



**TerraConcept Consult GmbH**  
*Ingenieure, Umwelt- und Geowissenschaftler*

Klosterstraße 34  
72793 Pfullingen  
Tel.: 0 71 21 / 49 36 65  
Fax: 0 71 21 / 49 36 67

**Baugrunderkundung  
Logistikfläche  
Romina Mineralbrunnen GmbH  
Reutlingen-Rommelsbach**

**Januar 2020**

---



---

**Baugrunderkundung**  
**Logistikfläche**  
**Romina Mineralbrunnen GmbH**  
**Reutlingen-Rommelsbach**

**Januar 2020**

**Auftraggeber:**

**Romina Mineralbrunnen GmbH**  
Germanenstraße 21

72 768 Reutlingen-Rommelsbach

**Auftragnehmer:**

**TerraConcept Consult GmbH**  
Klosterstraße 34

72 793 Pfullingen

Tel.: 0 71 21 / 49 36 65

Fax: 0 71 21 / 49 36 67

E-Mail: [terraconceptconsult@online.de](mailto:terraconceptconsult@online.de)



---

| <b>Inhaltsverzeichnis</b>  | <b>Seite</b> |
|--|--------------|
| <b>1 Vorbemerkungen.....</b>   | <b>1</b>     |
| <b>2 Lage und Beschreibung.....</b>                                      | <b>1</b>     |
| <b>3 Geologischer und hydrogeologischer Überblick .....</b>              | <b>2</b>     |
| <b>4 Durchgeführte Untersuchungen.....</b>                               | <b>3</b>     |
| <b>5 Beschreibung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse.....</b>     | <b>4</b>     |
| 5.1 Ergebnisse der Rammkernbohrungen.....                                | 4            |
| 5.3 Zustandsgrenzen, Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen ..... | 6            |
| 5.4 Boden- und Felsklassen / Homogenbereiche .....                       | 7            |
| 5.5 Bodenmechanische Kennwerte.....                                      | 8            |
| <b>6 Empfehlungen und Hinweise für die Bauausführung.....</b>            | <b>9</b>     |
| 6.1 Geländeauftrag .....   | 9            |
| 6.2 Anlage von Verkehrsflächen .....                                     | 10           |
| 6.3 Gründung Stützmauern .....   | 11           |
| <b>7 Versickerung von Niederschlagswasser .....</b>                      | <b>11</b>    |
| <b>8 Schlussbemerkungen .....</b>  | <b>12</b>    |



---

| <b>Verzeichnis der Abbildungen</b>  | <b>Seite</b> |
|---|--------------|
| Abb. 1: Großräumige Lage des Untersuchungsgeländes.....                                   | 2            |
| Abb. 2: Ausschnitt aus der geologischen Karte,<br>Blatt 7421 Metzingen (vergrößert) ..... | 3            |

| <b>Verzeichnis der Tabellen</b>  | <b>Seite</b> |
|--|--------------|
| Tab. 1: Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122.....             | 6            |
| Tab. 2: Boden- und Felsklassen .....                                   | 7            |
| Tab. 3: Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen ..... | 8            |

#### **Verzeichnis der Anlagen**

|   |  |
|---|--|
| Anlage 1: Lageplan der Untersuchungspunkte  |  |
| Anlage 2-1: Schichtenverzeichnisse und Profildarstellungen der<br>Rammkernbohrungen |  |
| Anlage 2-2: Schichtenverzeichnisse der Baggerschürfgruben                           |  |
| Anlage 4: Laborprotokolle zur Bestimmung der Zustandsgrenzen                        |  |



## 1 Vorbemerkungen

Die Fa. Romina Mineralbrunnen GmbH plant auf einer Teilfläche des Flurstücks 2041/5 an der Straße In Bühlen in Reutlingen-Rommelsbach eine LKW-Stellfläche. Die TerraConcept Consult GmbH wurde im Juli 2019 beauftragt, die Untergrundverhältnisse im Bereich des Vorhabens zu erkunden und ein Baugrund- und Bodengutachten zu erstellen. Zur Bearbeitung des Auftrags standen die folgenden Unterlagen zur Verfügung:

- Bebauungsplan Erweiterung II Romina - Entwurf LKW-Parkplätze, ohne Maßstab. Stadt Reutlingen - Amt für Stadtentwicklung und Vermessung; 23.02.2018.
- Bebauungsplan Erweiterung II Romina - geplanter Umfang und Vorschlag, Maßstab 1 : 1000. Stadt Reutlingen - Amt für Stadtentwicklung und Vermessung; 23.02.2018.
- Grundriss, Maßstab 1 : 200. Brauchle Architekten, Rottenburg, 22.10.2018.
- Schnitt 1-1, Maßstab 1 : 100. Brauchle Architekten, Rottenburg, 22.10.2018.
- Geologische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 7421 Metzingen, mit Erläuterungen, Maßstab 1 : 25 000. Geologisches Landesamt Baden-Württemberg; 1971.
- Topographische Karte von Baden-Württemberg, Maßstab 1 : 25 000, ohne Blattschnitt. Digitale Ausgabe.

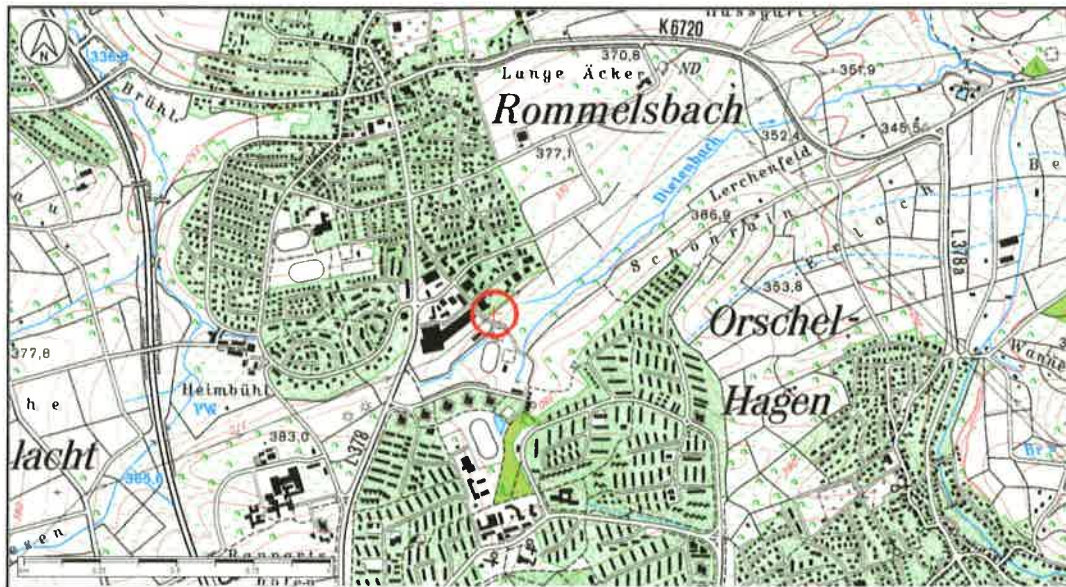
## 2 Lage und Beschreibung

Bei der als LKW-Stellplatz geplanten Logistikfläche mit einer befestigten Fläche von insgesamt ca. 3 585 m<sup>2</sup> handelt es sich um eine Teilfläche des Flurstücks 2041/5 an der Straße In Bühlen am südöstlichen Ortsrand des Reutlinger Stadtteils Rommelsbach (s. Abb. 1). Das Gelände fällt nach Südosten zum Dietenbach hin ein. Die Geländehöhen liegen zwischen ca. 371,30 m ü. NN an der Zufahrt an der Nordwestecke der Fläche und 365,80 m ü. NN an der Südostecke.

Die befestigte Fläche soll mit einem leichten Gefälle nach Südosten angelegt werden. Die Planhöhen liegen zwischen 371,70 m ü. NN an der Zufahrt und 369,14 m ü. NN an der Südostecke. Bei einer geplanten Tragschicht-/Deckschichtmächtigkeit von insgesamt ca. 70 cm ist nach dem Abschieben des humosen Oberbodens ein Geländeauftrag von bis zu ca. 2,85 m erforderlich. Zur Geländeabfangung sind in einem ersten Planentwurf Stützmauern vorgesehen.

Bezüglich der Entwässerung der Fläche sind an der Südostseite am Fuß der Stützmauer ein Absetzbecken und zwei Versickerungsmulden mit einer Fläche von jeweils ca. 100 m<sup>2</sup> geplant.

**Abb. 1: Großräumige Lage des Untersuchungsgebietes**



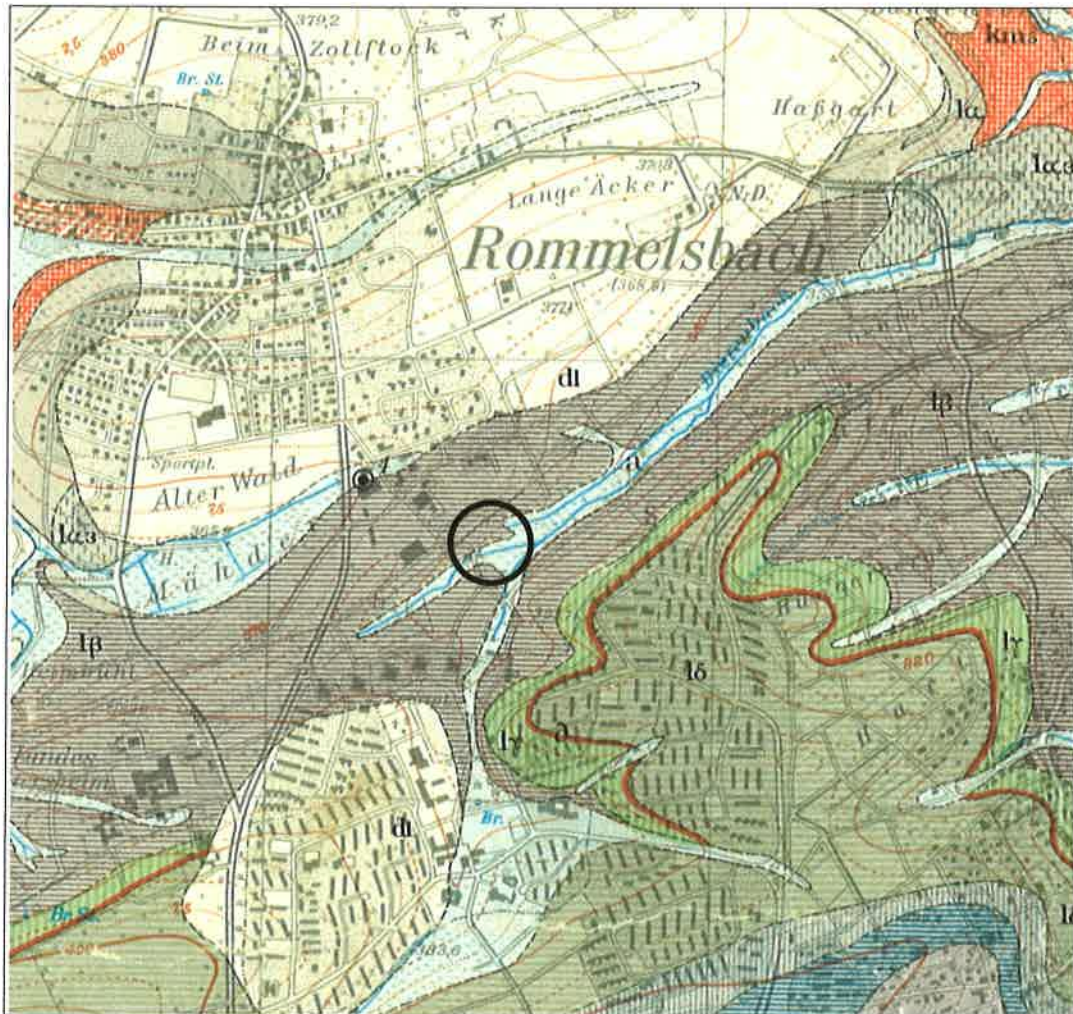
### **3 Geologischer und hydrogeologischer Überblick**

Nach der geologischen Karte von Baden-Württemberg, Blatt 7421 Metzingen, stehen im Bereich der geplanten Logistikfläche die Schichten des Lias  $\beta$  (Obtususton-Formation) an (s. Abb. 2). Im südöstlichen Bereich ist eine Rinne mit lehmig-tonigen Verschwemmungssedimenten kartiert. Eventuell kann auch noch eine geringmächtige Lösslehmüberdeckung vorhanden sein.

Der im Raum Reutlingen/Metzingen insgesamt ca. 30 m mächtige Lias  $\beta$  besteht aus einem relativ einheitlichen Schichtpaket aus dunklen, schiefrig-mergeligen Tonen mit zahlreichen Toneisengeoden. Im oberen Abschnitt ist neben mürben Kalklagen auch eine schwärzliche, feste Bank zu finden. Oberflächennah ist der Ton in der Regel plastisch aufgewittert. Die Gesteinsschichten fallen mit ca. 1° bis 3° nach Südosten ein. Tektonische Störungen in der näheren Umgebung sind nicht bekannt.

Die als "veränderlichfest" zu charakterisierenden Ton- bzw. Tonmergelsteine des Lias sind in Oberflächennähe durch Verwitterung entfestigt und bilden Verwitterungslehme bzw. Verwitterungstone mit unterschiedlicher Konsistenz. Oberflächennah ist der Tonstein in der Regel plastisch aufgewittert. Im Grenzbereich Locker-/Festgestein (Verwitterungsstufe V3) und in geklüfteten Festgesteinsbänken des Lias kann Kluftgrundwasser zirkulieren, dessen Menge niederschlagsabhängig stark variiert. Die gering durchlässigen Tone und Tonsteine wirken dabei als Wasserstauer.

