fm geotechnik I Dipl.-Ing. (FH) Ralf Frankovsky Dipl.-Geol. Klaus Merk
Amtzell und Altusried - Kimratshofen

Baugrunderkundungen
Baugrund- und Gründungsgutachten
Grundbaustatik
Hydrogeologie

# Geotechnisches Gutachten

## Erschließung BG „Am Brunnenweg“, Mochenwangen

| | |
|---|---|
| Projekt Nr. | A1708016 |
| Bauvorhaben | Erschließung BG „Am Brunnenweg“, Mochenwangen |
| Auftraggeber | Gemeinde Wolpertswende<br>Kirchplatz 4<br>88284 Wolpertswende |
| Planung | LARS Consult,<br>Gesellschaft für Planung und Projektentwicklung mbH<br>Bahnhofstraße 20<br>87700 Memmingen |
| Datum | 14.12.2017 |
| Bearbeitung | M. Sc. Geol. Ralf Knapp<br>Dipl. Ing. (FH) Ralf Frankovsky |

fm geotechnik GbR
Wiesflecken 6
88279 Amtzell

Telefon 07522/9784407
Fax 07522/9784408
Mobil Frankovsky 01525/4295638

info@fmgeotechnik.de

fm geotechnik GbR
Mayrhalde 11
87452 Altusried

Telefon 08373/3020379
Fax 08373/3020378
Mobil Merk 01525/4269775

www.fmgeotechnik.de

Gesellschafter
Ralf Frankovsky
Klaus Merk

Steuernummer
91070/47116

USt.-IdNr.
DE278062424

Inhalt

1. Vorgang
2. Baugrundschichtung, bautechnische Beschreibung, Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung, umwelttechnische Untersuchungen, Erdbebenklassifizierung
3. Schicht- und Grundwasserverhältnisse, Durchlässigkeit der anstehenden Böden
4. Gründung und baubegleitende Maßnahmen

Anlagen

1.1 Übersichtslageplan, M. 1:25.000
1.2 Lageplan mit Untersuchungspunkten, M. 1:1.000
2.1 Geologisches Profil 1: RKS1 - DPH1 - RKS3 - DPH2 - RKS2, M. d. H. 1:50, M. d. L. unmaßstäblich
2.2 Geologisches Profil 2: RKS4 - DPH3 - RKS5 - DPH4 - RKS6, M. d. H. 1:50, M. d. L. unmaßstäblich
2.3 Geologisches Profil 3 - Straße: RKS7 - RKS8, M. d. H. 1:50, M. d. L. unmaßstäblich
2.4 Geologisches Profil 4 - Altlastenverdachtsfläche: SG1 – SG2, M. d. H. 1:50, M. d. L. unmaßstäblich
3 Ergebnis Siebung RKS1-2-4-6, Postglazialkies
4 Sickerversuch RKS1
5 Geotechnische Laborversuche (4 Seiten)
6.1-9 Probenahmeprotokolle Proben Umwelttechnik
7 Umweltgeologische Stellungnahme und Analyseergebnisse, Büro Dr. Lindinger (16 Seiten)
8 Fotodokumentation Altlastenverdachtsfläche (3 Seiten)
9 Prüfbericht Asphalt, Analytik Institut Rietzler GmbH, Nürnberg (2 Seiten)
10 Fotodokumentation Asphaltkerne (2 Seiten)
11.1-2 Fundamentdiagramme

Unterlagen

[1] LARS consult Gesellschaft für Planung und Projektentwicklung mbH
Projekt Nr. 6089 - Bebauungsplan mit integrierter Grünordnung „Am Brunnenweg“ Wolpertswende OT Mochenwangen
[1.1] zeichnerischer Teil - Voranfrage, M 1:1.000 Planstand 24.05.2017

[2] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg
*„Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“*
vom 13.04.2004 inkl. ergänzender Erlass und Vermerk des MfUuVBW vom 10.08.2004 und 12.10.2004

[3] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg
*„Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit PAK-, MKW-, BTEX-, LHKW-, PCB-, PCDD/F- und Herbizid-haltiger Abfälle“*
Dezember 2003

[4] Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen, 2005
*„Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer- / pech-typischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau“*
(RuVA-StB 01, Ausgabe 2001, Fassung 2005)

## 1. Vorgang

Die Gemeinde Wolpertswende plant die Erschließung des Baugebietes „Am Brunnenweg“, im Ortsteil Mochenwangen. Das Baugebiet befindet sich südwestlich des Ortskerns von Mochenwangen.

Unser Büro wurde von der Gemeinde beauftragt, eine Baugrunderkundung im Projektgebiet auszuführen und ein geotechnisches Gutachten zu erstellen. Zu diesem Zweck wurden am 18.09.2017 insgesamt acht Rammkernsondierungen (RKS1/17 bis RKS8/17), vier schwere Rammsondierungen (DPH1/17 bis DPH4/17) sowie zwei Schürfgruben (SG1/17 und SG2/17) abgeteuft.
Die Untersuchungsstellen wurden von unserem Büro nach Lage und Höhe eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist im Lageplan der Anlage 1.2 dargestellt. Die Höhen der Ansatzpunkte, ebenso wie die detaillierte, nach DIN EN ISO 14688-1 und -2, DIN 18 196 und DIN 18 300 klassifizierte Bodenaufnahme, sind in den geologischen Profilen der Anlagen 2.1 bis 2.4 aufgeführt. Als Höhenansatzpunkt für die RKS6/17 diente ein Schachtdeckel südlich des Regenüberlaufbeckens, dessen Höhe mit 454.70 m ü. NN angegeben wird. Für die Rammkernsondierung RKS8/17 diente ein Schachtdeckel an der Kreuzung Brunnenweg/Bodelschwinghstraße als Ansatzpunkt. Die Höhe des Schachtdeckels wird mit 457.07 m ü. NN angegeben. Für die restlichen Untersuchungspunkte diente der Schacht vor der Hausnummer Brunnenweg 12 als Höhenansatzpunkt, dessen Höhe ist im Kanalbestandsplan der Gemeinde Wolpertswende mit 457.86 m ü. NN angegeben.
In der Rammkernsondierung 6 (RKS6/17), im Bereich der geplanten Bedarfsfläche für Regenwasserrückhaltung oder -versickerung, wurde ein Sickerversuch im Pegel in einer Tiefe von 1,40 m ausgeführt, um die Durchlässigkeit der anstehenden Bodenschicht zu bestimmen (Anl. 4).
Aus den Untersuchungsstellen wurden Bodenproben zur umwelttechnischen Vordeklaration entnommen. Die Bodenproben wurden auf die Parameter der Verwaltungsvorschrift des UMBW für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial (VwV) untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchung, sowie deren Bewertung durch das Sachverständigenbüro Dr. Lindinger GmbH & Co. KG aus Weingarten, sind in der Anlage 7 enthalten. Aus der Asphaltdecke des Brunnenwegs wurden zwei Asphaltproben mittels Kernbohrgerät entnommen. Diese wurden einer analytischen Untersuchung auf ihre PAK-Gehalte unterzogen.

An weiteren Bodenproben wurden verschiedene bodenmechanische Laborversuche ausgeführt. Die Ergebnisse der Versuche sind in den Anlage 5 enthalten.

## 2. Geomorphologische Situation, Baugrundschichtung, bautechnische Beschreibung, Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung, Umwelttechnische Untersuchungen

### *2.1 Geomorphologische Situation*

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im südlichen Teil von Mochenwangen und umfasst die Flst. Nr. 1608 sowie Nr. 1600 (Brunnenweg). Das Gelände ist derzeit unbebaut und wird als Wiese und Streuobstfläche genutzt. Nordwestlich an das Untersuchungsgebiet, beim Brunnenweg, sowie nördlich schließen Wohnhäuser an, im Südosten verläuft die Schussen. Das Gelände fällt leicht von Nordosten nach Südwesten ab.

Geologisch gesehen wurde das heutige Schussental vorwiegend während der letzten Vereisung (Würm) vom Rheingletscher und seinen Schmelzwässern geformt. Der Gletscher schürfte aus dem tertiärzeitlichen Molassesockel die Hohlform des heutigen Schussentales. Während des Höhepunkts der Würmeiszeit reichten die Eismassen weit nach Norden bis in den Raum von Bad Schussenried. Dementsprechend bestehen die Hochflächen des heutigen Schussentals sowie der Untergrund des Tals selbst aus einem Sockel aus Molassegestein (Untere Süßwassermolasse). In der Abschmelzphase des Gletschers vor etwa 10.000 Jahren war das südliche Schussental einer der letzten Bereiche in Oberschwaben, die vom Eis erfüllt waren. Zum Ende der Eiszeit verblieb im Tal ein sog. Zungengletscher. Nach dessen Abschmelzen füllte sich die von ihm zurückgelassene Vertiefung mit feinkörnigen Beckenablagerungen (Feinsande, Schluffe, Tone). Im Postglazial und Holozän wurde die Fließrichtung der Schussen umgekehrt und es kamen über den Beckensedimenten im Schussenbett grobkörnige Postglazialkiese und feinkörnigere Postglazialsande, welche oberflächennah verwitterten zur Ablagerung. Im Bereich der Wiese bildet eine Mutterbodenauflage die oberste Schicht. Lokal stehen zuoberst auf dem Flurstück Nr. 1608 auch aufgefüllte Böden an, welche dort als Grubenverfüllung abgelagert worden sind. In dem Brunnenweg bildet eine Asphaltdecke sowie der Straßenoberbau die ersten angetroffenen Schichten.

## *2.2 Baugrundschichtung*

Anhand der ausgeführten Aufschlüsse kann am Projektstandort von folgender genereller Schichtenfolge ausgegangen werden:

| | |
|---|---|
| Auffüllungen (ungegliedert) | (rezent) |
| Mutterboden | (Quartär: Holozän) |
| Verwitterungsdecke | (Quartär: Pleistozän bis Holozän) |
| Postglazialkies | (Quartär: Pleistozän bis Holozän) |
| Beckenablagerungen | (Quartär: Pleistozän, Spätwürm) |

Im Einzelnen wurden mit den 8 Rammkernsondierungen, 4 schweren Rammsondierungen sowie den 2 Schürfgruben folgende Schichtglieder bzw. Schichttiefen festgestellt.

