

Geotechnischer Bericht nach DIN 4020  
zum Bauvorhaben  
Erschließung Neubaugebiet "Moosgatter"  
in  
88263 Horgenzell - Hasenweiler

Bauherr und Auftraggeber:

Gemeinde Horgenzell  
Kornstraße 44  
88263 Horgenzell

Geotechnische Projektleitung:

Prof. Dipl.-Ing. Rolf Schrodi

Erstattungsdatum:

05. März 2018

Aktenzeichen:

HWBAUG G01

Geschäftsführer:  
PROF. DIPL.-GEOL. MATTHIAS HILLER  
DIPL.-ING.(FH) MARKUS KATZ  
DIPL.-ING.(FH) THOMAS BENZ  
DIPL.-ING. CHRISTIAN RAUSER-HARLE  
DIPL.-GEOL. FALK WINTEROLL

Hauptsitz Stuttgart  
PROF. DIPL.-GEOL. MATTHIAS HILLER  
Emilienstr. 2  
78056 Stuttgart  
Tel.: 0711.997 60 73-0  
Fax: 0711.73 56 298  
E-Mail: [kontakt@henkegeo.de](mailto:kontakt@henkegeo.de)

Vertretung Kirchheim/Teck  
DIPL.-ING. (FH) THOMAS BENZ  
Blumenstr. 19  
73271 Holzmaden  
Tel.: 0177.71 61 678  
Fax: 0711.73 56 298  
E-Mail: [tb@henkegeo.de](mailto:tb@henkegeo.de)

Vertretung Nagold  
DIPL.-ING. (FH) MARKUS KATZ  
Haydnweg 10/1  
72202 Nagold  
Tel.: 0177.71 61 682  
Fax: 0711.73 56 298  
E-Mail: [mk@henkegeo.de](mailto:mk@henkegeo.de)

Vertretung Schwarzwald-Baar  
DIPL.-ING. (FH) ACHIM FORSTER  
Vor dem Hummelsholz 4  
78056 VS-Schwenningen  
Tel.: 07720.95 86-92  
Fax: 07720.95 86-87  
E-Mail: [vs@henkegeo.de](mailto:vs@henkegeo.de)

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Auftrag	3
2. Unterlagen	3
3. Projektbeschreibung	4
4. Allgemeiner geologischer Überblick	4
5. Baugrunderkundung	5
6. Schichtenbeschreibung und -lagerung	6
7. Bodenverunreinigungen	7
8. Hydrogeologische Situation	8
9. Versickerungsversuch	9
10. Geotechnische Laborversuche	9
11. Bodencharakterisierung für bautechnische Zwecke	12
12. Homogenbereiche für Böden nach DIN 18300 (2015-08)	13
13. Bodenkennwerte	15
14. Kanal- und Leitungsbau	16
14.1 Graben- und Grubenaushub	16
14.2 Böschungssicherung von Gräben und Gruben	16
14.3 Kanäle und Leitungen, Grabenverfüllung und Grabenverdichtung	18
15. Bau von Verkehrsflächen	20
16. Allgemeine Angaben zur Bebauung im Neubaugebiet	24
16.1 Geotechnische Kategorie	24
16.2 Baugruben und Böschungen	24
16.3 Bauwerksgründungen	25
16.4 Abdichtung von erdberührten Bauteilen	27
16.5 Arbeitsraumverfüllung	28
16.6 Regenwasserversickerung	28
16.7 Erd- und Wasserdruck	29
16.8 Geothermische Energienutzung	29
16.9 Erdbebensicherheit	30
17. Schlussbemerkungen	31

### Verzeichnis der Anlagen:

Anlage	1	Lagepläne	
		1.1	Übersichtslageplan
		1.2	Lageplan der Untersuchungspunkte
Anlage	2	Bohrsondierungen	
		2.1 - 2.5	Bohrsondieraufnahmen BS 1 bis BS 5
		2.6	Legende der verwendeten Signaturen und Abkürzungen
Anlage	3	Zusammenstellung der bodenmechanischen/-physikalischen Laborversuche	
		3.1.1 – 3.1.2	Tabellarische Zusammenstellung der Laborergebnisse
		3.2.1 – 3.2.2	Konsistenzgrenzenbestimmungen
Anlage	4	Ergebnisse der chemischen Analytik	

## 1. Auftrag

Die Gemeinde Horgenzell plant über das Ingenieurbüro agp, Bad Waldsee, die Erschließung des Neubaugebietes „Moosgatter“ in 88263 Hasenweiler. In diesem Zusammenhang wurde das Ingenieurbüro für Geotechnik Henke und Partner GmbH (HUP), Vertretung Oberschwaben, auf der Basis des Angebotes vom 27.11.2017, Az.: HWBAUG K01, am 01.12.2017 von der Gemeinde Horgenzell beauftragt, eine Baugrunderkundung für den östlichen Bereich des geplanten Neubaugebietes durchzuführen und einen Geotechnischen Bericht nach DIN 4020 für den östlichen Bereich des geplanten Neubaugebietes zu erstellen.

Für den westlichen Bereich des geplanten Neubaugebietes liegt bereits ein Bericht zur geplanten Erschließung des Neubaugebietes vom Geotechnikbüro „das geoteam“ vor.

## 2. Unterlagen

Als Unterlagen zur Bearbeitung wurden uns zur Verfügung gestellt:

### **Ingenieurbüro agp:**

[1] Lageplan Straßenbau Vorplanung als dwg- Datei, mit Datum vom 14.12.2017

### **das geoteam**

[2] Lageplan und Aufschlüsse zur Baugrunderkundung Moosgatter als pdf-Datei, mit Datum vom 29.07.2016 und 02.08.2016

Aus eigenen Archivunterlagen stand uns zur Verfügung:

### **Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) Baden - Württemberg:**

[3] Geologische Karte von Baden-Württemberg Blatt 8122 Wilhelmsdorf sowie digitale geologische Karten des LGRB

### **3. Projektbeschreibung**

Das geplante Neubaugebiet „Moosgatter“ soll im Nordosten von Hasenweiler entstehen. Es wird im Süden vom Gollenbühlweg und im Norden von der K 7972 begrenzt. Westlich liegt bebautes Gebiet und im Osten folgen landwirtschaftlich genutzte Flächen. Das Neubaugebiet soll auf den Flurstücken 466, 467, 468 und 469 entstehen. Im Rahmen der Erschließung des Neubaugebietes sollen Erschließungsstraßen gebaut und Versorgungsleitungen verlegt werden.

Derzeit wird das Gelände des geplanten Baugebietes landwirtschaftlich als Ackerfläche genutzt. Als Anlage 1.1 liegt ein Übersichtslageplan bei, auf dem die Lage des geplanten Baugebietes rot gekennzeichnet ist.

Die Erschließungsstraße soll im Süden an den Gollenbühlweg und im Norden an die Kreisstraße K 7972 anbinden. Die Lage der geplanten Erschließungsstraßen des Neubaugebietes kann dem Lageplan, der als Anlage 1.2 diesem Bericht beiliegt, entnommen werden.

Das Gelände des Baugebietes fällt von Nordosten nach Südwesten von einer Höhe von ca. 617,5 m ü. NN auf eine Höhe von ca. 602,5 m ü. NN ( $\Delta h = 15$  m) ab.

### **4. Allgemeiner geologischer Überblick**

Nach der geologischen Karte [3] stehen im geplanten Neubaugebiet würmeiszeitliche Moränensedimente in Form von Geschiebemergel und -lehm sowie Moränenkies und Moränensand an. Der tiefere Untergrund wird von den tertiären Schichten der Oberen Süßwassermolasse (OSM) bestehend aus Mergel, Sand und Sandstein gebildet.

## **5. Baugrunderkundung**

Zur Erkundung der Baugrundsituation wurden am 19.01.2018 insgesamt fünf Bohrsondierungen BS 1 bis BS 5 im Bereich des geplanten Neubaugebietes auf den Flurstücken 466 und 467 niedergebracht.

Die Aufschlusspunkte wurden durch Mitarbeiter des IB Henke und Partner nach Lage und Höhe eingemessen. Der Lagebezug wurde über die bestehenden Grundstücksgrenzen bzw. über die bestehende Bebauung und der Höhenbezug über eine im erhobenen Kanalplan angegebene Schachtdeckelhöhe in m ü. NN hergestellt.

Die Lage der Bohrsondierungen kann dem Lageplan, der als Anlage 1.2 beiliegt, entnommen werden.

Die fünf Bohrsondierungen BS 1 bis BS 5 wurden mittels Sondierdrape bis in Tiefen zwischen 4,2 m und 5,4 m unter Geländeoberkante (GOK) abgeteuft. Insgesamt wurden 24,6 lfd. m bohrend. Die gewonnenen Sondierkerne wurden nach geologischen und bodenmechanischen Gesichtspunkten gemäß DIN EN ISO 14688-1 aufgenommen und beschrieben. Die ausführlichen Schichtenbeschreibungen mit zeichnerischer Darstellung in Anlehnung an die DIN 4023 sind als Anlagen 2.1 bis 2.5 beigefügt. Eine Legende der hierbei verwendeten Signaturen und Abkürzungen liegt als Anlage 2.6 bei. Für geotechnische Laboruntersuchungen und chemische Analysen sowie als Rückstellproben wurden vom frischen Bodenmaterial repräsentative Proben entnommen.

Für den westlichen Bereich des geplanten Neubaugebietes wurden vom Geotechnikbüro "das geoteam" zur Erkundung des Baugrundes am 29.07.2016 und 02.08.2016 auf den Flurstücken 467 und 468 fünf Schürfguben angelegt und vier mittelschwere Rammsondierungen abgeteuft.

## 6. Schichtenbeschreibung und -lagerung

Anhand der abgeteufte Kleinbohrungen stellt sich die geologische Situation im östlichen Bereich des geplanten Neubaugebietes wie folgt dar:

Die Schichtenfolge beginnt bei allen fünf Bohrsondierungen mit einem 30 cm mächtigen, dunkelbraunen **Oberboden** (Ackerboden), welcher sich aus einem tonigen Schluff mit schwach bis sehr schwach sandigen und schwach bis sehr schwach kiesigen Anteilen zusammensetzt. Bereichsweise liegt der Ober- bzw. Ackerboden humos und durchwurzelt vor und weist zersetzte Pflanzenteile auf.

In den Bohrungen BS 2 bis BS 5 wurde unter dem Ober- bzw. Ackerboden ein **Hanglehm** aufgeschlossen. Dieser besteht aus tonigem, sandigem Schluff mit wechselnden kiesigen Anteilen. Die Farbe ist mittelbraun bis dunkelbraun. Die Konsistenz des Hanglehms wurde mit weich angesprochen. Zum Teil ist der Hanglehm noch schwach durchwurzelt. Die Hanglehmschicht reicht in den Aufschlüssen bis in eine Tiefe von ca. 0,6 m bis 1,2 m unter GOK.

Unterhalb des Ackerbodens wurden bis zu Endtiefe der Bohrungen würmeiszeitliche **Moränensedimente** aufgeschlossen. Bei den Moränensedimenten handelt es sich um eine ablagerungsbedingte heterogene Wechsellagerungen **Geschiebelehm** bzw. **Geschiebemergel**, **Moränenkiesen** und **Moränensanden**. Beim beigebraunen Geschiebelehm handelt es sich um einen tonigen Schluff mit wechselnden Anteilen von Sand und Kies. Die Konsistenz der Geschiebelehme schwankt nach der Bohrkernansprache zwischen weich bis halbfest. Bei den östlich gelegenen Bohrungen BS 1, BS 3 und BS 5 wurden Moränenkiesschichten mit einer Mächtigkeit von ca. 0,8 m bis 1,8 m angetroffen. Die Moränenkiese liegen als sandige bis stark sandige und schwach schluffige bis schluffige Kiese mit grauer Farbe vor. Bei den westlichen Aufschlüssen BS 2 und BS 4 wurden Moränensandschichten mit einer Mächtigkeit von ca. 0,4 m bis 0,6 m aufgeschlossen. Bei den Moränensanden handelt es sich um braungraue, schluffige Sande. In der BS 2 wurde die Konsistenz der bindigen Anteile mit steif und in der BS 4 mit breiig bis weich angesprochen. In der BS 5 wurde ab einer Tiefe von ca. 3,4 m unter GOK eine weitere Moränensandschicht angetroffen, die als toniger, schluffiger sehr schwach kiesiger Sand mit halbfester Konsistenz der bindigen Anteile angesprochen wurde.

## 7. Bodenverunreinigungen

Routinemäßig wurde das aufgeschlossene Bodenmaterial auf sensorisch feststellbare Verunreinigungen begutachtet. Diesbezüglich wurden keine Auffälligkeiten festgestellt.

Aus allen entnommenen Proben der Hanglehme und der Moränensedimente (mit Ausnahme der BS 2 / 1,6 – 2,0 m) wurden eine Mischprobe erstellt und auf die vorgegebenen Parameter der VwV (Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden – Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial) im Labor BVU GmbH hin untersucht. Auf der Grundlage der durchgeführten Analytik am Feststoff kann die Mischprobe dem Zuordnungswert **Z0\*** der VwV zugeordnet werden. Die festgestellten erhöhten Nickel- und Chromgehalte sind vermutlich geogen bedingt. Da die Grenzwerte des Zuordnungswertes Z0 am Feststoff nach der VwV nicht eingehalten wurden, wurde für eine abschließende Bewertung eine Untersuchung der Eluate durchgeführt. Unter Berücksichtigung der Eluatuntersuchung kann die Mischprobe dem Zuordnungswert **Z0\*** der VwV zugeordnet werden. Die Analysenergebnisse der Mischprobe liegen als Anlage 4 bei.

Aufgrund der geogenen Belastung sollten die Böden möglichst im Baugebiet wieder eingebaut werden.

Weitere lokale Bodenverunreinigungen im geplanten Baugebiet können nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Es wird empfohlen, bei der Ausschreibung Positionen für die Entsorgung von höher belastetem Bodenaushub, für eine gegebenenfalls erforderliche Zwischenlagerung von Bodenaushub und für zusätzliche chemische Analysen vorzusehen.

## 8. Hydrogeologische Situation

Bei der Baugrunderkundung wurden zur Bestimmung des Grundwasserstandes im geplanten Baugebiet die Bohrlöcher der Bohrsondierungen BS 1 und BS 3 als temporäre Grundwassermessstellen ausgebaut. Die Bohrlöcher der BS 2, BS 4 und BS 5 wurde nicht als temporäre Grundwassermessstelle ausgebaut. Hier wurde vor dem Wiederverfüllen der Bohrlöcher mit Bohrgut der Wasserstand im unverrohrten Bohrloch gemessen.

