



baugrund süd

Gesellschaft  
für Bohr- und Geotechnik mbH

BauGrund Süd, Maybachstraße 5, 88410 Bad Wurzach

## Geotechnischer Bericht

ZUR

Erschließung des Baugebietes „Beckenkreuz IV“  
in 88471 Laupheim-Untersulmentingen

---

Aktenzeichen: AZ 13 10 008

Bauvorhaben: Erschließung Baugebiet „Beckenkreuz IV“  
88471 Laupheim-Untersulmentingen  
- Baugrunderkundung -

Auftraggeber: Stadt Laupheim  
Baudezernat – Tiefbau  
Marktplatz 1  
88471 Laupheim

Planer: Ingenieurbüro Muffler  
König-Wilhelm-Straße 7  
88471 Laupheim

Bearbeitung: Dipl.-Geol. Oliver Wahl

Datum: 20.11.2013

## Inhaltsverzeichnis

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Vorgang</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Geomorphologie des Untersuchungsgebietes</b> .....                 | <b>5</b>  |
| 2.1      | Morphologie und Geologie des Untersuchungsareals .....                | 5         |
| 2.2      | Allgemeine Baugrundbeschreibung.....                                  | 5         |
| <b>3</b> | <b>Geotechnisches Baugrundmodell</b> .....                            | <b>6</b>  |
| 3.1      | Bautechnische Beschreibung der Schichten .....                        | 6         |
| 3.2      | Bodenmechanische Laborversuche .....                                  | 8         |
| 3.2.1    | Wassergehaltsbestimmungen .....                                       | 8         |
| 3.2.2    | Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN18 122 .....                   | 9         |
| 3.2.3    | Bestimmung der Korngrößenverteilung .....                             | 9         |
| 3.3      | Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung .....                         | 10        |
| <b>4</b> | <b>Georisiken</b> .....   | <b>11</b> |
| 4.1      | Seismische Aktivität .....  | 11        |
| <b>5</b> | <b>Hydrogeologie</b> .....  | <b>11</b> |
| 5.1      | Grundwasserverhältnisse.....  | 11        |
| 5.2      | Versickerungsfähigkeit der Böden nach ATV DWA A-138 (April 2005)..... | 12        |
| 5.3      | Geothermische Standortbeurteilung.....                                | 13        |
| <b>6</b> | <b>Gründung und baubegleitende Maßnahmen</b> .....                    | <b>14</b> |
| 6.1      | Baugrundkriterien.....  | 14        |
| 6.2      | Gründung nicht unterkellerten Wohnhäuser.....                         | 14        |
| 6.3      | Gründung unterkellerten Wohnhäuser .....                              | 16        |
| 6.4      | Baugruben .....   | 18        |
| 6.5      | Trockenhaltung des Bauwerks .....                                     | 18        |
| 6.6      | Straßenbau .....  | 19        |
| 6.7      | Kanalbau.....   | 19        |
| <b>7</b> | <b>Hinweise und Empfehlungen</b> .....                                | <b>21</b> |

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

## Anlagenverzeichnis

- 1.1 Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 15 000
- 1.2 Lageplan mit Untersuchungspunkten, ohne Maßstab
- 2.1 Geotechnischer Baugrundschnitt, M.d.H. 1 : 50, M.d.L. unmaßstäblich
- 2.2 Pegelausbausskizze temporäre Grundwassermessstelle BK 1/13
- 3 Fotodokumentation der Bohrkerne
- 4 Ergebnisse des Sickersversuches im Bohrloch BK 1/13
- 5.1-4 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
- 6 Geothermische Standortbeurteilung
- 7.1-4 Grundbruch- und Setzungsberechnung

## Verwendete Unterlagen und Literatur

- [1] Ingenieurbüro Muffler, König-Wilhelm-Straße 7, 88471 Laupheim, Lageplan Baugebiet mit Lage der geplanten Versickerungsanlage, ohne Maßstab, vom 27.09.13.
- [2.1] Geologische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 7724 Ehingen, Maßstab 1 : 25 000.
- [2.2] Topographische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 7724 Ehingen, Maßstab 1 : 25 000.
- [3.1] DIN EN 1997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1 Allgemeine Regeln.
- [3.2] DIN EN 1997-1/NA Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1 Allgemeine Regeln.
- [3.3] DIN EN 1997-2, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds.
- [3.4] DIN EN 1997-2/NA, Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter.
- [4] Prinz, Helmut; Strauß, Roland: Abriss der Ingenieurgeologie. 4. Auflage, 674 Seiten, 403 Abb., Elsevier GmbH, München 2006.
- [5] Grundbau Taschenbuch - Teil 1-3, 7. überarbeitete und aktualisierte Auflage - Oktober 2009, Verlag Ernst & Sohn.
- [6] Handbuch ZTVE-StB: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Kommentar mit Kompendium erd- und Felsbau unter Berücksichtigung der nationalen und europäischen Regelwerke, 4. Auflage, Fassung 2009 von Prof. Rudolf Floss.
- [7] Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, Innenministerium Baden-Württemberg, Maßstab 1 : 350 000.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmentingen

## 1 Vorgang

Das Baudezernat – Tiefbau der Stadt Laupheim beabsichtigt die Erschließung des Baugebietes „Beckenkreuz IV“ im Südwesten des Ortsteils Untersulmentingen der Stadt Laupheim. Aus diesem Grunde wurde die Firma BauGrund Süd beauftragt, die geologische und hydrogeologische Beschaffenheit des Untergrundes zu erkunden und die Ergebnisse, gemäß Eurocode 7, in einem geotechnischen Bericht nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN EN 1997-2 zusammenfassend darzustellen und gründungstechnisch zu bewerten.

Zu diesem Zweck kamen am 11.11.2013 zwei Rammkernbohrungen BK 1-2/13 bis in eine Tiefe von maximal 8,00 m zur Ausführung. In Ergänzung zu den Aufschlussbohrungen wurden zur Ermittlung des Lagerungszustandes bzw. der Festigkeit des Untergrundes sowie zur weiteren Abgrenzung der geologischen Schichtenfolge zwei Rammsondierungen DPH 1-2/13 mit der schweren Rammsonde (dynamic probing heavy) nach DIN EN ISO 22476-2 abgeteuft. Die Sondierungen endeten in Tiefen von 7,90 m und 6,10 m.

Die Lage des Untersuchungsgebietes ist in der Anlage 1.1 ersichtlich. Die Lage der Untersuchungspunkte wird in Anlage 1.2 dargestellt.

Die erkundeten Bodenschichten wurden nach DIN EN ISO 14688-1, DIN 18196, DIN 18300 und DIN 18301 ingenieurgeologisch aufgenommen, wobei eine Zusammenfassung stratigraphisch gleicher Schichten stattfand. Daher können diese von der genormten Farbgebung für Lockergesteine teilweise abweichen. Anschließend erfolgte aus den Bodenprofilen der Rammkernbohrungen und den Rammsondierdiagrammen die Erarbeitung eines geotechnischen Baugrundschnittes. Dieser wird in der Anlage 2.1 wiedergegeben. Die Bohrung BK 1/13, die im Bereich der geplanten Versickerungs- bzw. Retentionsmulde abgeteuft wurde, wurde zu einer temporären 3“-Grundwasserbeobachtungsmessstelle ausgebaut. Der Pegelausbau ist schematisch in Anlage 2.2 dargestellt.

Die mit den Aufschlussbohrungen zu Tage geförderten Böden sind in der Fotodokumentation der Anlage 3 abgebildet. Zur Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes wurde in der Bohrung BK 1/13 ein Sickerversuch im Bohrloch durchgeführt. Das Ergebnis gibt die Anlage 4 wieder.

Aus den großkalibrigen Aufschlussbohrungen wurden gestörte Bodenproben entnommen und im Erdbaulabor der Firma BauGrund Süd bodenmechanisch untersucht. Die Ergebnisse der Laborversuche sind in den Anlagen 5.1-4 dargestellt.

Die Anlage 6 enthält eine Bewertung des Untergrundes hinsichtlich der Nutzung oberflächennaher Erdwärme zum Heizen und Kühlen des Bauwerks.

Die Ergebnisse der für das Bauvorhaben exemplarisch durchgeführten Grundbruch- und Setzungsberechnungen sind in den Anlagen 7.1-4 dargestellt.

Vor Beginn der Feldarbeiten wurden die Untersuchungspunkte von Mitarbeitern des Ingenieurbüro Muffler nach Lage und Höhe eingemessen.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmentingen

## 2 Geomorphologie des Untersuchungsgebietes

### 2.1 Morphologie und Geologie des Untersuchungsareals

Das Untersuchungsgebiet befindet sich am Südwestrand des Ortsteils Untersulmentingen der Stadt Laupheim. Nach Osten hin grenzt das Untersuchungsgebiet an ein bestehendes Wohngebiet. Südlich und westlich des geplanten Baugebietes befinden sich landwirtschaftlich genutzte Flächen. Die Versickerungs- bzw. Retentionsmulde für das Wohngebiet soll nördlich des derzeitigen Müssenweges, oberhalb der relativ steilen Böschung zum Schlaibach hin, angeordnet werden.

Zum momentanen Zeitpunkt wird das Untersuchungsgebiet von landwirtschaftlicher Nutzfläche eingenommen (östlicher Bereich Wiesenfläche, westlicher Bereich Ackerbau). Das Gelände fällt relativ flach nach Norden hin, zum Schlaibach, ein. Nördlich des Müssenweges fällt das Gelände zum Schlaibach steiler ein. Die Ansatzhöhen der Untersuchungspunkte variieren um maximal 4,45 m.

Geologisch betrachtet besteht der tiefere Untergrund im Untersuchungsgebiet aus tertiären Sedimenten der Unteren Süßwassermolasse. Diese Ablagerungen entstanden während der alpidischen Gebirgsbildung in einem Becken, das sich im nördlichen Vorland der Alpen befand. Dieses Molassebecken nahm den durch Erosion entstandenen Gesteinsschutt der sich herausbildenden Alpen auf. Durch die zeitlich begrenzte Öffnung und Schließung von Verbindungen zum Meer (der Tethys) kam es zu einem Wechsel von marinen und limnischen Ablagerungen. Im Pleistozän, genauer während der Rißeiszeit, wurden über den Molassesedimenten Schotter abgelagert. Über die Jahrtausende hinweg bildete sich durch physikalische und chemische Verwitterung der rißeiszeitlichen Schotter eine lehmige Verwitterungsdecke. In durch Bebauung unbeeinflussten Bereichen schließt eine natürliche, humose Oberbodenaufgabe die Schichtenabfolge nach oben hin ab. In Bereichen von Feldwegen sowie anderer Bebauung ist mit Auffüllböden zu rechnen.

### 2.2 Allgemeine Baugrundbeschreibung

Mit den abgeteuften Aufschlüssen kann für das projektierte Areal folgende generalisierte Schichtenabfolge zugrunde gelegt werden:

|   |              |
|---|--------------|
| <b>Mutterboden</b>  | (rezent)     |
| <b>Verwitterungsdecke</b><br>(schwach feinsandige Schluffe)     | (Holozän)    |
| <b>Rißeiszeitliche Schotter</b><br>(sandige Kiese)              | (Pleistozän) |
| <b>Untere Süßwassermolasse</b><br>(Sande, Ton-Schluff-Gemische) | (Tertiär)    |

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

Im Einzelnen wurden die erkundeten Schichten mit den abgeteufte Bohrungen und Sondierungen in folgenden Schichttiefen festgestellt:

**Tabelle 1: Schichtglieder und Schichttiefen Bohrungen (bis m unter Gelände)**

| Aufschluss | Mutterboden | Verwitterungsdecke | Rißeiszeitliche Schotter | Untere Süßwassermolasse |
|------------|-------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| BK 1/13    | 0,00 - 0,35 | 0,35 - 1,30        | 1,30 - 1,50              | 1,50 - 6,00*            |
| BK 2/13    | 0,00 - 0,30 | 0,30 - 1,30        | 1,30 - 5,10              | 5,10 - 8,00*            |

\* Endtiefe Bohrung

**Tabelle 2: Schichtglieder und Schichttiefen Sondierungen (bis m unter Gelände)**

| Aufschluss** | Mutterboden | Verwitterungsdecke | Rißeiszeitliche Schotter | Untere Süßwassermolasse |
|--------------|-------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| DPH 1/13     | 0,00 - 0,30 | 0,30 - 0,90        | 0,90 - 5,80              | 5,80 - 6,10*            |
| DPH 2/13     | 0,00 - 0,30 | 0,30 - 0,90        | 0,90 - 5,60              | 5,60 - 7,90*            |

\* Endtiefe Sondierung

\*\* Da es sich bei Rammsondierungen um ein indirektes Aufschlussverfahren handelt (keine Bodenförderung), sind die Schichtgrenzen als Interpolation zu betrachten

## 3 Geotechnisches Baugrundmodell

### 3.1 Bautechnische Beschreibung der Schichten

Durch Interpolation der punktuellen Aufschlüsse wurde unter Berücksichtigung der geologischen Zusammenhänge ein 2-dimensionales Baugrundmodell entwickelt. Der Aufbau, die Zusammensetzung sowie die bautechnischen Eigenschaften des Untergrundes werden nachfolgend beschrieben. Das für das Bauvorhaben zugrunde gelegte Baugrundmodell ist in der Anlage 2.1 wiedergegeben.

#### Mutterboden

Das Untersuchungsareal wird flächig von einer rd. 0,3 m mächtigen Mutterbodenaufgabe bedeckt. Diese besteht aus einem dunkelbraun gefärbten, erdfeuchten, schwach feinsandigen bis feinsandigen sowie schwach tonigen Schluff, der gering durchwurzelt ist. Gemäß der ingenieurgeologischen Ansprache besitzt der Oberboden eine weiche Konsistenz. Dies wird durch die gemessenen Schlagzahlen von  $N_{10} = 1$  bis 2 ( $N_{10}$  = Anzahl der Schläge pro 10 cm Eindringtiefe des Sondiergestänges) bestätigt.

Nach DIN 18300 fällt der Mutterboden in die Bodenklasse 1.

Aus bautechnischer Sicht ist der Mutterboden nicht tragfähig und daher lediglich für statisch nicht relevante Geländeangleichungen zu verwenden.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

## **Verwitterungsdecke**

Unterhalb der Oberbodenauflage wurden mit beiden abgeteuften Bohrungen rötlichbraun bis graubraun gefärbte Verwitterungsböden erkundet.

Aus bautechnischer Sicht handelt es sich um feinsandige Ton-Schluff-Gemische, deren Konsistenz gemäß der manuellen Prüfung im weichen Bereich liegt. Die Konsistenzansprache wird durch die gemessenen Schlagzahlen von  $N_{10} = 1$  bis 2 bestätigt.

Nach DIN 18300 fällt die lehmige Verwitterungsdecke in die Bodenklasse 4.

Der Verwitterungslehm ist als sehr witterungsempfindlich einzustufen. Er weicht im Kontakt mit Wasser rasch auf, mit der Folge, dass dadurch seine ohnehin nur geringe Tragfähigkeit weiter reduziert wird.

## **Rißeiszeitliche Schotter**

Im Liegenden der Verwitterungsdecke folgen rißeiszeitliche Schotter, die im Baugebiet bis in eine Tiefe von rd. 5,5 m u. GOK reichen. Zum Schlaibach hin keilen die Schotter aus. In der Bohrung BK 2/13 wurde lediglich eine Restmächtigkeit von 0,2 m der rißeiszeitlichen Schotter erkundet.

Gemäß der ingenieurgeologischen Aufnahme handelt es sich überwiegend um braungrau bis grau gefärbte, weit gestufte Kiese mit variierendem Sand- und Schluffanteil. Der Sandanteil variiert zwischen sandig bis stark sandig. Der Feinkornanteil nimmt zur Tiefe hin ab.

Nach den gemessenen Schlagzahlen von  $N_{10} = 1 - 13$  weisen die Schotter eine lockere bis mitteldichte Lagerungsdichte auf. In den Rammsondierungen wurde bis in eine Tiefe von 3,0 m u. GOK eine durchweg mitteldichte Lagerung festgestellt. Zwischen 3,0 m und 5,0 m u. GOK gehen die Schlagzahlen auf Werte von  $N_{10} = 1 - 4$  zurück, was auf Sand- und Schlufflinsen, möglicherweise auch auf eine einkörnige Zusammensetzung der Kiese zurückzuführen ist.

Nach DIN 18300 sind die rißeiszeitlichen Schotter der Bodenklasse 3 (Feinkornanteil  $\leq 15$  Gew.-%) und der Bodenklasse 4 (Feinkornanteil  $\geq 15$  Gew.-%) zuzuordnen.

Die Tragfähigkeit der Schotter ist je nach Lagerungsdichte mit mäßig (locker gelagert) bis gut (mitteldichte Lagerung) anzugeben.

