

Geotechnischer Bericht nach DIN 4020
zum Bauvorhaben
Erschließung Baugebiet Mooshaupten
in
88348 Bad Saulgau

Bauherr:

Stadt Bad Saulgau
Oberamteistraße 11
88348 Bad Saulgau

Geotechnische Projektleitung:

Prof. Dipl.-Ing. Rolf Schrodli

Erstellungsdatum:

01. April 2019

Aktenzeichen:

BSMOOSH 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

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

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

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

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Auftrag	3
2. Unterlagen	3
3. Projektbeschreibung	3
4. Allgemeiner geologischer Überblick	4
5. Baugrunderkundung	4
5.1 Bohrsondierungen	5
5.2 Rammsondierungen	5
6. Schichtenbeschreibung und -lagerung	6
7. Bodenverunreinigungen	8
8. Hydrogeologische Situation	9
9. Versickerungsversuche	10
10. Geotechnische Laborversuche	11
11. Bodencharakterisierung für bautechnische Zwecke	15
12. Homogenbereiche für Böden nach DIN 18300 (2015-08)	16
13. Bodenkennwerte	18
14. Kanal- und Leitungsbau	19
14.1 Graben- und Grubenaushub	19
14.2 Böschungssicherung von Gräben und Gruben	19
14.3 Kanäle und Leitungen, Grabenverfüllung und Grabenverdichtung	20
15. Bau von Verkehrsflächen	22
16. Regenwasserversickerung	26
17. Allgemeine Angaben zur Bebauung im Baugebiet	27
17.1 Geotechnische Kategorie	27
17.2 Baugruben und Böschungen	27
17.3 Bauwerksgründungen	28
17.4 Erd- und Wasserdruck	30
17.5 Abdichtung von erdberührten Bauteilen	30
17.6 Arbeitsraumverfüllung	32
17.7 Geothermische Energienutzung	32
17.8 Erdbebensicherheit	35
18. Schlussbemerkungen	36

Verzeichnis der Anlagen:

Anlage	1	Lagepläne	
		1.1	Übersichtslageplan
		1.2	Lageplan der Baugrundaufschlüsse
Anlage	2	Bohrsondierungen und Rammsondierungen	
		2.1 – 2.9	Bohrsondieraufnahmen BS 1 bis BS 9 mit jeweiligen Rammsondierdiagramm
		2.10	Legende der verwendeten Signaturen und Abkürzungen
Anlage	3	Profilschnitte	
		3.1 – 3.6	Profilschnitt PS 1 bis PS 6
Anlage	4	Ergebnisse der chemischen Analytik	
		4.1 – 4.2	VwV-Analysen
Anlage	5	Zusammenstellung der bodenmechanischen/-physikalischen Laborversuche	
		5.1	Tabellarische Zusammenstellung der Laborergebnisse
		5.2	Bestimmung der Korngrößenverteilung

1. Auftrag

Die Stadt Bad Saulgau plant die Erschließung des Baugebiets „Mooshaupten“. In diesem Zusammenhang wurde das Ingenieurbüro für Geotechnik Henke und Partner GmbH (HuP), Vertretung Oberschwaben, auf der Basis des Angebotes vom 09.10.2018, Az.: BSMOOSH K01, am 25.10.2018 von der Stadt Bad Saulgau beauftragt, eine Baugrunderkundung durchzuführen und einen Geotechnischen Bericht nach DIN 4020 zu erstellen.

2. Unterlagen

Als Unterlagen zur Bearbeitung wurden uns zur Verfügung gestellt:

Stadt Bad Saulgau:

- [1] Übersichtskarte Auftragsgebiet als pdf , im Maßstab 1:1500, mit Datum vom 25.10.2018

Aus eigenen Archivunterlagen stand uns zur Verfügung:

Geologisches Landesamt Baden - Württemberg:

- [2] Geologische Karte von Baden - Württemberg von 1996, Maßstab 1:25.000, Blatt 7923 Saulgau – Ost sowie digitale geologische Karten des LGRB

Henke und Partner GmbH:

- [3] Geotechnisches Gutachten zum BV Erweiterung Storck- Gymnasium, Az.:BSSTGY G01 vom 12.03.2012
- [4] Geotechnisches Gutachten zum BV Neubau Mehrfamilienhäuser Liebfrauenstraße 43, Az.:SRAIBA G01 vom 08.10.2012

3. Projektbeschreibung

Das geplante Baugebiet „Mooshaupten“ soll im Osten von Bad Saulgau auf den Flurstücken Nr. 314, 315, 317, 321 sowie auf einem Teilbereich des Flurstücks Nr. 322 entstehen. Nördlich und nordöstlich grenzen Grünflächen bzw. landwirtschaftlich genutzte Flächen an das geplante Baugebiet. Im Westen, Süden und Südosten grenzt das geplante Baugebiet an bestehende Bebauung. Im Rahmen der

Erschließung des Neubaugebietes sollen Erschließungsstraßen gebaut und Versorgungsleitungen verlegt werden. Zur Lage von Erschließungsstraßen liegt derzeit noch keine Planung vor. Derzeit wird die Fläche des geplanten Neubaugebiets als Ackerfläche genutzt. Als Anlage 1.1 liegt ein Übersichtslageplan bei, auf dem die Lage des geplanten Neubaugebietes rot gekennzeichnet wurde.

4. Allgemeiner geologischer Überblick

Nach der geologischen Karte [3] stehen im geplanten Baugebiet würmeiszeitliche Schmelzwasserkiese und -sande an, welche im Nordwesten des geplanten Baugebietes von einem Niedermoor überlagert werden. Die Schmelzwasserkiese / -sande liegen oberflächlich zumeist in verwitterter bzw. verlehmteter Form vor und können von einem Decklehm überlagert sein.

5. Baugrunderkundung

Zur Erkundung des Baugrundes wurden am 26.02.2019 insgesamt neun Bohrsondierungen (BS 1 bis BS 9) im Bereich des geplanten Baugebietes abgeteuft. Aufgrund des großen Bohrwiderstandes in einer Tiefe von ca. 1 m bis 2 m unter Geländeoberkante (GOK) wurden zusätzlich in den Bohrlöchern BS 1, BS 3 bis BS 9 acht schwere Rammsondierungen (DPH 1 und DPH 3 bis DPH 9) niedergebracht.

Die Aufschlusspunkte wurden durch Mitarbeiter des IB Henke und Partner nach Lage und Höhe eingemessen. Der Lagebezug wurde über die bestehende Bebauung bzw. die Grundstücksgrenzen und der Höhenbezug über die in den Leitungsplänen angegebenen Schachtdeckelhöhen in m ü. NN hergestellt.

Die Lage der Bohr- und Rammsondierungen kann dem Lageplan, der als Anlage 1.2 beiliegt, entnommen werden.

5.1 Bohrsondierungen

Die neun Bohrsondierungen BS 1 bis BS 9 wurden mittels Sondierdraupe bis in Tiefen zwischen 1,1 m und 2,1 m unter Geländeoberkante abgeteuft. Insgesamt wurden 14,6 lfd. m bohrsondiert. 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 2.9 beigelegt. Eine Legende der hierbei verwendeten Signaturen und Abkürzungen liegt als Anlage 2.10 bei. Für geotechnische Laboruntersuchungen, chemische Analysen und als Rückstellproben wurden vom frischen Bodenmaterial insgesamt 22 Bodenproben entnommen.

5.2 Rammsondierungen

Da die Bohrsondierungen aufgrund des großen Eindringwiderstandes nicht tiefer geführt werden konnten, wurden in den Bohrlöchern der BS 1 und der BS 3 bis BS 9 schwere Rammsondierungen abgeteuft. Die acht Rammsondierungen DPH 1, DPH 3 bis DPH 9 wurden mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 niedergebracht.

Bei dem Sondierverfahren werden die Schlagzahlen je 10 cm Eindringtiefe (N_{10}) gezählt und in einem tiefenbezogenen Diagramm aufgetragen. Die Rammsondierungen wurden bis zur Rammbarkeitsgrenze bzw. bis in eine Tiefe von 5,0 m unter GOK abgeteuft. Insgesamt wurden 28,7 lfd. m rammsondiert. Die Rammsondierprofile wurden unterhalb der Bohrsondierprofile dargestellt und können der Anlage 2.1 und 2.3 bis 2.9 entnommen werden.

Durch die Rammsondierungen können Schichtgrenzen erkannt und bei bindigen Böden die Konsistenz und bei grobkörnigen Böden die Lagerungsdichte an Hand der Schlagzahlen beurteilt werden. Schichtgrenzen werden in den Rammsondierdiagrammen im Wesentlichen durch markante Wechsel in den Schlagzahlen markiert. Bei regelmäßigeren Schlagzahlen ist tendenziell von einem bindigen Boden mit geringem Stein-/Kiesanteil, bei häufigem Wechsel in den Schlagzahlen von gemischtkörnigem und bei einzelnen Spitzenpeaks von stein- bzw. schutthaltigem Boden auszugehen.

Erfahrungsgemäß können bei den anstehenden feinkörnigen und grobkörnigen Böden nachfolgende Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen anhand der ermittelten Schlagzahlen pro 10 cm Eindringung (N_{10}) der schweren Rammsonde ohne Mantelreibung am Gestänge abgeschätzt werden. Die Mantel-

reibung des Gestänges wird über die Drehbarkeit des Gestänges mittels Drehmomentschlüssel überprüft (Angabe in Nm neben dem Rammsondierprofil).

Feinkörnige Böden:

Schlagzahl N_{10}	Konsistenz
0 – 0,5	breiig ($I_c = 0$ bis 0,5)
0,5 - 2	weich ($I_c = 0,5$ bis 0,75)
2 - 6	steif ($I_c = 0,75$ bis 1,0)
6 - 14	halbfest ($I_c > 1,0$)
> 14	fest

Grobkörnige Böden:

Schlagzahl N_{10} über GW	Lagerungsdichte	Schlagzahl N_{10} unter GW	Lagerungsdichte
0 - 5	locker	0 - 3	locker
5 - 20	mitteldicht	3 - 14	mitteldicht
> 20	dicht	> 14	dicht

6. Schichtenbeschreibung und -lagerung

Anhand der hergestellten Baugrundaufschlüsse stellt sich die geologische Situation im Bereich des geplanten Baugebietes wie folgt dar:

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

Unter dem Oberboden der Bohrungen BS 2, BS 3, BS 5, BS 6 und BS 7 wurde bis in eine Tiefe von ca. 0,6 m bis 0,9 m unter GOK **Tal- / Auenlehm** aufgeschlossen. Beim Tal- / Auenlehm handelt es sich um einen tonigen, schwach kiesigen bis stark kiesigen Schluff von schwarzbrauner bis graubrauner und mittelbrauner Farbe. Der Tal- / Auenlehm weist teilweise augenscheinlich organische Be-

standteile auf. Anhand der manuellen Bodenansprache der Bohrkerne weist der Tal- / Auenlehm eine zumeist steife, bereichsweise auch weiche bis steife Konsistenz auf.

Unterhalb der Tal- / Auenlehme und unter dem Oberboden in der BS 1, BS 4, BS 8 und BS 9 wurden **Schmelzwasserkiese** 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 verlehmtten Kiese weist anhand der Bohrkernansprache eine weiche bis steife bzw. eine steife Konsistenz auf. Beim gering bis unverlehmten Schmelzwasserkiessschicht handelt es sich um einen sandigen, steinigen Kies. Die verlehmtten Kiese besitzen eine dunkelbraune und mittelbraune bis graubraune Farbe und die gering bis unverlehmten Kiese eine hellbraungraue bzw. graue Farbe. Anhand der Schlagzahl N_{10} der schweren Rammsonde weisen die Schmelzwasserkiese eine mitteldichte und dichte Lagerung auf. Die teilweise erreichte Rammbarkeitsgrenze ist auf größere Steine innerhalb der Schmelzwasserkiessschicht zurückzuführen.

Die Oberkante der gering bis unverlehmten Schmelzwasserkiese wurde anhand der Bohr- und Rammsondierungen in folgenden Tiefen festgestellt:

Bezeichnung Bohrsondierung	OK Kies [m u. GOK]	OK Kies [m ü. NN]
BS 1	0,40	583,89
BS 2	1,40	582,43
BS 3	1,00	583,06
BS 4	1,10	584,00
BS 5	1,10	584,66
BS 6	0,90	585,26
BS 7	1,30	584,29
BS 8	1,00	585,59
BS 9	1,00	586,13

Zur Verdeutlichung der Schichtverläufe wurden sechs geologische Profilschnitte angefertigt, die als Anlagen 3.1 bis 3.6 beiliegen. Die Lage der Profilschnitte kann dem Lageplan der Anlage 1.2 entnommen werden. Es ist hierbei zu beachten, dass die Schichtenverläufe linear zwischen den Aufschlusspunkten interpoliert wurden sowie die Schichtgrenzen in den Rammsondierungen anhand des

ermittelten Schlagzahlverlaufs abgeschätzt wurden und daher vom tatsächlichen Verlauf abweichen können.