Nachfolgend sind die gemessenen Grundwasserstände in den temporären Grundwassermessstellen und den unverrohrten Bohrlöchern tabellarisch dargestellt:

Bezeichnung Bohrsondierung	Wasserstand unter GOK [m]	Wasserstand [m ü. NN]	Bemerkung
BS 1	0,56	616,93	Ausbau zu temporärem Pegel bis ca. 2,5 m unter GOK
BS 2	0,23	609,29	Sondierloch standfest bis 1,83 m u. GOK
BS 3	1,10	611,10	Ausbau zu temporärem Pegel bis ca. 2,6 m unter GOK
BS 4	0,30	605,58	Sondierloch standfest bis 1,53 m u. GOK
BS 5	0,53	610,49	Sondierloch standfest bis 0,86 m u. GOK

Da die unverrohrten Bohrlöcher bereits vor der GW-Messung bereichsweise wieder zugefallen waren, sind die Grundwasserspiegelmessungen in den unverrohrten Bohrlöchern mit Unsicherheiten behaftet, da es durch das Zufallen zu einem Wassereinstau im Bohrloch kommen kann.

Bei der Baugrunderkundung wurde nördlich des Gollenbühlweges an der Geländeoberfläche Wasser festgestellt, das vermutlich aus dem Hang austritt.

Es wird vermutet, dass innerhalb der grob- bzw. gemischtkörnigen Moränensedimente, insbesondere nach starken Niederschlägen oder der Schneeschmelze Schichtwasser vorhanden ist. Durch die Hangsituation und durch die über den grob- bzw. gemischtkörnigen Moränensedimenten vorhandenen gering wasserdurchlässigen Lehme liegen teilweise auch gespannte Druckverhältnisse vor.

Nach der aktuellen Hochwassergefahrenkarte liegt das geplante Baugebiet nicht in der Überschwemmungsfläche eines Oberflächengewässers.

Auf der Grundlage der gemessenen Wasserstände sollte im Baugebiet von einem **Bemessungswasserstand**, welcher der **Geländeoberkante** entspricht, ausgegangen werden.

Das geplante Baugebiet liegt nach den Wasserschutzgebietskarten der Umweltverwaltung (Stand Juni 2015), ergänzt um die vom RPF/LGRB hydrogeologisch abgegrenzten Wasser- und Heilquellenschutzgebiete außerhalb von Wasser- und Quellenschutzgebieten.

## 9. Versickerungsversuch

Im Zuge der Baugrunderkundung wurde im Bohrloch BS 4 ein Versickerungsversuch durchgeführt. Zur Beurteilung der Versickerungsfähigkeit wurde das Bohrloch bis GOK mit Wasser aufgefüllt und die Absenkung des Wasserspiegels über die Zeit gemessen. Damit wurde die Versickerungsrate  $Q_s$  bestimmt. Der Versuch wurde ausgewertet und der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  bestimmt.

Durch das bereits nach Bohrende hoch anstehende und steigende Wasser im Bohrloch (0,30 m unter GOK) konnte die Versickerung nur bis zu einer Absenkung des eingefüllten Wassers von 0,24 m unter GOK durchgeführt werden. Der Versuch ergab einen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert ca.  $k_f = 1 \times 10^{-6}$  m/s.

## 10. Geotechnische Laborversuche

Für geotechnische Laboruntersuchungen wurden vom frischen Bodenmaterial aus den Bohrsondierungen insgesamt 25 Bodenproben entnommen.

Zur Klassifizierung und Bestimmung der bodenmechanischen und bodenphysikalischen Eigenschaften der angetroffenen Bodenschichten sowie zur Ableitung von Bodenkennwerten wurden an den entnommenen Proben folgende Laboruntersuchungen durchgeführt:

- 25 mal Bestimmung des natürlichen Wassergehalts nach DIN 18121
- 2 mal Bestimmung der Konsistenzgrenzen nach DIN 18122
- 3 mal Bestimmung des Feinanteils nach DIN 18123
- 2 mal Bestimmung der Huminsäuren nach DIN EN 1744

Eine tabellarische Zusammenstellung der geotechnischen Laborergebnisse liegt als Anlage 3.1 bei. Die Einzelergebnisse der Konsistenzgrenzenbestimmungen können der Anlage 3.2.1 und 3.2.2 entnommen werden.

An einer Bodenprobe aus der Hanglehmschicht (BS 4 / 0,5 – 1,0 m) und an einer Bodenprobe aus der Geschiebelehmschicht (BS 4 / 1,9 – 2,7 m) wurden die Konsistenzgrenzen nach DIN 18122 ermittelt. Der Hanglehm kann anhand der Bestimmung der Konsistenzgrenzen der Bodengruppe TL (leichtplastischer Ton) nach DIN 18196 zugeordnet werden. Die Konsistenz wurde mit weich bestimmt. Der Geschiebelehm kann ebenfalls der Bodengruppe TL nach DIN 18196 zugeordnet werden. Die Konsistenz der Geschiebelehmprobe wurde mit weich bestimmt.

An zwei Bodenproben aus der Moränensandschicht (BS 2 / 1,6 – 2,0 m und BS 4 / 1,2 – 1,8 m) sowie an einer Probe aus der Moränenkiesschicht (BS 1 / 1,4 – 2,0 m) wurde der Feinanteil bestimmt. Die untersuchten Moränensandproben können mit ermittelten Feinanteilen von 33,3 M-% bzw. 26,7 M-% der Bodengruppe SU\*/ST\* (stark schluffige bzw. stark tonige Sande) nach DIN 18 196 zugeordnet werden. Die untersuchte Moränenkiesprobe weist einen Feinanteil von 17,5 M-% auf und kann somit der Bodengruppe GU\*/GT\* (stark schluffiger bzw. stark toniger Kies) nach DIN 18 196 zugeordnet werden.

Zwei Proben der Hanglehmschichten wurden auf das Vorhandensein von Huminsäuren geprüft. Dazu werden die Bodenproben jeweils mit 3-%iger Natronlauge vermengt. Eine dunkle Verfärbung der Lösung ist Indikator für das Vorhandensein von Huminsäuren. Das Ergebnis der Untersuchungen ist in nachfolgenden Bildern dargestellt.

	
BS 2 / 0,3 – 0,8 m Hanglehm	BS 3 / 0,3 – 0,9 m Hanglehm

Beide Proben weisen eine leicht dunkle Verfärbung auf, was auf ein geringes Vorhandensein von Huminsäuren schließen lässt. Huminsäuren können bei einer Bodenstabilisierung mit Bindemittel zu einer geringeren Festigkeitsentwicklung des Boden-Bindemittelgemisches führen.

## 11. Bodencharakterisierung für bautechnische Zwecke

Nachfolgend sind die bautechnisch relevanten Eigenschaften der angetroffenen Bodenschichten anhand der Baugrunduntersuchung, der Ergebnisse der Laboruntersuchungen sowie allgemeiner Erfahrungen mit vergleichbaren Böden zusammengestellt.

Bei den Moränensedimenten handelt es sich um eine entstehungsbedingt heterogene Wechselfolge von Geschiebelehm, Moränensand und Moränenkies. Dieser Schichtenkomplex wird nachfolgend unter der geologischen Bezeichnung „Moränensedimente“ zusammengefasst.

Geologische Bezeichnung	Bodengruppe nach DIN 18196	Zusammen-drückbarkeit	Durchlässig-keit	Verdichtungs-fähigkeit	Frostempfind-lichkeitsklasse ZTV E-StB 17
Hanglehm	TL, TM	mittel bis groß	sehr gering	schlecht	sehr frostempfind-lich <b>F3</b>
Moränensedimente	TL, TM, SU, ST, SU*, ST*, GU, GT, GU*, GT*	gering bis groß	sehr gering bis mittel	schlecht bis gut	frostempfindlich <b>F2</b> bis sehr frostempfindlich <b>F3</b> <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Die Bodengruppen TL, TM, GU\*, GT\*, SU\*, ST\* sind der Frostempfindlichkeitsklasse F3 und die Bodengruppen GU, GT, SU, ST der Frostempfindlichkeitsklasse F2 zuzuordnen.

Die angetroffenen Hanglehme und die feinkörnigen sowie gemischtkörnigen Moränensedimente sind witterungsempfindlich. Bei ungünstiger Witterung und ungeschütztem Erdplanum oder bei unsachgemäßer Zwischenlagerung können erfahrungsgemäß durch Frost, Niederschläge oder hohe mechanische Beanspruchung durch Baustellenverkehr deutliche Verschlechterungen der bodenmechanischen Eigenschaften eintreten.

## 12. Homogenbereiche für Böden nach DIN 18300 (2015-08)

Die im Untersuchungsbereich aufgeschlossenen Böden können entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen anhand der Baugrunduntersuchung und den geotechnischen Laborversuchen sowie allgemeiner Erfahrungen mit vergleichbaren Böden in nachfolgende Homogenbereiche nach DIN 18300 (2015-08) für „Erdarbeiten“ eingeteilt werden:

		Homogenbereich Böden	
		A	B
<b>Geologische Bezeichnung</b>		Hanglehm	Moränensedimente (Geschiebelehme, -mergel, Moränenkiese, -sande)
<b>Bodengruppe nach DIN 18196</b>		TL, TM	TL, TM, SU, ST, SU*, ST*, GU, GT, GU*, GT*
<b>Wassergehalt</b>	<b>[%]</b>	15 - 30	2 – 25
<b>Wichte, feucht</b>	<b>[t/m<sup>3</sup>]</b>	18 - 21	18 – 22
<b>Konsistenzzahl I<sub>c</sub></b>		0,5 - 1,0	0,4 – 1,5
<b>Plastizitätszahl I<sub>p</sub></b>	<b>[%]</b>	5 - 25	0 – 25
<b>Undränierete Scherfestigkeit C<sub>u</sub></b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>	15 - 100	10 – 200
<b>Kohäsion</b>	<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>	1 - 10	0 - 25
<b>Organischer Anteil</b>	<b>[Gew.-%]</b>	≤ 5	≤ 5
<b>Körnungsziffer (T-U-S-G)</b>	<b>[%]</b>	40-60-0-0 bis 5-40-20-35	40-60-0-0 bis 0-5-10-90
<b>Lagerungsdichte I<sub>D</sub></b>	<b>[%]</b>	-	30 – 90
<b>Massenanteil Steine / Blöcke<sup>1)</sup></b>	<b>[%]</b>	≤ 30 / -	≤ 30 / ≤ 30
<b>Massenanteil Blöcke<sup>2)</sup></b>	<b>[%]</b>	-	≤ 5
<b>Bodenklasse nach DIN 18300 (2012-09)</b>		4	2, 3, 4, 5, 7 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Blöcke der Korngröße 200 mm bis 630 mm

<sup>2)</sup> Blöcke mit Korngröße über 630 mm

Bei der BS 5 wurde ab einer Tiefe von ca. 4,2 m unter GOK kein weiterer Bohrfortschritt erzielt, was vermutlich auf einen größeren Stein bzw. Block innerhalb der Moränensedimentschicht zurückzuführen ist.

Die den Homogenbereich zugeordneten Schichtgrenzen können den Bohrprofilen entnommen werden.

Der im Bereich des Untersuchungsfeldes anstehende Oberboden bzw. Ackerboden ist vor Beginn der eigentlichen Erdbauarbeiten abzuschleppen und getrennt zu verwerten. Oberboden wird nicht mehr von der DIN 18300 (2015-08) Erdarbeiten erfasst und ist daher nach DIN 18320 Landschaftsbauarbeiten getrennt zu erfassen und getrennt auszuweisen.

Bei den zuvor genannten Parametern für die Beschreibung der Homogenbereiche handelt es sich nicht um Kennwerte, die für erdstatische Berechnungen verwendet werden dürfen, sie dienen lediglich der Beschreibung der Bandbreiten der Bodeneigenschaften.

Da die anstehenden Hanglehme und die feinkörnigen sowie gemischtkörnigen Moränensedimente wasserempfindlich sind, können diese Böden bei nicht fachgerechter Zwischenlagerung und bei starken Niederschlägen während eines Transports oder durch mechanische Beanspruchung aufweichen, so dass diese ggf. in die Bodenklasse 2 nach DIN 18300 (2012-09) bzw. in eine breiige Konsistenz übergehen können.

Bei einer Bodenstabilisierung mit einem Mischbindemittel entsteht nach kurzer Zeit eine verfestigte Bodenschicht bzw. weist der stabilisierte Boden allgemein eine feste Konsistenz auf und ist demnach in die Bodenklasse 6 nach DIN 18300 (2012-09) einzustufen.

Die angegebenen Werte sind nur z.T. durch geotechnische Laboruntersuchungen direkt bestimmt worden. Andere Angaben beruhen auf Erfahrungen mit vergleichbaren Böden und Schätzungen, wodurch Abweichungen nicht auszuschließen sind.

### 13. Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können nachfolgende Bodenkennwerte als charakteristische Bodenkennwerte nach Eurocode 7 angesetzt werden. Die Boden- bzw. Berechnungskennwerte sind auf der Grundlage der Geländeaufnahmen, den durchgeführten Laboruntersuchungen sowie allgemeinen Erfahrungen mit vergleichbaren Böden festgelegt worden.

<b>Bodenschichten</b>	<b>Wichte</b> $g_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	<b>Wichte unter Auftrieb</b> $g'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	<b>Reibungswinkel</b> $j_k$ [°]	<b>Kohäsion</b> $c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	<b>Steifemodul</b> $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
<b>Hanglehm</b>	<b>19</b> (18 – 20)	<b>9</b> (8 – 10)	<b>25</b> (22,5 – 27,5)	<b>2</b> (1 – 5)	<b>2 – 4</b>
<b>Moränensedimente<sup>*)</sup></b>	<b>19,5</b> (18 – 22)	<b>9,5</b> (8 – 12)	<b>27,5</b> (22,5 – 32,5)	<b>3</b> (0 – 15)	<b>2 – 40</b>

( ) Schwankungsbereich der Bodenkennwerte (z. B. für Grenzwertbetrachtungen)

\*) Da es sich bei den Moränensedimenten um eine entstehungsbedingt heterogene Wechselfolge von Geschiebelehm, Moränensand und Moränenkies handelt, wurde dieser Schichtenkomplex bei der Angabe der charakteristischen Bodenkennwerte unter der Bezeichnung „Moränensedimente“ zusammengefasst.

