

Geotechnischer Bericht nach DIN 4020  
zum Bauvorhaben  
Erschließung Baugebiet Burrenweg  
in  
88433 Aßmannshardt

Bauherr:

Gemeinde Schemmerhofen  
Hauptstraße 25  
88433 Schemmerhofen

Planung

Rapp + Schmid  
Infrastrukturplanung GmbH  
Rißstraße 19  
88400 Biberach

Geotechnische Projektleitung:

Prof. Dipl.-Ing. Rolf Schrodi

Erstattungsdatum:

04. März 2019

Aktenzeichen:

AHBGBUW 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 FÖRSTER

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	3
4. Allgemeiner geologischer Überblick	4
5. Baugrunderkundung	4
6. Schichtenbeschreibung und -lagerung	5
7. Asphalt- und Bodenverunreinigungen	6
8. Hydrogeologische Situation	9
9. Geotechnische Laborversuche	10
10. Bodencharakterisierung für bautechnische Zwecke	13
11. Homogenbereiche für Böden nach DIN 18300 (2015-08)	14
12. Bodenkennwerte	16
13. Kanal- und Leitungsbau	17
13.1 Graben- und Grubenaushub	17
13.2 Böschungssicherung von Gräben und Gruben	17
13.3 Kanäle und Leitungen, Grabenverfüllung und Grabenverdichtung	18
14. Bau von Verkehrsflächen	20
15. Retentionsbecken	24
16. Allgemeine Angaben zur Bebauung im Baugebiet	25
16.1 Geotechnische Kategorie	25
16.2 Baugruben und Böschungen	25
16.3 Bauwerksgründungen	26
16.4 Erd- und Wasserdruck	28
16.5 Abdichtung von erdberührten Bauteilen	28
16.6 Arbeitsraumverfüllung	30
16.7 Regenwasserversickerung	30
16.8 Geothermische Energienutzung	31
16.9 Erdbebensicherheit	32
17. Schlussbemerkungen	33

### Verzeichnis der Anlagen:

Anlage	1	Lagepläne 1.1 1.2	Übersichtslageplan Lageplan der Baugrundaufschlüsse
Anlage	2	Bohrsondierungen 2.1 – 2.6 2.7	Bohrsondieraufnahmen BS 1 bis BS 6 Legende der verwendeten Signaturen und Abkürzungen
Anlage	3	Profilschnitte 3.1 – 3.4	Profilschnitt PS 1 bis PS 4
Anlage	4	Zusammenstellung der 4.1 4.2	bodenmechanischen/-physikalischen Laborversuche Tabellarische Zusammenstellung der Laborergebnisse Bestimmung der Korngrößenverteilung
Anlage	5	Ergebnisse der chemischen Analytik 5.1.1 – 5.1.2 5.2.1 – 5.2.2	Asphaltanalysen VwV-Analysen

## 1. Auftrag

Die Gemeinde Schemmerhofen plant über Rapp + Schmid Infrastrukturplanung GmbH die Erschließung des Baugebiets Burrenweg in Aßmannshardt. In diesem Zusammenhang wurde das Ingenieurbüro für Geotechnik Henke und Partner GmbH (HUP), Vertretung Oberschwaben, auf der Basis des Angebotes vom 19.11.2018, Az.: AHBGBUW K01, am 20.11.2018 von der Gemeinde Schemmerhofen beauftragt, eine Baugrunderkundung durchzuführen und einen Geotechnischen Bericht nach DIN 4020 zu erstellen.

## 2. Unterlagen

Als Unterlagen zur Bearbeitung wurden uns zur Verfügung gestellt:

### **Rapp + Schmid Infrastrukturplanung GmbH:**

- [1] Lageplan Erschließungskonzept als pdf und dwg-Datei, im Maßstab 1:500, mit Datum vom 12.12.2018
- [2] Luftbilddauswertung auf Kampfmittelbelastung, mit Datum vom 10.01.2019

Aus eigenen Archivunterlagen stand uns zur Verfügung:

### **Geologisches Landesamt Baden - Württemberg:**

- [3] Geologische Karte von Baden - Württemberg von 1985, Maßstab 1:25.000, Blatt 7824 Biberach an der Riss Nord

## 3. Projektbeschreibung

Das geplante Baugebiet Burrenweg soll im Südwesten von Aßmannshardt entstehen. Nördlich, westlich und südlich grenzen Grünflächen bzw. landwirtschaftlich genutzte Flächen an das geplante Baugebiet. Im Osten grenzt das geplante Baugebiet an bestehende Bebauung. Im Rahmen der Erschließung des Neubaugebietes sollen Erschließungsstraßen gebaut und Versorgungsleitungen verlegt werden. Außerdem soll für das Baugebiet im Nordwesten ein zentrales Regenwasserretentionsbecken hergestellt werden. Derzeit wird die Fläche des geplanten Neubaugebiets als Ackerfläche genutzt. Das Gelände des geplanten Baugebietes weist eine Höhe von ca. 568,5 m ü. NN bis 571,5 m

ü. NN auf. Nordwestlich des geplanten Baugebietes fällt das Gelände zur Weihergasse und zum Langerweihergraben hin ab. Nordwestlich des Langerweihergrabens soll ein Regenwasserretentionsbecken für das Baugebiet erstellt werden. Im Bereich des Regenwasserretentionsbeckens weist das Gelände eine Höhe von ca. 558,0 m ü. NN bis 558,5 m ü. NN auf und liegt somit ca. 10 m bis 13 m tiefer als das geplante Neubaugebiet. Als Anlage 1.1 liegt ein Übersichtslageplan bei, auf dem das geplante Baufeld des Neubaugebietes und des Regenwasserretentionsbeckens ungefähr rot gekennzeichnet ist.

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

Nach der geologischen Karte [3] stehen im geplanten Baugebiet Lößlehme über rißeiszeitlichen Terrassenschotter an. Im Bereich des geplanten Retentionsbeckens muss oberflächlich mit Jungen Talfüllungen in Form von Tal- bzw. Auenlehm, welcher auch organisch sein kann, gerechnet werden. Der tiefere Untergrund wird von den tertiären Schichten der Oberen Meeresmolasse gebildet.

#### **5. Baugrunderkundung**

Zur Erkundung des Baugrundes wurden am 14.02.2019 insgesamt sechs Bohrsondierungen (BS 1 bis BS 6) im Bereich des geplanten Baugebietes und Retentionsbeckens niedergebracht.

Die Aufschlusspunkte wurden durch das Büro Rapp + Schmid Infrastrukturplanung GmbH nach Lage und Höhe eingemessen. Die Lage der Bohrsondierungen kann dem Lageplan, der als Anlage 1.2 beiliegt, entnommen werden.

Die sechs Bohrsondierungen BS 1 bis BS 6 wurden mittels Sondierdraupe bis in Tiefen zwischen 4,8 m und 5,0 m unter Geländeoberkante (GOK) abgeteuft. Insgesamt wurden 29,8 lfd. m bohrondiert. 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 2.6 beigefügt. Eine Legende der hierbei verwendeten Signaturen und Abkürzungen liegt als Anlage 2.7 bei. Für geotechnische Laboruntersuchungen, chemische Analysen und als Rückstellproben wurden vom frischen Bodenmaterial insgesamt 25 Bodenproben entnommen.

## 6. Schichtenbeschreibung und -lagerung

Anhand der abgeteufte Bohrsondierungen stellt sich die geologische Situation im Bereich des geplanten Baugebietes und Retentionsbeckens wie folgt dar:

Die Schichtenfolge beginnt bei allen Bohrsondierungen mit einem ca. 30 cm bis 40 cm mächtigen durchwurzelt **Oberboden**, welcher sich aus einem graubraunen bis mittelbraunen Schluff mit teils kiesigen und tonigen Anteilen zusammensetzt. Bereichsweise wurden einzelne Ziegelstückchen im Oberboden angetroffen.

Unter dem Oberboden der BS 1 bis BS 3 sowie unter dem Oberboden der BS 5 und BS 6 wurden bis in eine Tiefe von ca. 1,1 m bis 1,7 m unter GOK **Verwitterungslehme** aufgeschlossen. Beim Verwitterungslehm handelt es sich um einen tonigen, schwach sandigen bis sandigen und kiesigen bis stark kiesigen Schluff von hellbrauner und mittelbrauner bis rotbrauner Farbe. Zur Tiefe hin wurde eine Zunahme des Kiesanteils festgestellt. Anhand der manuellen Bodenansprache weist der Verwitterungslehm eine zumeist steife, bereichsweise auch steife bis halbfeste Konsistenz auf.

Unterhalb der Verwitterungslehme und unter dem Oberboden in der BS 4 wurden **Terrassenschotter** aufgeschlossen, welche im oberen Bereich zumeist stark verwittert bzw. verlehmt sind. Zur Tiefe wurde eine Abnahme der Verwitterung bzw. der Verlehmung festgestellt. Die bindige Matrix der verlehmt Kiese weist eine weiche, eine weiche bis steife bzw. eine steife Konsistenz auf. In BS 2 bis BS 6 wurden die gering bis unverlehmt Kiese ab einer Tiefe von ca. 2,2 m bis 4,7 m unter GOK angetroffen. Beim gering bis unverlehmt Kies der Terrassenschotterschicht handelt es sich um einen sandigen Kies. Die verlehmt Kiese besitzen eine hellbraune und mittelbraune bis rotbraune Farbe und die gering bis unverlehmt Kiese eine hellbraungraue Farbe. In der BS 4 wurde in einer Tiefe von ca. 3,2 m bis 3,8 m Sand innerhalb der Terrassenschotterschicht aufgeschlossen. Beim angetroffenen Sand handelt es sich anhand der Bohrkernansprache um einen schwach schluffigen, hellbraungrauen Sand.

Die Oberkante der gering verlehmt bis unverlehmt Kiese und Sand der Terrassenschotterschicht wurde anhand der Bohrsondierungen in folgenden Tiefen festgestellt:

Bezeichnung Bohrsondierung	OK Kies / Sand [m u. GOK]	OK Kies / Sand [m ü. NN]
BS 1	–	–
BS 2	2,20	568,47
BS 3	3,80	365,65
BS 4	2,90	565,58
BS 5	3,20	555,49
BS 6	4,70	553,45

Zur Verdeutlichung der Schichtverläufe wurden vier geologische Profilschnitte angefertigt, die als Anlagen 3.1 bis 3.4 beiliegen. Die Lage der Profilschnitte kann dem Lageplan der Anlage 1.2 entnommen werden. Es ist hierbei zu beachten, dass die Schichtverläufe linear zwischen den Aufschlusspunkten interpoliert wurden und daher naturgemäß vom tatsächlichen Verlauf abweichen können.

## 7. Asphalt- und Bodenverunreinigungen

Im Bereich des Burrenweges sowie im Bereich der Weihergasse wurde auftragsgemäß jeweils ein Asphaltkern entnommen. Der Asphaltkern AP 1 wurde im Bereich des Burrenweges und der Asphaltkern AP 2 im Bereich der Weihergasse entnommen. Die genaue Lage der entnommenen Asphaltkerne kann dem Lageplan, der als Anlage 1.2 beiliegt, entnommen werden. An den entnommenen Asphaltbohrkernen wurden jeweils der PAK – Gehalt nach EPA sowie der Phenolindex im chemischen Institut "BVU" bestimmt. Der anhand der chemischen Untersuchung ermittelte PAK-Gehalt und Phenolindex ist nachfolgend dargestellt. Außerdem erfolgt eine Einstufung nach RuVA-StB und nach der „Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit von Abfällen mit organischen Schadstoffen auf Deponien“.

Probenbezeichnung	PAK [mg/kg]	Phenolindex [mg/l]	Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01	Entsorgung auf De- ponie
Asphaltkern AP 1	6,0	< 0,01	A	DK 0
Asphaltkern AP 2	2,6	< 0,01	A	DK 0

Die Analysenergebnisse der chemischen Untersuchung der Asphaltproben liegen als Anlage 5.1.1 und 5.1.2 bei.

Nach der Richtlinie für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB) werden Verwertungsverfahren in Heiß- und Kaltverfahren unterschieden. Kaltverfahren können mit und ohne Zusatz von Bindemitteln zur Anwendung kommen. Die Zuordnungen von Verwertungsverfahren in Abhängigkeit von den Verwertungsklassen sind in der Tabelle 1 der RuVA-StB geregelt und nachfolgend dargestellt.

**Tabelle 1: Verwertungsklassen für Straßenausbaustoffe und Zuordnung von Verwertungsverfahren**

Verwertungsklasse	Art der Straßenausbaustoffe		Hintergrund <sup>1)</sup>	Gesamtgehalt im Feststoff PAK nach EPA mg/kg	Phenolindex im Eluat mg/l	Verwertungsverfahren nach Abschnitt <sup>2)</sup>
A	Ausbauasphalt		AS, BS, GS	≤ 25 <sup>4)</sup>	≤ 0,1 <sup>4)</sup>	4.1 (4.2) (4.3)
B	Ausbaustoffe mit teer-/pechtypischen Bestandteilen	vorwiegend steinkohlenteertypisch	AS, BS, GS	> 25	≤ 0,1	4.2
C		vorwiegend braunkohlenteertypisch	BS, GS	Wert ist anzugeben	> 0,1	4.2

<sup>1)</sup> AS = Arbeitsschutz, BS = Bodenschutz, GS = Gewässerschutz  
<sup>2)</sup> in Klammern: nur in Ausnahmefällen, da keine hochwertige Verwertung  
<sup>3)</sup> entfallen  
<sup>4)</sup> Nachweis kann entfallen, wenn im Einzelfall zweifelsfrei nachgewiesen ist, dass ausschließlich Bitumen oder bitumenhaltige Bindemittel verwendet wurden.

Voraussetzungen für den Wiedereinbau der Straßenbaustoffe bzw. Baustoffgemische aus Sicht des Boden- und Gewässerschutzes ist in nachfolgender Tabelle (Tabelle 3 der RuVA-StB) aufgezeigt.



**Tabelle 3: Voraussetzungen für den Einbau der Baustoffgemische aus Sicht des Boden- und Gewässerschutzes**

Zeile	Verwertungs-klasse	Verwertungs-verfahren	Lage der Baumaßnahme <sup>2)</sup>	Anforde-rungen an Bauweise
1	A	Heißmisch-verfahren	Keine Beschränkung	Keine
2	A	Kaltmisch-verfahren mit Bindemittel	Keine Beschränkung	Keine
3	B, C		Ausgeschlossen in Wasser-schutzzonen von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten, Wasservorranggebieten, Gebieten mit häufigen Überschwemmungen, Karstgebieten ohne ausreichende Deck-schicht u. Ä.	unter wasserundurch-lässiger Schicht
4	A	Kaltverarbei-tung ohne Bindemittel		

<sup>1)</sup> entfallen  
<sup>2)</sup> Grundsätzlich sollte – außer bei Heißmischverfahren – der Abstand zum Grundwasser  $\geq 1$  m betragen.

Unabhängig vom Verfahren zur Verwertung gelten für die Lagerung von Straßenausbaustoffen gemäß der Verwertungsklasse A ohne Einschränkungen die Regelungen, die im Merkblatt für die Verwertung von Asphaltgranulat (M VAG) festgelegt sind.

Nach der Tabelle 1 der RuVA-StB 01 sind die untersuchten Asphaltproben allesamt der **Verwertungsklasse A** nach RuVA zuzuordnen.

Soll der Straßenaufbruch auf einer Deponie entsorgt werden, erfolgt die Zuordnung nach der Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit von Abfällen mit organischen Schadstoffen auf Deponien. Nach der Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit von Abfällen mit organischen Schadstoffen auf Deponien können die untersuchten Asphalt-schichten (PAK-Gehalt nach EPA  $\leq 30$  mg/kg) auf einer Deponie der Deponieklasse DK 0 beseitigt werden.

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

Zur Überprüfung ob ggf. geogen erhöhte Konzentrationswerte in den gewachsenen Böden vorliegen wurde aus den entnommenen Proben der Terrassenschotter und der Verwitterungslehme jeweils eine Mischprobe gebildet. Die Mischproben wurden auf die vorgegebenen Parameter der VwV (Verwal-

tungsvorschrift des Umweltministeriums Baden – Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial) am Feststoff im chemischen Labor BVU hin untersucht. Die Analysenergebnisse der Mischprobe liegen als Anlage 5.2.1 und 5.2.2 bei. Auf der Grundlage der durchgeführten Analytik können die Mischproben dem Zuordnungswert **Z0** der VwV zugeordnet werden. Werden die Grenzwerte des Zuordnungswertes Z0 nach der VwV eingehalten ist nach der VwV keine Untersuchung der Eluate erforderlich. Anhand der durchgeführten Analytik kann davon ausgegangen werden, dass die gewachsenen Böden im geplanten Baufeld keine geogen bedingten erhöhten Konzentrationswerte aufweisen.

Da durch die durchgeführte Baugrunderkundung der Untergrund nur stichprobenartig aufgeschlossen wurde, kann das Vorhandensein von Bodenverunreinigungen nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Es wird daher empfohlen, bei der Ausschreibung Positionen für die Entsorgung von belastetem Bodenaushub, für eine gegebenenfalls erforderliche Zwischenlagerung von Bodenaushub und für zusätzliche chemische Analysen vorzusehen.

## 8. Hydrogeologische Situation

Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurde in den unverrohrten Bohrlöchern der Grund- bzw. Schichtwasserstand gemessen. In den Bohrungen BS 1 bis BS 4, welche im geplanten Baugebiet abgeteuft wurden, konnte kein Grund- bzw. Schichtwasser in den Bohrlöchern gemessen werden.

Nach den aktuellen Hochwassergefahrenkarten liegt das geplante Baugebiet außerhalb von Überschwemmungsflächen. Für den Langerweihergraben sind keine Hochwasserstände bekannt.

Das geplante Baugebiet liegt nach den Wasserschutzgebietskarten der Umweltverwaltung (Stand Juni 2015), ergänzt um die vom RPF/LGRB hydrogeologisch abgegrenzten Wasser- und Heilquellenschutzgebiete innerhalb eines rechtskräftigen Wasserschutzgebietes der Zone III bzw. IIIA.

Die Bohrung BS 6, welche im Bereich des geplanten Retentionsbeckens hergestellt wurde, wurde zu einem temporären Grundwassermesspegel ausgebaut. Im Pegelrohr wurde ein Grundwasserstand von 4,75 m unter GOK gemessen, was einer Höhe von 553,40 m ü. NN entspricht.

Uns liegen keine langfristigen Grundwassermessdaten für das Untersuchungsgebiet vor. Auf der Grundlage des gemessenen Grundwasserstandes in der BS 6 wird empfohlen von einem Bemessungsgrundwasserspiegel von 554,60 m ü. NN auszugehen.

## 9. Geotechnische Laborversuche

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

- 13 mal Bestimmung des Wassergehalts nach DIN 18121
- 2 mal Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- 5 mal Bestimmung des Feinanteils nach DIN 18123
- 1 mal Bestimmung der Huminsäuren nach DIN EN 1744
- 1 mal Probestabilisierung mit Bindemittel Dorosol C 50 (Fa. Holcim)

Eine tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse liegt als Anlage 4.1 bei. Die Einzelergebnisse der Korngrößenverteilung können der Anlage 4.2 entnommen werden.

An zwei Bodenproben aus den gering- bis unverlehnten Terrassenschottern (BS 2 / 3,5-4,5 m und BS 5 / 3,2-4,0 m) wurde die Korngrößenverteilung bestimmt. Die untersuchten Proben können anhand der Körnungslinie der Bodengruppe GW (weitgestufte Kiese) nach DIN 18196 zugeordnet werden. Anhand der Sieblinie wurde der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert mit  $k_f = 1,5 \times 10^{-3}$  m/s und  $1,4 \times 10^{-3}$  m/s nach Seiler abgeschätzt.

An einer weiteren Probe des gering- bis unverlehnten Terrassenschotter (BS 6 / 4,7-5,0) wurde der Feinanteil bestimmt. Anhand des Feinanteils von 6,0 % kann der untersuchte Terrassenschotter der Bodengruppe GU/GT (schluffige bzw. tonige Kiese) nach DIN 18196 zugeordnet werden.

Weiterhin wurde an vier Proben des verlehnten Terrassenschotters der Feinanteil bestimmt. Die Proben BS 4 / 0,5-0,9 m, BS 4 / 2,0-2,9 m und BS 6 / 3,3-4,3 m können anhand des Feinanteils den Bodengruppen GU/GT (schluffige bzw. tonige Kiese) nach DIN 18196 zugeordnet werden. Der Feinanteil der untersuchten Proben liegt zwischen 9,1 % und 14,2 %. Die Probe BS 6 / 1,6-2,1 m kann an-

hand des Feinanteils von 27,3 % der Bodengruppe GU\*/GT\* (stark schluffige bzw. stark tonige Kiese) nach DIN 18196 zugeordnet werden.

Aus den entnommenen Proben der Verwitterungslehme der BS 1, BS 2, BS 3 und BS 5 wurde eine Mischprobe (MP Verwitterungslehme) erstellt. An der Mischprobe wurde das Vorhandensein von Huminsäuren überprüft. Hierfür wurde die Bodenprobe mit einer 3%igen Natronlauge versetzt. Eine dunkle Verfärbung der Flüssigkeit zeigt das Vorhandensein von Huminsäuren an. Das Ergebnis ist im nachfolgenden Bild dargestellt.



Bei der Mischprobe wurde eine deutliche Verfärbung festgestellt, was auf das Vorhandensein von Huminsäuren schließen lässt. Anhand der Versuchsergebnisse muss daher im oberflächlich anstehenden Verwitterungslehm mit Huminsäuren gerechnet werden. Huminsäuren können bei einer Bodenstabilisierung mit Bindemittel zu einer geringeren Festigkeitsentwicklung bei einem Boden-Bindemittelgemisch führen.

Zur Überprüfung der Stabilisierbarkeit der oberflächlich anstehenden Verwitterungslehme mit Bindemittel wurde im geotechnischen Labor eine Probestabilisierung mit dem Mischbindemittel "Dorosol C50 (50 % Kalk + 50 % Zement) der Fa. Holcim" durchgeführt. Hierbei wurde der Mischprobe MP Verwitterungslehme ca. 5 % Dorosol C50 bezogen auf die Trockenmasse des Bodens hinzugegeben. Nach ca. zwei Stunden nach dem Mischvorgang wurde das Boden-Bindemittelgemisch mit Proctorenergie im Proctortopf eingebaut und fünf Tage feucht gelagert. Nach fünf Tagen wurde eine mäßige

Verfestigung des Probekörpers festgestellt. Nach drei Tagen Feuchtlagerung wurde der stabilisierte Probekörper mehrere Tage vollständig unter Wasser getaucht. Nach mehreren Tagen Wasserlagerung wurde festgestellt, dass der Probekörper unter Wasser nicht zerfallen ist und eine weitere Verfestigung eingetreten ist. Bei der im geotechnischen Labor durchgeführten Probestabilisierung wurde eine Stabilisierung des Bodens festgestellt, jedoch mit geringerer Festigkeit als bei vergleichbaren Böden ohne Huminsäure.

Auf der Grundlage der durchgeführten Probestabilisierung kann trotz der festgestellten Huminsäure im oberflächlich anstehenden Verwitterungslehm eine Stabilisierung des oberflächlich anstehenden Verwitterungslehms durch die Zugabe von Bindemittel erreicht werden. Aufgrund der vorhandenen Huminsäure wird empfohlen eine Mindestbindemittelzugabe von  $\geq 5$  M.-% vorzusehen. Noch durchwurzelte Verwitterungslehme sollten vor einer Bodenstabilisierung auf jeden Fall entfernt werden, da diese Schichten erfahrungsgemäß einen hohen Gehalt an Huminsäure aufweisen.

## 10. 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.

Geologische Bezeichnung	Bodengruppe nach DIN 18196	Zusammen-drückbarkeit	Durchlässig-keit	Verdichtungs-fähigkeit	Frostempfind-lichkeitsklasse ZTV E-StB
<b>Verwitterungslehm</b>	TL, TM	mittel bis groß	sehr gering bis gering	schlecht bis mäßig	sehr frostempfindlich <b>F3</b>
<b>Terrassenschotter Kies / Sand, verlehmt</b>	GU*, GT*, GU, GT, SU*, ST*, SU, ST	mittel - gering	sehr gering bis gering	mäßig bis gut	frostempfindlich <b>F2</b> bis sehr frostempfindlich <b>F3</b> <sup>1)</sup>
<b>Terrassenschotter Kies / Sand</b>	GW, GI, GU, GT, SU, ST; SW, SI	sehr gering	mittel bis groß	sehr gut bis gut	Frostempfindlich <b>F2</b> bis nicht frostempfindlich <b>F1</b> <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Die Bodengruppe GU / GT ist der Frostempfindlichkeitsklasse F2 zuzuordnen.

Die angetroffenen Verwitterungslehme sowie die verlehmtten Terrassenschotter / -sande 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.

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

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

		Homogenbereich Böden	
		Verwitterungslehm	Terrassenschotter
<b>Bodengruppe nach DIN 18196</b>		TL / TM	GU* / GT* / GU / GT, GW, GI, SU*, ST*, SU, ST, SW, SI
<b>Wassergehalt</b>	<b>[%]</b>	10 – 30	2– 25
<b>Dichte, feucht</b>	<b>[t/m³]</b>	1,8 – 2,1	1,9 – 2,3
<b>Konsistenzzahl I<sub>c</sub></b>		0,75 – 1,3	0,5 – 1,0 <sup>3)</sup>
<b>Konsistenz</b>		steif, halbfest	weich, steif <sup>3)</sup>
<b>Plastizitätszahl I<sub>p</sub></b>	<b>[%]</b>	5 – 30	2 – 25 <sup>3)</sup>
<b>Undrainede Scherfestigkeit c<sub>u</sub></b>	<b>[kN/m²]</b>	50 – 150	25 – 150 <sup>3)</sup>
<b>Organischer Anteil</b>	<b>[Gew.-%]</b>	≤ 5	≤ 5
<b>Korngrößenverteilung</b>	<b>T</b>	<b>[%]</b>	5 - 40
	<b>U</b>	<b>[%]</b>	20 - 80
	<b>S</b>	<b>[%]</b>	0 - 25
	<b>G</b>	<b>[%]</b>	0 - 30
<b>Massenanteil Steine / Blöcke<sup>1)</sup></b>	<b>[%]</b>	≤ 30 / –	≤ 30 / ≤ 30
<b>Massenanteil Blöcke<sup>2)</sup></b>	<b>[%]</b>	–	≤ 5
<b>Lagerungsdichte</b>		–	mitteldicht, dicht
<b>Bodenklasse nach DIN 18300 (2012-09)</b>		4	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

<sup>3)</sup> feinkörnige Bestandteile

Die den Homogenbereich zugeordneten Schichtgrenzen können den Bohrprofilen und Profilschnitten entnommen werden. Es ist hierbei zu beachten, dass die Schichtverläufe linear zwischen den Aufschlusspunkten interpoliert wurden und daher naturgemäß vom tatsächlichen Verlauf abweichen können.

Der im Bereich des Untersuchungsfeldes anstehende Oberboden 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. Oberboden ist nach DIN 18320 unabhängig von seinem Zustand vor dem Lösen ein eigener Homogenbereich.

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 Verwitterungslehme und stark verlehnten Terrassenschotter 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.

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.



## 12. 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.

Bodenschichten	Wichte	Wichte unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	Steifemodul
	$\rho_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\rho'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Verwitterungslehm	<b>19</b> (18 – 21)	<b>9</b> (8 – 11)	<b>25</b> (22,5 – 27,5)	<b>7</b> (4 – 12)	<b>5 - 10</b>
Terrassenschotter, verlehmt	<b>20</b> (19 – 21)	<b>10</b> (9 – 11)	<b>30</b> (27,5 – 32,5)	<b>2</b> (0 – 5)	<b>8 - 30</b>
Terrassenschotter	<b>20</b> (19 – 22)	<b>11</b> (10 – 12)	<b>35</b> (32,5 – 37,5)	<b>0</b> (0 – 2)	<b>40 - 80</b>

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

## **13. Kanal- und Leitungsbau**

### **13.1 Graben- und Grubenaushub**

Im geplanten Neubaugebiet wurden bis zur erreichten Endtiefe der Bohrsondierungen gut baggerbare Böden aufgeschlossen. Mit größeren Geröllen bzw. Blöcken innerhalb der Terrassenschotter muss aufgrund der Entstehungsgeschichte gerechnet werden.

Werden Gräben und Gruben nach einer mit Bindemittel durchgeführten Bodenstabilisierung ausgehoben, muss für den Aushub die Bodenklasse 6 nach DIN 18300 (2012-09) bzw. eine feste Konsistenz berücksichtigt werden.

### **13.2 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 Gräben angeordnet werden, die von Aushubmaterial und Gegenständen freigehalten werden müssen. Bei der Herstellung von Kanal- und Leitungsräben sowie von Gruben für Schächte sind die Angaben der DIN 4124 zu beachten. Die erforderlichen Abstände von Fahrzeugen bzw. Baugeräten zum Graben ist der DIN 4124 zu entnehmen.

Gruben und Gräben dürfen hier 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 Grabenverbau hergestellt werden.

Freie Gruben- und Grabenböschungen mit einer Tiefe von > 1,25 m bis 5 m können über Grund- bzw. Schichtwasser im oberflächlich anstehenden mindestens steifen Verwitterungslehm mit einem Böschungswinkel von  $\beta \leq 60^\circ$  und in den Terrassenschottern in Anlehnung an die DIN 4124 mit einem Böschungswinkel von  $\beta \leq 45^\circ$  ohne rechnerischen Nachweis angelegt werden.

Wird der Zufluss von Sicker- oder Schichtwasser in Gräben oder Gruben festgestellt, sind diese mittels Grabenverbaugeräten nach DIN 4124 zu sichern.

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

Zum Schutz vor Durchfeuchtung bzw. Erosion durch Niederschlagswasser sowie zur Verhinderung der Austrocknung und damit der Verminderung der Standfestigkeit sind Böschungen mit längerer Standzeit > 5 Tage durch überlappende Kunststoff-Folien abzuhängen und so vor ungünstigen Witterungseinflüssen zu schützen. Den Gruben und Gräben zulaufendes Oberflächenwasser ist mittels Tagwassersperrern o. glw. fernzuhalten.

### 13.3 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 Böden bis ca. 20 cm unter das Rohauflager zu entfernen und durch gut tragfähigen Boden (z.B. Kies 0/32 mm) zu ersetzen. Zwischen Kiesaus-tauschschicht und dem anstehenden bindigen bzw. gemischtkörnigen Boden wird der Einbau eines Trenn- und Filtervlieses der Georobustheitsklasse GRK 4 empfohlen.

Für den Bereich 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 und ZTV A-StB zu entnehmen.

Die im Baufeld angetroffenen gering bis unverlehmtten Terrassenschotter (Feinanteil  $\leq 10\%$ ) sind erfahrungsgemäß als Verfüllmaterial für die Verfüllzone geeignet. Sollen die anstehenden verlehmtten Terrassenschotter (Feinanteil  $> 10\%$ ) und Verwitterungslehme zur Grabenverfüllung wiederverwendet werden, wird empfohlen diese vor dem Wiedereinbau 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. Ausgehobene Böden für den Wiedereinbau sind fachgerecht zwischenzulagern und vor Durchfeuchtung zu schützen. Die Verwitterungslehme enthalten Huminsäuren, welche die Verfestigung des Bodens mit Bindemittel negativ beeinflussen (siehe hierzu Kapitel 9 Geotechnische Laborversuche).

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  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  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  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  zu erreichen.

Das Verfüllmaterial ist gleichmäßig lagenweise einzubauen und zu verdichten. Die Mächtigkeiten der Verfülllagen ist 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. 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.

#### 14. Bau von Verkehrsflächen

Die Anforderungen an den Aufbau und die Tragfähigkeit des Straßenoberbaus hängen von der nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (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 im geplanten Baugebiet anhand der hergestellten Baugrundaufschlüsse zumeist steife bzw. steife bis halbfeste Verwitterungslehme und in der BS 4 verlehnte Terrassenschotter mit weich bis steifer bindiger Matrix der Frostempfindlichkeitsklasse F3 nach der ZTV E-StB an.

Für das Planum bzw. den Untergrund einer Verkehrsfläche 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 anstehenden zumeist steifen und steif bis halbfesten Verwitterungslehme und verlehnten Terrassenschotter weisen erfahrungsgemäß ein Verformungsmodul von etwa  $E_{v2} = 15 - 30 \text{ MN/m}^2$  auf. Um die geforderte Tragfähigkeit von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf OK Planum bzw. Untergrund zu erreichen, ist ein Bodenaustausch mit gut tragfähigem grobkörnigem Boden oder eine Stabilisierung des Untergrundes mittels Bindemittel erforderlich. Wird der anstehende Untergrund nicht stabilisiert, wird empfohlen, zwischen einem grobkörnigen Bodenauftrag und dem anstehenden bindigen Untergrund ein Trennvlies der Georobustheitsklasse GRK 4 einzulegen.

Ausgehend von einer Tragfähigkeit von ca.  $E_{v2} = 20 \text{ MN/m}^2$  auf Niveau des Planums ist ein Bodenaustausch mit gut tragfähigem Material (z. B. Kies 0/45 mm) von mindestens 20 cm erforderlich, um die geforderte Tragfähigkeit von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf Planumniveau zu erhalten. Um eine wirtschaftliche und ausreichende Dimensionierung der Bodenaustauschschicht durchführen zu können, sollten auf OK planmäßigem Untergrund der Verkehrsfläche 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 Bodenaus- tauschschicht (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 Kiesschicht hat lagenweise (d £ 30 cm) bei einem Verdichtungsgrad  $D_{Pr}^3$  100 % zu erfolgen.

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

Alternativ können die anstehenden Verwitterungslehm und verlehnten Terrassenschotter durch eine Bindemittelzugabe in einer Mächtigkeit von mindestens 40 cm stabilisiert werden, um die geforderte Tragfähigkeit von  $E_{V2}^3$  45 MN/m<sup>2</sup> auf dem Untergrund zu erreichen. Durch Schächte oder Einbauten im Bereich des zu stabilisierenden Straßenuntergrundes kann es zu Schwierigkeiten bzw. zu einem erhöhten Aufwand bei einer Bodenstabilisierung kommen.

Die oberflächlich anstehenden Verwitterungslehme weisen Huminsäuren auf. Huminsäuren im Boden können dazu führen, dass sich der mit Bindemittel stabilisierte Boden nicht oder nur gering verfestigt. Tritt nur eine geringe Bodenverfestigung ein, kann dies dazu führen, dass die geforderte Tragfähigkeit

von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf dem Untergrund nicht erreicht wird. 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 eine höhere Bindemittelmenge als bei Böden ohne Huminsäure verwendet werden. Bei der durchgeführten Probestabilisierung des Verwitterungslehms konnte eine mäßige bis gute Verfestigung der Bodenprobe bei einer Bindemittelzugabemenge von 5 M.-% festgestellt werden. Anhand der durchgeführten Probestabilisierung kann davon ausgegangen werden, dass eine Tragfähigkeit von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf dem Untergrund nach einer Bodenstabilisierung in einer Mächtigkeit von mindestens 40 cm und einer Bindemittelzugabemenge von mindestens 5 M.-% erreichbar ist. Noch durchwurzelte Schichten unterhalb des Oberbodens sollten auf jeden Fall entfernt werden, da diese Schichten erfahrungsgemäß einen hohen Grad an Huminsäuren aufweisen.

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 30 % Kalk und 70 % Zement wie z.B. DOROSOL C30 der Fa. Holcim oder Bodenbinder 300 der Fa. Schwenk für die Bodenstabilisierung zu verwenden. Eine Mindestbindemittelzugabemenge von 5 M.-% wird empfohlen. Ausgehend von einer Bindemittelzugabe von 5 M.-% bei einer Trockendichte des Ausgangsbodens von ca.  $1800 \text{ kg/m}^3$  ergibt dies bei einer üblichen Frästiefe von 40 cm einen Bindemittelbedarf von ca.  $36 \text{ kg/m}^2$ . 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 bzw. Untergrund 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  $E_{V2}^3 \geq 45 \text{ MN/m}^2$  und einem Verhältniswert von  $E_{V2}/E_{V1} \geq 2,0$  in Verbindung mit einem Luftporengehalt von  $n_a \leq 8 \%$  ausgegangen werden.



## 15. Retentionsbecken

Die Planung sieht derzeit vor, im Bereich der Bohrung BS 6 ein Retentionsbecken zu erstellen. Das im Baugebiet anfallende Oberflächenwasser soll über einen Regenwasserkanal dem Retentionsbecken zugeführt werden. Da das geplante Becken in einem Wasserschutzgebiet liegt, darf das durch die belebte Oberbodenzone (Humus-Sand-Gemisch) gereinigte Wasser nicht im Untergrund versickern. Deshalb muss der Untergrund gering wasserdurchlässig sein bzw. abgedichtet werden. Das über die belebte Oberbodenzone versickernde Wasser soll über eine Sickerschicht Sickerleitungen zugeführt werden. Das in den Sickerleitungen gesammelte Wasser soll in den östlich gelegenen Langerweihergraben abgeleitet werden.

Unter der belebten Bodenzone ist eine zum belebten Oberboden filterstabile Sickerschicht mit Gefälle zu den Sickerleitungen herzustellen. Anhand der Bohrung BS 6 reichen die gering wasserdurchlässigen Verwitterungslehme bis in eine Tiefe von 1,60 m unter GOK. Auf der Grundlage von Erfahrungswerten mit vergleichbaren Böden weist der Verwitterungslehm einen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von ca.  $k_f \leq 1 \times 10^{-8}$  m/s auf. Die darunter aufgeschlossenen verlehmteten Terrassenschotter weisen einen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von erfahrungsgemäß  $k_f \leq 1 \times 10^{-6}$  m/s auf. Wird eine geringere Wasserdurchlässigkeit unter der Sickerschicht bzw. der Sickerleitungen zum Schutz des Grundwassers gefordert, kann unter UK Sickerschicht und Sickerleitungen ggf. zusätzlich ein Lehmschlag oder eine Bentonitmatte mit entsprechend geringer Wasserdurchlässigkeit eingebaut werden.

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

### **16.1 Geotechnische Kategorie**

Geplante Bauwerke im Neubaugebiet sind 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**

Baugrubenböschungen können über dem Grundwasserspiegel bis max. 5 m unter GOK bei den oberflächlich anstehenden mindestens steifen Verwitterungslehmen mit einem Böschungswinkel von  $\beta \geq 60^\circ$  und in den Terrassenschotter mit einem Böschungswinkel von  $\beta \geq 45^\circ$  angelegt werden.

Ein lastfreier Bereich neben den Böschungen von  $\geq 2,0$  m ist einzuhalten. Auf Baugrubenböschungen ist loser oder aufgelockerter Boden abzuräumen. Werden Schichtwasseraustritte in der Baugrubenböschung festgestellt, ist die Böschung weiter abzuflachen oder es sind Sicherungsmaßnahmen wie z.B. die Aufbringung eines Auflastfilters oder die Herstellung von Entwässerungsscheiben vorzusehen.

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 Böschungshöhen über 5 m, bei steileren Böschungswinkel als zuvor angegeben, bei Nichteinhaltung der Aushubgrenzen nach DIN 4123 neben bestehenden Bauwerken und Leitungen, Störungen des Bodengefüges durch z.B. Aufgrabungen in einem Abstand von  $\leq 2,0$  m hinter der Böschungskrone, Schichtwasseraustritten aus der Böschung, oder wenn das Gelände neben der Böschungskante steiler als 1:10 ansteigt, sind die zulässigen Böschungswinkel durch Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4084 nachzuweisen.

### 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 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.

Es 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.

Liegt die Gründungssohle von geplanten Bauwerken im Baugebiet auf den aufgeschlossenen gering bis unverlehnten Terrassenschottern, kann die Gebäudegründung über Einzel- und Streifenfundamenten oder über eine Gründungsplatte erfolgen. Sollen Gebäude auf dem Verwitterungslehm oder den verlehnten Terrassenschotter gegründet werden wird die Ausbildung einer Gründungsplatte empfohlen.

Für eine Vordimensionierung einer Gründung mittels **Einzel- und Streifenfundamenten** auf den bei der Baugrunderkundung angetroffenen gering bis unverlehnten Terrassenschottern, 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 1,5 m der Bemessungswert des Sohlwiderstandes mit  $s_{R,d} = 350$  kN/m<sup>2</sup> und für ein quadratisches Einzelfundament mit  $b$  bzw.  $b' = 0,8$  m bis 2,0 m mit  $s_{R,d} = 420$  kN/m<sup>2</sup> angegeben.

Bei voller Ausnutzung des zuvor angegebenen Bemessungswert des Sohlwiderstandes sind unter Berücksichtigung der setzungswirksamen Lasten (ständige und quasi-ständige veränderliche Lasten) und unterschiedlichen Fundamentbreiten Setzungen von ca.  $s = 0,5 \text{ cm}$  bis  $2,0 \text{ cm}$  zu erwarten.

Erfahrungsgemäß können durch bauwerksspezifische Baugrunderkundungen höhere Bemessungssohlwiderstände vorgegeben werden.

Die Bemessung einer elastisch gebetteten Gründungsplatte erfolgt mit dem Steifemodulverfahren oder alternativ mit dem Bettungsmodulverfahren.

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

1. Festlegung eines Startwertes für das Bettungsmodul durch den Baugrundgutachter
2. Berechnung von Vertikalverschiebungen und Sohlrücken mit dem Bettungszifferverfahren durch den Tragwerksplaner
3. Setzungsberechnung nach DIN 4019 ( $EI = 0$ ) mit der aus (2.) gewonnenen Sohlruckverteilung durch den Baugrundgutachter
4. Vergleich der Vertikalverschiebungen aus (2.) mit den Setzungen aus (3.) durch den Tragwerksplaner
5. Neuberechnung der Bettungsmoduln aus den Quotienten Sohlruck (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 unter der Gründungsplatte reduziert werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass der 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 Erd- und Wasserdruck

Unter dem Erdreich liegende Außenwände sind auf den erhöhten aktiven Erddruck nach DIN 4085 zu bemessen. Bei starker Verdichtung der Arbeitsraumverfüllung sollte mit dem Verdichtungserddruck nach DIN 4085 gerechnet werden, der größer als der erhöhte aktive Erddruck ist.

Wird keine Dränanlage hergestellt oder darf keine Dränanlage hergestellt werden, kann es durch Oberflächen-, zeitweisem Sickerwasser im Bereich der oberflächlich anstehenden gering wasser-durchlässigen Verwitterungslehme und verlehnten Terrassenschotter ( $k_f < 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ ) zu einem Wassereinstau in verfüllten Arbeitsräumen bis zur Geländeoberkante kommen. Das Gebäude muss dann für einen Bemessungswasserstand auf Geländeoberkante bemessen werden (Wasserdruck + Auftrieb). Die Auftriebssicherheit im Bauzustand ist durch Flutungsöffnungen sicherzustellen. Gegebenenfalls kann für eine wirtschaftliche Bauwerksbemessung in Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde des zuständigen Landratsamtes eine Sicherheitsdränage zur Reduzierung der Wassereinstauhöhe mit Anschluss an eine geeignete Vorflut eingebaut werden. Alternativ kann eine Ringdränage ggf. an einen Versickerungssacht, welcher bis auf die gut wasser-durchlässigen, Terrassenschotter geführt wird, angeschlossen werden. Kommt die Bodenplatte eines Neubaus auf den gering bis unverlehnten Terrassenschottern zu liegen, muss mit keinem aufstauenden Sickerwasser bei entsprechender Arbeitsraumverfüllung gerechnet werden.

#### 16.5 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 in Abhängigkeit von der Wassereinwirkung auch oberseitig abgedichtet werden.

Kommt die Bodenplatte im Bereich des Verwitterungslehms oder den verlehmtten Terrassenschottern mit einem Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k_f \leq 1 \times 10^{-4}$  m/s zu liegen, muss mit aufstauendem Sickerwasser gerechnet werden.

Erdberührte Wände und Bodenplatten sind bei gering wasserdurchlässigen Böden ( $k \leq 1 \times 10^{-4}$  m/s) nach DIN 18533-1 **mit Dränung** nach DIN 4095 gegen Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wassers nach der Wassereinwirkungsklasse W1-E abzudichten. Eine fachgerechte Dränung nach DIN 4095 erfordert filterfeste Dränschichten, Spül- und Kontrollvorrichtungen und eine rückstausichere Ableitung des anfallenden Wassers in eine zuverlässige Vorflut. Die Vorgaben der DIN 4095 bezüglich der Ausbildung von Dränageeinrichtungen sind zu beachten. Wird **keine Dränung** nach DIN 4095 hergestellt, wirkt aufstauendes Wasser auf die Abdichtung als drückendes Wasser. Erdberührte Wände und Bodenplatten mit drückendem Wasser  $\leq 3$  m Eintauchtiefe sind nach DIN 18533-1 nach der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E und erdberührte Wände und Bodenplatten mit drückendem Wasser  $> 3$  m Eintauchtiefe sind nach DIN 18533-1 nach der Wassereinwirkungsklasse W2.2-E abzudichten.

Kommt die Bodenplatte auf den gering bis unverlehmtten Terrassenschottern mit einem Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k_f > 1 \times 10^{-4}$  m/s oberhalb des Bemessungswasserstandes zu liegen, können erdberührte Wände und Bodenplatten, welche mindestens 50 cm oberhalb des Bemessungswasserstandes liegen, nach DIN 18533-1 ohne Dränung gegen Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wassers nach der Wassereinwirkungsklasse W1-E abgedichtet werden.

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 sowie das Vorhandensein von nur zeitweise drückendem Wasser zu beachten.

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, Raumnutzungs-kategorie und Zuverlässigkeitsanforderungen nach DIN 18355-1 zu berücksichtigen.

## 16.6 Arbeitsraumverfüllung

Für die Verfüllung von Arbeitsräumen sowie für Geländeprofilierungen, die nicht zur Lastabtragung von Bauwerklasten herangezogen werden, können die anstehenden verlehnten Terrassenschotter und Verwitterungslehme 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 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 bindigem 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 bereits vor Erstellung von Bauwerken abgeklungen ist. Werden Geländeaufschüttungen nach Herstellung des Gebäudes aufgebracht, sind die hieraus entstehenden Mitnahmesetzungen am Gebäude, bei der Beurteilung der Gebäudesetzungen zu berücksichtigen.

## 16.7 Regenwasserversickerung

Das untersuchte Baugebiet liegt nach den Wasserschutzgebietskarten der Umweltverwaltung (Stand Juni 2015) ergänzt um die vom RPF/LGRB hydrogeologisch abgegrenzten Wasser- und Heilquellenschutzgebiete innerhalb eines rechtskräftigen Wasserschutzgebietes der Zone III bzw. IIIA.

In den Wasserschutzzonen I und II ist die Versickerung von Niederschlagswasserabläufen bebauter bzw. befestigter Flächen grundsätzlich nicht erlaubt. In den Wasserschutzzonen III bzw. IIIA und IIIB ist nur die Versickerung über die belebte Bodenzone erlaubt. In der Schutzzone IIIA müssen mit Kfz befahrbare Flächen in der Regel wasserundurchlässig sein und die Abläufe vor der Versickerung behandelt werden. Über die jeweiligen Auflagen entscheidet die Untere Wasserbehörde des zuständigen Landratsamtes im Einzelfall.

Für die Planung von Versickerungsanlagen wird üblicherweise ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 1 \times 10^{-6}$  m/s als unterer Grenzwert angesehen. Die oberflächlich anstehenden Verwitterungslehme sowie die angetroffenen verlehmteten Terrassenschotter weisen erfahrungsgemäß einen geringeren Wasserdurchlässigkeitsbeiwert auf. Eine Regenwasserversickerung in den tlw. aufgeschlossenen gering verlehmteten bis unverlehmteten Terrassenschottern ( $k_f > 1 \times 10^{-4}$  m/s) ist erfahrungsgemäß möglich.

Regenwasserversickerungsanlagen müssen einen ausreichenden Abstand zu Gebäuden aufweisen. Die Versickerung muss über eine belebte Bodenzone von einer Mindestmächtigkeit von 30 cm erfolgen. Eine direkte Versickerung über Rigolen und Schächte ist wasserwirtschaftlich unerwünscht. Bei einer extensiven Dachbegrünung besteht im Allgemeinen die Möglichkeit einer direkten Schachtversickerung. Die Mächtigkeit des Sickertraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand mindestens 1,0 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Die allgemeinen Grundsätze zum Umgang mit Regenwasser kann dem Merkblatt DWA-M 153 entnommen werden. Für die Planung, Bau und Betrieb der notwendigen Versickerungsanlage ist eine Bemessung bzw. Berechnung nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 notwendig.

## 16.8 Geothermische Energienutzung

Das untersuchte Baugebiet liegt nach den Wasserschutzgebietskarten der Umweltverwaltung (Stand Juni 2015), ergänzt um die vom RPF/LGRB hydrogeologisch abgegrenzten Wasser- und Heilquellenschutzgebiete innerhalb eines rechtskräftigen Wasserschutzgebietes. Nach den Ausführungen im „Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden“ des Umweltministeriums Baden-Württemberg ist der Bau einer Erdwärmesonde an diesem Standort aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht erlaubt.

### 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.

Nach dem „Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmekollektoren“ des Umweltministeriums Baden-Württemberg ist der Bau von Erdwärmekollektoren in der Wasserschutzgebietszone I und II nicht erlaubt. In den Zonen III / IIIA / IIIB können Erdwärmekollektoren unter bestimmten Vorausset-



zungen zugelassen werden. Voraussetzung ist, dass der Erdwärmekollektor nicht tiefer als 5 m ist und keinen Kontakt zum Grundwasser hat. Zusätzlich muss unter der Anlage eine flächenhafte, natürliche, bindige Dichtschicht von mindestens 2 m und einen Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f < 10^{-6}$  m/s oder eine flächenhafte, natürliche, bindige Dichtschicht von mindestens 1 m mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f < 10^{-8}$  m/s vorhanden sein. Das Einbringen bzw. Ergänzen fehlender Dichtschichten kann auch technisch erfolgen, wobei nur natürliche Dichtmaterialien oder ersatzweise auch Bentonitmatten zu verwenden sind.

### 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>0</b>	Intensitätsintervalle $6 \leq I < 6,5$
<b>Untergrundklasse</b>	<b>T</b>	Übergangsbereich zwischen den Gebieten der Untergrundklassen R und S oder Gebiet relativ flachgründiger Sedimentbecken
<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 zwischen den Aufschlusspunkten möglich. Treten von den beschriebenen Baugrund- und Grundwasserhältnissen 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 Grundstückes 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)

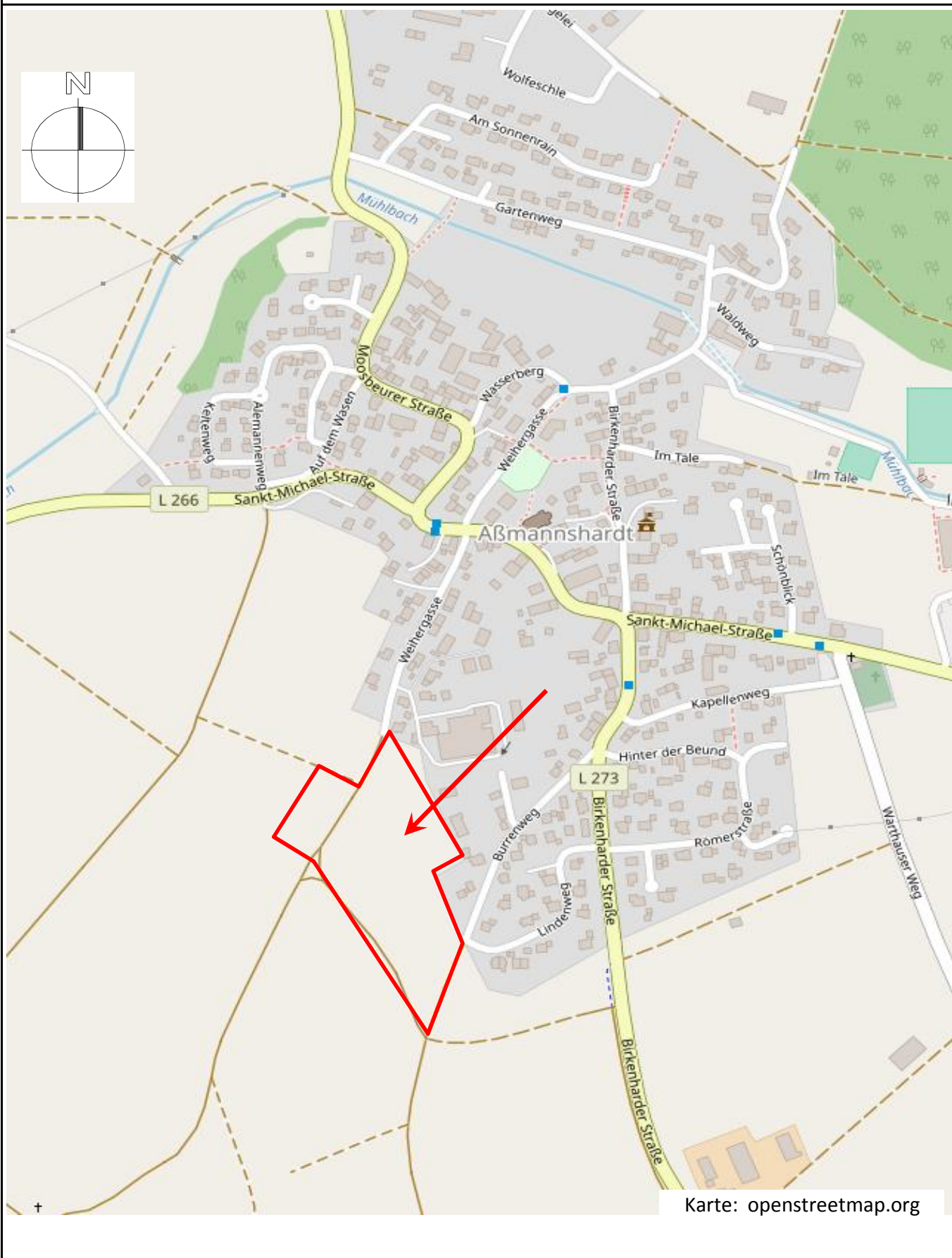
Dipl.-Ing. Christian Rauser-Härle



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

# Übersichtslageplan

Projekt: BV Erschließung Baugebiet Burrenweg in 88433 Aßmannshardt



Baufläche ca. 1,9 ha  
 Höhenlage: 571 müNN (Burrenweg)  
 569 müNN (Gemeindshalde)

### LEGENDE

- BS = Bohrsondierung
- AP = Asphaltproben
- PS = Profilschnitt

**HENKE UND PARTNER GMBH**  
 Ingenieurbüro für Geotechnik

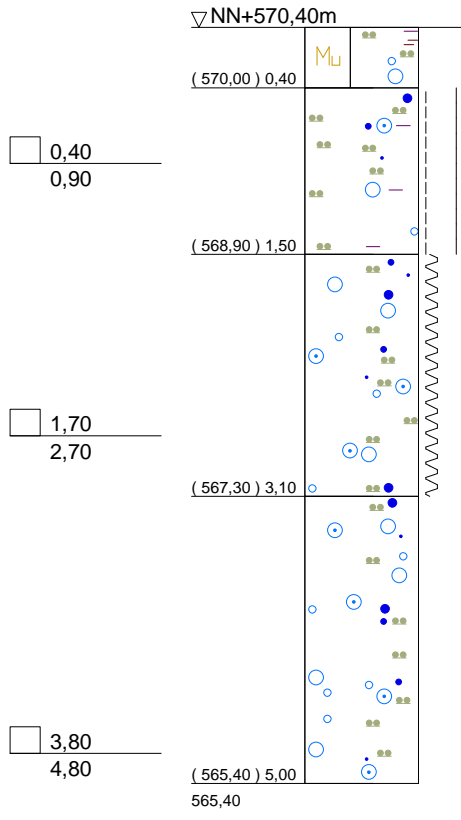
Waldseerstr. 51 - 88400 Biberach  
 Telefon: 07351.47 400-30  
 Telefax: 07351.47 400-29  
 e-mail: bc@henkegeo.de  
 www.henkegeo.de

www.henkegeo.de	Datum	Name	Bauherr	Gemeinde Schemmerhofen Hauptstraße 25 88433 Schemmerhofen
gez.	25.02.'19	cr	Projekt	BV Erschließung Burrenweg in 88433 Aßmannshardt
ges.				
DaN: AHBGBUW z LpU			Darstellung	Lageplan der Untersuchungspunkte
oDaN: x				
ANLAGE		1.2		
MAßSTAB		1 : 1000		

Zeichnung: L:\HENKE\Projekte\VAHBGBUW\VAHBGBUW\_z\_LpU.dwg  
 Layout: LP\_Erschließung



# BS 1



Oberboden (Schluff, tonig, schwach humos, schwach kiesig), **1**,  
 graubraun bis mittelbraun, durchwurzelt

Verwitterungslehm, Schluff, tonig, kiesig, schwach sandig, **4**, hellbraun,  
 TM/TL

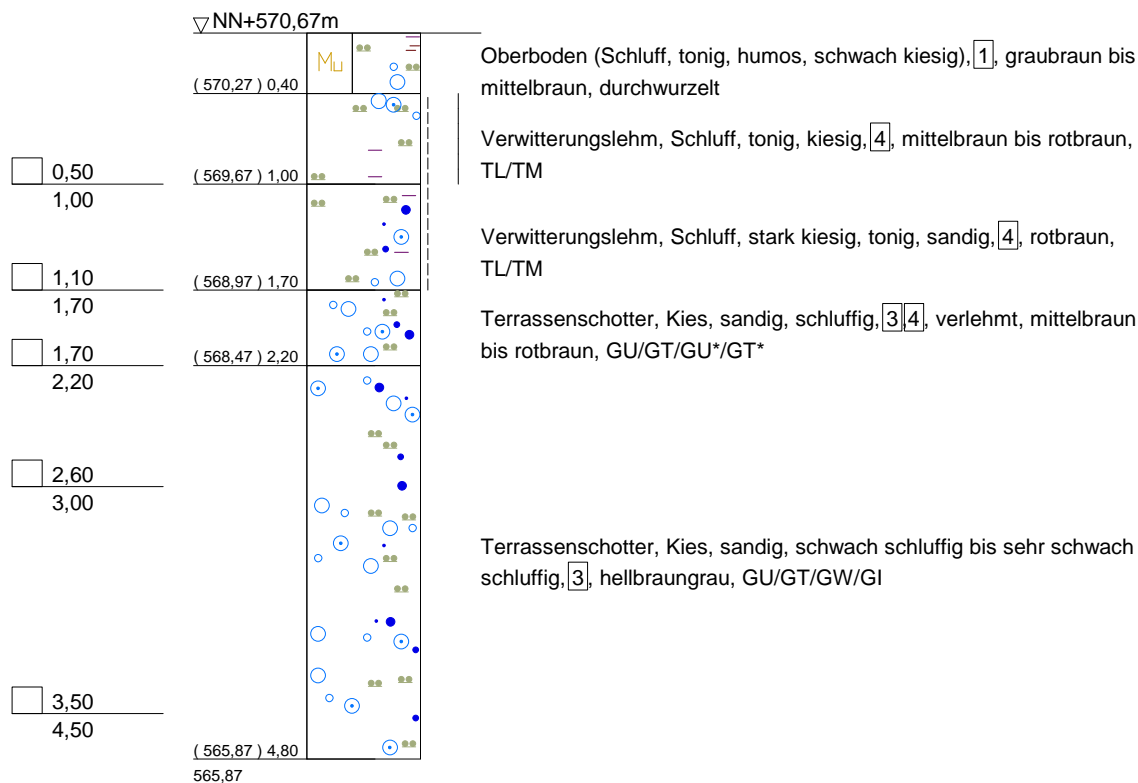
Terrassenschotter, Kies, stark schluffig, sandig, **4**, verlehmt,  
 mittelbraun bis rotbraun, Feinanteil schwankt, tendenziell zur Tiefe hin  
 abnehmend, stellenweise feucht, vermutlich Schichtwasserbildung  
 möglich, GU\*/GT\*

Terrassenschotter, Kies, sandig, schluffig, **3****4**, verlehmt, mittelbraun  
 bis rotbraun, feucht, GU\*/GT\*/GU/GT

Sondierloch standfest bis 4,91m u.GOK  
 kein Wasser feststellbar

<b>Bauvorhaben:</b> BV Erschließung Baugebiet Burrenweg, 88433 Schemmerhofen - Aßmannshardt	
<b>Planbezeichnung:</b> Bohrsondierung (BS) 1	
Plan-Nr: AHBGBUW BS 1	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Waldseer Straße 51 88400 Biberach a.d. Riß Tel.: 07351 / 47 40 030 Fax: 07351 / 47 40 029	Bearbeiter: aw
	Gezeichnet: 14.02.19
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: AHBGBUW	

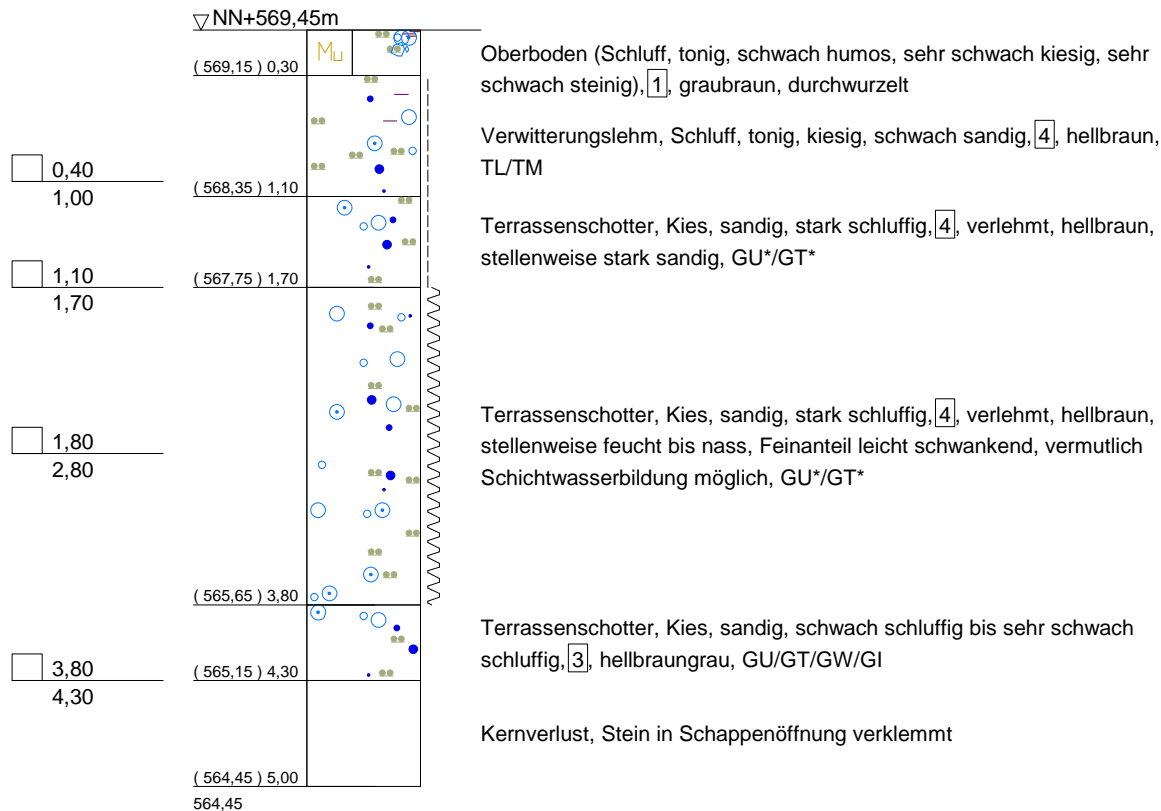
# BS 2



Sondierloch standfest bis 4,42m u.GOK  
kein Wasser feststellbar

<b>Bauvorhaben:</b> BV Erschließung Baugebiet Burrenweg, 88433 Schemmerhofen - Aßmannshardt	
<b>Planbezeichnung:</b> Bohrsondierung (BS) 2	
Plan-Nr: AHBGBUW BS 2	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Waldseer Straße 51 88400 Biberach a.d. Riß Tel.: 07351 / 47 40 030 Fax: 07351 / 47 40 029	Bearbeiter: aw
	Gezeichnet: 14.02.19
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: AHBGBUW	

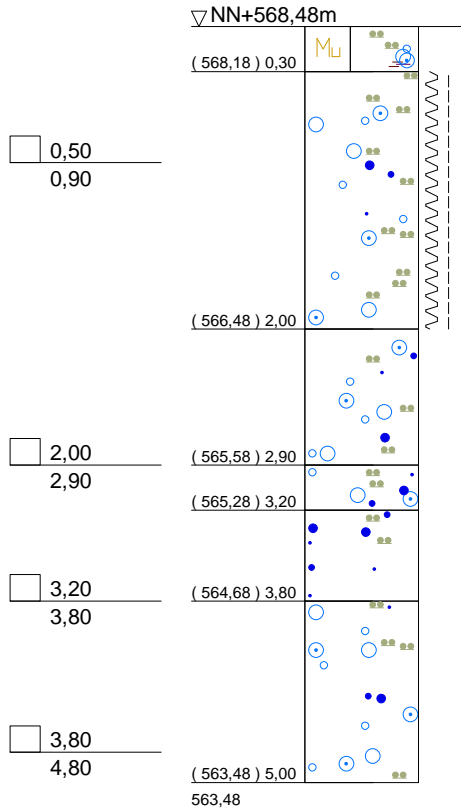
# BS 3



Sondierloch standfest bis 4,61m u.GOK  
 Ausbau zu temporärem Pegel  
 3m Filter-, 2m Vollrohr, 0,40m Überstand  
 kein Wasser messbar

<b>Bauvorhaben:</b> BV Erschließung Baugebiet Burrenweg, 88433 Schemmerhofen - Aßmannshardt	
<b>Planbezeichnung:</b> Bohrsondierung (BS) 3	
Plan-Nr: AHBGBUW BS 3	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Waldseer Straße 51 88400 Biberach a.d. Riß Tel.: 07351 / 47 40 030 Fax: 07351 / 47 40 029	Bearbeiter: aw Datum: 14.02.19
	Gezeichnet: _____
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: AHBGBUW	

# BS 4



Oberboden (Schluff, tonig, humos, schwach kiesig), 1, graubraun bis mittelbraun, durchwurzelt

Terrassenschotter, Kies, sandig, schluffig bis stark schluffig, 3,4, verlehmt, mittelbraun bis rotbraun, GU\*/GT\*/GU/GT

Terrassenschotter, Kies, sandig, schluffig, 3,4, verlehmt, mittelbraun bis rotbraun, GU/GT/GU\*/GT\*

Terrassenschotter, Kies, sandig, schwach schluffig bis sehr schwach schluffig, 3, hellbraungrau, GU/GT/GW/GI

Terrassensand, Sand, schwach schluffig, 3, hellbraungrau, SU/ST/SW/SI

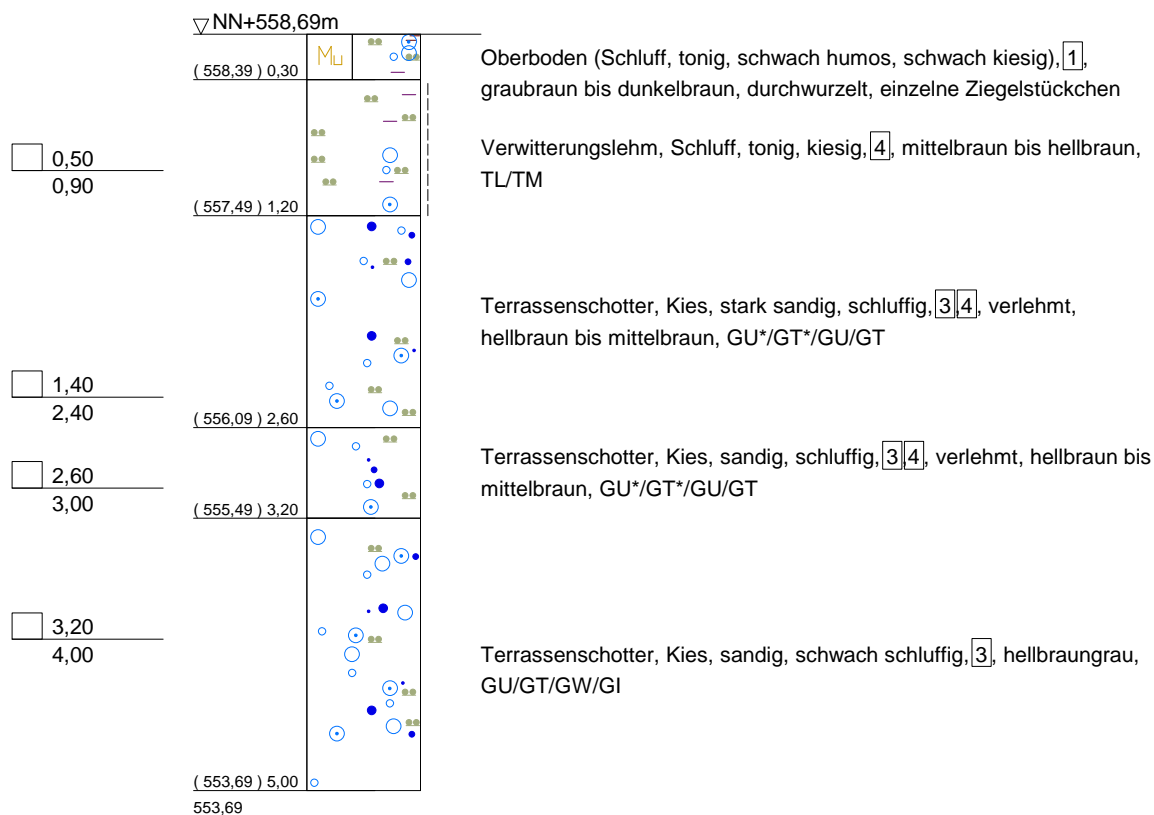
Terrassenschotter, Kies, sandig, schwach schluffig bis sehr schwach schluffig, 3, hellbraungrau, GU/GT/GW/GI

Sondierloch standfest bis 4,59m u.GOK  
kein Wasser feststellbar

<b>Bauvorhaben:</b> BV Erschließung Baugebiet Burrenweg, 88433 Schemmerhofen - Aßmannshardt	
<b>Planbezeichnung:</b> Bohrsondierung (BS) 4	
Plan-Nr: AHBGBUW BS 4	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Waldseer Straße 51 88400 Biberach a.d. Riß Tel.: 07351 / 47 40 030 Fax: 07351 / 47 40 029	Bearbeiter: aw Datum: 14.02.19
	Gezeichnet: _____
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: AHBGBUW	



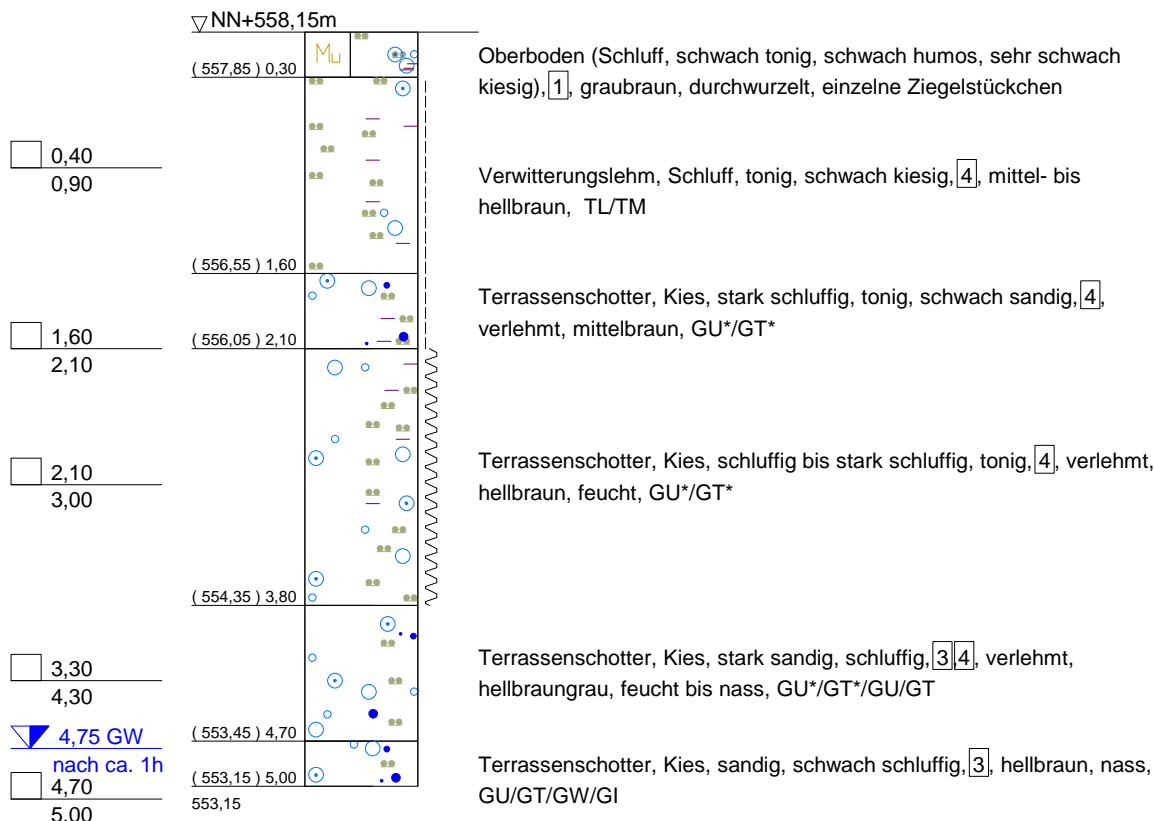
# BS 5



Sondierloch standfest bis 4,88m u.GOK  
kein Wasser feststellbar

<b>Bauvorhaben:</b> BV Erschließung Baugebiet Burrenweg, 88433 Schemmerhofen - Aßmannshardt	
<b>Planbezeichnung:</b> Bohrsondierung (BS) 5	
Plan-Nr: AHBGBUW BS 5	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Waldseer Straße 51 88400 Biberach a.d. Riß Tel.: 07351 / 47 40 030 Fax: 07351 / 47 40 029	Bearbeiter: aw
	Gezeichnet: 14.02.19
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: AHBGBUW	

# BS 6



Sondierloch standfest bis 4,42m u.GOK  
 Ausbau zu temporärem Pegel  
 3m Filter-, 2m Vollrohr, 0,40m Überstand

**Bauvorhaben:**

BV Erschließung Baugebiet Burrenweg,  
 88433 Schemmerhofen - Aßmannshardt

**Planbezeichnung:**

Bohrsondierung (BS) 6

Plan-Nr: AHBGBUW BS 6	Maßstab: 1:50	
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Waldseer Straße 51 88400 Biberach a.d. Riß Tel.: 07351 / 47 40 030 Fax: 07351 / 47 40 029	Bearbeiter: aw	Datum: 14.02.19
	Gezeichnet: _____	_____
	Geändert: _____	_____
	Gesehen: _____	_____
Projekt-Nr: AHBGBUW		

**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

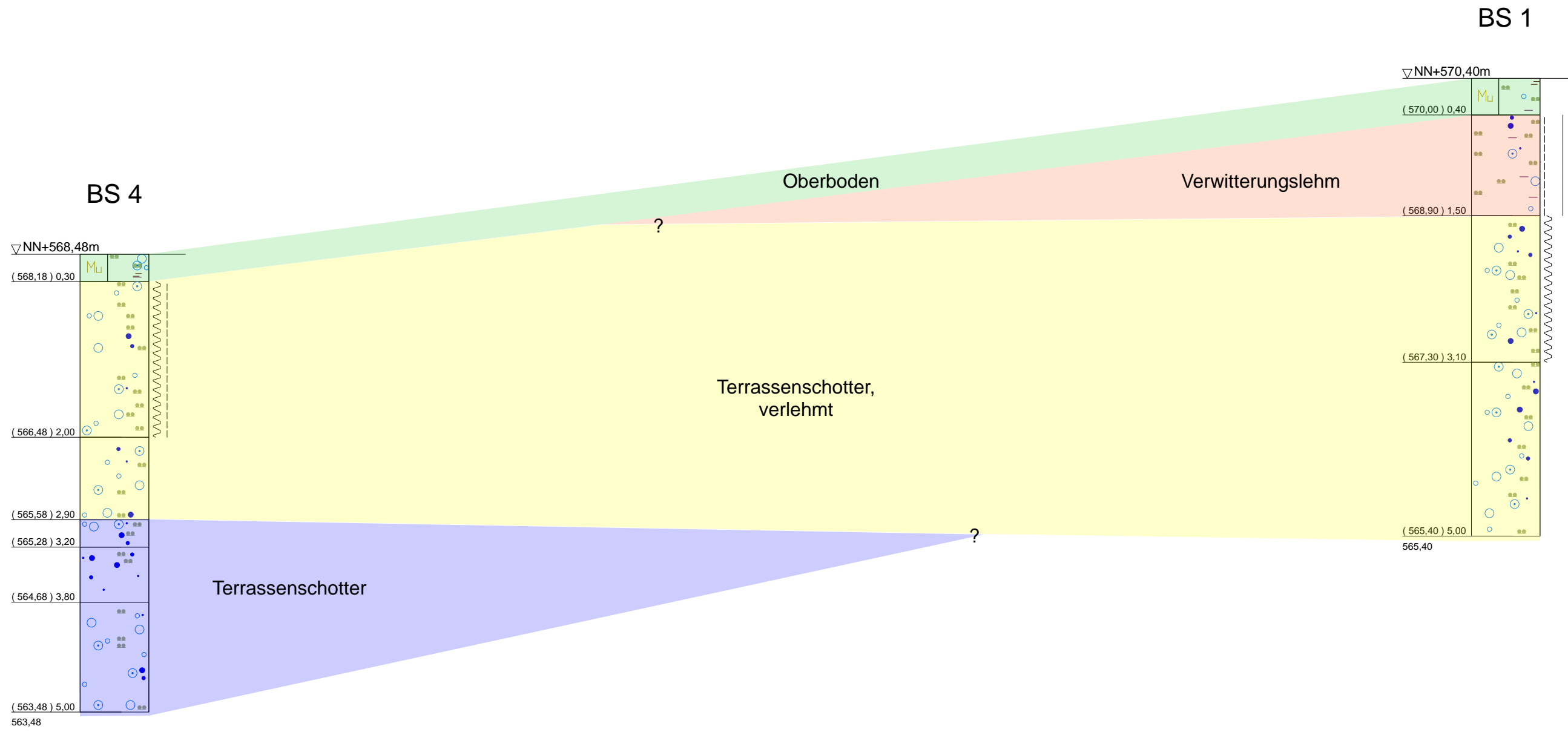
t'	schwach (< 15 %), z.B. schwach tonig
ḡ	stark (ca. 30-40 %), z.B. stark kiesig

Konsistenz/ Lagerungsdichte

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

Probenentnahmen und Grundwasser

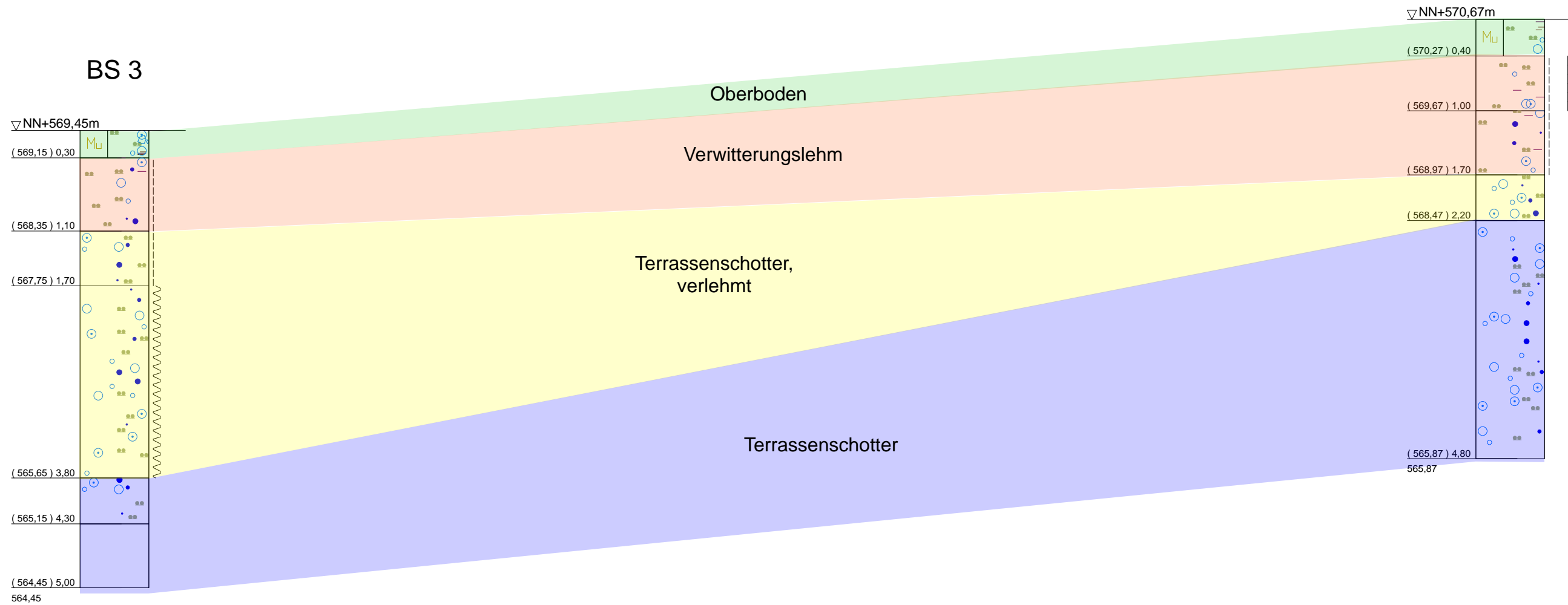
BP		Becherprobe
EP		Eimerprobe
GP		Glasprobe
ZP		Zylinderprobe
HP		Head-Space Probe
UP		ungestörte Probe
		Grundwasser angebohrt
		Grundwasser nach Bohrende
		Ruhewasserstand
k. GW		kein Grundwasser



<b>Bauvorhaben:</b> BV Erschließung Baugebiet Burrenweg, 88433 Schemmerhofen - Aßmannshardt		
<b>Planbezeichnung:</b> Profilschnitt (PS) 1		
Plan-Nr: AHBGBUW PS 1	Maßstab: H 1:50; B 1:500	
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Waldseer Straße 51 88400 Biberach a.d. Riß Tel.: 07351 / 47 40 030 Fax: 07351 / 47 40 029	Bearbeiter: mp	Datum: 22.02.19
	Gezeichnet: _____	_____
	Geändert: _____	_____
	Gesehen: _____	_____
	Projekt-Nr: AHBGBUW	_____

BS 2

BS 3

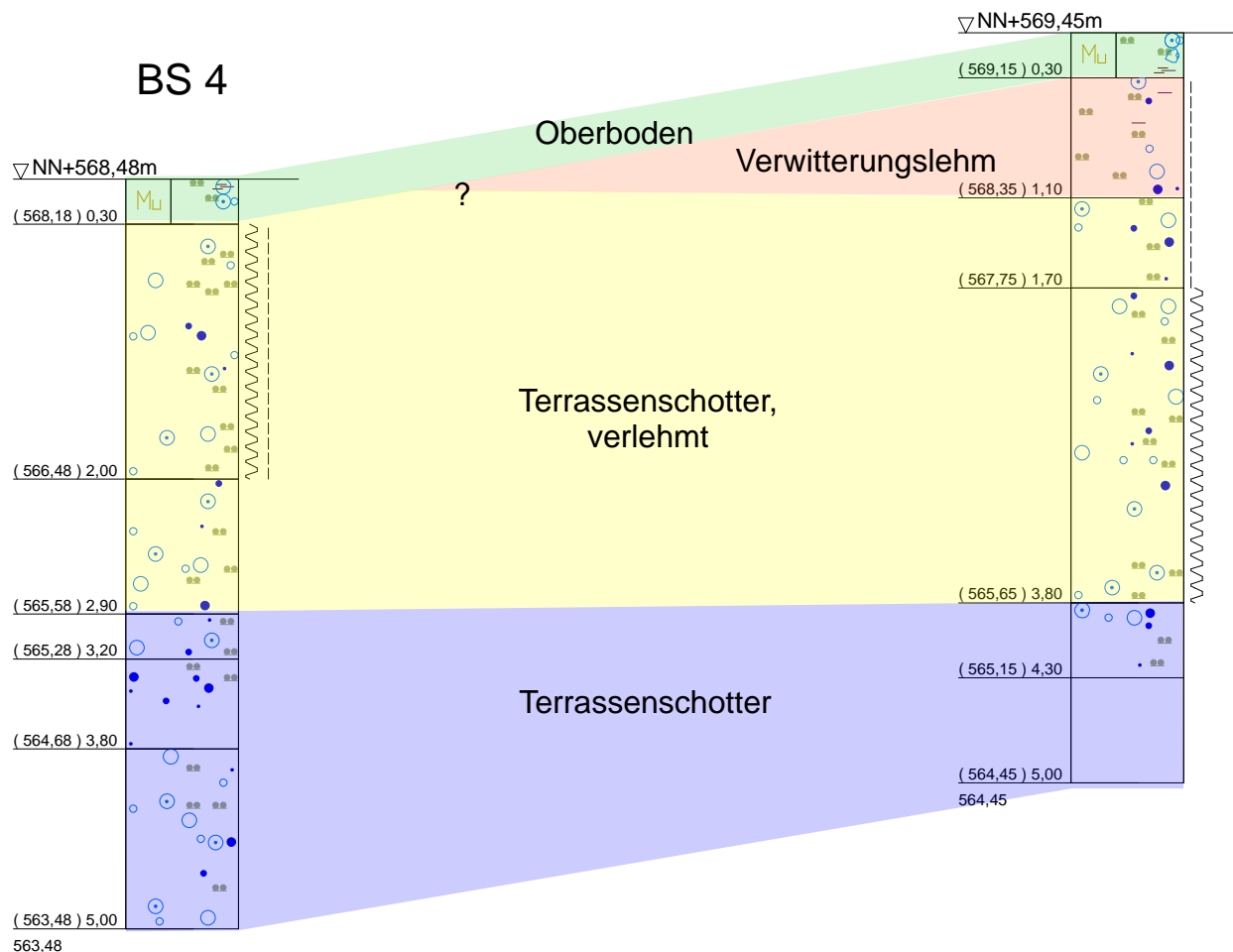


**Bauvorhaben:**  
 BV Erschließung Baugebiet Burrenweg,  
 88433 Schemmerhofen - Aßmannshardt

**Planbezeichnung:**  
 Profilschnitt (PS) 2

Plan-Nr: AHBGBUW PS 2	Maßstab: H 1:50; B 1:500
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Waldseer Straße 51 88400 Biberach a.d. Riß Tel.: 07351 / 47 40 030 Fax: 07351 / 47 40 029	Bearbeiter: mp Gezeichnet: 22.02.19 Geändert: _____ Gesehen: _____ Projekt-Nr: AHBGBUW

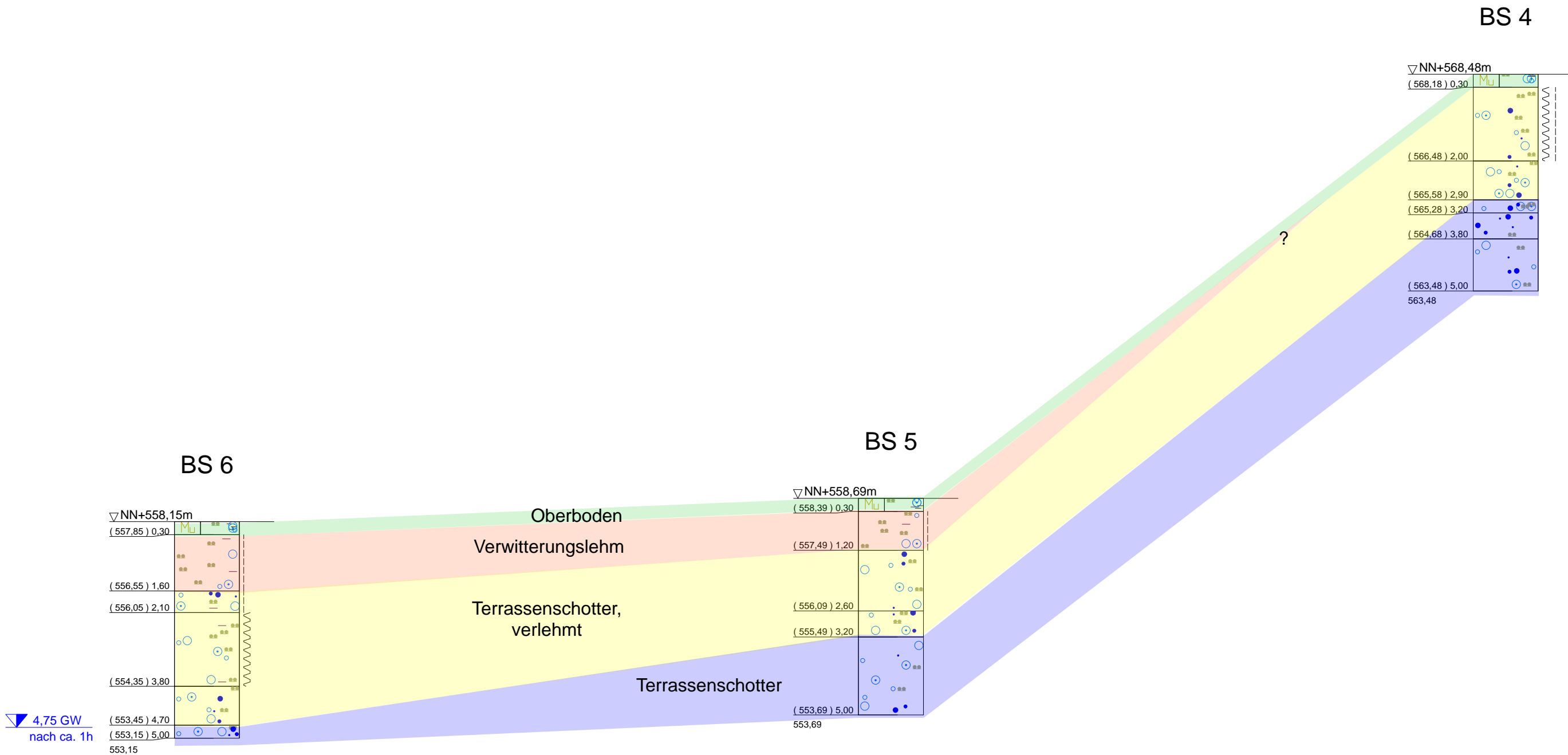
BS 3



**Bauvorhaben:**  
 BV Erschließung Baugebiet Burrenweg,  
 88433 Schemmerhofen - Aßmannshardt

**Planbezeichnung:**  
 Profilschnitt (PS) 3

Plan-Nr: AHBGBUW PS 3	Maßstab: H 1:50; B 1:500	
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Waldseer Straße 51 88400 Biberach a.d. Riß Tel.: 07351 / 47 40 030 Fax: 07351 / 47 40 029	Bearbeiter: mp	Datum: 22.02.19
	Gezeichnet:	
	Geändert:	
	Gesehen:	
Projekt-Nr: AHBGBUW		



**Bauvorhaben:**  
 BV Erschließung Baugebiet Burrenweg,  
 88433 Schemmerhofen - Aßmannshardt

**Planbezeichnung:**  
 Profilschnitt (PS) 4

Plan-Nr: AHBGBUW PS 4	Maßstab: H 1:50; B 1:250
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Waldseer Straße 51 88400 Biberach a.d. Riß Tel.: 07351 / 47 40 030 Fax: 07351 / 47 40 029	Bearbeiter: mp Gezeichnet: 22.02.19 Geändert: _____ Gesehen: _____ Projekt-Nr: AHBGBUW

Projekt: BV Erschließung Baugebiet Burrenweg in 88433 Aßmannshardt										Projektkürzel: AHBGBUW						
Probe	Material	w <sub>n</sub> %	w <sub>l</sub> %	w <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	I <sub>c</sub>	Kon- sistenz	Körn- ungsziffer T / U - S - G	BA nach DIN 18196	ρ t/m <sup>3</sup>	ρ <sub>D</sub> t/m <sup>3</sup>	φ' (°)	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 / 0,4-0,9	Verwitterungslehm	17,5														
BS 2 / 0,5-1,0	Verwitterungslehm	17,9														
BS 2 / 1,1-1,7	Verwitterungslehm	16,9														
BS 2 / 3,5-4,5	Terrassenschotter	2,9					0 - 3 - 7	GW								
BS 3 / 0,4-1,0	Verwitterungslehm	18,8														
BS 4 / 0,5-0,9	Terrassenschotter, verl	15,4						GU/GT								Feinanteil: 14,2%
BS 4 / 2,0-2,9	Terrassenschotter, verl	12,4						GU/GT								Feinanteil: 11,9%
BS 5 / 0,5-0,9	Verwitterungslehm	18,8														
BS 5 / 3,2-4,0	Terrassenschotter	3,6					0 - 3 - 7	GW								
BS 6 / 0,4-0,9	Verwitterungslehm	19,2														
BS 6 / 1,6-2,1	Terrassenschotter, verl	17,0						GU*/GT*								Feinanteil: 27,3%
BS 6 / 3,3-4,3	Terrassenschotter, verl	20,2						GU/GT								Feinanteil: 9,1%
BS 6 / 4,7-5,0	Terrassenschotter	12,3						GU/GT								Feinanteil: 6,0%

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

ANLAGE 4.1

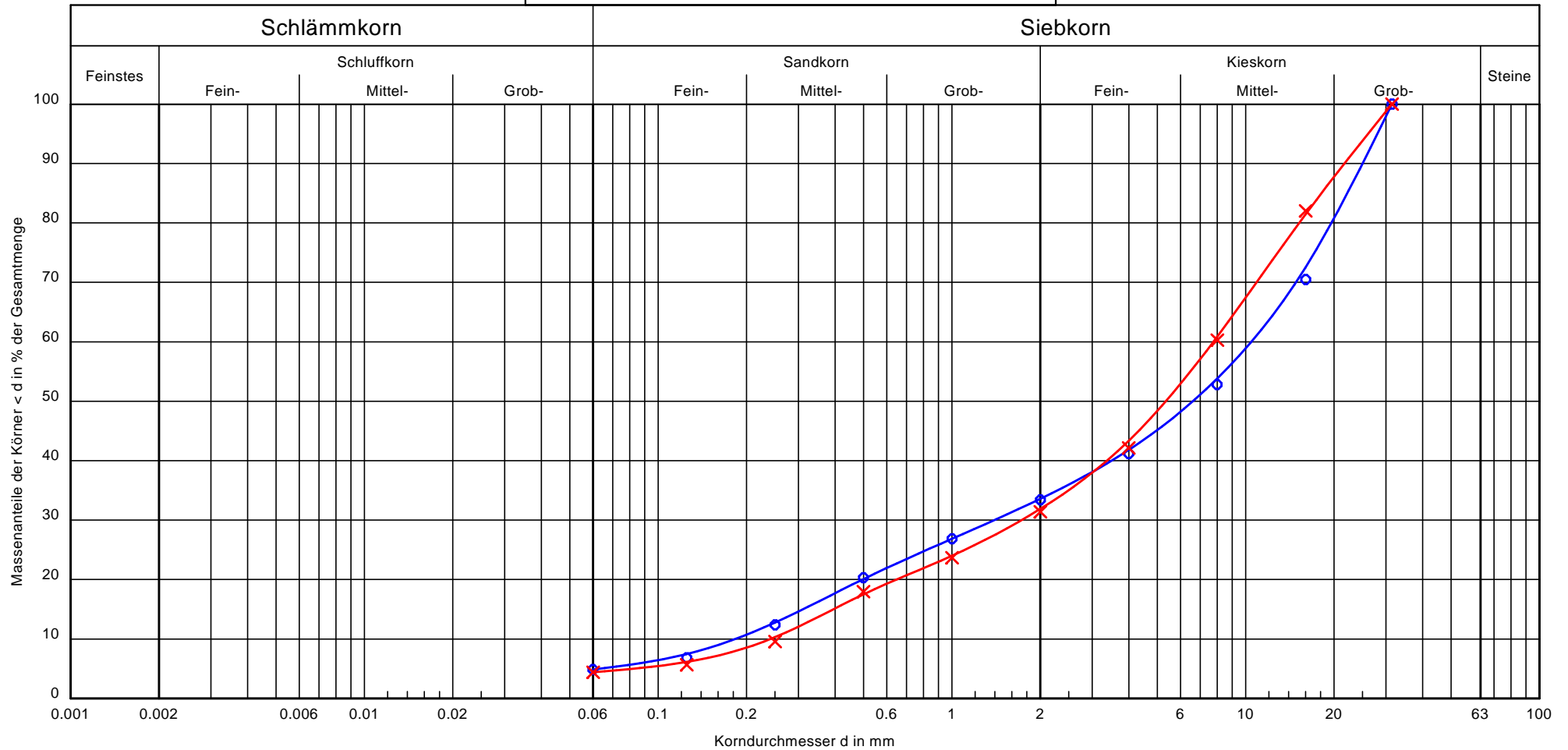


Projekt: BV Erschließung Baugebiet Burrenweg  
in 88433 Aßmannshardt

# Körnungslinie

nach DIN 18123: 2011-04

HENKE UND PARTNER GMBH  
Ingenieurbüro für Geotechnik  
[www.henkegeo.de](http://www.henkegeo.de)



geol. Bezeichnung:	Terrassenschotter	Terrassenschotter	Bemerkungen:	Anlage: 4.2
Entnahmestelle/Tiefe:	BS 2 / 3.5 - 4.5 m	BS 5 / 3.2 - 4.0 m		
Entnommen am/Laborbearb.:	14.02.2019 / mp	14.02.2019 / mp		
Abgeschlämmt?:	ja	ja		
Wasserdurchlässigkeit nach Seiler (k <sub>f</sub> -Wert):	1.5 · 10 <sup>-3</sup>	1.4 · 10 <sup>-3</sup>		
d <sub>10</sub>	0.1828	0.2412		
d <sub>30</sub>	1.3935	1.7253		
d <sub>60</sub>	10.4558	7.7579		
Cu/Cc	57.2/1.0	32.2/1.6		
T-U-S-G [%]:	- /5.0/28.6/66.4	- /4.5/27.4/68.1		
Bodengruppe:	GW	GW		

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

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>555/1190</b>	<b>Datum:</b>	<b>26.02.2019</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

### Allgemeine Angaben

Auftraggeber : HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik  
 Projekt : AHBGBUW  
 Projekt-Nr. :  
 Art der Probe : Asphalt  
 Entnahmestelle : Entnahmedatum :  
 Originalbezeich. : AP 1  
 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers Probeneingang : 21.02.2019  
 Probenbezeich. : 555/1190 Unters-zeitraum : 21.02.2019 – 26.02.2019

### Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Naphthalin	[mg/kg TS]	0,06	
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04	
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	0,07	
Fluoren	[mg/kg TS]	0,13	
Phenanthren	[mg/kg TS]	1,0	
Anthracen	[mg/kg TS]	0,17	
Fluoranthren	[mg/kg TS]	0,99	
Pyren	[mg/kg TS]	0,76	
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	0,43	
Chrysen	[mg/kg TS]	0,54	
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,41	
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,22	
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	0,47	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	0,12	
Benzo(a,h,i)perylen	[mg/kg TS]	0,39	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	0,29	
<b>Σ PAK (EPA Liste):</b>	<b>[mg/kg TS]</b>	<b>6,0</b>	<b>DIN ISO 18287 :2006-05</b>

### Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
pH-Wert	[ - ]	9,22	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	39	DIN EN 27 888 : 1993
Phenolindex	[µg/l]	< 10	DIN EN ISO 14402:1999-12

Markt Rettenbach, den 26.02.2019

Onlinedokument ohne Unterschrift

Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele

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

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>555/1191</b>	<b>Datum:</b>	<b>26.02.2019</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

### Allgemeine Angaben

Auftraggeber : HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik  
 Projekt : AHBGBUW  
 Projekt-Nr. :  
 Art der Probe : Asphalt  
 Entnahmestelle : Entnahmedatum :  
 Originalbezeich. : AP 2  
 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers Probeneingang : 21.02.2019  
 Probenbezeich. : 555/1191 Unters-zeitraum : 21.02.2019 – 26.02.2019

### Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
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]	0,5	
Anthracen	[mg/kg TS]	0,07	
Fluoranthren	[mg/kg TS]	0,44	
Pyren	[mg/kg TS]	0,34	
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	0,18	
Chrysen	[mg/kg TS]	0,16	
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,19	
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,1	
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	0,24	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	0,08	
Benzo(a,h,i)perylen	[mg/kg TS]	0,19	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	0,12	
<b>Σ PAK (EPA Liste):</b>	<b>[mg/kg TS]</b>	<b>2,6</b>	<b>DIN ISO 18287 :2006-05</b>

### Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
pH-Wert	[ - ]	9,57	DIN 38 404 - C5 :2009-07
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	64	DIN EN 27 888 : 1993
Phenolindex	[µg/l]	< 10	DIN EN ISO 14402:1999-12

Markt Rettenbach, den 26.02.2019

Onlinedokument ohne Unterschrift

Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele

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

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>555/1186</b>	<b>Datum:</b>	<b>26.02.2019</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

### Allgemeine Angaben

Auftraggeber : HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik  
 Projekt : AHBGBUW  
 Projekt-Nr. :  
 Entnahmestelle : Art der Probenahme : PN 98  
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
 Entnahmedatum : Probeneingang : 21.02.2019  
 Originalbezeich. : MP Lehm Probenbezeich. : 555/1186  
 Untersuch.-zeitraum : 21.02.2019 – 26.02.2019

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

### 1.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)		Z 0*	Z 1/2	Z 2	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe								DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	90,8	-	-	-	-	-	DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	6,1	10	15	15	45	150	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	8,7	40	70	140	210	700	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,1	0,4	1	1	3	10	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	23	30	60	120	180	600	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	12	20	40	80	120	400	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	19	15	50	100	150	500	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,02	0,1	0,5	1	1,5	5	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	0,4	0,7	0,7	2,1	7	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	46	60	150	300	450	1500	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser								EN 13657 :2003-01
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5		1	1	3	10	DIN 38 409 -17 :1984-09
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30		100	200	300	1000	DIN EN 14039 :2005-01
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	100		-	400	600	2000	DIN EN 14039 :2005-01
Cyanid (gesamt)	[mg/kg TS]	< 0,25		-	-	3	10	DIN EN ISO 17380 :2013-10

## 1.2 PCB, BTXE, LHKW, PAK

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 0*	Z 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 (6):</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	0,05	0,1	0,15	0,5	DIN EN 15308 :2016-12
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 : 2000
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 : 2000
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]	0,1					
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoranthren	[mg/kg TS]	0,15					
Pyren	[mg/kg TS]	0,14					
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	0,11					
Chrysen	[mg/kg TS]	0,1					
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,09					
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,04					
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	0,13	0,3	0,6	0,9	3	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(g,h,i)perylen	[mg/kg TS]	0,13					
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	0,11					
<b>Σ PAK (EPA Liste):</b>	[mg/kg TS]	<b>1,1</b>	3	3	3 / 9	30	DIN ISO 18287 :2006-05

Markt Rettenbach, den 26.02.2019

Onlinedokument ohne Unterschrift

 Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele  
(Laborleiter)

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

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>555/1187</b>	<b>Datum:</b>	<b>26.02.2019</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

### Allgemeine Angaben

Auftraggeber : HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik  
 Projekt : AHBGBUW  
 Projekt-Nr. :  
 Entnahmestelle : Art der Probenahme : PN 98  
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
 Entnahmedatum : Probeneingang : 21.02.2019  
 Originalbezeich. : MP Schotter Probenbezeich. : 555/1187  
 Untersuch.-zeitraum : 21.02.2019 – 26.02.2019

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

### 1.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)		Z 0*	Z 1/2	Z 2	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe								DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	94,3	-	-	-	-	-	DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	5,6	10	15	15	45	150	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	5,2	40	70	140	210	700	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,12	0,4	1	1	3	10	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	14	30	60	120	180	600	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	10	20	40	80	120	400	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	11	15	50	100	150	500	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,02	0,1	0,5	1	1,5	5	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	0,4	0,7	0,7	2,1	7	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	26	60	150	300	450	1500	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser								EN 13657 :2003-01
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5		1	1	3	10	DIN 38 409 -17 :1984-09
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30		100	200	300	1000	DIN EN 14039 :2005-01
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	< 50		-	400	600	2000	DIN EN 14039 :2005-01
Cyanid (gesamt)	[mg/kg TS]	< 0,25		-	-	3	10	DIN EN ISO 17380 :2013-10

## 1.2 PCB, BTXE, LHKW, PAK

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 0*	Z 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 (6):</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	0,05	0,1	0,15	0,5	DIN EN 15308 :2016-12
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 : 2000
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 : 2000
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]	0,05					
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)perylen	[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>0,13</b>	3	3	3 / 9	30	DIN ISO 18287 :2006-05

Markt Rettenbach, den 26.02.2019

Onlinedokument ohne Unterschrift

 Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele  
(Laborleiter)