

**STADT HORB, OT BITTELBRONN  
BAUGEBIET „ALLMED“**

**Boden- und Versickerungsverhältnisse  
in dem geplanten Baugebiet „Allmed“  
in Horb-Bittelbronn**

– Erschließungs- und Versickerungsgutachten –

Stand: 08.12.2017

Hydrogeologisches Büro Thomas Reichel

Hydrogeologisches Büro  
Dipl.-Geol. Thomas Reichel  
Herrengarten 13  
72108 Rottenburg-Kiebingen

Tel.: 07472-9623-498  
Fax: 07472-9623-500  
Email: HTR.Reichel@t-online.de

**Boden- und Versickerungsverhältnisse  
in dem geplanten Baugebiet „Allmend“  
in Horb-Bittelbronn**

– Erschließungs- und Versickerungsgutachten –

Auftraggeber:

Große Kreisstadt Horb a.N.  
Marktplatz 8  
72160 Horb a.N.

Koordination: Stadt Horb, Frau Erdinger

Auftragsdatum:

14.09.2017

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Thomas Reichel

Bericht-Nr.: 20171101105  
vom **08.12.2017**

Umfang des Berichts: 15 Seiten (1 Abbildung, 3 Tabellen, 2 Fotos)

Zahl der Anlagen: 4

Zahl der Beilagen: 0

Verteiler:

Stadt Horb, Fachbereich Stadtentwicklung (pdf)

## Inhaltsverzeichnis:

Inhaltsverzeichnis: .....	3
1. Einleitung.....	4
2. Geologische, hydrogeologische und tektonische Situation.....	4
3. Bodenklassifizierungen und Homogenbereiche.....	7
4. Versickerungsversuche / Versickerungsanlagen.....	9
5. Bautechnische Hinweise und Empfehlungen.....	10
5.1 Kanalgräben / Eignung des Aushubs zum Wiedereinbau .....	10
5.2 Straßenbau.....	11
5.3 Weitere bautechnische Hinweise und Empfehlungen.....	12
5.3.1 Bauen im Bereich von Verwerfungs-/Tiefenverwitterungszonen.....	12
5.3.2 Verkarstung des Oberen Muschelkalks.....	14
6. Umweltgeologische Vorbeurteilung der Böden.....	15
7. Schlussbemerkungen.....	15

## Abkürzungen und Erläuterungen:

GOK:	Geländeoberkante des Urgeländes
$k_f$ -Wert:	Durchlässigkeitsbeiwert
$m_{08}$ :	Nodosusschichten des Oberen Muschelkalks
$m_{02}$ :	Nodosusschichten des Oberen Muschelkalks
$m_{01}$ :	Trochitenkalk des Oberen Muschelkalks
S:	Schurf, Baggerschurf mit Kleinbagger

## Anlagenverzeichnis:

Anlage 1:	Lageplan mit Ca.-Lage der Erkundungs- und Sickerschürfe S 1 / S 1A bis S 3, Luftbild ohne Maßstab [Quelle der Plangrundlage: Stadt Horb, Fachbereich Stadtentwicklung]
Anlage 2:	Zeichnerische Darstellung der Baggerschurf-Profile S 1 / S1A bis S 3 nach DIN 4023 mit Legende, M 1:20 [Quelle: HTR]
Anlage 3:	Geologisches Normalprofil des Plangebietes, stark vereinfacht und schematisiert
Anlage 4:	Ergebnisse der Versickerungsversuche ( $k_f$ -Werte) in den Schürfgruben S1/S1A im südöstlichen Baugebiet [Quelle HTR]

## 1. Einleitung

Die Stadt Horb plant am Nordrand des Teilorts Bittelbronn die Erschließung des Baugebiets „Allmend“ (siehe auch Anlage 1).

Zur Baugrunderkundung und Prüfung der Sickerfähigkeit der Böden wurden am 06.11.2017 vier Erkundungsschürfe durchgeführt (Bezeichnung: S 1, S 1A, S 2 und S 3).

Versickerungsversuche wurden in den Schürfen S 1 und S 1A mit Trinkwasser aus einem Wasserwagen durchgeführt. Die beiden Sickerschürfe S 1 / 1A liegen im südöstlichen Baugebiet, der Flachschurf S 1A wurde ca. 5 m südlich des „Tieferschurfs“ S 1 angelegt.

Die Schurfdurchführung und die Herstellung der Wasserversorgung wurde vom Bauhof der Stadt Horb durchgeführt. Die Ca.-Lage der vier Erkundungsschürfe kann der Anlage 1 entnommen werden.

## 2. Geologische, hydrogeologische und tektonische Situation

Im Plangebiet stehen unter quartären Deckschichten und einer stellenweise stark ausgeprägten Felsersatz-Zone Gesteine des **Oberen Muschelkalks (mo2)** an (siehe auch Anlagen 2 und 3 sowie Fotos 1 und 2).

Das geplante Baugebiet liegt gemäß der Geologischen Spezialkarte von Baden-Württemberg<sup>1</sup> (GK 25) innerhalb des **Bittelbronner Grabenbruchs** (tektonischer Graben), der östlichen Verlängerung des Freudenstädter Grabens, welcher wiederum ein Teil des Schwäbischen Lineaments darstellt.

Das Baugebiet hat von dem südlichen Zentralgraben einen Abstand von gut 300 m und von der nördlichen Grabenrandverwerfung einen Abstand von knapp 200 m (siehe Abbildung 1).

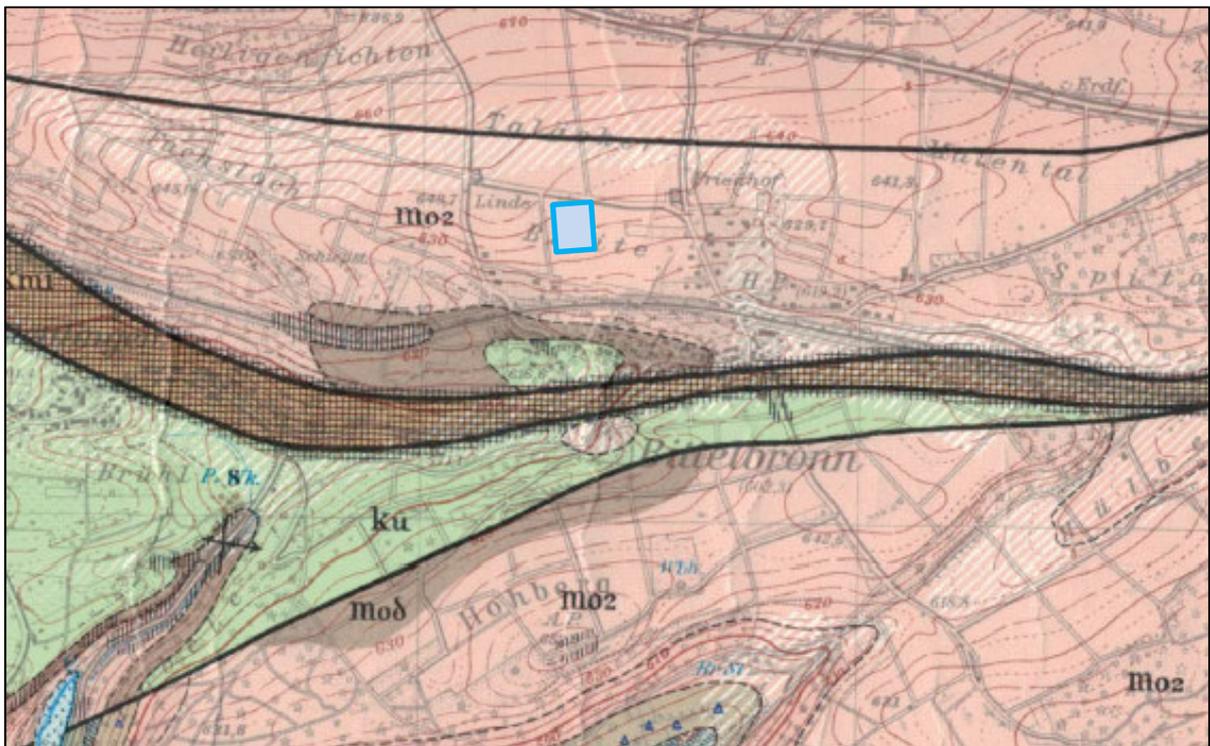


Abbildung 1: Vergrößerter Auszug aus der Geologischen Spezialkarte von Baden-Württemberg, Blatt Dornstetten. Ca.-Lage BG „Allmend“ blau markiert

<sup>1</sup> Blatt Dornstetten (Blatt-Nr. 7517), 1:25.000 (GK 25)

Im Kern- und Randbereich von tektonischen Gräben, welche durch massive bruchhafte Verformungen der Gesteinsschichten entstanden sind, sind eine **starke Zerschierung** und z.T. auch eine deutliche Schrägstellung der Gesteine im Nahbereich der Verwerfungsbahnen zu erwarten.

Die Nodosusschichten (mo<sub>2</sub>) des Oberen Muschelkalks, welcher stratigraphisch unterhalb des Trigonodusdolomits (mo<sub>8</sub>) folgt (siehe auch Anlage 3), besteht aus **(dünn)bankigen Kalksteinen mit dünnen Mergelfugen**. Die Kalksteine des Oberen Muschelkalks unterliegen im Projektgebiet stellenweise der Verkarstung (siehe auch Kapitel 5.3.2).

Die Nodosusschichten sind im näheren Projektgebiet meist frei von Grundwasser. Niederschlags- und Oberflächenwasser versickert in den Dolomiten und Kalken des Oberen Muschelkalks in Abhängigkeit der Klüftung bzw. des Trennflächengefüges der Karbonatgesteine erfahrungsgemäß schnell. Dies ist auch der Grund, weshalb sich auf der Muschelkalk-Hochfläche im Projektgebiet keine Fließ- und Oberflächengewässer befinden.

### **Situation in den Erkundungsschürfen**

In den Schürfen **S 1 und S 2** wurden **bis ca. 2,2-2,4 m u. GOK zersetzte oder zerscherte, stark aufgewitterte Kalke** angetroffen, wie sie auch in Verwerfungszonen typisch sind (siehe Anlage 2 und Fotos 1 und 2).

Im Bereich des Schurf S 3 im Nordwesten des Baugebietes ist hingegen ab ca. 1,4-1,8 m u. GOK mit schwer lösbarem Hartfels zu rechnen!

In den Erkundungsschürfen wurden **keine Grund- oder Schichtwässer** angetroffen; auch in tieferen Gräben oder Baugruben ist erfahrungsgemäß kein Schicht- oder Grundwasser zu erwarten

**Aufgrund der Ergebnisse der Erkundungsschürfe und lokal-geologischen Erfahrungen wird im Südosten, in der Mitte und im Mitte-West-Bereich des geplanten Baugebietes mit einer bisher nicht bekannten Verwerfungs-, Verkarstungs- oder Tiefenverwitterungszone gerechnet. Außerhalb dieser Zone ist hingegen ab ca. 1,5 m u. GOK mit hartem Kalksteinfels zu rechnen, der in der Regel gemeißelt werden muss (Bodenklasse 7)!**



Foto 1: Schurf S 1: Völlig zu Feinsand zersetzter oder zerscherter Kalk(stein) aus dem Tiefenbereich ca. 2,0-2,2 m u. GOK (Foto: 06.11.2017 HTR/TR)



Foto 2: Aushub Schurf S 2: Steinige-kalksandige Böden (Schurftiefe ca. 2,6 m)

### 3. Bodenklassifizierungen und Homogenbereiche

Der Baugrund kann im Plangebiet in die zwei folgenden Homogenbereiche<sup>2</sup> gegliedert werden:

<b><u>Homogenbereich 1</u></b>	
	<b>Sandige und sandig-gemischtkörnige Böden</b>
Bezeichnung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sandiger Felsersatz, z.T. schluffig-lehmig</li> <li>• Steinig-sandig verwitterter oder zerscherter Kalk(stein)</li> </ul>
Masseanteil Steine (DIN EN ISO 14688-1)	stellenweise >30%
Dichte, im Verband (DIN 18125-2)	18-20 kN/ m <sup>3</sup>
Konsistenz (Feldansprache und Messungen mit Taschenpenetrometer Vorort)	(gut steif)
Lagerungsdichte (Feldansprache)	mitteldicht
Bodengruppe (DIN 18128)	SE / SW bis SU*, GW steinig
<b>Bodenklasse (DIN 18300<sub>alt</sub>)</b>	<b>3-5</b>
<b>Bodenklasse (DIN 18319)</b>	<b>LNM 2, lokal Zusatzklasse S 1-S 3</b>
Baggerlösbarkeit mit leichtem bis mittelschwerem Hydraulikbagger (Erfahrungswerte HTR)	problemlos baggerlösbar
Frostempfindlichkeit	nach ZTVE: F 1-2 (schwach frostempfindlich)
Wasser- und Witterungsempfindlichkeit	mittel
Schrumpfeempfindlichkeit	gering-mittel
Betonaggressivität DIN 4030, Boden und Sickerwasser (Expositionsklasse)	erfahrungsgemäß „nicht angreifend“ (Expositionsklasse XA 0)
Wichte $\gamma$	19 kN/m <sup>2</sup>
Reibungswinkel $\varphi'$	30°-35°
Kohäsion $c'$	0-(2) kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul $E_s$	≈15-40 MN/m <sup>2</sup>
Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ (Versickerungsversuch S 1A / Bodenansprache bzw. Kornverteilung in Schürfen S 1 bis S 3)	≈1x10 <sup>-5</sup> bis 5x10 <sup>-4</sup>

Tabelle 1: Beschreibung und Bodenkenndaten des Homogenbereichs 1

<sup>2</sup>Nach VOB 2012 / 2015, Teil C, Anlage 2 (Ausnahmeregelung ATV DIN 18300), ergänzt durch eigene Klassifizierungsmerkmale

<b><u>Homogenbereich 2 (Fels)</u></b>	
	<b>Oberer Muschelkalk</b>
Bezeichnung	Kalkstein, Nodosusschichten des Oberen Muschelkalks (mo <sub>2</sub> )
Dichte (DIN 18125-2), Tabellen- und Erfahrungswerte	22-23 kN / m <sup>3</sup>
Veränderlichkeit n. DIN EN ISO 14689-1, Tab. 4 (lokale Erfahrungswerte)	Grad 1-2
Verwitterung nach DIN EN ISO 14689-1, Tab. 13 (lokale Erfahrungswerte)	Stufe 1-3, wechselhaft
Einaxiale Druckfestigkeit (Erfahrungs- und Tabellenwerte)	25-100 (150) MN/m <sup>2</sup>
Mohs'sche Ritzhärte (Abrasivität von Werkzeugen)	maximal 4,0
Trennflächengefüge, angelehnt an DIN EN ISO 14689-1 (Versickerungsversuch und lokale Erfahrungswerte)	<u>Schichtung</u> : dünnbankig bis bankig <u>Klüftung</u> : engständig, Spalten möglich <u>Öffnungsweite Klüfte</u> : offen, mittel bis weit
Bodenklasse nach DIN 18300	Bkl. 6 und Bkl. 7
Bodenklasse nach DIN 18319	FZ 2-3, maximal FD 3
Frostempfindlichkeit	---
Wasser- und Witterungsempfindlichkeit	---
Schrumpfeempfindlichkeit	keine
Betonaggressivität DIN 4030, Boden und Schichtwasser (Expositionsklasse)	„nicht angreifend“ (Expositionsklasse XA 0)
Wichte $\gamma$	23 kN / m <sup>3</sup>
Ersatzreibungswinkel $\varphi'$	35°-60° (einschl. Kohäsion)
Steifemodul $E_s$	>100 MN/m <sup>2</sup> (Kalkstein)
Gebirgs-Durchlässigkeit, $k_f$ Erfahrungswerte Sickerfähigkeit	≈10 <sup>-5</sup> bis 10 <sup>-3</sup> m/s, wechselhaft (!), erfahrungsgemäß hohe bis sehr hohe Sickerfähigkeit

Tabelle 2: Beschreibung und Bodenkenndaten des Homogenbereichs 2 (Fels). Die Angaben beruhen weitgehend auf lokalen Erfahrungswerten

#### 4. Versickerungsversuche / Versickerungsanlagen

Die Bewertung der Sickerfähigkeit in den beiden Baggerschürfen S 1 und S 1A wird in der folgenden Tabelle 3 zusammengefasst (siehe auch Anlage 4):

Schurf-Nr.	Schurf-Tiefe	cal $k_f$ -Wert	Sickerfähigkeit [qualitativ-verbal]	Filterfähigkeit [qualitativ-verbal]
S 1	2,4 m	$\approx 7 \times 10^{-6}$ m/s	mäßig Langzeitprognose günstig	gering-mittel
S 1A	0,7 m	$\approx 3 \times 10^{-5}$ m/s	mittel Langzeitprognose eher ungünstig	gering-mittel

Tabelle 3: Ergebnisse und Bewertung der Sickerversuche (S: Baggerschurf)

In dem **Flachschurf S 1A** wurden in schluffigen Feinsandböden durchaus brauchbare Sickerleistungen erzielt (siehe Tabelle 3). Es ist jedoch zu beachten, dass die Sickerleistung hier auch durch Sekundärporositäten wie Regenwurm- und Wurzelröhren etc. bedingt sind, welche im Dauerbetrieb nicht unbedingt stabil bleiben werden.

In dem **Tiefschurf S 1** konnte im Tiefenbereich von ca. 1,3-2,4 m u. GOK (Nodosusschichten) eine mäßige, aber brauchbare Versickerungsleistung gemessen werden.

Die in den Schürfen S1 (und S 1A) ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte  $k_f$  sind für den Oberen Muschelkalk jedoch als relativ gering zu bewerten. Aufgrund der Bodenstruktur in den Schürfen S 2 und S 3 sowie lokal-geologischer Erfahrungswerte sind im Baugebiet tendenziell (deutlich) höhere Sickerleistungen zu erwarten.

Im Folgenden einige Hinweise und Empfehlungen zum Bau von Versickerungsanlagen, z.B. Versickerungsmulden („Mutterboden“-Mulden):

1. Die Versickerung muss über eine **ca. 0,30 m starke, begrünte Mutterbodenschicht** erfolgen, wodurch sich günstige Filtrations- und Sorptionseigenschaften im Oberboden bzw. in der belebten Bodenzone ergeben.
2. Beim Bau der Versickerungsmulde sollte die natürliche Bodenstruktur auf und unterhalb der Muldensohle nicht gestört oder verdichtet werden. Das Befahren der Muldensohle sollte daher auf ein Minimum beschränkt werden.
3. Beim Bau von Versickerungsanlagen ist insbesondere das aktuelle Arbeitsblatt DWA A-138 (Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser) der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. zu beachten.
4. Nach Vorgabe des Arbeitsblattes DWA A-138 müssen Versickerungsanlagen zu unterkellerten Gebäuden ohne Wasserdruck haltende Abdichtung einen Mindestabstand vom 1,5 fachen der Baugrubentiefe einhalten (im BG empfohlen  $\geq 3-4$  m).

5. Bei Nassniederschlägen nach längeren Frostperioden (Bodenvereisung) versagen Muldenversickerungen temporär vollständig (einige Tage bis im Extremfall wenige Wochen), was zu einem schnellen Überlaufen bei gefrorenem Boden führen kann. Es ist daher ein Überlauf und eine schadfreie Ableitung des Überlaufwassers in einen Regenwasserkanal oder einen Graben u.ä. vorzusehen.

## 5. Bautechnische Hinweise und Empfehlungen

### 5.1 Kanalgräben / Eignung des Aushubs zum Wiedereinbau

In dem geplanten Baugebiet ist die **Lage der Felsoberkante wechselhaft** ausgebildet (siehe auch Kapitel 2 und Anlage 2). Mit einer recht hohen Lage der Felsoberkante in ca. 1,4-1,8 m u.GOK ist insbesondere im Norden und im Mitte-Ost-Bereich des Baugebiets zu rechnen.

Die zu erwartende Standsicherheit der Gräben ist im Baugebiet als mäßig zu bewerten; in steinig aufgewitterten oder stark klüftigen Kalksteinzonen ist mit steinigem Nachfall zu rechnen.

Leitungs- und Kanalgräben mit über 1,25 m bzw. 1,75 m Tiefe müssen mit Verbauplatten o.ä. gesichert werden.

In dem geplanten Baugebiet sind auch in tieferen Gräben oder Baugruben keine Schicht- oder Grundwässer zu erwarten.

#### Eignung des Grabenaushubs zum Wiedereinbau

Es wird empfohlen, den **sandig-schluffigen Grabenaushub** mit einem hydraulischen Spezialbindemittel zu **verbessern** und wieder einzubauen.

Der Aushub kann z.B. mit einem Brecher-/Mischlöffel bzw. Schaufelseparator unter Zugabe eines hydraulischen Spezialbindemittels aufbereitet und verbessert werden.

#### Empfohlene Bodenverbesserung des Kanalgrabenaushubs im Baugebiet „Allmend“:

- Hydraulisches Spezialbindemittel: DOROSOL Pro C30 o. glw.  
Zuschlagsmenge: ca. 30-40 kg/m<sup>3</sup> (pro Kubikmeter)
- Bei Trockenwetter bzw. „trockenen“ Bodenverhältnissen Aushub etwas bewässern!

**Steinig-sandiger Aushub** und (aufgemeißelter) Kalksteinbruch aus dem untersten Bereich der Kanalgräben kann **ohne Bodenverbesserung** wieder eingebaut werden. Steine mit Kantenlängen >25-30 cm Kantenlänge sollten jedoch aussortiert oder weiter zerkleinert / zertrümmert werden.

## 5.2 Straßenbau

Die Bemessung der mineralischen Frostschutz-/Tragschicht der Erschließungsstraße sollte nach der aktuellen ZTVE-StB und RStO gemäß den folgenden Kenndaten erfolgen:

- Frostzone (RStO 01): III
- Frostempfindlichkeit (ZTV-StB 97 f): F 2 (karbonatsandige Böden)

Angelehnt an die ZTVE-StB 97f. sollten im Bereich der Straßenbaumaßnahme auf der Oberkante der kombinierten Frostschutz-/Tragschicht (KFT) mindestens folgende Qualitätsanforderungen erfüllt werden:

- Verformungsmodul  $E_{v2}$ :  $\geq 120 \text{ MN/m}^2$
- $E_{v2}/E_{v1}$ -Verhältniswert (Verdichtungsgrad):  $\leq 2,2$
- Proctordichte  $D_{pr \text{ KFT}} \geq 103\%$

Auf dem Erdplanum müssen nach ZTVE-StB 97f. und nach Erfahrungswerten Verformungsmoduli  $E_{v2}$  von  $45 \text{ MN/m}^2$  erreicht werden, um die o.g. Anforderungen auf Oberkante der Frostschutz-/Tragschicht bei einer Kofferstärke von ca. 40-45 cm (KFT aus Baustoffgemisch 0/45 FSS-ST5) erreichen oder überschreiten zu können.

Nach Erfahrungswerten werden die notwendigen  $E_{v2}$ -Erdplanumswerte von  $45 \text{ MN/m}^2$  in den überwiegend sandigen-grobschluffigen Böden nicht oder nur knapp erreicht (siehe auch Tabelle 1 → Homogenbereich 1).

Durch Bodenverbesserungsmaßnahmen mit einem hydraulischen Spezial-Bindemittel kann die Tragfähigkeit des Erdplanums, z.B. auch in Dammbereichen, deutlich verbessert werden. Es wird daher empfohlen, das Erdplanum der Erschließungsstraße(n) wie folgt zu verbessern:

### Empfohlene Bodenverbesserung des Erdplanums im Baugebiet „Allmend“:

- Hydraulisches Spezialbindemittel: DOROSOL Pro C30 o. glw.
- Einfrästiefe: ca. 40 cm
- Zuschlagsmenge: ca. 20-25  $\text{kg/m}^2$  (pro Quadratmeter)
- Bei Trockenwetterlage bzw. stärker ausgetrockneten Böden: Erdplanum bewässern oder während Fräsvorgang Wasser zumischen (mindestens 3 Liter pro Quadratmeter)

## 5.3 Weitere bautechnische Hinweise und Empfehlungen

### 5.3.1 Bauen im Bereich von Verwerfungs-/Tiefenverwitterungszonen

Auf der Sohle von Leitungsgräben und Baugruben können im UG stellenweise, bedingt durch die in Kapitel 2 beschriebenen Tiefenverwitterungs- oder möglichen Verwerfungszonen, wechselhafte Böden anstehen (sowohl Fels- als auch sandig-schluffig-lehmige oder sandig-steinige Lockerböden).

Werden in **Kanalgräben** weniger tragfähige Sand-, Schluff- oder Lehmböden angetroffen sollten diese ggf. gegen ein Grobschottergemisch 0/100, Schroppen o.ä. in einer Stärke von ca. 40-50 cm ausgetauscht werden. Die Grobschotter kräftig in den „weichen“ Boden hinein verdichten. Auf OK der Grobschotter vor dem Einbau des Rohrbettungssplitts ein schweres Graben-Vlies GRK 4-5 einbauen (Kenndaten Vlies siehe unten).

Werden in den **Baugruben der Wohnbebauung** weniger tragfähige (tiefgründige) Lockerböden (s.o.) oder Lockerböden und Fels angetroffen (wechselhafte Bodenverhältnisse), was in Verwerfungs-, Tiefenverwitterungs- und Verkarstungszonen typisch ist, wird das folgende Vorgehen empfohlen:

1. Gründung von Wohnbauten (Einfamilienhäuser) auf einer Bodenplatte (Flächengründung)
2. Kräftiger, ggf. gestufter (den Bodenverhältnissen angepasster) Schotterunterbau unter der Bodenplatte aus einem zertifizierten Baustoffgemisch z.B. 0/45 FSS-ST5. Schotterstärke in den „schlechten“ Bodenbereichen mindestens 50-80 cm, je nach Bodenverhältnissen
3. Bewehrung des Schotterbaus mit Geogittern (Kenndaten siehe unten)
4. Die gleiche Gründungskonstruktion ist auch zu empfehlen, wenn die Baugrubensohle komplett im Fels liegt; hier natürlich mit einer deutlich geringeren Schotterstärke (ca. 20 cm) und ohne Geogitter

Aber keine Panik, insgesamt sind die Tragfähigkeitsverhältnisse der Böden im Baugebiet durchschnittlich bis gut, aber eben wechselhaft.

#### Empfehlung:

Bei Bau- und Gründungsarbeiten in den Schichten des Oberen Muschelkalks empfehlen wir prinzipiell, die Fundamentgruben von Streifen- oder Einzelfundamenten oder den Schotterunterbau von Flächengründungen (Bodenplatten) mit einer (schweren) Rüttelplatte, einem Anbauverdichter oder einem Grabenstampfer abzurütteln bzw. „abzustampfen“ (vor dem „Verdichten“ der Fundamentgruben oder Gründungsflächen kann es sinnvoll sein ca. 10-20 cm Mineralbeton 0/45 o.ä. einzubringen).

Befinden sich (oberflächennahe) Karsthohlräume, gestörte Bodenzonen oder bewegliche Lockermassen im Untergrund kommt es beim Verdichten zu Nachbrüchen bzw. zu starken Setzungen oder Sackungen und es können geeignete gründungstechnische Maßnahmen getroffen werden, um spätere Gebäudeschäden zu vermeiden.

**Kenndaten Vlies (Geotextil)****Vliesstoff:**

**Mechanisch verfestigter, alterungsbeständiger** Trenn- und Filtervliesstoff  
der Geotextilrobustheitsklasse (GRK): 4-5

Flächengewicht:  $\geq 250 \text{ g/m}^2$

Stempeldurchdrückkraft:  $\geq 2.500 \text{ N}$

(z.B. Bontec NW 21 von *BECO Bermüller* –oder– Polyfelt TS 60 / TS 70 von  
*Polyfelt Deutschland GmbH* oder gleichwertige Produkte)

**Kenndaten Geogitter****Geogitter:**

Typ: z.B. gestrecktes, monolithisches, knotensteifes Geogitter,  
z.B. aus Polypropylen

Flächengewicht:  $\geq 350 \text{ g/m}^2$

Höchstzugkraft längs:  $\geq 30 \text{ kN/m}$

Höchstzugkraft quer:  $\geq 30 \text{ kN/m}$

Knotenfestigkeit:  $\geq 95\%$  der Höchstzugkraft

Maschenweite: ca. 40/40 mm

(z.B. Begrid TG 30/30S oder TG 40/40S von *BECO Bermüller* o. glw.)

### 5.3.2 Verkarstung des Oberen Muschelkalks

Die **Kalk- und Dolomitgesteine des Oberen Muschelkalks (mo)** unterliegen im Projektgebiet stellenweise der **Verkarstung** (Karbonatkarst). Unter Verkarstung versteht man die Lösung von chemisch angreifbaren, „löslichen“ Gesteinen.

Beim Karbonatkarst vollzog/vollzieht sich die Gesteinslösung durch kohlendioxidhaltige Sicker- und Grundwässer. Zum Formenschatz des Karbonatkarstes gehören **Dolinen (Erdfälle)**, klaffende Lösungsklüfte, Karstschlotten<sup>3</sup>, ±horizontale Karströhren und Ähnliches. Bei hoher Verkarstungsintensität kommt es zur Ausbildung von z.T. großvolumigen, unterirdischen Karsthöhlen, welche bei ungünstigen Rahmenbedingungen auch ohne „äußere Lasteinwirkung“ schlagartig einbrechen oder innerhalb relativer kurzer Zeit nachsacken können.

In Baugebieten, welche im Oberen Muschelkalk liegen, besteht durch das oben beschriebene **Naturphänomen des Karstes** prinzipiell ein gewisses Risiko von Sackungen, relativ schnell eintretenden Dolineneinbrüchen oder auch relativ weitspannigen, langandauernden Bergsenkungen, wobei im Plangebiet bisher keine Hinweise auf eine ausgeprägte Verkarstung im Untergrund vorliegen.

Karsthohlräume können im Untergrund z.B. mit folgenden, meist aufwändigen, geologischen bzw. geophysikalischen Methoden detektiert werden:

- Luftbildauswertung / Auswertung alter Karten (begleitende Untersuchung)
- Rotationskernbohrungen (Dreh-/Spülbohrungen)
- Geoelektrik (geophysikalische Erkundungsmethode)
- Bodenradar (geophysikalische Erkundungsmethode)
- Gravimetrie (geophysikalische Erkundungsmethode)
- Bohrlochtomographie (geophysikalische Erkundungsmethode in einem oder mehreren Kernbohrungen) u.a.

Die Forderung nach vollkommener Sicherheit ist in aktiven Karstgebieten in der Regel nur mit hohem Aufwand zu erfüllen.

Mögliche Karsthohlräume sind in Baugruben an den folgenden Indikatoren erkennbar:

- schrägstehende, verkippte Felsplatten
- trichterförmige Sackungsstrukturen
- röhren- oder höhlenförmige Hohlräume im Fels
- steinige Lockermassen, welche hart an Felsstrukturen angrenzen
- überdurchschnittlich starke Lehmanhäufungen im Fels (insbesondere auch Rotlehme) usw.

Sollten derartige Erscheinungen in Baugruben oder Leitungsgräben festgestellt werden, muss der zuständige Bauleiter und/oder ein Geologe hinzugezogen werden.

---

<sup>3</sup> steil bis senkrecht stehende, zylindrische bis trichterförmige Vertiefungen, oft lehmverfüllt

## 6. Umweltgeologische Vorbeurteilung der Böden

Natürliche bzw. geogene Schwermetallbelastungen sind in den Fels- und Felsverwitterungsböden der Nodosusschichtens des Oberen Muschelkalks erfahrungsgemäß nicht zu erwarten.

## 7. Schlussbemerkungen

Der vorliegende Bericht beruht auf der Durchführung von drei bzw. vier Erkundungsschürfen mit bis zu 2,6 m Tiefe sowie lokal-geologischen Kenntnissen des Verfassers im näheren und weiteren Plangebiet.

Die Angaben in dem Erschließungsgutachten beziehen sich auf die in den punktuellen Schurfaufschlüssen angetroffenen Bodenverhältnisse. Abweichungen von diesen lokalen Angaben können nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Aufgestellt: Rottenburg, den 08.12.2017 TR/HTR

*Hydrogeologisches Büro Thomas Reichel (HTR)*

*Herrengarten 13*

*72108 Rottenburg-Kiebingen*

*Tel. 1: 07472-9623-498*

*Fax: 07472-9623-500*

*Mobil: 0172-8849040*

*Email: HTR.Reichel@t-online.de*

*Thomas Reichel (digitale Signatur)*

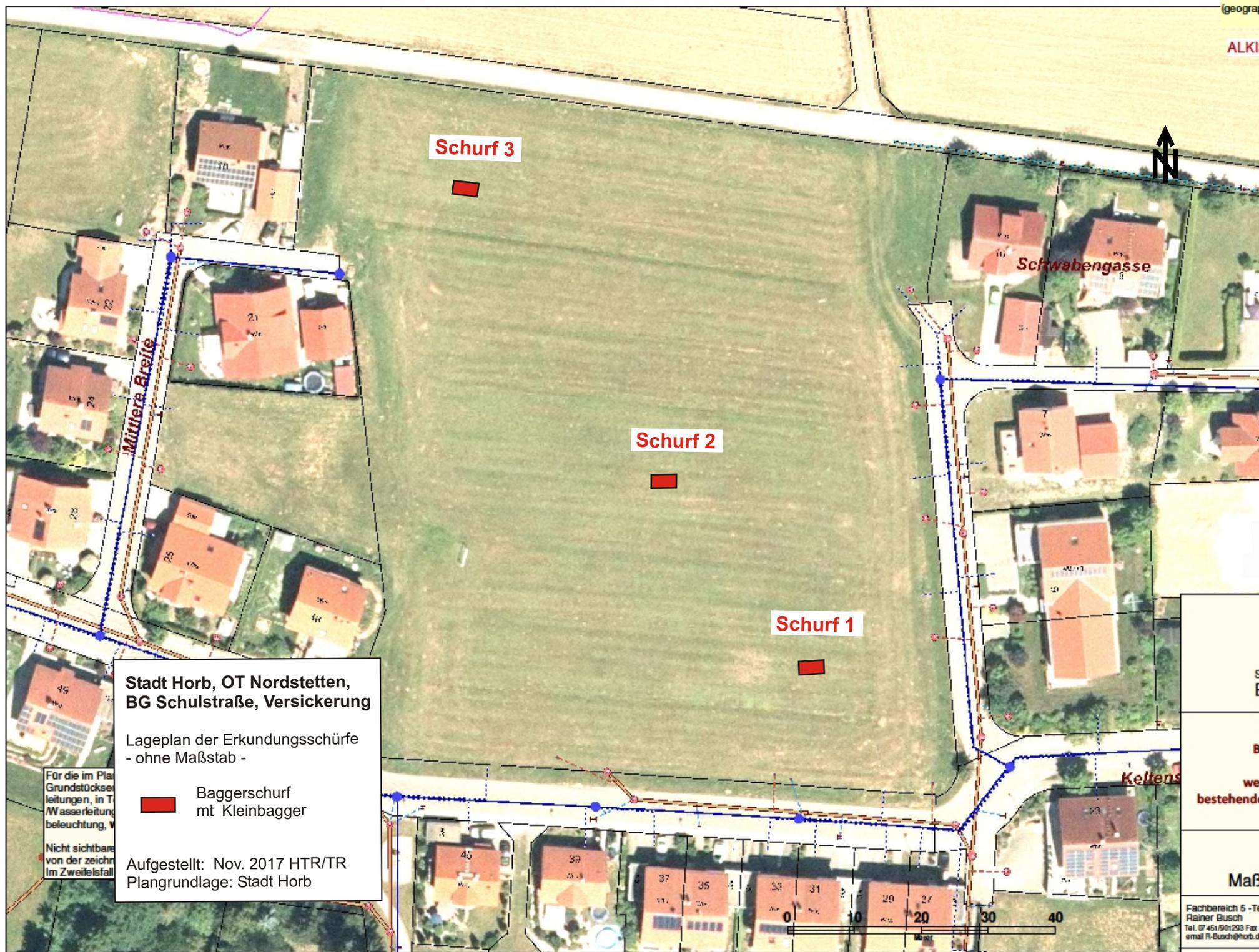
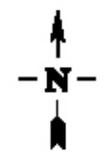
.....

(Dipl.-Geol. Thomas Reichel)

# Anlage 1

Lageplan mit Ca.-Lage  
der Erkundungsschürfe S 1 / S 1A bis S 3  
(Schurf S 1 / S1A Sickerschürfe)  
-ohne Maßstab-

[Quelle der Plangrundlage: Stadt Horb, Fachbereich Stadtentwicklung]



**Stadt Horb, OT Nordstetten,  
BG Schulstraße, Versickerung**

Lageplan der Erkundungsschürfe  
- ohne Maßstab -

 Baggerschurf  
mit Kleinbagger

Aufgestellt: Nov. 2017 HTR/TR  
Plangrundlage: Stadt Horb

Für die im Plan  
Grundstückse  
leitungen, in T  
Wasserleitung  
beleuchtung, W  
  
Nicht sichtbar  
von der Zeichn  
im Zweifelsfall



Stadtteil:  
**Bittelbronn**

Planthema

**BG Allmend**

**weiter Ausbau-  
bestehende Leitungsanschlüsse**

Maßstab 

Fachbereich 5 - Technische Betriebe-  
Rainer Busch  
Tel. 07 451 901 293 Fax 07 451 901 320  
e-mail R-Busch@horb.de

Aufgestellt: Horb, den 30.06.2017

# **Anlage 2**

**Zeichnerische Darstellung  
der Baggerschurfprofile S 1 / S 1A und S 3  
nach DIN 4023**

(einschl. Legende nach DIN 4023)

**M 1:20**

[Quelle: HTR]



**Hydrogeol. Büro  
Thomas Reichel**  
Herrengarten 13  
72108 Rottenburg

Zeichnerische Darstellung von  
Schurf- und Bohrprofilen nach DIN  
4023

Anlage: Baggerschurfprofile

Projekt: Horb-Bittelbronn, BG Allmend

Auftraggeber: Stadt Horb

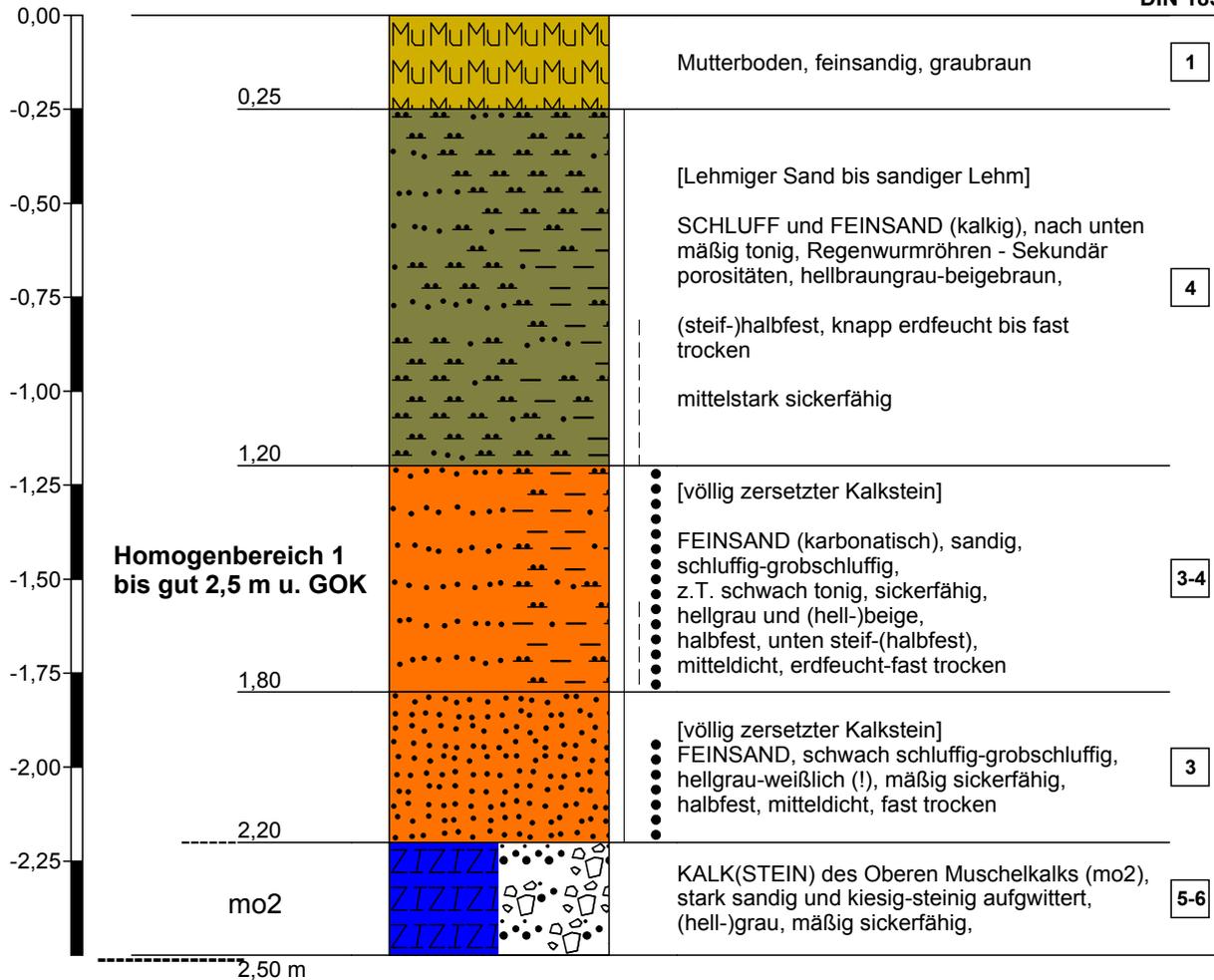
Bearb.: TR

Datum: 06.11.2017

### Baggerschurf S 1 / S 1A

Lage: Südöstliches Baugebiet

**Bodenklasse  
DIN 18300**



**Höhenmaßstab 1:20**

**Homogenbereich 2, schwer lösbarer Kalksteinfels des Oberen Muschelkalks der Bodenklasse Bkl. 7 (Meißelfels) ab ca. 2,5-3,0 m u. GOK erwartet**

Sickerversuche in Flachscharf S 1A (Tiefe ca. 0,65 m) und in "Tiefscharf" S 1 durchgeführt.

In S1A mittlere und in S 1 mäßige Sickerleistungen festgestellt (siehe hierzu auch Gutachten, Kapitel 4).

mo2: Nodosusschichten des Oberen Muschelkalks



**Hydrogeol. Büro  
Thomas Reichel**  
Herrngarten 13  
72108 Rottenburg

Zeichnerische Darstellung von  
Schurf- und Bohrprofilen nach DIN  
4023

Anlage: Baggerschurfprofile

Projekt: Horb-Bittelbronn, BG Allmend

Auftraggeber: Stadt Horb

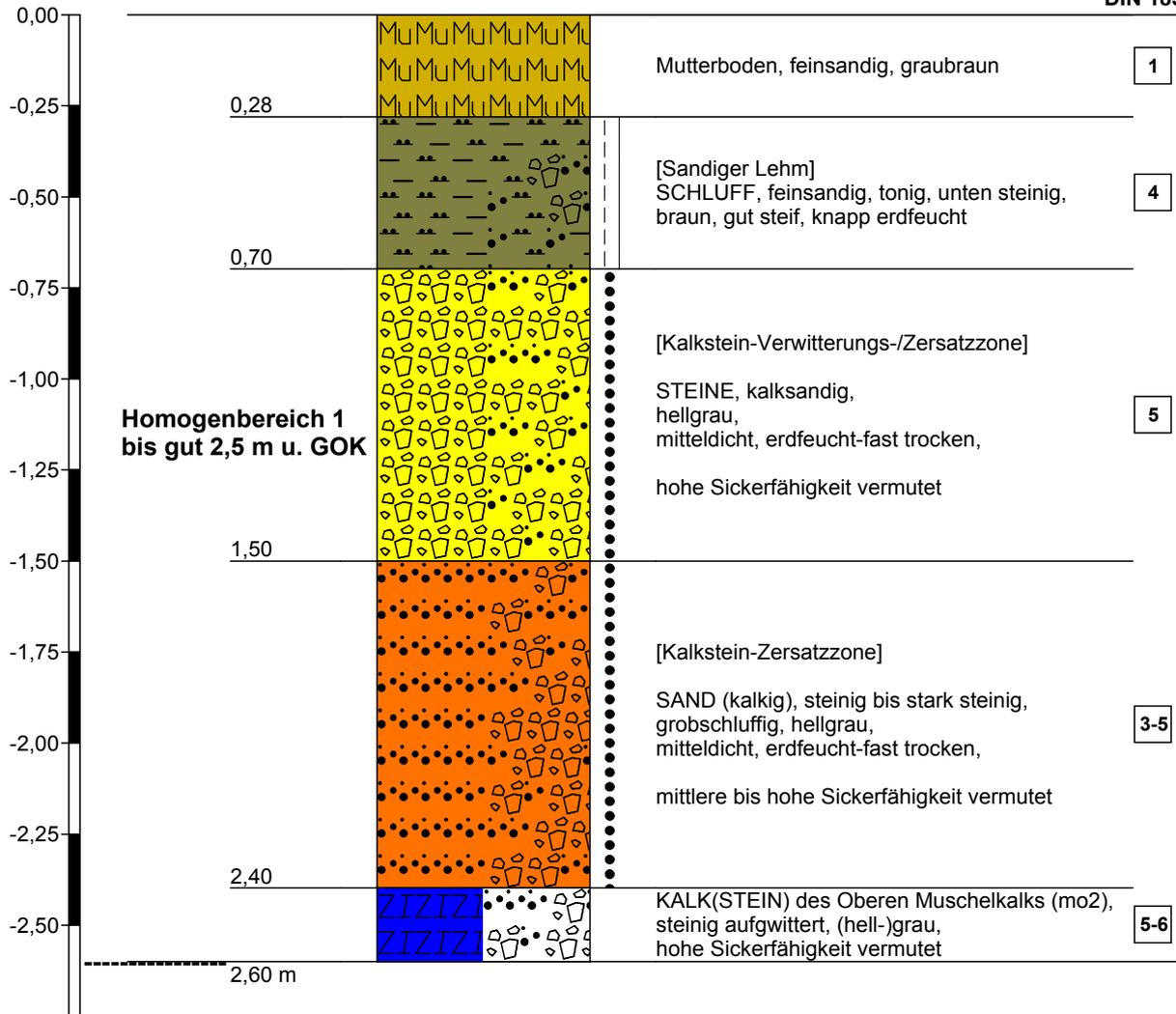
Bearb.: TR

Datum: 06.11.2017

### Baggerschurf S 2

Lage: Ungefähr Mitte des Baugebiets

**Bodenklasse  
DIN 18300**



Höhenmaßstab 1:20

**Homogenbereich 2, Kalksteinfels des Oberen Muschelkalks  
(mo2),  
Bkl. 6-7 und Bkl. 7 ab ca. 2,6-3,0 m u. GOK vermutet**



**Hydrogeol. Büro  
Thomas Reichel**  
Herrengarten 13  
72108 Rottenburg

Zeichnerische Darstellung von  
Schurf- und Bohrprofilen nach DIN  
4023

Anlage: Baggerschurfprofile

Projekt: Horb-Bittelbronn, BG Allmend

Auftraggeber: Stadt Horb

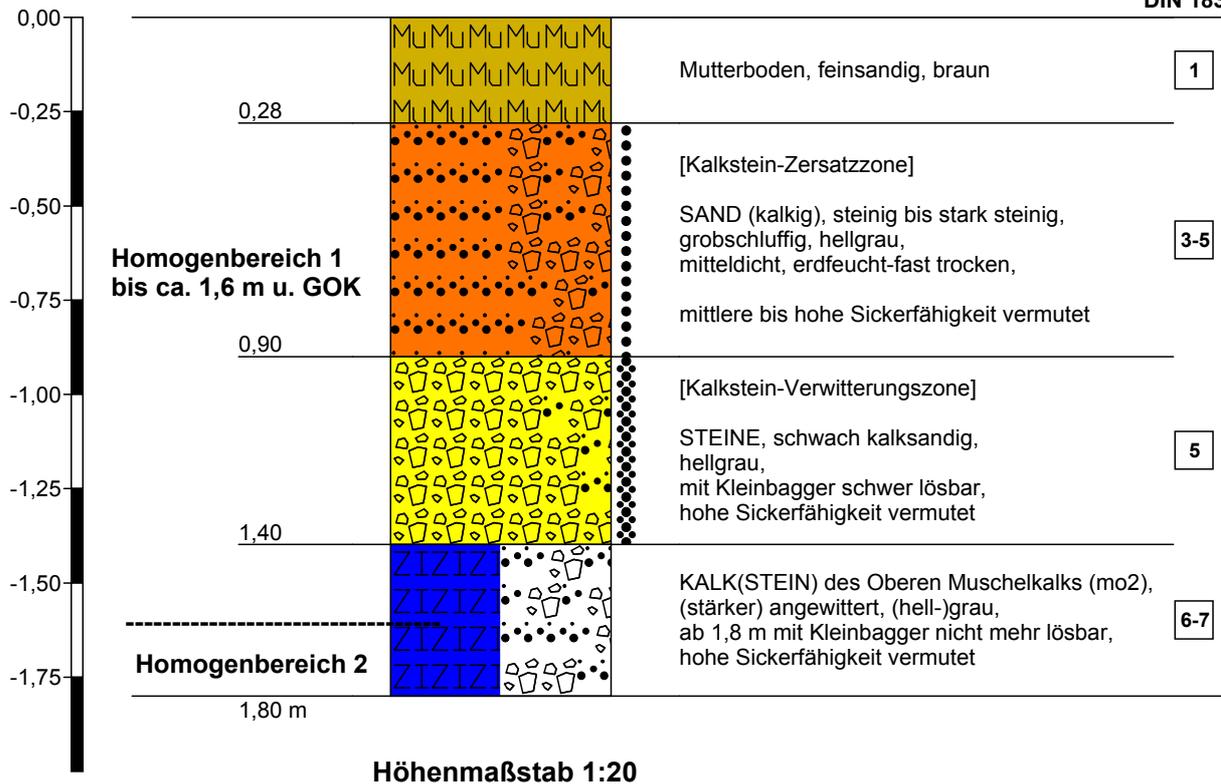
Bearb.: TR

Datum: 06.11.2017

### Baggerschurf S 3

Lage: Nordwestbereich des Baugebiets

**Bodenklasse  
DIN 18300**



**Homogenbereich 2, Kalksteinfels des Oberen Muschelkalks (mo2),  
Bkl. 6-7 und Bkl. 7 ab ca. 1,6 m u. GOK angetroffen.**



**Hydrogeol. Büro  
Thomas Reichel**  
Herrengarten 13  
72108 Rottenburg

Legende und Zeichenerklärung  
nach DIN 4023

Anlage: L E G E N D E

Projekt: Horb-Bittelbronn, BG Allmend

Auftraggeber: Stadt Horb

Bearb.: TR

Datum: 06.11.2017

Boden- und Felsarten



Mutterboden, Mu



Dolomitstein, Dst



Ton, T, tonig, t



Schluff, U, schluffig, u



Feinsand, fS, feinsandig, fs



Mittelsand, mS, mittelsandig, ms



Steine, X, steinig, x



Sand, S, sandig, s

Korngrößenbereich    f - fein  
                                  m - mittel  
                                  g - grob

Nebenanteile        ' - schwach (<15%)  
                                  - - stark (30-40%)

Bodenklassen nach DIN 18300



Oberboden (Mutterboden)



Fließende Bodenarten



Leicht lösbare Bodenarten



Mittelschwer lösbare Bodenarten



Schwer lösbare Bodenarten



Leicht lösbarer Fels und vergleichbare  
Bodenarten



Schwer lösbarer Fels

Lagerungsdichte



locker



mitteldicht



dicht

Konsistenz



breiig



weich



steif



halbfest



fest

# **Anlage 3**

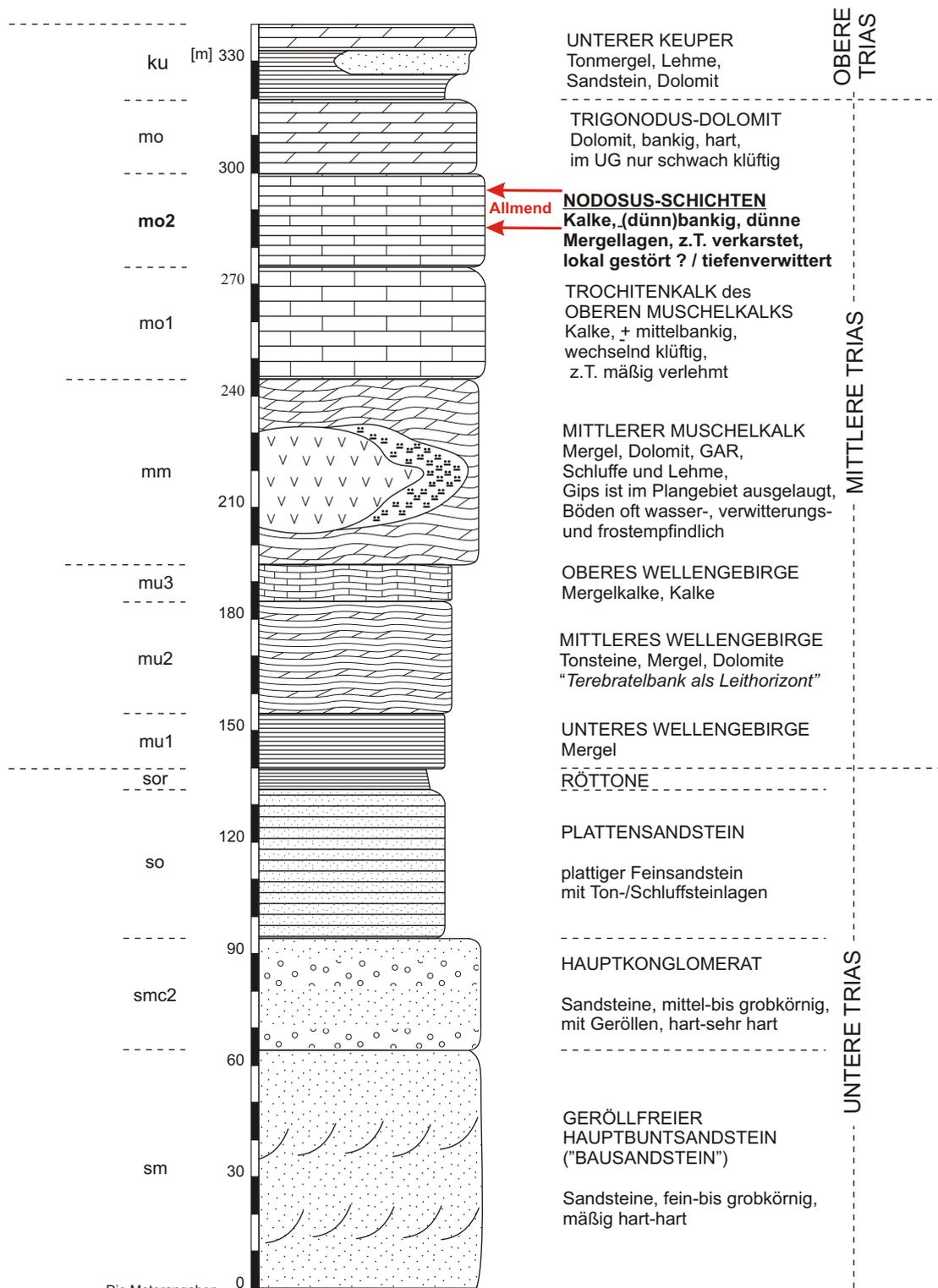
## **Geologisches Normalprofil des Plangebietes**

stark vereinfacht, schematisiert

[Quelle: HTR]

# GEOLOGISCHES NORMALPROFIL DES SCHWARZWALD-VORLANDES und GÄUS

## Horb-Bittelbronn, BG "Allmend"



Die Meterangaben beziehen sich auf die Schichtstärken (keine NN-Höhen!)

- stark vereinfachte Schemaskizze -

# Anlage 4

Ergebnisse der Versickerungsversuche ( $k_f$ -Werte)  
in den Schürfgruben S 1 / S 1A  
im südöstlichen Baugebiet

[Quelle HTR]

**Projekt: Horb-Bittelbronn, BG "Allmend", Schurfversickerungen**

**Berechnung des kf-Werts oder des Sicker volumens über Versickerungsversuche in Baggerschürfen (S)**

angelehnt an MAROTZ (1968) gemäß den Formeln  $kf = \frac{2 \times Q}{L \times (B + h / 2)}$  [m/s]

Schurf (Schurftiefe t)	L [m]	B [m]	Q (Eing.) [m <sup>3</sup> /s]	h, h/2 [m]	kf-Wert [m/s]	cal kf-Wert [m/s]	Aufschluss (Bemerkung)
<b>S 1</b> (t=ca. 2,4 m)	2,20	0,60	0,00000960	0,60	7,27E-06	ca. $7 \times 10^{-6}$ m/s	<b>S 1 (offener Schurf)</b> (Sickerzone 1,3-2,4 m u.GOK)
<b>S 1A</b> (t=ca. 0,6 m)	1,00	0,60	0,00001200	0,25	2,82E-05	ca. $3 \times 10^{-5}$ m/s	<b>S 1A (offener Schurf)</b> (Sickerzone 0,20-0,65 m u.GOK)

Bemerkung: Sickerversuche in offenen Baggerschürfen ohne Kies-/Schotterverfüllung durchgeführt. Verwerfungs- oder Tiefenverwitterungszone im Bereich des Schurfs vermutet. Schurfsituation bezüglich der Versickerungsfähigkeit der Böden im UG als "worst case"-Situation zu bewerten (hohe atypische Karbonatsandanteile)

Plausibilitätsprüfung durchgeführt: **ja (Darcy)**

kf-Wert = k-Wert = Durchlässigkeitsbeiwert

L = Länge des Schurfs in m

B = Breite des Schurfs in m

Q = Schüttung in m<sup>3</sup>/s

S = Abstand zum Grundwasserspiegel in m

h = Wassersäule im Schurf in m (h/2=mittleres Potential bei fallendem Wasserspiegel)

Quellen: MAROTZ, G. (1968): *Technische Grundlagen einer Wasserspeicherung im natürlichen Untergrund. Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft, Grundbau u. Wasserbau der Uni Stuttgart - und ATV-Arbeitsblatt A 138 -*