## **14. Kanal- und Leitungsbau**

### **14.1 Graben- und Grubenaushub**

Im geplanten Neubaugebiet wurden bis zur erreichten Endtiefe der Bohrsondierungen gut baggerbare Böden aufgeschlossen. Bei der BS 5 konnte ab einer Tiefe von ca. 4,2 m unter GOK kein weiterer Bohrfortschritt erzielt werden, was vermutlich auf einen größeren Stein bzw. Block innerhalb der Moränensedimentschicht zurückzuführen ist. Größere Gerölle bzw. Blöcke innerhalb der Moränensedimente können aufgrund der Entstehungsgeschichte nicht ausgeschlossen werden.

Werden Gräben und Gruben nach einer Bodenstabilisierung mit Bindemitteln ausgehoben, muss für den Aushub die Bodenklasse 6 nach DIN 18300 (2012-09) berücksichtigt werden.

### **14.2 Böschungssicherung von Gräben und Gruben**

Bei Gräben, die von Personal betreten werden und tiefer als 80 cm sind, müssen mindestens 0,60 m breite Schutzstreifen beidseitig neben den Gräben angeordnet werden, die von Aushubmaterial und Gegenständen freigehalten werden müssen. Bei der Herstellung von Kanal- und Leitungsgräben sowie von Gruben für Schächte sind die Angaben der DIN 4124 zu beachten. Die erforderlichen Abstände von Fahrzeugen bzw. Baugeräten zum Graben sind der DIN 4124 zu entnehmen.

Gruben und Gräben dürfen bis zu 1,25 m Tiefe ohne besondere Sicherung, wenn die zuvor angegebenen Schutzstreifen vorhanden sind, Fahrzeuge bzw. Baugeräte den erforderlichen Abstand nach DIN 4124 einhalten und das Gelände nicht steiler als 1:10 ansteigt, senkrecht ausgeschachtet werden. Gräben und Gruben mit Tiefen > 1,25 m müssen mit abgeböschten Wänden oder mit einem Verbau hergestellt werden.

Freie Gruben- und Grabenböschungen mit einer Tiefe von > 1,25 m bis 5 m können über Grund- bzw. Schichtwasser in den oberflächlich zumeist anstehenden weichen bindigen bzw. gemischt- und grobkörnigen Böden in Anlehnung an DIN 4124 mit einem Böschungswinkel von  $\alpha \leq 45^\circ$  ohne rechnerischen Nachweis angelegt werden.

Unter dem Grund- bzw. Schichtwasserspiegel können entsprechende, für die erforderliche Tiefe zugelassene, Grabenverbaugeräte verwendet werden, sofern das Grundwasser bis unter die Aus-

hubsohle abgesenkt wird. Für den Einsatz von Grabenverbaugeräten sind die Vorgaben der DIN 4124 zu beachten.

Aufgrund der gemessenen hohen Wasserstände im geplanten Baugebiet und der teilweise aufgeschlossenen weich - breiigen Böden sind für die Herstellung von Leitungen Grabenverbaugeräte nach DIN 4124 zu verwenden und Wasserhaltungsmaßnahmen auszuführen. Um die abzupumpenden Wassermengen gering zu halten, sind Gräben abschnittsweise in kurzen Abschnitten von  $L \leq 6,0$  m auszuheben. Aufgrund der anstehenden gering wasserdurchlässigen Böden muss mit einem geringen Wasserandrang gerechnet werden.

Bei den bereichsweise angetroffenen Moränensanden muss unter dem Einfluss von strömendem Grund- bzw. Schichtwassers mit Fließerscheinungen gerechnet werden. Um ein Ausfließen der Sande zu vermeiden, sind filterstabile Pumpensämpfe anzulegen. Es ist die Verwendung filterstabiler Schüttmaterialien bzw. der Einbau von geotextilen Filtervliesen vorzusehen. Alle Wasserhaltungsmaßnahmen sind ständig auf ungewollten Bodenaustrag hin zu kontrollieren, um so bei einem unbeabsichtigten Bodenaustrag infolge der Wasserhaltung kurzfristig Gegenmaßnahmen ergreifen zu können.

Das aus der Baugrube abzupumpende Wasser aus einer offenen Wasserhaltung, ist zu sammeln und über ein Absetzbecken zu leiten, bevor es der Vorflut zugeführt werden kann. Das Wasser kann in eine natürliche Vorflut oder in die Kanalisation abgeleitet werden. Eine Wasserhaltung muss durch die Untere Wasserbehörde des zuständigen Landratsamtes genehmigt werden. Die entsprechenden Einleitrichtlinien der wasserrechtlichen Erlaubnis sind hierbei zu beachten. Grundwasserverunreinigungen, die eine darüber hinausgehende Wasseraufbereitung notwendig machen, sind hier erfahrungsgemäß nicht zu erwarten.

Zum Schutz vor Durchfeuchtung bzw. Erosion durch Niederschlagswasser sowie zur Verhinderung der Austrocknung und damit der Verminderung der Standfestigkeit sind Böschungen mit einer Standzeit von  $> 5$  Tage durch überlappende Kunststoff-Folien abzuhängen und so vor ungünstigen Witterungseinflüssen zu schützen. An der Böschungskrone ist eine Tagwassersperre zur Vermeidung des Oberflächenabflusses über die Böschung anzuordnen.

Werden die Flächen direkt neben Gräben durch Verkehrslasten bzw. ständige Lasten beansprucht oder sind dynamische Beanspruchungen durch Ramm- und Rüttelarbeiten zu erwarten, ist im Einzelfall ein rechnerischer Standsicherheitsnachweis notwendig.

### 14.3 Kanäle und Leitungen, Grabenverfüllung und Grabenverdichtung

Im Allgemeinen ist die Grabensohle tiefer auszuheben und ein Auflager einzubringen, das so beschaffen und hergestellt sein muss, dass es der Rohrumhüllung oder dem Rohrmaterial nicht schadet und die sonstigen Anforderungen erfüllt. Die Anforderungen der DIN EN 1610 "Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen" sind zu beachten.

Um Schäden in den Kanälen zu vermeiden, sind weiche bindige Böden bis ca. 20 cm unter das Rohrauflager zu entfernen und durch gut tragfähigen Boden (z.B. Kies 0/32 mm) zu ersetzen. Zwischen Kies austauschschicht und anstehendem bindigen Boden wird der Einbau eines Trenn- und Filtervlieses der Georobustheitsklasse GRK 4 empfohlen.

Innerhalb der **Kanal- und Leitungszone** (Raum zwischen Grabensohle und –wänden bis 0,15 m Höhe über Rohrscheitel) ist gering kompressibles, gut verdichtbares Material nach den Vorgaben der jeweiligen Leitungsbetreiber zu verwenden. Die Verdichtung in der Leitungszone darf nur mit leichtem Verdichtungsgerät erfolgen. Innerhalb der Leitungszone müssen Verdichtungsgrade  $D_{Pr} \geq 97 \%$  erreicht werden.

Als Verfüllmaterial in der **Verfüllzone** wird der Einbau von gut verdichtungsfähigen, kornabgestuften grobkörnigen Böden empfohlen. Die Mindestanforderungen an den Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$  in Abhängigkeit des verwendeten Verfüllmaterials für Grabenverfüllungen unter befestigten Wegen sind der ZTV E-StB 09 und ZTV A-StB 12 zu entnehmen.

Sollen die anstehenden bindigen und gemischtkörnigen Böden zur Grabenverfüllung wiederverwendet werden, sind diese mittels Bindemittel wie z.B. mit Weißfeinkalk oder einem Mischbindemittel zu verbessern bzw. zu stabilisieren. Ein Mindestverdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 97 \%$  sowie ein Luftporengehalt von  $n_a \leq 8 \%$  ist einzuhalten. Die Böden für den Wiedereinbau sind fachgerecht zwischenzulagern und vor Durchfeuchtung zu schützen.

In den oberen 0,5 m einer Graben- bzw. Grubenverfüllung unter einer Straße sind bis zum Erdplanum gut tragfähige, grobkörnige Böden z.B. Kies 0/45 mm oder mit Bindemittel stabilisierte Böden (Mischbindemittel  $\geq 3$  %) einzubauen, um die Anforderung an die Tragfähigkeit auf OK Erdplanum von  $E_{v2} \geq 45$  MN/m<sup>2</sup> erreichen zu können. Grobkörnige Böden sind auf mindestens  $D_{Pr} = 100$  % und mit Bindemittel stabilisierte bindige bzw. gemischtkörnige Böden auf mindestens  $D_{Pr} = 97$  % unter Einhaltung eines Luftporengehalts von  $n_a \leq 8\%$  zu verdichten. Bei Böden, die Huminsäure enthalten, ist erfahrungsgemäß ein höherer Bindemittelbedarf erforderlich, um die geforderte Tragfähigkeit von  $E_{v2} \geq 45$  MN/m<sup>2</sup> zu erreichen.

Das Verfüllmaterial ist gleichmäßig lagenweise einzubauen und zu verdichten. Die Mächtigkeiten der Verfülllagen sind auf das verwendete Gerät und auf den Boden abzustimmen. Die verwendeten Baustoffe und Einbauverfahren dürfen zu keinen schädlichen Verformungen oder ungünstigen Lastfällen für die Leitungen führen. Das Verdichten darf in der Leitungszone und in dem Bereich bis 1,0 m über Rohrscheitel nur mit leichtem, bis 3,0 m auch mit mittelschwerem und darüber auch mit schwerem Verdichtungsgerät ausgeführt werden. Die Mächtigkeit der einzelnen Verfüllschichten sind auf das zu verwendete Verdichtungsgerät abzustimmen, um die geforderte Verdichtung erreichen zu können. Schwer zugängliche Bereiche in der Leitungszone, in denen sich der Verfüllboden nicht fachgerecht verdichten lässt, sind mit anderen geeigneten Baustoffen wie z.B. Boden-Bindemittelgemische, Beton oder Flüssigboden zu verfüllen, sofern sich dies nicht nachteilig auf die Rohrbettung, die Leitungen und den Oberbau auswirkt. Die Gruben- und Grabenverfüllungen sind über Kontrollprüfungen auf die Einhaltung der geforderten Verdichtung zu überwachen.

Bei der Verwendung von grobkörnigem Verfüllmaterial ist durch geeignete Maßnahmen, wie z.B. dem Einbau von Querschotts aus bindigem Boden, zu verhindern, dass sich der Leitungsgraben nach dem Verfüllen für zufließendes Oberflächen- und Schichtwasser zu einer Längsdränage ausbildet.

## 15. Bau von Verkehrsflächen

Für den Aufbau von Verkehrs- und Parkflächen wird die Anwendung der Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO) empfohlen. Die Anforderungen an den Aufbau und die Tragfähigkeit des Straßenoberbaus hängen von der nach RStO gewählten Belastungsklasse, Bauweise und der Frosteinwirkungszone ab. Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ist nach Kapitel 3.2 der RStO zu bestimmen. Die geplante Erschließungsstraße liegt nach Bild 6 der RStO in der Frosteinwirkungszone II.

Nach Abtrag des bestehenden Oberbodens stehen auf der Grundlage der hergestellten Baugrundaufschlüsse im geplanten Baugebiet zumeist weiche Hanglehme und Geschiebelehme der Frostempfindlichkeitsklasse F3 nach der ZTV E-StB an.

Für das Planum wird nach der RStO eine Tragfähigkeit von  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  gefordert. Dieser Wert muss eingehalten werden, um mit dem weiteren Tragschichtaufbau nach RStO die geforderte Tragfähigkeit auf OK Frost-/Tragschicht erreichen zu können. Auf OK Frost-/Tragschicht sollte eine Mindesttragfähigkeit von  $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$  eingehalten werden. Die verschiedenen Bauweisen können den Tafeln 1 bis 4 der RStO entnommen werden.

Die nach Abtrag des Oberbodens aufgeschlossenen zumeist weichen Hang- und Geschiebelehme weisen erfahrungsgemäß eine Tragfähigkeit von etwa  $E_{V2} = 5 - 10 \text{ MN/m}^2$  auf. Um die geforderte Ausgangstragfähigkeit auf dem Erdplanum erreichen zu können, ist ein Bodenaustausch mit gut tragfähigem, grobkörnigem Boden oder eine Stabilisierung des Untergrundes mittels Bindemittel erforderlich. Es wird empfohlen, zwischen einem grobkörnigen Bodenauftrag und den anstehenden feinkörnigen und gemischtkörnigen Böden ein Trennvlies der Georobustheitsklasse GRK 4 einzulegen.

Ausgehend von einer Tragfähigkeit von ca.  $E_{V2} = 5 \text{ MN/m}^2$  auf Niveau des Planums ist ein Bodenaustausch mit gut tragfähigem Material (z. B. Kies 0/45 mm) von mindestens 55 cm erforderlich, um die geforderte Tragfähigkeit von  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf Planumsniveau zu erhalten. Um eine wirtschaftliche und ausreichende Dimensionierung der Bodenaustauschschicht durchführen zu können, sollten auf planmäßigem Planumsniveau im Zuge der Bauausführung statische Plattendruckversuche ausgeführt werden. In Abhängigkeit von der hierbei ermittelten Ausgangstragfähigkeit kann die erforderliche Bodenaustauschmächtigkeit nachfolgender Tabelle entnommen werden.

Ausgangstragfähigkeit Planum $E_{V2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	geforderte Tragfähigkeit Planum $E_{V2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Mindestmächtigkeit Bodenaustauschschicht (Kies 0/45 mm) [cm]
5	<sup>3</sup> 45	55
10	<sup>3</sup> 45	40
15	<sup>3</sup> 45	30
20	<sup>3</sup> 45	20
30	<sup>3</sup> 45	10*
40	<sup>3</sup> 45	5*

\* Mindestmächtigkeit fachgerechter Einbau Kies 0/45 mm (3 x 4,5 cm) = 13,5 cm

Der Einbau der Kiestragschicht hat lagenweise (d £ 30 cm) bei einem Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 100 \%$  zu erfolgen.

Um eine Verschlechterung der Ausgangstragfähigkeit bei den oberflächlich anstehenden wasserempfindlichen Böden zu vermeiden, sollte das Erdplanum nach dem Freilegen sogleich durch eine mindestens 15 bis 20 cm mächtige kornabgestufte Kiesschicht vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Außerdem sollte ein Wassereinstau durch eine entsprechende Querneigung des Erdplanums vermieden werden. Die Ausbildung einer Drainage bzw. eines Grabens, um das anfallende Wasser auf dem Planum abzuführen, wird empfohlen.