## **Untere Süßwassermolasse**

Die Ablagerungen der Unteren Süßwassermolasse wurden in allen Aufschlüssen unterhalb der rißeiszeitlichen Schotter bis zur jeweiligen Aufschlussendtiefe erkundet. Dabei wurden zwei Ausbildungen bzw. Fazies erbohrt. Zum einen eine sandige Fazies und zum anderen eine bindige, d.h. lehmhaltige Fazies.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmentingen

## Molassesand

Tertiäre Sande wurden in beiden Bohrungen unterhalb der rißeiszeitlichen Schotter angetroffen. Aus bautechnischer Sicht handelt es sich überwiegend um grau gefärbte, schwach schluffige Fein- bis Mittelsande. Lokal können höhere Feinkornanteile vorliegen. Die Sande sind Grundwasser führend. Nach den gemessenen Schlagzahlen von  $N_{10} = 10 - 140$  sind die Molassesande mitteldicht bis sehr dicht gelagert.

Nach DIN 18300 sind die Molassesande der Bodenklasse 3 zuzuordnen. Bei Wassersättigung neigen die Sande dazu, im Anschnitt auszufließen (Bodenklasse 2).

Die mindestens mitteldicht gelagerten Molassesande sind als gut bis sehr gut tragfähig einzustufen.

## Bindige Molasse

Neben den sandigen Molasseablagerungen bestehen die Sedimente auch aus bindigen Böden. Gemäß der ingenieurgeologischen Aufnahme handelt es sich um bunt gefärbte (grau, hellbeige, rötlich, grünlich) Ton-Schluff-Gemische (Bereich geplante Versickerungsanlage) bzw. um grau gefärbte, feinsandige bis stark feinsandige Schluffe (BK 2/13).

Die Konsistenz der bindigen Böden liegt im oberen Bereich im steifen bzw. steifen bis halbfesten Bereich und geht zur Tiefe hin allmählich in eine halbfeste Konsistenz über.

Die bindigen Molasseböden sind als sehr witterungsempfindlich einzustufen. Das heißt, der Boden weicht im Kontakt mit Wasser oberflächlich rasch auf und verliert an Tragfähigkeit.

Nach DIN 18300 sind die bindigen Molasseböden mit maximal halbfester Konsistenz der Bodenklasse 4 zuzuordnen. Bei fester Konsistenz (zur Tiefe hin) liegt die Bodenklasse 6 vor.

Die bindigen Molasseböden sind als gut tragfähig einzustufen.

## 3.2 Bodenmechanische Laborversuche

Zusätzlich zu der manuellen Ansprache des Bohrgutes wurden bodenmechanische Laborversuche durchgeführt. Die einzelnen Ergebnisse werden in den folgenden Ausführungen beschrieben.

### 3.2.1 Wassergehaltsbestimmungen

Der Wassergehalt einer Bodenprobe ist das Verhältnis des Gewichtes des Porenwassers zum Gewicht der trockenen Probe. Der natürliche Wassergehalt ist bei einem bindigen Boden ein entscheidender Faktor zur Bestimmung des Bodenzustandes bzw. der Konsistenz.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmentingen

**Tabelle 3: Übersicht der durchgeführten Wassergehaltsbestimmungen**

| Aufschluss | Tiefe [m] | Wassergehalt [%] | Geologische Einheit |
|------------|-----------|------------------|---------------------|
| BK 2/13    | 0,6       | 19,55            | Verwitterungsdecke  |
| BK 2/13    | 1,0       | 17,76            | Verwitterungsdecke  |

Wie aus der Tabelle 3 zu entnehmen ist, weist die lehmige Verwitterungsdecke natürliche Wassergehalte zwischen  $w_n = 17,5\%$  und  $w_n = 20,0\%$  auf. Der festgestellte Wassergehalt bestätigt eine weiche bzw. zur Tiefe hin weiche bis steife Konsistenz des Verwitterungsbodens.

### 3.2.2 Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN18 122

Nach Atterberg wird der Übergang von der flüssigen zur bildsamen (knetbaren) Zustandsform durch die Fließgrenze, von der knetbaren zur halbfesten Zustandsform durch die Ausrollgrenze und von der halbfesten zur festen Zustandsform durch die Schrumpfgrenze bezeichnet. Die Ausroll- und Fließgrenze dient in Verbindung mit dem natürlichen Wassergehalt dazu, die Konsistenzzahl ( $I_c$ ) und damit die Zustandsform eines bindigen Erdstoffes (Korngröße  $\leq 0,063$ ) zu bestimmen. Die Plastizitätszahl gibt an, wie sich die Eigenschaften eines Erdstoffes bei Wasseraufnahme ändern.

**Tabelle 4: Übersicht der bestimmten Konsistenzgrenzen**

| Aufschluss | Tiefe (m u. Gel.) | Konsistenzzahl ( $I_c$ ) | Wassergehalt [%] | Zustandsform | Bodengruppe | Geologische Einheit |
|------------|-------------------|--------------------------|------------------|--------------|-------------|---------------------|
| BK 2/13    | 0,6               | 0,74                     | 19,5             | weich        | TL/ST       | Verwitterungsdecke  |

\*nach Plastizitätsdiagramm

Mit einer ermittelten Konsistenzzahl von  $I_c = 0,74$  besitzt die untersuchte Probe eine weiche Zustandsform.

Nach der Lage im Plastizitätsdiagramm nach Casagrande ist der Verwitterungslehm in die Bodengruppe TL/ST (leicht plastische Tone bzw. Sand-Ton-Gemische) zu stellen.

### 3.2.3 Bestimmung der Korngrößenverteilung

Aus den Bodenproben wurde im Erdbaulabor der Firma BauGrund Süd die Kornverteilung über eine Sieb- und Schlämmanalyse bestimmt.

Die aus den Kornverteilungskurven ermittelte Zusammensetzung des Materials ist im Detail in der Tabelle 5 gegenübergerstellt.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

**Tabelle 5: Übersicht der granulometrischen Analyse**

| Aufschluss | Tiefe<br>(m u. Gel.) | Kiesanteil<br>[%] | Sandanteil<br>[%] | Ton/Schluff-<br>anteil [%] | Bodenart   | Geologische<br>Einheit      |
|------------|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|--|-----------------------------|
| BK 1/13    | 1,6 - 1,9            | 1,0               | 83,9              | 3,3 / 11,8                 | Mittelsand, stark<br>feinsandig,<br>schwach schluffig                | Molasse                     |
| BK 2/13    | 3,0 - 3,7            | 38,5              | 41,9              | 2,7 / 16,9                 | Fein- bis Grobsand,<br>stark fein- bis<br>mittelkiesig,<br>schluffig | Rißeiszeitliche<br>Schotter |

Die Sedimente der Unteren Süßwassermolasse aus einer Tiefe von 1,6 - 1,9 m wurden zu einem schwach schluffigen sowie stark feinsandigen Mittelsand bestimmt. Der abzuleitende Durchlässigkeitsbeiwert nach Mallet/Paquant beträgt  $k_f = 1,3 \times 10^{-5}$  m/s. Nach DIN 18130 handelt es sich um einen durchlässigen Boden. Die aus den rißeiszeitlichen Schottern entnommene Bodenprobe ist granulometrisch als stark fein- bis mittelkiesiger sowie schluffiger Sand anzusprechen. Der abzuleitende Durchlässigkeitsbeiwert nach Mallet/Paquant beträgt  $k_f = 6,5 \times 10^{-6}$  m/s. Nach DIN 18130 handelt es sich um einen durchlässigen bis schwach durchlässigen Boden.

### 3.3 Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung

Aus erd- und grundbautechnischer Sicht sind für die im Untersuchungsgebiet aufgeschlossenen Böden folgende Bodenkennwerte zugrunde zu legen:

**Tabelle 6: Charakteristische Bodenkennwerte (Erfahrungswerte)**

| Schichten                              | Wichte<br>(feucht)<br>$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Wichte<br>(u. Auftrieb)<br>$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Reib.-winkel<br>dräniert<br>$\phi'$ [°] | Kohäsion<br>dräniert<br>$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ] | Steifemodul<br>Es [MN/m <sup>2</sup> ] |
|--|---|---|---|---|--|
| Mutterboden                            | 15,5 - 17,0   | 5,5 - 7,0   | 17,5 - 22,5                             | 0   | 0,5 - 1                                |
| Verwitterungsdecke                     | 16,5 - 17,5   | 8 - 9   | 25 - 27,5                               | 1 - 2   | 2 - 4                                  |
| Rißeiszeitliche<br>Schotter            | 17 - 19   | 9,5 - 11,5  | 30 - 35                                 | 0   | 20 - 40                                |
| Untere<br>Süßwassermolasse<br>(sandig) | 18 - 19,5   | 10 - 11,5   | 32,5 - 37,5                             | 1 - 3   | 30 - 60                                |
| Untere<br>Süßwassermolasse<br>(bindig) | 20 - 21   | 10 - 11   | 25 - 30                                 | 5 - 15  | 30 - 70                                |

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

**Tabelle 7: Erdbautechnische Klassifizierung der Böden**

| Schichten                              | Bodengruppe<br>[DIN 18196]           | Bodenklasse<br>[DIN 18300] | Frostempfindlichkeit<br>[ZTV E-StB 09;Tab.1] | Bodenklasse<br>[DIN 18301] |
|--|--------------------------------------|----------------------------|--|----------------------------|
| Mutterboden                            | OU                                   | 1                          | F3   | BO 1                       |
| Verwitterungsdecke                     | UL/UM,<br>UL/SU*                     | 4                          | F3   | BB 2                       |
| Rißeiszeitliche<br>Schotter            | GW, GU,<br>GU*, SU*, SU              | 3, 4                       | F1-3   | BN 1-2                     |
| Untere<br>Süßwassermolasse<br>(sandig) | SI, SU,<br>SU/SU*                    | 2, 3, 4, (6)               | F1-3   | BN 1-2                     |
| Untere<br>Süßwassermolasse<br>(bindig) | UL/SU*,<br>TL/UL,<br>TM/TA,<br>TM/UM | 4, (6)                     | F3   | BB 2-3, (BB4)              |

## 4 Georisiken

### 4.1 Seismische Aktivität

Entsprechend der „Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg, 2005“ befindet sich das Untersuchungsgebiet in der **Erdbebenzone 0** (Gebiet, in der gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveau rechnerisch die Intensität 6 bis < 6,5 zu erwarten ist) und der **Untergrundklasse T** (Übergangsbereich zwischen den Untergrundklassen R und S oder Gebiet relativ flachgründiger Sedimentbecken).

Für eine Gründung im Bereich der rißeiszeitlichen Schotter ist nach DIN EN 1998-1/NA:2012-08, Abs. 5.2.3 Baugrundklassen die **Baugrundklasse C** (feinkörnige Lockergesteine in mindestens steifer Konsistenz bzw. in mitteldichter Lagerung) zugrunde zu legen.

## 5 Hydrogeologie

### 5.1 Grundwasserverhältnisse

In beiden Rammkernbohrungen wurde ein Zulauf von Grundwasser innerhalb der Molassesande beobachtet. Eine Messung des Wasserspiegels in den Rammsondierungen war dagegen nicht möglich, da die Sondierlöcher unmittelbar nach dem Ziehen des Sondiergestänges in sich zusammenfielen.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

Die während der Baugrundaufschlussarbeiten festgestellten Wasserspiegel sind wie folgt zusammenzufassen:

**Tabelle 8: Wasserspiegelhöhen in den Erkundungsbohrungen BK 1-2/13**

| Aufschluss | Grundwasserspiegel angetroffen m u. GOK | Grundwasserspiegel angetroffen m ü. NN | Grundwasserspiegel nach Bohrende m u. GOK | Grundwasserspiegel nach Bohrende m ü. NN |
|------------|---|--|---|--|
| BK 1/13*   | 2,60                                    | 505,52                                 | 2,60                                      | 505,52                                   |
| BK 2/13*   | 5,70                                    | 506,76                                 | 5,70                                      | 506,76                                   |

\* Messungen am 11.11.2013

Wie die Tabelle 8 als auch das Baugrundmodell der Anlage 2.1 verdeutlichen, sind die erkundeten Molassesande wasserführend und bilden im Untersuchungsareal einen Porengrundwasserleiter. Der Grundwasserstauer wird dabei von den unterlagernden, bindigen „Molassemergeln“ gebildet.

Eine Grundwasserführung innerhalb der Kiese und Sande der rißeiszeitlichen Schotter wurde zwar nicht festgestellt, sie könnten jedoch von der Kornzusammensetzung her ebenfalls als Porengrundwasserleiter fungieren.

Bei starken Niederschlagsereignissen ist mit Schichtwasser innerhalb der Verwitterungsdecke zu rechnen.

Angaben zum höchsten, mittleren Grundwasserspiegel bzw. zum Bemessungswasserspiegel liegen dem Unterzeichner nicht vor, so dass an dieser Stelle an die zuständige Behörde verwiesen werden muss.

## 5.2 Versickerungsfähigkeit der Böden nach ATV DWA A-138 (April 2005)

Die Versickerung von Niederschlagswasser setzt einen durchlässigen Untergrund und einen ausreichenden Abstand zur Grundwasseroberfläche voraus. Der Untergrund muss die anfallenden Sickerwassermengen aufnehmen können. Die Versickerung kann direkt erfolgen oder das Wasser kann über ein ausreichend dimensioniertes Speichervolumen durch eine Sickeranlage mit verzögerter Versickerung in Trockenperioden dem Untergrund zugeführt werden.

Nach den Vorgaben der ATV-DWA-A138 (April 2005) sollte der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung stattfinden soll, zwischen  $k_f = 1,0 \times 10^{-3}$  m/s und  $k_f = 1,0 \times 10^{-6}$  m/s liegen. Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, rd. 1,0 m betragen, um eine ausreichende Filterstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Bei Durchlässigkeitsbeiwerten von  $k_f < 1,0 \times 10^{-6}$  m/s ist eine Regenwasserbewirtschaftung über Versickerung nicht mehr gewährleistet, so dass die anfallenden Wassermengen über ein Retentionsbecken abgeleitet werden können.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

Im Bereich der geplanten Versickerungsanlage wurde ein Sickerversuch im Bohrloch durchgeführt. Dabei wurde die Durchlässigkeit des Molassesandes in einer Tiefe von 1,8 m u. GOK geprüft. In Anlage 4 sind die Ergebnisse des Sickerversuches im Detail ersichtlich.

Für den Molassesand wurde eine Durchlässigkeit von  $k_f = 1,3 \times 10^{-6}$  m/s bestimmt. Nach DIN 18130 handelt es sich um einen durchlässigen bis schwach durchlässigen Boden. Aus einer durchgeführten Siebanalyse kann die Durchlässigkeit des Molassesandes (BK 1/13, 1,6 - 1,9 m) nach Mallet/Paquant zu  $k_f = 1,3 \times 10^{-5}$  m/s bestimmt. Die Diskrepanz zwischen der Durchlässigkeitsbestimmung im Feld- und im Laborversuch ist auf die Wassersättigung der Molassesande zurückzuführen. Die Durchlässigkeitsbestimmung im Feldversuch sollte als maßgebend betrachtet werden.

Über dem Molassesand stehen im Bereich der geplanten Versickerungsanlage oberflächennah lehmige Verwitterungsböden an, die erfahrungsgemäß eine Durchlässigkeit von  $k_f < 1 \times 10^{-6}$  m/s aufweisen und daher nicht zur Versickerung von Oberflächenwasser geeignet sind.

Die Mächtigkeit des Sickerraumes wurde am 11.11.13 mit ca. 2,5 m bestimmt. Die Bohrung BK 1/13 wurde zu einer temporären 3"-Grundwasserbeobachtungsmessstelle ausgebaut, so dass die jahreszeitlichen Grundwasserschwankungen und damit einhergehend die Mächtigkeit des Sickerraumes beobachtet werden können.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist eine wirksame Versickerung von Oberflächenwasser am Standort aufgrund der geringen Durchlässigkeit der oberflächennahen Böden nicht möglich. Gegebenenfalls sind die anfallenden Wassermengen über ein Retentionsbecken abzuleiten.

Dagegen zeigen die Bohrerergebnisse im Baugebiet, dass dort eine Versickerung von Oberflächenwasser in den rißeiszeitlichen Schottern möglich ist. Entsprechend den festgestellten Kornzusammensetzungen weisen die Schotter eine Durchlässigkeit im Bereich von  $k_f = 5,0 \times 10^{-4}$  m/s bis  $k_f = 5,0 \times 10^{-5}$  m/s auf. Nach DIN 18130 handelt es sich um einen durchlässigen bis stark durchlässigen Boden. Die innerhalb der Terrassenkiese anstehenden Sandlinsen weisen der durchgeführten Korngrößenanalyse zufolge eine Durchlässigkeit im Bereich von  $k_f = 6,0 \times 10^{-6}$  m/s auf. Nach DIN 18130 handelt es sich um einen schwach durchlässigen bis durchlässigen Boden.

### 5.3 Geothermische Standortbeurteilung

Die geothermische Standortbeurteilung wird im Einzelnen in der Anlage 6 beschrieben. Detaillierte Fragen und Planungen werden von unserer **Partnerfirma EEM** (ErdEnergie Management, Maybachstraße 6, 88410 Bad Wurzach) bearbeitet.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

## 6 Gründung und baubegleitende Maßnahmen

Vom Baugebiet „Beckenkreuz IV“ in Untersulmtingen liegt ein Lageplan vor. Demnach ist eine Wohnbebauung mit Einfamilienhäusern vorgesehen, die sich auf ca. 39 Bauplätze verteilen. Bauwerkspläne von den Häusern liegen noch nicht vor. Es ist davon auszugehen, dass Wohngebäude mit und ohne Kellergeschoß zur Ausführung kommen werden. Zu den Gründungen von Hoch-, Tief und Straßenbaumaßnahmen und den zugehörigen baubegleitenden Maßnahmen wird in allgemeiner Form Stellung genommen.