Tabelle 1a: Schichtglieder RKS1 bis RKS5 (von - bis m unter Gelände)

| **Aufschluss Ansatzhöhe m ü. NN** | **RKS1/17 456.32** | **RKS2/17 455.22** | **RKS3/17 454.97** | **RKS4/17 454.66** | **RKS5/17 455.26** |
|---|---|---|---|---|---|
| Asphalt | n. a. | n. a. | n. a. | n. a. | n. a. |
| Auffüllungen (ungegliedert) | n. a. | n. a. | n. a. | n. a. | n. a. |
| Mutterboden | 0,00 – 0,30 | 0,00 – 0,30 | 0,00 – 0,40 | 0,00 – 0,30 | 0,00 – 0,20 |
| Verwitterungslehm | n. a. | n. a. | n. a. | n. a. | 0,20 – 1,60 |
| Verwitterungskies | 0,30 – 1,20 | 0,30 – 1,10 | n. a. | 0,30 – 0,70 | n. a. |
| Verwitterungssand | n. a. | n. a. | 0,40 – 0,80 | n. a. | n. a. |
| Postglazialsand | n. a. | n. a. | 0,80 – 1,70 | n. a. | n. a. |
| Postglazialkies | 1,20 – 3,00 | 1,10 – 3,20 | 1,70 – 2,40 | 0,70 – 2,90 | n. a. |
| Beckenablagerung, Ton | 3,00 – 5,50 | 3,20 – 5,10 | 2,40 – 8,00* | 2,90 – 6,00* | 2,20 – 6,00* |
| Beckenablagerung, Schluff | 5,50 – 6,00* | n. a. | n. a. | n. a. | n. a. |
| Beckenablagerung, Sand | n. a. | 5,10 – 6,00* | n. a. | n. a. | 1,60 – 2,20 |

* Endtiefe n. a. = bis zur Endtiefe nicht angetroffen

Tabelle 1b: Schichtglieder RKS6 bis RKS8 sowie SG1 und SG2 (von - bis m unter Gelände)

| **Aufschluss<br>Ansatzhöhe m ü. NN** | **RKS6/17<br>453.76** | **RKS7/17<br>457.78** | **RKS8/17<br>455.17** | **SG1/17<br>456.87** | **SG2/17<br>455.74** |
|---|---|---|---|---|---|
| Asphalt | n. a. | 0,00 – 0,07 | 0,00 – 0,02 | n. a. | n. a. |
| Auffüllungen (ungegliedert) | n. a. | 0,07 – 0,80 | 0,02 – 0,80 | 0,00 – 1,90 | 0,00 – 1,90 |
| Mutterboden | 0,00 – 0,30 | n. a. | n. a. | n. a. | n. a. |
| Verwitterungslehm | n. a. | n. a. | n. a. | 1,90 – 2,30 | n. a. |
| Verwitterungskies | n. a. | n. a. | n. a. | n. a. | n. a. |
| Verwitterungssand | 0,30 – 1,30 | n. a. | 0,80 – 2,10 | n. a. | n. a. |
| Postglazialsand | n. a. | n. a. | n. a. | n. a. | n. a. |
| Postglazialkies | 1,30 – 3,80 | n. a. | 2,10 – 3,00* | n. a. | 1,90 – 2,50* |
| Beckenablagerung, Ton | 3,80 – 6,00* | 0,80 – 3,00* | n. a. | 3,70 – 4,00* | n. a. |
| Beckenablagerung, Schluff | n. a. | n. a. | n. a. | n. a. | n. a. |
| Beckenablagerung, Sand | n. a. | n. a. | n. a. | 2,30 – 3,70 | n. a. |

* Endtiefe n. a. = bis zur Endtiefe nicht angetroffen

Tabelle 1c: Schichtglieder und Schichttiefen DPH1 bis DPH4 (von - bis m unter Gelände)

| **Aufschluss<br>Ansatzhöhe m ü. NN** | **DPH1/17<br>455.07** | **DPH2/17<br>455.14** | **DPH3/17<br>454.93** | **DPH4/17<br>455.14** |
|---|---|---|---|---|
| Mutterboden | 0,00 – 0,40 | 0,00 – 0,40 | 0,00 – 0,30 | 0,00 – 0,30 |
| Verwitterungsdecke | 0,40 – 1,20 | 0,40 – 0,80 | 0,30 – 0,90 | 0,30 – 1,60 |
| Postglazialablagerungen | 1,20 – 1,80 | 0,80 – 1,80 | 0,90 – 1,80 | 1,60 – 2,20 |
| Beckenablagerungen | 1,80 – 7,80* | 1,80 – 6,80* | 1,80 – 6,80* | 2,20 – 7,80* |

* Endtiefe

*Anmerkung: Da es sich bei Rammsondierungen um ein indirektes Aufschlussverfahren handelt (keine Bodenförderung), sind die dargestellten Schichtgrenzen bei den Sondierungen, insbesondere der Übergang von Schichten gleicher Konsistenz oder gleichem Lagerungszustand, als Interpretation zu sehen.*

## *2.2 Bautechnische Beschreibung der Schichten*

**Auffüllungen**

Im Untersuchungsgebiet wurden aufgefüllte Böden im Bereich der Straße sowie in der Altlastenverdachtsfläche angetroffen.

Bereich Straße:

Im Bereich des Brunnenwegs (RKS7 und RKS8) bildet eine Asphaltdecke die oberste Schicht, darunter folgen gering schluffige bis schwach schluffige, sandige bis stark sandige Fein- bis Grobkiese des Straßenunterbaus. Die Lagerung der Kiese ist mitteldicht.

Bereich Altlastenverdachtsfläche:

Bei der Altlastenverdachtsfläche steht zuoberst ein schwarzer, feinsandiger bis stark feinsandiger, stark humoser Schluff an, welcher eine weiche Konsistenz aufweist. Darunter folgen zum einen aufgefüllte, schwach schluffige bis lokal schluffige, sandige bis stark sandige, schwach steinige Kiese, welche vereinzelt auch Blöcke beinhalten können. Die anthropogenen Anteile setzen sich vor allem aus Ziegelresten und Glasscherben zusammen. Die Kiese sind überwiegend mitteldicht gelagert.

Zum anderen aus gering tonigen, schwach sandigen bis sandigen Schluffen. Die anthropogenen Anteile setzen sich bei den feinkornreichen Auffüllungen aus Ziegelresten, Keramik

und Holzresten zusammen. In der SG2/17 wurde ein stark organischer Schluff, im unteren Bereich der Auffüllungen angetroffen. Die Konsistenz der Böden ist weich, bzw. steif.

Insgesamt ist das Schichtpaket Auffüllungen zum Abtrag von Lasten, aufgrund der z. T. nur weichen Konsistenz und ihrer Heterogenität nicht heran zu ziehen.
Von den aufgefüllten Böden wurden insgesamt sechs Mischproben entnommen (2 x Straße, 4 x Altlastenverdachtsfläche). Die Ergebnisse der Untersuchung finden sich in Kapitel 2.4 und der Anlage 7 dieses Gutachtens wieder.

**Mutterboden**

Wenn keine aufgefüllten Böden anstehen, wird die oberste Schicht im Untersuchungsgebiet von einer 20 bis 40 cm starken Mutterbodenauflage gebildet. Der dunkelbraun bis lokal schwarz gefärbte Mutterboden setzt sich aus einem schwach tonigen bis tonigen, feinsandigen bis stark feinsandigen sowie schwach humosen und lokal stark humosen (RKS5/17) Schluff zusammen. Der Oberboden ist zum Abtrag von Lasten nicht geeignet. Er wird üblicherweise vor Baubeginn abgeschoben. Der Mutterboden kann in statisch nicht relevanten Bereichen zur Geländeangleichung oder als kulturfähiger Oberboden wiederverwendet werden (sofern analytisch nachgewiesen 70% der Vorsorgewerte gem. BBodSchG eingehalten werden).

**Verwitterungsdecke (Verwitterungslehm, Verwitterungskies, Verwitterungssand)**

Unterhalb des Mutterbodens steht im Untersuchungsgebiet in allen Aufschlüssen, die Verwitterungsdecke in Form von überwiegend Verwitterungskies und lokal Verwitterungssand und Verwitterungslehm an.

Der lokal vorkommende Verwitterungslehm (SG1 + RKS5) kann als toniger, schwach sandiger bis sandiger, stark kiesiger Schluff angesprochen werden. Die Konsistenz des Verwitterungslehms ist weich bis steif und steif. Die Tragfähigkeit des Verwitterungslehms ist als mäßig einzustufen. Der Lehmboden ist frost- und witterungsempfindlich. Bei Zutritt von Wasser (z. B. durch Niederschläge) weicht der Boden schnell auf und verliert an Tragfähigkeit.

Im Bereich der RKS3, der RKS6 und der RKS8 wurde die Verwitterungsdecke in Form eines schwach schluffigen bis stark schluffigen, vereinzelt kiesigen Fein- bis Grobsand (Verwitterungssand) angetroffen. Der braun bis graubraun gefärbte Sandboden ist locker, locker bis mitteldicht gelagert. Die bindige Matrix hat überwiegend weiche Konsistenz. Die Tragfähigkeit des Bodens ist als mäßig einzustufen.

Der Verwitterungskies setzt sich hauptsächlich aus einem schwach schluffigen bis schluffigen, sandigen bis stark sandigen Fein- bis Grobkies zusammen. Der Lagerungszustand des Kiesbodens ist als locker bis mitteldicht einzustufen. Die Tragfähigkeit des Verwitterungskieses ist als mäßig zu bewerten.

Von den Verwitterungsböden wurden zusammenfassend drei Mischproben entnommen, um eine eventuelle Schadstoffbelastung der natürlich anstehenden Böden einschätzen zu können. Die Ergebnisse der Untersuchung finden sich ebenfalls in Kapitel 2.4 und der Anlage 7 dieses Gutachtens wieder.

**Postglazialablagerungen (Postglazialsand, Postglazialkies)**

Der grau bis graubraun gefärbte Postglazialkies ist als ein überwiegend gering schluffiger bis schwach schluffiger, lokal auch schluffiger bis stark schluffiger, sandiger bis stark sandiger, vereinzelt steiniger bis stark steiniger Fein- bis Grobkies anzusprechen. Lokal ist der Kiesboden eng gestuft, d. h. es herrscht eine Korngröße vor. Innerhalb des Postglazialkies ist mit Steinen (Ø > 63 - 200 mm) und Blöcken (Ø > 200 - 600 mm) zu rechnen. Der Lagerungszustand des Kiesbodens ist locker bis mitteldicht bzw. mitteldicht. Nach der DIN 18300 (2012) sind stark steinige Böden zur Bodenklasse 5 zu rechnen. Bei mehr als 30% Blöcken (Ø > 200 - 600 mm) gehört der Boden zur Bodenklasse 6, während große Blöcke (Ø > 600 mm) zur Bodenklasse 7 gerechnet werden. Der Kies ist im Untersuchungsgebiet wassererfüllt.

Der nur lokal (RKS3/17) angetroffene Postglazialsand setzt sich aus einem grauen, schwach schluffigen Fein- bis Grobsand zusammen, welcher vereinzelt Holzreste beinhaltet. Die Lagerung des Sandes ist locker bis mitteldicht.

Der Postglazialkies stellt alleine betrachtet einen gut tragfähigen Baugrund dar. Die Schichtmächtigkeit des Postglazialkieses variiert im Untersuchungsgebiet. Mit den ausgeführten Rammkernsondierungen und schweren Rammsondierungen wurde der Postglazialkies mit Mächtigkeiten zwischen 0,6 m und 2,5 m erbohrt. Die Tragfähigkeit der Postglazialablagerungen ist jedoch im Zusammenhang mit den unterlagernden, mäßig bis gering tragfähigen Beckenablagerungen zu bewerten.

**Beckenablagerungen (Beckenton, Beckenschluff, Beckensand)**

Die Beckenablagerungen kommen bei den Untersuchungsstellen als Ton-, Schluff- und Sandfazies vor. Dabei ist auch eine kleinräumige Wechsellagerung zwischen Beckenschluff, Beckensand und Beckenton möglich.

Die Beckenablagerungen werden überwiegend durch einen schwach schluffigen bis stark schluffigen, gering feinsandigen bis schwach feinsandigen, vereinzelt kiesigen Ton gebildet. Die Konsistenz der Tonfazies variiert zwischen breiig bis sehr weich, weich, weich bis steif sowie lokal auf steif. Dementsprechend schwankt die Tragfähigkeit von nicht tragfähig (breiig bis weich) bis mäßig tragfähig (weich bis steif).

Der nur lokal auftretende Beckenschluff (RKS1/17) ist als ein schwach toniger, stark feinsandiger, schwach kiesiger Schluff anzusprechen. Die Konsistenz des Bodens ist steif.

Der Beckensand wird aus einem schwach schluffigen bis stark schluffigen Fein- bis Grobsand gebildet. Die Lagerung des sandigen Bodens ist überwiegend locker bis mitteldicht, lokal auch locker. Die bindige Matrix weist überwiegend eine weiche bis steife Konsistenz auf.

Bei mechanischer Einwirkung und Wassersättigung verflüssigen sich die stark sandigen Bereiche sowie die dünnen Feinsandlagen innerhalb der Beckenablagerungen (Liquefaktion). Im dann vorhandenen Boden-Wasser-Gemisch können keine Scherbeanspruchungen mehr aufgenommen werden. Dann gehört der Boden zur (alten) Bodenklasse 2. Im freien Anschnitt (z. B. durch Baugruben) fließen die Feinsandlagen im wassergesättigtem Zustand aus.

Die Beckenablagerungen sind frost- und witterungsempfindlich. Insgesamt ist die Tragfähigkeit des Schichtpaketes „Beckenablagerungen“ als mäßig einzustufen. In den Beckenablagerungen ist durch langanhaltende Konsolidations- und Kriechvorgänge mit Langzeitsetzungen zu rechnen.

### *2.3 Bodenkennwerte und Klassifizierung*

Entsprechend der Baugrundschichtung der Profilschnitte (Anlage 2.1 - 2.4) sowie der Beschreibung der Böden, werden im Folgenden die für den Erdbau notwendigen Bodenkennwerte und Bodenklassen angegeben:

Tabelle 2: Charakteristische Bodenkennwerte (Erfahrungswerte vergleichbarer Böden)

| Schicht | Wichte (erdfeucht) γ [kN/m³] | Wichte (unter Auftrieb) γ' [kN/m³] | Reibungswinkel φ' [°] | Kohäsion (dräniert) c' [kN/m²] | Steifemodul $E_s$ [MN/m²] |
|---|---|---|---|---|---|
| Auffüllung (Schluff) | 18 – 20 | 8 – 10 | 22,5 – 25,0 | 0 | [2 – 4] |
| Auffüllung (Kies) | 19 – 22* | 9 – 12 | 32,5 – 35,0 | 0 | [10 – 15] |
| Mutterboden | 15 – 16 | 5 – 6 | 17,5 – 20,0 | 0 | 0,5 – 1,0 |
| Verwitterungslehm | 18 – 19 | 8 – 9 | 25,0 – 27,5 | 0 – 2 | 6 – 8 |
| Verwitterungskies | 19 – 22* | 9 – 12* | 32,5 – 35,0 | 0 | 8 – 10 |
| Verwitterungssand | 19 – 20 | 9 – 10 | 30,0 – 32,5** | 0 | 6 – 8 |
| Postglazialsand | 19 – 20 | 9 – 10 | 30,0 – 32,5** | 0 | 20 – 40 |
| Postglazialkies | 20 – 22* | 10 – 12* | 32,5 – 35,0 | 0 | 30 - 40 |
| Beckensand | 19 – 20 | 9 – 10 | 27,5 – 30,0** | 0 | 6 – 8 |
| Beckenschluff | 18 – 19 | 9 – 10 | 25,0 – 27,5 | 0 – 2 | 5 – 10 |
| Beckenton | 17 – 19 | 7 – 9 | 20,0 – 22,5 | 0 – 4 | 2 – 5 |

* Steine und Blöcke
** kann sich bei Verflüssigung deutlich verringern

Die vorgenannten Mittelwerte leiten sich aus den vorliegenden Untersuchungen und aus Erfahrungswerten von vergleichbaren Böden ab. Die Bodenparameter gelten für die anstehenden Schichten im ungestörten Lagerungsverband. Bei Auflockerungen oder Aufweichungen durch den Baubetrieb oder Witterungseinflüssen können sich die Parameter deutlich ändern.

Tabelle 3: Klassifizierung der Böden (DIN18300, Fassung 2012)

| Schicht | Bodengruppe DIN18196 | Bodenklasse DIN18300 (2012) | Frostempfindlichkeit ZTV E-StB 09 | Verdichtbarkeitsklasse ZTV A-StB 12 |
|---|---|---|---|---|
| Auffüllung (Schluff) | (UL/HN) | 2 / 4 | F3 | V3 |
| Auffüllung (Kies) | (GW/GU/GU*) | 3 / 4 / 5 (mit Blöcken) | F1 bei GW<br>F2 bei GU<br>F3 bei GU* | V1 bei GW + GU<br>V2 bei GU* |
| Mutterboden | OU | 1 | F3 | - |
| Verwitterungslehm | UL/UM | 4 | F3 | V3 |
| Verwitterungskies | GU/GU* | 3 / 4 | F2 bei GU<br>F3 bei GU* | V1 bei GU<br>V2 bei GU* |
| Verwitterungssand | SU* | 4 | F3 | V2<br>mit Wasser V3 |
| Postglazialsand | SU | 3 | F2 | V1<br>mit Wasser V3 |
| Postglazialkies | GU/GU*/X | 3 / 4 / 5 | F2 bei GU<br>F3 bei GU* | V1 bei GU<br>V2 bei GU* |
| Beckensand | SU* | 4 | F3 | V2<br>mit Wasser V3 |
| Beckenschluff | UL/UM | 4 | F3 | V3 |
| Beckenton | TL/TM/TA | 4 / 5 | F3 | V3 |

Im Jahr 2015 wurde die Umstellung der DIN 18300 beschlossen, bei der die Böden nach Homogenbereichen eingeteilt werden. Hierbei werden die „alten“ Charakteristika Lösen, Laden und Fördern mit den neuen Charakteristika des Behandelns, Einbauens und Verdichtens vereint. Böden gleicher Eigenschaften werden zu Homogenbereichen zusammengefasst.

Die anhand der Aufschlüsse festgelegten Homogenbereiche sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 4: Klassifizierung der Böden (neu / alt)

| Bodenart (mit geolog. Bezeichnung) | Bodenklasse DIN18300 alt | Bodenklasse DIN18300: 2015-08 (neu) | Bodengruppe DIN18196 | Frostempfindlichkeit ZTV E-StB 09 |
|---|---|---|---|---|
| **Mutterboden**<br>Schluff, schwach tonig bis tonig, feinsandig bis stark feinsandig, schwach humos bis stark humos<br><br>nur in statisch unbelasteten Bereichen wieder verwendbar<br><br>Sehr frostempfindlich (F3) | Oberboden - Bkl.1 | **HB-0** | OU | F3 |
| **Auffüllung (Schluff)**<br>Nur im Bereich SG1 und SG2 umwelttechnische Untersuchung auffällig (Z2)<br><br>In statisch belasteten Bereichen ohne Bodenverbesserung nicht wieder verwendbar, schlecht verdichtbar (V3)<br><br>Sehr frostempfindlich (F3) | mittelschwer lösbar - Bkl.4 | **HB-1** | UL/lokal HN | F3 |
| **Auffüllung (Kies)**<br>Kies, gering bis schwach schluffig, lokal schluffig, sandig<br><br>umwelttechnische Untersuchung in Altlastenverdachtsfläche Z0 bis Z2, in Straße Z0*<br><br>In statisch hoch belasteten Bereichen und als Frostschutzmaterial nur bedingt verwendbar (bei Bodengruppe GW), gut (V1) bis mäßig verdichtbar (V2)<br><br>Nicht (F1) bis sehr frostempfindlich (F3) | leicht lösbar – Bkl.3 bis mittelschwer lösbar – Bkl.4, lokal schwer lösbar – Bkl.5 (mit Blöcken) | **HB-2** | GW/GU/GU* | F1 / F2 / F3 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Verwitterungslehm**<br>Schluff, tonig, schwach sandig bis sandig, kiesig<br><br>umwelttechnische Untersuchung sehr gering auffällig (Z0*)<br><br>In statisch belasteten Bereichen ohne Bodenstabilisierung nicht wieder verwendbar, schlecht verdichtbar (V3)<br><br>Sehr forstempfindlich (F3) | mittelschwer lösbar - Bkl.4 | **HB-3** | UL/UM | F3 |
| **Bodenart (mit geolog. Bezeichnung)** | **Bodenklasse DIN18300 alt** | **Bodenklasse DIN18300: 2016 (neu)** | **Bodengruppe DIN18196** | **Frostempfindlichkeit ZTV E-StB 09** |
| **Verwitterungskies**<br><br>Kies, schwach schluffig bis schluffig, sandig bis stark sandig,<br><br>umwelttechnische Untersuchung sehr gering auffällig (Z0*)<br><br>In statisch hoch belasteten Bereichen und als Frostschutzmaterial nicht verwendbar, gut (V1) bis mäßig verdichtbar (V2)<br><br>Gering bis mittel (F2) und sehr frostempfindlich (F3) | mittelschwer lösbar - Bkl.4 | **HB-4** | GU/GU* | F2 / F3 |
| **Verwitterungssand, Postglazialsand + Beckensand**<br><br>Sand, schwach schluffig bis stark schluffig, vereinzelt kiesig<br><br>fließen bei Wassersättigung aus<br><br>In statisch hoch belasteten Bereichen nicht verwendbar, überwiegend mäßig verdichtbar (V2)<br><br>Gering bis mittel (F2) und sehr frostempfindlich (F3) | mittelschwer lösbar - Bkl.4, lokal fließende Bodenarten – Bkl.2 | **HB-5** | SU/SU* | F2 / F3 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Postglazialkies**<br><br>Kies, gering bis schwach schluffig, lokal schluffig, sandig bis stark sandig, schwach steinig, lokal steinig<br><br>In statisch hoch belasteten Bereichen und als Frostschutzmaterial nicht verwendbar, gut (V1) bis mäßig verdichtbar (V2)<br><br>Gering bis mittel (F2) bis sehr frostempfindlich (F3) | Mittelschwer - Bkl.4 bis schwer lösbar – Bkl.5 | **HB-6** | GU/GU*/X | F2 / F3 |
| **Beckenschluff**<br><br>Schluff, schwach tonig, stark feinsandig, schwach kiesig<br><br>In statisch belasteten Bereichen ohne Bodenstabilisierung nicht wieder verwendbar, schlecht verdichtbar (V3)<br><br>Sehr forstempfindlich (F3) | Mittelschwer lösbar – Bkl.4 | **HB-7** | UL/UM | F3 |

| Bodenart (mit geolog. Bezeichnung) | Bodenklasse DIN18300 alt | Bodenklasse DIN18300: 2016 (neu) | Bodengruppe DIN18196 | Frostempfindlichkeit ZTV E-StB 09 |
|---|---|---|---|---|
| **Beckenton**<br><br>Ton, schwach schluffig bis stark schluffig, gering feinsandig bis schwach feinsandig, vereinzelt kiesig<br><br>In statisch belasteten Bereichen ohne Bodenverbesserung nicht wieder verwendbar, schlecht verdichtbar (V3)<br>ggf. bei anderen technischen Maßnahmen (z. B. als Lehmschlag) verwendbar, evtl. mit Mischbindemittel zu verbessern<br><br>Sehr frostempfindlich (F3) | Mittelschwer lösbar – Bkl.4 bis schwer lösbar – Bkl.5 | **HB-8** | TL/TM/TA | F3 |

## *2.4 Umwelttechnische Untersuchungen*

Nachfolgend werden die Ergebnisse der umwelttechnischen Untersuchungen durch unser Partnerbüro Dr. Lindinger aus Weingarten zusammengefasst. Es gelten im Detail die Angaben der umweltgeologischen Stellungnahme und die dazugehörigen Analyseübersichten des Büros Dr. Lindinger (s. Anlage 7).

### *2.4.1 Entnommene Proben und ausgeführte Untersuchungen*

Aus den zwei Schürfgruben in der Altlastenverdachtsfläche wurden insgesamt vier Mischproben der aufgefüllten Böden entnommen, außerdem wurden zwei weitere Proben aus dem Straßenoberbau sowie drei Proben aus den natürlichen anstehenden Verwitterungsböden entnommen (Zusammensetzung der Proben siehe unten). Aus der Asphaltdecke wurden zwei Kerne entnommen, welche auf PAK’s (Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe), vom Analytik Institut Rietzler, Nürnberg untersucht wurden. Die Mischproben MP1 bis MP9 wurden im Umweltinstitut synlab, Stuttgart, auf die Parameter der Verwaltungsvorschrift des UMBW für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial (VwV) untersucht. Die Ergebnisse der Analytik wurden von unserem Partnerbüro Dr. Lindinger aus Weingarten in einer umweltgeologischen Stellungnahme bewertet. Die untersuchten Bodenproben setzen sich wie folgt zusammen (s. auch Probenahmeprotokolle Anl. 6ff):

<u>MP1 SG1 (Auffüllung):</u>
*SG1 0,2 – 1,4 m*
Auffüllung, Kies, stark schluffig, sandig, Ziegelreste, Glasscherben

<u>MP2 SG1 (Auffüllung):</u>
*SG1 1,4 – 2,3 m*
Auffüllung, Schluff, sandig, Ziegelsteine, Keramik, vereinzelt Holzreste

MP3 SG2 (Auffüllung):
*SG2 0,2 – 1,3 m*
Auffüllung, Kies, Schluff, sandig, steinig, ver. Blöcke, Ziegelreste

MP4 SG2 (Auffüllung):
*SG2 1,3 – 2,2 m*
Auffüllung/Postglazialkies, Kies, Schluff, Holzreste, Torf

MP5 RKS1+2 (Verwitterungsdecke):
*RKS1 0,3 – 1,2 m / RKS2 0,3 – 1,1 m*
Verwitterungskies, Kies, schluffig, sandig

MP6 RKS3+4 (Verwitterungsdecke):
*RKS3 0,4 – 0,8 m / RKS4 0,3 – 0,7 m*
Verwitterungskies, Kies, schluffig, sandig

MP7 RKS5+6 (Verwitterungsdecke):
*RKS5 0,2 – 1,6 m / RKS6 0,3 – 1,2 m*
Verwitterungskies, Kies, schluffig, sandig

MP8 RKS7 (Auffüllung):
*RKS7 0,07 – 0,8 m*
Auffüllung, Kies, gering schluffig, sandig

MP9 RKS8 (Auffüllung):
*RKS8 0,02 – 0,8 m*
Auffüllung, Kies, schwach schluffig, sandig

RKS7 ASD (Asphaltdecke):
*RKS7 0,00 – 0,07 m*
Asphalt

RKS8 ASD (Asphaltdecke):
*RKS8 0,00 – 0,02 m*
Asphalt

### *2.4.2 Ergebnisse der umwelttechnischen Untersuchung*

Die Ergebnisse der Analytik sowie die Analyseübersichten sind im Detail in der Anlage 7 enthalten. In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse und Deklarationen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 5: Einstufung der Proben MP1 bis MP9 nach VwV UMBW

| Probe | Auffälligkeiten Einzelparameter / Einstufung nach Verwaltungsvorschrift (VwV UMBW) | | | | VwV-Einstufung Gesamt |
|---|---|---|---|---|---|
| | Parameter | Messwert | VwV | Einheit | |
| MP1 SG1<br>(Auffüllung) | PAK<br>Benzo-[a]-pyren | 15,7<br>1,2 | Z2<br>Z2 | mg/kg | **Z2** |
| MP2 SG1<br>(Auffüllung) | PAK<br>Benzo-[a]-pyren | 9,4<br>0,8 | Z2<br>Z1.2 | mg/kg | **Z2** |
| MP3 SG2<br>(Auffüllung) | keine Auffälligkeiten | - | - | - | Z0 |
| MP4 SG2<br>(Auffüllung) | PAK<br>Benzo-[a]-pyren<br>Arsen<br>Blei<br>Nickel<br>Zink<br>Arsen (Eluat) | 27,4<br>2,5<br>21<br>86<br>23<br>70<br>14 | Z2<br>Z2<br>Z1.1<br>Z0*<br>Z0*<br>Z0*<br>Z0* | mg/kg<br>mg/kg<br>mg/kg<br>mg/kg<br>mg/kg<br>mg/kg<br>µg/l | **Z2** |
| MP5 RKS1+2<br>(Verwitterungsdecke) | Arsen | 13 | Z0* | mg/kg | **Z0*** |
| MP6 RKS3+4<br>(Verwitterungsdecke) | keine Auffälligkeiten | - | - | - | Z0 |
| MP7 RKS5+6<br>(Verwitterungsdecke) | Nickel | 19 | Z0* | mg/kg | **Z0*** |
| MP8 RKS7<br>(Auffüllung) | Nickel | 20 | Z0* | mg/kg | **Z0*** |
| MP9 RKS8<br>(Auffüllung) | Nickel | 20 | Z0* | mg/kg | **Z0*** |

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Deklaration finden sich in der Analyseübersicht AÜ-1 des Büros Dr. Lindinger (Anlage 7 dieses Gutachtens) wieder und sind im Wesentlichen in der Tabelle 5 zusammengefasst.

Im Bereich der Altlastenverdachtsfläche (aufgefüllte Böden) liegen die höchsten Schadstoffbelastungen vor (Z2). Die natürlich anstehenden Böden sowie die Kiestragschicht der Straße erreichen maximal einen Zuordnungswert von Z0*.

Der Sachverständige Dr. Lindinger empfiehlt bei den natürlichen Böden und der Kiestragschicht (Z0*) bei einer eventuellen Entsorgung des Materials eine Deklarationsuntersuchung nach dem Regelwerk der LAGA PN98 (Haufwerksbeprobung).

Bei der Altlastenverdachtsfläche lag unserem Büro eine Ersterfassung dieser Fläche vor. Auffällige Parameter in diesem Bereich sind die deutlich erhöhten PAK-Gehalte sowie die Benzo(a)pyren Werte. Das Büro Dr. Lindinger empfiehlt, sofern in diese Fläche nicht einge-

griffen wird eine nachverdichtete Überprüfung des Sachverhaltes auf bodenschutzrechtlicher Grundlage.

Von der Altlastenverdachtsfläche wurden aus allen aufgeschlossenen Schichten Rückstellproben entnommen, welche bei der fm geotechnik für mindestens 6 Monate gelagert werden. Eine punktuelle Nachuntersuchung anhand der Rückstellproben ist demnach jederzeit möglich.

Die vorliegende Untersuchung ist als indikative Untersuchung zu verstehen. Die Anzahl der entnommenen Proben entsprechen nicht den Richtlinien der LAGA PN98 für eine Deklarationsanalytik. Sofern Bodenmaterial von der Baustelle abtransportiert wird, sind in Absprache mit der annehmenden Stelle, ggf. Haufwerk bezogene Beprobungen gemäß den Vorschriften der LAGA PN98 notwendig, so dass das Material ordnungsgemäß verwertet bzw. entsorgt werden kann.

Die gewonnenen Untersuchungsergebnisse ermöglichen erste Aussagen über die Situation an den Untersuchungspunkten gemäß den mit der Aufschlussmethode und der Analytik verbundenen Verfahren. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass an nicht untersuchten Stellen unerkannte Verunreinigungen vorliegen.

Bei der Haufwerks-Herstellung und Ablagerung sollte berücksichtigt werden, dass eine entsprechende Analytik einige Werktage in Anspruch nehmen kann. Die Haufwerke sollten so gelagert werden, dass sie den weiteren Baustellenablauf nicht stören. Es sind gegen das Erdreich dichte Lagerflächen einzuplanen.

### *2.5 PAK Untersuchungen Asphaltproben*

Die Untersuchungsergebnisse der Asphaltproben sind in der Tabelle 6 sowie im Prüfbericht AB1710397 (Anlage 9, 2 Seiten) des Analytik Institutes Rietzler, Nürnberg, dargestellt.

Die Asphaltproben wurden einer Analytik auf polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK nach EPA) unterzogen.

Tabelle 6: Analysierte Gehalte PAK der Asphaltproben RKS7 ASD und RKS8 ASD

| **Asphaltprobe** | | **RKS7 ASD** | **RKS8 ASD** |
|---|---|---|---|
| **PAK (Summe)** | mg/kg TS | **1,23** | **1,37** |
| Naphthalin | mg/kg TS | 0,14 | 0,31 |
| Benzo(a)pyren | mg/kg TS | < 0,1 | 0,15 |

n.n. nicht nachweisbar

Die analysierten Gehalte werden gemäß den folgenden Richtlinien und Empfehlungen eingestuft:

[2] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg
*„Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“*
vom 13.04.2004 inkl. ergänzender Erlass und Vermerk des MUV-BW vom 10.08.2004 und 12.10.2004

Es gelten nach [2], Tab. 1, folgende Zuordnungswert:

| | | |
|---|---|---|
| bis 10 mg/kg | **Z 1.1** |
| bis 15 mg/kg | **Z 1.2** |
| bis 35 mg/kg | **Z 2** |

Tabelle 7: Analysierte Gehalte und Zuordnung nach [2] der Asphaltproben

| Asphaltprobe | | RKS7 ASD | RKS8 ASD |
|---|---|---|---|
| PAK (Summe) | mg/kg TS | **1,23** | **1,37** |
| **Zuordnung nach [1]** | mg/kg TS | **Z 1.1** | **Z 1.1** |

[3] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg
*„Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit PAK-, MKW-, BTEX-, LHKW-, PCB-, PCDD/F- und Herbizid-haltiger Abfälle“*
Dezember 2003

Es gelten nach [3] folgende Orientierungswerte:

Tabelle 8: Orientierungswerte und Einstufungen nach [3]

| Parameter | Orientierungswert | DK 0 | DK I | DK II |
|---|---|---|---|---|
| **PAK (Summe)** | **bis 10 mg/kg** | Einbau wie üblicher mineralischer Abfall, sofern 0,1 M-% extrahierbarer lipophiler Stoffe nicht überschritten werden | Einbau wie üblicher mineralischer Abfall | Einbau wie üblicher Siedlungsabfall |
| | **10 bis 200 mg/kg** | Einbau nicht erlaubt | Einbau wie üblicher mineralischer Abfall | Einbau wie üblicher Siedlungsabfall |
| | **200 bis 1000 mg/kg** | Einbau nicht erlaubt | Einbau nicht erlaubt | Einbau in Monobereichen der Deponie; außerhalb von Monobereichen im Einzelfall möglich |

Anmerkung: Fußnoten nach [2] sind zu beachten

Da die PAK Summenwerte der Asphaltproben unter 10 mg/kg liegen, wäre ein Einbau gemäß den Vorgaben des Regelwerkes [3] in DK 0 möglich, sofern die Anteile extrahierbarer lipophiler Stoffe 0,1 M-% nicht überschreiten.

[4] Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen, 2005
*„Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer- / pech-typischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau“* (RuVA-StB 01, Ausgabe 2001, Fassung 2005)

Tabelle 9: Zuordnung nach [4] der PAK Werte der Asphaltproben

| **Asphaltprobe** | | **RKS7 ASD** | **RKS8 ASD** |
|---|---|---|---|
| PAK (Summe) | mg/kg TS | **1,23** | **1,37** |
| **RuVa-StB 01** | mg/kg TS | **PAK < 10** | **PAK < 10** |

Da die Asphaltproben PAK - Gehalte < 10 mg/kg aufweisen, kann der Ausbauasphalt bei Bedarf und gleichbleibenden PAK Werten nach [4] ohne besondere Anforderungen bezüglich Arbeits-, Boden- und Gewässerschutz verwertet werden. Ansonsten gelten die Vorgaben gemäß RuVA-StB 01.

*Anmerkung:*

*Da die Analyseergebnisse punktuelle Verhältnisse darstellen, ist während den Aushubarbeiten auf organoleptische Auffälligkeiten (Geruch etc.) zu achten. Bei unklaren Verhältnissen ist umgehend der Gutachter hinzu zu ziehen. Es wird empfohlen Haufwerke zu bilden und diese einer Beprobung nach LAGA PN98 zu unterziehen (Gesamtdeklaration).*

*Ist der Straßenaufbruch zu deponieren, so ist ggf. eine Volldeklaration nach der Deponieverordnung (DepV) durchzuführen.*

### *2.6 Erdbebenklassifizierung*

Entsprechend der „Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg, 2005“ befindet sich das Untersuchungsgebiet in der **Erdbebenzone 1** (Gebiet, in der gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus rechnerisch die Intensität 6,5 ≤ I < 7 zu erwarten ist) und der **Untergrundklasse S** (Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtigen Sedimentfüllungen).

## 3. Schicht- und Grundwasserverhältnisse, Durchlässigkeit der anstehenden Böden

### *3.1 Grundwasserverhältnisse*

Während den Aufschlussarbeiten am 18.09.2017 wurde in den Aufschlüssen RKS1, RKS2, RKS3, RKS4, RKS6, RKS8 und SG2 Wasser angetroffen. Es wurden folgende Wasserstände gemessen:

Tabelle 10: Wasserstände in den Untersuchungsstellen am 18.09.2017

| Untersuchungspunkt | Wasser angetroffen* | | Wasser nach Bohrende* | | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | m u. Gel. [Schicht] | m ü. NN | m u. Gel. [Schicht] | m ü. NN | |
| RKS1/17 | 1,90 [PG] | 454.42 | - | - | Grundwasserleiter, Bohrloch zugefallen |
| RKS2/17 | 2,00 [PG] | 453.22 | - | - | Grundwasserleiter, Bohrloch zugefallen |
| RKS3/17 | 1,70 [PG] | 452.37 | 1.52 [PS] | 453.45 | Grundwasserleiter, Wasser leicht eingespannt |
| RKS4/17 | 1,80 [PG] | 452.86 | - | - | Grundwasserleiter, Bohrloch zugefallen |
| RKS6/17 | 2,50 [PG] | 451.26 | - | - | Grundwasserleiter, Bohrloch zugefallen |
| RKS8/17 | 2,10 [PG] | 453.07 | 1,19 [VS] | 453.98 | Grundwasserleiter, Wasser eingespannt |
| SG2/17 | - | - | 2,30 [PG] | 453.44 | erheblicher Wasserzulauf (Grundwasserleiter) |

* keine Ruhewasserspiegel!
[PG] Postglazialkies [PS] Postglazialsand [VS] Verwitterungssand

Bei dem angetroffenen Wasser handelt es sich im gesamten Untersuchungsbereich um Grundwasser, welches flächig in den Postglazialkiesen vorkommt.

Daten zu Grundwasserhöchstständen im Projektgebiet liegen uns nicht vor. Aufgrund Grundwasserschwankungen nach lang anhaltenden Niederschlägen, sind als Bemessungswasserspiegel die o. g. Werte +1,00 m anzusetzen.

Im südwestlichen Gebiet, in der Verlängerung des Fasanenweges, befindet sich das Wasserschutzgebiet Bilgäcker, welches zu den Wasserschutzgebietszonen III und IIIA gehört.

### *3.2 Durchlässigkeit der anstehenden Böden*

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 dem DWA-A 138 (April 2005) sollte der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung stattfinden soll, zwischen $k_f = 1{,}0 \cdot 10^{-03}$ m/s und kf = $1{,}0 \cdot 10^{-06}$ m/s liegen. Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, <u>bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, rd. 1,0 m betragen</u>, um eine ausreichende Filterstrecke für eingeleitete Nieder-

schlagsabflüsse zu gewährleisten. Bei Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f < 1{,}0 \cdot 10^{-06}$ m/s ist eine Regenwasserbewirtschaftung über eine Versickerung nicht mehr gewährleistet, so dass die anfallenden Wassermengen über ein Retentionsbecken abzuleiten sind.

Um die Durchlässigkeitsbeiwerte der anstehenden Böden im Bereich des geplanten zentralen Sickerbeckens zu bestimmen, wurde in der Rammkernsondierung RKS6 ein Sickerversuch innerhalb des Postglazialkieses (schwach schluffig), in einer Tiefe von 1,40 m u. GOK durchgeführt. Der Versuch ergab einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 3{,}14 \cdot 10^{-04} \cdot 2 = 6{,}28 \cdot 10^{-04}$ m/s (Bemessungswert) und ist somit als stark durchlässiger Boden zu beschreiben, welcher innerhalb den Anforderungen der DWA-A 138 zur Versickerung liegt.

Aus den Rammkernsondierungen RKS1, RKS2, RKS4 sowie RKS6 wurde eine Bodenmischprobe aus dem Postglazialkies entnommen und im geotechnischen Labor die Körnungslinie bestimmt anhand derer der $k_f$-Wert errechnet werden kann (s. Anlagen 3). Der Bemessungswert des Durchlässigkeitsbeiwertes ergibt sich demnach zu $k_f = 1{,}6 \cdot 10^{-04} \cdot 0{,}2 = 3{,}2 \cdot 10^{-05}$ m/s und liegt somit ebenfalls innerhalb der Anforderungen des DWA-A 138. Der Boden ist als durchlässig zu beschreiben.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte der Beckenablagerungen und der Verwitterungsdecke liegen erfahrungsgemäß mit $k_f < 1{,}0 \cdot 10^{-07}$ m/s außerhalb der Anforderungen des DWA-A 138 zur ausschließlichen Versickerung von Oberflächenwasser.

## 4. Gründung, Kanalbau, Straßenbau und baubegleitende Maßnahmen

Vorbemerkung:
Der Untersuchungsrahmen für dieses Gutachten entspricht nicht dem Untersuchungsprogramm für Einzelbauwerke gemäß dem Eurocode 7, Teil 2 (DIN EN 1997-2:2010-10 einschließlich DIN EN 1997-2/NA:2010-12 und DIN 4020:2010-12).
Es ist eine Erkundung und geotechnische Bewertung für Einzelbauwerke anzuraten.
Die nachfolgenden Ausführungen und Berechnungen sollen als allgemeine Hinweise und Entscheidungshilfen zur Bebauungsform (mit oder ohne Keller) verstanden werden.

### *4.1 Gründung*

Die EFH der Gebäude sind noch nicht bekannt und sollen im Zuge der weiteren Planung festgelegt werden. Im Folgenden werden die grundsätzlichen Möglichkeiten der Gründung von Gebäuden beschrieben.

Die geologischen Schnitte sind in den Anlagen 2.1 bis 2.4 enthalten. Entsprechend Abschnitt *2.3* steht tragfähiger Baugrund in Form des Postglazialkieses an, die den Postglazialkies unterlagernden Beckenablagerungen sind gering bis mäßig tragfähig. Die angetroffene Verwitterungsdecke ist ebenfalls überwiegend mäßig tragfähig.

Die Oberkante der tragfähigen Schichten wurde bei den Aufschlüssen auf folgenden Höhenkoten erkundet:

RKS1/17: 455.12 m ü. NN / 1,20 m unter Geländeoberkante (Postglazialkies)
Schichtmächtigkeit: d = 1,80 m darunter folgen mäßig tragfähige Beckenablagerungen. Postglazialkies ist Wasser erfüllt.

RKS2/17: 454.12 m ü. NN / 1,10 m unter Geländeoberkante (Postglazialkies)
Schichtmächtigkeit: d = 2,10 m darunter folgen mäßig tragfähige Beckenablagerungen. Postglazialkies ist Wasser erfüllt.

RKS3/17: 453.27 m ü. NN / 1,70 m unter Geländeoberkante (Postglazialkies)
Schichtmächtigkeit: d = 0,70 m darunter folgen mäßig tragfähige Beckenablagerungen. Postglazialkies ist Wasser erfüllt.

RKS4/17: 453.96 m ü. NN / 0,70 m unter Geländeoberkante (Postglazialkies)
Schichtmächtigkeit: d = 2,20 m darunter folgen gering tragfähige Beckenablagerungen. Postglazialkies ist Wasser erfüllt.

RKS5/17: Bis zur Endtiefe nicht angetroffen.

RKS6/17: 452.46m ü. NN / 1,30 m unter Geländeoberkante (Postglazialkies)
Schichtmächtigkeit: d = 2,50 m darunter folgen mäßig tragfähige Beckenablagerungen. Postglazialkies ist Wasser erfüllt.

DPH1/17: 453.87m ü. NN / 1,20 m unter Geländeoberkante (Postglazialkies)
Schichtmächtigkeit: d = 0,60 m darunter folgen gering tragfähige Beckenablagerungen.

DPH2/17: 454.34m ü. NN / 0,80 m unter Geländeoberkante (Postglazialkies)
Schichtmächtigkeit: d = 1,00 m darunter folgen gering tragfähige Beckenablagerungen.

DPH3/17: 454.03m ü. NN / 0,90 m unter Geländeoberkante (Postglazialkies)
Schichtmächtigkeit: d = 0,90 m darunter folgen gering bis mäßig tragfähige Beckenablagerungen.

DPH4/17: 453.54m ü. NN / 1,60 m unter Geländeoberkante (Postglazialkies)
Schichtmächtigkeit: d = 0,60 m darunter folgen gering tragfähige Beckenablagerungen.

Nicht unterkellerte Gebäude können flach im Postglazialkies auf Fundamenten oder einer tragenden Bodenplatte gegründet werden. Unterhalb des Postglazialkieses stehen die gering bis mäßig tragfähigen Beckenablagerungen an. Die Tragfähigkeit des Postglazialkieses ist im Zusammenhang mit den unterlagernden Beckenablagerungen zu beurteilen.

Unterkellerte Gebäude kommen in den Beckenablagerungen zu liegen. Zur Gründung unterkellerter Gebäude sind Tiefengründungselemente notwendig.

### *4.1.1 Flachgründungen*

#### *4.1.1.1 nicht unterkellerte Gebäude*

Werden Gebäude nicht unterkellert, so sind die Fundamente, sofern sie aufgrund der erforderlichen frostsicheren Einbindetiefe nicht ohnehin in den tragfähigen Böden zu liegen kommen (Frosteinwirkungszone II, t mind. 1,00 m), über Fundamentvertiefungen bis auf den Postglazialkies zu führen. Dazu werden senkrechte Gräben bis zu den Kiesböden ausgehoben und unmittelbar nach Aushub bis auf die Unterkante der geplanten Fundamente mit Magerbeton aufgefüllt. Die senkrechten Aushubgräben werden im Bereich der Verwitterungsdecke kurzfristig unter 90° stehen bleiben. Die Fundamentvertiefungen dürfen unter keinen Umständen betreten werden und sind direkt nach dem Aushub mit Magerbeton zu verfüllen.
In den Anlagen 11.1 und 11.2 sind Fundamentdiagramme für die Vorbemessung von Einzel- und Streifenfundamenten enthalten, welche im Postglazialkies gründen. Berechnungsgrundlage sind die DIN EN 1997-2009-09 (EC7) mit nationalem Anhang (DIN EN 1997-1/NA:2010-12), die DIN 1054:2010-12 sowie die DIN 4017:2006-03. Es liegt der Lastfall BS-P (ständige Bemessungssituation) zugrunde und das Verhältnis von veränderlichen zu Gesamtlasten wurde mit 0,50 vorausgesetzt. Die Einbindetiefe beträgt min. 1,00 m.

Der bei der Berechnung angesetzte Schichtenverlauf entspricht der RKS4. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich die unten angegebenen Werte bei einem anderen Schichtenverlauf deutlich verschlechtern können. Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ ist unter anderem von der Einbindetiefe der Fundamente, dem Schichtenverlauf unter den Fundamenten und der Fundamentgeometrie abhängig. Es werden für die einzelnen Bauvorhaben dringend bauwerks- und grundstücksspezifische Baugrunduntersuchungen angeraten.

Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ ist in den oben genannten Anlagen in Abhängigkeit von der Fundamentgeometrie und für eine mittige Belastung dargestellt.
(Anmerkung: Im rechten Bereich der Diagramme und den Tabellen ist zusätzlich noch der Wert $\sigma_{E,k}$ angegeben. Dieser Wert entspricht dem aufnehmbaren Sohldruck nach der DIN 1054:2005-01).

Bei einem Ausnutzungsgrad von $\mu \leq 1{,}0$ und einer Begrenzung der rechnerischen Setzung auf z. B. $s \leq 1{,}5$ cm (die Setzungen werden in der Berechnung über die charakteristischen Lasten ermittelt) ist, je nach gewählter Fundamentgeometrie, folgender Bemessungswert des Sohlwiderstandes anzusetzen (Auszüge aus den Anlagen 11.1 bis 11.2):

Anlage 11.1 – quadratisches Einzelfundament (a / b = 1) – (Einbindetiefe = min. 1,00 m in Postglazialkies)

Fundament a x b = 1,00 x 1,00 m: $\sigma_{R,d}$ = 515 kN/m$^2$, $R_{n,d}$ = 515 kN, $_{zugh.}s$ = 1,50 cm
Fundament a x b = 1,20 x 1,20 m: $\sigma_{R,d}$ = 438 kN/m$^2$, $R_{n,d}$ = 630 kN, $_{zugh.}s$ = 1,50 cm
Fundament a x b = 1,40 x 1,40 m: $\sigma_{R,d}$ = 360 kN/m$^2$, $R_{n,d}$ = 705 kN, $_{zugh.}s$ = 1,50 cm.

Anlage 11.2 – Streifenfundament l = 10 m (Einbindetiefe = min. 1,00 m, in Postglazialkies)

Fundament b = 0,60 m, l = 10 m: $\sigma_{R,d}$ = 242 kN/m$^2$, $R_{n,d}$ = 145 kN/m, $_{zugh.}s$ = 1,50 cm
Fundament b = 0,80 m, l = 10 m: $\sigma_{R,d}$ = 175 kN/m$^2$, $R_{n,d}$ = 140 kN/m, $_{zugh.}s$ = 1,50 cm
Fundament b = 1,00 m, l = 10 m: $\sigma_{R,d}$ = 135 kN/m$^2$, $R_{n,d}$ = 135 kN/m, $_{zugh.}s$ = 1,50 cm.

*Achtung: Die angegeben Werte ($\sigma_{R,d}$) sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.*

Je nach gewählter Fundamentgeometrie ist entweder die Grundbruchsicherheit (rote Linie im Diagramm) oder die Begrenzung der Setzungen (hier 1,50 cm gewählt - blaue Linie im Diagramm) maßgebend für den aufnehmbaren Sohldruck.

Die Größe der zulässigen Setzungen ist vom zuständigen Planungsbüro festzulegen.

Bei den angegebenen Tragfähigkeitswerten ist die gegenseitige Beeinflussung von benachbarten Fundamenten noch nicht berücksichtigt. Es wird vorgeschlagen, die Vorbemessung der Fundamente nach den Fundamentdiagrammen in den Anlagen 11.1 und 11.2 vorzunehmen. Bei schräger oder ausmittiger Belastung sind die Bemessungswerte nicht auf die Fläche A (a x b), sondern auf die Ersatzfläche A‘ (a‘ x b‘) anzusetzen.

*Anmerkung: nach EC7, 6.5.2.2, mit ergänzender Regelung A(1) aus der DIN1054:2010, sind die Exzentrität und die Lastneigung aus den charakteristischen Lasten zu ermitteln.*

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.

Zur Bestimmung des Bemessungswert des Sohlwiderstandes für andere Fundamentabmessungen als in den Diagrammen angegeben, ist Kontakt mit dem Unterzeichner aufzunehmen.

Die nicht tragenden Bodenplatten können flach auf einem Teilbodenersatzkörper aus Kiessand (Schluffanteil ≤ 5%) mit d ≥ 30 cm in der Verwitterungsdecke gegründet werden. Hierbei sind Frostschürzen notwendig. Der Teilbodenersatzkörper ist von der Verwitterungs-

decke durch ein Geotextil zu trennen (GRK3). Alternativ können die nicht tragenden Bodenplatten auf die Fundamente aufgelegt werden. Dann ist kein Bodenaustausch notwendig.

Bei einer Gründung nicht unterkellerter Gebäude auf einer tragenden, elastisch gebetteten Bodenplatte, ist die Verwitterungsdecke durch einen Bodenersatzkörper auszutauschen. Der Bodenersatzkörper ist aus einem feinkornarmen (< 5% Schluffanteil) Kiessand herzustellen, lagenweise einzubauen und zu verdichten ($D_{Lage}$ ≤ 0,30 m). Die Mindestdicke des Bodenersatzkörpers sollte, sofern er nicht schon im Postglazialkies zu liegen kommt, d = 1,00 m nicht unterschreiten, dann sind keine Frostschürzen mehr notwendig. Wird die Dicke des Bodenersatzkörpers verringert, sind dementsprechend Frostschürzen einzuplanen.
Die ordnungsgemäße Verdichtung des Bodenersatzkörpers ist mittels statischen Plattendruckversuchen zu überprüfen (empfohlen: $E_{v2}$ ≥ 100 MN/m²). Der Bodenersatzkörper ist so weit über den Rand der Bodenplatte auszubilden, dass sich ein Lastausbreitungswinkel von 45° einstellen kann. Der Bodenersatzkörper ist vom anstehenden Boden durch ein Geotextil zu trennen (GRK3).

Werden nicht unterkellerte Gebäude auf einer tragenden Bodenplatte über einen Bodenersatzkörper im Postglazialkies wie oben beschrieben gegründet, so kann zur Vorbemessung der Bodenplatte ein Bettungsmodul in der Größenordnung von $k_s$ = 4 - 6 MN/m³ angesetzt werden.

Der exakte Bettungsmodulverlauf kann nach Angabe der einwirkenden Lasten, über den Steifemodul des Bodens, anhand einer detaillierten Setzungsberechnung von unserem Büro bestimmt werden. Dies wird empfohlen um den Einfluss der unterlagernden weichen Schichten (Beckenablagerungen) rechnerisch erfassen zu können.

#### *4.1.1.2 unterkellerte Gebäude*

Im Gründungsbereich von unterkellerten Gebäuden stehen die nur gering bis mäßig tragfähigen Beckenablagerungen an. Diese Böden neigen bei Belastung zu größeren Setzungen welche aufgrund der langsamen Konsolidierung lange anhalten werden.