Werden bei einem Bodenaustausch die oberflächlich anstehenden gering wasserdurchlässigen Böden durchstoßen sind aufgrund des festgestellten hohen Wasserspiegels bei der Baugrunderkundung ggf. Wasserhaltungsmaßnahmen durchzuführen. Um ein Hochziehen des Wassers zu vermeiden, wird empfohlen eine Bodenaustauschschicht nur statisch mit einem entsprechend schweren Walzenzug zu verdichten. Die Schichtmächtigkeit der Einbaulagen ist auf das Verdichtungsgerät und die Verdichtungsart abzustimmen, so dass ein Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 100 \%$  erreicht wird.

Alternativ können die anstehenden bindigen und gemischtkörnigen Böden ggf. durch eine Bindemittelzugabe in einer Mächtigkeit von mindestens 40 cm stabilisiert werden, um die geforderte Tragfähigkeit von  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf dem Untergrund zu erreichen. Durch Schächte und Einbauten im Bereich des zu stabilisierenden Straßenuntergrundes kann es zu Schwierigkeiten bzw. zu einem erhöhten Aufwand bei einer Bodenstabilisierung kommen.

Die oberflächlich anstehenden Hanglehme weisen nach der stichprobenartigen Untersuchung nur geringfügig Huminsäuren auf. Huminsäuren im Boden können dazu führen, dass sich der mit Bindemittel stabilisierte Boden nicht oder nur gering verfestigt. Noch durchwurzelte Schichten unterhalb des Oberbodens sollten auf jeden Fall entfernt werden, da diese Schichten erfahrungsgemäß einen hohen Grad an Huminsäuren aufweisen. Soll eine Bodenstabilisierung mit Bindemittel ausgeführt werden, sollte vorab eine Eignungsprüfung bzw. eine Probestabilisierung durchgeführt werden. Um die geforderte Tragfähigkeit von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf OK Planum bzw. Untergrund zu erreichen, muss bei dem Vorhandensein von Huminsäuren erfahrungsgemäß mit einem erhöhten Bindemittelbedarf gerechnet werden.

Bei einer Bodenstabilisierung des Planums mit Bindemittel, ist der Untergrund bis in eine Tiefe von mindestens 40 cm unter OK Planum zu stabilisieren. Es wird empfohlen ein Mischbindemittel mit 50 % Kalk und 50 % Zement wie z.B. DOROSOL C50 der Fa. Holcim oder Bodenbinder 500 der Fa. Schwenk für die Bodenstabilisierung zu verwenden. Eine Mindestbindemittelzugabemenge von 3 M.-% wird empfohlen. Ausgehend von einer Bindemittelzugabe von 3 M.-% bei einer Trockendichte des Lehmbodens von ca.  $1750 \text{ kg/m}^3$  ergibt dies bei einer üblichen Frästiefe von 40 cm einen Bindemittelbedarf von ca.  $21 \text{ kg/m}^2$ . Bei geringem Ausgangswassergehalt muss zur Begrenzung des Luftporengehalts ( $n_a \leq 8 \%$ ) sowie für eine ausreichende Reaktion des Bindemittels eine kontrollierte Wasserzugabe unter Fräseinsatz für eine gleichmäßige Durchfeuchtung erfolgen. Bei hohem Ausgangswassergehalt muss die Bindemittelmenge ggf. entsprechend erhöht werden.

Auf eine gute Homogenisierung des Boden-Bindemittelgemisches ist zu achten. Um die 40 cm mächtige stabilisierte Schicht fachgerecht zu verdichten, muss ein Walzenzug mit Stampffußbandage oder Polygonbandage und einem Betriebsgewicht von  $\geq 14 \text{ t}$  verwendet werden. Danach ist die Oberfläche durch eine entsprechend schwerere Glattradwalze zu schließen.

Bei Umsetzung einer qualifizierten Bodenverbesserung mit den Mindestanforderungen an die Bindemittelzugabe von  $\geq 3\%$ , Schichtdicken  $\geq 25 \text{ cm}$  (gefordert 40 cm) und einem Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$  auf dem Erdplanum kann der anstehende frostempfindliche Boden (Frostempfindlichkeitsklasse F3) der Frostempfindlichkeitsklasse F2 zugeordnet werden und damit der frostsichere Mindestaufbau um 10 cm reduziert werden.

Bei der Bindemittleinarbeitung ist zum Schutz von Fahrzeugen und von Nachbarbebauungen unbedingt die Windrichtung zu beachten. Es wird empfohlen, ein staubarmes Bindemittel zu verwenden.

Die beauftragte Firma sollte entsprechende Erfahrung mit Bodenstabilisierungen bzw. -verbesserungen nachweisen können. Die einschlägigen Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen (ZTV), Merkblätter und Lieferbedingungen sind zu beachten.

Bei starken Niederschlägen sind Bodenverbesserungsmaßnahmen mit Bindemittel einzustellen. Bei geringen Niederschlägen muss das Einfräsen des Bindemittels so schnell erfolgen, dass eine Durchfeuchtung und damit eine Verklumpung des Bindemittels vermieden wird. Trotzdem entstandene Klumpen müssen beim Einfräsen ausreichend zerkleinert werden. Mischbindemittel sind aufgrund des Erstarrungsverhaltens des Zements innerhalb von 4 Stunden nach dem Einarbeiten des Bindemittels zu verdichten. Eine Bodenstabilisierung darf nur bei Temperaturen  $\geq 5^{\circ}\text{C}$  ausgeführt werden. Die Temperaturen in dem eingebauten Boden-Bindemittelgemisch dürfen in den ersten 3 Tagen nicht unter  $5^{\circ}\text{C}$  absinken. Gegebenenfalls ist das Planum vor Frosteinwirkung zu schützen. Bei Frosteinwirkung muss die Planumsentwässerung so wirksam sein, dass ein Gefrieren der Bodenverbesserung im wassergesättigten Zustand vermieden wird. Gefrorener Boden kann nicht für eine Bodenverbesserung verwendet werden.

Die Einbauweisen und Einbaubedingungen nach der ZTV E-StB sind einzuhalten. Die nach ZTV E-StB und ZTV SoB-StB bzw. RStO geforderte Verdichtung und Tragfähigkeit auf OK Planum und OK ungebundener Frost-/Tragschicht ist mittels statischer Plattendruckversuche ggf. in Verbindung mit dynamischen Plattendruckversuchen nachzuweisen. Von einer ausreichenden Verdichtung eines mit Bindemittel stabilisierten Planums kann erfahrungsgemäß bei einer Tragfähigkeit von  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  und einem Verhältniswert von  $E_{V2}/E_{V1} \geq 2,0$  in Verbindung mit einem Luftporengehalt von  $n_a \leq 8 \%$  ausgegangen werden.

## **16. Allgemeine Angaben zur Bebauung im Neubaugebiet**

### **16.1 Geotechnische Kategorie**

Geplante Bauwerke im Neubaugebiet sind aufgrund der festgestellten heterogenen Baugrundsichtung und des hohen Grund- bzw. Schichtwasserstandes in die Geotechnische Kategorie GK 2 (Baumaßnahmen mit mittlerem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund) nach EC 7 einzuordnen. Bei Baumaßnahmen der Geotechnischen Kategorie GK 2 muss nach DIN 4020 ein Sachverständiger für Geotechnik eingeschaltet werden.

### **16.2 Baugruben und Böschungen**

Baugruben dürfen bis zu 1,25 m Tiefe über Schicht- bzw. Grundwasser ohne besondere Sicherung senkrecht ausgeschachtet werden. Baugruben mit Tiefen > 1,25 m können bei den anstehenden Böden über Schicht- bzw. Grundwasser bis in eine Tiefe von 5 m unter GOK mit einem Böschungswinkel von  $\alpha \leq 45^\circ$  angelegt werden. Bei Schichtwasser, wie es bei der Baugrunderkundung festgestellt wurde, ist eine Baugrubenböschung weiter abzuflachen, Wasserhaltungsmaßnahmen auszuführen und Sicherungsmaßnahmen wie z.B. die Aufbringung eines filterstabilen Auflastfilters vorzusehen. Sollen freie Böschungen unter Grund- bzw. Schichtwasser ohne zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen angelegt werden, ist vorab eine Grundwasserabsenkung mittels außerhalb der Baugrube liegenden Brunnen erforderlich. Nach einer Grundwasserabsenkung über außerhalb der Baugrube liegenden Brunnen können freie Böschungen mit einem Böschungswinkel von  $\alpha \leq 45^\circ$  angelegt werden. Wasserhaltungsmaßnahmen bzw. eine Grundwasserabsenkung muss durch die Untere Wasserbehörde des zuständigen Landratsamt genehmigt werden. Auswirkungen einer Grundwasserabsenkung auf benachbarte Gebäude sind zu betrachten. Die Angaben der DIN 4124 zur Herstellung von Baugrubenböschungen sind zu beachten.

Ein lastfreier Bereich neben den Böschungen von  $\geq 2,0$  m ist einzuhalten. Auf Baugrubenböschungen ist loser oder aufgelockerter Boden abzuräumen. Zum Schutz vor Witterungseinflüssen sind Böschungen bei länger offenstehenden Baugruben mit einer über die Bauzeit UV-beständigen Folie abzuhängen. An der Böschungskrone ist eine Tagwassersperre zur Vermeidung des Oberflächenwasserabflusses über die Böschung anzuordnen.

Bei hohen Lasten hinter der Böschung (Kran, BE-Fläche usw.), bei freien Böschungshöhen über 5 m, bei Nichteinhaltung der Aushubgrenzen nach DIN 4123 neben bestehenden Bauwerken und Leitun-

gen oder wenn das Gelände neben der Böschungskante steiler als 1:10 ansteigt,, muss die Standsicherheit der Baugrube über einen rechnerischen Nachweis nach DIN 4084 erbracht werden.

### 16.3 Bauwerksgründungen

Für die Gründung von Gebäuden über Einzel- und Streifenfundamente sind im Allgemeinen mindestens steife, nicht organische bindige bzw. gemischtkörnige Böden sowie grobkörnige Böden geeignet. Stehen weiche, nicht organische bindige bzw. gemischtkörnige Böden unter der geplanten Gebäudegründung an, kann das Gebäude ggf. je nach Schichtmächtigkeit bzw. unterschiedlicher Schichtmächtigkeit über eine Gründungsplatte gegründet werden. Eine Gründungsplatte führt erfahrungsgemäß zu einer besseren Lastverteilung und somit zur Verminderung bauwerksschädlicher Setzungsdifferenzen.

Eine frostsichere Einbindung von außenliegenden Einzel- und Streifenfundamenten bzw. Frostschürzen bei Gründungsplatten von mindestens 1,0 m unter GOK ist vorzusehen.

Aufgrund des festgestellten heterogenen Baugrundes und hohen Grund- bzw. Schichtwasserstandes im geplanten Neubaugebiet wird empfohlen, für jedes einzelne Bauvorhaben im Hinblick auf die spezifischen lokalen Verhältnisse eine gesonderte Baugrunduntersuchung auszuführen. Sämtliche Angaben zur Gründung sind auf die konkreten Planungen und Gebäudeabmessungen und -art abzustimmen und sind insbesondere hinsichtlich der Verträglichkeit der Setzungen usw. zu prüfen. Mischgründungen in unterschiedlichen Schichten sind zu vermeiden.

Für eine Vordimensionierung einer Gründung mittels **Einzel- und Streifenfundamenten** auf den mindestens steifen Moränensedimenten, wird unter Berücksichtigung einer Fundamenteinbindung von mindestens 0,8 m unter GOK bzw. Bodenplatte, für Streifenfundamente mit einer Fundamentbreite von  $b$  bzw.  $b' = 0,5$  m bis 1,0 m der Bemessungswert des Sohlwiderstandes mit  $s_{R,d} = 200$  kN/m<sup>2</sup> und für ein quadratisches Einzelfundament mit  $b$  bzw.  $b' = 0,8$  m bis 1,5 m mit  $s_{R,d} = 250$  kN/m<sup>2</sup> angegeben.

Die Bemessung einer elastisch gebetteten Gründungsplatte erfolgt mit dem Bettungsmodul- oder Steifemodulverfahren.

Nach dem DIN - Fachbericht 130 "Wechselwirkung Baugrund / Bauwerk bei Flachgründungen" erfolgt der Berechnungsablauf zur Bestimmung von Bettungsmoduln prinzipiell wie folgt:

1. Festlegung eines Startwertes für das Bettungsmodul durch den Baugrundgutachter
2. Berechnung von Vertikalverschiebungen und Sohldrücken mit dem Bettungszifferverfahren durch den Tragwerksplaner
3. Setzungsberechnung nach DIN 4019 ( $EI = 0$ ) mit der aus (2.) gewonnenen Sohldruckverteilung durch den Baugrundgutachter
4. Vergleich der Vertikalverschiebungen aus (2.) mit den Setzungen aus (3.) durch den Tragwerksplaner
5. Neuberechnung der Bettungsmoduln aus den Quotienten Sohldruck (2.) und Setzung aus (3.) durch den Baugrundgutachter

Sofern in (4.) ausreichende Übereinstimmung zwischen den Vertikalverschiebungen aus (2.) und den Setzungen aus (3.) festgestellt wurde, kann die Iteration abgebrochen werden. Ist dies nicht der Fall, so erfolgt eine Neuberechnung ab (2.).

Nach einer ausreichenden Übereinstimmung der Vertikalverformung kann von einem näherungsweise korrekten Ansatz des Baugrundmodells in der statischen Berechnung ausgegangen werden. Die ermittelten Verformungen bzw. Differenzverformungen sind vom Tragwerksplaner hinsichtlich der Bauwerks- bzw. Tragwerksverträglichkeit zu überprüfen und müssen ggf. durch zusätzliche Maßnahmen wie z.B. durch die Ausbildung einer dickeren Platte oder durch einen Bodenaustausch bzw. Teilbodenaustausches unter der Gründungsplatte reduziert werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass das Bettungsmodul keine Bodenkonstante bzw. ein Verformungsparameter ist. Die Größe als auch die Verteilung des Bettungsmoduls werden neben der nichtlinearen Bodensteifigkeit von der Größe der Belastungsfläche, Höhe der Gesamtlast, Verteilung der Lasten sowie der Biegesteifigkeit der Platte einschließlich der aussteifenden Wände signifikant beeinflusst.