### 6.1 Baugrundkriterien

Wie der geotechnische Baugrundschnitt der Anlage 2.1 zeigt, folgt im Untersuchungsgebiet nach Abtrag der humosen Oberbodenauflage ein Verwitterungslehm mit weicher Konsistenz, der zur Abtragung von Gebäudelasten nicht geeignet ist. Unterhalb der Verwitterungsdecke folgen rißeiszeitliche Schotter, die in lockerer bis mitteldichter Lagerung vorliegen und als mäßig bis gut tragfähig einzustufen sind. Die Basis der Schotter wurde bei ca. 5,5 m u. GOK erkundet. Im Liegenden folgen dicht gelagerte Sande der Unteren Süßwassermolasse, die gut zur Abtragung von Gebäudelasten geeignet sind. Die Sande werden von bunt gefärbten Ton-Schluff-Gemischen unterlagert, deren Konsistenz im oberen Bereich im steifen Bereich liegt und zur Tiefe hin rasch in eine halbfeste Konsistenz übergehen. Die Tragfähigkeit der bindigen Molasseböden ist mit gut zu bewerten.

In den Molassesanden wurde bei 5,70 m u. GOK ein Grundwasserzutritt festgestellt. Die überlagernden, rißeiszeitlichen Schotter führten zum Zeitpunkt der Bohrarbeiten am 11.11.13 kein Grund- oder Schichtwasser.

### 6.2 Gründung nicht unterkellelter Wohnhäuser

Da noch keine konkreten Baupläne für die geplanten Wohnhäuser vorliegen, wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die Fertigfußbodenhöhen nicht unterkellelter Wohnhäuser ungefähr auf dem Niveau der momentanen Geländeoberkante angeordnet werden.

Aufgrund der geringen Tragfähigkeit der Verwitterungsböden sind **nicht unterkellerte Gewerke auf Einzel- und Streifenfundamenten** einheitlich in den rißeiszeitlichen Schottern zu gründen. In den Bereichen, in denen in frostsicherer Tiefe (1,20 m) noch Verwitterungsböden anstehen, sind die Fundamente mit Magerbetonplomben entsprechend zu vertiefen.

Zur Vorbemessung dieser Fundamente darf der Bemessungswert des Sohlwiderstandes  $\sigma_{R,d}$  aus den Anlagen 7.1-2 ermittelt werden. Dort sind für mittige Belastungen in Abhängigkeit der Fundamentgeometrie Grundbruch- und Setzungsberechnungen ausgeführt. Berechnungsgrundlagen hierfür sind der EC 7 bzw. im Detail die DIN EN 1997-1:2009-09, die DIN EN 1997-1/NA und die DIN 1054:2010-12, sowie die DIN 4017:2006-03. Es liegt die Bemessungssituation BS-P (ständige Situationen / persistent situations) zugrunde sowie die Schichtenabfolge der BK 2/13.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

Die frostsichere Einbindetiefe wird mit  $t = 1,20$  m sowie das Verhältnis von veränderlichen zu Gesamtlasten mit  $0,5$  vorausgesetzt. Bei einem Ausnutzungsgrad von  $\mu \leq 1,0$  und Begrenzung der rechnerischen Setzung auf z. B.  $s \leq 1,5$  cm ist je nach gewählter Fundamentgeometrie folgender Bemessungswert des Sohldruckwiderstands  $\sigma_{R,d}$  anzusetzen.

(Anm.: Im Gegensatz zu dem aufnehmbaren Sohldruck  $zul.\sigma$  nach DIN 1054:2005-1 sind die Teilsicherheiten  $\gamma_G = 1,35$  (BS-P / STR-GEO2, Beanspruchung aus ständigen Einwirkungen allgemein) und  $\gamma_Q = 1,5$  (BS-P / EQU, Beanspruchung aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen) hier bereits mit einberechnet).

**Tabelle 9: nicht unterkellertes Wohnhaus: Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes in Abhängigkeit der Fundamentgeometrie (Einzelfundament, Auszug aus Anlage 7.1)**

| Einzelfundament a x b<br>[m] | zul. $\sigma_{R,d}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | zul. $R_{n,d}$<br>[kN] | zugh.s<br>[cm] |
|------------------------------|---|------------------------|----------------|
| 0,6 x 0,6                    | 677   | 244                    | 0,71           |
| 1,0 x 1,0                    | 731   | 731                    | 1,25           |

**Tabelle 10: nicht unterkellertes Wohnhaus: Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes in Abhängigkeit der Fundamentgeometrie (Streifenfundament, Auszug aus Anlage 7.2)**

| Streifenfundament a x b<br>[m] | zul. $\sigma_{R,d}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | zul. $R_{n,d}$<br>[kN/m] | zugh.S<br>[cm] |
|--------------------------------|---|--------------------------|----------------|
| 10 x 0,6                       | 514   | 308                      | 1,21           |
| 10 x 1,0                       | 440   | 440                      | 1,50           |

Je nach gewählter Fundamentgeometrie ist in den Anlagen 7.1-2 entweder die Grundbruchsicherheit (rote Linie), oder die Begrenzung der Setzungen auf  $1,5$  cm (blaue Linie) maßgebend für den Bemessungswert des Sohldruckwiderstands. Die Größe der zulässigen Setzungen für das Bauwerk ist vom zuständigen Planer festzulegen.

Bei den aufgeführten Tragfähigkeitswerten ist die gegenseitige Beeinflussung von benachbarten Fundamenten nicht berücksichtigt. Es wird vorgeschlagen, die Gründungsvorbemessung nach dem Fundamentdiagrammen in den Anlagen 7.1-2 vorzunehmen. Nach Vorlage der aktuellen Bauwerkslasten sind bei setzungsempfindlichen Tragkonstruktionen die gegenseitigen Beeinflussungen der Fundamente und die Verträglichkeit der Setzungsdifferenzen bzw. Fundamentverdrehungen mit einer Setzungsberechnung zu überprüfen.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

Sofern an die Bodenplatte höhere Setzungsanforderungen gestellt werden, ist diese deckenartig auszubilden. Werden Setzungen zugelassen, dann kann die Bodenplatte elastisch gebettet auf einem mit einem Trennvlies (GRK 3) unterlegten Bodenersatzkörper aus Kies-Sand mit max. 5 Gew. % Feinkornanteil in dem Verwitterungslehm abgesetzt werden. Die Dicke des lastverteilenden Polsters ist mit rd. 0,8 m zu veranschlagen, wobei in aufgeweichten Decklehbereichen in der Aushubsohle der Einbau einer Grobkornlage (z.B. 80/120 Körnung) empfohlen wird. Die Notwendigkeit dieser Grobkornlage ist im Zuge der geologischen Abnahme der Gründungssohle festzulegen. Der fachgerechte Einbau des Bodenersatzkörpers ist durch statische oder dynamische Lastplattendruckversuche nachzuweisen (statisch  $E_{v2} > 80 \text{ MN/m}^2$ ;  $E_{v2}/E_{v1} < 2,5$  bzw. dynamisch  $E_d > 40 \text{ MN/m}^2$ ).

Zur Vorbemessung einer solch gegründeten Bodenplatte kann ein Bettungsmodul in der Größenordnung von

$$k_s = 5 - 10 \text{ MN/m}^3$$

zugrunde gelegt werden. Da der Bettungsmodul keine Bodenkonstante ist, sondern von den Belastungsverhältnissen, der Geometrie und den Baugrundverformungen abhängt, wird empfohlen, den tatsächlichen Bettungsmodulverlauf nach Vorlage von detaillierten Lastenplänen und Ausführungsplänen anhand einer Setzungsberechnung ermitteln zu lassen. Diese Leistung kann auf Wunsch von der Firma BauGrund Süd ausgeführt werden.

### 6.3 Gründung unterkellerner Wohnhäuser

Ausgehend von einer Kellergeschoßhöhe von ca. 3,0 m kommt das Gründungsniveau unterkellerner Wohnhäuser den Bohrergebnissen zufolge bereits planmäßig in den ausreichend tragfähigen Terrassenkiesen zu liegen. Somit ist eine **Gründung unterkellerner Gewerke sowohl auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte als auch auf Einzel- und Streifenfundamenten möglich.**

#### 6.3.1 Gründung unterkellerner Wohnhäuser auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte

Den Ergebnissen der durchgeführten, schweren Rammsondierungen zufolge liegt der Terrassenkies im Bereich des Gründungsniveaus unterkellerner Wohnhäuser lediglich in lockerer bis mitteldichter Lagerung vor. Daher wird eine intensive Nachverdichtung der Aushubsohle empfohlen. Eventuell in der Aushubsohle anstehende Schlufflinsen bzw. lehmige Bereiche sind auszukoffern und durch ein Kiessand-Gemisch zu ersetzen. Um Inhomogenitäten im Baugrund auszugleichen, wird der Einbau eines ca. 0,3 m starken, lastverteilenden Polsters unterhalb der Bodenplatte empfohlen. Das Gründungspolster setzt sich aus einem mit einem Trennvlies (GRK 3) unterlegten Kies-Sand-Gemisch mit max. 5 Gew. % Feinkornanteil zusammen.

Zur Vorbemessung einer solch gegründeten Bodenplatte kann ein Bettungsmodul in der Größenordnung von

$$k_s = 10 - 20 \text{ MN/m}^3$$

zugrunde gelegt werden.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmentingen

## 6.3.2 Gründung unterkellerten Wohnhäuser auf Einzel- und Streifenfundamenten

Alternativ ist eine Gründung unterkellerten Wohnhäuser auf Einzel- und Streifenfundamenten, welche im Terrassenkies gründen, möglich.

Zur Vorbemessung dieser Fundamente darf der Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes  $\sigma_{R,d}$  aus den Anlagen 7.3-4 ermittelt werden. Dort sind für mittige Belastungen in Abhängigkeit der Fundamentgeometrie Grundbruch- und Setzungsberechnungen ausgeführt. Berechnungsgrundlagen hierfür sind der EC 7 bzw. im Detail die DIN EN 1997-1:2009-09, die DIN EN 1997-1/NA und die DIN 1054:2010-12, sowie die DIN 4017:2006-03. Es liegt die Bemessungssituation BS-P (ständige Situationen / persistent situations) zugrunde sowie die Schichtenabfolge der BK 2/13.

Die Einbindetiefe wird mit  $t = 0,6$  m angesetzt.

Bei einem Ausnutzungsgrad von  $\mu \leq 1,0$  und Begrenzung der rechnerischen Setzung auf z. B.  $s \leq 1,5$  cm ist je nach gewählter Fundamentgeometrie folgender Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes  $\sigma_{R,d}$  anzusetzen.

**Tabelle 11: unterkellertes Wohnhaus: Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes in Abhängigkeit der Fundamentgeometrie (Einzelfundament, Auszug aus Anlage 7.3)**

| Einzelfundament a x b<br>[m] | zul. $\sigma_{R,d}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | zul. $R_{n,d}$<br>[kN] | zugh. s<br>[cm] |
|------------------------------|---|------------------------|-----------------|
| 0,6 x 0,6                    | 372   | 134                    | 0,37            |
| 1,0 x 1,0                    | 493   | 493                    | 0,78            |

**Tabelle 12: unterkellertes Wohnhaus: Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes in Abhängigkeit der Fundamentgeometrie (Streifenfundament, Auszug aus Anlage 7.4)**

| Streifenfundament a x b<br>[m] | zul. $\sigma_{R,d}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | zul. $R_{n,d}$<br>[kN/m] | zugh. s<br>[cm] |
|--------------------------------|---|--------------------------|-----------------|
| 10 x 0,6                       | 309   | 185                      | 0,64            |
| 10 x 1,0                       | 445   | 445                      | 1,33            |

Je nach gewählter Fundamentgeometrie ist in den Anlagen 7.3-4 entweder die Grundbruchsicherheit (rote Linie), oder die Begrenzung der Setzungen auf 1,5 cm (blaue Linie) maßgebend für den Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes. Die Größe der zulässigen Setzungen für das Bauwerk ist vom zuständigen Planer festzulegen.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

Bei den aufgeführten Tragfähigkeitswerten ist die gegenseitige Beeinflussung von benachbarten Fundamenten nicht berücksichtigt. Es wird vorgeschlagen, die Gründungsvorbemessung nach dem Fundamentdiagrammen in den Anlagen 7.3-4 vorzunehmen. Nach Vorlage der aktuellen Bauwerkslasten sind bei setzungsempfindlichen Tragkonstruktionen die gegenseitigen Beeinflussungen der Fundamente und die Verträglichkeit der Setzungsdifferenzen bzw. Fundamentverdrehungen mit einer Setzungsberechnung zu überprüfen.

## 6.4 Baugruben

Es ist davon auszugehen, dass für unterkellerte Wohnhäuser eine bis zu 3,5 m tiefe Baugrube erforderlich sein wird. Bei ausreichenden Platzverhältnissen kann diese in den anstehenden Böden unter maximal 1:1 (45°) frei geböscht werden. Die Böschungen sind gegen Erosion mit windfest angebrachten Folien, Planen etc. zu sichern.

Generell können Baugruben nach DIN 4124 bis zu einer Tiefe von 1,25 m in den anstehenden Böden senkrecht ausgehoben werden. Bis zu einer Tiefe von 5 m dürfen Böschungen unter 45° ohne rechnerischen Nachweis in grundwasserfreien Böden ausgeführt werden. Ab 5 m Böschungshöhe ist die Standsicherheit rechnerisch nachzuweisen.

Alternativ können die Arbeiten zur Errichtung der Kellergeschosse im Schutze eines Verbausystems (z.B. Trägerbohlwandverbau) ausgeführt werden. Das Verbausystem ist statisch nachzuweisen. Die im Tiefenbereich unterhalb 3,0 m u. GOK gemessenen, niedrigen Schlagzahlen könnten auf eine lokal auftretende, einkörnige Zusammensetzung der Terrassenkiese zurückzuführen sein. Daher ist eine Vergütung (Verpressung) der Kiese im unteren Bereich der Baugrube als Eventualposition einzukalkulieren.

Eventuell anfallendes Schichtwasser ist mittels Stützscheiben aus Einkornbeton zu fassen und abzuleiten.

In den Baugruben sind offene Wasserhaltungen einzuplanen, mit denen Oberflächenwasser abgeleitet werden kann.

## 6.5 Trockenhaltung des Bauwerks

Während der Aufschlussarbeiten wurde Grundwasser innerhalb der Molassesande bei 5,7 m u. GOK angetroffen. Folglich lag der Grundwasserspiegel bei den Verhältnissen am 11.11.2013 ca. 2,5 m unterhalb der Bodenplatte unterkellerten Gewerke. Die Gründungssohle unterkellerten Wohnhäuser kommt in den durchlässigen bis stark durchlässigen Terrassenkiesen zu liegen.

Es wird empfohlen, die erdberührenden Bauteile der Wohnhäuser nach den Vorgaben der DIN 18195, Teil 6 (Abdichtung gegen aufstauendes Sickerwasser) abzudichten.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

## 6.6 Straßenbau

Nach Abtrag des Mutterbodens stehen im Erdplanum lehmige Deckschichten (Verwitterungslehme) an. Das heißt, im Erdplanum stehen frostempfindliche Böden an. Gemäß der ZTVE – StB 09 wird bei frostempfindlichen Böden im Erdplanum ein Verformungsmodul von  $E_{v2} > 45 \text{ MN/m}^2$  gefordert. Dieser Wert wird im Verwitterungslehm nicht erreicht werden, so dass dort baugrundverbessernde Maßnahmen vorzusehen sind. Dazu kann beispielsweise ein rd. 0,4 m starker Bodenersatzkörper aus Kiessand mit max. 5 % Schluffanteil eingebaut werden, der mit einem Trennvlies (GRK 3) zu unterlegen ist. Auf dem Bodenersatzkörper kann dann der eigentliche frostsichere Straßenaufbau gemäß RStO 12 aufgebracht werden.

Anstelle des Kieskoffers ist auch eine Kalk-Zement Stabilisierung (z.B. mit Dorosol C 30) denkbar. Es ist eine Zugabemenge von ca. 3 – 5 Gew.-% vorab zu veranschlagen. Die tatsächliche Zugabemenge ist anhand von Laborversuchen oder über Probefelder in-situ festzulegen.

Der fachgerechte Einbau des empfohlenen Gründungspolsters kann ebenso wie die geotechnische Begleitung der Kalk-Zement-Stabilisierung auf Wunsch von der Firma BauGrund Süd überprüft werden.

## 6.7 Kanalbau

Beim Grabenaushub ist die DIN 4124 (Baugruben und Gräben) einzuhalten. Es ist davon auszugehen, dass der anstehende Boden im Bereich mit vorherrschend bindigem Bodenprofil (Verwitterungslehm) vorübergehend standfest ist um einen Grabenverbau im Voraushub einzubringen.