7. Bodenverunreinigungen

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

Zur Überprüfung ob ggf. geogen erhöhte Konzentrationswerte in den gewachsenen Böden vorliegen wurde aus den entnommenen Proben der Tal- / Auenlehme die Mischprobe MP 1 und aus den entnommenen Proben der Schmelzwasserkiese die Mischprobe MP 2 gebildet. Die Mischproben wurden auf die vorgegebenen Parameter der VwV (Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden – Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial) am Feststoff im chemischen Labor BVU hin untersucht. Die Analysenergebnisse der Mischproben liegen als Anlage 4.1 und 4.2 bei. Auf der Grundlage der durchgeführten Analytik können die Mischproben dem Zuordnungswert **Z0** der VwV zugeordnet werden. Werden die Grenzwerte des Zuordnungswertes Z0 im Feststoff 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 Bohr- und Rammsondierarbeiten wurde in den unverrohrten Bohr- bzw. Sondierlöchern der Grund- bzw. Schichtwasserstand gemessen. Da die Bohr- bzw. Sondierlöcher teilweise nicht standfest waren, sind diese bereits vor der beabsichtigten GW-Messung bereichsweise wieder zugefallen. In den Bohr- bzw. Sondierlöchern der BS 1, BS 2 und BS 4 bis BS 9 konnte kein Grund- bzw. Schichtwasser in den Bohrlöchern gemessen werden.

Die Bohrung BS 3 wurde zu einem temporären Grundwassermesspegel ausgebaut. Im Pegelrohr wurde ein Grundwasserstand von 2,39 m unter GOK gemessen, was einer Höhe von 581,67 m ü. NN entspricht. Außerdem wurde im Brunnen Kälberweide ein Grundwasserstand von 582,03 m ü. NN gemessen.

Im Rahmen des BV Erweiterung Störck – Gymnasiums [3] wurde eine Grundwassermessstelle ausgebaut. Der Grundwasserstand wurde hier mit einer Höhe von 581,62 m ü. NN gemessen. Weiterhin wurde im Rahmen des BV Neubau Mehrfamilienhäuser Liebfrauenstraße 43 [4] der Grundwasserstand in einem Bestandsbrunnen gemessen. Der Grundwasserstand wurde hier mit einer Höhe von 582,23 m ü. NN gemessen.

Da die Grundwasserstände im Zeitraum der durchgeführten Baugrunderkundung erfahrungsgemäß auf einem niedrigen Niveau waren, sollte von einem mittleren Grundwasserstand im Südosten des geplanten Baugebiets von einer Höhe von ca. 582,50 m ü. NN und im Nordwesten von einer Höhe von ca. 581,60 m ü. NN ausgegangen werden.

Nach den aktuellen Hochwassergefahrenkarten liegt das geplante Baugebiet außerhalb von Überschwemmungsflächen eines Oberflächengewässers. Der Grundaquifer in Bad Saulgau wird lediglich durch versickerndes Regenwasser und durch kleinere Fließgewässer gespeist. Demnach ist anders als bei Grundwasserleitern im Bereich von größeren Fließgewässern mit einem geringeren Schwankungsbereich zu rechnen.

Da uns keine langfristigen Grundwassermessdaten für das Untersuchungsgebiet vorliegen, wird empfohlen einen üblichen Sicherheitszuschlag von 1,0 m zu den zuvor angegebenen mittleren Grundwasserständen zur Festlegung des Bemessungsgrundwasserstandes vorzusehen.

Liegen Baugrubensohlen in den gering wasserdurchlässigen verlehmtten Schmelzwasserkiesen oder in den Tal- / Auenlehmen und wird keine Dränanlage hergestellt bzw. kein Anschluss zu den wasserdurchlässigen gering bis unverlehmtten Schmelzwasserkiesen geschaffen, kann es durch Oberflächen- und Sickerwasser zu einem Wassereinstau bis Geländeoberkante kommen. Der Bemessungswasserstand ist dann auf Geländeoberkante anzusetzen. Ansonsten entspricht der Bemessungswasserstand dem Bemessungsgrundwasserstand.

Die Flurstücke 314, 315, 317 und 322 liegen nach den Wasserschutzgebietskarten der Umweltverwaltung (Stand Juni 2015), ergänzt um die vom RPF/LGRB hydrogeologisch abgegrenzten Wasser- und Heilquellenschutzgebiete außerhalb von Wasser- und Quellenschutzgebieten.

Das Flurstück 321, welches sich im nördlichen Bereich des geplanten Baugebietes befindet, 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 IIIB.

9. Versickerungsversuche

Im Zuge der Baugrunderkundung wurden in den ausgebauten Bohrlöchern BS 4 und BS 8 jeweils Versickerungsversuche in der Schmelzwasserkielesschicht durchgeführt. Zur Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes wurden die ausgebauten Bohrlöcher dazu mit Wasser aufgefüllt und die Absenkung des Wasserspiegels über die Zeit gemessen. Aus dem Absinken des Wasserspiegels über die Zeit kann der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert der Bodenschicht angegeben werden. Die Versuche wurden nach DIN EN ISO 22282-2 ausgewertet und so die Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte bestimmt. Nach Auswertung der Versickerungsversuche ergeben sich folgende Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte:

BS 4 (Schmelzwasserkies) $k_f = 5,5 \times 10^{-6}$ m/s

BS 8 (Schmelzwasserkies) $k_f = 1,0 \times 10^{-5}$ m/s

Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 (Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser) muss zur Bestimmung des Bemessungs- k_f -Wertes, der aus Feldmethoden gewonnen wurde, nach Tabelle B.1 wie folgt korrigiert werden:

$$k_{f, \text{Feld}} \times 2,0 = k_{f,d}$$

Somit ergeben sich folgende Bemessungswasserdurchlässigkeitsbeiwerte:

$$\text{BS 4 } k_{f,d} = 1,1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$\text{BS 8 } k_{f,d} = 2,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

Im Rahmen des BV Erweiterung Störck – Gymnasiums [3] wurde ein Versickerungsversuch in der Schmelzwasserkiessschicht durchgeführt. Hierbei wurde ein Bemessungswasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k_{f,d} = 1,6 \times 10^{-4}$ m/s ermittelt.

10. 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:

- 11 mal Bestimmung des Wassergehalts nach DIN 18121
- 2 mal Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- 3 mal Bestimmung des Feinanteils nach DIN 18123
- 3 mal Bestimmung des Glühverlusts nach DIN 18128
- 2 mal Bestimmung der Huminsäuren nach DIN EN 1744
- 2 mal Probestabilisierung mit Bindemittel Dorosol C 30 (Fa. Holcim)

Eine tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse liegt als Anlage 5.1 bei. Die Einzelergebnisse der Korngrößenverteilung können der Anlage 5.2 entnommen werden.

An zwei Bodenproben aus den gering- bis unverlehnten Schmelzwasserkiesen (BS 4 / 1,3-2,0 m und BS 8 / 1,2-1,8 m) wurde die Korngrößenverteilung bestimmt. Die untersuchten Proben können an-

hand der Körnungslinie der Bodengruppe GU/GT (schluffige bzw. tonige Kiese) nach DIN 18196 zugeordnet werden. Bei der untersuchten Schmelzwasserkiesprobe der BS 4 wurde ein Feinanteil von 9,0 M.-% und bei der untersuchten Schmelzwasserkiesprobe der BS 8 von 8,8 M.-% bestimmt. Anhand der Sieblinie wurde der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert der Probe BS 8 / 1,2-1,8 m mit $k_f = 7,7 \times 10^{-4}$ m/s nach Seiler abgeschätzt.

Weiterhin wurde an drei Proben der aufgeschlossenen Schmelzwasserkiese der Feinanteil bestimmt. Die Kiesprobe BS 8 / 0,4-1,0 m kann anhand des ermittelten Feinanteils von 12,7 M.-% der Bodengruppe GU/GT (schluffige bzw. tonige Kiese) nach DIN 18196 zugeordnet werden. Die Kiesproben BS 2 / 0,6-1,4 m und BS 9 / 0,5-1,0 m können anhand des Feinanteils den Bodengruppen GU*/GT* (stark schluffige bzw. stark tonige Kiese) nach DIN 18196 zugeordnet werden. Der Feinanteil der untersuchten Proben wurde mit 16,7 M.-% und 25,2 M.-% bestimmt.

An drei Proben der Tal- / Auenlehme wurden die organischen Bestandteile durch Ermittlung des Glühverlustes bestimmt. Feinkörnige Böden, die einen organischen Anteil von über 5 % besitzen, werden als organogen und Böden mit einem organischen Anteil von > 20 % als organisch bezeichnet. Die Tal- / Auenlehmprobe BS 2 / 0,4-0,6 m wies einen Glühverlust V_{gl} von 7,5 M.-% auf und ist somit organogen. Die Tal- / Auenlehmproben BS 6 / 0,3-0,7 m und BS 6 / 0,7-0,9 m wiesen jeweils einen Glühverlust von $V_{gl} = 3,2$ M.-% auf.

Aus den entnommenen Proben der Tal- / Auenlehme der BS 3, BS 5 und BS 7 wurde eine Mischprobe (MP Tal- / Auenlehm 1) erstellt. Weiterhin wurde aus den entnommenen Proben der Tal- / Auenlehme der BS 2 und BS 6 eine zweite Mischprobe (MP Tal- / Auenlehm 2) erstellt. An beiden Mischproben wurde das Vorhandensein von Huminsäuren überprüft. Hierfür wurden die Bodenproben mit einer 3%igen Natronlauge versetzt. Eine dunkle Verfärbung der Flüssigkeit zeigt das Vorhandensein von Huminsäuren an. Das Ergebnis ist in nachfolgenden Bildern dargestellt.



MP Tal- / Auenlehm 1

MP Tal- / Auenlehm 2

Bei beiden Mischproben wurde eine deutliche Verfärbung festgestellt, was auf das Vorhandensein von Huminsäuren schließen lässt. Anhand der Versuchsergebnisse muss daher in den bereichsweise oberflächlich anstehenden Tal- / Auenlehmen mit Huminsäuren gerechnet werden. Huminsäuren hemmen den Erhärtungsprozess eines Boden-Bindemittelgemisches, indem sie das Calcium-Hydroxid, welches bei Kontakt des Bindemittels (Kalk und Zement) mit Wasser gebildet wird, binden. Bei Böden mit Huminsäure bzw. bei organischen Böden ist erst eine Stabilisierung zu erreichen, wenn die Menge des Bindemittels einen bestimmten Schwellenwert übersteigt. Dies liegt daran, dass eine gewisse Menge des Bindemittels für die Neutralisierung der Huminsäuren aufgebraucht wird. Das bedeutet, dass bei Böden mit Huminsäure bzw. organischen Bestandteilen ein erhöhter Bindemittelbedarf für eine ausreichende Stabilisierung des Bodens erforderlich ist.

Zur Überprüfung der Stabilisierbarkeit der Tal- / Auenlehme mit Bindemittel wurde im geotechnischen Labor zwei Probestabilisierungen mit dem Mischbindemittel "Dorosol C30 (30 % Kalk + 70 % Zement) der Fa. Holcim" durchgeführt. Hierbei wurden den Mischprobe MP Tal- / Auenlehm 1 und MP Tal- / Auenlehm 2 je ca. 5 M.-% Dorosol C30 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 bis gute Verfestigung der Probekörper festgestellt. Nach fünf Tagen Feuchtlagerung wurden die stabi-

lisierten 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 in den oberflächlich anstehenden Tal- / Auenlehme eine Stabilisierung der Tal- / Auenlehme durch die Zugabe von Bindemittel erreicht werden. Aufgrund der vorhandenen Huminsäure wird empfohlen eine Mindestbindemittelzugabe von ≥ 5 M.-% vorzusehen. Noch durchwurzelte Tal- / Auenlehme sollten vor einer Bodenstabilisierung auf jeden Fall entfernt werden, da diese Schichten erfahrungsgemäß einen hohen Gehalt an Huminsäure aufweisen.