#### 16.4 Abdichtung von erdberührten Bauteilen

Eine Abdichtung von erdberührten Bauteilen nach DIN 18533-1 ist auf der dem Wasser zugewandten Bauteilseite anzuordnen. Bodenplatten aus Beton dürfen bei nicht drückendem Wasser auch oberseitig abgedichtet werden.

Auf der Grundlage der hergestellten Baugrundaufschlüsse stehen im geplanten Baugebiet wenig wasserdurchlässige Böden mit einem Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k_f \leq 1 \times 10^{-4}$  m/s an. Der Bemessungswasserspiegel ist auf Geländeoberkante anzusetzen.

Erdberührte Bauteile sind nach DIN 18533-1 **unter dem Bemessungswasserstand** nach der Wassereinwirkungsklasse W2-E (drückendes Wasser) bis 30 cm über den Bemessungswasserstand abzudichten.

Erdberührte Wände und Bodenplatten, welche bis 3 m unter dem Bemessungswasserstand (Stau-, Grund- und Hochwasser bis 3 m Wassersäule) liegen, sind nach DIN 18533-1 nach der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E abzudichten. Erdberührte Wände und Bodenplatten, welche über 3 m unter dem Bemessungswasserstand (Stau-, Grund- und Hochwasser mit über 3 m Wassersäule) liegen, sind nach DIN 18533-1 nach der Wassereinwirkungsklasse W2.2-E abzudichten.

Alternativ zu einer Abdichtung bei der Wassereinwirkungsklasse W2-E nach DIN 18533-1 kann auch eine Abdichtung nach der WU-Richtlinie erfolgen. Hierbei ist bei höherwertig genutzten Räumen die Wasserdampfdiffusion durch den WU-Beton zu beachten.

Bei der Wassereinwirkungsklasse W2-E und bei einer Abdichtung nach der WU-Richtlinie ist für das abzudichtende Bauwerk ein statischer Nachweis gegen Auftrieb und Wasserdruck unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes erforderlich.

Für Abdichtungen von nicht drückendem Wasser von erdüberschütteten Decken sowie von Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel und Kapillarwasser in und unter erdberührten Wänden wird auf die DIN 18533-1 verwiesen.

Bei der Auswahl der Abdichtungsbauart ist vom Planer zusätzlich die Rissklasse, Rissüberbrückungsklasse, Raumnutzungsklasse und Zuverlässigkeitsanforderungen nach DIN 18355-1 zu berücksichtigen.

### **16.5 Arbeitsraumverfüllung**

Für die Verfüllung von Arbeitsräumen sowie für Geländeprofilierungen, die nicht zur Lastabtragung von Bauwerklasten herangezogen werden, können die anstehenden Böden bei mindestens steifer Konsistenz und fachgerechter Verdichtung sowie fachgerechter Lagerung bis zum Wiedereinbau wiederverwendet werden, sofern geringe Nachsetzungen von 1 bis 3 % der Auffüllhöhe toleriert werden können.

Sollen Nachsetzungen über der Arbeitsraumverfüllung (Zugänge, Stellplätze, Verkehrsflächen, Terrassen etc.) verringert werden, sind gut verdichtbare grobkörnige Böden oder mit Bindemittel stabilisierte bindige und gemischtkörnige Böden zu verwenden. Die Verdichtung sollte hierbei mindestens 100 % der einfachen Proctordichte betragen. Um Tagwassereintritte in den Arbeitsraum zu verringern, sollten die außerhalb des Bauwerks und außerhalb von befestigten Flächen liegenden Arbeitsraumverfüllungen auf den obersten 0,5 m mit gering durchlässigem bindigen Boden verfüllt werden.

Geländeanschüttungen über das ehemalige Geländeniveau im Einflussbereich einer Bauwerksgründung können zu zusätzlichen Setzungen bzw. bauwerksschädlichen Differenzsetzungen führen. Sind Geländeaufschüttungen im Bereich von Gebäuden vorgesehen, sind diese frühzeitig aufzubringen, damit ein Großteil der Setzungen vor Erstellung von Bauwerken bereits abgeklungen ist.

### **16.6 Regenwasserversickerung**

Das geplante Baufeld liegt nach den Wasserschutzgebietskarten der Umweltverwaltung (Stand Juni 2015) ergänzt um die vom RPF/LGRB hydrogeologisch abgegrenzten Wasser- und Heilquellenschutzgebiete außerhalb von Wasser- und Quellenschutzgebieten. Diesbezüglich bestehen keine genehmigungsrechtlichen Einschränkungen für eine geplante Regenwasserversickerung.

Für die Planung von Versickerungsanlagen wird üblicherweise ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 1 \times 10^{-6}$  m/s als unterer Grenzwert angesehen. Aufgrund der im Baugebiet aufgeschlossenen zumeist angetroffenen gering wasserdurchlässigen Böden und des festgestellten hohen Grund- bzw.

Schichtwasserspiegels sowie der Hanglage wird die Versickerung von Regenwasser über eine zentrale Versickerungsanlage bzw. dezentrale Versickerungsanlagen nicht empfohlen.

### **16.7 Erd- und Wasserdruck**

Die unter dem Erdreich liegenden Außenwände sind auf den erhöhten aktiven Erddruck nach DIN 4085 zu bemessen. Bei starker Verdichtung der Arbeitsraumverfüllung sollte mit dem Verdichtungs-erddruck nach DIN 4085 gerechnet werden, der größer als der erhöhte aktive Erddruck ist.

Bauwerke sind bis zum vorgegebenen Bemessungswasserstand auf Wasserdruck zu bemessen. Außerdem ist die Auftriebssicherheit für alle Bauzustände und den Endzustand nachzuweisen. Die Auftriebssicherheit im Bauzustand ist durch Flutungsöffnungen sicherzustellen. Gegebenenfalls kann für eine wirtschaftliche Bauwerksbemessung in Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde des zuständigen Landratsamtes eine Sicherheitsdrainage zur Reduzierung der Wassereinstauhöhe mit Anschluss an eine geeignete Vorflut eingebaut werden.

### **16.8 Geothermische Energienutzung**

Das Baufeld liegt nach den Wasserschutzgebietskarten der Umweltverwaltung (Stand Juni 2015), ergänzt um die vom RPF/LGRB hydrogeologisch abgegrenzten Wasser- und Heilquellenschutzgebiete, außerhalb von Wasser- und Quellenschutzgebieten. Diesbezüglich bestehen keine genehmigungsrechtlichen Einschränkungen für eine geothermische Energienutzung. Eine flurstücksgenaue Überprüfung dieses Sachverhaltes durch das zuständige Landratsamt ist erforderlich.

#### Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden:

Im geplanten Erschließungsgebiet besteht eine Beschränkung der Bohrtiefe auf 221 m aufgrund genutzter bzw. nutzbarer Grundwasservorkommen.

Es muss mit keinen geotechnischen Schwierigkeiten beim Bohren oder Ausbau durch Karsthohlräume, größere Spalten, durch sulfathaltiges Gestein (Anhydrit) oder durch zementangreifendes Grundwasser werden.

Artesisch gespanntes Grundwasser sowie Gasaustritte (Erdgas) während der Bohr- und Ausrüstungsarbeiten sind möglich. Beim Antreffen von artesisch gespanntem Grundwasser sind die Bohrungen und der Einbau von Erdwärmesonden mit der Unteren Wasserbehörde des zuständigen Landratsamtes abzustimmen.

Als Anhaltswert kann für eine Erdwärmesonde ohne Beeinflussung von anderen Erdwärmesonden für eine Sondentiefe von 100 m nachfolgende Wärmeentzugsleistung in Abhängigkeit der Betriebszeit pro Jahr angegeben werden.

2400 Std./a = 4500 W

1800 Std./a = 5400 W

Bei der Erfordernis mehrerer Erdwärmesonden ist eine Bemessung der Erdwärmesonden unter Berücksichtigung der gegenseitigen Beeinflussung zwingend notwendig.

#### Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmekollektoren:

Alternativ können auch Erdwärmekollektoren (Erdwärmekörbe, Erdwärmeflächenkollektoren oder Grabenkollektoren) eingebaut werden, die bis in Tiefen von ca. 5 m die Erdwärme nutzen.

### **16.9 Erdbebensicherheit**

Gemäß DIN 4149: 2005-04 - Bauten in deutschen Erdbebengebieten- sowie der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg ergibt sich für das geplante Bauvorhaben folgende Zuordnung:

<b>Erdbebenzone</b>	<b>1</b>	Intensitätsintervalle 6,5 $\leq I < 7$ Bemessungswert der Bodenbeschleunigung $a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$
<b>Untergrundklasse</b>	<b>S</b>	Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung
<b>Baugrundklasse</b>	<b>C</b>	Stark bis völlig verwitterte Festgesteine oder grobkörnige, gemischtkörnige und feinkörnige Lockergesteine

## 17. Schlussbemerkungen

Die Ausführungen im Bericht beruhen auf punktuell durchgeführten Baugrundaufschlüssen. Naturgemäß sind Schwankungen der Schichtgrenzen der einzelnen Böden- bzw. geologischen Schichten sowie der festgestellten Grund- bzw. Schichtwasserstände zwischen den Aufschlusspunkten möglich. Treten von den beschriebenen Baugrund- und Grundwasserverhältnissen wesentliche Abweichungen auf, ist der geotechnische Sachverständige umgehend zu informieren.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass dieser geotechnische Bericht zur Erschließung des Baugebietes die einzelnen Bauherren nicht von der Verantwortung entbindet, den lokalen Baugrund im Bereich ihres Grundstücks untersuchen zu lassen.

Für den Erdbau (Kanal- und Straßenbau) wird empfohlen, einen geotechnischen Sachverständigen zur Beratung, Prüfung (Tragfähigkeits- und Verdichtungskontrollen) und Qualitätssicherung mit einzuschalten. Eigenüberwachungsmaßnahmen der ausführenden Firma stellen erfahrungsgemäß keine verlässliche Qualitätskontrolle für den Bauherrn dar.

Sofern Fragen zum Geotechnischen Bericht auftreten, stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.



(Projektleitung)

Prof. Dipl.-Ing. Rolf Schrodi



(Projektbearbeitung)

Dipl.-Ing. Christian Rauser-Härle

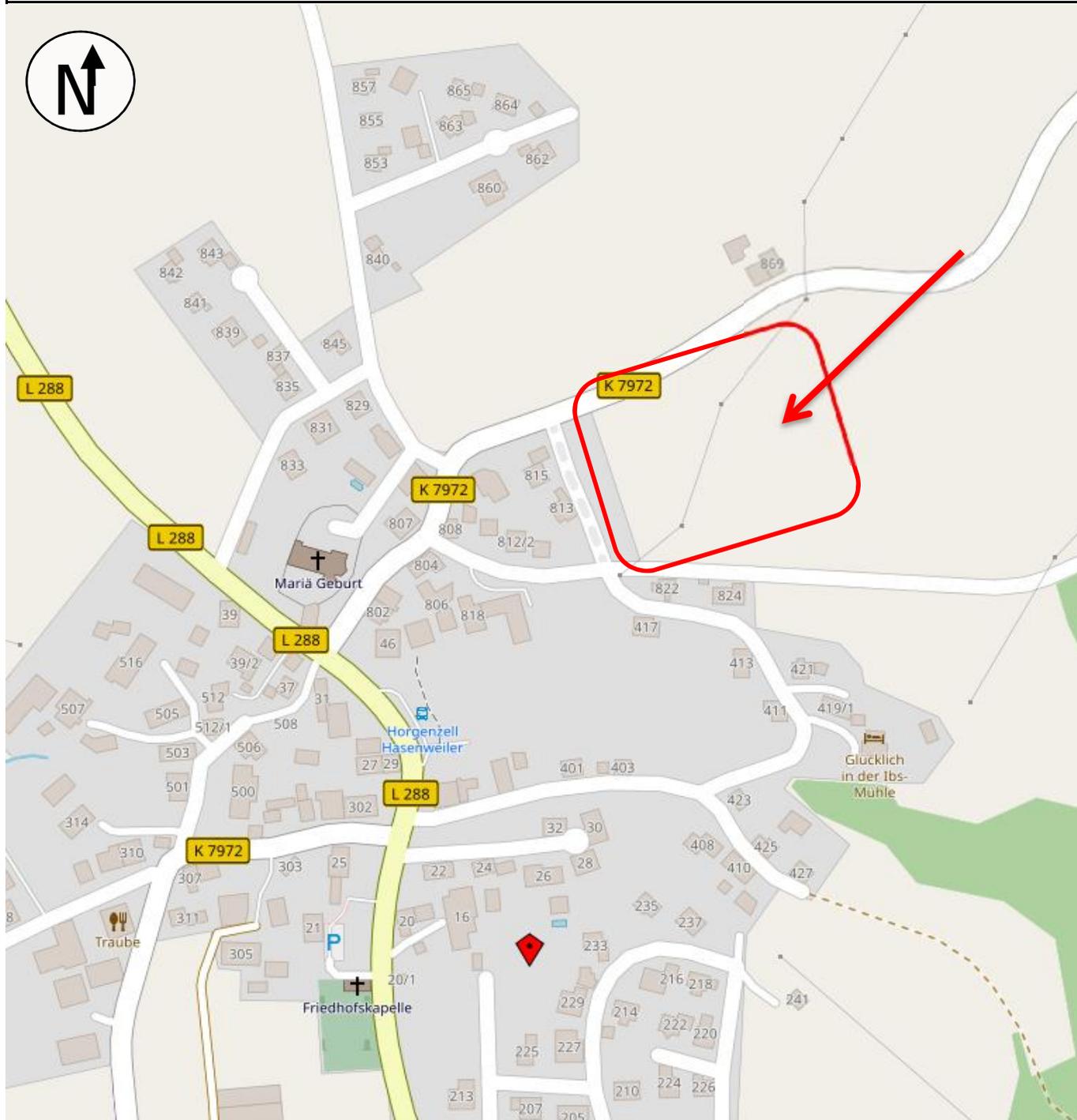


Von der Industrie- und Handelskammer  
Ulm öffentlich bestellter und  
vereidigter Sachverständiger für  
Erd- und Grundbau; Felsböschungen