In Profillbereichen mit rolligem Material (rißzeitliche Schotter) ist der Untergrund weniger standfest und neigt zum Nachfall, so dass ein Verbau im Absenkverfahren durchzuführen ist.

Stehen auf der Kanalsohlentiefe bindige Böden an, so ist hier der Aufbau einer Gründungsschicht unterhalb der Bettung von etwa 0,2 - 0,3 m aus einem hochverdichtbaren, kornabgestuften Material (V1) vorzusehen. In Abhängigkeit von der Konsistenz des bindigen Bodens, wäre z.B. bei weichem Boden, auch ein stärkerer Bodenaustausch gegen ein hochverdichtbares, kornabgestuftes Material (V1) unterhalb der Bettungsschicht des Rohauflagers erforderlich. Die Qualität der Gründungsschicht ist im Zweifelsfalle ggf. durch Hinzuziehen des Gutachters vor Ort zu ermitteln.

Die Kanalsohle ist bei bindigem Untergrund mit einem Glattrandlöffel abziehen und nur statisch nachzuverdichten.

Unter Berücksichtigung der Aushubentlastung ergeben sich für das Leitungsaufleger aus den Kanalbauwerkslasten keine nennenswerten, setzungsrelevanten Zusatzlasten.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

Zu beachten ist, dass die bindigen Böden witterungsempfindlich reagieren und bei Niederschlag in eine ungünstige Konsistenz übergehen können. Vor diesem Hintergrund sollten entsprechende Kanalsohlen, wenn möglich, nur bei Trockenwetter freigelegt und kurzfristig wieder überdeckt werden. Je nach Fortschritt der Arbeiten ist eine Schutzschicht vor endgültigem Sohlaushub zu belassen.

Die Ausführung des Rohraufagers kann aus einem kornabgestuften Sand – Kiesgemisch oder Sand – Splitt – Gemisch hergestellt werden. Die Stärke (S) des Auflagers richtet sich nach dem vorgesehenen Kanalrohrdurchmesser ( $S = 100 \text{ mm} + 1/10 \times \text{Nennweite des Kanalrohres}$ ).

Im Bereich der Leitungszone ist generell ein gut verdichtbares Ersatzmaterial (V1) zu schütten und auf 97 % Dpr (Proctordichte) zu verdichten. In der Hauptverfüllzone ist je nach Verfüllmaterial eine Verdichtung zwischen 95 und 98 % Dpr herzustellen. Die Verdichtung ist im Zuge der Bauausführung zu prüfen und nachzuweisen (Plattendruckversuch / leichte Rammsondierungen).

Als Ersatz- und Verfüllmaterial für abgefahrenen Aushub kann z.B. jedes verdichtbare, inerte Aushubmaterial wie z.B. Sand – Kies - oder Sand – Splitt – Schotter – Gemisch genommen werden.

Kommen die Kanalrohre in den rißeiszeitlichen Schottern zu liegen, so kann die Rohrbettung nach einer intensiven Nachverdichtung der Aushubsohle direkt aufgelegt werden.

Für die Verfüllung der Kanalgräben kann unterhalb der Frosteindringtiefe der feinkornarme Terrassenkies wiederverwendet werden. Die lehmige Verwitterungsdecke ist ohne eine Konditionierung aufgrund ihrer unzureichenden Verdichtbarkeit (V3) nicht als Grabenverfüllung geeignet.

AZ 13 10 008, Erschließung BG Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Untersulmtingen

## 7 Hinweise und Empfehlungen

Die im geotechnischen Bericht enthaltenen Angaben beziehen sich auf die oben genannten Untersuchungsstellen. Abweichungen von gemachten Angaben (Schichttiefen, Bodenzusammensetzung etc.) können aufgrund der Heterogenität des Untergrundes nicht ausgeschlossen werden. Die in den Rammsondierungen dargestellten Schichtgrenzen sind als Interpretation zu sehen. Es ist eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten und eine laufende Überprüfung der angetroffenen Bodenverhältnisse im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen und Folgerungen erforderlich. **Aufgrund der geringen Aufschlussdichte für das geplante Baugebiet mit 39 Bauplätzen wird eine weitergehende, bauwerksspezifische Erkundung der Baugrundverhältnisse empfohlen. Weiterhin wird empfohlen, zur Abnahme der Gründungssohlen den Unterzeichner des Berichtes heranzuziehen.**

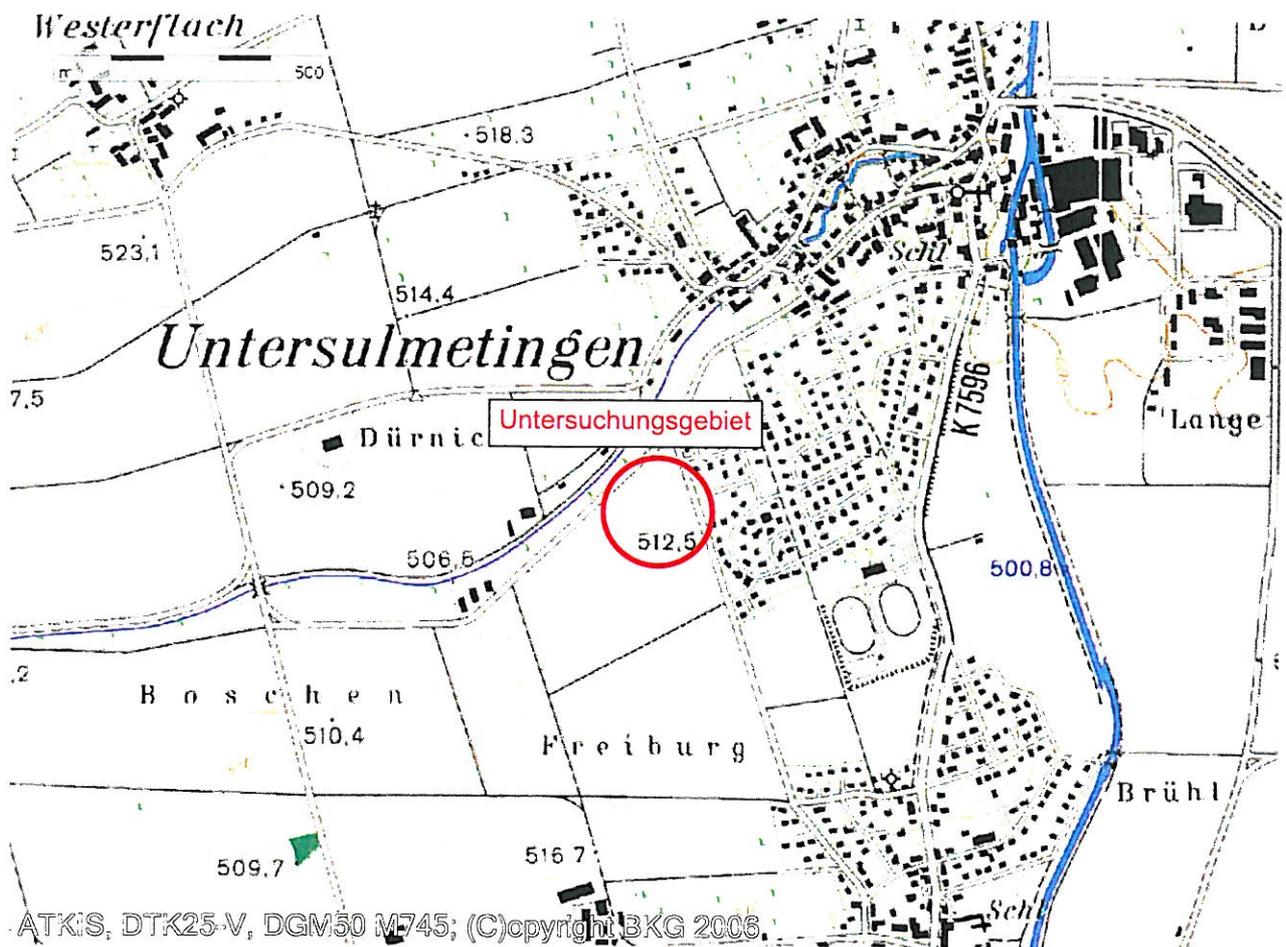
**Der vorliegende, geotechnische Baugrund- und Gründungsbericht bezieht sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung des geotechnischen Berichtes vorliegenden Planungsstand. Nachträgliche Änderungen des Planungsstandes sind mit dem Ersteller des Berichtes abzustimmen. Gegebenenfalls sind weitere Aufschlüsse bzw. Berechnungen erforderlich, um die bisherigen geotechnischen Angaben und Empfehlungen dem aktuellen Planungsstand bzw. der Ausführungsplanung gegenüber bestätigen zu können.**

Für ergänzende Erläuterungen sowie zur Klärung der im Verlauf der weiteren Planung und Ausführung noch offenen Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Alois Jäger  
Geschäftsführer

Oliver Wahl  
Dipl.-Geol.

Rüdiger Ulrich  
Dipl.-Ing.



## baugrund süd

Gesellschaft  
für Bohr- und Geotechnik mbH

BV Baugebiet Beckenkreuz IV in  
88471 Untersulmetingen

AZ: 13 10 008

Anlage 1.1

Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 15 000

**Legende:**

- BK2/13** Rammkernbohrung mit Bezeichnung
- DPH2/13** Schwere Rammsondierung mit Bezeichnung
- A** Orientierung geotechnischer Baugrundschnitt



**baugrund süd**

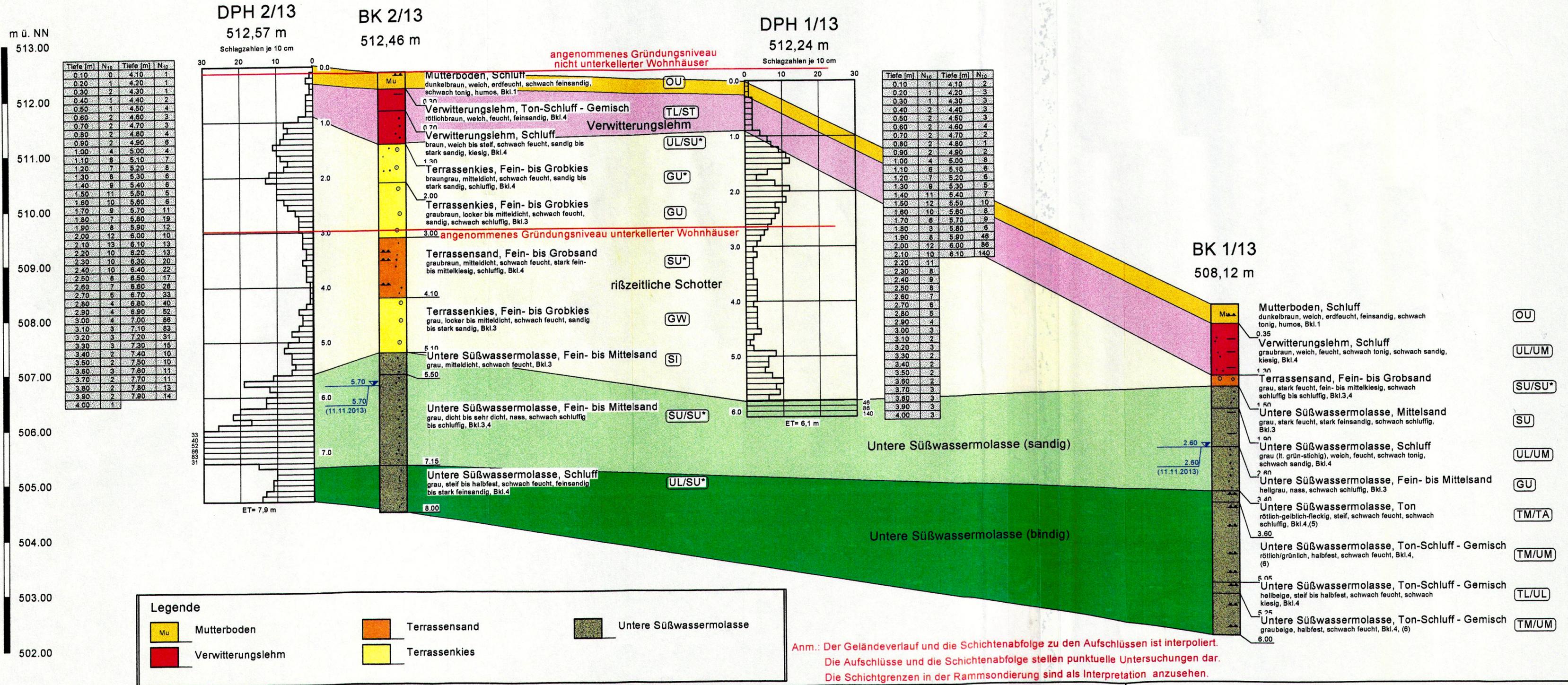
Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH

BV Baugebiet Beckenkreuz IV in  
88471 Unterschulmtingen  
AZ: 1310008  
Anlage 1.2  
Lageplan, ohne Maßstab

INGENIEURBÜRO  
Song-Wilhelm-Strab  
30471 Laubach  
Tel: 05131 318-1 Fax: 05131 318-2  
E-Mail: info@ingw.de  
www.ingw.de  
27.9.13 o.n.

# Geotechnischer Baugrundschnitt

Maßstab d.h. 1:50, in Längsrichtung ohne Maßstab



Anm.: Der Geländeverlauf und die Schichtenabfolge zu den Aufschlüssen ist interpoliert.  
Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.  
Die Schichtgrenzen in der Rammsondierung sind als Interpretation anzusehen.

Maßstab d. H. 1:50

BK 1/13

m u. GOK

1.00

0.00

-1.00

-2.00

-3.00

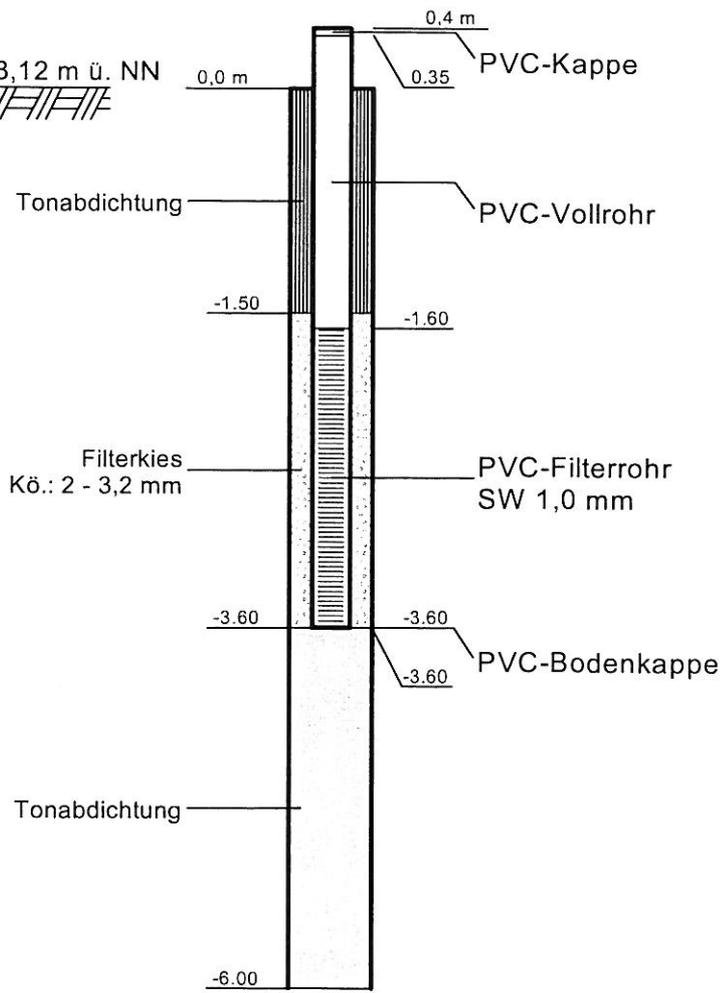
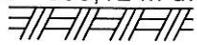
-4.00

-5.00

-6.00

Messstellenausbau 3"