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.

Geologische Bezeichnung	Bodengruppe nach DIN 18196	Zusammen-drückbarkeit	Durchlässig-keit	Verdichtungs-fähigkeit	Frostempfind-lichkeitsklasse ZTV E-StB
Tal- / Auenlehm	TL, TM, OU, OT	mittel bis groß	sehr gering bis gering	schlecht bis mäßig	sehr frostempfindlich F3
Schmelzwasser-kies, verlehmt	GU*, GT*, GU, GT,	mittel - gering	sehr gering bis gering	mäßig bis gut	frostempfindlich F2 bis sehr frostempfindlich F3 ¹⁾
Schmelzwasser-kies / -sand	GW, GI, GU, GT, SU, ST, SW, SI	sehr gering	mittel bis groß	sehr gut bis gut	Frostempfindlich F2 bis nicht frostempfindlich F1 ¹⁾

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

Die angetroffenen Tal- / Auenlehme sowie die verlehmteten Schmelzwasserkiese 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 sowie allgemeiner Erfahrungen mit vergleichbaren Böden in nachfolgende Homogenbereiche nach DIN 18300 (2015-08) für „Erdarbeiten“ eingeteilt werden:

		Homogenbereich Böden	
		Tal- / Auenlehm	Schmelzwasserkies / -sand
Bodengruppe nach DIN 18196		TL / TM / OU / OT	GU* / GT* / GU / GT / GW / GI
Wassergehalt	[%]	10 – 30	2 – 20
Dichte, feucht	[t/m ³]	1,7 – 2,1	1,9 – 2,3
Konsistenzzahl I_c		0,5 – 1,0	0,5 – 1,0 ³⁾
Konsistenz		weich, steif	weich, steif ³⁾
Plastizitätszahl I_p	[%]	5 – 30	2 – 25 ³⁾
Undrainede Scherfestigkeit c_u	[kN/m ²]	25– 120	25 – 100 ³⁾
Organischer Anteil	[Gew.-%]	≤ 10	≤ 5
Korngrößenverteilung	T	[%]	10 – 40
	U	[%]	30 – 90
	S	[%]	0 – 30
	G	[%]	0 – 20
Massenanteil Steine / Blöcke¹⁾	[%]	≤ 30 / –	≤ 30 / ≤ 30
Massenanteil Blöcke²⁾	[%]	–	≤ 5
Lagerungsdichte		–	mitteldicht, dicht, sehr dicht
Bodenklasse nach DIN 18300 (2012-09)		4, 3	3, 4, 5, 7 ²⁾

¹⁾ Blöcke der Korngröße 200 mm bis 630 mm

²⁾ Blöcke mit Korngröße über 630 mm

³⁾ feinkörnige Bestandteile

Die den Homogenbereich zugeordneten Schichtgrenzen können den Bohrprofilen und Profilschnitten entnommen werden. Es ist hierbei zu beachten, dass die Schichtenverläufe linear zwischen den Aufschlusspunkten interpoliert wurden sowie die Schichtgrenzen in den Rammsondierungen anhand des ermittelten Schlagzahlverlaufs abgeschätzt wurden und daher 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 Tal- / Auenlehme 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.

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.

Bodenschichten	Wichte	Wichte unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	Steifemodul
	g_k [kN/m ³]	g'_k [kN/m ³]	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
Tal- / Auenlehm	19,5 (18 – 21)	9,5 (9 – 11)	22,5 (20 – 27,5)	5 (3 – 10)	3 – 7
Schmelzwasserkies, verlehmt	20 (19 – 21)	10 (9 – 11)	30 (27,5 – 32,5)	2 (0 – 5)	10 – 30
Schmelzwasserkies	21 (20 – 23)	12 (11 – 13)	35 (32,5 – 37,5)	0 (0 – 2)	40 – 80

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

14. Kanal- und Leitungsbau

14.1 Graben- und Grubenaushub

Im geplanten Neubaugebiet wurden bis zur erreichten Endtiefe der Bohrsondierungen gut baggerbare Böden aufgeschlossen. Mit größeren Geröllen bzw. Blöcken innerhalb der Schmelzwasserkiese muss 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.

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 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 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 Tal- / Auenlehm mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 60^\circ$ und in den darunter anstehenden Schmelzwasserkiesen in Anlehnung an die DIN 4124 mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ 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 Aushubsole abgesenkt wird. Für den Einsatz von Grabenverbaugeräten sind die Vorgaben der DIN 4124 zu beachten.

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.

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.

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.

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 unverlehmt Schmelzwasserkiese (Feinanteil $\leq 10\%$) sind erfahrungsgemäß als Verfüllmaterial für die Verfüllzone geeignet. Gegebenenfalls sind größere Steine und Blöcke vorab zu entfernen. Sollen die anstehenden verlehmt Schmelzwasserkiese (Feinanteil $> 10\%$) und Tal- und Auenlehme zur Grabenverfüllung wiederverwendet werden, wird empfohlen diese vor dem Wiedereinbau mittels Bindemittel 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 einen Wiedereinbau sind fachgerecht zwischenzulagern und vor Durchfeuchtung zu schützen. Die Tal- und Auenlehme enthalten Huminsäuren, welche die Verfestigung des Bodens mit Bindemittel negativ beeinflussen (siehe hierzu Kapitel 10 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 $\geq 5\%$) 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 feinkörnige 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 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. 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.

15. 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. Das geplante Baugebiet 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 Tal- / Auenlehme sowie verlehnte Schmelzwasserkiese 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 Tal- / Auenlehme und die verlehnten Schmelzwasserkiese weisen erfahrungsgemäß ein Verformungsmodul von etwa $E_{v2} = 15 - 35 \text{ MN/m}^2$ auf. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf OK Planum bzw. Untergrund zu erreichen, ist ein Bodenaustausch bzw. Bodenauftrag 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 und gemischtkörnigen 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 Planumsniveau 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 ²]	geforderte Tragfähigkeit Planum E_{v2} [MN/m ²]	Mindestmächtigkeit Bodenaus- tauschschicht (Kies 0/45 mm) [cm]
5	³ 45	55
10	³ 45	40
15	³ 45	30
20	³ 45	20
30	³ 45	10*
40	³ 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 $D_{Pr} \geq 100\%$ 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 Tal- und Auenlehme und verlehmtene Schmelzwasserkiese durch eine Bindemittelzugabe in einer Mächtigkeit von mindestens 40 cm stabilisiert werden, um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² 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 Tal- / Auenlehme weisen Huminsäuren auf. Aufgrund der vorhandenen Huminsäure wird empfohlen eine Mindestbindemittelzugabe von ≥ 5 M.-% vorzusehen. Außerdem wird empfohlen ein Bindemittel mit hohem Zementanteil wie z.B. Dorosol C30 der Fa. Holcim oder

Bodenbinder 300 der Fa. Schwenk zu verwenden. Noch durchwurzelte Tal- / Auenlehme sollten vor einer Bodenstabilisierung auf jeden Fall entfernt werden, da diese Schichten erfahrungsgemäß einen hohen Gehalt an Huminsäure aufweisen. Erfahrungsgemäß kann bei einer Bindemittelzugabe von 5 M.-% und einer Bodenstabilisierung mit einer Mindestmächtigkeit von 40 cm ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf OK Untergrund erzielt werden. Werden beim Freilegen des Planums Böden mit hohem organischem Anteil angetroffen, muss ggf. eine höhere Bindemittelmenge als 5 M.-% dem Boden zugegeben 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 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 kg/m^3 ergibt dies bei einer üblichen Frästiefe von 40 cm einen Bindemittelbedarf von ca. 36 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 $\geq 3\%$, einem Verformungsmodul $E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$ und einer einaxialen Druckfestigkeit von $q_u \geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ kann der Boden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 zugeordnet werden und damit der frostsichere Mindestaufbau um 10 cm reduziert werden (Einsparung von 10 cm Kies- oder Schottertragschicht).

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°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 $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,0$ in Verbindung mit einem Luftporengehalt von $n_a \leq 8 \%$ ausgegangen werden.

16. Regenwasserversickerung

Die Flurstücke 314, 315, 317 und 322 liegen 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 auf den genannten Flurstücken keine Einschränkungen bei einer Regenwasserversickerung. Eine flurstücksgenaue Überprüfung durch die zuständige Untere Wasserbehörde bzw. Umweltamt ist erforderlich.

Das Flurstück 321, welches sich im nördlichen Bereich des geplanten Baugebietes befindet, liegt innerhalb eines rechtskräftigen Wasserschutzgebietes der Zone IIIB. 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 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 Tal- / Auenlehme sowie die angetroffenen verlehnten Schmelzwasserkiese weisen erfahrungsgemäß einen geringeren Wasserdurchlässigkeitsbeiwert auf. Eine Regenwasserversickerung in den aufgeschlossenen gering verlehnten Schmelzwasserkiesen ist erfahrungsgemäß möglich. Auf der Grundlage der durchgeführten Versickerungsversuche kann für eine Vordimensionierung einer Versickerungsanlage von einem Bemessungs- k_f -Wert in den zumeist dicht gelagerten gering verlehnten Schmelzwasserkiesen von $k_{f,d} = 1,0 \times 10^{-5}$ m/s ausgegangen werden. Nach der Festlegung der Lage der Versickerungsanlage im Baugebiet wird empfohlen, im Bereich der Versickerungsanlage zur genaueren Bestimmung der vertikalen Versickerungsfähigkeit des Untergrundes zwei Versickerungsversuch in Schürfguben auszuführen.

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. Die

Mächtigkeit des Sickertraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand (hier 60 cm über angegebenem mittlerem 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.

17. Allgemeine Angaben zur Bebauung im Baugebiet

17.1 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.

17.2 Baugruben und Böschungen

Baugrubenböschungen können über dem Grundwasserspiegel bis max. 5 m unter GOK bei den oberflächlich anstehenden mindestens steifen Tal- / Auenlehmen mit einem Böschungswinkel von $\alpha \geq 60^\circ$ und in den Schmelzwasserkiesen mit einem Böschungswinkel von $\alpha \geq 45^\circ$ 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.

17.3 Bauwerksgründungen

Für die Gründung von Gebäuden über Einzel- und Streifenfundamente sind im Allgemeinen mindestens steife nicht organische feinkörnige 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 Geländeoberkante 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 Schmelzwasserkiesen, kann die Gebäudegründung über Einzel- und Streifenfundamenten oder über eine Gründungsplatte erfolgen. Sollen Gebäude auf den Tal- / Auenlehmen oder den verlehnten Schmelzwasserkiesen 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 Schmelzwasserkiesen, 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/m² und für ein quadratisches Einzelfundament mit b bzw. $b' = 0,8$ m bis 2,0 m mit $s_{R,d} = 400$ kN/m² 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. $s = 0,5$ cm bis 2,0 cm zu erwarten.

Erfahrungsgemäß können durch bauwerksspezifische Baugrunderkundungen höhere Bemessungsohlwiderstände 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.

17.4 Erd- und Wasserdruck

Unter dem Erdrich 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- und zeitweisem Sickerwasser im Bereich der oberflächlich anstehenden gering wasserdurchlässigen Tal- / Auenlehme und verlehnten Schmelzwasserkiese ($k_f < 1 \times 10^{-6}$ 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). 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 wasserdurchlässigen Schmelzwasserkiese geführt wird, angeschlossen werden. Kommt die Bodenplatte eines Neubaus auf den gering bis unverlehnten Schmelzwasserkiesen zu liegen, muss mit keinem aufstauenden Sickerwasser bei entsprechender Arbeitsraumverfüllung gerechnet werden.

17.5 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 Tal- / Auenlehms oder den verlehnten Schmelzwasserkiesen 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 ($k_f \leq 1 \times 10^{-4}$ 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 ≤ 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 unverlehnten Schmelzwasserkiesen 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, Raumnutzungsklasse und Zuverlässigkeitsanforderungen nach DIN 18355-1 zu berücksichtigen.

17.6 Arbeitsraumverfüllung

Für die Verfüllung von Arbeitsräumen sowie für Geländeprofilierungen, die nicht zur Lastabtragung von Bauwerklasten herangezogen werden, können die anstehenden verlehmteten Schmelzwasserkiese und nicht organischen Tal- /Auenlehme 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.

17.7 Geothermische Energienutzung

Die Flurstücke 314, 315, 317 und 322 liegen 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 die zuständige Untere Wasserbehörde ist erforderlich.

Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden:

Es besteht keine Beschränkung der Bohrtiefe aufgrund genutzter bzw. nutzbarer Grundwasservorkommen.