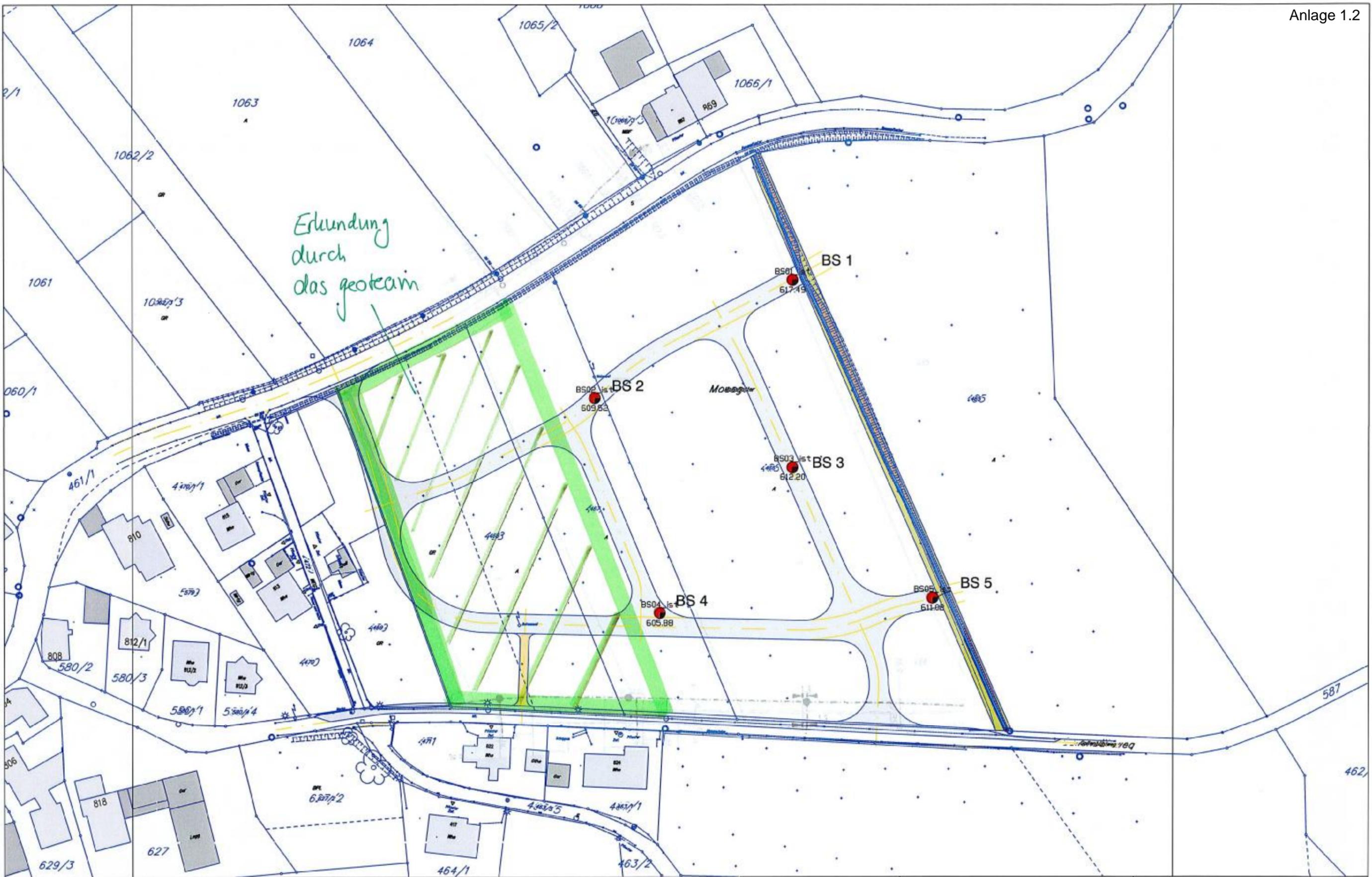
# Übersichtslageplan

HENKE UND PARTNER GMBH  
Ingenieurbüro für Geotechnik

Projekt: BV Erschließung Neubaugebiet "Moosgatter" in 88263 Horgenzell - Hasenweiler

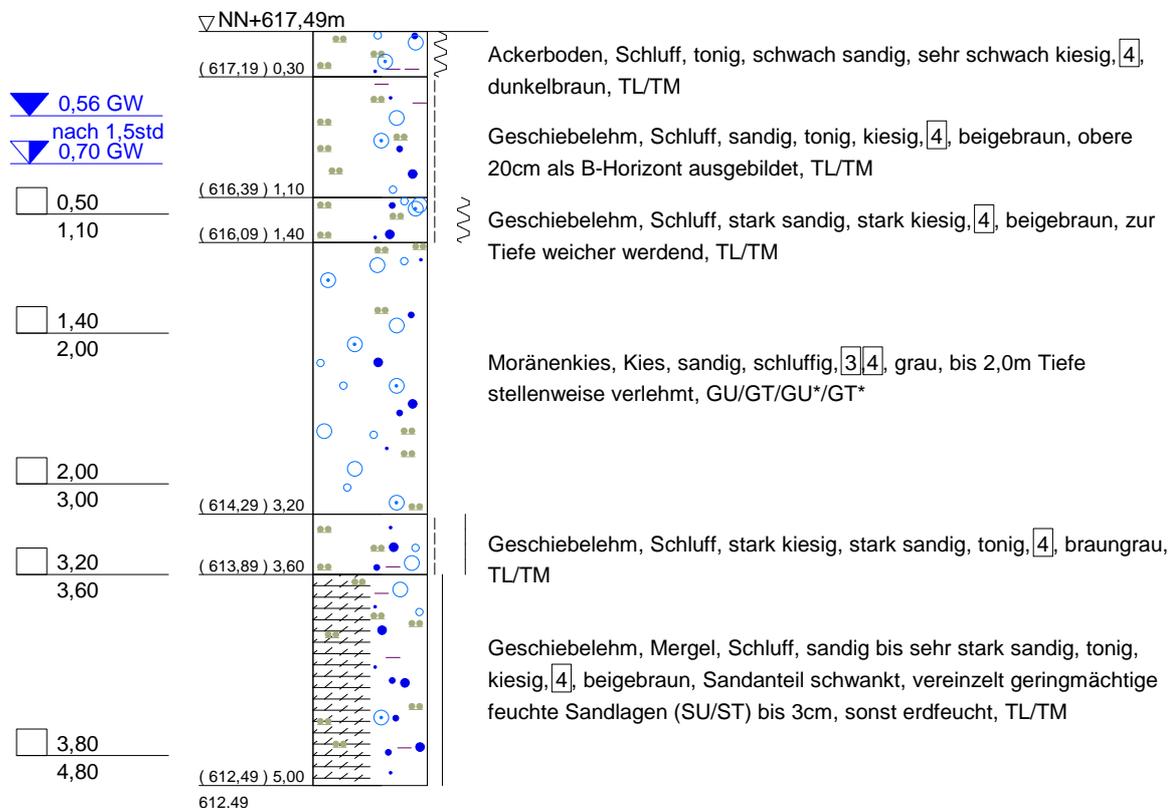


Karte: Ó openstreetmap



Stadt/Gemeinde: Gemarkung u. Flur:	Hörgenzell Hasenweiler	Henke und Partner GmbH Dipl.-Ing.(FH) A. Förster Vor dem Hummelsholz 4 78056 VS-Schwenningen Tel. 07720 / 958686 Fax 07720/958687
Lageplan Baugrundaufschlüsse BV V18005 Hasenweiler Interkundung.dwg		
07.02.2018		Maßstab 1:1000

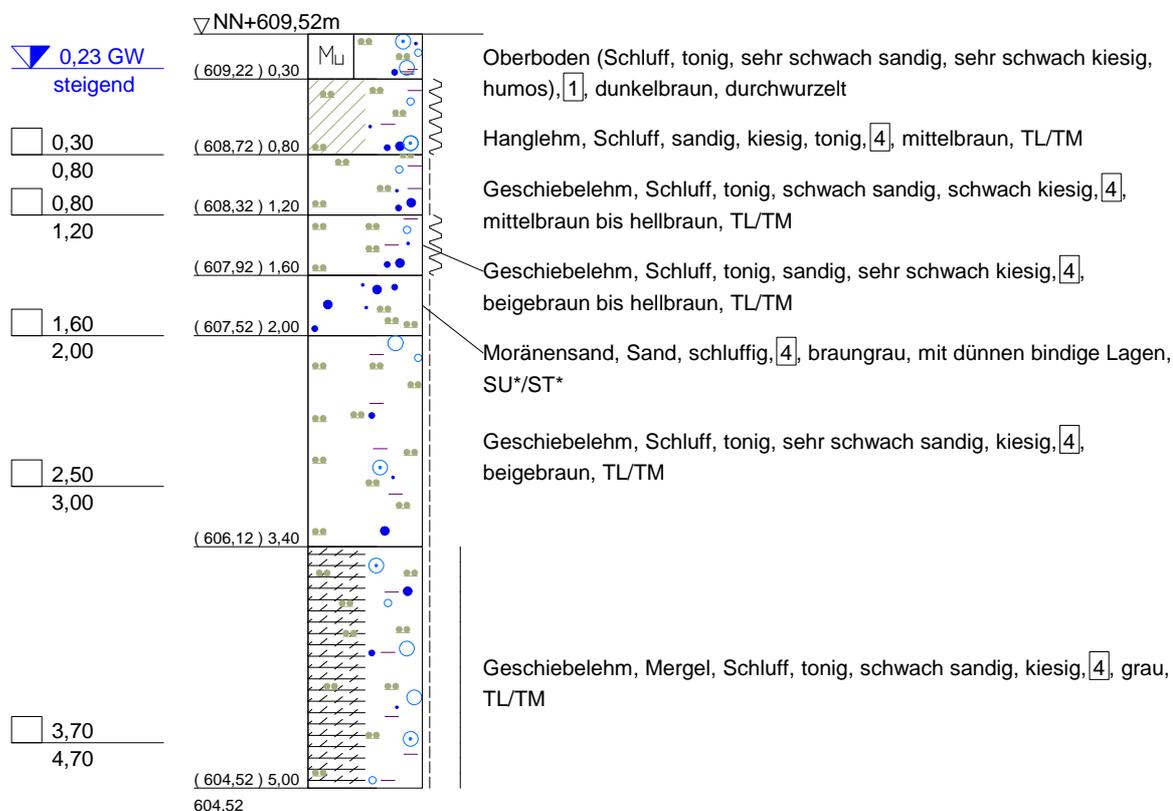
# BS 1



Ausbau zu temporärem Pegel  
2m Filter-, 1m Vollrohr, 0,52m Überstand

<b>Bauvorhaben:</b> BV Erschließung Neubaugebiet "Moosgatter" in 88263 Horgenzell - Hasenweiler	
<b>Planbezeichnung:</b> Bohrsondierung (BS) 1	
Plan-Nr: HWBAUG BS 1	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emiliensstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: aw
	Gezeichnet: 19.01.18
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: HWBAUG	

# BS 2



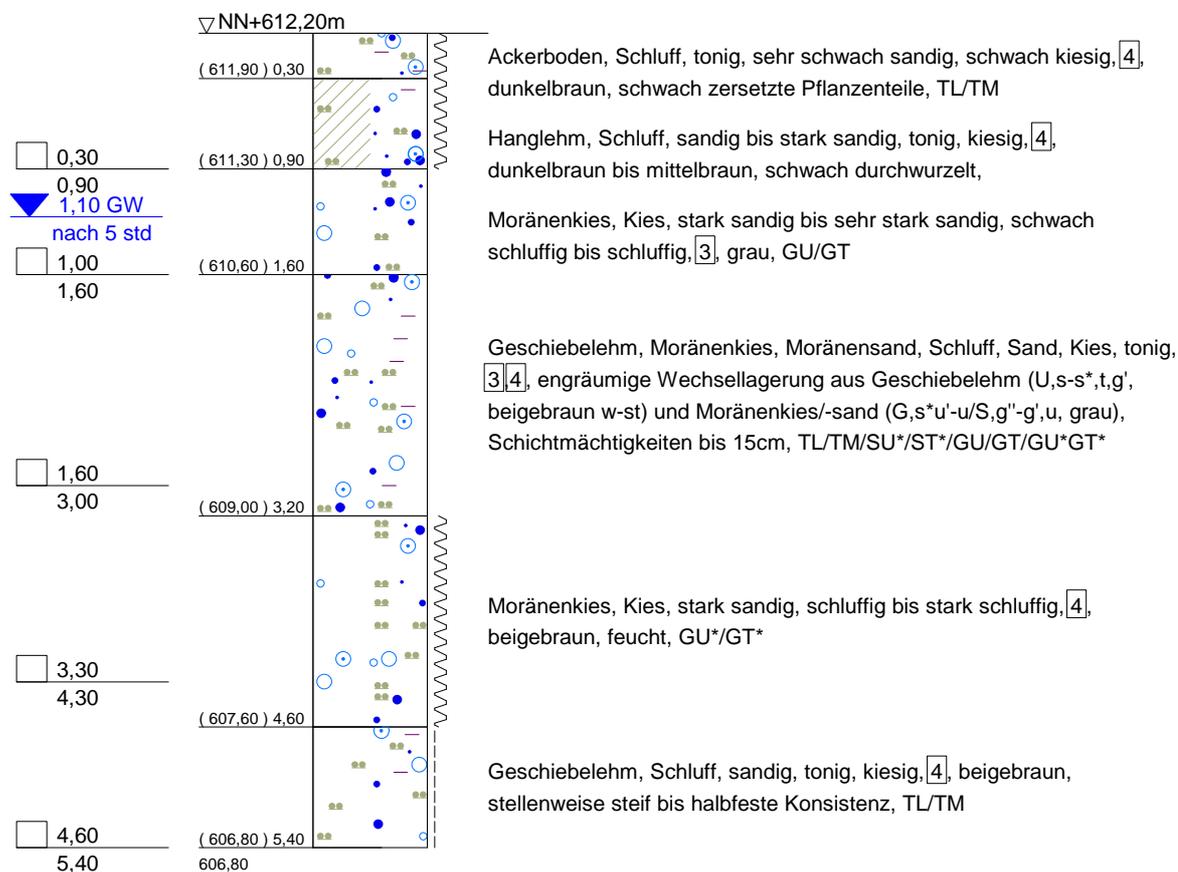
Sondierloch standfest bis 1,83m Tiefe

**Bauvorhaben:**  
 BV Erschließung Neubaugebiet "Moosgatter"  
 in 88263 Horgenzell - Hasenweiler

**Planbezeichnung:**  
 Bohrsondierung (BS) 2

Plan-Nr: HWBAUG BS 2	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emiliensstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: aw
	Gezeichnet: 19.01.18
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: HWBAUG	