**Abb. 2: Ausschnitt aus der geologischen Karte, Blatt 7421 Metzingen (vergrößert)**



#### **4 Durchgeführte Untersuchungen**

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 05.12.2019 fünf Rammkernbohrungen ( $\varnothing$  50 mm) bis in Tiefen zwischen 3,0 m und 4,6 m unter Gelände niedergebracht. Zudem wurden vier Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) bis maximal 4,8 m unter Gelände ausgeführt. Die Ansatzhöhen der Untersuchungspunkte wurden anhand der Höhenlinien im Lageplan abgeschätzt. Die Lage der Aufschlusspunkte ist in einem Lageplan in der Anlage 1 verzeichnet. Die mit den Rammkernbohrungen erschlossenen Schichten wurden nach DIN 4023 aufgenommen und beschrieben. Die Ergebnisse sind der Anlage 2 zu entnehmen. Die Ergebnisse der Rammsondierungen sind in Anlage 3 graphisch und tabellarisch dargestellt. Aus den Rammkernbohrungen wurden insgesamt vier Bodenproben zur Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122 entnommen. Die Laborprotokolle der bodenmechanischen Untersuchungen sind als Anlage 4 beigelegt.



Zur Bestimmung der Durchlässigkeit des im Bereich der geplanten Versickerungsmulden anstehenden Bodens wurden am 24.01.2020 noch zwei Baggerschürfruben für Versickerungsversuche angelegt. Bei den beiden Versickerungsversuchen wurden die Schürfruben mit Wasser befüllt und die Versickerungsleistung der in der entsprechenden Tiefe anstehenden Bodenschichten anhand von Zeitdauer und Absenkungsbetrag beurteilt.

## **5 Beschreibung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse**

### **5.1 Ergebnisse der Rammkernbohrungen**

Die durchschnittliche Mächtigkeit des landwirtschaftlich bearbeiteten Oberbodens beträgt ca. 20 bis 30 cm. Nur bei der Rammkernbohrung RKS-5 war auch eine Auffüllung mit ca. 30 cm Oberboden und ca. 50 cm Schotter vorhanden. Bei ungestörten Bodenverhältnissen folgt unter dem Oberboden bis in Tiefen zwischen ca. 2,0 m und 2,5 m unter Gelände ein schluffig-toniger Schwemmlehm mit überwiegend schwach steifer, steifer und stark steifer Konsistenz. Lediglich bei der Rammkernbohrung RKS-4 wurde zwischen ca. 1,4 m und 2,5 m unter Gelände auch eine weiche bis steifer Konsistenz festgestellt. Bei den Rammkernbohrungen RKS-1, RKS-3 und RKS-4 wurde unter dem Schwemmlehm Verwitterungslehm in Form von tonigem Schluff und schluffigem Ton mit einer Mächtigkeit zwischen ca. 0,6 m und 1,2 m aufgeschlossen. Unter dem Verwitterungslehm bzw. bei RKS-2 und RKS-5 direkt unter dem Schwemmlehm folgt dann zunächst Tonmergel mit blättriger Struktur sowie halbfester und halbfester bis fester Konsistenz. Der Tonmergel mit halbfester und halbfester bis fester Konsistenz geht je nach Lage im Gelände in Tiefen zwischen ca. 3,0 und 4,0 m unter Gelände in festen Tonmergelstein über.

Bei den Rammkernbohrungen RKS-3 und RKS-4 wurde aufdringendes Kluftgrundwasser mit Druckwasserspiegel bei 4,10 m unter Gelände (ca. 361,70 m ü. NN) in RKS-3 und bei 2,75 m unter Gelände (ca. 363,75 m ü. NN) in RKS-4 festgestellt. Bei den Rammkernbohrungen RKS-1, RKS-2 und RKS-5 war kein Zustrom von Grund-, Schicht- oder Sickerwasser zu erkennen.





## 5.2 Ergebnisse der Rammsondierungen

Zur Ermittlung der Konsistenzen bzw. der Lagerungsdichte und der bodenart-spezifischen Korrelation mit den Ergebnissen der Rammkernbohrungen wurden vier Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) bis maximal 4,8 m Tiefe niedergebracht. In der graphischen Darstellung des Sondierverlaufs können die einzelnen Horizonte mit unterschiedlichen bodenmechanischen Eigenschaften unterschieden werden. Die Konsistenz kennzeichnet den jeweiligen Quellungs- bzw. Schrumpfungszustand eines Bodens und ist von der aktuellen Bodenfeuchte abhängig. Wenn kein zusammenhängendes Bodengefüge vorhanden ist, weisen die Schlagzahlen der Rammsondierungen auf die Lagerungsdichte der einzelnen Bodenaggregate hin.

Erfahrungen mit vergleichbaren Böden und der Abgleich mit den Ergebnissen der Rammkernbohrungen haben gezeigt, dass bezüglich der Konsistenz bindiger, weitgehend kies- und steinfreier Böden in etwa von folgender Zuordnung der Schlagzahlen je 10 cm Eindringtiefe der schweren Rammsonde ( $N_{10}$  DPH) zur Konsistenz ausgegangen werden kann:

| <u>Schlagzahl</u> | <u>Konsistenz</u>                        |
|-------------------|--|
| 1 - 2             | weich, weich bis steif und schwach steif |
| 2 - 4             | steif und stark steif                    |
| 4 - 6             | steif bis halbfest                       |
| 6 - 8             | halbfest                                 |
| 8 - 10            | halbfest bis fest                        |
| ≥ 11              | fest                                     |

Unterhalb der durch die landwirtschaftliche Bearbeitung aufgelockerten Oberfläche wurden bei den Rammsondierung SRS-1 und SRS-3 im westlichen Bereich der Logistikfläche bis in Tiefen von 1,5 m bzw. 1,7 m und bei den Rammsondierungen SRS-2 und SRS-4 im östlichen Bereich bis in Tiefen von 2,6 m bzw. 3,1 m größtenteils 1 und 2 Schläge je 10 cm Eindringtiefe der schweren Rammsonde verzeichnet. Dabei handelt es sich vermutlich um Schwemmlehm mit weicher bis steifer und schwach steifer, möglicherweise auch mit weicher Konsistenz. Bei der Rammsondierung SRS-3 folgt im weiteren Sondierverlauf bis 2,9 m unter Gelände zunächst noch ein Abschnitt, dem bei überwiegend 3 Schlägen für 10 cm Eindringtiefe der schweren Rammsonde eine steife bis stark steife Konsistenz zugeordnet werden kann. Ansonsten steigen die Schlagzahlen mit zunehmender Tiefe mehr oder weniger deutlich und relativ kontinuierlich an. Die Sondierung SRS-1 wurde bei 26 Schlägen für 10 cm Eindringtiefe in einer Tiefe von 3,2 m unter Gelände und die Sondierung SRS-2 bei 25 Schlägen für 10 cm Eindringtiefe in einer Tiefe von 4,2 m unter Gelände beendet. Bei der Rammsondierung SRS-3 wurde ein Ansteigen der Schlagzahlen von 4 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe auf 17 Schläge je 10 cm Eindringtiefe bis zur Endtiefe bei 4,8 m unter Gelände verzeichnet. Die Rammsondierung SRS-4 wurde bei über 60 Schlägen für 10 cm Eindringtiefe in einer Tiefe von ca. 4,3 m unter Gelände abgebrochen. In den Sondierlöchern der Rammsondierungen wurde kein Zustrom von Grund-, Schicht- oder Sickerwasser beobachtet.



### 5.3 Zustandsgrenzen, Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen

Zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen der anstehenden Böden und der Zuordnung zu einer Bodengruppe wurde aus vier der fünf Rammkernbohrungen jeweils eine Bodenprobe zur Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18 122 entnommen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 zusammengestellt (s. a. Anlage 4).

Tab. 1: Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122

| Entnahmestelle<br>Bezeichnung | RKS-1<br>P-1                      | RKS-2<br>P-1              | RKS-3<br>P-1   | RKS-4<br>P-1      |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------|-------------------|
| Entnahmetiefe<br>m unter GOK  | 1,5 - 2,0                         | 1,0 - 2,0                 | 1,0 - 2,0      | 1,4 - 2,0         |
| Bodenart                      | Ton, sandig,<br>schwach schluffig | Schluff,<br>schwach tonig | Ton, schluffig | Schluff, tonig    |
| Wassergehalt w                | 20,8 %                            | 18,6                      | 23,2           | 39,1              |
| Fließgrenze $w_L$             | 45,5 %                            | 47,7                      | 43,8           | 69,4              |
| Ausrollgrenze $w_P$           | 23,6 %                            | 23,8                      | 19,2           | 27,8              |
| Plastizitätszahl $I_P$        | 21,9 %                            | 23,9                      | 24,6           | 41,6              |
| Konsistenzzahl $I_C$          | 1,13                              | 1,22                      | 0,84           | 0,73              |
| Bodengruppe                   | TM                                | TM                        | TM             | TA                |
| Zustandsform                  | halbfest                          | halbfest                  | steif          | weich (bis steif) |

Die Bestimmung der Zustandsgrenzen ergibt für den Schwemmlehm mit wechselnden Ton- und Schluffanteilen bei den Bodenproben aus RKS-1, RKS-2 und RKS-3 bei natürlichen Wassergehalten von 20,8 %, 18,6 % und 23,2 % eine Einstufung in die Bodengruppe der mittelplastischen Tone (TM). Bei der Bodenprobe aus der Rammkernbohrung RKS-4 ergibt sich bei einem Ausgangswassergehalt von 39,1 % und einer bei 69,4 % Wassergehalt ermittelten Fließgrenze eine relativ eindeutige Zuordnung zur Bodengruppe der ausgeprägt plastischen Tone (TA).

Gemäß ZTVE-StB sind mittelplastische Tone (TM) der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (sehr frostempfindlich) zuzuordnen. Ausgeprägt plastische Tone sind in die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 (gering bis mittel frostempfindlich) einzuordnen. Im Fall einer Verbesserung eines sehr frostempfindlichen Bodens (F 3) durch Bindemittelzugabe kann für den fachgerecht verbesserten Boden anschließend von einer geringen bis mittleren Frostempfindlichkeit (F 2) ausgegangen werden. Nach den Frostzonen- daten des Deutschen Wetterdienstes liegt das Untersuchungs-gelände in der Frosteinwirkungszone I.



Bei der Einstufung in Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen ist zu beachten, dass insbesondere bei angeschwemmtem Bodenmaterial fließende Übergänge sowohl in der Fläche als auch in der Tiefe möglich sind. Wenn keine eindeutige Abgrenzung der Bodengruppen im Gelände möglich ist, ist von der ungünstigeren Einstufung auszugehen. Bei bindigen Böden ist auch zu beachten, dass ein relativ hoher Anteil des Bodenwassers als unbewegliches Haftwasser vorliegt. Das bedeutet, dass Boden mit einem hohen Ton- und Schluffanteil zwar gut Wasser aufnehmen kann, dieses aber nur sehr schwer wieder abgibt.

#### 5.4 Boden- und Felsklassen / Homogenbereiche

Nach der alten Fassung der DIN 18 300 können die natürlich anstehenden Böden und Gesteine folgenden Boden- und Felsklassen zugeordnet werden:

Tab. 2: Boden- und Felsklassen

| Boden- bzw. Felsart        | Boden- bzw. Felsklasse |
|----------------------------|------------------------|
| Oberboden                  | Bodenklasse 1          |
| Lehm Bodengruppe TM        | Bodenklasse 4          |
| Lehm Bodengruppe TA        | Bodenklasse 5          |
| Tonmergelstein, verwittert | Bodenklassen 5 und 6   |

#### Erläuterungen zu den Bodenklassen:

- Klasse 1: Oberboden:** Oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, z.B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen, auch Humus und Bodenlebewesen enthält.
- Klasse 2: Fließende Bodenarten:** Bodenarten, die von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit sind und die das Wasser schwer abgeben
- Klasse 3: Leicht lösbare Bodenarten:** Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15 Gew.-% an Schluff und Ton und mit höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m<sup>3</sup> Rauminhalt
- Klasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten:** Bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die höchstens 30 Gew.-% Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m<sup>3</sup> Rauminhalt enthalten sowie Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit einem Anteil von mehr als 15 Gew.-% der Korngröße kleiner als 0,06 mm
- Klasse 5: Schwer lösbare Bodenarten:** Hierzu gehören Bodenarten mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m<sup>3</sup> Rauminhalt und höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m<sup>3</sup> bis 0,1 m<sup>3</sup> Rauminhalt sowie ausgeprägt plastische Böden (TA)
- Klasse 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten:** Böden mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m<sup>3</sup> bis 0,1 m<sup>3</sup> Rauminhalt sowie verwitterte Felsarten
- Klasse 7: Schwer lösbarer Fels:** Steine von über 0,1 m<sup>3</sup> Rauminhalt und nur wenig verwitterte Felsarten



Nach DIN 18 300 (neu) können für Erdbauarbeiten folgende Homogenbereiche definiert werden:

- Schicht 1: Oberboden  
 Schicht 2: Lehm  
 Schicht 3: Tonmergel/Tonmergelstein

### 5.5 Bodenmechanische Kennwerte

Aufgrund allgemeiner Erfahrungen mit vergleichbaren Böden können für die anstehenden Bodenschichten die in Tabelle 3 aufgelisteten Werte für erdstatische Berechnungen in Ansatz gebracht werden.