Es muss mit keinen geotechnischen Schwierigkeiten beim Bohren oder Ausbau durch Karsthohlräume, größere Spalten, durch sulfathaltiges Gestein (Anhydrit), durch zementangreifendes Grundwasser oder durch artesisch gespanntes Grundwasser gerechnet werden. Gasaustritte (Erdgas) während der Bohr- und Ausrüstungsarbeiten sind möglich.

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 = 5.200 W

1800 Std./a = 6.200 W

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

Das Flurstück 321, welches sich im nördlichen Bereich des geplanten Baugebietes befindet, 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 IIIB. 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 Grundwasserwärmepumpen:

Das Baufeld liegt im Bereich eines Kiesgrundwasserleiters. Je nach Wärmbedarf und Aquifermächtigkeit ist eine Nutzung von Erdwärme mit einer Grundwasserwärmepumpe im Baufeld denkbar. Hierbei wird das Grundwasser aus einem oder mehreren Entnahmebrunnen je nach Bedarf gefördert und nach dem Wärmeentzug über einen oder mehrere Schluckbrunnen in das Grundwasser wieder eingeleitet.

Im Zuge einer Planung einer Anlage für die geothermische Nutzung des Grundwassers muss die Er-
giebigkeit überprüft, die Reichweite der Entnahme bzw. die Aufstauhöhe der Versickerung sowie de-
ren Auswirkungen betrachtet werden. Das Grundwasser ist auf spezifische Parameter hin zu untersu-
chen, um die Eignung des Grundwassers für eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe zu bestimmen. Au-
ßerdem ist eine Temperaturfeldberechnung durchzuführen, um die nachteilige Beeinträchtigung be-
stehender geothermischer Nutzungen ausschließen zu können. Diese Planungsschritte sind Voraus-
setzung für die Genehmigung einer geothermischen Grundwassernutzung. Nach Herstellung der
Brunnen sind die angenommenen hydraulischen und thermischen Parameter durch die Brunnenboh-
rungen und durch einen kombinierten Pump- Schluckversuch in den hergestellten Entnahme- und
Schluckbrunnen zu bestätigen.

Das Flurstück 321, welches sich im nördlichen Bereich des geplanten Baugebietes befindet, 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 IIIB. Nach den Ausführungen im „Leitfaden zur Nut-
zung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen“ des Umweltministeriums Baden-Württemberg
ist in der Regel in der Wasserschutzzone IIIB der Bau und Betrieb von Grundwasserwärmepumpen
mit Zwischenkreislauf und Wasser als Wärmeträgerflüssigkeit im Zwischenkreislauf möglich.

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, natür-
liche, 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 Durchlässig-
keitsbeiwert von $k_f < 10^{-8}$ m/s vorhanden sein. Das Einbringen bzw. Ergänzen fehlender Dichtschich-

ten kann auch technisch erfolgen, wobei nur natürliche Dichtmaterialien oder ersatzweise auch Bentonitmatten zu verwenden sind.

17.8 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:

Erdbebenzone	2	Intensitätsintervalle $7 \leq I < 7,5$
Untergrundklasse	S	Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung
Baugrundklasse	C	Stark bis völlig verwitterte Festgesteine oder grobkörnige, gemischtkörnige und feinkörnige Lockergesteine

18. Schlussbemerkungen

Die Ausführungen im Geotechnischen 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 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 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 Fläche Mooshaupten in Bad Saulgau



Karte: © openstreetmap

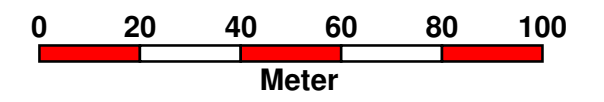
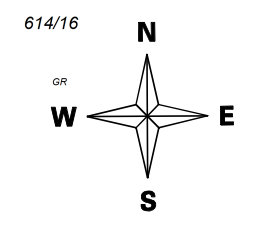
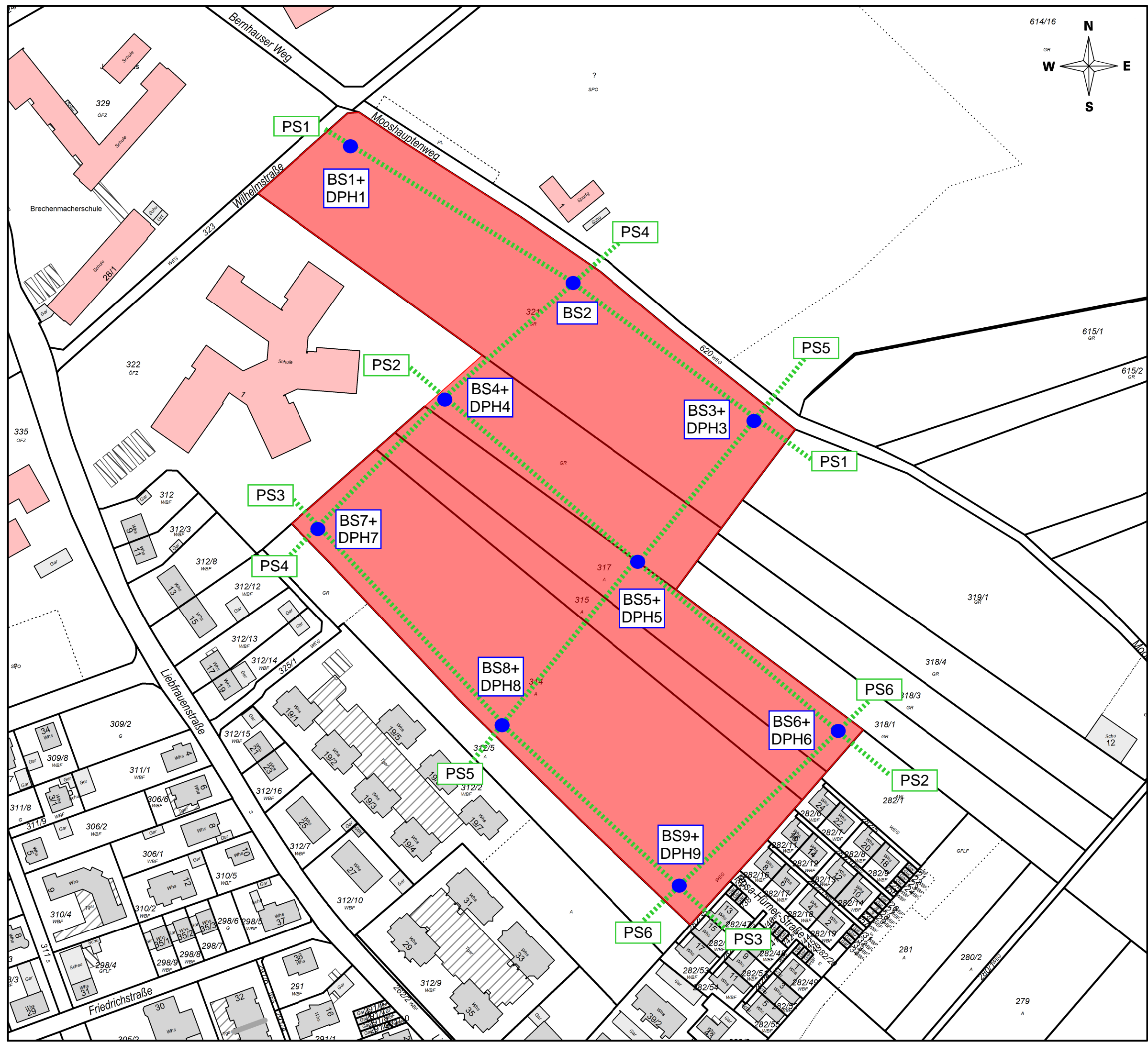


Karte

Maßstab 1 : 1500

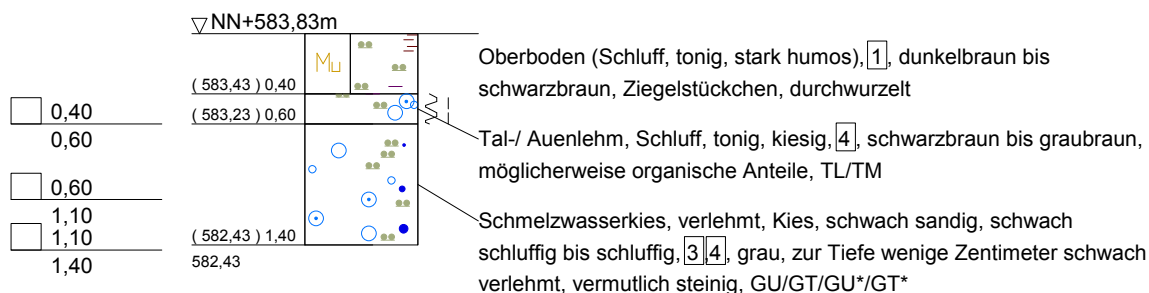
Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Gemarkung Saulgau



Stadtverwaltung Bad Saulgau
Fachbereich 3 - Bauen und Planen
gefertigt am 25.10.2018

BS2



Sondierloch standfest bis 1,21m u.GOK
kein Wasser feststellbar

kein weiterer Bohrfortschritt

Bauvorhaben:

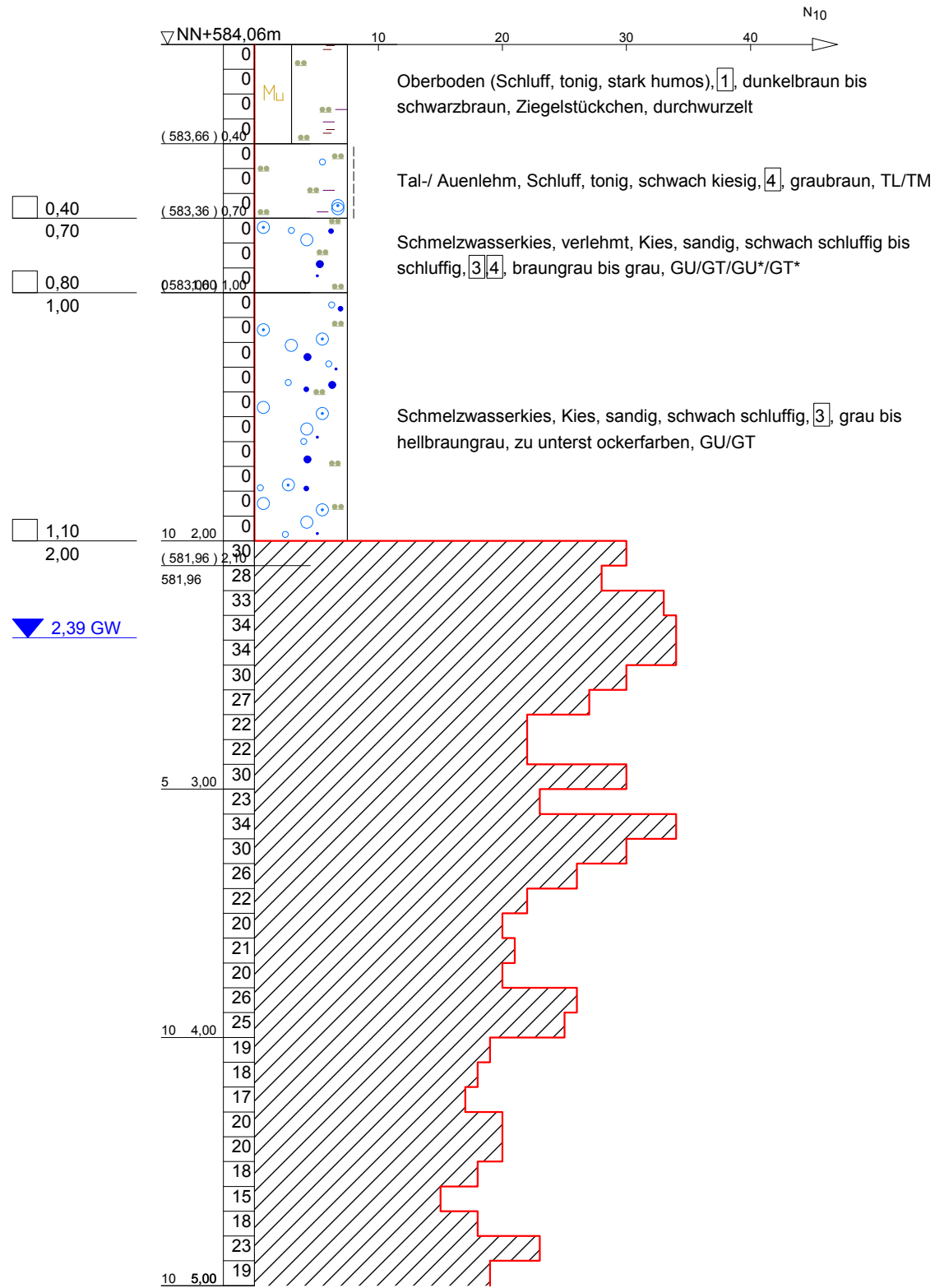
**BV Baugebiet Fläche Mooshaupten,
88348 Bad Saulgau**