### BS 3

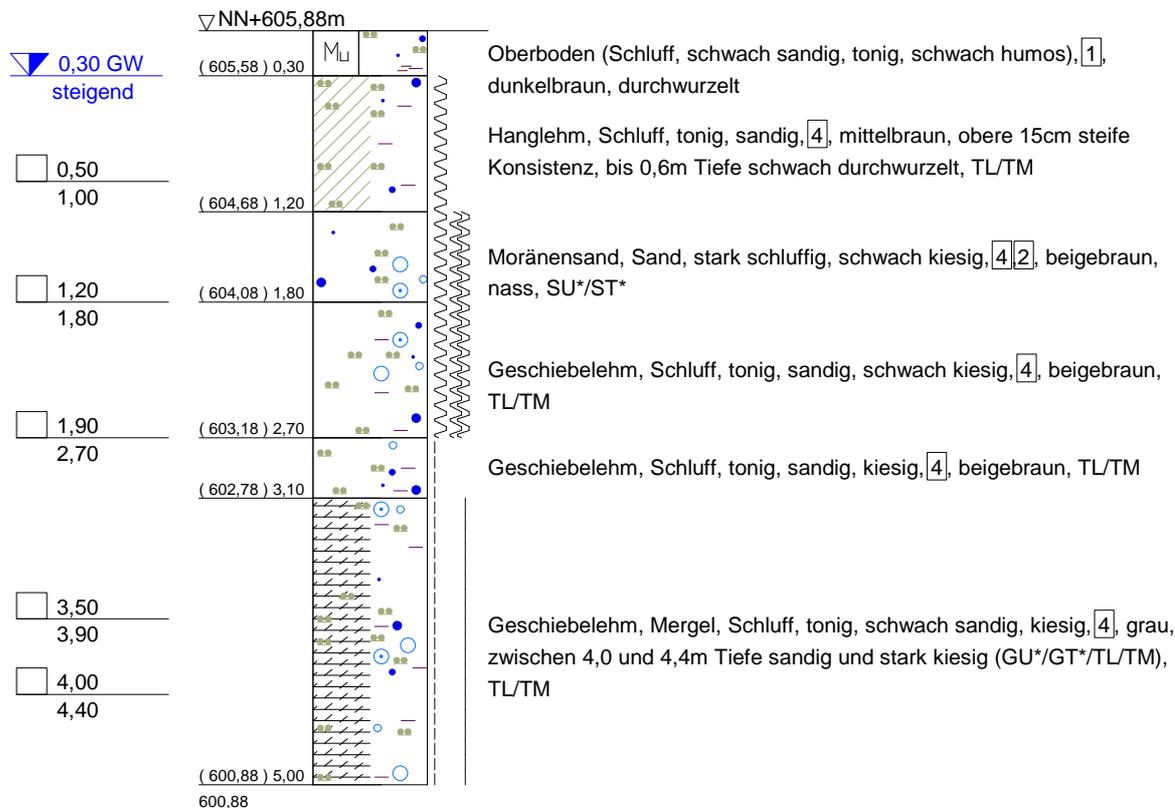


letzte 3cm in Schappe mit kiesigem Material

Ausbau zu temporärem Pegel  
2m Filter-, 1m Vollrohr, 0,40m Überstand

<b>Bauvorhaben:</b> BV Erschließung Neubaugebiet "Moosgatter" in 88263 Horgenzell - Hasenweiler		
<b>Planbezeichnung:</b> Bohrsondierung (BS) 3		
Plan-Nr: HWBAUG BS 3	Maßstab: 1:50	
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: aw	Datum: 19.01.18
	Gezeichnet:	
	Geändert:	
	Gesehen:	
Projekt-Nr: HWBAUG		

# BS 4



Sondierloch standfest bis 1,53m Tiefe

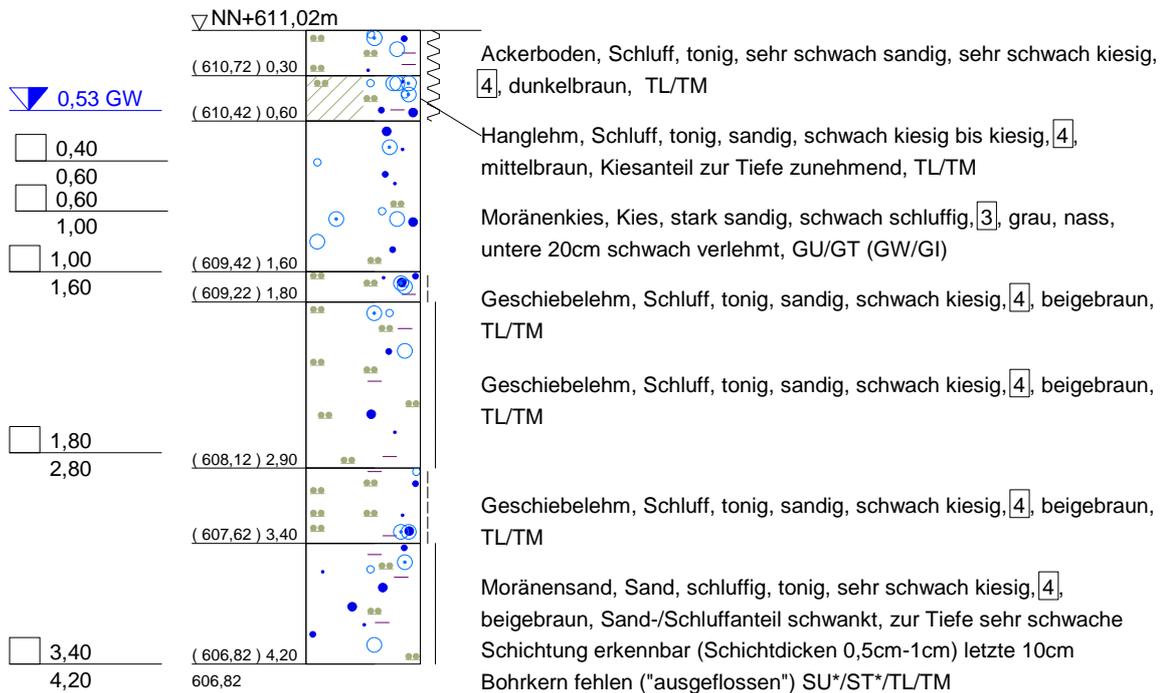
für Versickerungsversuch aufgefüllt bis GOK  
Absenkung des Wassers bis 0,24m u.GOK

**Bauvorhaben:**  
 BV Erschließung Neubaugebiet "Moosgatter"  
 in 88263 Horgenzell - Hasenweiler

**Planbezeichnung:**  
 Bohrsondierung (BS) 4

Plan-Nr: HWBAUG BS 4	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emiliensstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: aw
	Gezeichnet: 19.01.18
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: HWBAUG	

# BS 5



Sondierloch standfest bis 0,86m Tiefe  
 bei 4,2m Tiefe kein weiterer Bohrfortschritt zu erzielen,

**Bauvorhaben:**  
 BV Erschließung Neubaugebiet "Moosgatter"  
 in 88263 Horgenzell - Hasenweiler

**Planbezeichnung:**  
 Bohrsondierung (BS) 5

Plan-Nr: HWBAUG BS 5	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emiliensstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: aw
	Gezeichnet: 19.01.18
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: HWBAUG	

**Zeichenerklärung (DIN 4023)****HENKE UND PARTNER GMBH**  
Ingenieurbüro für GeotechnikBodenarten

Blöcke	mit Blöcken	Y y	
Steine	steinig	X x	
Kies	kiesig	G g	
Sand	sandig	S s	
Schluff	schluffig	U u	
Ton	tonig	T t	
Torf	torfig	H h	
Mergel	mergelig	Mg mg	
Auffüllung		A	

Felsarten

Fels allgemein	Z	
Fels verwittert	Zv	
Brekzie, Konglomerat	Gst	
Sandstein	Sst	
Schluffstein	Ust	
Tonstein	Tst	
Kalkstein	Kst	
Mergelstein	Mst	
Granit, Gneis	Ma	

Korngrößenbereich

f	fein
m	mittel
g	grob

Nebenanteile

t'	schwach (< 15 %), z.B. schwach tonig
ḡ	stark (ca. 30-40 %), z.B. stark kiesig

Konsistenz/ Lagerungsdichte

	flüssig		halbfest		locker
	breiig		fest		dicht
	weich	∩	klüftig		mittel dicht
	steif	∩	stark klüftig, brüchig		sehr dicht

Probenentnahmen und Grundwasser

BP		Becherprobe
EP		Eimerprobe
GP		Glasprobe
ZP		Zylinderprobe
HP		Head-Space Probe
UP		ungestörte Probe
		Grundwasser angebohrt
		Grundwasser nach Bohrende
		Ruhewasserstand
k. GW		kein Grundwasser

# Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Projekt: BV Erschließung Neubaugebiet "Moosgatter" in 88263 Horgenzell-Hasenweiler

Probe	Material	w <sub>n</sub> %	w <sub>l</sub> %	w <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	I <sub>c</sub>	Konsistenz	Körnungsziffer T-U-S-G	BA nach DIN 18196	ρ t/m <sup>3</sup>	ρ <sub>D</sub> t/m <sup>3</sup>	j' (°)	c' kN/m <sup>2</sup>	c <sub>u</sub> kN/m <sup>2</sup>	E <sub>s</sub> kN/m <sup>2</sup>	Bemerkungen
BS 1 / 0,5-1,1	Geschiebelehm	16,1														
BS 1 / 1,4-2,0	Moränenkies	14,0							GU*/GT*							Feinanteil: 17,5 %
BS 1 / 2,0-3,0	Moränenkies	10,2														
BS 1 / 3,2-3,6	Geschiebelehm	10,1														
BS 1 / 3,8-4,8	Geschiebelehm	11,1														
BS 2 / 0,3-0,8	Verwitterungslehm	21,6														
BS 2 / 0,8-1,2	Geschiebelehm	23,4														
BS 2 / 1,6-2,0	Moränensand	20,6							SU*/ST*							Feinanteil: 33,3 %
BS 2 / 2,5-3,0	Geschiebelehm	13,3														
BS 2 / 3,7-4,7	Geschiebelehm	16,1														
BS 3 / 0,3-0,9	Verwitterungslehm	20,8														
BS 3 / 1,0-1,6	Moränenkies	13,9														
BS 3 / 1,6-3,0	Moränensediment	12,3														
BS 3 / 3,3-4,3	Moränenkies	8,5														
BS 3 / 4,6-5,4	Geschiebelehm	15,2														

kursiv angegebene Konsistenzen abgeschätzt anhand w<sub>n</sub>

E<sub>s</sub> = Steifemodul im Lastintervall 200 - 400 kN/m<sup>2</sup>

bearb.	jf	gepr.		geseh.	
--------	----	-------	--	--------	--

Anlage 3.1.1

# Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Projekt: BV Erschließung Neubaugebiet "Moosgatter" in 88263 Horgenzell-Hasenweiler

Probe	Material	w <sub>n</sub> %	w <sub>l</sub> %	w <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	I <sub>c</sub>	Konsistenz	Körnungsziffer T-U-S-G	BA nach DIN 18196	γ t/m <sup>3</sup>	γ <sub>D</sub> t/m <sup>3</sup>	j' (°)	c' kN/m <sup>2</sup>	c <sub>u</sub> kN/m <sup>2</sup>	E <sub>s</sub> kN/m <sup>2</sup>	Bemerkungen
BS 4 / 0,5-1,0	Verwitterungslehm	23,3	27,9	18,9	9,0	0,52	weich		TL							
BS 4 / 1,2-1,8	Moränensand	20,1							SU*/ST*							Feinanteil: 26,7 %
BS 4 / 1,9-2,7	Geschiebelehm	22,7	27,2	18,5	8,7	0,52	weich		TL							
BS 4 / 3,5-3,9	Geschiebelehm	10,9														
BS 4 / 4,0-4,4	Geschiebelehm	8,3														
BS 5 / 0,4-0,6	Verwitterungslehm	20,1														
BS 5 / 0,6-1,0	Moränenkies	9,1														
BS 5 / 1,0-1,6	Moränenkies	5,2														
BS 5 / 1,8-2,8	Geschiebelehm	16,2														
BS 5 / 3,4-4,2	Moränensand	15,5														

kursiv angegebene Konsistenzen abgeschätzt anhand w<sub>n</sub>

E<sub>s</sub> = Steifemodul im Lastintervall 200 - 400 kN/m<sup>2</sup>

bearb.	jf	gepr.		geseh.	
--------	----	-------	--	--------	--

Projekt: BV Erschließung Neubaugebiet "Moosgatter" in 88263 Horgenzell-Hasenweiler

Probe: BS 4\_0,5 - 1,0 m Bodenart: Verwitterungslehm

Datum: 29.01.18

nat. Wassergehalt  $w_n$ : **23,3** %

Fließgrenze  $w_L$ : **27,9** %

Ausrollgrenze  $w_P$ : **18,9** %

Plastizitätszahl  $I_P = w_L - w_P$ : **9,0**

Konsistenzzahl  $I_C = (w_L - w_n) / I_P$ : **0,52**

Bodenart nach DIN 18 196: **TL**

Konsistenz: **weich**

Maximaler Wassergehalt **halbfest** ( $I_C = 1,0$ ):

**18,9** %

Wassergehalt **steif** ( $I_C = 0,75-1,0$ ) von:

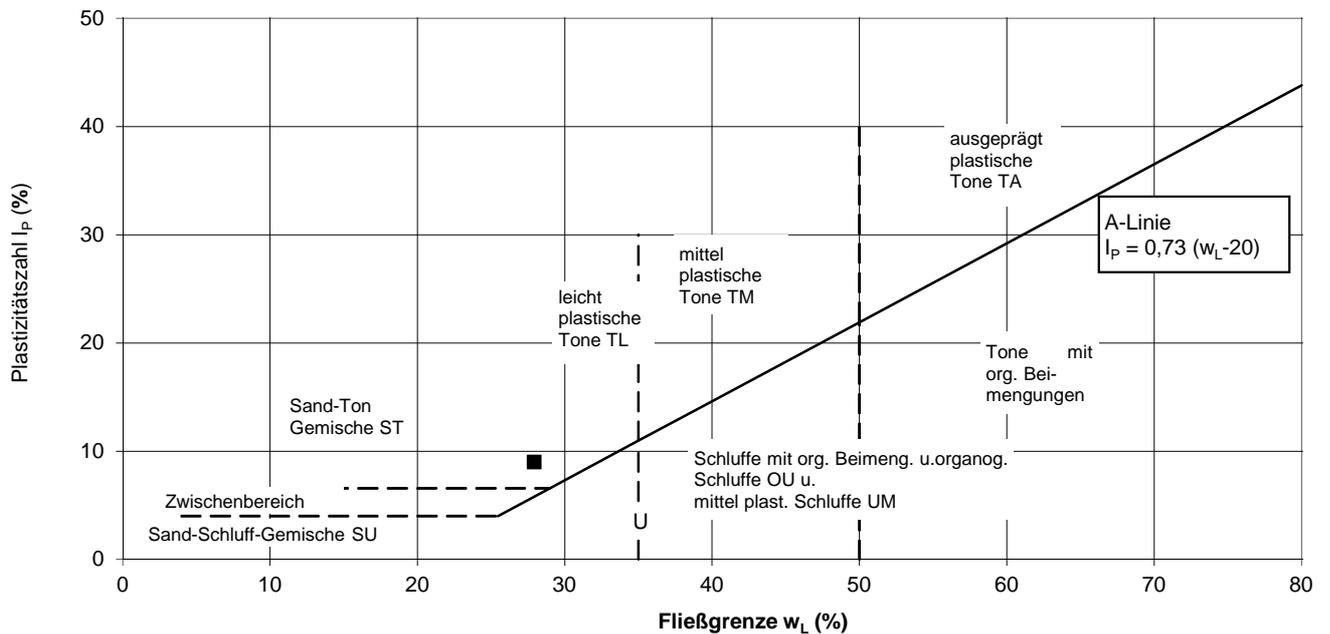
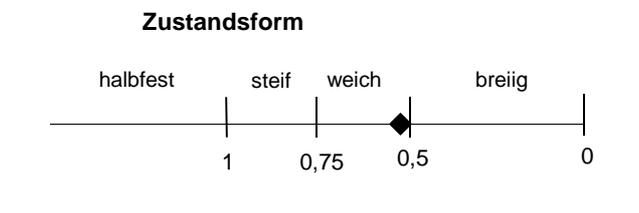
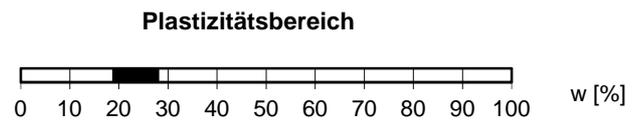
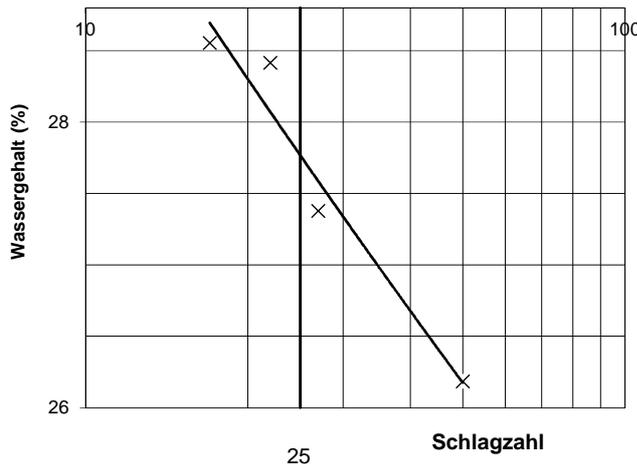
**21,2** % bis **19,0** %

Wassergehalt **weich** ( $I_C = 0,5-0,75$ ) von:

**23,4** % bis **21,3** %

Wassergehalt **breiig** ( $I_C = 0,0-0,5$ ) von:

**27,9** % bis **23,5** %



bearb. jf gepr. gesehen.

Projekt: BV Erschließung Neubaugebiet "Moosgatter" in 88263 Horgenzell-Hasenweiler

Probe: BS 4\_1,9 - 2,7 m Bodenart: Geschiebelehm

Datum: 29.01.18

nat. Wassergehalt  $w_n$ : **22,7** %

Fließgrenze  $w_L$ : **27,2** %

Ausrollgrenze  $w_P$ : **18,5** %

Plastizitätszahl  $I_P = w_L - w_P$ : **8,7**

Konsistenzzahl  $I_C = (w_L - w_n) / I_P$ : **0,52**

Bodenart nach DIN 18 196: **TL**

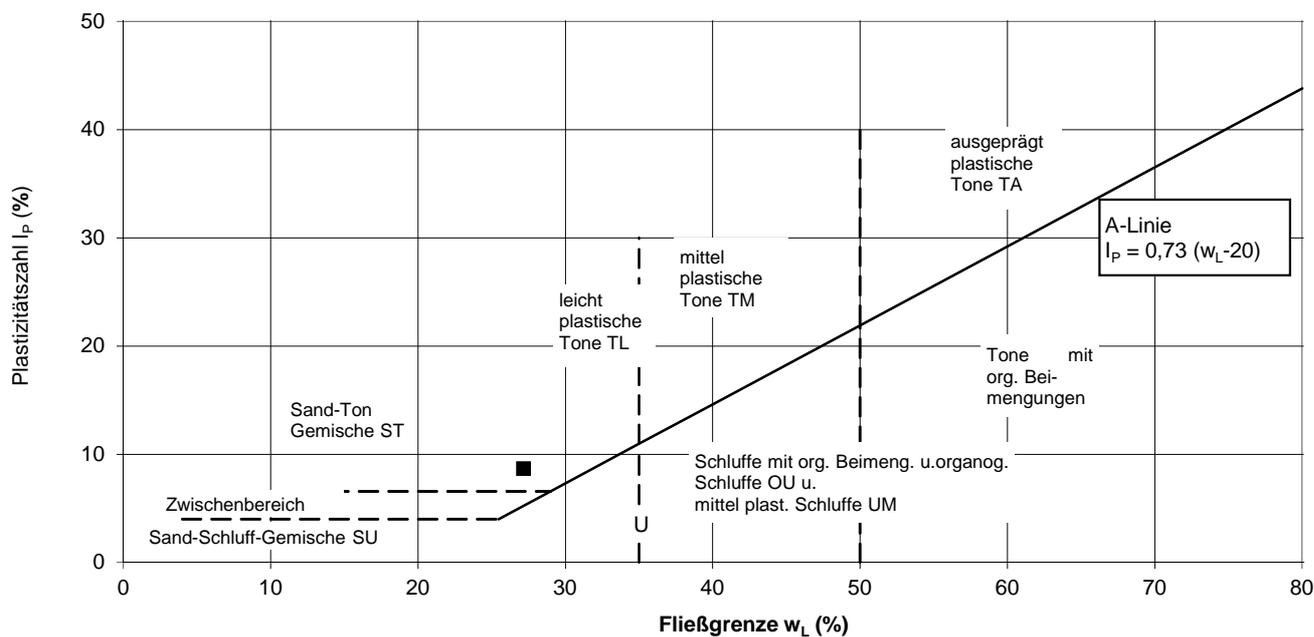
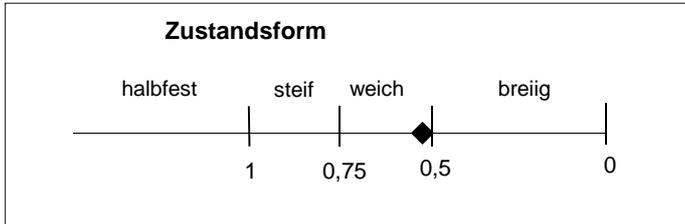
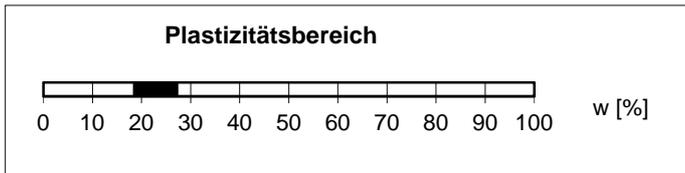
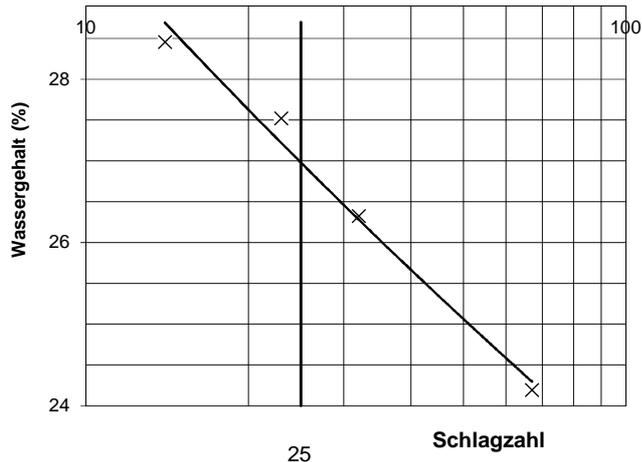
Konsistenz: **weich**

Maximaler Wassergehalt **halbfest** ( $I_C = 1,0$ ): **18,5** %

Wassergehalt **steif** ( $I_C = 0,75-1,0$ ) von: **20,7** % bis **18,6** %

Wassergehalt **weich** ( $I_C = 0,5-0,75$ ) von: **22,8** % bis **20,8** %

Wassergehalt **breiig** ( $I_C = 0,0-0,5$ ) von: **27,2** % bis **22,9** %



bearb. jf gepr. geseh.

HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik  
Waldseer Straße 51  
88400 Biberach

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>555/0475-2</b>	<b>Datum:</b>	<b>03.03.2018</b>
----------------------------	-------------------	---------------	-------------------

### Allgemeine Angaben

Auftraggeber : HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik  
 Projekt :  
 Projekt-Nr. : HWBAUG  
 Entnahmestelle : Art der Probenahme : PN 98  
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
 Entnahmedatum : 30.01.2018 Probeneingang : 06.02.2018  
 Originalbezeich. : MP 1  
 Probenbezeich. : 555/0475 Untersuch.-zeitraum : 06.02.2018 – 03.03.2018

## 1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz (VwV BW)

### 1.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0		Z 0*	Z 1.1/2	Z 2	Methode
			(S)	(L/L)				
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe								DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	91,5	-	-	-	-	-	DIN ISO 11465
Arsen	[mg/kg TS]	3,5	10	15	15	45	150	EN ISO 11885
Blei	[mg/kg TS]	6,3	40	70	140	210	700	EN ISO 11885
Cadmium	[mg/kg TS]	0,2	0,4	1	1	3	10	EN ISO 11885
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	113	30	60	120	180	600	EN ISO 11885
Kupfer	[mg/kg TS]	13	20	40	80	120	400	EN ISO 11885
Nickel	[mg/kg TS]	85	15	50	100	150	500	EN ISO 11885
Quecksilber	[mg/kg TS]	< 0,02	0,1	0,5	1	1,5	5	DIN EN ISO 12846
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	0,4	0,7	0,7	2,1	7	EN ISO 11885
Zink	[mg/kg TS]	34	60	150	300	450	1500	EN ISO 11885
Aufschluß mit Königswasser								EN 13657
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5	1	1	3	10		DIN 38 414 – S17
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30	100	200	300	1000		ISO/DIS 16703
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	< 50	-	400	600	2000		ISO/DIS 16703
Cyanid (gesamt)	[mg/kg TS]	< 0,25	-	-	3	10		DIN EN ISO 17380:11

## 1.2 Polychlorierte Biphenyle (PCB), BTXE, LHKW, PAK

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 0*	Z 1.1/2	Z 2	Methode
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 138	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 153	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 180	[mg/kg TS]	< 0,01					
<b>Σ PCB:</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	0,05	0,1	0,15	0,5	DIN EN 15308
Benzol	[mg/kg TS]	< 0,1					
Toluol	[mg/kg TS]	< 0,1					
Ethylbenzol	[mg/kg TS]	< 0,1					
m,p-Xylol	[mg/kg TS]	< 0,1					
o-Xylol	[mg/kg TS]	< 0,1					
<b>Σ BTXE:</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	1	1	1	1	HLUG, HB, AL B7,4
Vinylchlorid	[mg/kg TS]	< 0,01					
Dichlormethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
1-2-Dichlorethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
cis 1,2 Dichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
trans-Dichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
Chloroform	[mg/kg TS]	< 0,01					
1.1.1- Trichlorethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
Tetrachlormethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
Trichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
Tetrachlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
<b>Σ LHKW:</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	1	1	1	1	HLUG, HB, AL B7,4
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Phenanthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Chrysen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04	0,3	0,6	0,9	3	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(g,h,i)perylene	[mg/kg TS]	< 0,04					
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
<b>Σ PAK (EPA Liste):</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	3	3	3 / 9	30	DIN ISO 18287

## 2 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

### 2.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle, Summenparameter, Chlorid, Sulfat

Parameter	Einheit	Messwert		Z0/Z0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Eluatherstellung								DIN 38 414 – S4
pH-Wert	[ - ]	8,04		65-95	65-95	6-12	5,5-12	DIN 38 404 - C5
elektr. Leitfähigkeit	[ $\mu$ S/cm]	111		250	250	1500	2000	EN 27 888
Arsen	[ $\mu$ g/l]	< 3		14	14	20	60	DIN EN ISO 17294-2
Blei	[ $\mu$ g/l]	< 5		40	40	80	200	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	[ $\mu$ g/l]	< 0,2		1,5	1,5	3	6	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (gesamt)	[ $\mu$ g/l]	< 5		12,5	12,5	25	60	DIN EN ISO 17294-2
Kupfer	[ $\mu$ g/l]	< 5		20	20	60	100	DIN EN ISO 17294-2
Nickel	[ $\mu$ g/l]	< 5		15	15	20	70	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber	[ $\mu$ g/l]	< 0,15		0,5	0,5	1	2	DIN EN ISO 12846
Zink	[ $\mu$ g/l]	< 10		150	150	200	600	DIN EN ISO 17294-2
Phenolindex	[ $\mu$ g/l]	< 10		20	20	40	100	DIN EN ISO 14402
Cyanid (gesamt)	[ $\mu$ g/l]	< 5		5	5	10	20	EN ISO 14403
Chlorid	[mg/l]	< 2		30	30	50	100	EN ISO 10304-1
Sulfat	[mg/l]	< 5		50	50	100	150	EN ISO 10304-1

Markt Rettenbach, den 03.03.2018

Onlinedokument ohne Unterschrift

Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele