



Kempfert + Raithel Geotechnik GmbH
Höchberger Straße 28a
97082 Würzburg

Fon 0931 79039-0
Fax 0931 79039-20
Mail wue@kup-geotechnik.de

Geschäftsführer
Dr.-Ing. Marc Raithel

Prokuristen
Dipl.-Ing. Andreas Kirchner
Dipl.-Ing. Eric Leusink

Registergericht
Amtsgericht Würzburg
HRB 9309

Ust.-Identnummer
DE251884268

Eric Leusink
0931 79039-23
e.leusink@kup-geotechnik.de

Projektnummer: Wü974 0/20

Geotechnischer Bericht

(Bericht Nr. 1)

Erschließung des Baugebietes „Kapellenberg“ in Röttingen

Baugrunderkundung und Baugrundbeurteilung sowie erdbau-/gründungstechnische Empfehlungen

Auftraggeber:
Stadt Röttingen
Marktplatz 1
97285 Röttingen

über:
KFB Baumanagement GmbH
Wilhelm-Zeitler-Straße 14
92717 Reuth

Arbeitsschwerpunkte
Erkunden
Beraten
Planen
Überwachen
Prüfen
Messen

Kempfert + Partner Gruppe
Würzburg
Konstanz
Hamburg

Anerkannte Sachverständige
Dr.-Ing. U. Berner ¹⁾
Prof. Dr.-Ing. H.-G. Kempfert ¹⁾
Dr.-Ing. M. Raithel ^{1) 2) 3)}
Dipl.-Ing. H. Vierck ³⁾

Würzburg, den 04.05.2020

Az.: Wü974.0/20

Öffentlich bestellt und vereidigt ¹⁾
Prüfsachverständiger ²⁾
Eisenbahn-Bundesamt ³⁾

Rev.	Datum	aufgestellt	geprüft	Änderungen
0	04.05.2020	We	Leu	-

Information
www.kup-geotechnik.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Veranlassung	4
2 Unterlagen	4
3 Baufeld, Baumaßnahme.....	4
4 Geotechnische und umwelttechnische Untersuchungen	4
4.1 Baugrundaufschlüsse	4
4.2 Bodenmechanische Laborversuche.....	5
4.3 Umwelttechnische Untersuchungen	5
5 Geotechnische Verhältnisse	6
5.1 Geologischer Überblick	6
5.2 Baugrundsichtung	6
5.2.1 Allgemeines	6
5.2.2 Hang-/Verwitterungsschutt (Schicht 1).....	6
5.2.3 Hang-/Verwitterungslehm (Schicht 2)	7
5.2.4 Festgesteine (Schicht 3)	7
5.3 Charakteristische Boden- und Felskenngößen	7
5.4 Homogenbereiche	7
5.5 Grundwasserverhältnisse.....	8
5.6 Versickerungsfähigkeit des Baugrundes.....	8
6 Erdbau-/gründungstechnische Empfehlungen	8
6.1 Straßenbau	8
6.1.1 Erforderliche frostsichere Dicke des Straßenaufbaus	8
6.1.2 Empfehlungen für Maßnahmen im Planum.....	9
6.2 Kanalbau	10
6.2.1 Rohraufleger.....	10
6.2.2 Gräben	10
6.2.3 Grabenverfüllung.....	11
7 Bewertung der chemischen Untersuchungen	11
8 Allgemeine Hinweise zur Bauausführung	12

Anlagen

- Anlage 1 Lageplan mit Aufschlusspunkten
- Anlage 2 Darstellung der Aufschlüsse
- Anlage 3 Ergebnisse der Laborversuche
- Anlage 4 Ergebnisse der umwelttechnischen Untersuchungen
- Anlage 5 Eigenschaften/Kennwerte nach DIN 18300

1 Veranlassung

Die Stadt Röttingen plant die Erschließung des Baugebietes „Kapellenberg“ in Röttingen.

Kempfert + Partner Geotechnik (K+P) wurde mit der Baugrunderkundung und Baugrundbeurteilung sowie mit der Erarbeitung von erdbau- und gründungstechnischen Empfehlungen für den Straßen- und Kanalbau beauftragt.

2 Unterlagen

Für den vorliegenden geotechnischen Bericht wurde folgende Unterlage verwendet:

U1 Horn Ingenieure: Lageplan Kapellenberg, 17.01.2020

3 Baufeld, Baumaßnahme

Das geplante Baugebiet „Kapellenberg“ liegt nördlich des Ortszentrums von Röttingen, östlich des in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Akazienweges. Das Baufeld liegt auf einem Höhenzug zwischen den Tälern von Tauber und Rippach, das Gelände fällt in Richtung Südwesten ab. Der Höhenunterschied beträgt dabei max. ca. 25 m. Das Gelände wird derzeit agrarisch genutzt.

Für die Erschließung des Baugebietes sollen Kanäle und eine ca. 300 m lange Straße parallel zum Akazienweg angelegt werden (siehe Lageplan in Anlage 1). Die Erschließungsstraße wird im Norden und Süden jeweils an den „Akazienweg“ angeschlossen.

4 Geotechnische und umwelttechnische Untersuchungen

4.1 Baugrundaufschlüsse

Zur Erkundung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse auf dem Baufeld wurden am 26.03.2020 folgende Baugrundaufschlüsse durchgeführt:

- 3 Baggerschürfe mit Tiefen zwischen 0,95 und 1,70 m:
 - SCH 1: t = 0,95 m
 - SCH 2: t = 1,70 m
 - SCH 3: t = 1,30 m
- 1 Bohrung im Kleinrammbohrverfahren ($D \leq 80$ mm) bis in 1,10 m Tiefe (KRB 4)
- 5 Sondierungen mit der leichten Rammsonde (DPL nach DIN EN ISO 22476-2) zur Feststellung der Lagerungsdichte des Baugrundes mit folgenden Tiefen:

- DPL 1: t = 0,90 m
- DPL 2: t = 2,00 m
- DPL 3-1: t = 0,70 m (wurde abgebrochen und als DPL 3-2 wiederholt)
- DPL 3-2: t = 1,10 m
- DPL 4: t = 0,90 m

Die Baggerschürfe mussten vor Erreichen der geplanten Erkundungstiefe von 3 m abgebrochen werden, da mit dem Bagger schwer lösbare bzw. nicht lösbare Schichten (Festgestein) angetroffen wurden. Das gleiche galt für die leichten Rammsondierungen und die Kleinrammbohrung, diese mussten alle vor Erreichen der geplanten Erkundungstiefe von 5 m (DPL) und 4 m (KRB) abgebrochen werden.

Die Lage der ausgeführten Aufschlüsse ist in Anlage 1 in einem Lageplan dargestellt. Die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse sind in Anlage 2 als höhengerechte Bohrprofile, Schurfprofile und Ramm-diagramme dargestellt. Die Höhenmessung der Aufschlussansatzpunkte erfolgte in Bezug auf einen vorhandenen Kanaldeckel (siehe Lageplan in Anlage 1).

4.2 Bodenmechanische Laborversuche

An einer repräsentativen Auswahl der aus den Baggerschürfen und Kleinrammbohrung entnommenen gestörten Bodenproben wurden folgende Laborversuche durchgeführt:

- 2 x Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1
- 1 x Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN EN ISO 17892-12:
- 1 x Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Nasssiebung nach DIN EN ISO 17892-4
- 1 x Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebung und Sedimentation (kombinierte Analyse) nach DIN EN ISO 17892-4

Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Anlage 3 dargestellt.

4.3 Umwelttechnische Untersuchungen

Aus den Baggerschürfen und der Kleinrammbohrung wurden Bodenproben aus möglichst aushubrelevanten Bodenschichten entnommen. Daraus wurde 1 Mischprobe gebildet, die im Labor auf Schadstoffbelastungen nach *LAGA M20 (1997)*¹, Tabelle II. 1.2-2 (Feststoff) und Tabelle II. 1.2-3 (Eluat) untersucht wurde. Die Untersuchungsergebnisse sind in Anlage 4 dargestellt, eine Bewertung der Ergebnisse erfolgt in Abschnitt 7.

¹ Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Nr. 20: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln; November 1997

5 Geotechnische Verhältnisse

5.1 Geologischer Überblick

Nach der Geologischen Karte² sind Festgesteine des Oberen Muschelkalkes im Untergrund zu erwarten. Diese werden von Hangschutt/Hanglehm und Verwitterungsböden der Festgesteine überlagert.

5.2 Baugrundsichtung

5.2.1 Allgemeines

Der Baugrund kann in folgende Hauptschichten mit annähernd gleicher stofflicher Zusammensetzung und ähnlichen geotechnischen Eigenschaften zusammengefasst werden:

- Hang-/Verwitterungsschutt (Schicht 1)
- Hang-/Verwitterungslehm (Schicht 2)
- Festgesteine (Schicht 3)

5.2.2 Hang-/Verwitterungsschutt (Schicht 1)

In den Baggerschürfen und der Kleinrammbohrung wurde unterhalb des ca. 20 bis 40 cm mächtigen Oberbodens bzw. direkt unterhalb der Geländeoberkante Hang-/Verwitterungsschutt (Schicht 1) angetroffen. Der Hang-/Verwitterungsschutt setzt sich meist aus schwach sandigen, schluffigen/tonigen Kiesen mit steinigen Beimengungen zusammen. Nach den Korngrößenverteilungen in Anlage 3.2 beträgt der Feinkornanteil (Ton- und Schluffkorn, Korndurchmesser $D < 0,063$ mm) ca. 20 bis 25 M.-% und der Kieskornanteil ca. 60 bis 70 M.-%. Vereinzelt können Blöcke eingelagert sein.

Nach den Ergebnissen der leichten Rammsondierungen ist der Hang-/Verwitterungsschutt mittel-dicht bis sehr dicht gelagert.

In den Baggerschürfen reicht der Hang-/Verwitterungsschutt im Mittel bis ca. 1 m u. GOK und in der Kleinrammbohrung bis ca. 0,4 m u. GOK.

Bautechnisch ist der Hang-/Verwitterungsschutt überwiegend als Kies-Ton- bzw. Kies-Schluff-Gemisch mit hohem Feinkornanteil zu klassifizieren und in die Bodengruppen GT* und GU* nach DIN 18196 einzustufen. Der Hang-/Verwitterungsschutt ist als sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F3) nach ZTV E-StB 17 einzustufen.

² Geologische Karte 1:25.000 von Bayern, Blatt 6425 Röttingen, München, 1994

5.2.3 Hang-/Verwitterungslehm (Schicht 2)

In der Bohrung KRB 4 wurde unterhalb des Hang-/Verwitterungsschuttes eine gelbbraune bis graue Tonschicht angetroffen. Dabei handelt es sich um Hang-/Verwitterungslehm (Schicht 2). Dieser Lehm setzt sich aus sandigem, kiesigem, schluffigem Ton zusammen. Es können auch Steine und Blöcke eingelagert sein. Nach dem Laborversuch in Anlage 3.3 weist der Lehm bei einem Wassergehalt von ca. 17 % eine halb feste Konsistenz auf.

Bautechnisch ist der Hang-/Verwitterungslehm als leichtplastischer Ton zu klassifizieren und in die Bodengruppe TL nach DIN 18196 einzustufen. Der Lehm ist als sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F3) nach ZTV E-StB 17 einzustufen.

5.2.4 Festgesteine (Schicht 3)

In den Baggerschürfen wurde unterhalb des Hang-/Verwitterungsschuttes (Schicht 1) bzw. ab ca. 0,9 bis 1,2 m u. GOK Festgesteine erkundet. Die Festgesteine (Schicht 3) zeigt sich als harter, plattiger, grauer Kalkstein und als sehr mürber bis mürber, dünnplattiger, dunkelgrauer Tonstein mit einzelnen dünnen Kalksteinzwischenlagen. In der Bohrung KRB 4 wurde der Fels nicht aufgeschlossen, ab 1,1 m u. GOK war jedoch kein weiterer Bohrfortschritt zu erzielen, was auf den Übergang zum Festgestein hindeutet. Nach den Baggerschürfen fallen die Schichtflächen überwiegend söglich ein.

Die Kalksteine sind von hoher einaxialer Druckfestigkeit (50 - 100 MPa) nach DIN EN ISO14680, der Tonstein von mäßig schwacher einaxialer Druckfestigkeit (12,5 bis 25 MPa).

Im unteren Bereich der Baggerschürfe (> 1,0 - 1,7 m u. GOK) waren die Festgesteine nicht mehr mit dem Bagger lösbar.

5.3 Charakteristische Boden- und Felskenngrößen

In der Tabelle 1 sind die charakteristischen Boden- und Felskenngrößen angegeben. Sie wurden nach Beurteilung der Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen und auf der Grundlage unserer Erfahrungen den Baugrundschichten zugeordnet. Die Boden- und Felskenngrößen können als charakteristische Werte für erdstatische Nachweise herangezogen werden.

5.4 Homogenbereiche

In Anlage 5 sind die für die in Abschnitt 5.2 beschriebenen Baugrundschichten empfohlenen Eigenschaften und Kennwerte für Erdarbeiten nach DIN 18300 angegeben (dabei wurden der Hang-/Verwitterungsschutt und der Hang-/Verwitterungslehm zu einer Schicht zusammengefasst). Sie wurden auf der Grundlage der Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen und von Erfahrungswerten festgelegt.

Tabelle 1: Charakteristische Boden- und Felskenngrößen der Hauptschichten

Schicht	Wichte / Wichte unter Auftrieb	Reibungs- winkel	effektive Kohäsion	Steifemodul
	γ_k / γ'_k	ϕ'_k	c'_k	$E_{s,k}$
	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[MN/m ²]
Hang-/Verwitterungsschutt (Schicht 1)	20 / 11	35	2	40 - 80
Hang-/Verwitterungslehm (Schicht 2)	20 / 10	25	7	6 - 12
Festgesteine (Schicht 3)	24 / 14	≥ 40	≥ 30	≥ 200

5.5 Grundwasserverhältnisse

In keinem der Baugrundaufschlüsse wurde Grundwasser angetroffen. Insbesondere in niederschlagsreichen Jahreszeiten ist oberflächennah aufgrund des hohen Feinkornanteils jedoch mit Schichten- und Stauwasser zu rechnen.

5.6 Versickerungsfähigkeit des Baugrundes

Die Wasserdurchlässigkeit des Hang-/Verwitterungsschuttes (Schicht 1) und Hang-/Verwitterungslehms (Schicht 2) sowie der Festgesteine (Schicht 3) liegt im unteren Bereich bzw. außerhalb des gemäß dem Arbeitsblatt *DWA-A 138*³ entwässerungstechnisch wirksamen Durchlässigkeitsbereichs ($1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} \leq k_f \leq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$). Insofern ist der anstehende Baugrund für eine regelkonforme Versickerung von Niederschlagswasser nach *DWA-A 138* daher nur eingeschränkt bzw. nicht geeignet.

6 Erdbau-/gründungstechnische Empfehlungen

6.1 Straßenbau

6.1.1 Erforderliche frostsichere Dicke des Straßenaufbaus

Bei der von uns angenommenen Belastungsklasse Bk 1,0 (Belastungsklasse für Wohnstraße) beträgt der Ausgangswert für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenoberbaus nach *RStO 12* für die im Untergrund anstehenden F3-Böden $d = 60 \text{ cm}$. Wegen der Lage der Straßen in der Frosteinwirkungszone II ($A = +5 \text{ cm}$) kommt dazu eine Mehrdicke von 5 cm , so dass die erforderliche Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus nach *RStO 12* mindestens $d = 65 \text{ cm}$ beträgt. Wird von der Belastungsklasse Bk 0,3 (Wohnweg) ausgegangen, beträgt die erforderliche Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus nach *RStO 12* $d = 55 \text{ cm}$.

³ Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, DWA, April 2005

6.1.2 Empfehlungen für Maßnahmen im Planum

Davon ausgehend, dass die geplante Gradienten der Erschließungsstraße in etwa der Geländeoberkante entspricht, kommt das Planum für den Straßenoberbau im Hang-/Verwitterungsschutt (Schicht 1) oder im Hang-/Verwitterungslehm (Schicht 2) zu liegen. Diese Schichten werden ab ca. 1 m u. GOK von Festgesteinen (Schicht 3) unterlagert.

Im Hang-/Verwitterungsschutt (Schicht 1) ist die auf dem Planum nach *RStO 12* bzw. *ZTV E-StB 17* geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ meist vorhanden oder durch (statische) Nachverdichtung des Planums zu erreichen. Es sind daher voraussichtlich keine Zusatzmaßnahmen im Planum erforderlich.

Im Hang-/Verwitterungslehm (Schicht 2) ist die auf dem Planum erforderliche Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ i. d. R. nicht vorhanden bzw. auch durch Verdichten nicht zu erreichen. In dem Fall ist eine Ertüchtigung des Planums vorzusehen.

Zur Ertüchtigung des Planums wird eine qualifizierte Bodenverbesserung nach *ZTVE E-StB 17* bzw. dem *Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln*⁴ empfohlen. Dabei wird Bindemittel auf das auf Sollhöhe ausgehobene Planum aufgebracht, minimal ca. 30 bis 40 cm tief eingefräst und anschließend qualifiziert verdichtet. Als Bindemittel eignen sich Mischbindemittel aus Kalk und Zement (z. B. im Verhältnis 70%:30% bis 30%:70%). Die erforderliche Bindemittelmenge wird vorab auf ca. 3 bis 5 M.-% abgeschätzt. Die Eignung des Bindemittels und die erforderliche Bindemittelmenge sollten vom AN vor Baubeginn anhand von Eignungsprüfungen nachgewiesen/festgelegt werden, ggf. sind auch Probefelder anzulegen. Die Eignungsprüfungen sind entsprechend *Teil B 11.3 der TP BF-StB*⁵ auszuführen. Es wird auf das *Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln* und die *ZTV E-StB 17* hingewiesen.

Bei den Eignungsprüfungen ist nachzuweisen, dass

- die einaxiale Druckfestigkeit nach 28 Tagen Lagerung und Prüfung gemäß *TP BF-StB*, Teil B 11.3 mindestens $0,5 \text{ N/mm}^2$ beträgt und dass
- der Festigkeitsabfall nach 24 h Wasserlagerung nicht größer als 50 % bezogen auf den Wert vor Wasserlagerung ist.

Bei der Ausführung ist das Boden-Bindemittel-Gemisch in Anlehnung an das *Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln* auf $D_{pi} \geq 98 \%$ zu verdichten (die Prüfung soll direkt nach Abschluss der Verdichtung erfolgen).

Nach Herstellung einer qualifizierten Bodenverbesserung mit einer Schichtdicke von mindestens 25 cm kann der Untergrund in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 eingestuft werden. Sofern auf dem Planum zudem ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen wird, können die Angaben für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 als Ausgangswerte für die Bemessung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus verwendet werden (vgl. *Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln*), so dass die Mindestdicken nach Abschnitt 6.1.1 um 10 cm reduziert werden können.

⁴ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, Köln, Ausgabe 2004

⁵ Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau (*TP BF-StB*), Teil B 11.3: Eignungsprüfungen bei Bodenverbesserungen mit Bindemitteln. Ausgabe 2010. FGSV, Köln

Alternativ kann ein Bodenaustausch zur Ertüchtigung des Planums ausgeführt werden. Dabei werden die im Planum anstehenden Böden gegen ein gut verdichtbares, scherfestes Bodenmaterial ausgetauscht. Für den Bodenaustausch wird die Verwendung eines grobkörnigen Bodens (Böden der Bodengruppe GW oder GI, oder gleichwertig) oder z. B. ein Mineralstoffgemisch der Körnung 0/56 (Mineralbeton) und eine Austauschtiefe von ca. $d = 40$ cm empfohlen. Wenn die Böden in planmäßiger UK Bodenaustausch aufgeweicht vorgefunden werden, ist die Dicke des Bodenaustausches in Abstimmung mit dem geotechnischen Sachverständigen zu vergrößern. Ein Probefeld zur Festlegung/Optimierung der Bodenaustauschdicke wird empfohlen. In Abhängigkeit der Festigkeit der in der Aushubsohle anstehenden Böden kann es erforderlich sein, als Verdichtungswiderlager für den Bodenaustausch und zur besseren Befahrbarkeit zuvor eine Lage Grobschlag (Schroppen, z. B. Körnung 0/150) vor Kopf statisch in den Untergrund einzuwalzen. Das Bodenaustauschmaterial ist auf $D_{Pr} \geq 98$ % und $E_{v2} \geq 45$ MN/m² zu verdichten.

Für die Ausschreibung wird empfohlen, Maßnahmen zur Ertüchtigung des Planums auf ca. 50% der Länge der Erschließungsstraße vorzusehen. Um den tatsächlich erforderlichen Umfang der Zusatzmaßnahmen im Planum festzulegen, sollte das Planum unmittelbar nach Freilegung und Durchführung von statischen Plattendruckversuchen nach DIN 18134 durch den geotechnischen Sachverständigen aufgenommen werden.

6.2 Kanalbau

6.2.1 Rohraufleger

Bei den angetroffenen Baugrundverhältnissen soll das Rohraufleger zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Tragfähigkeit der Bettung gemäß Bettung Typ 1 entsprechend DIN EN 1610 und dem Arbeitsblatt *DWA-A 139*⁶ mit folgenden Dicken der untersten Bettungsschicht (a) ausgeführt werden:

- $a = 100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$

Sollte die Aushubsohle des Rohrgrabens in den Festgesteinen (Schicht 3) zu liegen kommen, kann eine Rohrbettung aus Beton erforderlich werden (Ausbildung gemäß *DWA A 139*).

Weiche und/oder durch Baubetrieb gestörte Bereiche der Aushubsohle sowie Kiese/Steine/Blöcke > 40 mm in der Graben-/Aushubsohle sind gegen Mineralbeton (Sand-Splitt-Schotter-Gemisch) auszutauschen (alternativ Böden der Bodengruppe GW nach *DIN 18196* oder vergleichbar). Eine Austauschtiefe von ca. 30 cm erscheint ausreichend.

6.2.2 Gräben

Da ausreichende Platzverhältnissen vorhanden sind, können Gräben geböscht hergestellt werden. Die Ausbildung der Gräben richtet sich nach den Vorgaben der *DIN 4124*. Bei den vorliegenden Baugrundverhältnissen dürfen folgende Böschungswinkel der Grabenwände ohne einen Nachweis der Standsicherheit nicht überschritten werden:

⁶ Arbeitsblatt *DWA-A 139*, Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, DWA, Dezember 2009

- Hang-/Verwitterungsschutt (Schicht 1): $\beta \leq 45^\circ$
- Hang-/Verwitterungslehm (Schicht 2): $\beta \leq 45 - 60^\circ$
- Festgesteine (Schicht 3): $\beta \leq 60 - 80^\circ$

Da lediglich mit Schichten- und Stauwasser zu rechnen ist, können die Wasserhaltungsmaßnahmen sich planmäßig auf die Fassung und Ableitung von Schichten- und Stauwasser sowie Tagwasser beschränken. Hierzu ist eine offene Wasserhaltung vorzusehen.

6.2.3 Grabenverfüllung

Die beim Aushub anfallenden Böden sind aus geotechnischer Sicht nicht für den Wiedereinbau in die Leitungszone geeignet. Sofern aus umwelttechnischer Sicht geeignet (siehe Abschnitt 7), können die beim Aushub anfallenden Böden für die Hauptverfüllung verwendet werden. Steine/Blöcke mit einer Korngröße > 200 - 300 mm sind aber auszusortieren.

Die Verfüllung und Verdichtung ist gemäß Arbeitsblatt *DWA-A 139⁷* bzw. *DIN EN 1610* auszuführen. Die in der statischen Berechnung für die Rohre angenommenen Randbedingungen sind dabei zu beachten. Verdichtungskontrollen der Grabenverfüllung sollten im Bereich von Verkehrsflächen durchgeführt werden. Dabei sind die Anforderungen für den Verdichtungsgrad und die Tragfähigkeit nach *ZTVE-StB 17* zu beachten.

7 Bewertung der chemischen Untersuchungen

Nach den in der Tabelle 2 dargestellten Ergebnissen der umwelttechnischen Untersuchungen können der Hang-/Verwitterungsschutt (Schicht 1) und der Hang-/Verwitterungslehm (Schicht 2) in die Einbauklasse Z 0 nach *LAGA M20* eingestuft werden. Bodenmaterial der Einbauklasse Z 0 darf aus umwelttechnischer Sicht uneingeschränkt eingebaut werden.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Mischprobe	Einzelprobe	Tiefe [m u. GOK]	Bodenschicht nach Abs. 5.2	Zuordnung nach LAGA (maßgebende Parameter)
MP 1	SCH 1, UWP 1	0,20 - 0,85	Hang-/Verwitterungsschutt (Schicht1)	Z 0 (-)
	SCH 2, UWP 1	0,40 - 1,25		
	SCH 3, UWP 1	0,35 - 1,05	Hang-/Verwitterungslehm (Schicht 2)	
	KRB 4, UWP 1	0,40 - 1,10		

⁷ Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, DWA, Dezember 2009

8 Allgemeine Hinweise zur Bauausführung

Die anforderungsgerechte Tragfähigkeit und Verdichtung ist in Eigenüberwachung nachzuweisen. Eine stichpunktartige Kontrolle (Fremdüberwachung) der Tragfähigkeit des Planums und der Eignung der Schüttstoffe einschl. Tragschichtenmaterials entsprechend ZTV E-StB 17 wird empfohlen.

Das Planum des Straßenoberbaus liegt in gemischtkörnigen und feinkörnigen Böden. Insbesondere der feinkörnigen Böden sind sehr witterungs- und nässeempfindlich, sie reagieren bei Wasseraufnahme (Schicht-/Oberflächenwasser) und mechanischer Beanspruchung durch Baubetrieb sehr empfindlich mit Konsistenzänderungen und verlieren in der Folge schnell ihre Tragfähigkeit. Ausgehobene Bereiche sind daher umgehend gegen Witterungseinflüsse zu schützen.

Zum Wiedereinbau vorgesehene Schüttmassen sind bei einer erforderlichen Zwischenlagerung durch geeignete Maßnahmen vor Wasserzutritt zu schützen.

Die Erdarbeiten im Planum werden im Normalfall nicht von Grundwasser beeinflusst, Schicht- und Stauwasser sind jedoch möglich. Zutretendes Wasser ist zu fassen und schadfrei abzuleiten.

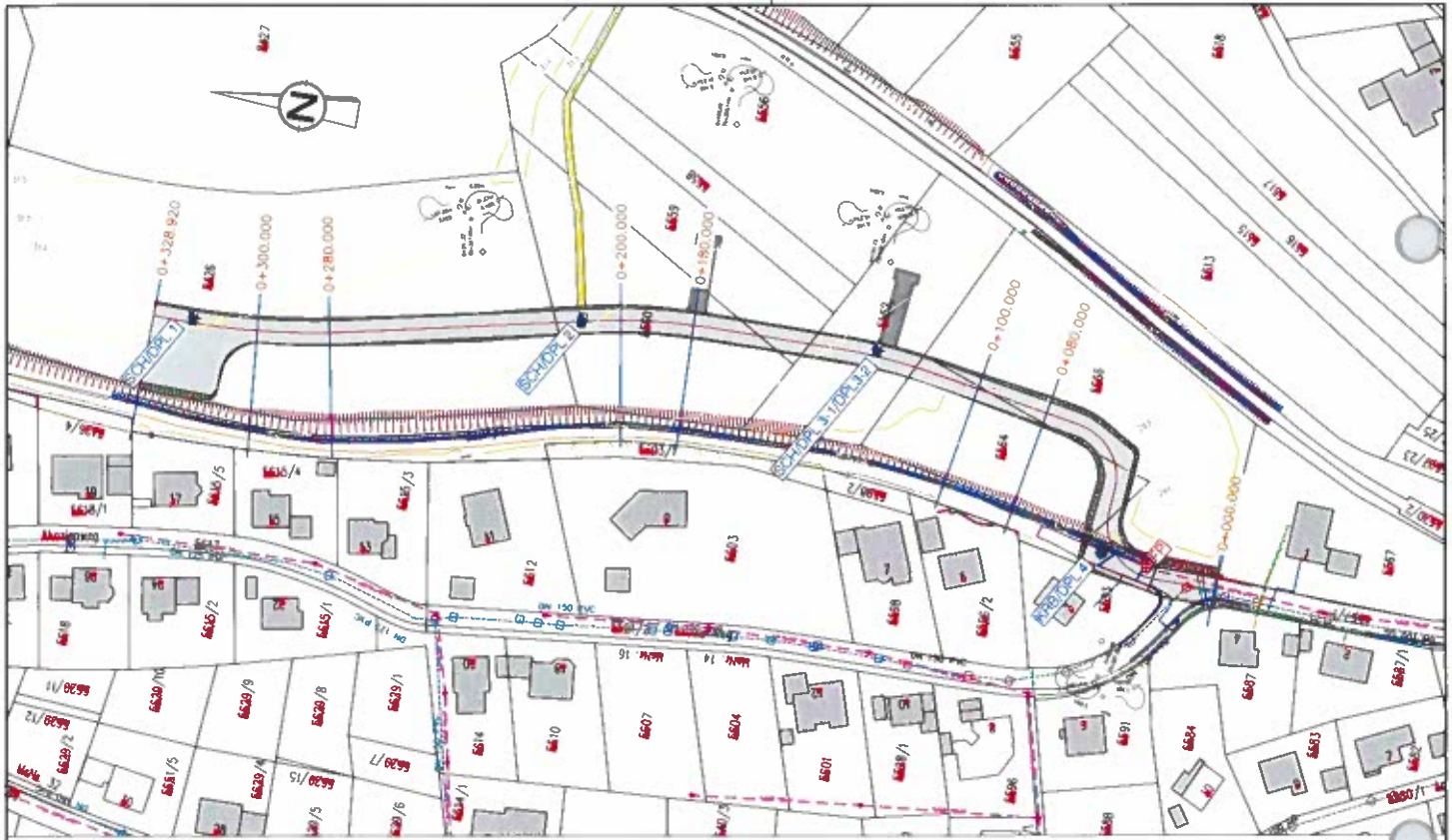
Kempfert + Raithel Geotechnik GmbH

ppa.
Dipl.-Ing. Eric Leusink

i.A.
Dipl.-Geol. Fabian Wenk

Anlage 1

Lageplan mit Aufschlusspunkten



Legende Aufschlüsse	
	SCH Baggerschurt
	DPL Leichte Rammsondierung
	KRB Bohrung im Kleinrammbohrverfahren
	FP Höhenfestpunkt

Erschließung des Baugebietes 'Kapellenberg' in Rottingen Lageplan mit Aufschlusspunkten		
Kempfert + Partner 	Höchberger Straße 28a D-97082 Würzburg Telefon (0931) 790 39-0 Telefax (0931) 790 39-20	Maßstab: 1 : 1000 AZ : WU974 0/20 Datum: 05/2020
	Anlage 1	

Anlage 2

Darstellung der Aufschlüsse

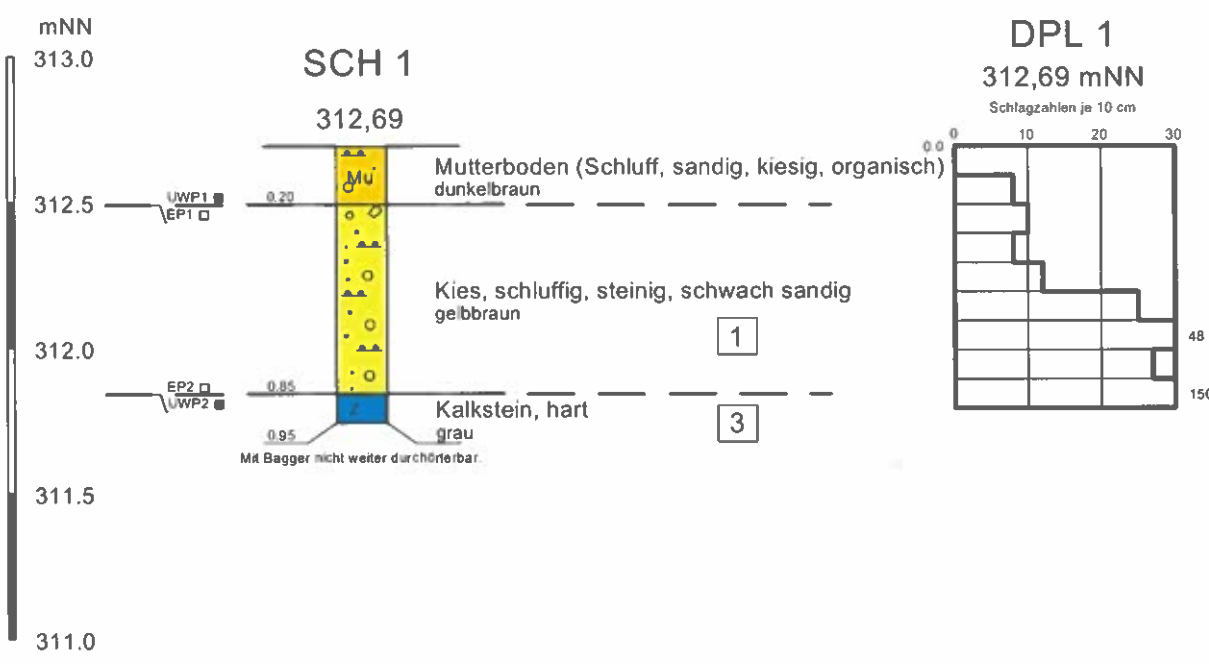
Legende

	klüftig		Kies . g (kiesig)
	fest		Sand . s (sandig)
	halbfest - fest		Schluff . u (schluffig)
	halbfest		Ton . t (tonig)
	steif - halbfest		Mutterboden
	steif		Kalkstein
	weich - steif		Tonstein
	weich		
	breiig - weich		
	breiig		
	nass		

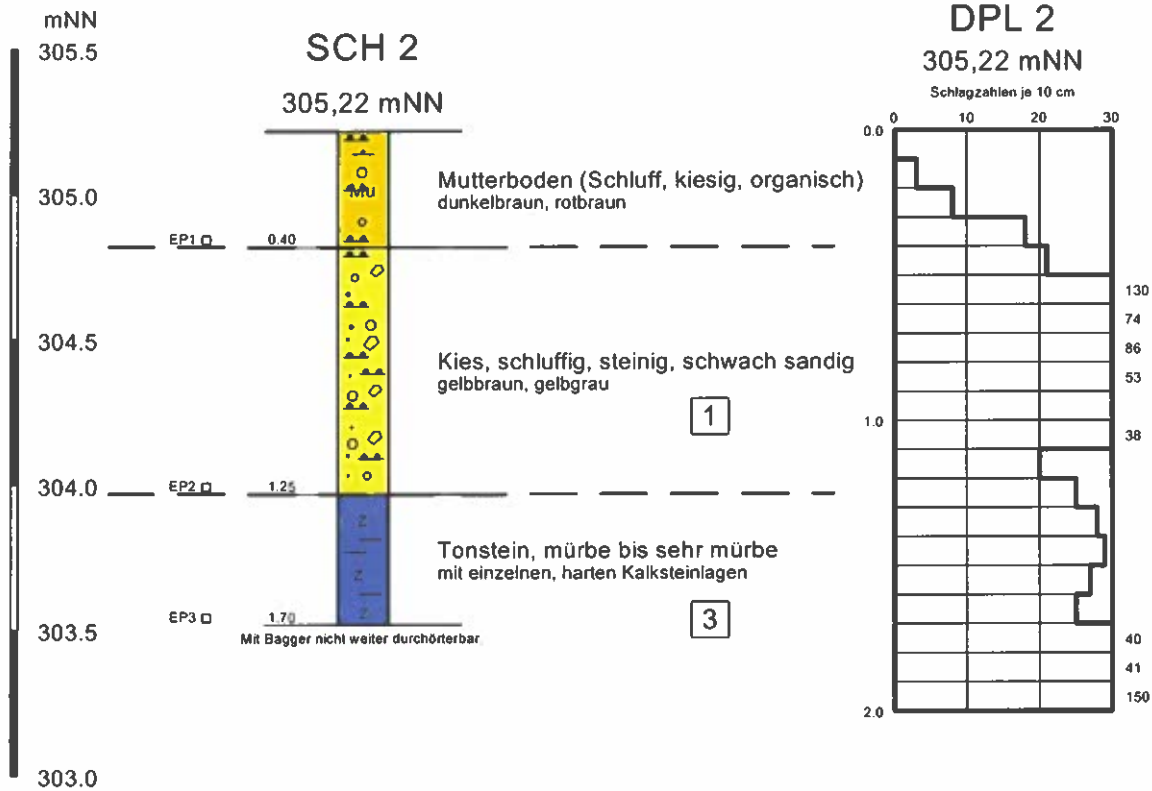
Legende Schichten

- 1 Hang-/Verwitterungsschutt
- 2 Hang-/Verwitterungslehm
- 3 Festgesteine

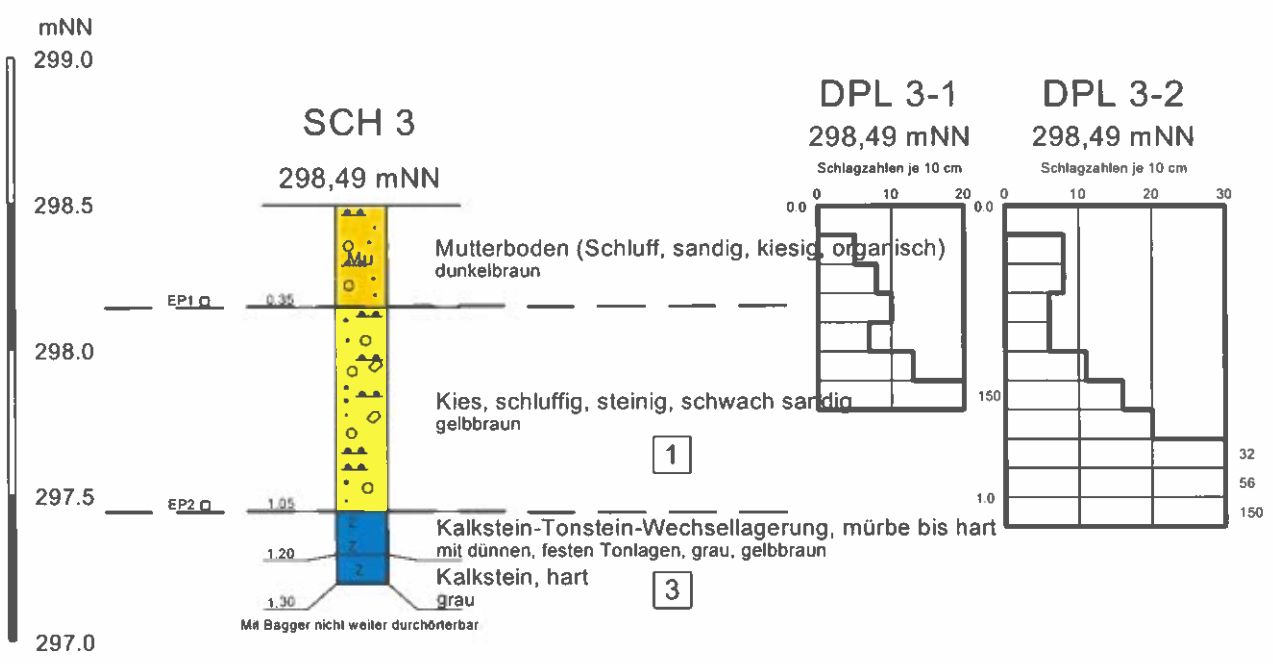
Erschließung des Baugebietes "Kapellenberg"
in Röttingen
Darstellung der Baugrundaufschlüsse, Deckblatt



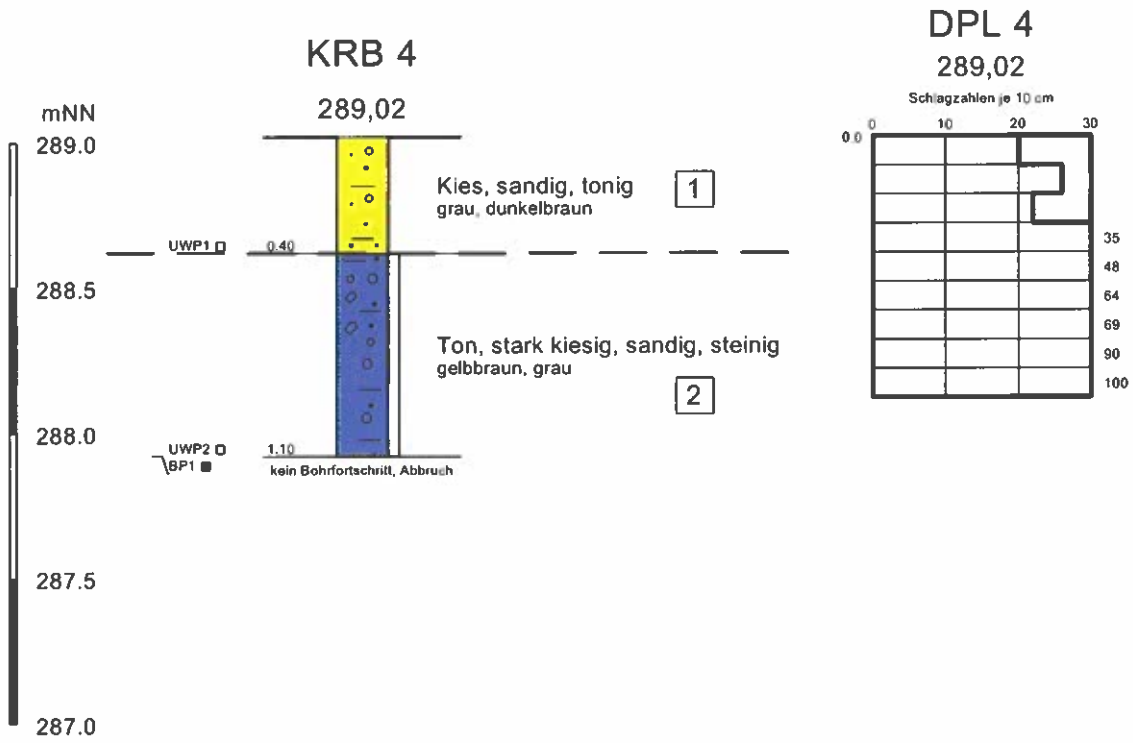
Erschließung des Baugebietes "Kapellenberg"
in Röttingen
Darstellung der Baugrundaufschlüsse, SCH 1, DPL 1



Erschließung des Baugebietes "Kapellenberg"
in Röttingen
Darstellung der Baugrundaufschlüsse, SCH 2, DPL 2



Erschließung des Baugebietes "Kapellenberg"
in Röttingen
Darstellung der Baugrundaufschlüsse, SCH 3, DPL 3-1, DPL 3-2



Erschließung des Baugebietes "Kapellenberg"
 in Röttingen
 Darstellung der Baugrundaufschlüsse, KRB 4, DPL 4

Anlage 3

Ergebnisse der bodenmechanischen
Laborversuche

Bearbeiter: Stei

Wassergehaltsbestimmung nach DIN EN ISO 17892-1

Probenbezeichnung	SCH 1, EP 2	KRB 4, BP 1			
Tiefe [m]:	0,85	1,10			
Feuchte Probe + Behälter [g]:	2525,60	246,58			
Trockene Probe + Behälter [g]:	2344,60	224,50			
Behälter [g]:	356,70	93,91			
Porenwasser [g]:	181,00	22,08			
Trockene Probe [g]:	1987,90	130,59			
Wassergehalt [%]:	9,11	16,91			

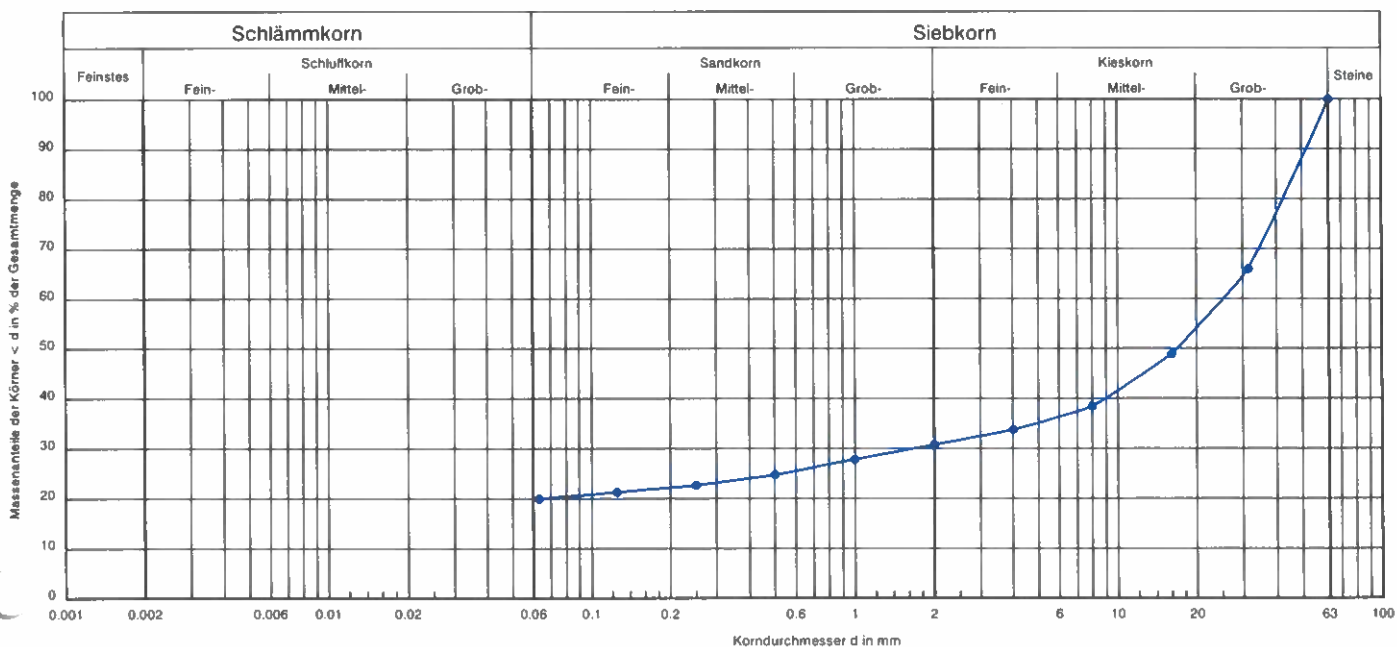
Probenbezeichnung					
Tiefe [m]:					
Feuchte Probe + Behälter [g]:					
Trockene Probe + Behälter [g]:					
Behälter [g]:					
Porenwasser [g]:					
Trockene Probe [g]:					
Wassergehalt [%]:					

Probenbezeichnung					
Tiefe [m]:					
Feuchte Probe + Behälter [g]:					
Trockene Probe + Behälter [g]:					
Behälter [g]:					
Porenwasser [g]:					
Trockene Probe [g]:					
Wassergehalt [%]:					

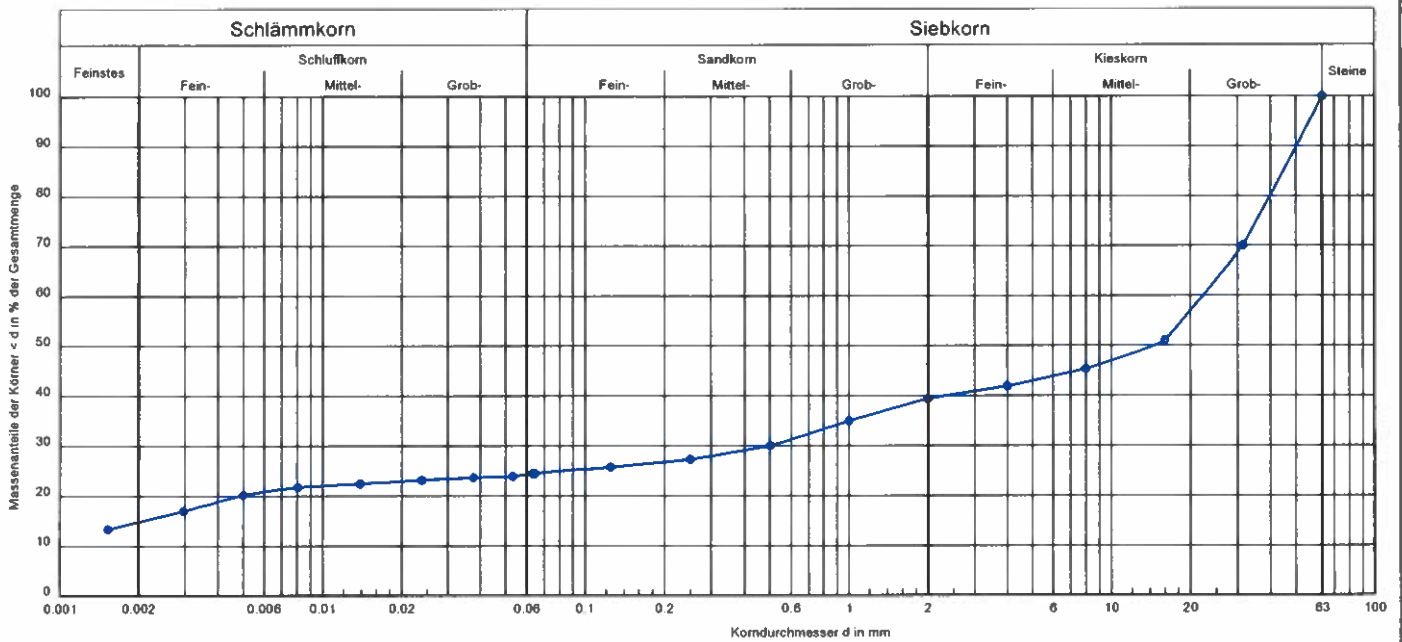


Körnungslinie
Erschließung Baugebiet "Kapellenberg"
in Röttingen

Projektnummer: Wu974.0/20
 Probe entnommen am: 03/2020
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Nasssiebung



Entnahmestelle:	SCH 1	Bearbeiter:	Stei	Datum:	04/2020	Anlage: 3.2.1
Probe Nr.:	EP 2	Bemerkungen:				
Entnahmetiefe [m]:	0,85 m					
T/U/S/G [%]:	- /19.9/10.9/69.2					
Bodenart:	G. v. s'					
Cu/Cc:	+					
Bodengruppe nach DIN 18 196:	GU*					
Frostfreiheit:	F3					



Entnahmestelle:	SCH 3	Bearbeiter:	Stei	Datum:	04/2020	Anlage: 3.2.2
Probe Nr.:	EP 2	Bemerkungen:				
Entnahmetiefe [m]:	1,2 m					
TU/S/G [%]:	14.8/9.7/14.9/60.6					
Bodenart:	G_s, t, u					
Cu/Cc:	-					
Bodengruppe nach DIN 18 196:	GT					
Frostfreiheit:	F3					

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Erschließung Baugebiet "Kapellenberg"

in Röttingen

Bearbeiter: Stei

Datum: 04/2020

Entnahmestelle: KRB 4

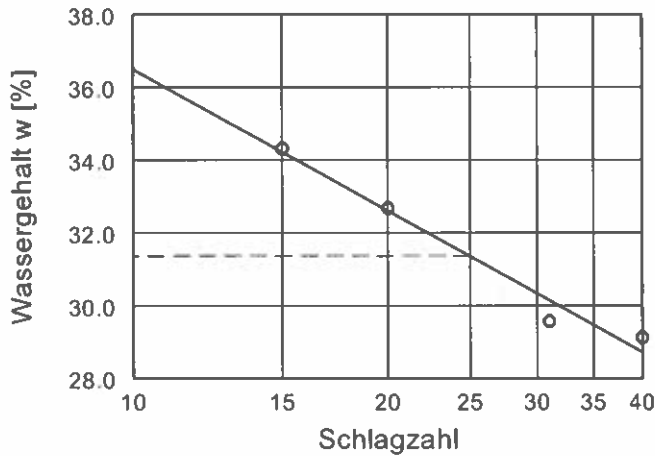
Probe Nr.: BP 1

Tiefe: 1,1 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: T

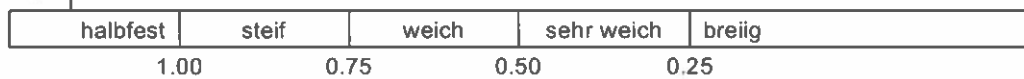
Probe entnommen am: 26.03.2020



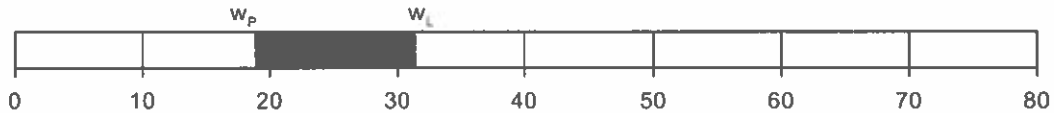
Wassergehalt $w = 16.9 \%$
 Fließgrenze $w_L = 31.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 18.9 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 12.5 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.16$

$I_c = 1.16$

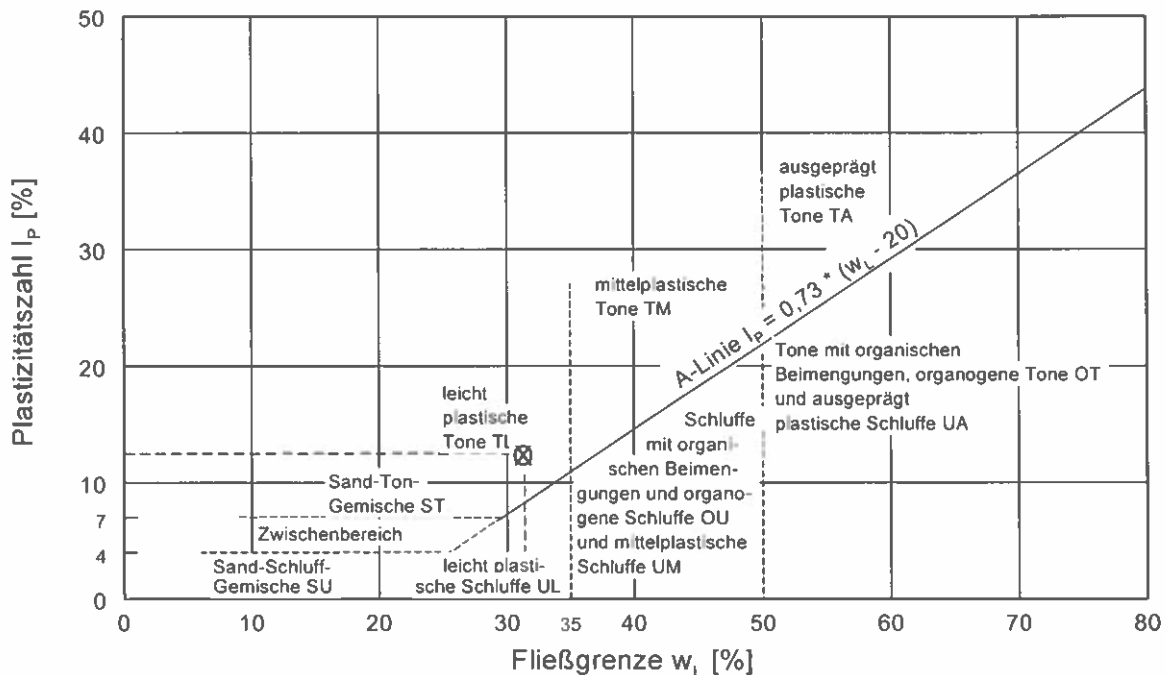
Zustandsform



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



Anlage 4

Ergebnisse der umwelttechnischen
Untersuchungen

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28
www.agrolab.de

AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

Kempfert + Raithel Geotechnik GmbH
Höchberger Straße 28a
97082 Würzburg

Datum 15.04.2020
Kundennr. 27059819

PRÜFBERICHT 3003891 - 253905

Auftrag 3003891 Wü974.0/20 Erschließung BG "Kapellenberg", Röttingen
 Analysennr. 253905
 Probeneingang 08.04.2020
 Probenahme Keine Angabe
 Probenehmer Keine Angabe
 Kunden-Probenbezeichnung MP 1

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
Feststoff				
Analyse in der Gesamtfraktion				DIN 19747 : 2009-07
Trockensubstanz	%	93,2	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03
pH-Wert (CaCl2)		7,9	0	DIN ISO 10390 : 2005-12
Cyanide ges.	mg/kg	<0,3	0,3	DIN EN ISO 17380 : 2013-10
EOX	mg/kg	<1,0	1	DIN 38414-17 : 2017-01
Königswasseraufschluß				DIN EN 13657 : 2003-01
Arsen (As)	mg/kg	4,3	2	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Blei (Pb)	mg/kg	6,1	4	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Cadmium (Cd)	mg/kg	<0,2	0,2	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Chrom (Cr)	mg/kg	29	1	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kupfer (Cu)	mg/kg	25	1	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Nickel (Ni)	mg/kg	32	1	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Quecksilber (Hg)	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 12846 : 2012-08 (mod.)
Thallium (Tl)	mg/kg	0,1	0,1	DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Zink (Zn)	mg/kg	24,6	2	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)	mg/kg	<50	50	DIN EN 14039 : 2005-01
Naphthalin	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Acenaphthylen	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Acenaphthen	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Fluoren	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Phenanthren	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Anthracen	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Fluoranthren	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Pyren	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(a)anthracen	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Chrysen	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(ghi)perylen	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	<0,05	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Dichlormethan	mg/kg	<0,2	0,2	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter/Ergebnisse sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Datum 15.04.2020
 Kundennr. 27059819

PRÜFBERICHT 3003891 - 253905

Kunden-Probenbezeichnung **MP 1**

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
<i>trans</i> -1,2-Dichlorethen	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Trichlormethan	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Trichlorethen	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Tetrachlormethan	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
LHKW - Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Benzol	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Toluol	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Ethylbenzol	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>m,p</i> -Xylol	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>o</i> -Xylol	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Cumol	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Styrol	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Summe BTX	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
PCB (28)	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2008-05
PCB (52)	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2008-05
PCB (101)	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2008-05
PCB (118)	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2008-05
PCB (138)	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2008-05
PCB (153)	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2008-05
PCB (180)	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2008-05
PCB-Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter

Eluat

Eluaterstellung				DIN 38414-4 : 1984-10
pH-Wert		8,9	0	DIN 38404-5 : 2009-07
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	68	10	DIN EN 27888 : 1993-11
Chlorid (Cl)	mg/l	<2,0	2	DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Sulfat (SO ₄)	mg/l	<2,0	2	DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Phenolindex	mg/l	<0,01	0,01	DIN EN ISO 14402 : 1999-12
Cyanide ges.	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 14403-2 : 2012-10
Arsen (As)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Blei (Pb)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0005	0,0005	DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Chrom (Cr)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Nickel (Ni)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Thallium (Tl)	mg/l	<0,0005	0,0005	DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Zink (Zn)	mg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,0002	DIN EN ISO 12846 : 2012-08

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen.

Die Einwaage zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen erfolgte im Labor aus der angelieferten Originalprobe. Dieses Vorgehen könnte einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

*Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit * gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.*

AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28
www.agrolab.de



Datum 15.04.2020
Kundennr. 27059819

PRÜFBERICHT 3003891 - 253905

Kunden-Probenbezeichnung **MP 1**

Beginn der Prüfungen: 08.04.2020
Ende der Prüfungen: 15.04.2020

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der ISO/IEC 17025:2005, Abs. 5.10.1 berichtet.

AGROLAB Labor GmbH, Manfred Kanzler, Tel. 08765/93996-700
serviceteam4.bruckberg@agrolab.de
Kundenbetreuung

Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2005 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter/Ergebnisse sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

Anlage 5

Eigenschaften/Kennwerte der
Homogenbereiche nach DIN 18300



Hang-/Verwitterungsschutt (Schicht 1), Hang-/Verwitterungslehm (Schicht 2)

Eigenschaft/Kennwert	DIN 18300	
Ortsübliche Bezeichnung	X	Hangschutt, Hanglehm
Korngrößenverteilung zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-4 Kornkennzahlen ¹⁾	X	0118 - 5311
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1	X	≤ 40 %
Dichte zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-2	X	1,8 - 2,2 g/cm ³
Undrainede Scherfestigkeit zu überprüfen nach DIN 4094-4	X	≤ 250 kN/m ²
Wassergehalt zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-1	X	5 - 25%
Plastizitätszahl I _p zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-12	X	10 - 25%
Konsistenzzahl I _c zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-12	X	≥ 0,7
Lagerungsdichte Definition nach DIN EN ISO 14688-2	X	≥ mitteldicht
Organischer Anteil zu überprüfen nach DIN 18128	X	≤ 4 %
Bodengruppe nach DIN 18196	X	GU, GT, GU*, GT*, TL, TM

1) Auf 10% auf- oder abgerundete Gewichtsanteile der Korngrößengruppen Ton/Schluff/Sand/Kies



Festgesteine (Schicht 3)

Eigenschaft/Kennwert	DIN 18308	
Ortsübliche Bezeichnung	X	Oberer Muschelkalk, Wechsellagerung von Kalkstein- und Tonsteinlagen
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689	X	genetische Einheit: Sedimentgestein geologische Textur: geschichtet min. Zusammenstellung: Karbonate, Quarz, Feldspäte, Tonminerale vorherrschende Korngröße: 0 - 2 mm
Dichte zu überprüfen nach DIN EN ISO 17892-2	X	2,2 - 2,7 g/cm ³
Verwitterung und Veränderungen zu überprüfen nach DIN EN ISO 14689	X	Kalksteine: frisch bis verfärbt Tonsteine: verfärbt - zerfallen
Veränderlichkeit zu überprüfen nach DIN EN ISO 14689	X	Kalkstein: nicht veränderlich Tonsteine: veränderlich bis stark veränderlich
Einaxiale Druckfestigkeit zu überprüfen nach DIN 18141-1	X	≤ 200 MN/m ²
Trennflächenrichtung zu überprüfen nach DIN EN ISO 14689	X	k. A.
Trennflächenabstand zu überprüfen nach DIN EN ISO 14689	X	sehr dünn bis mittel; eng- bis mittelständig
Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689	X	tafelartig bis prismatisch