Planbezeichnung:

Bohrsondierung (BS) 2

Plan-Nr: BSMOOSH 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	Datum: 26.02.20
	Gezeichnet:	
	Geändert:	
	Gesehen:	
Projekt-Nr: BSMOOSH		

BS 3 mit DPH 3

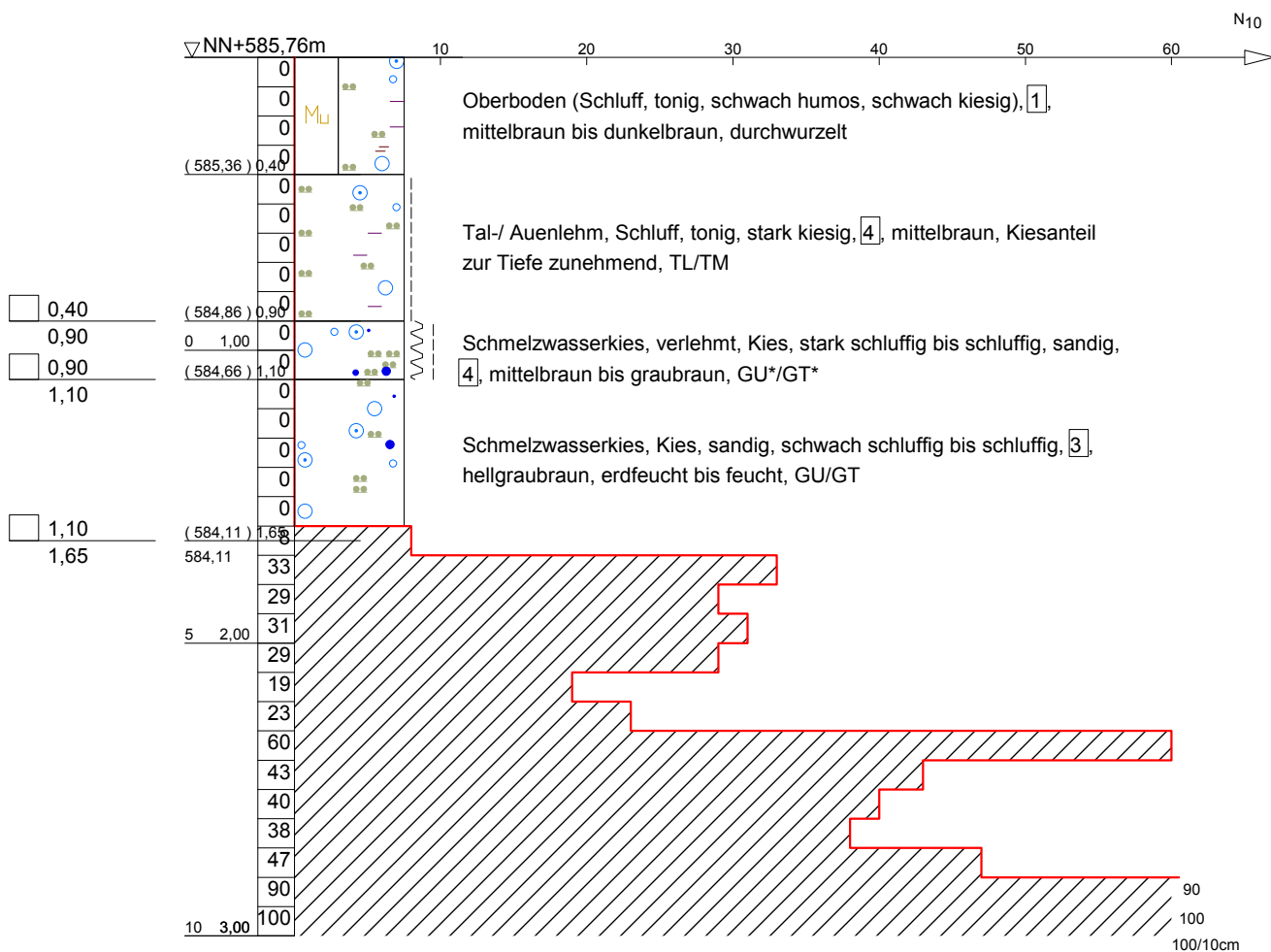


Sondierloch standfest bis 2,48m u. GOK
 Ausbau zu temporärem Pegel
 3m Pegelrohr, 0,50m Überstand

19/10cm

Bauvorhaben: BV Baugebiet Fläche Mooshaupten, 88348 Bad Saulgau		
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 3 + Schwere Rammsondierung (DPH) 3		
Plan-Nr.: BSMOOSH BS 3 + DPH 3	Maßstab: 1:25	
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: 26.02.20
	Gezeichnet:	
	Geändert:	
	Gesehen:	
	Projekt-Nr.: BSMOOSH	

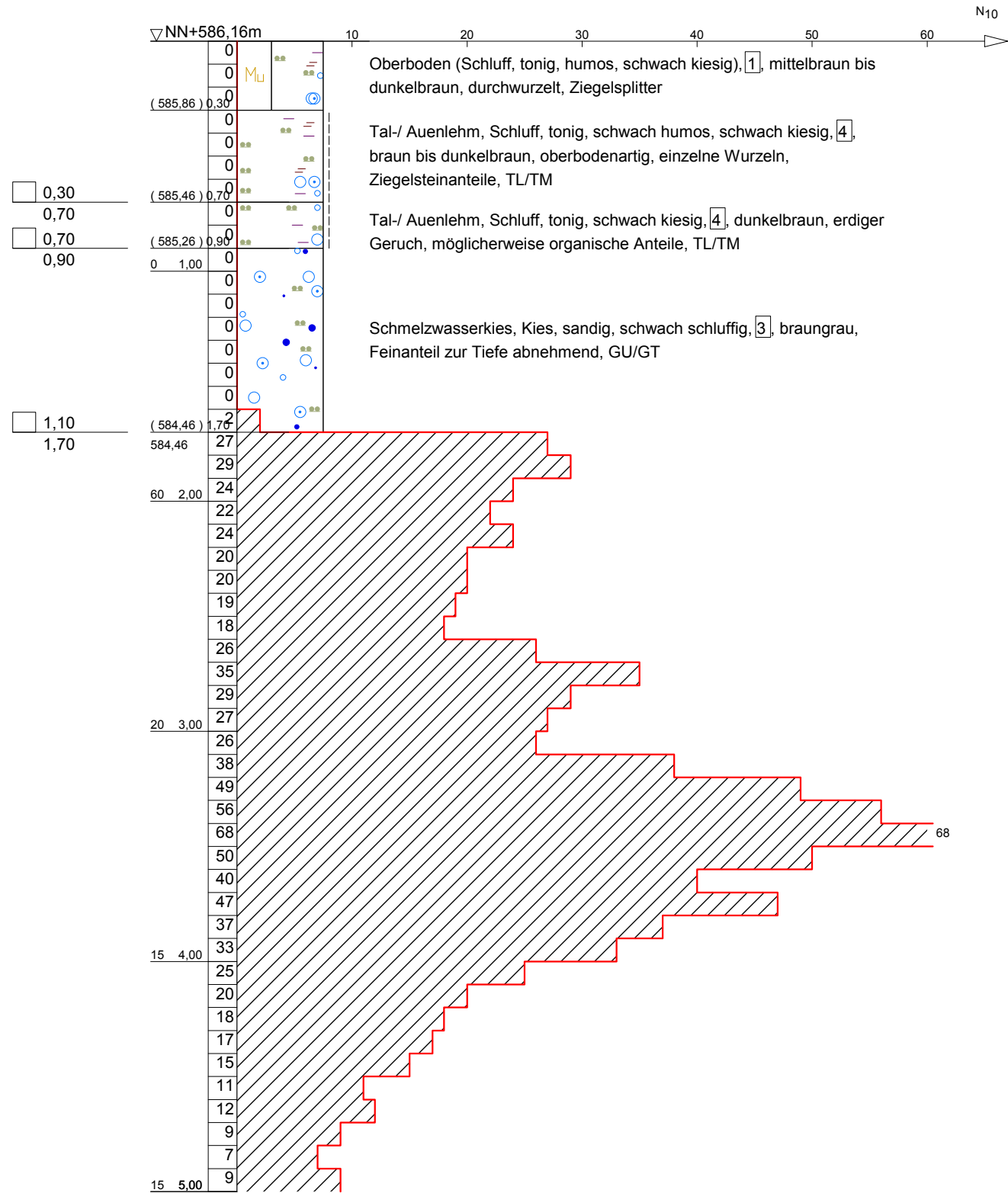
BS 5 mit DPH 5



Sondierloch standfest bis 2,75m u. GOK
kein Wasser messbar

Bauvorhaben: BV Baugebiet Fläche Mooshaupten, 88348 Bad Saulgau	
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 5 + Schwere Rammsondierung (DPH) 5	
Plan-Nr: BSMOOSH BS 5 + DPH 5	Maßstab: 1:25
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: 26.02.20
	Geändert:
	Gesehen:
Projekt-Nr: BSMOOSH	

BS 6 mit DPH 6

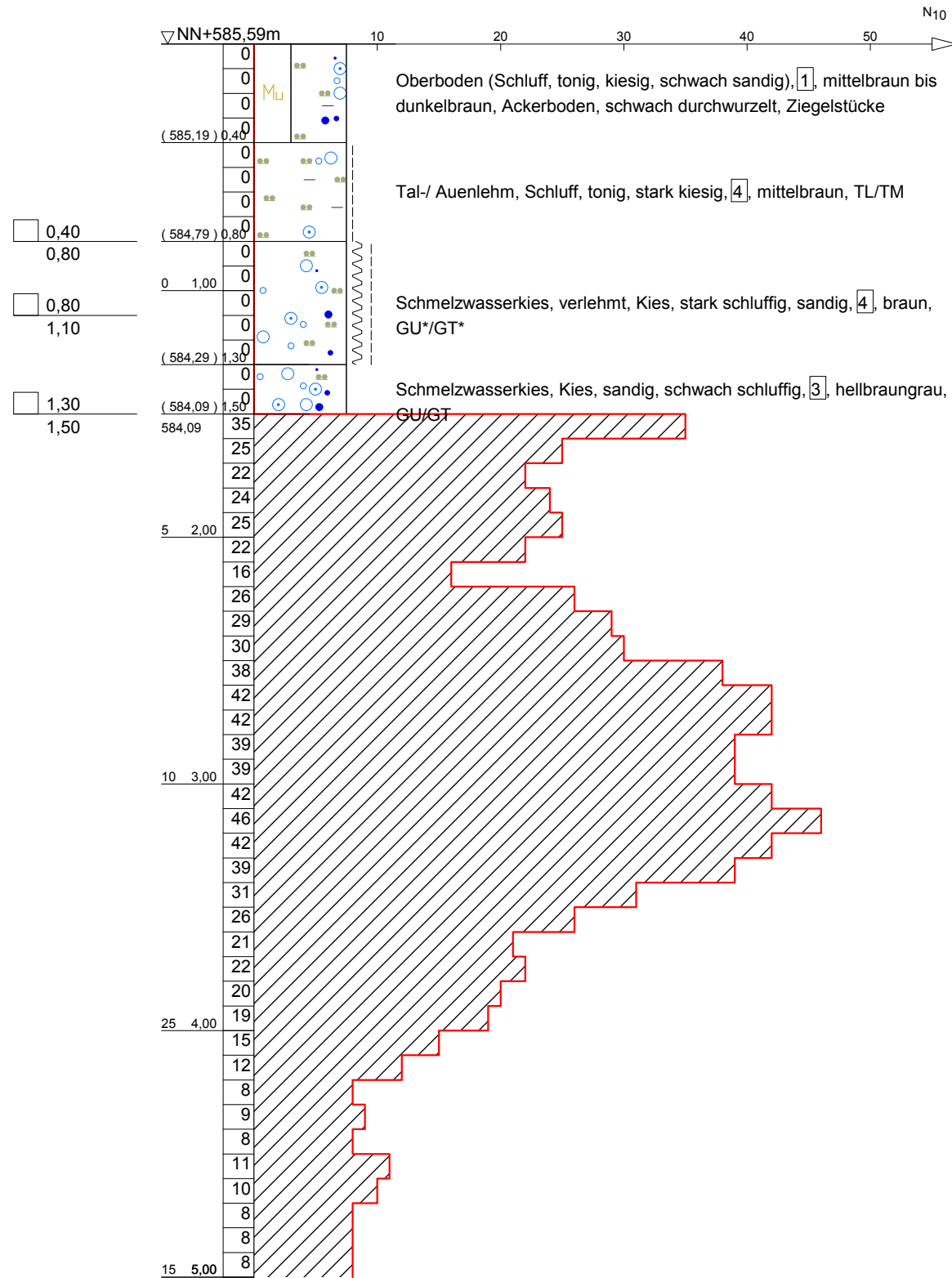


Sondierloch standfest bis 4,32m u. GOK
kein Wasser messbar

9/10cm

Bauvorhaben: BV Baugebiet Fläche Mooshaupten, 88348 Bad Saulgau		
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 6 + Schwere Rammsondierung (DPH) 6		
Plan-Nr: BSMOOSH BS 6 + DPH 6	Maßstab: 1:25	
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: 26.02.20
	Gezeichnet:	
	Geändert:	
	Gesehen:	
Projekt-Nr: BSMOOSH		

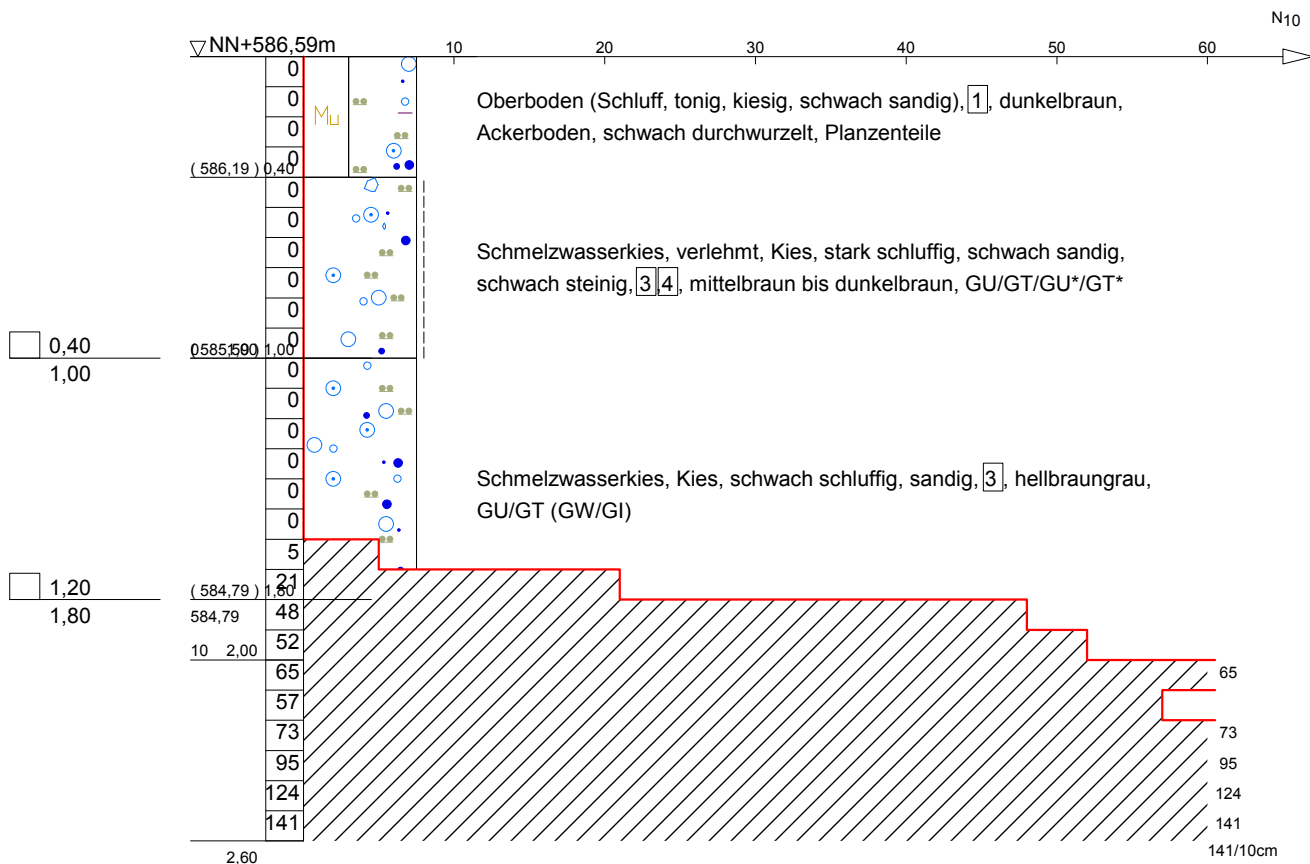
BS 7 mit DPH 7



Sondierloch standfest bis 2,23m u.GOK
kein Wasser messbar

Bauvorhaben: BV Baugebiet Fläche Mooshaupten, 88348 Bad Saulgau		
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 7 + Schwere Rammsondierung (DPH) 7		
Plan-Nr:	BSMOOSH BS 7 + DPH 7	Maßstab: 1:25
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:	26.02.20
	Geändert:	
	Gesehen:	
		Projekt-Nr: BSMOOSH

BS 8 mit DPH 8



Bauvorhaben: BV Baugebiet Fläche Mooshaupten, 88348 Bad Saulgau	
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 8 + Schwere Rammsondierung (DPH) 8	
Plan-Nr: BSMOOSH BS 8 + DPH 8	Maßstab: 1:25
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: 26.02.20
	Geändert:
	Gesehen:
	Projekt-Nr: BSMOOSH

Zeichenerklärung (DIN 4023)

HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik

Bodenarten

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

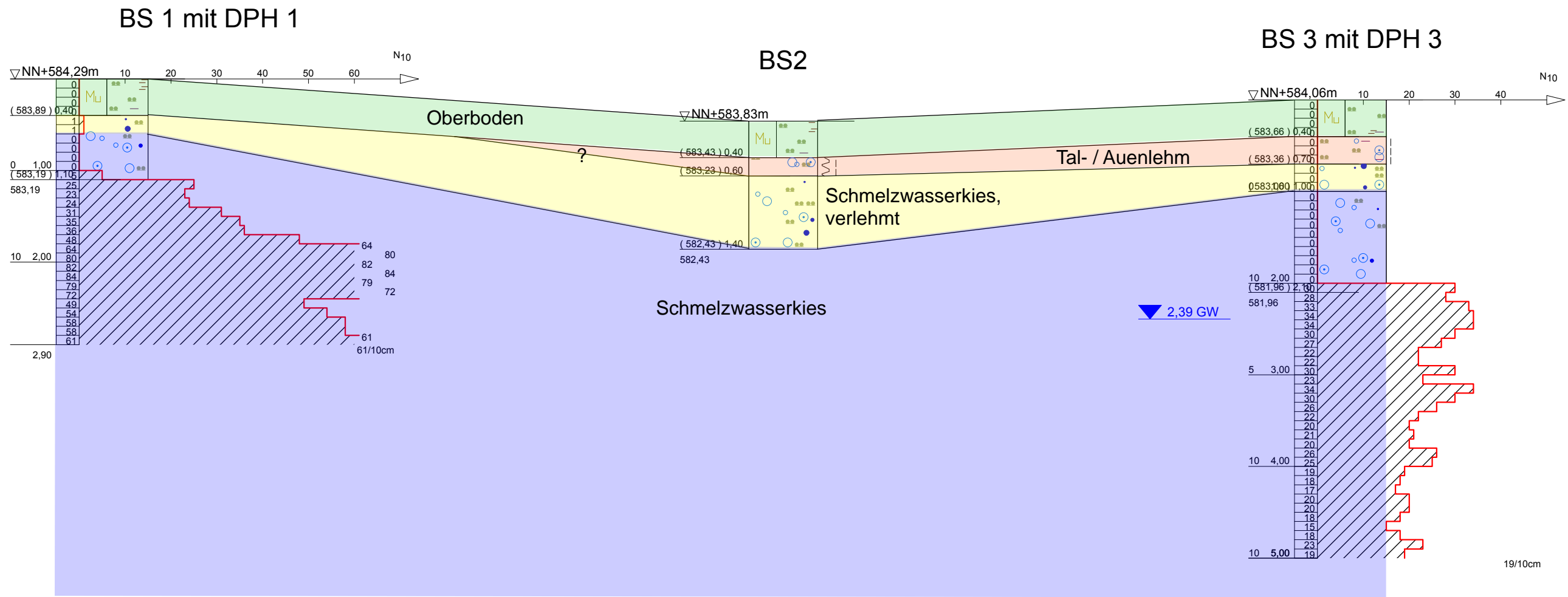
- t' schwach (< 15 %), z.B. schwach tonig
- g' stark (ca. 30-40 %), z.B. stark kiesig

Konsistenz/ Lagerungsdichte

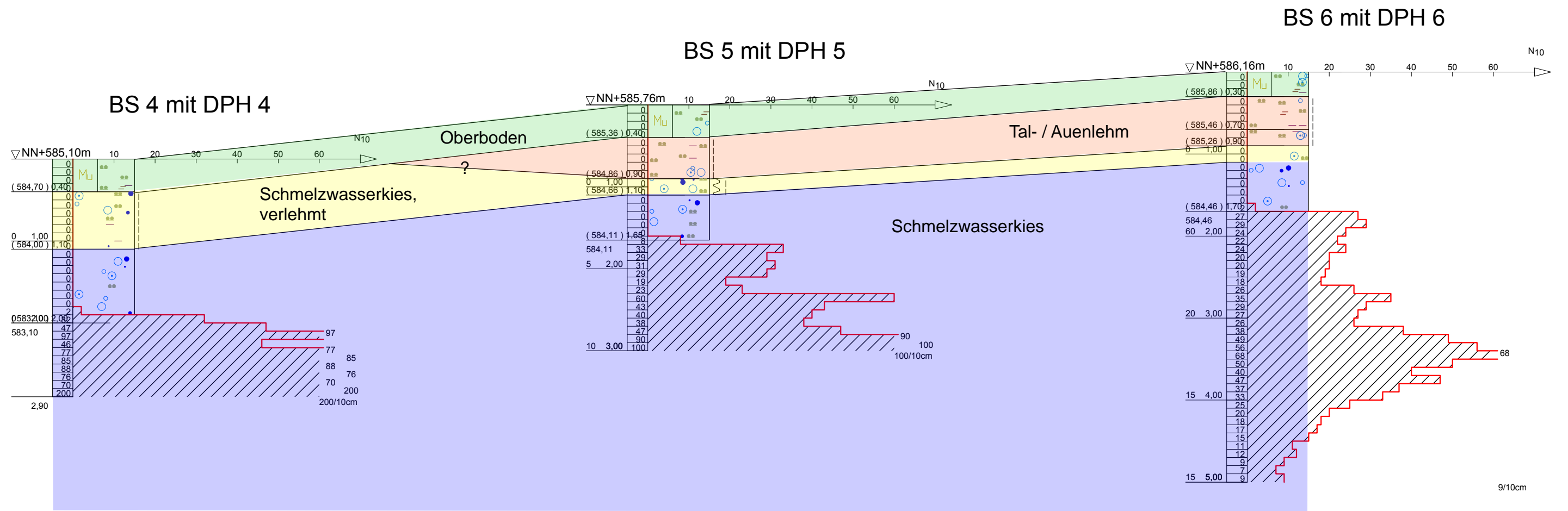
	flüssig		halbfest		locker
	breiig		fest		dicht
	weich	≋	klüftig		mittel dicht
	steif	≋	stark klüftig, brüchig		sehr dicht

Probenentnahmen und Grundwasser

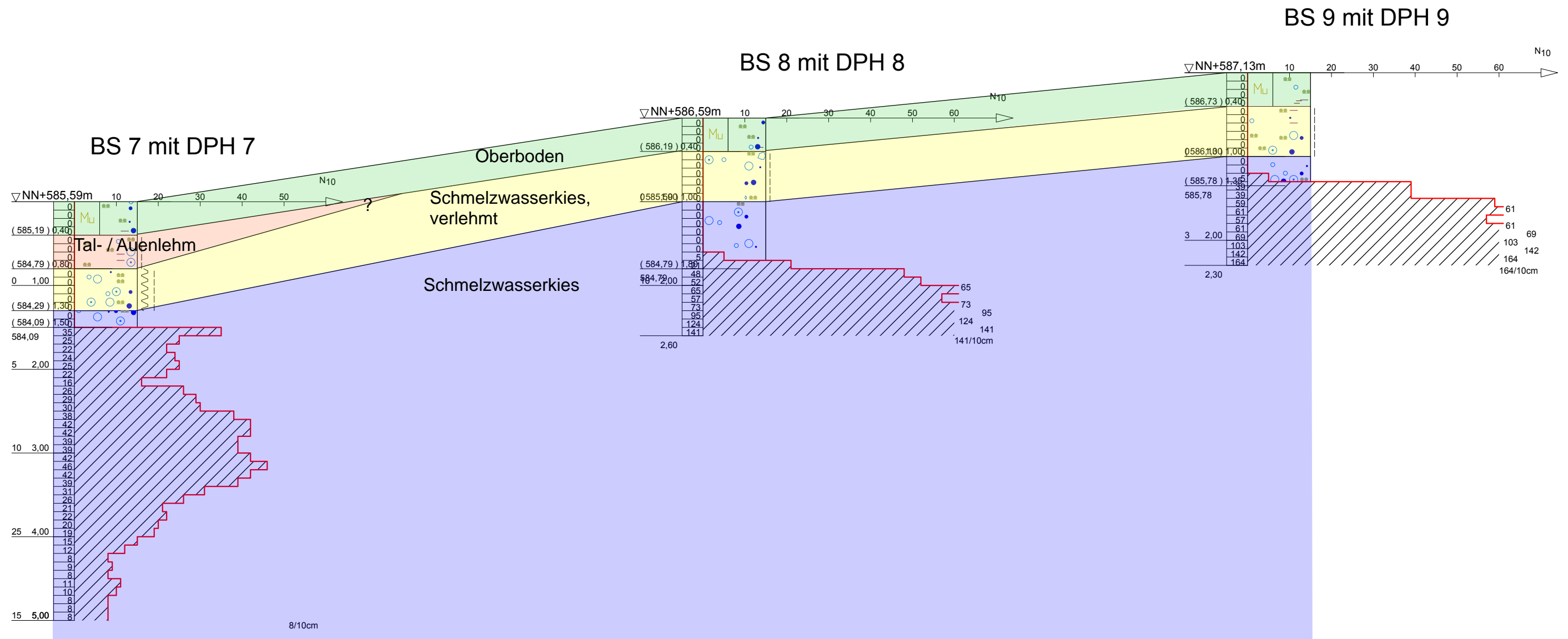
BP		Becherprobe
EP		Eimerprobe
GP		Glasprobe
ZP		Zylinderprobe
HP		Head-Space Probe
UP		ungestörte Probe
		Grundwasser angebohrt
		Grundwasser nach Bohrende
		Ruhewasserstand
k. GW		kein Grundwasser



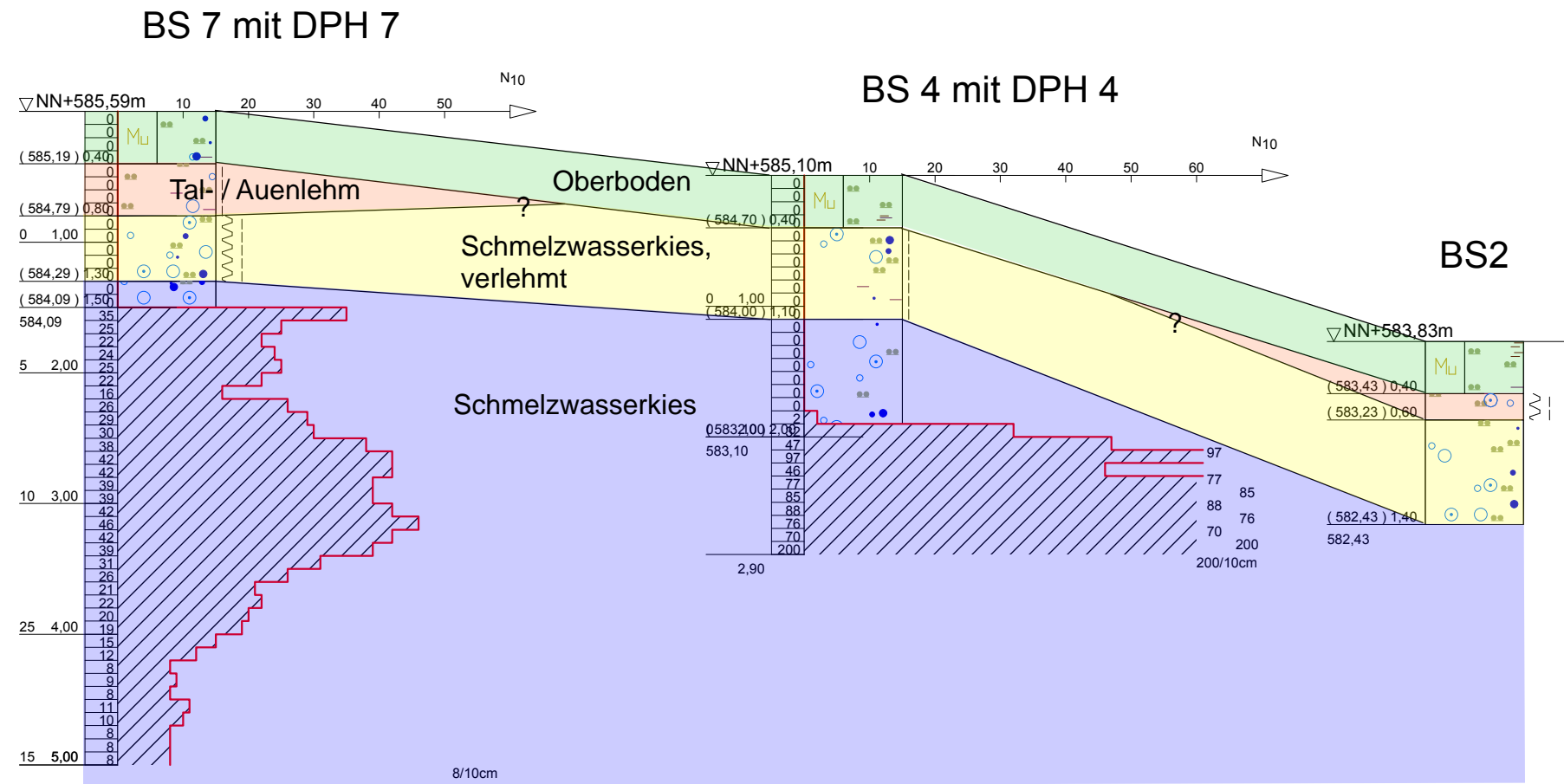
Bauvorhaben: BV Baugebiet Fläche Mooshaupten, 88348 Bad Saulgau		
Planbezeichnung: Profilschnitt (PS) 1		
Plan-Nr: BSMOOSH PS 1 HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Waldseer Straße 51 88400 Biberach a.d. Riß Tel.: 07351 / 47 40 030 Fax: 07351 / 47 40 029	Maßstab: H 1:50, B 1:750	Datum: 21.03.19 Gezeichnet: _____ Geändert: _____ Gesehen: _____
Projekt-Nr: BSMOOSH		



Bauvorhaben: BV Baugebiet Fläche Mooshaupten, 88348 Bad Saulgau		
Planbezeichnung: Profilschnitt (PS) 2		
Plan-Nr: BSMOOSH PS 2	Maßstab: H 1:50, B 1:750	
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: 21.03.19
	Gezeichnet:	
	Geändert:	
	Gesehen:	
Projekt-Nr: BSMOOSH		



Bauvorhaben: BV Baugelände Fläche Mooshaupten, 88348 Bad Saulgau		
Planbezeichnung: Profilschnitt (PS) 3		
Plan-Nr: BSMOOSH PS 3	Maßstab: H 1:50, B 1:750	
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: 21.03.19
	Gezeichnet:	
	Geändert:	
	Gesehen:	
Projekt-Nr: BSMOOSH		

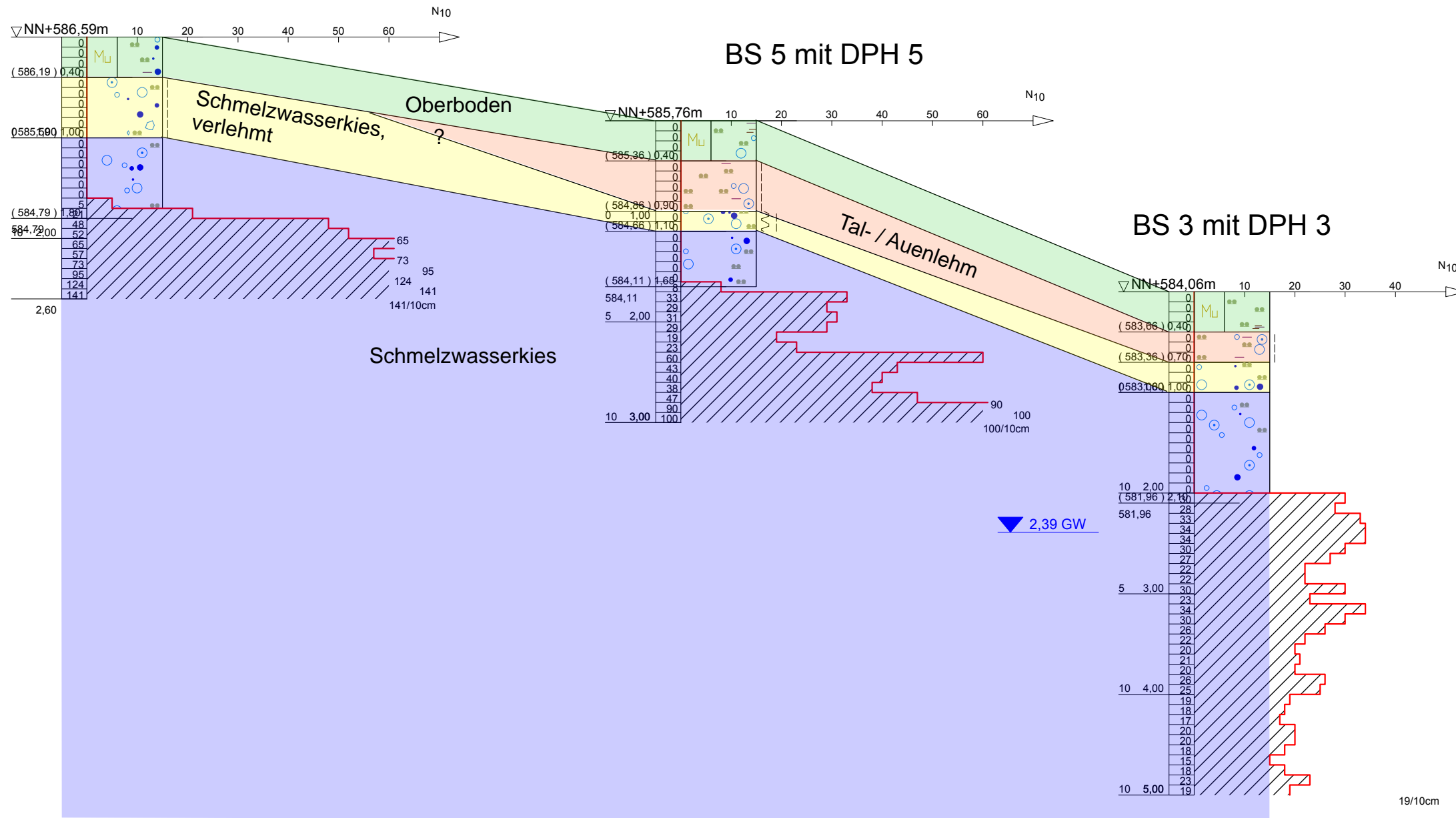


Bauvorhaben: BV Baugebiet Fläche Mooshaupten, 88348 Bad Saulgau		
Planbezeichnung: Profilschnitt (PS) 4		
Plan-Nr:	BSMOOSH PS 4	Maßstab: H 1:50, B 1:750
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Waldseer Straße 51 88400 Biberach a.d. Riß Tel.: 07351 / 47 40 030 Fax: 07351 / 47 40 029	Bearbeiter:	mp
	Gezeichnet:	21.03.19
	Geändert:	
	Gesehen:	
		Projekt-Nr: BSMOOSH