**Tab. 3: Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen**

| Bodenart                                | Wichte<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |           | Reibungs-<br>winkel<br>(°)<br>$\varphi'$ | Kohäsion<br>(kN/m <sup>2</sup> )<br>$c'$ | Steife-<br>modul<br>(MN/m <sup>2</sup> )<br>$E_s$ |
|---|--------------------------------|-----------|--|--|---|
|   | $\gamma$                       | $\gamma'$ |  |  |   |
| Lehm TA                                 |                                |           |  |  |   |
| - weich                                 | 18,0                           | 8,0       | 17,5                                     | 0  | 1 - 3   |
| - steif                                 | 19,0                           | 9,0       | 17,5                                     | 10                                       | 3 - 4   |
| - halbfest                              | 20,0                           | 10,0      | 17,5                                     | 25                                       | 4 - 7   |
| Lehm TM                                 |                                |           |  |  |   |
| - weich                                 | 19,0                           | 9,0       | 22,5                                     | 0  | 1 - 3   |
| - steif                                 | 19,5                           | 9,5       | 22,5                                     | 5  | 3 - 5   |
| - halbfest                              | 20,5                           | 10,5      | 22,5                                     | 10                                       | 5 - 10  |
| Tonmergelstein,<br>verwittert (V4 - V3) |                                |           |  |  |   |
| - halbfest bis fest                     | 21,0                           | 11,0      | 25,0                                     | 10 - 25                                  | 15 - 30   |
| Tonmergelstein,<br>(V2 - V0)            |                                |           |  |  |   |
| - fest/hart                             | 23,0                           | 13,0      | 30,0                                     | > 15*                                    | > 30*   |

\* Strukturfestigkeit, abhängig vom Durchtrennungsgrad und der Beanspruchung

| Bei Hinterfüllungen sind zur Ermittlung des Erddrucks in der Regel die Kennwerte des Verfüllmaterials maßgebend. Im einzelnen werden für verdichtet eingebautes Material folgende Ansätze vorgeschlagen: |          |           |             |      |       |
|--|----------|-----------|-------------|------|-------|
|  | $\gamma$ | $\gamma'$ | $\varphi'$  | $c'$ | $E_s$ |
| Schottergemische   | 20       | 12        | 35          | -    | -     |
| Kiesgemische   | 20       | 12        | 32,5        | -    | -     |
| Bindige Böden  | 19 - 20  | 9 - 10    | 17,5 - 22,5 | -    | -     |



## 6 Empfehlungen und Hinweise für die Bauausführung

### 6.1 Geländeauftrag

Nach den vorliegenden Planunterlagen muss nach dem Abschieben des humosen Oberbodens für den größten Teil der Fläche ein Geländeauftrag bis zur planmäßigen Höhe des Rohplanums für den Tragschichtaufbau vorgenommen werden. Lediglich im Bereich der Zufahrt ist auch ein Abtrag erforderlich. Bei dem Geländeauftrag müssen sowohl die Setzungen durch Verkehrslasten als auch die Eigensetzungen der Auffüllung und die Setzung der unterlagernden Bodenschichten berücksichtigt werden.

Nach dem Abschieben des humosen Oberbodens ist das Rohplanum bis mindestens 0,5 m unter Planum auf einen Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 97\%$  bei einem Verformungsmodul von mindestens  $45 \text{ MN/m}^2$  zu stabilisieren, um Baugrundsetzungen durch den Geländeauftrag zu minimieren. Um auf dem Planum für den Geländeauftrag einen Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 97\%$  zu erreichen, ist nach dem Abschieben des humosen Oberbodens das Planum zur Bindung von überschüssigem Wasser gegebenenfalls mit einem Bindemittel zu versetzen. Die Zugabemenge hängt vom Wassergehalt des Bodens und der Witterung zum Zeitpunkt der Erdarbeiten ab und kann durch Proctorversuche nach DIN 18 127 ermittelt werden. Als Bindemittel kann bei Bedarf Weißfeinkalk, ein Kalk-Zement-Gemisch, Kalkhydrat oder ein gleichwertiges Bindemittel verwendet werden.

Zur Begrenzung der Eigensetzungen des Geländeauftrages und zur Herstellung eines ausreichend tragfähigen Rohplanums für die später befestigte Fläche ist auch innerhalb der Auffüllung ein Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 97\%$  erforderlich. Bei diesem Verdichtungsgrad liegt der Eigensetzungsanteil innerhalb der Auffüllung trotz der optimalen Verdichtung noch bei etwa 0,5 bis 1% der Schütthöhe.

Bei einer Geländeauffüllung mit Bodenmaterial ist in Abhängigkeit vom Wassergehalt der Böden bei der Bauausführung ein Bindemittel zur Bindung von überschüssigem Wasser erforderlich, um die geforderte Verdichtung zu erreichen. Die nachfolgenden Angaben zu notwendigen Mengen bei der Zugabe von Kalk beruhen auf Erfahrungswerten und sollen lediglich eine Hilfestellung geben. Die genauen Mengen sind durch Proctorversuche nach DIN 18127 an repräsentativen Bodenproben zu ermitteln.

| Kalkzugabemenge in Gew.-% bezogen auf die Trockendichte | Reduktion des Wassergehaltes in % (geschätzt) | Kalkmenge $\text{kg/m}^3$ | Kalkmenge in $\text{kg/m}^2$ bei 30 cm Schichtdicke |
|---|---|---------------------------|---|
| 1,5   | 2,5   | 25                        | 8   |
| 2,0   | 3,0   | 34                        | 10  |
| 2,5   | 4,0   | 42                        | 13  |
| 3,5   | 5,0   | 60                        | 18  |



Wenn mit einer Bodenverbesserung nicht nur eine optimale Verdichtung, sondern auch eine zusätzliche Erhöhung der Tragfähigkeit erreicht werden soll, ist ein Kalk-Zement-Gemisch (z. B. Dorosol C) oder ein Zement/Additivgemisch (z. B. NovoCrete) einzubringen. Der Geländeauftrag ist in Lagen von maximal 40 cm aufzubauen und zu verdichten. Die maximale Schütthöhe wird nach den vorliegenden Planunterlagen an der Südostecke der Logistikfläche etwa 2,85 m betragen.

Bei den Arbeiten zur Geländeauffüllung sind die entsprechenden erdbautechnischen Normen, Regeln und Vorschriften zu beachten. Eine baubegleitende Überwachung durch den Gutachter ist zu empfehlen.

## 6.2 Anlage von Verkehrsflächen

Bei der Herstellung und Bemessung befahrbarer Flächen sind die entsprechenden Normen, technischen Regeln, Vorschriften und Richtlinien zu beachten. Insbesondere wird hier auf die Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO) verwiesen, die die Anforderungen in Abhängigkeit von der Beanspruchung der Flächen und den entsprechenden Bauklassen festlegt.

Bei befahrbaren Flächen muss bis in eine Tiefe von mindestens 0,5 m unter dem Planum für die frostsichere Tragschicht ein Verdichtungsgrad von  $D_{pr} \geq 97\%$  und ein Tragfähigkeitsbeiwert von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  erreicht werden. Diese Anforderungen sind bei dem größtenteils erforderlichen Geländeauftrag bei bindigem Boden erforderlichenfalls durch Bindemittelzugabe zu erfüllen. Auch im Bereich der Zufahrt an der Nordwestecke der Fläche, wo ein Bodenabtrag erforderlich ist, ist das Planum in Abhängigkeit von der Bodenart und dem natürlichen Wassergehalt des Bodens zur Bindung von überschüssigem Wasser mit einem Bindemittel zu versetzen, um den geforderten Verdichtungsgrad zu erreichen. Ob tatsächlich eine Zugabe erforderlich ist und welche Mengen gegebenenfalls benötigt werden, hängt vom Wassergehalt des bindigen Bodens sowie der Witterung zum Zeitpunkt der Erdarbeiten ab und kann durch Proctorversuche nach DIN 18 127 ermittelt werden. Bei Wassergehalten über dem maximalen Wassergehalt ist zum Erreichen der erforderlichen Proctordichte eine Bindemittelzugabe notwendig. Als Bindemittel kann wie beim Geländeauftrag Weißfeinkalk, ein Kalk-Zement-Gemisch, Kalkhydrat oder ein gleichwertiges Bindemittel verwendet werden. Wenn mit einer Bodenverbesserung nicht nur eine optimale Verdichtung, sondern auch eine zusätzliche Erhöhung der Tragfähigkeit erreicht werden soll, ist ein Kalk-Zement-Gemisch (z. B. Dorosol C) oder ein Zement/Additivgemisch (z. B. NovoCrete) einzubringen. Bei Böden mit Wassergehalten im Bereich des optimalen Wassergehaltes bzw. darunter ist eine Bodenverbesserung nicht sinnvoll, bzw. es ist dann eine Wasserzugabe erforderlich. Eine Bindemittelzugabe bzw. deren Dosierung muss daher besonders im Hinblick auf natürliche bzw. witterungsbedingte Schwankungen des Wassergehaltes im Ausgangsmaterial flexibel gehandhabt werden. Nach einer Bindemittelzugabe sind die Böden bis in die entsprechende Tiefe je nach Art des Bindemittels als mittel bis gering oder nicht frostempfindlich einzustufen.



Bei Bedarf besteht als Alternative zu einer Bodenverbesserung die Möglichkeit, die Stärke der ungebundenen Tragschicht zu erhöhen. Die erforderliche Stärke der Tragschicht müsste dann mit Hilfe von Plattendruckversuchen festgelegt werden. Unabhängig von der Herstellung des Planums sollte die ausreichende Verdichtung der frostsicheren Tragschicht von befestigten Flächen in jedem Fall durch Plattendruckversuche nachgewiesen werden.

### **6.3 Gründung Stützmauern**

Bei der Gründung der Stützmauern muss auf eine frostfreie und schrumpfungssichere Gründung geachtet werden. Die frostfreie Gründungstiefe wird mit ca. 1,0 m unter Geländeoberfläche angenommen. Wenn toniges Bodenmaterial mit geringerer als halbfester Konsistenz an der Gründungssohle ansteht, ist auch eine schrumpfungsfreie Gründungstiefe von 1,8 m unter Gelände einzuhalten. Dabei ist jeweils die zukünftige Geländemodellierung nach Abschluss der Baumaßnahme maßgeblich.

Wie die Ergebnisse der Baugrunderkundungen gezeigt haben, muss bis in Tiefen bis zu ca. 1,5 m unter dem derzeitigen Gelände mit Bodenhorizonten mit deutlich verminderter Konsistenz gerechnet werden. Für eine setzungsarme Abtragung der Lasten ist daher ein Bodenaustausch in Verbindung mit einer Bodenverbesserung erforderlich, wobei die Lastausbreitung unter den Mauerfundamenten berücksichtigt werden muss. Da mit der Bodenverbesserung für den Lastausbreitungsbereich der Mauerfundamente in erster Linie eine Erhöhung der Tragfähigkeit erreicht werden muss, ist zur Bodenverfestigung ein Zement-/Additivgemisch (z. B. NovoCrete der Fa. Heber Terramix) einzubringen, wobei eine einlagige Bodenverbesserung bis 40 cm Tiefe ausreichend ist.

## **7 Versickerung von Niederschlagswasser**

Wesentliche Voraussetzung für eine Versickerung von Niederschlagswasser ist die Durchlässigkeit des Untergrundes sowie die Mächtigkeit der ungesättigten Bodenzone. Die Durchlässigkeit von Lockergesteinen hängt überwiegend von der Korngröße und -verteilung ab. Für Versickerungsanlagen kommen Lockergesteine in Frage, die Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Werte) im Bereich von  $5 \times 10^{-3}$  bis  $5 \times 10^{-6}$  m/s aufweisen.

Zur Abschätzung der tatsächlich vorhandenen Versickerungsleistung wurden im Bereich der geplanten Versickerungsmulden die Schürfgruben BS-1 und BS-2 angelegt und jeweils ein Versickerungstest durchgeführt. Die Schürfgruben mit einer Grundfläche von je ca.  $0,6 \text{ m}^2$  und einer Sohltiefe von ca. 1,6 m bei BS-1 und ca. 1,0 m bei BS-2 wurden am 24.01.2020 bis zu einem konstanten Wasserstand mit Trinkwasser befüllt. Die Versickerungsleistung der in Sohltiefe anstehenden Bodenschicht wurde dann anhand von Zeitdauer und Absenkungsbetrag beurteilt (Testverfahren bei fallender Druckhöhe). Die Versuchsdaten und Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:



| Bezeichnung | Wassersäule<br>für $t = 0$<br>[m] | Sohle<br>[m u. GOK] | Versuchs-<br>dauer $t$<br>[s] | Absenkung<br>[m] | Mittlere Druck-<br>höhe $h$<br>[m] | $k_f$ -Wert<br>[m/s] |
|-------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------------|----------------------|
| BS-1        | 0,800                             | 1,60                | 5.400                         | 0,080            | 0,760                              | 2,83E-07             |
| BS-2        | 0,760                             | 1,00                | 5.400                         | 0,280            | 0,620                              | 1,21E-06             |

Für den Aufschluss BS-1 mit schwach tonigem Schluff mit weicher bis steifer Konsistenz an der Schürfgrubensohle wurde ein  $k_f$ -Wert von  $2,83 \times 10^{-7}$  m/s (gering durchlässig nach DIN 18 130) berechnet. An der Sohle der Schürfgrube BS-2 mit einem tonigen Schluff mit steifer Konsistenz wurde ein  $k_f$ -Wert von  $1,21 \times 10^{-6}$  m/s (durchlässig bis gering durchlässig) bestimmt.

Insgesamt gesehen ist damit die Versickerungsleistung des natürlich anstehenden Untergrundes für eine planmäßige Versickerung von Niederschlagswasser kaum ausreichend und kann im Vergleich zu den zu erwartenden Zuflussmengen vernachlässigt werden. Bei der Logistikfläche kann daher von einer direkten Versickerung von Niederschlagswasser in den Untergrund abgesehen werden. Als Ausgleich wird vorgeschlagen, andere Retentionsmöglichkeiten für das Niederschlagswasser zu nutzen. Zum Beispiel lassen sich durch Einstau in Mulden, Rohr-/Rigolensystemen, Kanalgräben, Speicher- bzw. Sickerblöcken und wasserdurchlässigen Tragschichten mehr oder weniger große Mengen an Niederschlagswasser zwischenspeichern. Eine Ableitung von Niederschlagswasser über ein Mulden-Rigolen-System in den Schönraingraben bzw. den Dietenbach kann die Kanalisation ebenfalls entlasten.

## 8 Schlussbemerkungen

Die Baugrund- und Bodenverhältnisse im Bereich der geplanten Logistikfläche wurden auf der Grundlage von fünf Rammkernbohrungen, vier Rammsondierungen und zwei Baggerschürfgruben mit Versickerungsversuchen beschrieben und beurteilt. Die Angaben beziehen sich auf die Untersuchungsstellen und die durchgeführten Untersuchungen. Aufgrund der Weite des Sondierasters und einer möglichen Inhomogenität der Untergrundverhältnissen können von den beschriebenen Untersuchungspunkten abweichende Verhältnisse nicht ausgeschlossen werden.

Für die Beantwortung von Fragen im Zuge der weiteren Planung und Bauausführung stehen wir gerne zur Verfügung.

**TerraConcept Consult GmbH**

Pfullingen, den 27. Januar 2020

Dipl.-Geol. Gerold Althaus





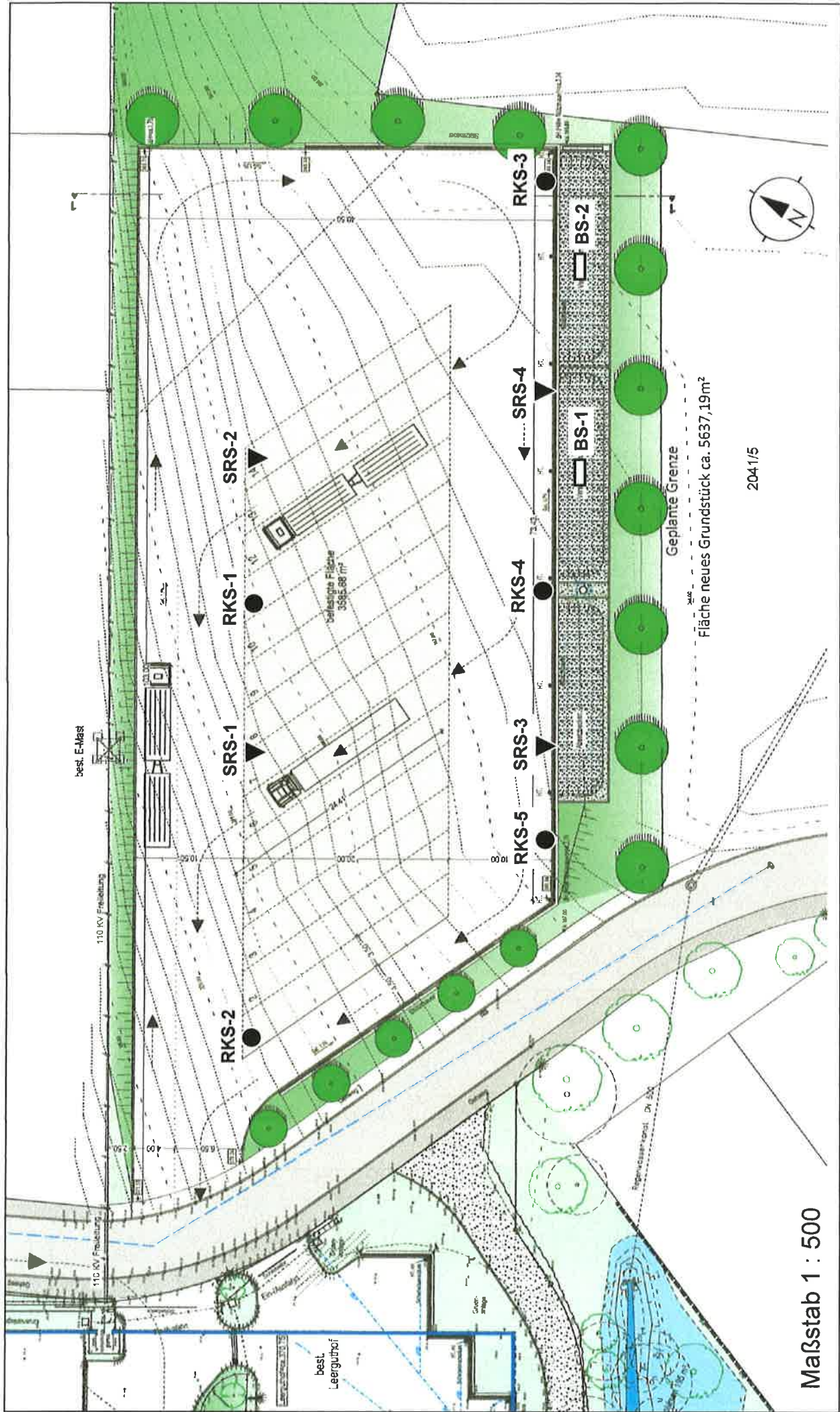
## **Verzeichnis der Anlagen**

- Anlage 1: Lageplan der Untersuchungspunkte**
- Anlage 2-1: Schichtenverzeichnisse und Profildarstellungen der Rammkernbohrungen**
- Anlage 2-2: Schichtenverzeichnisse der Baggerschürfgruben**
- Anlage 3: Graphische und tabellarische Darstellung der Rammsondierungen (DPH)**
- Anlage 4: Laborprotokolle zur Bestimmung der Zustandsgrenzen**



# **Anlage 1**

## **Lageplan der Untersuchungspunkte**





## **Anlage 2-1**

### **Schichtenverzeichnisse und Profildarstellungen der Rammkernbohrungen**



### Schichtenverzeichnis RKS-1

Höhe Ansatzpunkt: ca. 368,00 m ü. NN

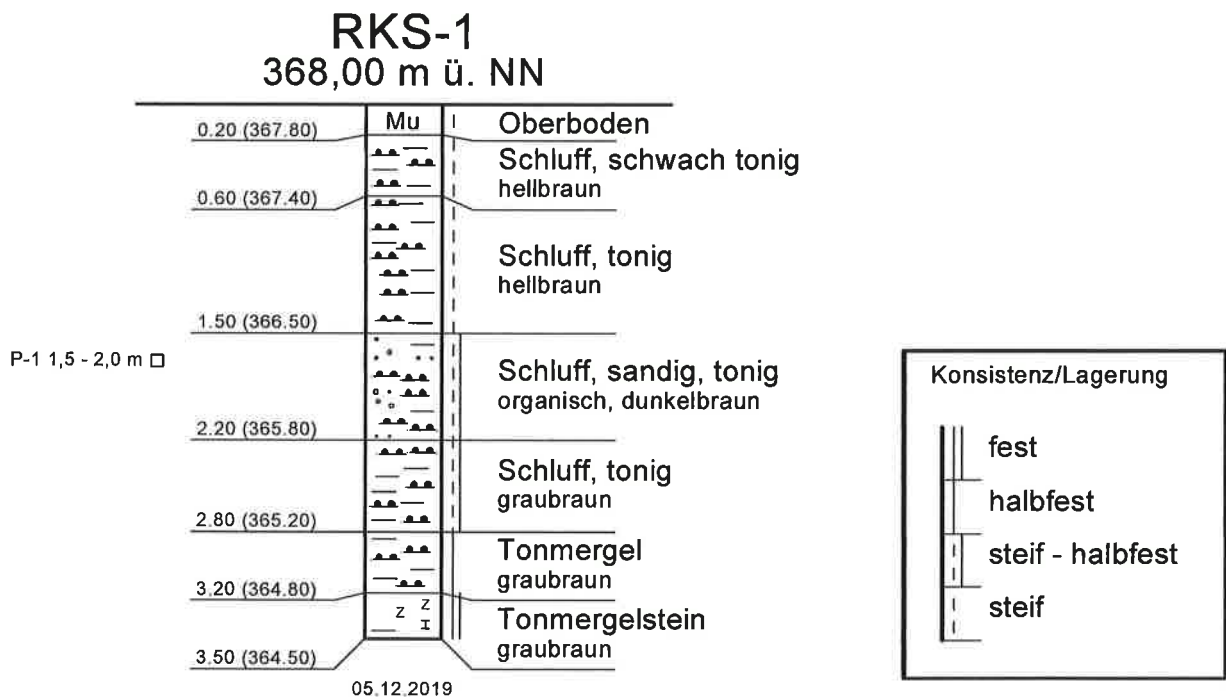
- 0,00 - 0,20 m Oberboden: Schluff, schwach tonig, hellbraun, steif
- 0,20 - 0,60 m Schwemmlehm: Schluff, schwach tonig, hellbraun, steif
- 0,60 - 1,50 m Schwemmlehm: Schluff, tonig, hellbraun, steif
- 1,50 - 2,20 m Schwemmlehm: Schluff, sandig, tonig, dunkelbraun, organisch, steif bis halbfest
- 2,20 - 2,80 m Verwitterungslehm: Schluff, tonig, graubraun, steif bis halbfest
- 2,80 - 3,20 m Tonmergel, blättrig, graubraun, halbfest
- 3,20 - 3,50 m Tonmergelstein, blättrig, graubraun, fest

Kein Grund-/Sickerwasser angetroffen

Datum: 05.12.2019

Bodenprobe P-1 entnommen zwischen 1,5 m und 2,0 m unter GOK → Konsistenzgrenzen

### Profildarstellung RKS-1





## Schichtenverzeichnis RKS-2

Höhe Ansatzpunkt: ca. 369,70 m ü. NN

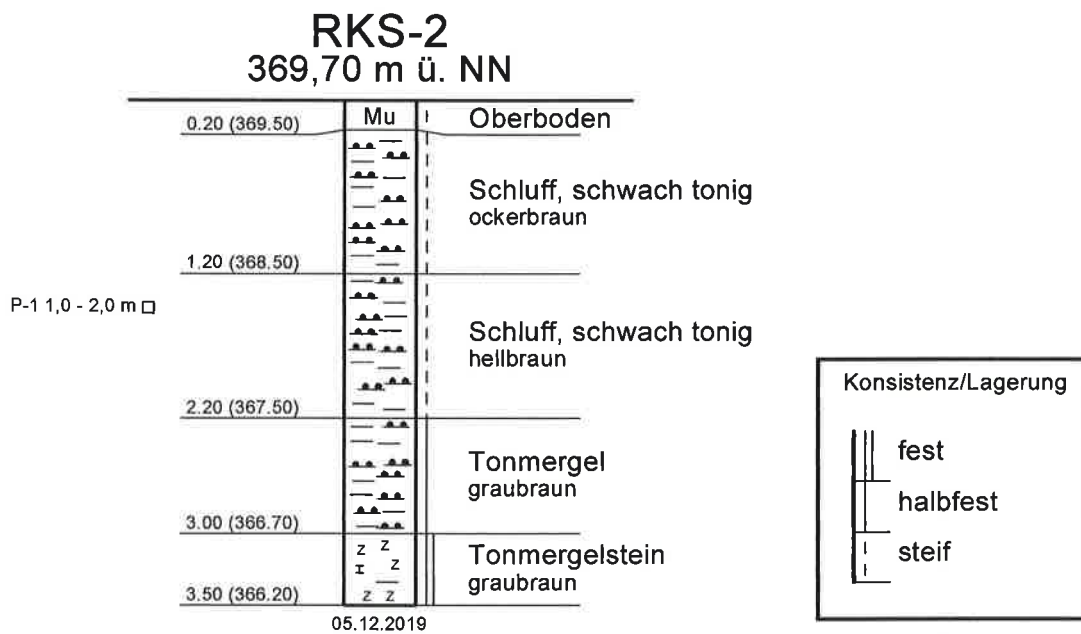
|               |   |
|---------------|---|
| 0,00 - 0,20 m | Oberboden: Schluff, schwach tonig, ockerbraun, steif        |
| 0,20 - 1,20 m | Schwemmlehm: Schluff, schwach tonig, ockerbraun, steif      |
| 1,20 - 2,20 m | Schwemmlehm: Schluff, schwach tonig, hellbraun, stark steif |
| 2,20 - 3,00 m | Tonmergel, blättrig, graubraun, halbfest                    |
| 3,00 - 3,50 m | Tonmergelstein, blättrig, graubraun, fest                   |

Kein Grund-/Sickerwasser angetroffen

Datum: 05.12.2019

Bodenprobe P-1 entnommen zwischen 1,0 m und 2,0 m unter GOK → Konsistenzgrenzen

## Profildarstellung RKS-2





### Schichtenverzeichnis RKS-3

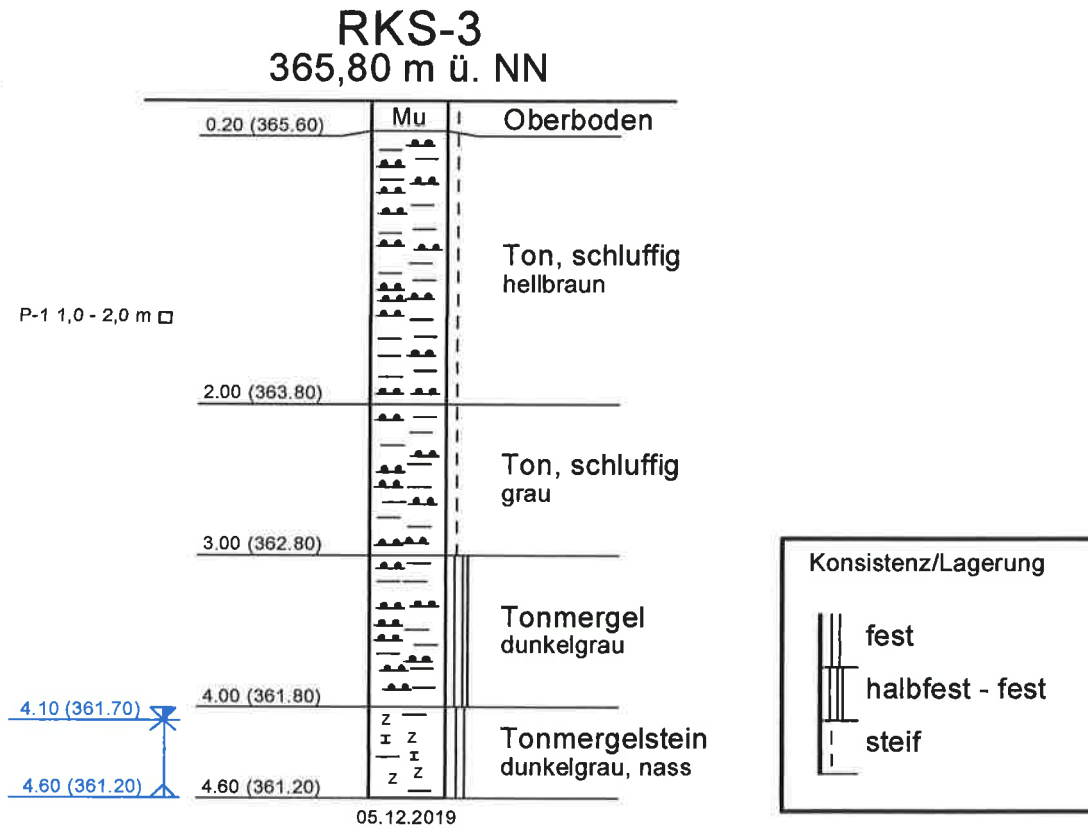
Höhe Ansatzpunkt: ca. 365,80 m ü. NN

- 0,00 - 0,20 m Oberboden: Schluff, schwach tonig, braun, steif
- 0,20 - 2,00 m Schwemmlehm: Ton, schluffig, hellbraun, steif und schwach steif
- 2,00 - 3,00 m Verwitterungslehm: Ton, schluffig, grau, schwach steif und steif
- 3,00 - 4,00 m Tonmergel, blättrig, dunkelgrau, halbfest bis fest
- 4,00 - 4,60 m Tonmergelstein, blättrig, dunkelgrau, fest, nass

Grundwasser eingemessen bei 4,10 m u. GOK (ca. 361,70 m ü. NN) Datum: 05.12.2019

Bodenprobe P-1 entnommen zwischen 1,0 m und 2,0 m unter GOK → Konsistenzgrenzen

### Profildarstellung RKS-3





### Schichtenverzeichnis RKS-4

Höhe Ansatzpunkt: ca. 366,50 m ü. NN

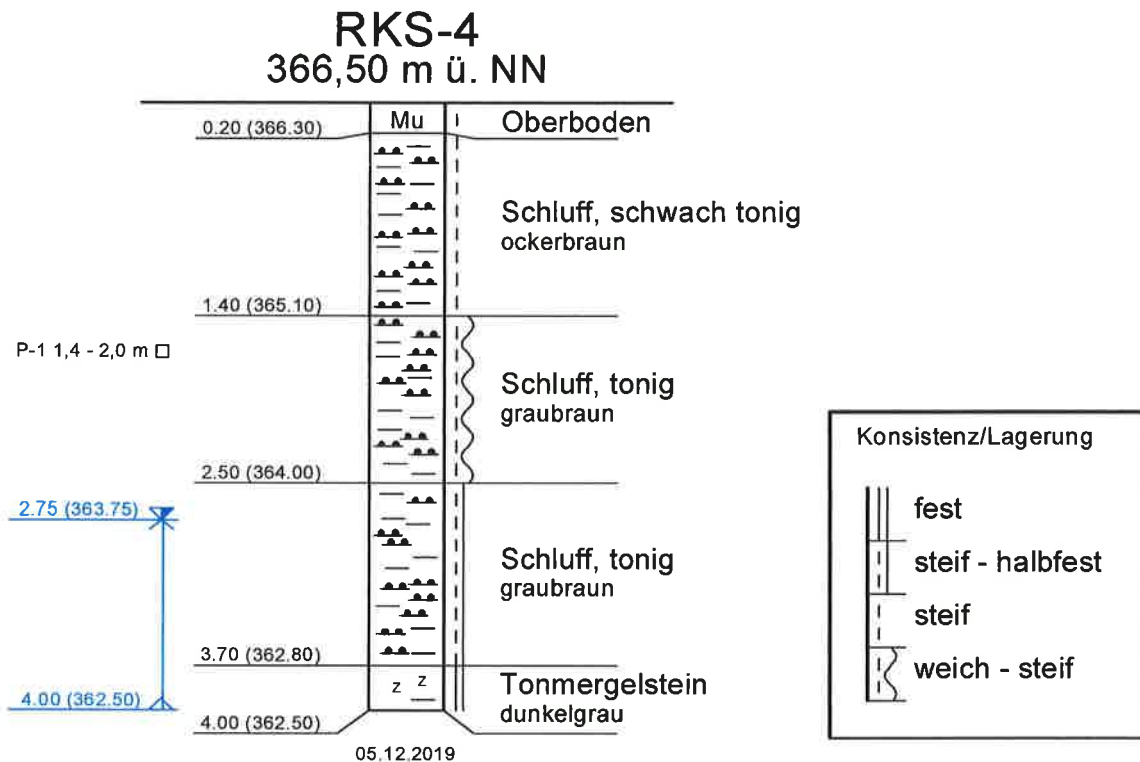
- 0,00 - 0,20 m Oberboden: Schluff, schwach tonig, braun, steif
- 0,20 - 1,40 m Schwemmlehm: Schluff, schwach tonig, ockerbraun, schwach steif und steif
- 1,40 - 2,50 m Schwemmlehm: Schluff, tonig, graubraun, weich bis steif
- 2,50 - 3,70 m Verwitterungslehm: Schluff, tonig, graubraun, steif bis halbfest
- 3,70 - 4,00 m Tonmergelstein, blättrig, dunkelgrau, fest, bei 4,0 m nass

Grundwasser eingemessen bei 2,75 m u. GOK (ca. 363,75 m ü. NN)

Datum: 05.12.2019

Bodenprobe P-1 entnommen zwischen 1,4 m und 2,0 m unter GOK → Konsistenzgrenzen

### Profildarstellung RKS-4







### Schichtenverzeichnis RKS-5

Höhe Ansatzpunkt: ca. 366,70 m ü. NN

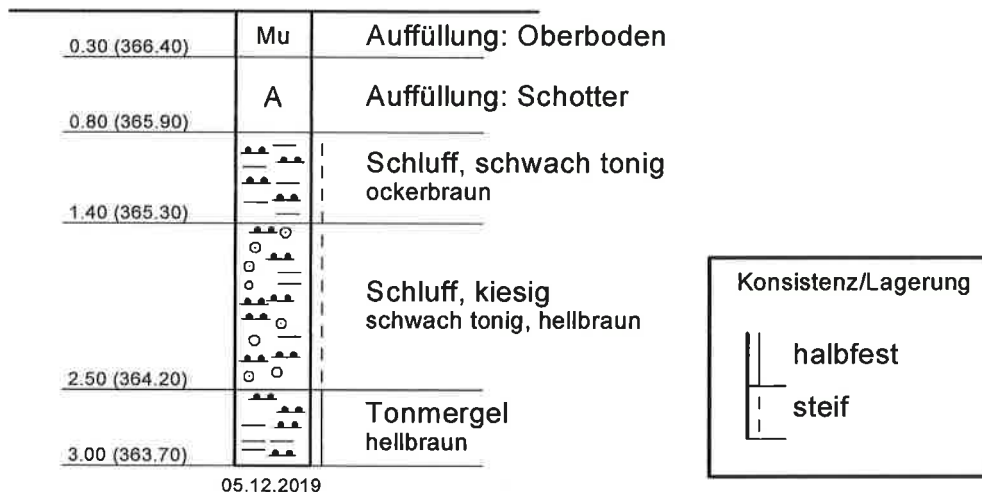
- 0,00 - 0,30 m Auffüllung/Oberboden: Schluff, schwach tonig, braun, steif
- 0,30 - 0,80 m Auffüllung: Weißjura-Schotter, locker bis mitteldicht
- 0,80 - 1,40 m Schwemmlehm: Schluff, schwach tonig, ockerbraun, steif
- 1,40 - 2,50 m Schwemmlehm: Schluff, kiesig, schwach tonig, hellbraun, stark steif
- 2,50 - 3,00 m Tonmergel, blättrig, hellbraun, halbfest

Kein Grund-/Sickerwasser angetroffen

Datum: 05.12.2019

### Profildarstellung RKS-5

#### RKS-5 366,70 m ü. NN





## **Anlage 2-2**

### **Schichtenverzeichnisse der Baggerschürfgruben**



### **Schichtenverzeichnis BS-1**

Höhe Ansatzpunkt: nicht eingemessen

0,00 - 0,20 m Oberboden: Schluff, tonig, braun, steif

0,20 - 1,30 m Schwemmlehm: Schluff, tonig, ockerbraun, steif

1,30 - 1,60 m Schwemmlehm: Schluff, schwach tonig, graubraun, weich bis steif

Kein Grund-/Sickerwasser angetroffen

Datum: 24.01.2020

### **Schichtenverzeichnis BS-2**

Höhe Ansatzpunkt: nicht eingemessen

0,00 - 0,20 m Oberboden: Schluff, tonig, braun, steif

0,20 - 1,00 m Schwemmlehm: Schluff, tonig, ockerbraun, steif

Kein Grund-/Sickerwasser angetroffen

Datum: 24.01.2020



# **Anlage 3**

**Graphische und tabellarische Darstellung  
der Rammsondierungen**

**Schwere Rammsonde (DPH)**

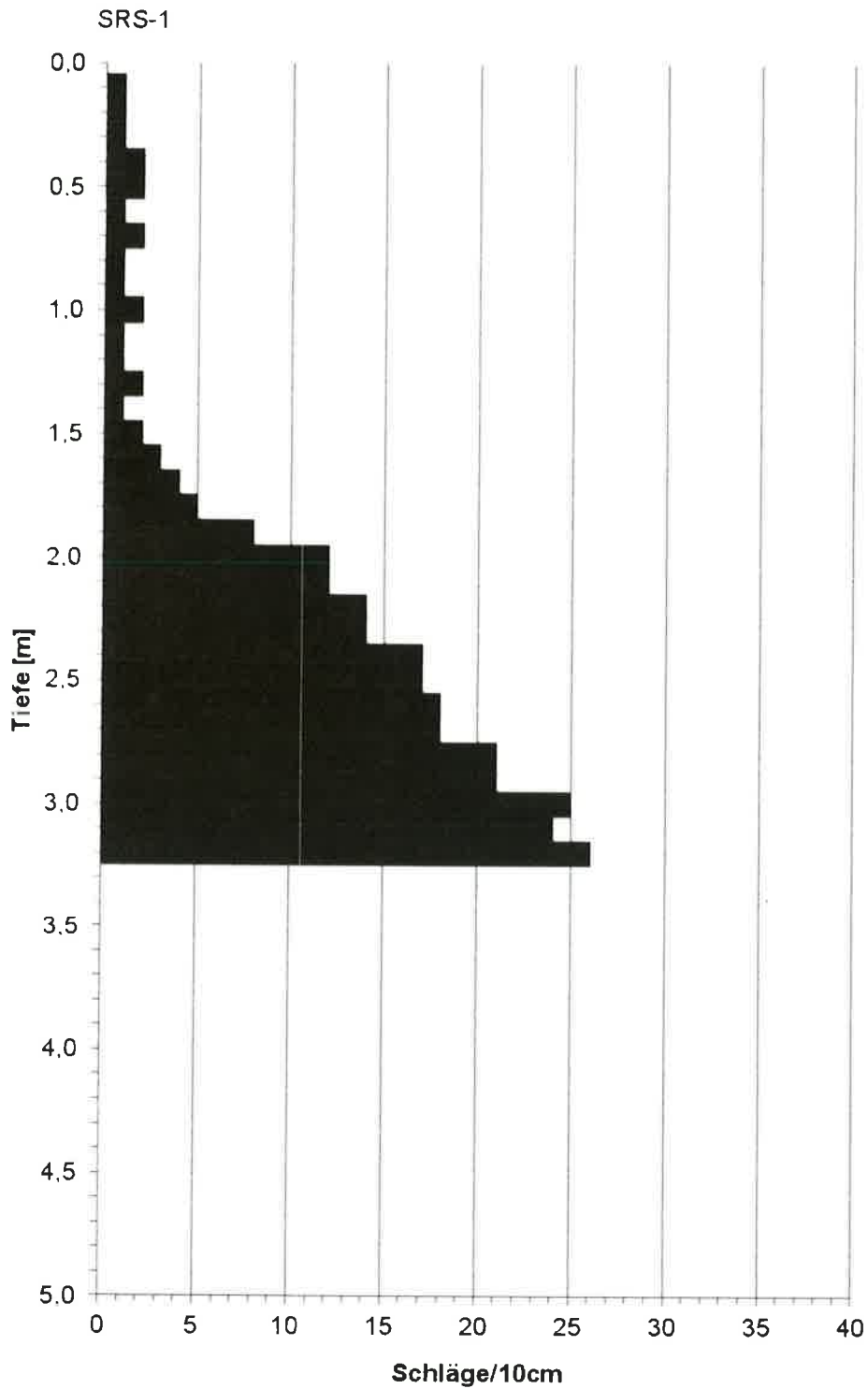


### Schwere Rammsondierung SRS-1

Höhe Ansatzpunkt: ca. 368,60 m ü. NN

Kein Grund-/Sickerwasser angetroffen

Datum: 05.12.2019



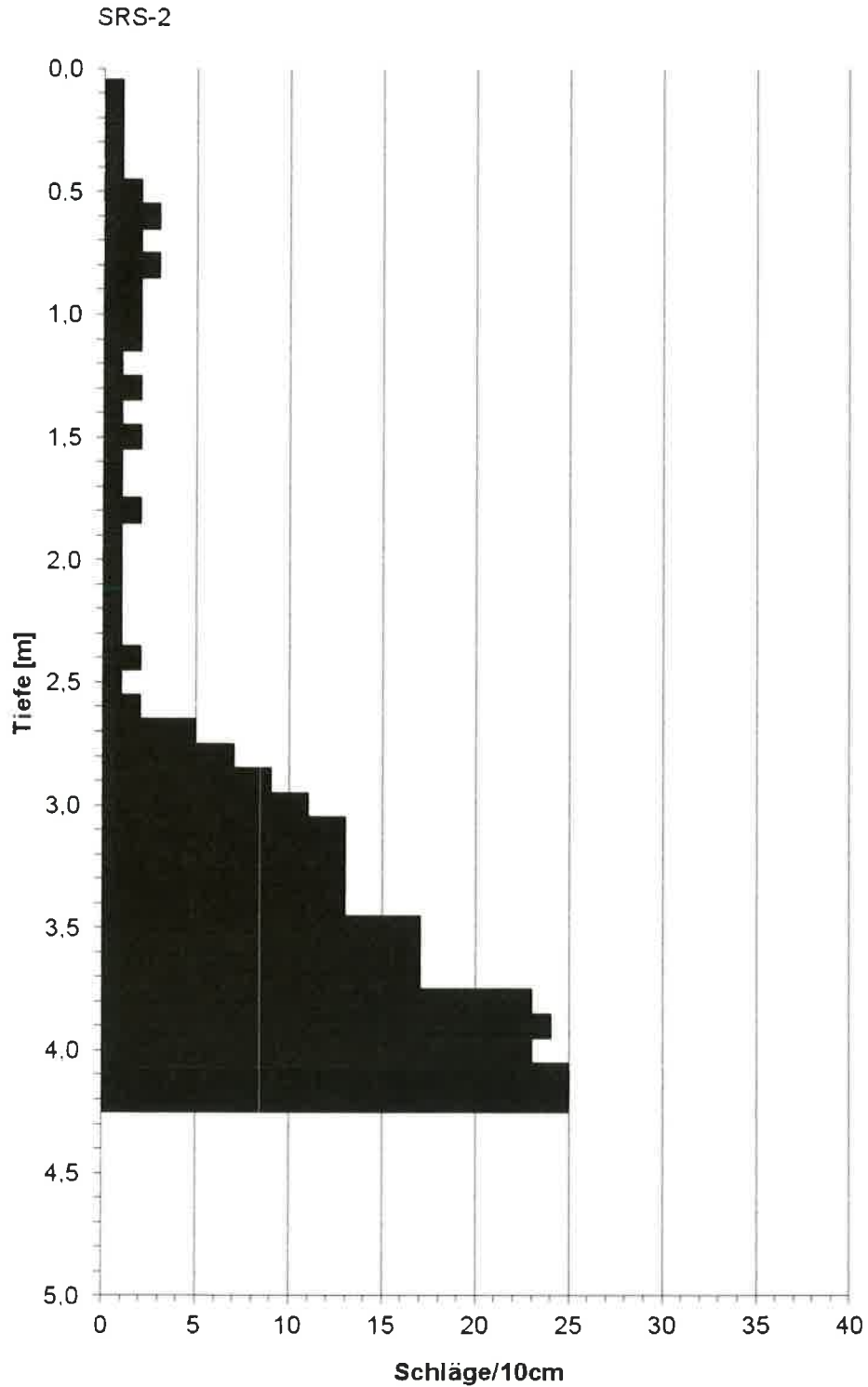


### Schwere Rammsondierung SRS-2

Höhe Ansatzpunkt: ca. 367,60 m ü. NN

Kein Grund-/Sickerwasser angetroffen

Datum: 05.12.2019



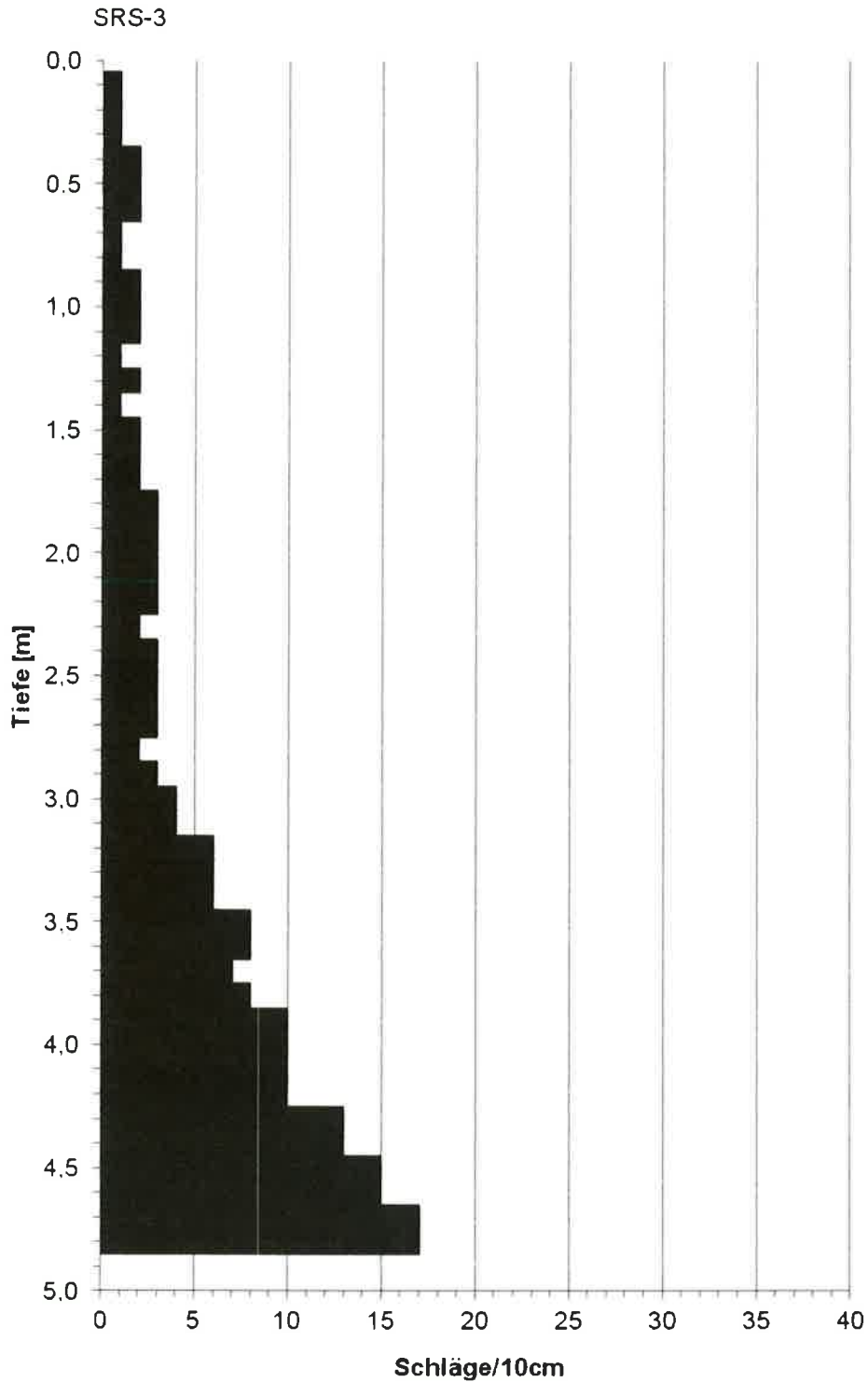


### Schwere Rammsondierung SRS-3

Höhe Ansatzpunkt: ca. 366,60 m ü. NN

Kein Grund-/Sickerwasser angetroffen

Datum: 05.12.2019



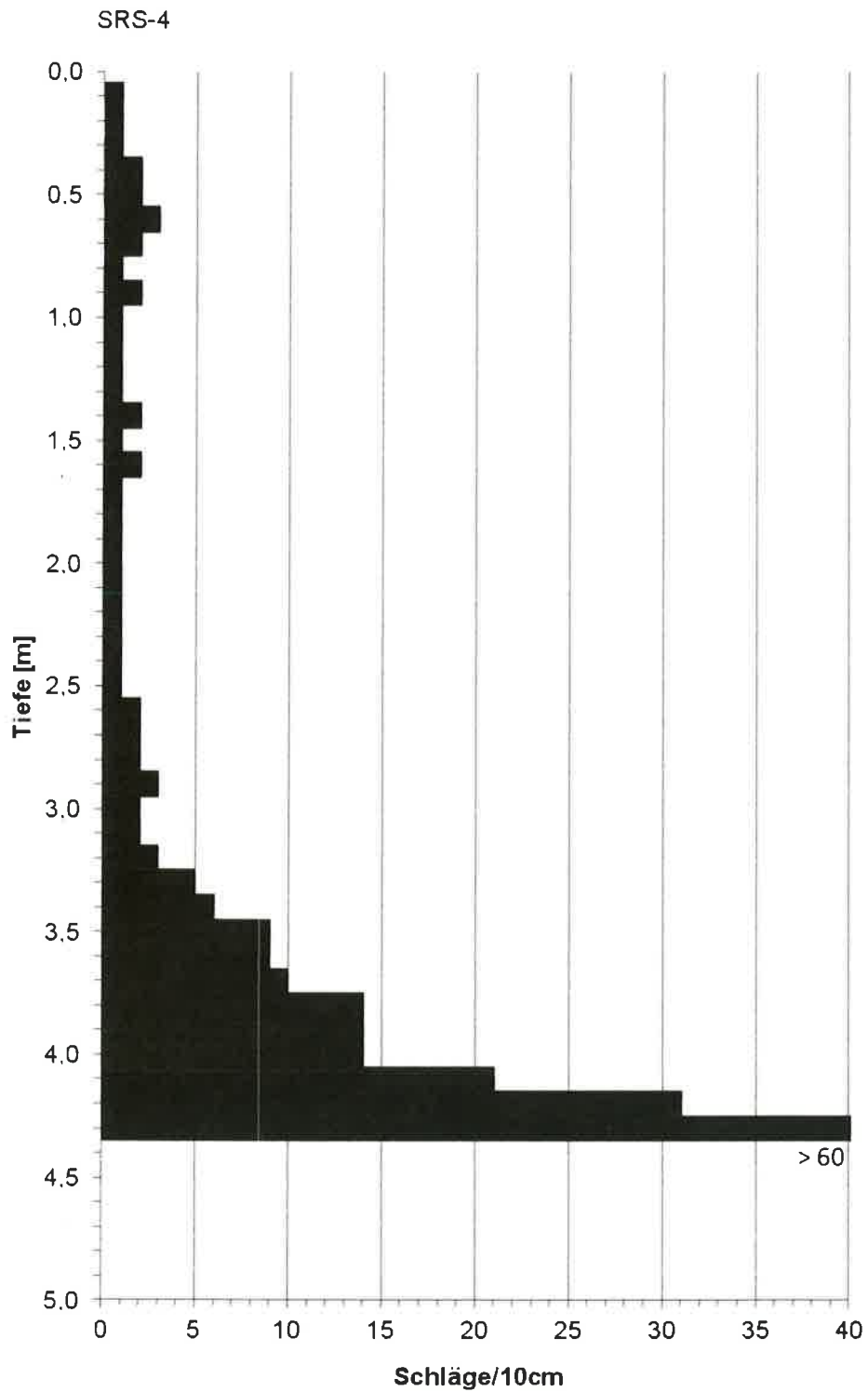


### Schwere Rammsondierung SRS-4

Höhe Ansatzpunkt: ca. 366,30 m ü. NN

Kein Grund-/Sickerwasser angetroffen

Datum: 05.12.2019







**Projekt: Logistikfläche Romina Mineralbrunnen GmbH** **P 3435-19**

**Rammsondierungen DPH**

ausgeführt durch: Althaus

ausgeführt am: 05.12.2019

|                      | <b>SRS-1</b> | <b>SRS-2</b> | <b>SRS-3</b> | <b>SRS-4</b> |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Höhe m NN</b>     | ca. 368,60   | ca. 367,60   | ca. 366,60   | ca. 366,30   |
| <b>bis Tiefe [m]</b> |              |              |              |              |
| 0,0                  |              |              |              |              |
| 0,1                  | 1            | 1            | 1            | 1            |
| 0,2                  | 1            | 1            | 1            | 1            |
| 0,3                  | 1            | 1            | 1            | 1            |
| 0,4                  | 2            | 1            | 2            | 2            |
| 0,5                  | 2            | 2            | 2            | 2            |
| 0,6                  | 1            | 3            | 2            | 3            |
| 0,7                  | 2            | 2            | 1            | 2            |
| 0,8                  | 1            | 3            | 1            | 1            |
| 0,9                  | 1            | 2            | 2            | 2            |
| 1,0                  | 2            | 2            | 2            | 1            |
| 1,1                  | 1            | 2            | 2            | 1            |
| 1,2                  | 1            | 1            | 1            | 1            |
| 1,3                  | 2            | 2            | 2            | 1            |
| 1,4                  | 1            | 1            | 1            | 2            |
| 1,5                  | 2            | 2            | 2            | 1            |
| 1,6                  | 3            | 1            | 2            | 2            |
| 1,7                  | 4            | 1            | 2            | 1            |
| 1,8                  | 5            | 2            | 3            | 1            |
| 1,9                  | 8            | 1            | 3            | 1            |
| 2,0                  | 12           | 1            | 3            | 1            |
| 2,1                  | 12           | 1            | 3            | 1            |
| 2,2                  | 14           | 1            | 3            | 1            |
| 2,3                  | 14           | 1            | 2            | 1            |
| 2,4                  | 17           | 2            | 3            | 1            |
| 2,5                  | 17           | 1            | 3            | 1            |
| 2,6                  | 18           | 2            | 3            | 2            |
| 2,7                  | 18           | 5            | 3            | 2            |
| 2,8                  | 21           | 7            | 2            | 2            |
| 2,9                  | 21           | 9            | 3            | 3            |
| 3,0                  | 25           | 11           | 4            | 2            |
| 3,1                  | 24           | 13           | 4            | 2            |
| 3,2                  | 26           | 13           | 6            | 3            |
| 3,3                  |              | 13           | 6            | 5            |
| 3,4                  |              | 13           | 6            | 6            |
| 3,5                  |              | 17           | 8            | 9            |
| 3,6                  |              | 17           | 8            | 9            |
| 3,7                  |              | 17           | 7            | 10           |
| 3,8                  |              | 23           | 8            | 14           |
| 3,9                  |              | 24           | 10           | 14           |
| 4,0                  |              | 23           | 10           | 14           |
| 4,1                  |              | 25           | 10           | 21           |
| 4,2                  |              | 25           | 10           | 31           |
| 4,3                  |              |              | 13           | > 60         |
| 4,4                  |              |              | 13           |              |
| 4,5                  |              |              | 15           |              |
| 4,6                  |              |              | 15           |              |
| 4,7                  |              |              | 17           |              |
| 4,8                  |              |              | 17           |              |
| 4,9                  |              |              |              |              |
| 5,0                  |              |              |              |              |



## **Anlage 4**

### **Laborprotokolle zur Bestimmung der Zustandsgrenzen**

# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

BV ROMINA Rommelsbach

TerraConcept Consult GmbH

Bearbeiter: Fundinger

Datum: 17.12.2019

Probenbezeichnung: R-1/1

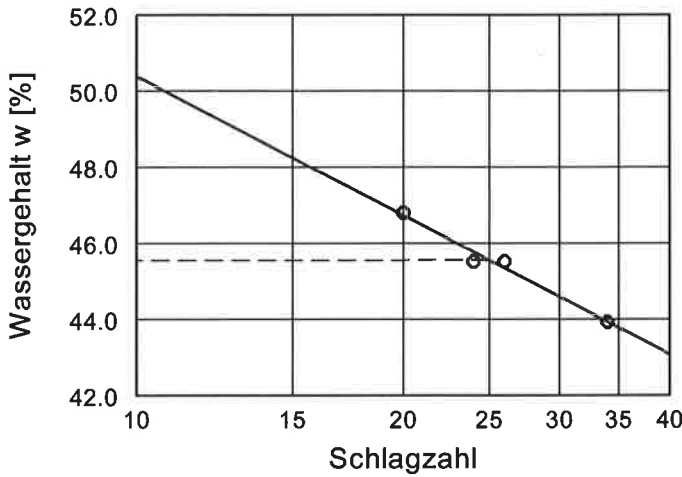
Entnahmestelle: RKS-1

Entnahmetiefe: 1,5 - 2,0 m

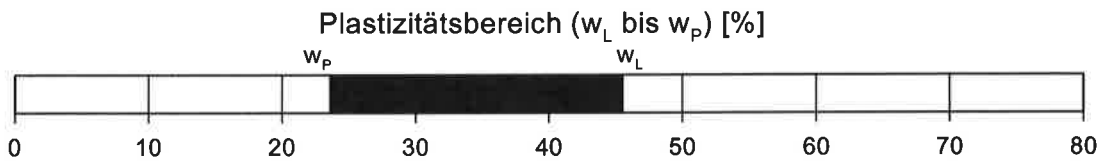
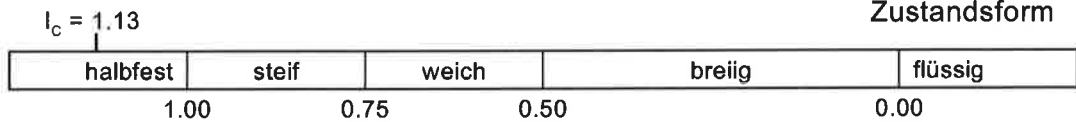
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Liaslehm

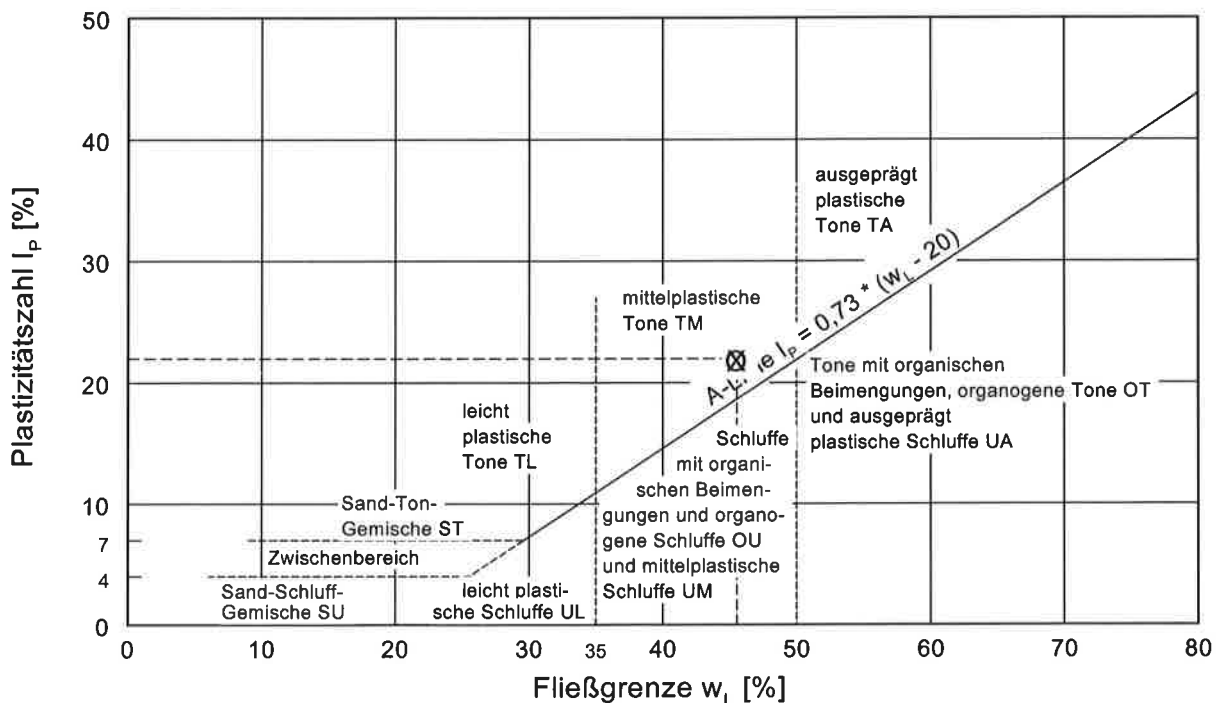
Probe entnommen am: 11.12.2019



|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Wassergehalt $w =$       | 20.8 % |
| Fließgrenze $w_L =$      | 45.5 % |
| Ausrollgrenze $w_p =$    | 23.6 % |
| Plastizitätszahl $I_p =$ | 21.9 % |
| Konsistenzzahl $I_c =$   | 1.13   |



Plastizitätsdiagramm



## Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

**BV ROMINA Rommelsbach**  
 TerraConcept Consult GmbH

Bearbeiter: Fundinger

Datum: 17.12.2019

Probenbezeichnung: R-2/1

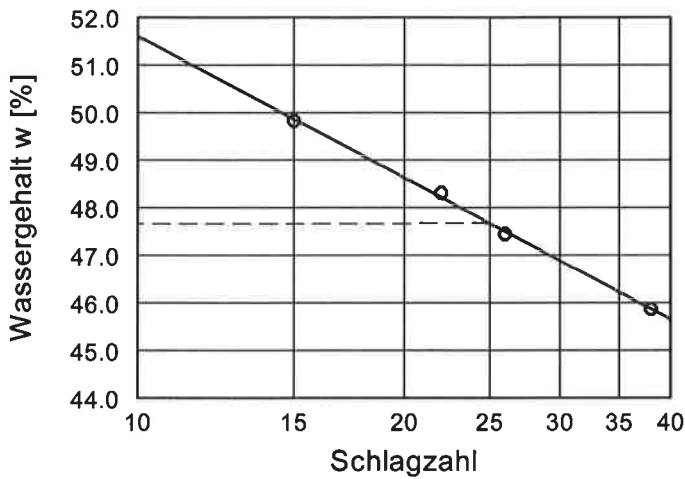
Entnahmestelle: RKS-2

Entnahmetiefe: 1,0 - 2,0 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Liaslehm

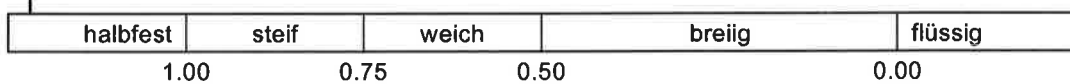
Probe entnommen am: 11.12.2019



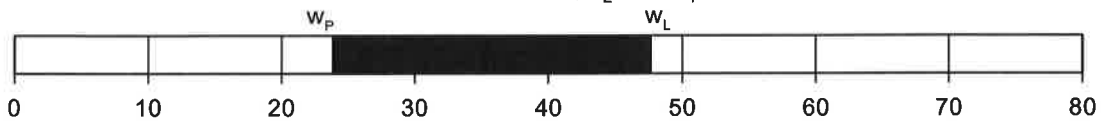
Wassergehalt  $w = 18.6 \%$   
 Fließgrenze  $w_L = 47.7 \%$   
 Ausrollgrenze  $w_p = 23.8 \%$   
 Plastizitätszahl  $I_p = 23.9 \%$   
 Konsistenzzahl  $I_c = 1.22$

$I_c = 1.22$

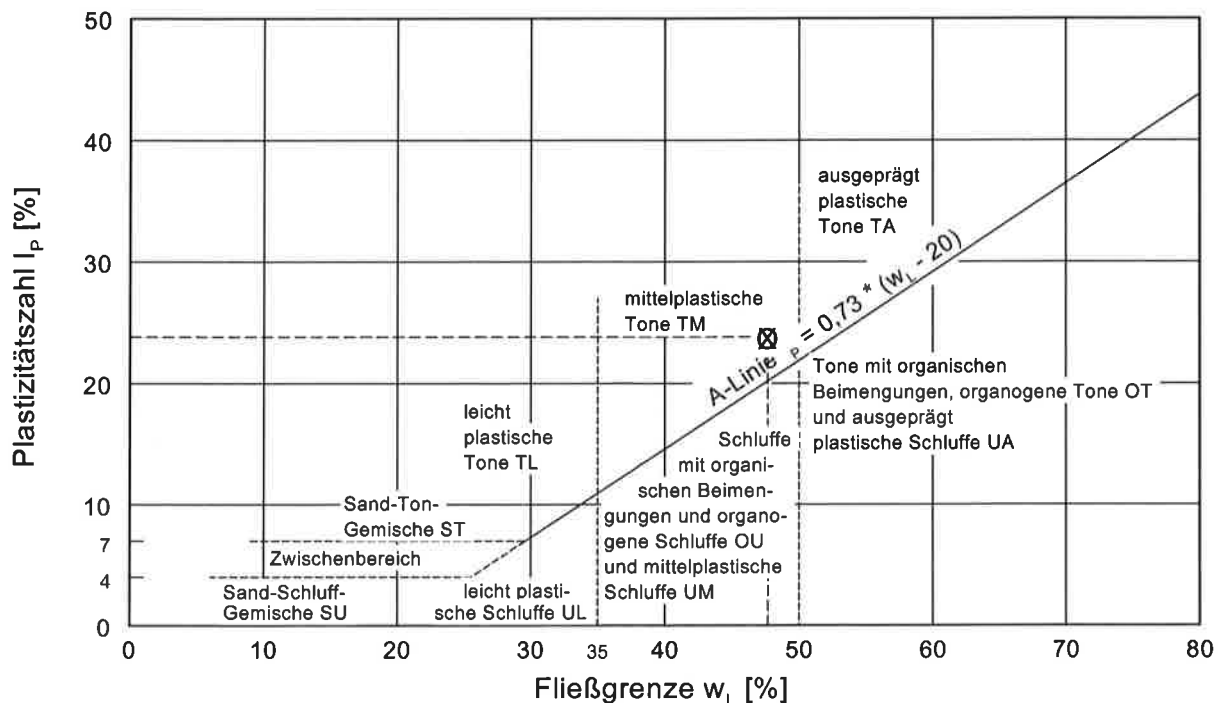
Zustandsform



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_p$ ) [%]



Plastizitätsdiagramm



## Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

BV ROMINA Rommelsbach  
 TerraConcept Consult GmbH

Bearbeiter: Fundinger

Datum: 11.12.2019

Probenbezeichnung: R-3/1

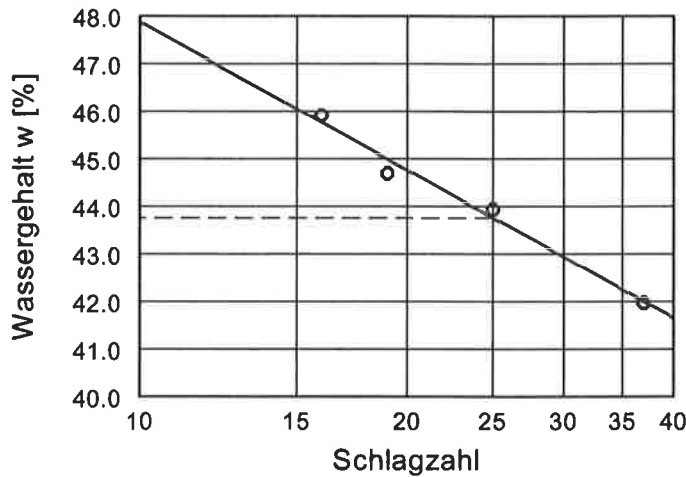
Entnahmestelle: RKS-3

Entnahmetiefe: 1,0 - 2,0 m

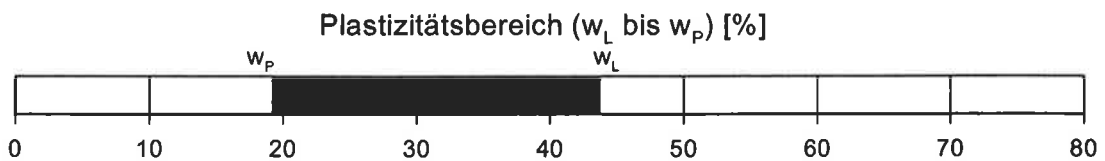
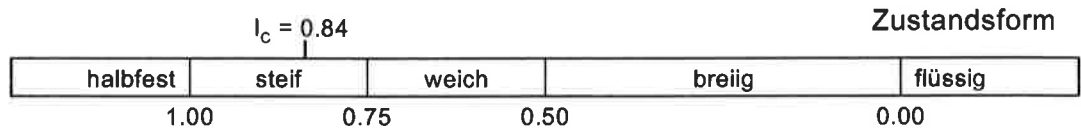
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Liaslehm

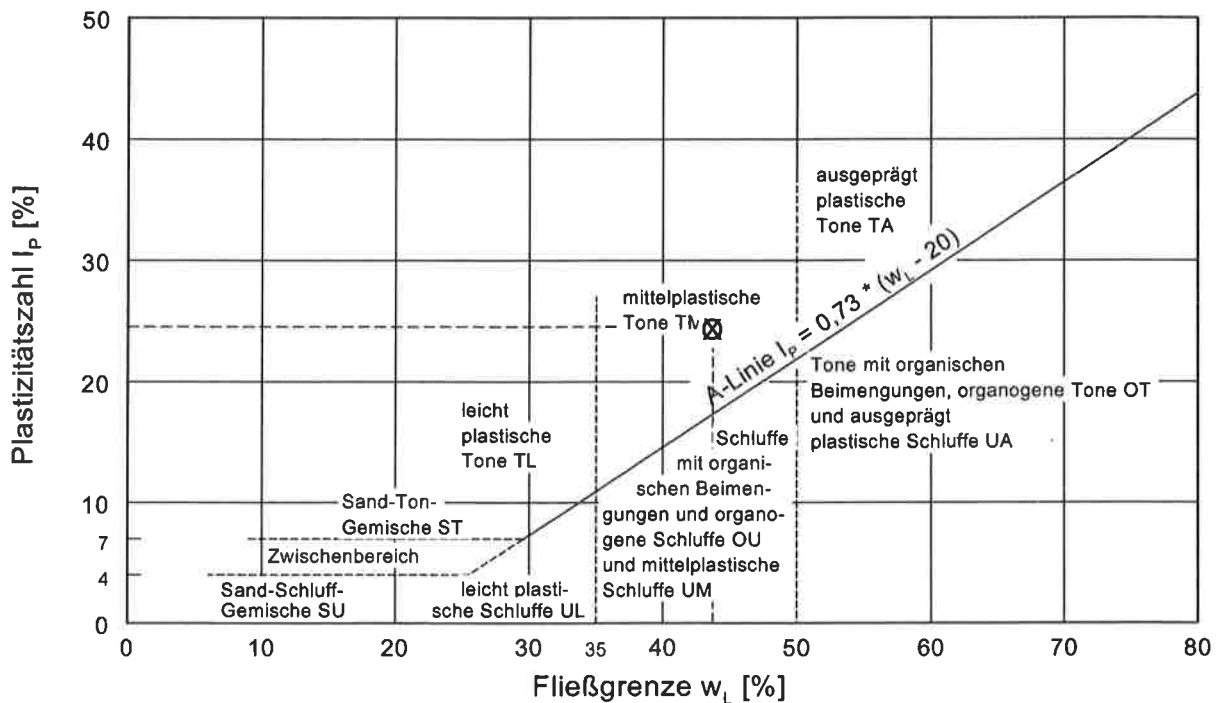
Probe entnommen am: 09.12.2019



|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Wassergehalt w =         | 23.2 % |
| Fließgrenze $w_L$ =      | 43.8 % |
| Ausrollgrenze $w_P$ =    | 19.2 % |
| Plastizitätszahl $I_P$ = | 24.6 % |
| Konsistenzzahl $I_C$ =   | 0.84   |



Plastizitätsdiagramm



## Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

BV ROMINA Rommelsbach  
 TerraConcept Consult GmbH

Bearbeiter: Fundinger

Datum: 11.12.2019

Probenbezeichnung: R-4/1

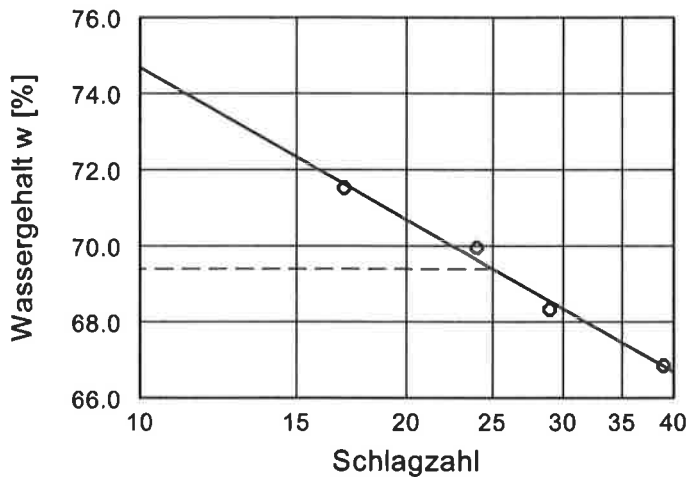
Entnahmestelle: RKS-4

Entnahmetiefe: 1,4 - 2,0 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Liaslehm

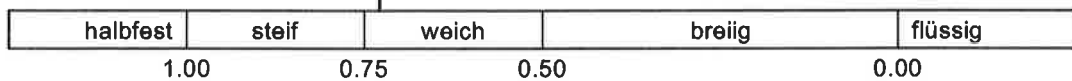
Probe entnommen am: 09.12.2019



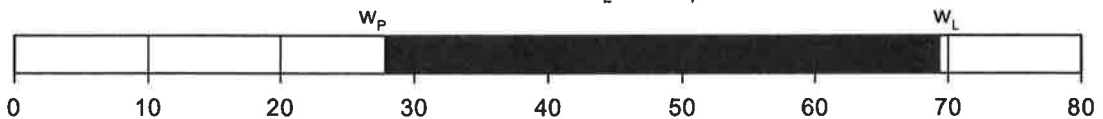
|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Wassergehalt w =         | 39.1 % |
| Fließgrenze $w_L$ =      | 69.4 % |
| Ausrollgrenze $w_p$ =    | 27.8 % |
| Plastizitätszahl $I_p$ = | 41.6 % |
| Konsistenzzahl $I_c$ =   | 0.73   |

Zustandsform

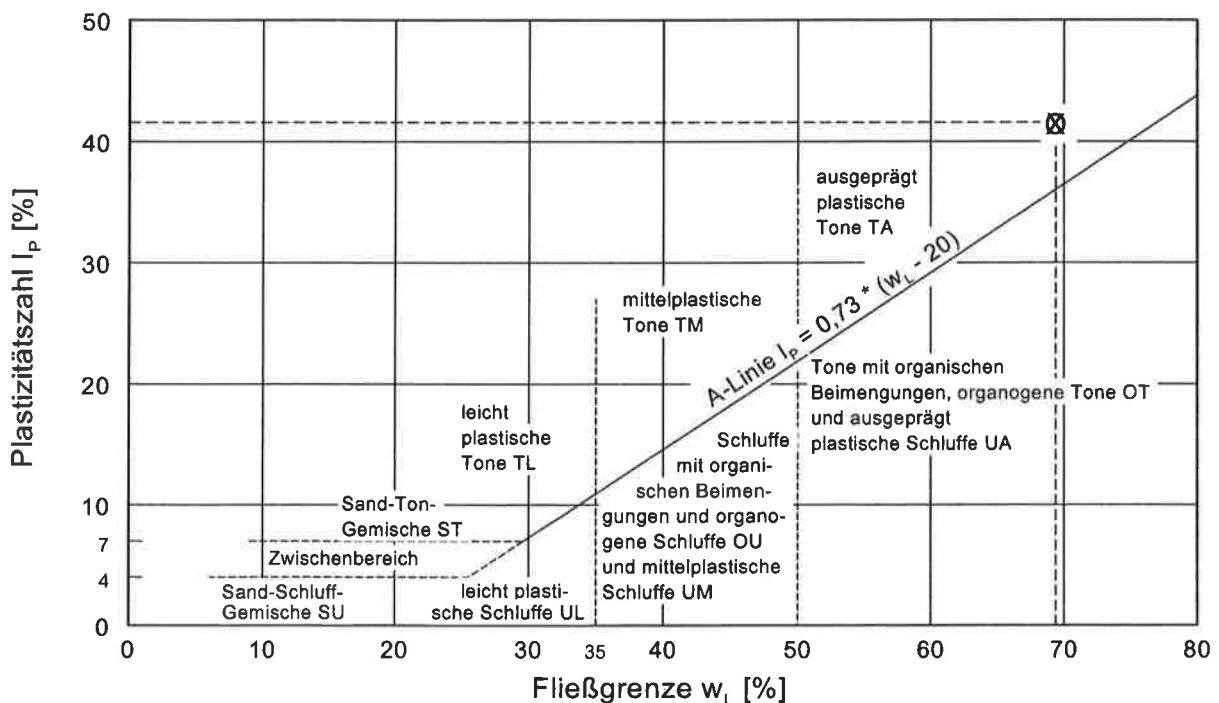
$I_c = 0.73$



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_p$ ) [%]



Plastizitätsdiagramm



ihb GmbH  
 Albrechtstraße 29  
 72072 Tübingen  
 Tel.: 07071/76760

Projekt-Nr.: B 190303/9

Anlage:

**Wassergehalt** nach DIN 18 121

**BV ROMINA Rommelsbach**

**TerraConcept Consult GmbH**

Bearbeiter: Fundinger

Datum: 17.12.2019

Probenbezeichnung: R  
 Entnahmestelle: RKS-1 + 2

Entnahmetiefe:  
 Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Liaslehm

Probe entnommen am: 11.12.2019

|                                |        |        |  |  |  |
|--------------------------------|--------|--------|--|--|--|
| Probenbezeichnung:             | R-1/1  | R-2/1  |  |  |  |
| Feuchte Probe + Behälter [g]:  | 281.76 | 286.72 |  |  |  |
| Trockene Probe + Behälter [g]: | 243.72 | 251.23 |  |  |  |
| Behälter [g]:                  | 60.59  | 60.64  |  |  |  |
| Porenwasser [g]:               | 38.04  | 35.49  |  |  |  |
| Trockene Probe [g]:            | 183.13 | 190.59 |  |  |  |
| Wassergehalt [%]               | 20.77  | 18.62  |  |  |  |

|                                |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|
| Probenbezeichnung:             |  |  |  |  |  |
| Feuchte Probe + Behälter [g]:  |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe + Behälter [g]: |  |  |  |  |  |
| Behälter [g]:                  |  |  |  |  |  |
| Porenwasser [g]:               |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe [g]:            |  |  |  |  |  |
| Wassergehalt [%]               |  |  |  |  |  |

|                                |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|
| Probenbezeichnung:             |  |  |  |  |  |
| Feuchte Probe + Behälter [g]:  |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe + Behälter [g]: |  |  |  |  |  |
| Behälter [g]:                  |  |  |  |  |  |
| Porenwasser [g]:               |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe [g]:            |  |  |  |  |  |
| Wassergehalt [%]               |  |  |  |  |  |

|                                |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|
| Probenbezeichnung:             |  |  |  |  |  |
| Feuchte Probe + Behälter [g]:  |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe + Behälter [g]: |  |  |  |  |  |
| Behälter [g]:                  |  |  |  |  |  |
| Porenwasser [g]:               |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe [g]:            |  |  |  |  |  |
| Wassergehalt [%]               |  |  |  |  |  |

|                                |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|
| Probenbezeichnung:             |  |  |  |  |  |
| Feuchte Probe + Behälter [g]:  |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe + Behälter [g]: |  |  |  |  |  |
| Behälter [g]:                  |  |  |  |  |  |
| Porenwasser [g]:               |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe [g]:            |  |  |  |  |  |
| Wassergehalt [%]               |  |  |  |  |  |

ihb GmbH  
 Albrechtstraße 29  
 72072 Tübingen  
 Tel.: 07071/76760

Projekt-Nr.: B 190303/8  
 Anlage:

**Wassergehalt** nach DIN 18 121

**BV ROMINA Rommelsbach**  
 TerraConcept Consult GmbH

Bearbeiter: Fundinger

Datum: 11.12.2019

Probenbezeichnung: R  
 Entnahmestelle: RKS-3 + 4  
 Entnahmetiefe:  
 Art der Entnahme: gestört  
 Bodenart: Liaslehm  
 Probe entnommen am: 09.12.2019

|                                |        |        |  |  |  |
|--------------------------------|--------|--------|--|--|--|
| Probenbezeichnung:             | R-3/1  | R-4/1  |  |  |  |
| Feuchte Probe + Behälter [g]:  | 255.35 | 209.90 |  |  |  |
| Trockene Probe + Behälter [g]: | 218.72 | 168.09 |  |  |  |
| Behälter [g]:                  | 60.91  | 61.22  |  |  |  |
| Porenwasser [g]:               | 36.63  | 41.81  |  |  |  |
| Trockene Probe [g]:            | 157.81 | 106.87 |  |  |  |
| Wassergehalt [%]               | 23.21  | 39.12  |  |  |  |

|                                |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|
| Probenbezeichnung:             |  |  |  |  |  |
| Feuchte Probe + Behälter [g]:  |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe + Behälter [g]: |  |  |  |  |  |
| Behälter [g]:                  |  |  |  |  |  |
| Porenwasser [g]:               |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe [g]:            |  |  |  |  |  |
| Wassergehalt [%]               |  |  |  |  |  |

|                                |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|
| Probenbezeichnung:             |  |  |  |  |  |
| Feuchte Probe + Behälter [g]:  |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe + Behälter [g]: |  |  |  |  |  |
| Behälter [g]:                  |  |  |  |  |  |
| Porenwasser [g]:               |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe [g]:            |  |  |  |  |  |
| Wassergehalt [%]               |  |  |  |  |  |

|                                |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|
| Probenbezeichnung:             |  |  |  |  |  |
| Feuchte Probe + Behälter [g]:  |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe + Behälter [g]: |  |  |  |  |  |
| Behälter [g]:                  |  |  |  |  |  |
| Porenwasser [g]:               |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe [g]:            |  |  |  |  |  |
| Wassergehalt [%]               |  |  |  |  |  |

|                                |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|
| Probenbezeichnung:             |  |  |  |  |  |
| Feuchte Probe + Behälter [g]:  |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe + Behälter [g]: |  |  |  |  |  |
| Behälter [g]:                  |  |  |  |  |  |
| Porenwasser [g]:               |  |  |  |  |  |
| Trockene Probe [g]:            |  |  |  |  |  |
| Wassergehalt [%]               |  |  |  |  |  |