nach oben

"Leberkies"

BS-1 1,8-2,6m

Obere Au

$5.3 \cdot 10^{-10}$

Bodenart:

Entnahmetiefe:

Entnahmestelle:

k [m/s]



Anlage 5

Merkblatt "Bauen im Grundwasser"

Antrag auf vorübergehende Absenkung und Entnahme von Grundwasser während der Bauzeit und auf Grundwasserumleitung nach Erstellung des Bauwerks

- erforderliche Unterlagen -

1. Erläuterungsbericht:

- Erfordernis der Grundwasserabsenkung
- Baubeginn
- Absenkungsbeginn
- Absenkdauer
- Absenkziel bzw. Eintauchtiefe ins Grundwasser
- abzuführende Wassermenge in l/s
- Grundwasseranalyse auf folgende Parameter: Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, CKW, BTX-Aromaten, PAK, Kohlenwasserstoffe, Phenol, Ammonium
- Ableitung des Grundwassers während der Bauzeit
- Gründung (Flachgründung, Streifenfundamente, Einzelfundamente)
- Maßnahmen zur Gewährleistung der Gewässerumläufigkeit nach Erstellung des Bauwerkes
- Verbaumaßnahmen
- Auswirkungen auf die Nachbarbebauung

2. Lageplan M 1:500 (1:2.500)

3. Schnitte mit Darstellung des Wasserspiegels und den vorgesehenen Maßnahmen zur Gewährleistung der Grundwasserumläufigkeit

4. Angaben über die zu erwartende Wassermenge (l/s), die Durchlässigkeit (K-Wert) des Untergrundes, Reichweite der Absenkung und die eventuellen Auswirkungen bezüglich Setzungen (Baugrundgutachten bzw. hydrogeologisches Gutachten eines Sachverständigen)

5. Ergebnisse der Baugrundaufschlussbohrungen

6. Erlaubnis des Betreibers des Kanalnetzes zur Abführung des Grundwassers in die öffentliche Kanalisation