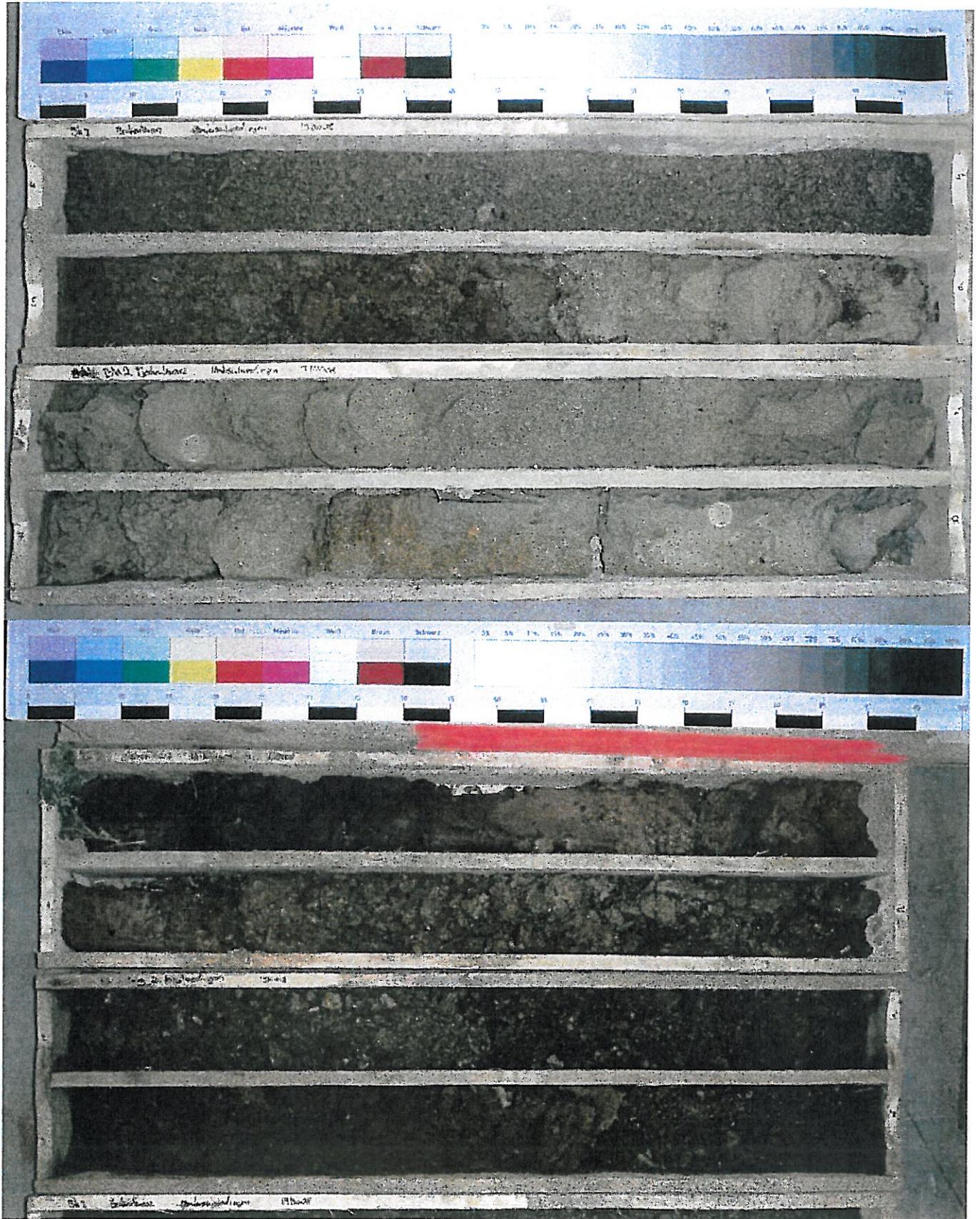
GOK = 508,12 m ü. NN



**BK 1/13: 0,0 – 6,0 m u. GOK**



BK 2/13: 0,0 – 8,0 m u. GOK



## Absinkversuch in der verrohrten Bohrung (Bohrlochrohr) nach MAAG

**Projekt:** BV Baugebiet Beckenkreuz IV in Untersulmentingen  
**Versuch:** BK 1/13 Tiefe: 1,8 m  
**Versuchsdatum:** 11.11.13  
**AZ:** 13 10 008  
**Anlage:** 4

$h_1$  = Wasserstand im Rohr bei Versuchbeginn (über Boden) = **1,800**  
 $h_2$  = Wasserstand im Rohr bei Versuchsende (über Boden) **1,690**  
 $\Delta h$  =  $h_1 - h_2$  (in m)  
 $h_m$  = gemittelter Wasserstand (in m)  $h_m = h_1 - \Delta h/2$   
 $\Delta t$  = Versuchszeit (in s)  
 $2r$  = Rohrdurchmesser (in m) = **0,165**

### Versuchsauswertung:

| Zeit (s) | $\Delta t$ (s) | Höhe (m) | $\Delta h$ (m) | $h_m$ (m) | kf (m/s) |
|----------|----------------|----------|----------------|-----------|----------|
| 0        |                | 1,800    |                |           |          |
| 300      | 300,00         | 1,750    | 0,050          | 1,775     | 1,94E-06 |
| 600      | 600,00         | 1,735    | 0,065          | 1,768     | 1,26E-06 |
| 1800     | 1800,00        | 1,690    | 0,110          | 1,745     | 7,22E-07 |

**Mittelwert: 1,31E-06**

Überstand Rohr (über Gelände): 0,3 m

Bodenart: Mittelsand, stark feinsandig, schwach schluffig  
 stark feucht

*Wassergehaltsbestimmung nach DIN 18121*

*BG Beckenkreuz IV in Untersulmetingen*

*AZ 13 10 008*

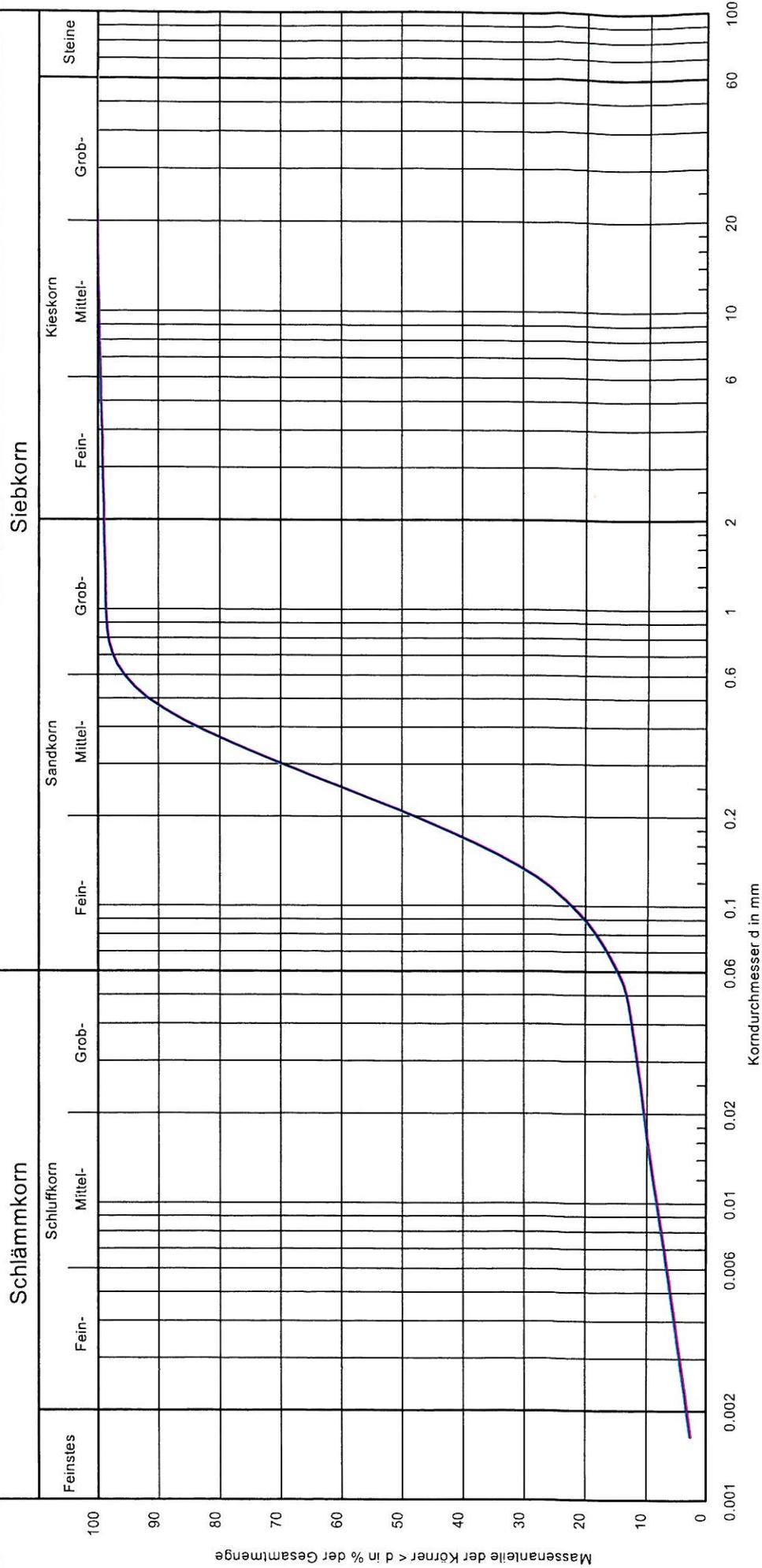
| Bohrung Nr.                  | BK 2/13 |       |
|------------------------------|---------|-------|
|                              | 1       | 2     |
| Prüfungsnummer               | 1       | 2     |
| Entnahmetiefe [m]            | 0,6     | 1,0   |
| Behälter Gewicht [g]         | 107     | 89,4  |
| Probe feucht + Behälter [g]  | 182,2   | 389,8 |
| Probe trocken + Behälter [g] | 169,9   | 344,5 |
| Wassergehalt w [%]           | 19,55   | 17,76 |

BauGrund Süd  
 Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH  
 Maybachstraße 5  
 88410 Bad Wurzach

Bearbeiter: JB Datum: 19.11.2013

# Körnungslinie BG Beckenkreuz IV in Untersulmetingen

Prüfungsnummer: 1  
 Probe entnommen am: 11.11.2013  
 Art der Entnahme: gestört  
 Arbeitsweise: Siebung und Schlämmlung



|                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| Bezeichnung:       |                        |
| Bodenart:          | mS, fs, u'             |
| Tiefe:             | 1,6 - 1,9 m            |
| U/C <sub>c</sub> : | 15,1/4,2               |
| Einahmestelle:     | BK 1/13                |
| k [m/s] (Mallet):  | 1,3 * 10 <sup>-5</sup> |
| T/U/S/G [%]:       | 3,3/11,8/83,9/1,0      |

Bemerkungen:  
 Nach DIN 4022:  
 Mittelsand,  
 stark feinsandig, schwach schluffig

Bericht:  
 AZ 13 10 008  
 Anlage:  
 5.2

BauGrund Süd  
 Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH  
 Maybachstraße 5  
 88410 Bad Wurzach

Datum: 19.11.2013

# Körnungslinie

## BG Beckenkreuz IV

### in Untersulmetingen

Prüfungsnummer: 2  
 Probe entnommen am: 11.11.2013  
 Art der Entnahme: gestört  
 Arbeitsweise: Siebung und Schlämmung

Bearbeiter: JB

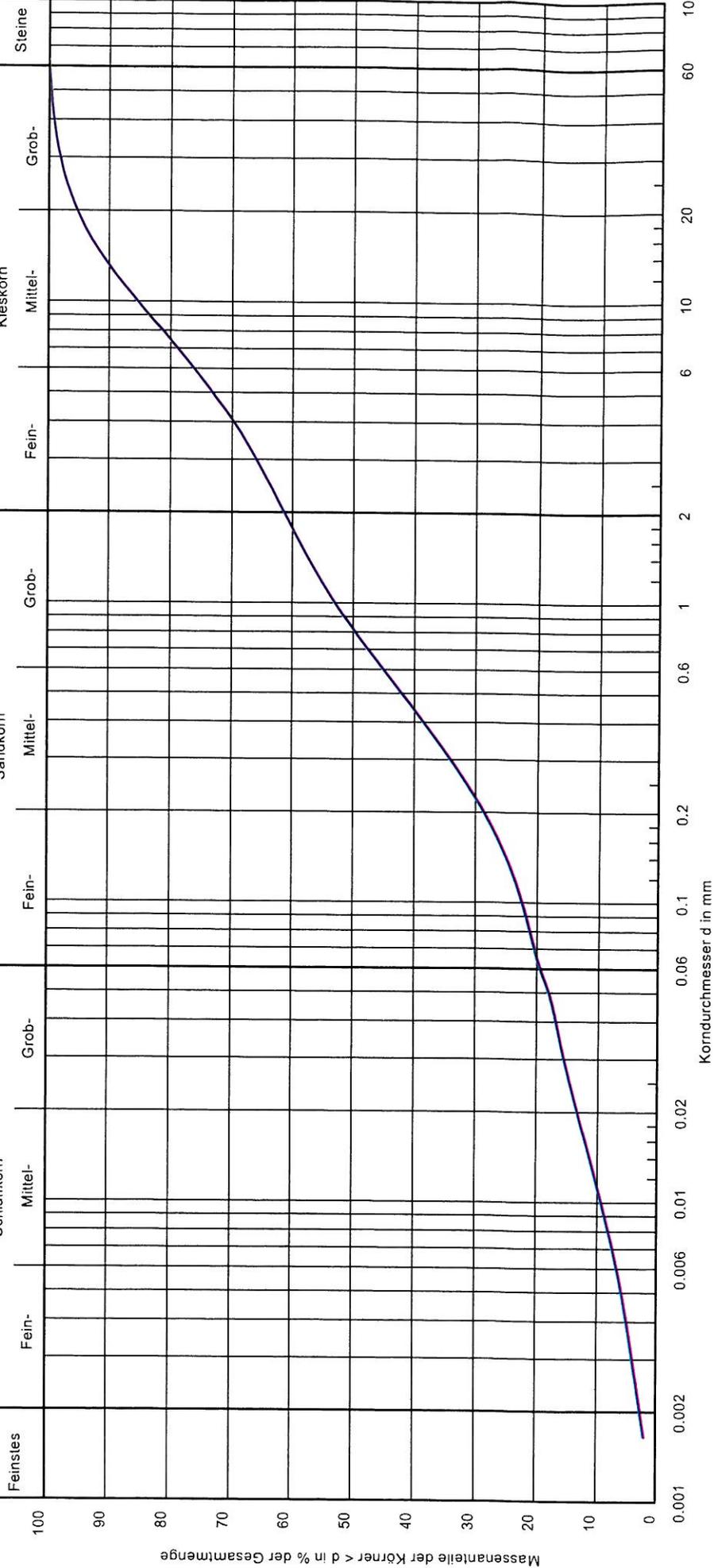
### Schlammkorn

Schluffkorn

### Siebkorn

Kieskorn

Steine



|                   |   |
|-------------------|---|
| Bezeichnung:      |   |
| Bodenart:         | S. u. mg. fg'   |
| Tiefe:            | 3,0 - 3,7 m   |
| U/Cs:             | 159.1/2.5   |
| Entnahmestelle:   | BK 2/13   |
| k [m/s] (Mallet): | $6.5 \cdot 10^{-6}$   |
| T/U/S/G [%]:      | 2.7/16.9/41.9/38.5  |
| Bemerkungen:      | Nach DIN 4022:<br>Fein- bis Grobsand,<br>stark fein- bis mittelkiesig,<br>schluffig |
| Report:           | AZ 13 10 008  |
| Attachment:       | 5.3   |

# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

## BG Beckenkreuz IV in Untersulmtingen

Bearbeiter: JB

Datum: 19.11.2013

Prüfungsnummer: 1

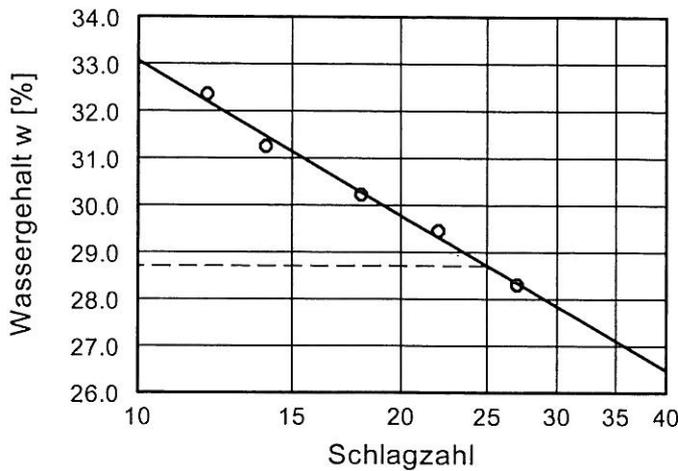
Entnahmestelle: BK 2/13

Tiefe: 0,6

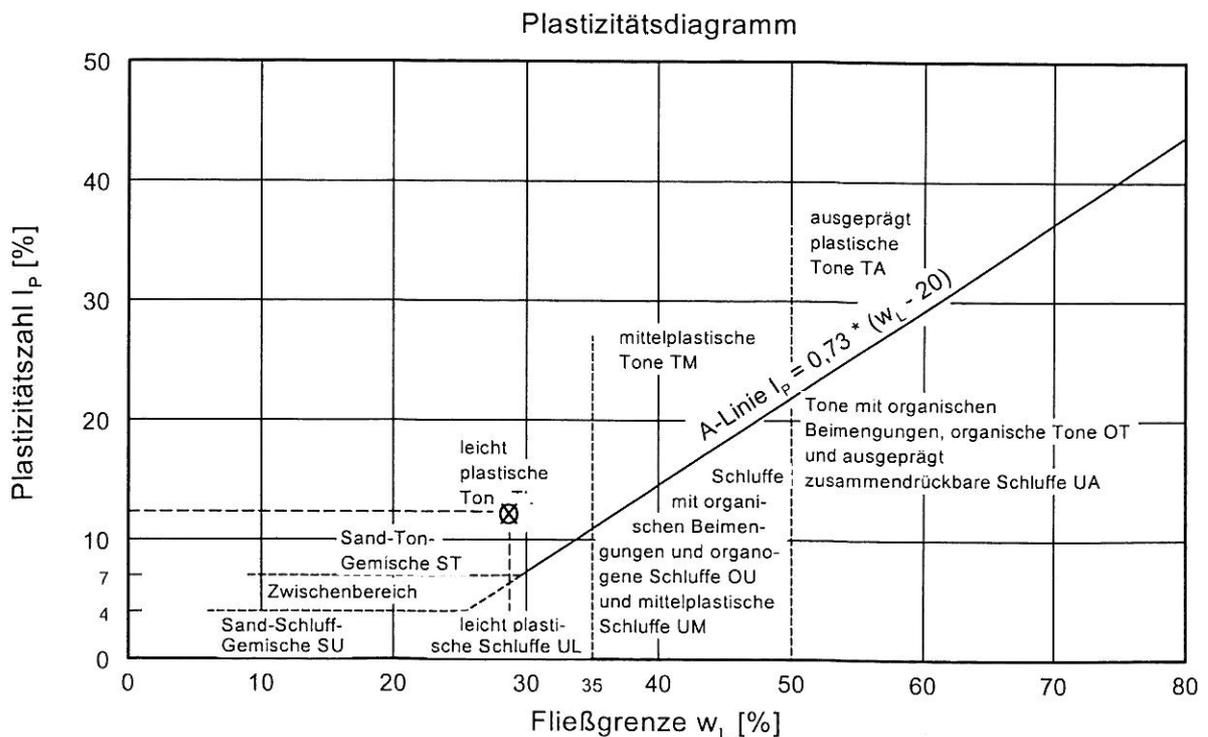
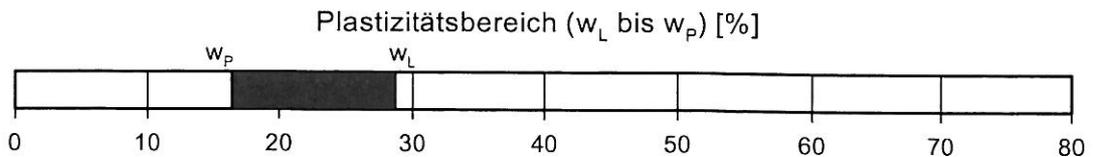
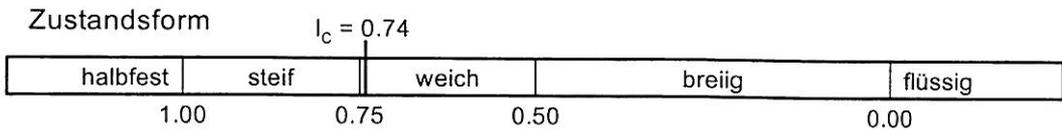
Bodenart: TL/ST

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 11.11.2013



|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Wassergehalt $w =$       | 19.5 % |
| Fließgrenze $w_L =$      | 28.7 % |
| Ausrollgrenze $w_p =$    | 16.4 % |
| Plastizitätszahl $I_p =$ | 12.4 % |
| Konsistenzzahl $I_c =$   | 0.74   |



## Anlage 6

### **Geothermische Standortbeurteilung**

zum Bauvorhaben Baugebiet Beckenkreuz IV in 88471 Untersulmentingen

---

Aktenzeichen: AZ 13 10 008

Auftraggeber: Stadt Laupheim - Baudezernat - Tiefbau  
Marktplatz 1  
88471 Laupheim

Bearbeitung: Dipl.-Geol. Oliver Wahl

Datum: 20.11.2013

## **Inhaltsverzeichnis**

- 1     Veranlassung**
- 2     Einführung in die oberflächennahe Geothermie**
  - 2.1   Kurzbeschreibung Erdwärmesonden
  - 2.2   Kurzbeschreibung thermische Brunnenanlage
- 3     Geologie, Hydrogeologie und geothermisches Potential**
  - 3.1   Geologischer Schichtenaufbau
  - 3.2   Hydrogeologische Verhältnisse
  - 3.3   Geothermisches Potential
- 4     Beurteilung der Wärmequellsysteme**
  - 4.1   Thermische Brunnenanlage
  - 4.2   Erdwärmesonden
- 5     Zusammenfassung**
- 6     Die wesentlichen Vorteile von Erdwärme auf einen Blick**
- 7     Literatur**

## 1 Veranlassung

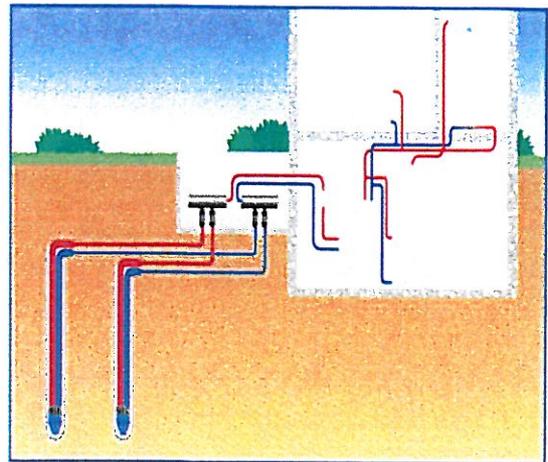
Im Zuge der Baugrunduntersuchung für die geplante Erschließung des Baugebietes „Beckenkreuz IV“ (39 Bauplätze) im Ortsteil Untersulmtingen der Stadt Laupheim wird der Standort hinsichtlich oberflächennaher geothermischer Nutzung überprüft.

## 2 Einführung in die oberflächennahe Geothermie

Geothermie ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der festen Oberfläche der Erde. Die oberflächennahe Geothermie nutzt den Untergrund bis zu einer Tiefe von ca. 400 m und Temperaturen bis 25 °C für das Beheizen und Kühlen von Gebäuden. Hierzu wird die Wärme aus dem Erdreich und oberflächennahen Gestein oder aus dem Grundwasser gewonnen. Die Wärme wird an der Oberfläche an die Wärmepumpe abgegeben und durch sie auf das zum Heizen und zur Warmwasserbereitung notwendige Temperaturniveau gebracht. Dabei spendiert der Untergrund bis zu 80 % der erforderlichen Energie. Durch Einsatz dieser Wärme und lediglich rund 20 % Antriebsenergie beheizt die Wärmepumpe das Gebäude. Der Untergrund kann aber auch direkt oder indirekt als Quelle für Klimakälte genutzt werden.

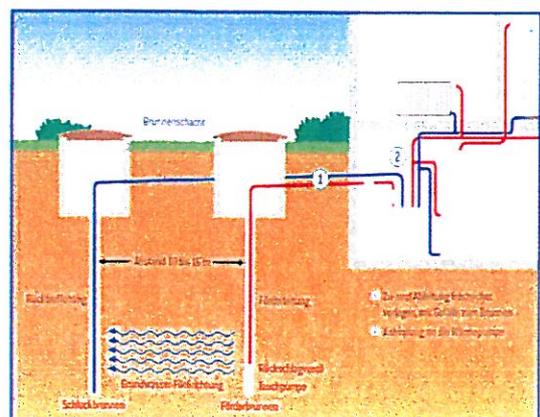
### 2.1 Kurzbeschreibung Erdwärmesonden

Die Erschließung von Erdwärme im Boden, Sedimenten und festen Gesteinen erfolgt über Erdwärmesonden. Erdwärmesonden gehören zu den geschlossenen Systemen und werden in vertikale Bohrungen mit einer Tiefe von wenigen Metern bis über 200 Metern installiert. Im Sondenkreislauf wird eine Wärmeträgerflüssigkeit durch den Boden geleitet, um die darin gespeicherte Wärme im Heizbetrieb aufzunehmen bzw. im Kühlbetrieb abzugeben. Ausgehend von einer Jahresmitteltemperatur von 8,5 °C in Deutschland und einem geothermischen Gradienten von 3 °C/100 m liegt die Untergrundtemperatur beispielsweise in etwa 100 m Tiefe bei etwa 11-12 °C.



### 2.2 Kurzbeschreibung thermische Brunnenanlage

Bei einer thermischen Brunnenanlage wird Grundwasser über einen Entnahmekosten gefördert und der Wärmepumpe zugeführt, die dem Grundwasser die Wärme entzieht. Das abgekühlte Wasser wird danach über einen Schluckbrunnen in den Untergrund zurückgeleitet. Aufgrund der in Deutschland ganzjährig konstanten Grundwassertemperaturen von 8-11 °C kann Grundwasser, in Abhängigkeit von



den hydrogeologischen Voraussetzungen vor Ort, eine energetisch effiziente Wärmequelle darstellen. Die Brunnenysteme zählen zu den offenen Systemen und eignen sich optimal zu direkten oder indirekten Kühlung.

### 3 Geologie, Hydrogeologie und geothermische Standortbedingungen

Die oberflächennahen, geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse wurden im Zuge der Baugrunderkundung mittels zwei großkalibrigen Rammkernbohrungen und zwei Rammsondierungen bis in eine Tiefe von maximal 8,0 m unter GOK erkundet. Die geologische Gliederung der erkundeten Böden ist im geotechnischen Bericht vom 20.11.13 [1] detailliert beschrieben.

#### 3.1 Geologischer Schichtenaufbau

Unterhalb einer ca. 0,3 m mächtigen, humosen Oberbodenauflage folgt im Untersuchungsgebiet eine rd. 1 m mächtige, rötlichbraun gefärbte, lehmige Verwitterungsdecke. Der Decklehm wird von rißzeitlichen Schottern unterlagert. Dabei handelt es sich um sandige Kiese, die im oberen Bereich schluffig bis stark schluffig ausgebildet sind. Zur Tiefe hin nimmt der Feinkornanteil signifikant ab. Die Basis der rißzeitlichen Schotter wurde zwischen 5,1 m und 5,8 m u. GOK erkundet. Im Liegenden folgen die tertiären Sedimente der Unteren Süßwassermolasse, die sich in den obersten 2 m aus einem dicht bis sehr dicht gelagerten, schwach schluffigen Fein- bis Mittelsand zusammensetzt. Darunter wurden bis zur jeweiligen Bohrendtiefe bunt gefärbte Ton-Schluff-Gemische mit steifer bis halbfester Konsistenz erbohrt.

Laut dem Informationssystem „Oberflächennahe Geothermie in Baden-Württemberg“ (ISONG) setzen sich die Sedimente der Unteren Süßwassermolasse in Form von bunten, sandigen Mergeln in Wechsellagerung mit Sandsteinen bis in eine Tiefe von mindestens 288 m Tiefe fort.

#### 3.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Während der Aufschlussarbeiten wurde ein Grundwasserzutritt innerhalb der Molassesande bei 5,7 m u. GOK festgestellt. Eine Grundwasserführung in den durchlässigen, rißzeitlichen Schottern wurde nicht festgestellt. Laut ISONG sind die rißzeitlichen Schotter jedoch wasserführend.

Die Sedimente der Unteren Süßwassermolasse sind im Allgemeinen stockwerksweise Grundwasser führend, das heißt Grundwasser leitende Horizonte (Sande, Sandsteine) stehen in Wechsellagerung mit Grundwasser stauenden Schichten (Mergel).

#### 3.3 Geothermisches Potential

Die Wärmeleitfähigkeit der Lithologie ist ein wesentlicher Kennwert zur Auslegung von Erdwärmesonden. Die Wärmeleitfähigkeit der zu erwartenden Formationen variiert gemäß VDI Richtlinien 4640 [2] zwischen 0,4 bis 2,8 W/m\*K (Tabelle 1).

**Tabelle 1: Effektive Wärmeleitfähigkeit nach VDI 4640 Blatt 1**

| Tiefe u. GOK [m] | Schicht                                    | Wärmeleitfähigkeit nach VDI 4640 Blatt 1 [W/m*K] |
|------------------|--|--|
| 0 - 1            | Verwitterungslehm                          | 0,4  |
| 1 - 5,5          | Rißzeitliche Schotter                      | 0,4  |
| 5,5 - 288*       | Untere Süßwassermolasse<br>(Sande, Mergel) | 2,3 - 2,9  |

\* prognostiziertes Profil

## 4 Beurteilung der Wärmequellsysteme

### 4.1 Thermische Brunnenanlage

Für den Betrieb einer thermischen Brunnenanlage muss, wie im Abschnitt 2.2 erläutert, ausreichend Grundwasser zur Verfügung stehen. Mit den Aufschlussergebnissen, die bis in eine Tiefe von 8 m reichen, wurde kein flächig anstehender Aquifer erkundet.

Somit ist die Errichtung einer thermischen Brunnenanlage nach derzeitigem Kenntnisstand am Standort nicht umsetzbar bzw. müsste über eine tiefer reichende Probebohrung im Detail überprüft werden.

### 4.2 Erdwärmesonden

Das Bauvorhaben befindet sich außerhalb von Wasser- oder Quellschutzgebieten, was für den Betrieb von Erdwärmesonden Voraussetzung ist. Für den Bau ist lediglich eine flurstückgenaue Überprüfung des Sachverhaltes bei der zuständigen Behörde notwendig. Laut dem Informationssystem „Oberflächennahe Geothermie in Baden-Württemberg“ (ISONG) besteht am Standort eine Bohrtiefenbegrenzung auf 288 m, was sich jedoch nicht auf den effizienten Betrieb einer Erdwärmesondenanlage auswirkt (übliche Bohrtiefen von Erdwärmesonden in Baden-Württemberg bis 200 m). Die tertiären Schichten mit einer potentiell höheren, spezifischen Wärmeleitfähigkeit stehen am Standort bereits in einer Tiefe von ca. 6 m u. GOK an. Somit bestehen am geplanten Standort günstige geologische und wasserrechtliche Rahmenbedingungen für die Errichtung einer Erdwärmesondenanlage.

Die Firma BauGrund Süd hat in Untersulmtingen bereits 15 Erdwärmesondenanlagen mit Bohrendtiefen bis 90 m realisieren können. Bohrtechnische Schwierigkeiten traten bei der Errichtung der Anlagen nicht auf.

## 5 Zusammenfassung

Da die Errichtung einer thermischen Brunnenanlage am geplanten Standort aller Voraussicht nicht realisierbar ist, empfehlen wir zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie Erdwärmesondenanlagen. Die geologischen und rahmenrechtlichen Bedingungen sind für den Bau einer solchen Anlage gut geeignet.

Eine detaillierte Auslegung und Wirtschaftlichkeitsberechnung der Erdwärmesondenanlage kann ggf. in enger Abstimmung mit der HLS-Planung bereits im Vorfeld erfolgen.

Ein wichtiger Aspekt für die Wirtschaftlichkeit einer geothermischen Anlage ist immer die richtige Auslegung und die Nutzung der Anlage zum Heizen und insbesondere zum Kühlen des geplanten Objektes. Die Verbrauchskosten für die Kühlung sind grundsätzlich näher zu betrachten, als die Kosten, die zum Beheizen des Gebäudes anfallen.

Durch den Einsatz oberflächennaher Geothermie sind Einsparungen von über 50 % des Primärenergiebedarfs möglich. Desgleichen werden die Anforderungen der gültigen EnEV (Energieeinsparverordnung) vollumfänglich erfüllt.

Wir beraten Sie gerne unverbindlich oder zeigen Ihnen an Hand von Referenzen auch bereits erstellte Objekte in Ihrer Umgebung.

## 6 Die wesentlichen Vorteile von Erdwärme auf einen Blick

- ✓ Mit einer eigenen Energiequelle auf dem Grundstück steigern Sie den Wert Ihrer Immobilie.
- ✓ Mit Erdwärme sind Sie unabhängig von steigenden Öl- und Gaspreisen und reduzieren Ihren Verbrauchskosten um rund 50 %.
- ✓ Erdwärme ist das wirtschaftlichste Heizsystem - heute und in der Zukunft.
- ✓ Keine Solarthermie erforderlich zur Brauchwassererwärmung.
- ✓ Erdwärme ist eine wartungsarme Technik, platzsparend, leise, kein Schornstein, keine Lagerung.
- ✓ Durch die Nutzung von Regenerativer Energiequellen leistet Erdwärme einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Im Vergleich zur Gasheizung fallen 38 %, im Vergleich zur Ölheizung sogar 57 % weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen an. Zudem arbeitet das Gerät vor Ort zu 100 % emissionsfrei.
- ✓ Mit Erdwärme unterschreiten Sie die zulässigen Werte für den Primärenergiebedarf laut Energieeinsparverordnung EnEV bei weitem, während sie von anderen Systemen gerade noch erfüllt bzw. sogar überschritten werden.
- ✓ Keine zusätzlichen Maßnahmen zur Erfüllung der EnEV erforderlich, wie z.B. bei Pellets mit Solarkollektoren.
- ✓ Erdwärme können Sie vielseitig einsetzen: Heizen, Kühlen, Warmwasser und Lüftung.



Foto oben (Beispiel):  
Erdwärmesondenbohrung der  
Firma BauGrund Süd

Foto links (Beispiel): Seilbagger für  
Brunnenbohrungen der Firma BauGrund  
Süd

## 7 Literatur

- [1] BauGrund Süd, Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH, Geotechnischer Bericht zum BV Erschließung Baugebiet Beckenkreuz IV in 88471 Laupheim-Obersulmtingen, AZ 13 10 008, vom 20.11.13.
- [2] VDI Richtlinien 4640, Blatt 1, Verein Deutscher Ingenieure, Auflage 2010.
- [3] Internet-Seite des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) Freiburg.  
„Informationssystem oberflächennahe Geothermie in Baden – Württemberg“ (ISONG).
- [4] BauGrund Süd - DC-GIS Datenbank.

Bei Fragen steht Ihnen gerne Herr Alois Jäger (Tel. 07564 9313-13 oder E-Mail [a.jaeger@baugrundsued.de](mailto:a.jaeger@baugrundsued.de)) zur Verfügung.

Alois Jäger  
Geschäftsführer

---

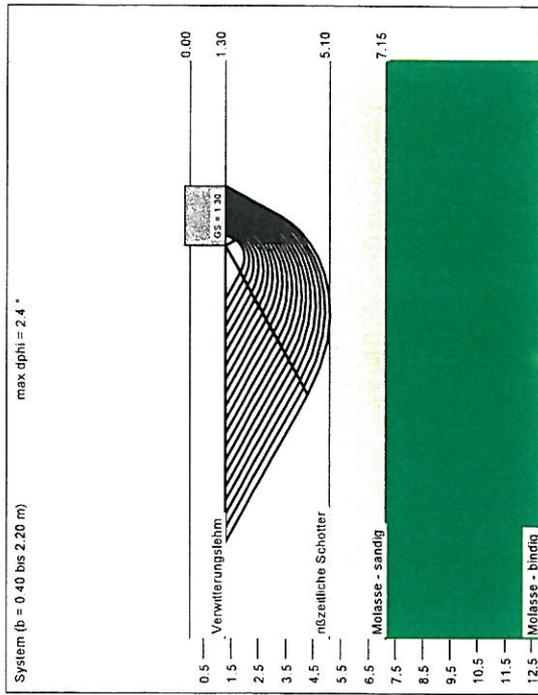
Die Angaben erfolgen auf Basis von allgemein zugänglichen, teils kostenpflichtigen geologischen Informationen und sind deshalb unverbindlich; eine Haftung jeglicher Art ist ausgeschlossen. Aufgrund der Inhomogenität des Untergrundes und eines möglichen Fazieswechsels kann die tatsächliche Situation am Standort von den Angaben abweichen. Es wird empfohlen die Grundwasserqualität auf Wärmepumpeneignung zu überprüfen.

# Wohnbebauung ohne Untergeschoss

## Nachweis des Grenzzustandes GEO-2 - Grundbruch- und Setzungs- und Berechnung

### für Einzelfundament auf mitteldicht gelagerter Terrassenkies

| Tiefe [m]   | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_0$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $c$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $E_{s0}$ [MN/m <sup>2</sup> ] | $v$ [-] | Bezeichnung           |
|-------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------|-----------------------|
| 0.00 - 1.30 | 17.0                          | 8.5                            | 26.7                            | 1.5                      | 3.0                           | 0.00    | Verwitterungslehm     |
| 1.30 - 5.10 | 18.0                          | 10.0                           | 32.5                            | 0.0                      | 30.0                          | 0.00    | rißzeitliche Schotter |
| 5.10 - 7.15 | 18.5                          | 10.5                           | 35.0                            | 1.0                      | 45.0                          | 0.00    | Molasse - sandig      |
| >7.15       | 20.5                          | 10.5                           | 27.5                            | 10.0                     | 55.0                          | 0.00    | Molasse - bindig      |



| a [m] | b [m] | $\sigma_{Ed}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $R_{Ed}$ [kN] | $\sigma_{Ed}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | s [cm] | cal $\phi$ [°] | calc [kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\sigma_u$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $i_g$ [m] | UKLS [m] |
|-------|-------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|--------|----------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------|----------|
| 0.40  | 0.40  | 650.7                              | 104.1         | 456.6                              | 0.46   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 3.05      | 1.99     |
| 0.50  | 0.50  | 664.2                              | 166.1         | 466.1                              | 0.58   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 3.39      | 2.17     |
| 0.60  | 0.60  | 677.7                              | 244.0         | 475.6                              | 0.71   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 3.72      | 2.34     |
| 0.70  | 0.70  | 691.3                              | 338.7         | 485.1                              | 0.84   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 4.03      | 2.51     |
| 0.80  | 0.80  | 704.8                              | 451.1         | 494.6                              | 0.97   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 4.33      | 2.69     |
| 0.90  | 0.90  | 718.3                              | 581.8         | 504.1                              | 1.11   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 4.62      | 2.86     |
| 1.00  | 1.00  | 731.8                              | 731.8         | 513.6                              | 1.25   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 4.91      | 3.03     |
| 1.10  | 1.10  | 745.4                              | 901.9         | 523.1                              | 1.39   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 5.18      | 3.21     |
| 1.20  | 1.20  | 758.9                              | 1092.8        | 532.5                              | 1.54   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 5.46      | 3.38     |
| 1.30  | 1.30  | 772.4                              | 1305.3        | 542.0                              | 1.68   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 5.73      | 3.55     |
| 1.40  | 1.40  | 785.9                              | 1540.4        | 551.5                              | 1.83   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 6.03      | 3.73     |
| 1.50  | 1.50  | 799.4                              | 1798.7        | 561.0                              | 1.98   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 6.34      | 3.90     |
| 1.60  | 1.60  | 813.0                              | 2081.2        | 570.5                              | 2.14   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 6.64      | 4.08     |
| 1.70  | 1.70  | 826.5                              | 2388.5        | 580.0                              | 2.30   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 6.94      | 4.25     |
| 1.80  | 1.80  | 840.0                              | 2721.5        | 589.5                              | 2.45   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 7.23      | 4.42     |
| 1.90  | 1.90  | 853.5                              | 3081.2        | 599.0                              | 2.62   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 7.53      | 4.60     |
| 2.00  | 2.00  | 867.1                              | 3468.2        | 608.5                              | 2.78   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 7.82      | 4.77     |
| 2.10  | 2.10  | 880.6                              | 3883.3        | 617.9                              | 2.95   | 32.5           | 0.00                      | 18.00                           | 22.10                           | 8.11      | 4.94     |
| 2.20  | 2.20  | 912.4                              | 4415.8        | 640.2                              | 3.18   | 32.6           | 0.05                      | 18.00                           | 22.10                           | 8.47      | 5.13     |

$\sigma_{Ed} = \sigma_{Ed} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(c\phi)}) = \sigma_{Ed} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{Ed} / 2.00$  (für Setzungen)

Verhältnis Veränderliche (Q)/Gesamlasten (G+Q)  $\gamma = 0.50$

baugrund  
Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik  
Maybachstraße 5  
88410 Bad Wurzach

BV BG Beckenkrenz IV  
in Untersulmtingen

AZ

13 10 008

Anlage

7.1

#### Berechnungsgrundlagen:

BK 2/13

Grundwasser = 5.70 m

Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$

Sohldruck

Setzungen

Teilicherheitskonzept (EC 7)

Einzelfundament ( $a/b = 1.00$ )

$\gamma_{Gr} = 1.40$

$\gamma_{(c\phi)} = 1.35$

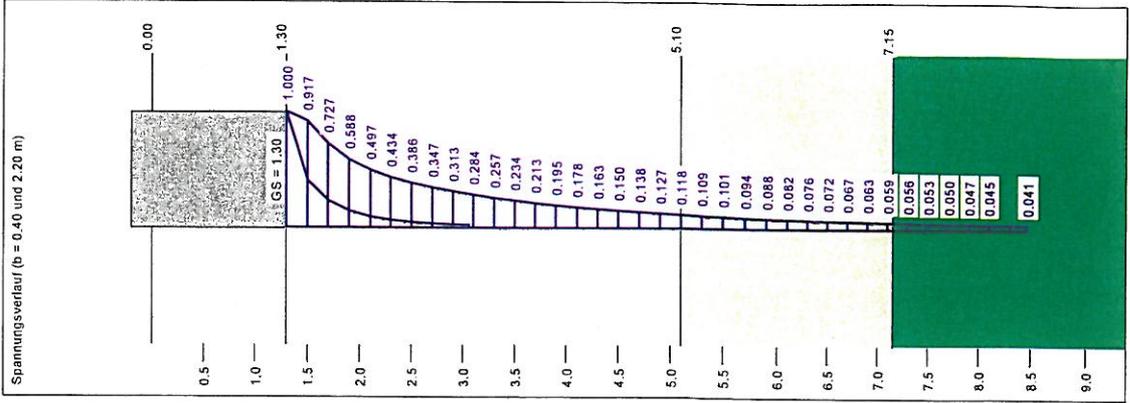
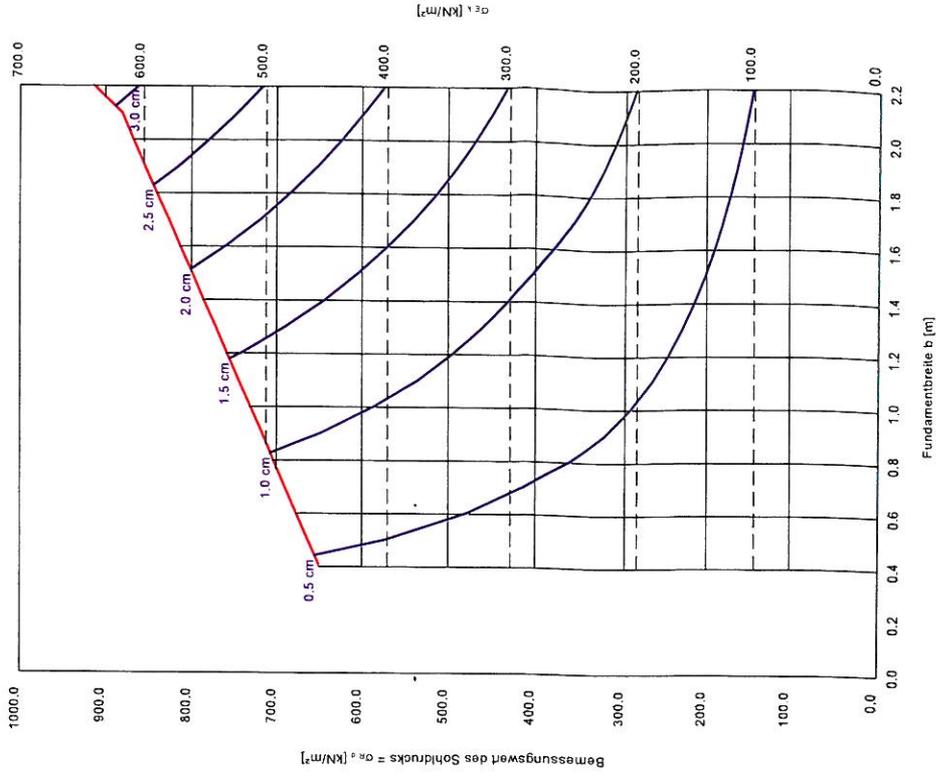
$\gamma_{(c\phi)} = 1.50$

Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

$\gamma_{(c\phi)} = 0.500 \cdot \gamma_{(c\phi)} + (1 - 0.500) \cdot \gamma_{(c\phi)}$

$\gamma_{(c\phi)} = 1.425$

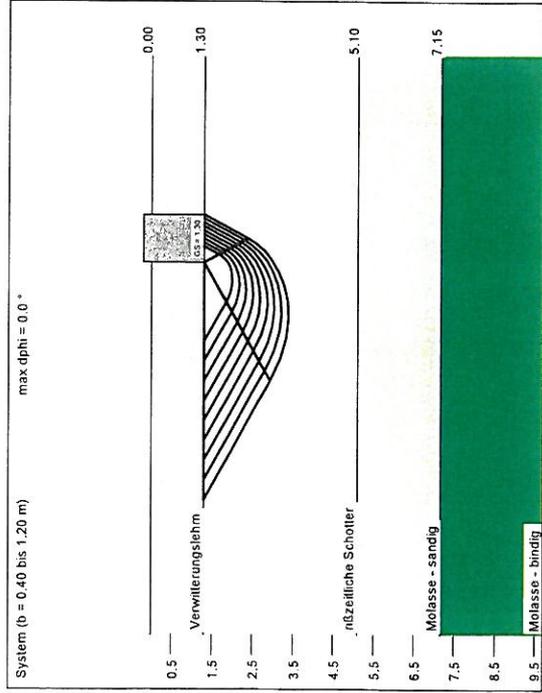
Gründungssohle = 1.30 m



# Wohnbebauung ohne Untergeschoss

## Nachweis des Grenzzustandes GEO-2 - Grundbruch- und Setzungsberechnung für Streifenfundament auf mitteldicht gelagertem Terrassenkies

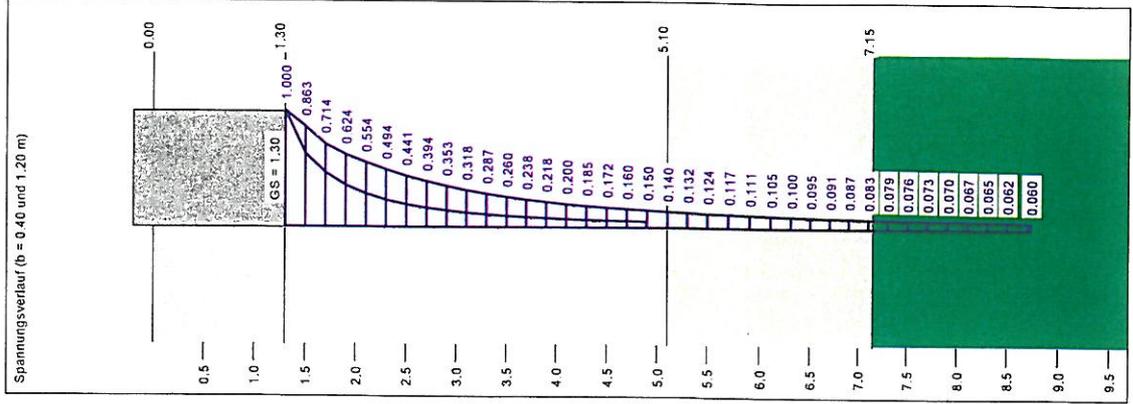
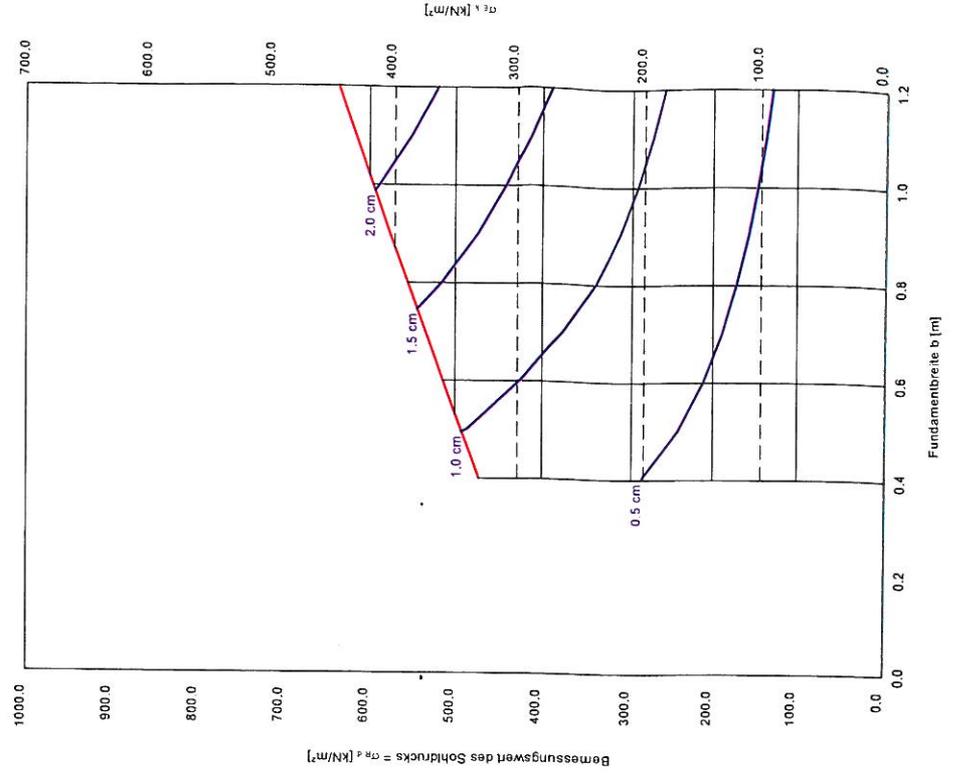
| Tiefe [m] | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\theta$ [°] | c [kN/m <sup>2</sup> ] | $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ] | $\nu$ [-] | Bezeichnung         |
|-----------|-------------------------------|--------------------------------|--------------|------------------------|----------------------------|-----------|---------------------|
| 1.30      | 17.0                          | 8.5                            | 26.7         | 1.5                    | 3.0                        | 0.00      | Verwitterungslehm   |
| 5.10      | 18.0                          | 10.0                           | 32.5         | 0.0                    | 30.0                       | 0.00      | rüszellige Schotter |
| 7.15      | 18.5                          | 10.5                           | 35.0         | 1.0                    | 45.0                       | 0.00      | Molasse - sandig    |
| >7.15     | 20.5                          | 10.5                           | 27.5         | 10.0                   | 55.0                       | 0.00      | Molasse - bindig    |



| a [m] | b [m] | $\sigma_{fd}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $R_{s,d}$ [kN/m] | $\sigma_{ex}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | s [cm] | cal $\phi$ [°] | cal c [kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $\sigma_u$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $l_g$ [m] | UK LS [m] |
|-------|-------|------------------------------------|------------------|------------------------------------|--------|----------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|
| 10.00 | 0.40  | 472.8                              | 189.1            | 331.8                              | 0.82   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                           | 22.10                           | 4.89      | 1.99      |
| 10.00 | 0.50  | 493.7                              | 246.8            | 346.4                              | 1.02   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                           | 22.10                           | 5.38      | 2.17      |
| 10.00 | 0.60  | 514.4                              | 308.6            | 361.0                              | 1.21   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                           | 22.10                           | 5.87      | 2.34      |
| 10.00 | 0.70  | 535.1                              | 374.5            | 375.5                              | 1.41   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                           | 22.10                           | 6.39      | 2.51      |
| 10.00 | 0.80  | 555.6                              | 444.5            | 389.9                              | 1.62   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                           | 22.10                           | 6.89      | 2.69      |
| 10.00 | 0.90  | 576.0                              | 518.4            | 404.2                              | 1.82   | 32.5*          | 0.00                       | 18.00                           | 22.10                           | 7.38      | 2.86      |
| 10.00 | 1.00  | 596.3                              | 596.3            | 418.5                              | 2.03   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                           | 22.10                           | 7.84      | 3.03      |
| 10.00 | 1.10  | 616.5                              | 678.2            | 432.6                              | 2.24   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                           | 22.10                           | 8.29      | 3.21      |
| 10.00 | 1.20  | 636.6                              | 763.9            | 446.7                              | 2.45   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                           | 22.10                           | 8.73      | 3.38      |

\* phi wegen 5<sup>er</sup> Bedingung abgemindert  
 $\sigma_{ex} = \sigma_{ex} / (\gamma_{ca} \cdot \gamma_{c\phi}) = \sigma_{ex} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{ex} / 2.00$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [H] = 0.50

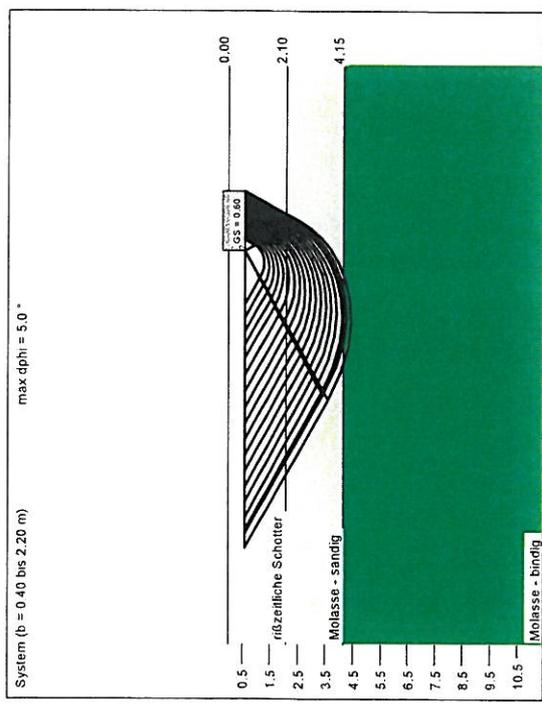
Berechnungsgrundlagen:  
 BK 2/13  
 Grundwasser = 5.70 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Streifenfundament (a = 10.00 m)  
 $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G+Q)} = 0.500 \cdot \gamma_G + (1 - 0.500) \cdot \gamma_Q$   
 $\gamma_{(G+Q)} = 1.425$   
 Gründungssohle = 1.30 m



# Wohnbebauung mit Untergeschoss

## Nachweis des Grenzzustandes GEO-2 - Grundbruch- und Setzungsrechnung für unterkellerte Wohnhäuser: Einzelfundament auf mitteldicht gelagertem Terrassenkies

| Tiefe [m] | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi$ [°] | c [kN/m <sup>2</sup> ] | $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ] | v [-] | Bezeichnung           |
|-----------|-------------------------------|--------------------------------|------------|------------------------|----------------------------|-------|-----------------------|
| 2.10      | 18.0                          | 10.0                           | 32.5       | 0.0                    | 30.0                       | 0.00  | riszeitliche Schotter |
| 4.15      | 18.5                          | 10.5                           | 35.0       | 1.0                    | 45.0                       | 0.00  | Molasse - sandig      |
| >4.15     | 20.5                          | 10.5                           | 27.5       | 10.0                   | 55.0                       | 0.00  | Molasse - bindig      |



| a [m] | b [m] | $\sigma_{Ed}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $R_{Ed}$ [kN] | $\sigma_{Ek}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | s [cm] | cal $\psi$ [°] | cal c [kN/m <sup>2</sup> ] | $f_z$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $\sigma_u$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $l_y$ [m] | UK LS [m] |
|-------|-------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|--------|----------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|
| 0.40  | 0.40  | 345.6                              | 55.3          | 242.6                              | 0.24   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 2.11      | 1.28      |
| 0.50  | 0.50  | 359.2                              | 89.8          | 252.0                              | 0.30   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 2.39      | 1.47      |
| 0.60  | 0.60  | 372.7                              | 134.2         | 261.5                              | 0.37   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 2.67      | 1.64      |
| 0.70  | 0.70  | 386.2                              | 189.2         | 271.0                              | 0.44   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 2.97      | 1.81      |
| 0.80  | 0.80  | 399.7                              | 255.8         | 280.5                              | 0.52   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 3.27      | 1.99      |
| 0.90  | 0.90  | 413.2                              | 334.2         | 290.0                              | 0.60   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 3.57      | 2.17      |
| 1.00  | 1.00  | 426.7                              | 426.7         | 299.5                              | 0.68   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 3.87      | 2.35      |
| 1.10  | 1.10  | 440.2                              | 533.4         | 309.0                              | 0.76   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 4.17      | 2.53      |
| 1.20  | 1.20  | 453.7                              | 654.1         | 318.5                              | 0.84   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 4.47      | 2.71      |
| 1.30  | 1.30  | 467.2                              | 789.8         | 328.0                              | 0.92   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 4.77      | 2.89      |
| 1.40  | 1.40  | 480.7                              | 940.5         | 337.5                              | 1.00   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 5.07      | 3.07      |
| 1.50  | 1.50  | 494.2                              | 1107.2        | 347.0                              | 1.08   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 5.37      | 3.25      |
| 1.60  | 1.60  | 507.7                              | 1290.9        | 356.5                              | 1.16   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 5.67      | 3.43      |
| 1.70  | 1.70  | 521.2                              | 1492.6        | 366.0                              | 1.24   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 5.97      | 3.61      |
| 1.80  | 1.80  | 534.7                              | 1712.3        | 375.5                              | 1.32   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 6.27      | 3.79      |
| 1.90  | 1.90  | 548.2                              | 1950.0        | 385.0                              | 1.40   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 6.57      | 3.97      |
| 2.00  | 2.00  | 561.7                              | 2206.7        | 394.5                              | 1.48   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 6.87      | 4.15      |
| 2.10  | 2.10  | 575.2                              | 2482.4        | 404.0                              | 1.56   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 7.17      | 4.33      |
| 2.20  | 2.20  | 588.7                              | 2777.1        | 413.5                              | 1.64   | 32.5           | 0.00                       | 18.00                      | 10.80                           | 7.47      | 4.51      |

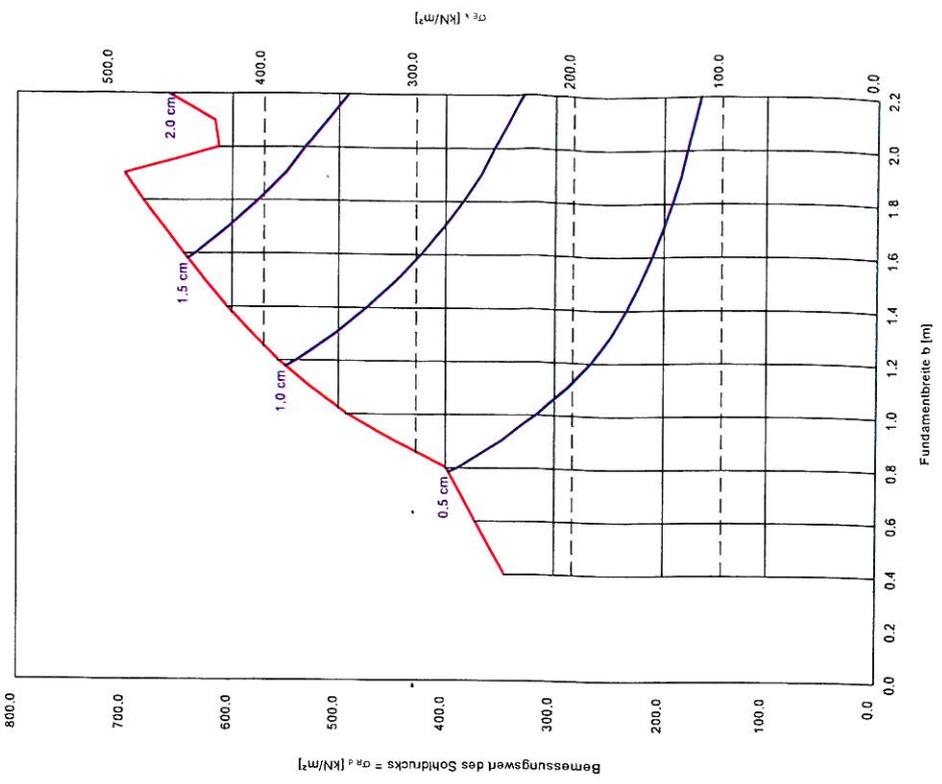
\* phi wegen 5° Bedingung abgemindert  
 $\sigma_{Ek} = \sigma_{Ed} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{col}) = \sigma_{Ed} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{Ed} / 2.00$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderte(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [z] = 0.50

baugrund  
 Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik  
 Maybachstraße 5  
 88410 Bad Wurzach

BV BG Beckenkreuz IV  
 in Untersulmtingen

AZ 13 10 008  
 Anlage 7.3

Berechnungsgrundlagen:  
 BK 2/13  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Einzelfundament (arfb = 1.00)  
 $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\gamma_{col} = 1.35$   
 $\gamma_{cl} = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_G + (1 - 0.500) \cdot \gamma_Q$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$   
 Grundungssohle = 0.60 m

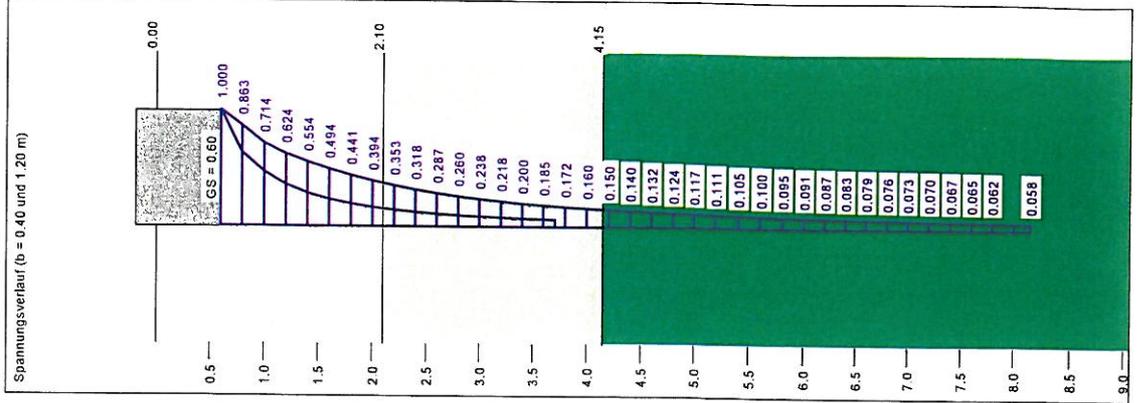
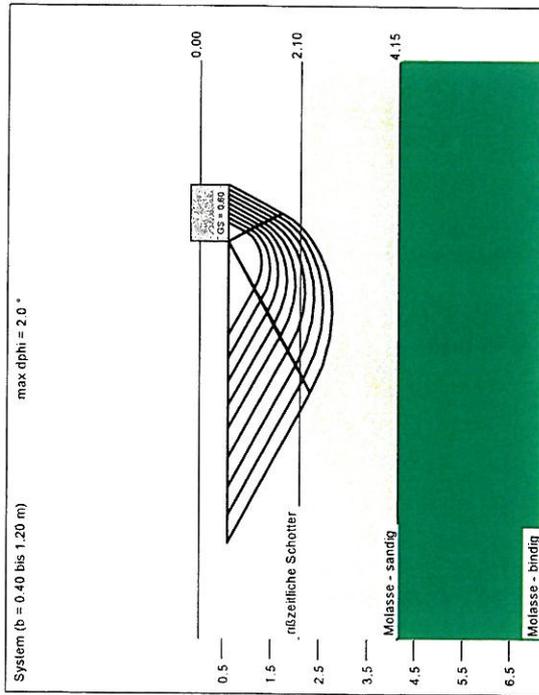


# Wohnbebauung mit Untergeschoss

## Nachweis des Grenzzustandes GEO-2 - Grundbruch- und Setzungsberechnung

für unterkellerte Wohnhäuser: Streifenfundament auf mitteldicht gelagertem Terrassenkies

| Boden | Tiefe [m] | $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\varphi$ [°] | c [kN/m <sup>2</sup> ] | $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ] | $\nu$ [-] | Bezeichnung            |
|-------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|---------------|------------------------|----------------------------|-----------|------------------------|
| 1     | 2.10      | 18.0                          | 10.0                           | 32.5          | 0.0                    | 30.0                       | 0.00      | risfzeitliche Schotter |
| 2     | 4.15      | 18.5                          | 10.5                           | 35.0          | 1.0                    | 45.0                       | 0.00      | Molasse - sandig       |
| 3     | >4.15     | 20.5                          | 10.5                           | 27.5          | 10.0                   | 55.0                       | 0.00      | Molasse - bindig       |



| a [m] | b [m] | $\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $R_{s,d}$ [kN/m] | $\sigma_{R,s}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | s [cm] | calc $\varphi$ [°] | calc $\sigma'_0$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma'_2$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\sigma'_0$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $I_{p,0}$ [m] | UKLS [m] |
|-------|-------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|--------|--------------------|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|----------|
| 10.00 | 0.40  | 270.1                               | 108.0            | 189.5                               | 0.42   | 32.5               | 0.00                                  | 18.00                            | 10.80                            | 3.71          | 1.29     |
| 10.00 | 0.50  | 289.9                               | 144.9            | 203.4                               | 0.53   | 32.5               | 0.00                                  | 18.00                            | 10.80                            | 4.24          | 1.47     |
| 10.00 | 0.60  | 309.6                               | 185.8            | 217.3                               | 0.64   | 32.5               | 0.00                                  | 18.00                            | 10.80                            | 4.75          | 1.64     |
| 10.00 | 0.70  | 329.2                               | 230.4            | 231.0                               | 0.76   | 32.5               | 0.00                                  | 18.00                            | 10.80                            | 5.24          | 1.81     |
| 10.00 | 0.80  | 348.6                               | 278.9            | 244.7                               | 0.89   | 32.5               | 0.00                                  | 18.00                            | 10.80                            | 5.71          | 1.99     |
| 10.00 | 0.90  | 368.8                               | 359.0            | 279.9                               | 1.11   | 33.0               | 0.19                                  | 18.01                            | 10.80                            | 6.40          | 2.19     |
| 10.00 | 1.00  | 445.1                               | 445.1            | 312.3                               | 1.33   | 33.3               | 0.32                                  | 18.03                            | 10.80                            | 7.04          | 2.39     |
| 10.00 | 1.10  | 483.5                               | 531.8            | 339.3                               | 1.54   | 33.5               | 0.40                                  | 18.06                            | 10.80                            | 7.62          | 2.58     |
| 10.00 | 1.20  | 518.1                               | 621.7            | 363.6                               | 1.75   | 33.7               | 0.46                                  | 18.04                            | 10.80                            | 8.16          | 2.77     |

$\sigma_{R,s} = \sigma_{R,d} / (\gamma_G \cdot \gamma_{G,O}) = \sigma_{R,d} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,d} / 2.00$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(O)/Gesamlasten(G+O)  $\gamma = 0.50$

baugrund  
 Gesellschaft für Böhle- und Geotechnik  
 Maybachstraße 5  
 88410 Bad Wurzach

BV BG Beckenkreuz IV  
 in Untersulmlentingen

AZ 13 10 008  
 Anlage 7.4

Berechnungsgrundlagen:  
 BK 2/13  
 Grundwasser = 2.70 m  
 Grenzlinie mit  $p = 20.0\%$   
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Sohldruck  
 Setzungen  
 Streifenfundament ( $a = 10.00$  m)  
 $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_D = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,O)} = 0.500 \cdot \gamma_G + (1 - 0.500) \cdot \gamma_D$   
 $\gamma_{(G,O)} = 1.425$   
 Gründungssohle = 0.60 m