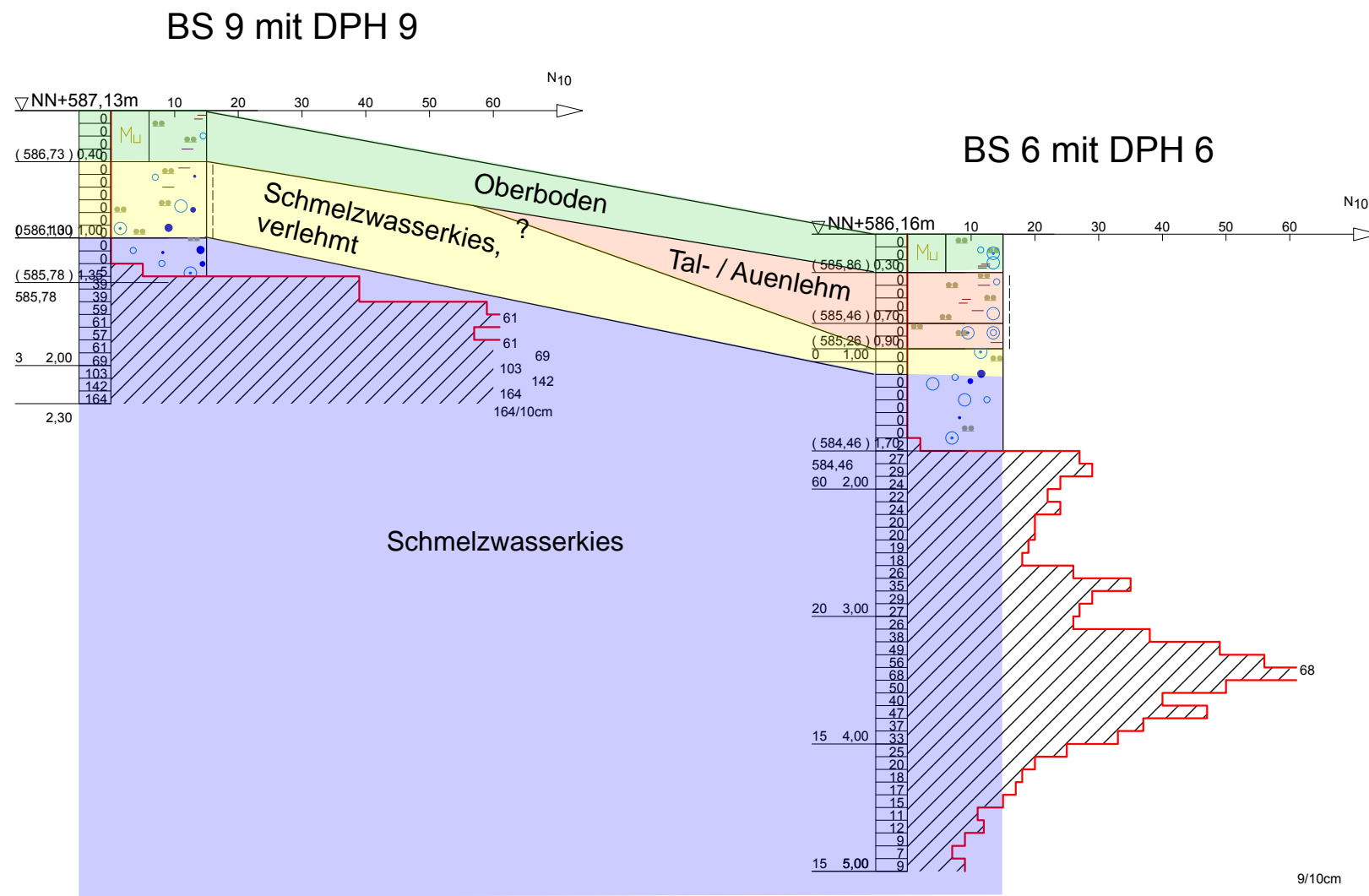
BS 8 mit DPH 8

BS 5 mit DPH 5

BS 3 mit DPH 3



Bauvorhaben: BV Baugebiet Fläche Mooshaupten, 88348 Bad Saulgau		
Planbezeichnung: Profilschnitt (PS) 5		
Plan-Nr: BSMOOSH PS 5 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	Maßstab: H 1:50, B 1:750 Bearbeiter: mp Gezeichnet: _____ Geändert: _____ Gesehen: _____	Datum: 21.03.19 Projekt-Nr: BSMOOSH



Bauvorhaben: BV Baugebiet Fläche Mooshaupten, 88348 Bad Saulgau		
Planbezeichnung: Profilschnitt (PS) 6		
Plan-Nr: BSMOOSH PS 6	Maßstab: H 1:50, B 1:750	
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: 21.03.19
	Gezeichnet:	
	Geändert:	
	Gesehen:	
Projekt-Nr: BSMOOSH		

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

Analysenbericht Nr.	555/1272	Datum:	25.03.2019
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

Allgemeine Angaben

Auftraggeber : HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik
 Projekt : BSMOOSH
 Projekt-Nr. :
 Entnahmestelle : Art der Probenahme : PN 98
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers
 Entnahmedatum : Probeneingang : 19.03.2019
 Originalbezeich. : MP 1 Probenbezeich. : 555/1272
 Untersuch.-zeitraum : 19.03.2019 – 25.03.2019

1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz (VwV BW)

1.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0				Z 2	Methode
			(S L/L)	Z 0*	Z 1/2	Z 2		
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe								DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	86,7	-	-	-	-	-	DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	7,1	10	15	15	45	150	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	10	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]	30	30	60	120	180	600	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	15	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]	0,09	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]	< 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					
Σ PCB (6):	[mg/kg TS]	n.n.	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					
Σ BTXE:	[mg/kg TS]	n.n.	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					
Σ LHKW:	[mg/kg TS]	n.n.	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					
Fluoranthen	[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)fluoranthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(k)fluoranthen	[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					
Σ PAK (EPA Liste):	[mg/kg TS]	n.n.	3	3	3 / 9	30	DIN ISO 18287 :2006-05

Markt Rettenbach, den 25.03.2019

Onlinedokument ohne Unterschrift

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

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

Analysenbericht Nr.	555/1273	Datum:	25.03.2019
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

Allgemeine Angaben

Auftraggeber : HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik
 Projekt : BSMOOSH
 Projekt-Nr. :
 Entnahmestelle : Art der Probenahme : PN 98
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers
 Entnahmedatum : Probeneingang : 19.03.2019
 Originalbezeich. : MP 2 Probenbezeich. : 555/1273
 Untersuch.-zeitraum : 19.03.2019 – 25.03.2019

1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz (VwV BW)

1.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0				Z 2	Methode
			(S L/L)	Z 0*	Z 1/2	Z 2		
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe								DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	94,5	-	-	-	-		DIN EN 14346 : 2007-03
Arsen	[mg/kg TS]	6,6	10	15	15	45	150	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	4,5	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]	17	30	60	120	180	600	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	7,8	20	40	80	120	400	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	9,1	15	50	100	150	500	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,09	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]	28	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					
Σ PCB (6):	[mg/kg TS]	n.n.	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					
Σ BTXE:	[mg/kg TS]	n.n.	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					
Σ LHKW:	[mg/kg TS]	n.n.	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					
Fluoranthen	[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)fluoranthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(k)fluoranthen	[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					
Σ PAK (EPA Liste):	[mg/kg TS]	n.n.	3	3	3 / 9	30	DIN ISO 18287 :2006-05

Markt Rettenbach, den 25.03.2019

Onlinedokument ohne Unterschrift

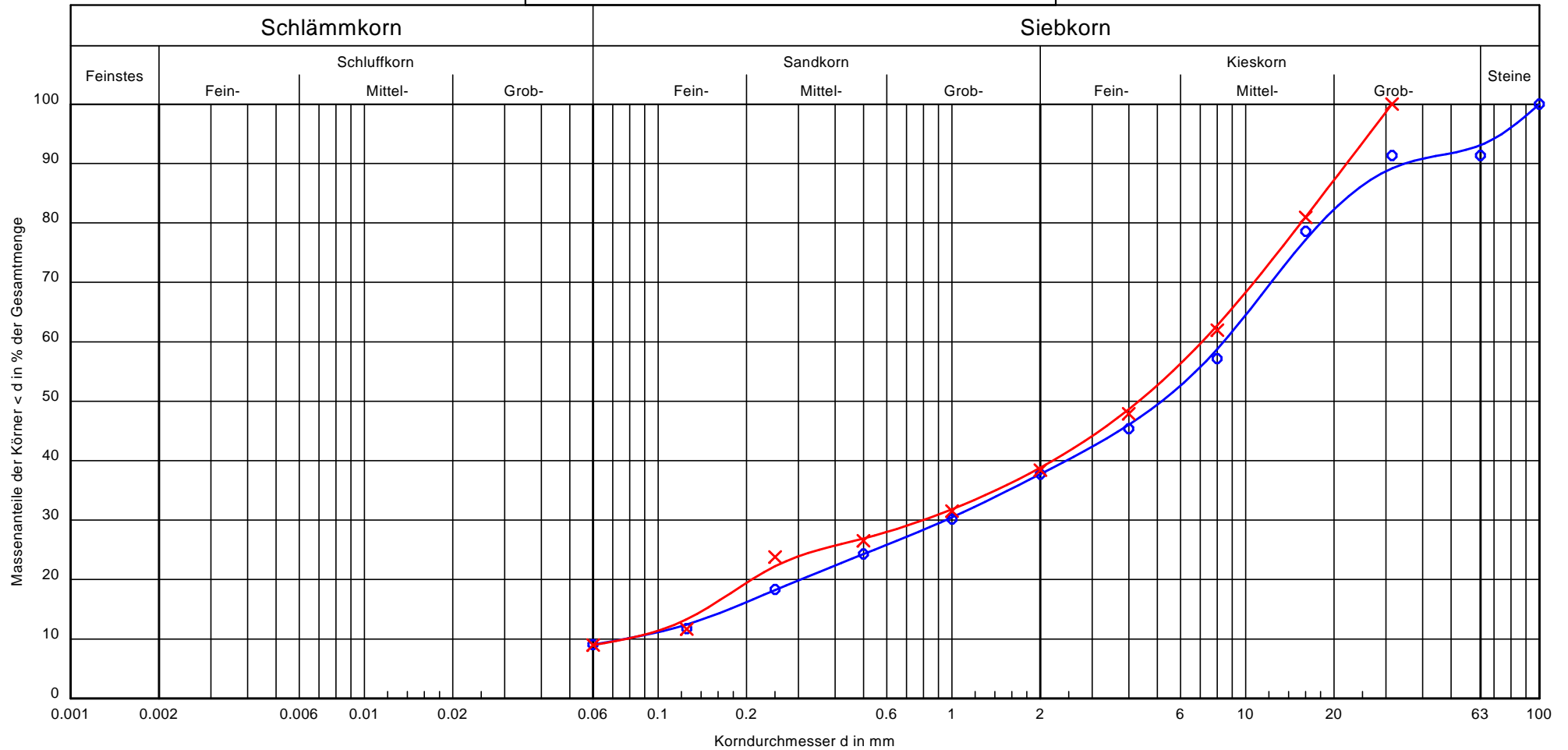
 Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele
(Laborleiter)

Projekt: BV Erschließung Baugebiet
Fläche Mooshaupten
in 88348 Bad Saulgau

Körnungslinie

nach DIN 18123: 2011-04

HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik
www.henkegeo.de



geol. Bezeichnung:	Schmelzwasserkies	Schmelzwasserkies
Entnahmestelle/Tiefe:	BS 4 / 1.3 - 2.0 m	BS 8 / 1.2 - 1.8 m
Entnommen am/Laborbearb.:	20.03.2019 / mp	20.03.2019 / mp
Abgeschlämmt?:	ja	ja
Wasserdurchlässigkeit nach Seiler (k _f -Wert):	-	7.7 · 10 ⁻⁴
d ₁₀	0.0770	0.0776
d ₃₀	0.9534	0.7977
d ₆₀	8.4114	7.0999
Cu/Cc	109.2/1.4	91.5/1.2
T-U-S-G [%]:	- /9.2/28.5/55.4	- /9.2/29.7/61.2
Bodengruppe:	GU	GU

Bemerkungen:

Anlage:
5.2