Sollten Keller zur Ausführung kommen, so sind Baugruben mit einem Wasser undurchlässigen Spundwandverbau zu sichern. Der Wasserspiegel ist innerhalb des Spundwandkastens abzusenken.

Werden unterkellerte Gebäude auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte gegründet, so wird empfohlen diese auf einem mindesten 1 m mächtigen Bodenersatzkörper aufzulegen. Nach Trockenlegung der Aushubsohle in der Baugrube wird dabei folgende Vorgehensweise zur Herstellung des Bodenersatzkörpers:

- Nach dem Aushub der Baugrube (inkl. Aushubtiefe Bodenersatzkörper) ist, sofern die Sohle sehr stark aufgeweicht sein sollte, zunächst gebrochenes, kantiges Schroppenmaterial (max. Kantenlänge ca. 15 cm) in den lehmigen/tonigen Untergrund zur

Stabilisierung der Sohle einzubauen. Die Schroppen werden dabei, sofern notwendig, nur mittels der Baggerschaufel in den Untergrund eingedrückt.

- Zwischen der Schroppenschicht bzw. dem anstehenden Baugrund und dem eigentlichen Bodenersatzkörper ist ein Trennvlies zu verlegen, um den Austrag von Feinanteilen in die Grobkornlage zu verhindern (GRK3 bei Aufbau Bodenersatzkörper aus Kies-Sand, GRK4 bei Aufbau aus Schotter, s. u.).
- Auf der vliesbelegten Schroppenlage bzw. dem gewachsenen Boden ist dann der eigentliche Bodenersatzkörper aus Kies-Sand oder Schotter (jeweils mit weniger als 5% Feinkornanteil) lagenweise (max. Schütthöhe 30 cm) aufzubauen und zu verdichten.
- Der Bodenersatzkörper ist soweit über den Gebäudegrundriss herzustellen, dass ein Lastabtragungswinkel von 45° eingehalten wird.
- Die ordnungsgemäße Verdichtung des Bodenersatzkörpers ist nachzuweisen. Es wird auf der Oberkante ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 80$ MN/m² (statischer Plattendruckversuch) bzw. $E_{vd} \geq 40$ MN/m² (dynamischer Plattendruckversuch) empfohlen. Der Verdichtungsnachweis kann von unserem Büro durchgeführt werden.
- Um das Einsickern von Wasser (z. B. Sickerwasser welches durch die Baugrubenhinterfüllung gelangt) in den Bodenersatzkörper, und somit das Aufweichen des darunter liegenden bindigen Bodens zu verhindern, wird empfohlen am Plattenrand eine <u>vertikale</u> Absperrung aus einem Magerbetonstreifen einzubauen. Der Streifen ist mindestens 30 cm breit und wird mindestens bis 10 cm in den gewachsenen Boden geführt.
  Eine <u>horizontale</u> Absperrung in Form einer Versiegelung des Bodenersatzkörpers im Arbeitsraum wird nicht empfohlen, es sei dann das Untergeschoss wird gegen (ständig) drückendes Wasser von außen abgedichtet.

<u>Bei dieser Vorgehensweise können größere Setzungen, aufgrund der geringen bis mäßigen Tragfähigkeit der Beckenablagerungen, nicht ausgeschlossen werden.</u>

Es wird empfohlen, die zu erwartenden Setzungen über eine Setzungsberechnung im Einzelfall zu ermitteln (gleichzeitig dabei Ermittlung des anzusetzenden Bettungsmoduls). Hierzu sind grundstücks- und bauwerksspezifischen Baugrunderkundungen notwendig.

### *4.1.2 Tiefgründungen*

Alternativ zu der Gründung über eine Variante durch Magerbetonvertiefungen, bzw. bei Gebäuden mit Unterkellerung welche in den Beckenablagerungen zu liegen kommen, seien auch noch Verfahren des Spezialtiefbaus genannt. Hierzu zählen zum Beispiel die Verfahren der tiefreichenden Bodenstabilisierung, Großbohrpfähle, verpresste Verdrängungs- und Mikropfähle und andere.

<u>Flächengründung auf einer Bodenstabilisierung in den Beckenablagerungen (z. B. CSV-Verfahren)</u>

Bei dem CSV-Verfahren (Coplan-Stabilisierungs-Verfahren) handelt es sich um eine flächige Untergrundverbesserung der nur gering bis mäßig tragfähigen Beckenablagerungen. Beim

CSV-Verfahren wird ein Gemisch aus Sand und hydraulischem Bindemittel (Kalk und/oder Zement) im Verdrängungsverfahren in den zu verbessernden Boden eingebracht. Unter Inanspruchnahme der Erdfeuchte bzw. des anstehenden Grundwassers bindet der Trockenmörtel ab und es entsteht eine verfestigte Säule. Beim CSV Verfahren sind Säulendurchmesser zwischen $D_s$ = 12 und 15 cm üblich. Die Säulenlängen können bis zu 9,5 m betragen. Die Säulen werden unterhalb des Bauwerks in engem Raster angeordnet, so dass eine flächige Bodenverbesserung entsteht. Als Säulenabstand werden Werte zwischen 0,30 und 1,0 m gewählt.
Die Ausführung erfolgt von einem gesondert hergestellten Arbeitsplanum aus, das aus einer Kies- oder Schotterschicht besteht, die auf einer Geotextillage eingebracht wird. Diese Ausgleichsschicht dient gleichzeitig als Übergangsschicht zur Lastabtragung in den verbesserten Baugrund. Die Dicke der Kies- oder Schottertragschicht ist mit mindestens d ≥ 0,30 m zu veranschlagen oder nach den Vorgaben des Säulenherstellers einzubauen. Sollte die Aushubsohle stark aufgeweicht sein, so sind zur Stabilisierung des Untergrundes Schroppen einzudrücken.

Die statische Bemessung der Säulen erfolgt, ggf. auch durch Probebelastungen, üblicherweise von der ausführenden Firma.

Für die flächige Bodenverbesserung gibt es noch andere Verfahren. Dazu gehören u. a. die Verdrängungsbetonsäulen, die tiefe Bodenvermörtelung, Betonrüttelsäulen, Rüttelstopfsäulen oder Hybridsäulen. Das zu wählende Verfahren ist in anhand des vorliegenden Gutachtens mit den Fachfirmen abzustimmen. Es ist zu beachten, dass die Beckenablagerungen leicht thixotrope Eigenschaften aufweisen können. Verfahren, bei denen zur Bodenverbesserung Vibrationen erzeugt werden, eignen sich daher nur bedingt.

<u>Schwimmende Pfahlgründung mittels verpressten Verdrängungs- / Mikropfählen in den Beckenablagerungen</u>

Die Bauwerke könnnen auch auf einer schwimmenden Pfahlgründung mittels Verpresspfählen, welche in die Beckenablagerungen einbinden, gegründet werden. Bei der Verpresspfahlgründung handelt es sich um eine Pfahlgründung mit so genannten Reibungspfählen. Um Erfahrungswerte aus den Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle (EA-Pfähle) zur Tragfähigkeit von Verpresspfählen abgreifen zu können, ist bei bindigen Böden ein $c_u$ Wert > 60 kN/m$^2$ des Bodens notwendig. Dieser Wert wird im Beckenton im Bereich der Gründungssohle vermutlich nicht erreicht.

Die Widerstandswerte zur Bemessung bei Verpressten Verdrängungs- / Mikropfählen sind über Probebelastungen zu ermitteln (EA-Pfähle Abschnitt 5.4.9.1).

<u>Bei einer Gründung über eine tiefreichende flächige Bodenverbesserung oder Tiefgründungselementen sind dringend weitere grundstücksbezogene und bauwerkspezifische Baugrunderkundung anzuraten.</u>

Sofern dabei auch eine tragfähige Schicht erkundet wird (vermutlich Grundmoräne), können Großbohrpfähle auch in diese einbinden und auf Spitzendruck bemessen werden.

### *4.2 Grundwasser und Entwässerung*

Während den Erkundungsarbeiten wurde Grundwasser flächig im Postglazialkies angetroffen. Die Grund- und Schichtwassersituation ist im Abschnitt 3.1 dieses Gutachtens beschrieben.
Unterkellerte Gebäude kommen im Grundwasserbereich zu liegen. Erdberührte Bauteile unterhalb des Bemessungswasserspiegels sind gemäß Abschnitt 8 der DIN 18195-6 gegen drückendes Wasser von außen (Grundwasser / Hochwasser) abzudichten oder das Kellergeschoss ist gemäß der WU-Richtlinie gegen drückendes Wasser (Weiße Wanne) herzustellen.

Es sind grundstücks- und bauwerksbezogene Erkundungen auszuführen um den jeweiligen Bemessungsfall im Detail bestimmen zu können (s. auch Vorbemerkung zu Abschnitt 4).

### *4.3 Baugruben*

Im Baugebiet sind oberhalb des Grundwasserspiegels frei geböschte Baugruben möglich. Generell sind in der Verwitterungsdecke und den wasserfreien Postglazialkiesen Böschungen mit 45° nach der DIN 4124 ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit (bis zu einer Tiefe von 5 m) möglich.

Es sind folgende Mindestabstände zur Böschungskante einzuhalten:

- Straßenfahrzeuge, die nach der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung allgemein zugelassen sind, sowie Baumaschinen oder Baugeräte **bis zu 12 t** Gesamtgewicht (= Eigengewicht des Gerätes und Gewicht des geförderten Bodens bzw. der angehängten Last): **Abstand mindestens 1 m** zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Böschungskante.

- schwerere Straßenfahrzeuge als oben genannt sowie Baumaschinen oder Baugeräte **über 12 t bis 40 t** Gesamtgewicht (= Eigengewicht des Gerätes und Gewicht des geförderten Bodens bzw. der angehängten Last): **Abstand mindestens 2 m** zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Böschungskante.

Die weiteren Anforderungen zur Anwendung der vorgenannten Norm sind zu beachten. Freie Böschungen sind mit Planen o. ä. gegen Witterungseinflüsse zu sichern.

Größere Steine und Blöcke sind aus dem Böschungsbereich zu räumen oder gegen Herabfallen zu sichern.

Schneiden Baugruben in den Grundwasserhorizont ein, so sind diese durch einen Spundwandverbau zu sichern. Die Spundwände sind bis in den Grundwasserstauer zu führen. Danach erfolgt während des Aushubes ein Lenzen der Baugrube mit einer offenen Wasserhaltung. Nach der Absenkung ist die Ableitung der geringen Restwassermengen aus den Spundwandschlössern und des Niederschlages notwendig. Nach der Herstellung des jeweiligen Bauwerkes werden die Spundwände gezogen.
Die Standsicherheit des Baugrubenverbaus ist rechnerisch nachzuweisen. Je nach statischen Erfordernissen kann es notwendig sein die Spundwand rückzuverankern.

Aufgrund von lokal vorkommenden Steinen oder auch Blöcken im Postglazialkies sind die Spunddielen in diesen Böden nur schwer ramm- bzw. rüttelbar. In diesem Fall sind Austausch- bzw. Auflockerungsbohrungen vorzusehen.

Alternativ ist eine genehmigungspflichtige, vorauseilende Grundwasserabsenkung über z. B. Schachtbrunnen notwendig. Im permanent abgesenkten Zustand (Bauphase) sind dann Baugruben unter 45° möglich.

Details zur Baugrubensicherung können mit Voranschreiten der Planung und zusätzlichen, grundstücksbezogenen Baugrunduntersuchungen mit unserem Büro abgestimmt werden.

### *4.4 Kanalbaumaßnahmen*

Die Tiefenlage der Kanalrohe und Schächte ist noch nicht bekannt. Oberhalb des Grundwasserspiegels können Baugruben und Gräben gemäß Abschnitt 4.3 frei geböscht werden.

Alternativ zur freien Böschung können die Kanalgräben im Schutz von Verbausystemen ausgehoben werden. Liegt die Sohle oberhalb des Grundwasserspiegels können Verbauarten gewählt werden, bei denen der Aushub des Bodens dem Absenken der Verbauelemente vorauseilt (z. B. Schachtplattenverbau).

Unterhalb des Grundwasserspiegels sind zur Sicherung der Kanalgräben zusätzliche technische Maßnahmen notwendig. Die Kanalgräben können zum Beispiel im Schutz eines wasserundurchlässigen Spundwandverbaus welche bis in die Beckenablagerungen reicht ausgehoben werden.

Werden Grabenverbaugeräte eingesetzt, so ist ein Verfahren zu wählen, bei welchem die Sicherungselemente dem Aushub vorauseilend in den Boden eingebracht werden. Zusätzlich sollten die Verbauelemente eine wasserabsperrende Funktion haben, um das Zufließen von Wasser und Feinteilen in den Graben zu verhindern. Hierzu eignet sich zum Beispiel der Verbau mit Kanaldielen oder Spundbohlen (Dielenkammerverfahren). Zur Wasserhaltung ist eine offene Wasserhaltung vorzusehen, welche bei starkem Wasserandrang auch durch vorauseilend hergestellte Schachtbrunnen unterstützt werden kann.

Kommen die Kanalrohre mit Ihrer Sohle im Bereich des Postglazialkieses zu liegen, so sind keine besonderen Maßnahmen zur Gründung der Rohre nötig. Der Postglazialkies ist als

schwach steinig bis lokal steinig anzusprechen. Um eine gleichmäßige Bettung der Rohre zu erhalten, wird empfohlen, den unteren Bettungsbereich aus einem feinkörnigem Kies-Sand Gemisch herzustellen. Die Dicke der unteren Bettung muss gemäß DIN EN 1610 mindestens a = 100 mm + 1/10 DN [mm] betragen.

Liegen die Kanalsohlen in den Beckenablagerungen ist als Gründungspolster ein Bodenersatzkörper (Kiessand, Schluffanteil < 5%) mit einer Mächtigkeit von D = 40 cm einzubauen. Der Bodenersatzkörper ist von dem anstehenden Boden durch ein Vlies (GRK3) zu trennen. Sollte die Gründungssohle stark aufgeweicht sein, so sind in diesen Bereichen zur Stabilisierung der Sohle zusätzlich Schroppen (gebrochenes Material) einzudrücken.

Für die Verfüllung der Kanalgräben kann der anstehende Postglazialkies verwendet werden.
Die Verwitterungsdecke und die Beckenablagerungen sind zur Wiederverfüllung nicht geeignet.
Die Verwitterungsdecke kann nur dann zur Verfüllung der Kanalgräben herangezogen werden, wenn sie vorab durch ein Kalk-Zement Bindemittel verbessert wird (z. B. Dorosol C30).

### *4.5 Straßenbaumaßnahmen*

Es ist davon auszugehen, dass die Erschließungsstraßen oberflächennah in die Verwitterungsdecke und lokal schon im Postglazialkies (Bereich RKS4) zu liegen kommen.

Die Verwitterungsdecke ist nach den ZTV E-StB 09 als sehr frostempfindlich (F3) einzustufen. Des Weiteren ist der Boden witterungsempfindlich. Nach den ZTV E-StB 09 und der RStO ist auf dem Erdplanum eines F2/F3 Untergrundes ein Verformungsmodul von $E_{v2}$ ≥ 45 MN/m² gefordert. Dieser Wert wird im Bereich der feinkornreichen Verwitterungsdecke nicht erreicht werden. Es wird empfohlen den Verformungsmodul des Erdplanums vor der Baumaßnahme durch Plattendruckversuche zu untersuchen.
Der Postglazialkies ist dem bisherigen Aufschlussbild zufolge in die Bodengruppen GU und GU* und somit in die Frostempfindlichkeitsklassen F2 bzw. F3 einzustufen. Auf diesem Boden sollte ein Verformungsmodul von $E_{v2}$ ≥ 45 MN/m² erreicht werden. Es wird ebenfalls empfohlen den Verformungsmodul des Erdplanums vor der Baumaßnahme durch Plattendruckversuche zu untersuchen.
Sollte das Erdplanum den geforderten Verformungsmodul nicht erreichen, sind baugrundverbessernde Maßnahmen notwendig. Es wird vorgeschlagen, den frostsicheren Straßenaufbau auf einem mindestens 0,40 m dicken Bodenersatzkörper aus Kiessand (Schluffanteil < 5 %) aufzubauen. Der Bodenersatzkörper ist lagenweise einzubauen und zu verdichten. Zwischen anstehendem Baugrund und Bodenersatzkörper ist ein Trennvlies (GRK3) einzulegen. Der fachgerechte Einbau des Bodenersatzkörpers ist anhand von Plattendruckversuchen zu überprüfen.

*Anmerkungen*

Die im Gutachten enthaltenen Angaben beziehen sich auf die bei den Untersuchungsstellen ermittelten Bodenschichten und deren geotechnischen Eigenschaften. Abweichungen von den gemachten Angaben (Schichttiefen, Bodenzusammensetzung, Wasserstände etc.) können auf Grund einer Heterogenität des Untergrundes nicht ausgeschlossen werden. Ferner ist eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten und eine laufende Überprüfung der angetroffenen Bodenverhältnisse im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen und Folgerungen erforderlich. Es wird deshalb empfohlen zur Abnahme der Gründungssohlen den Verfasser des Gutachtens heranzuziehen. Der Unterzeichner ist in die weiteren Planungen miteinzubeziehen.

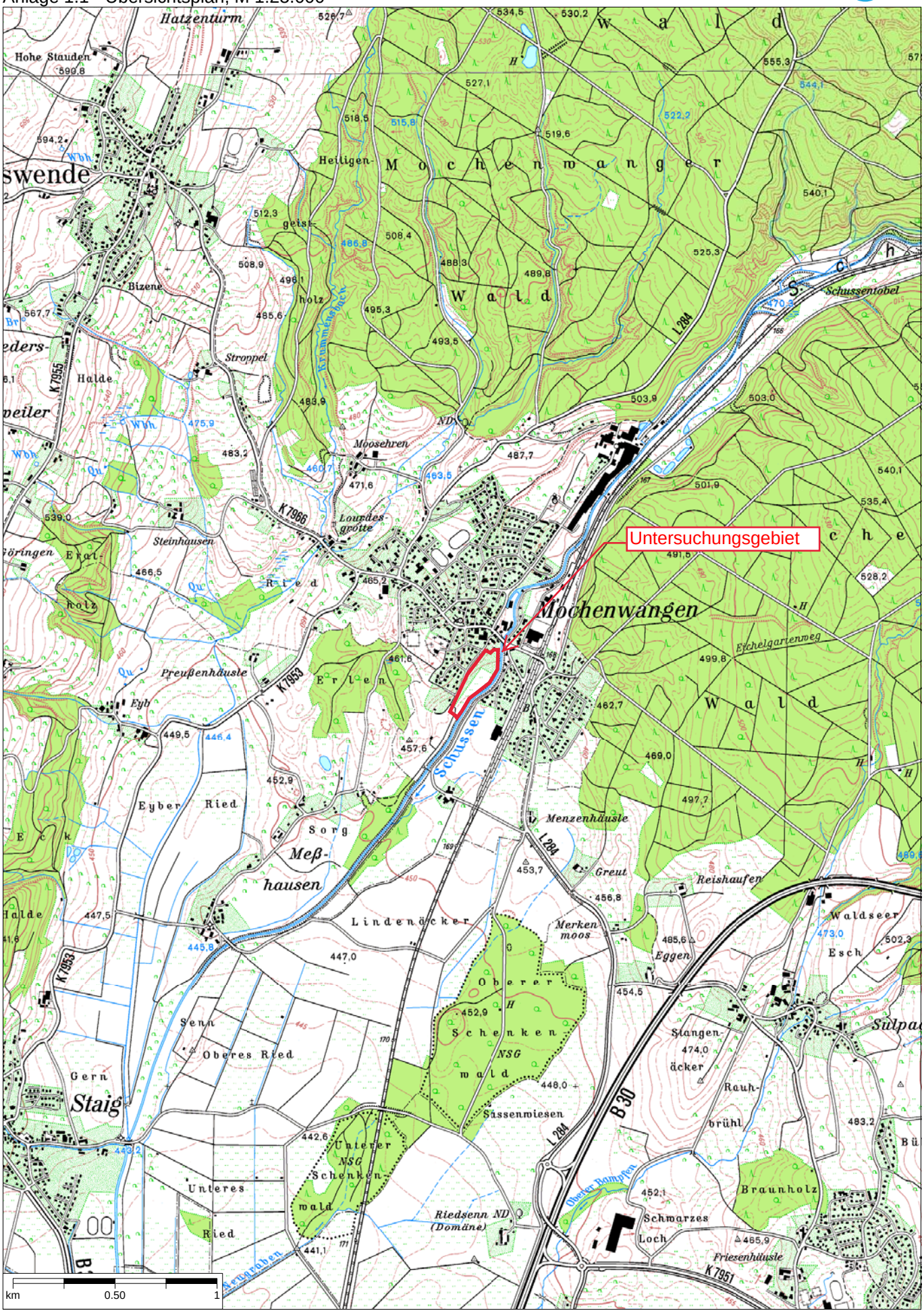
Auf die Vorbemerkung zum Abschnitt 4 dieses Gutachtens sei noch einmal ausdrücklich hingewiesen.

Eine Vervielfältigung des Berichtes bedarf der Zustimmung des auf Seite 1 genannten Auftraggebers. Der Bericht darf nur komplett und zusammen mit allen dazugehörigen Anlagen weitergegeben bzw. vervielfältigt werden.

Dipl. Ing. (FH) R. Frankovsky

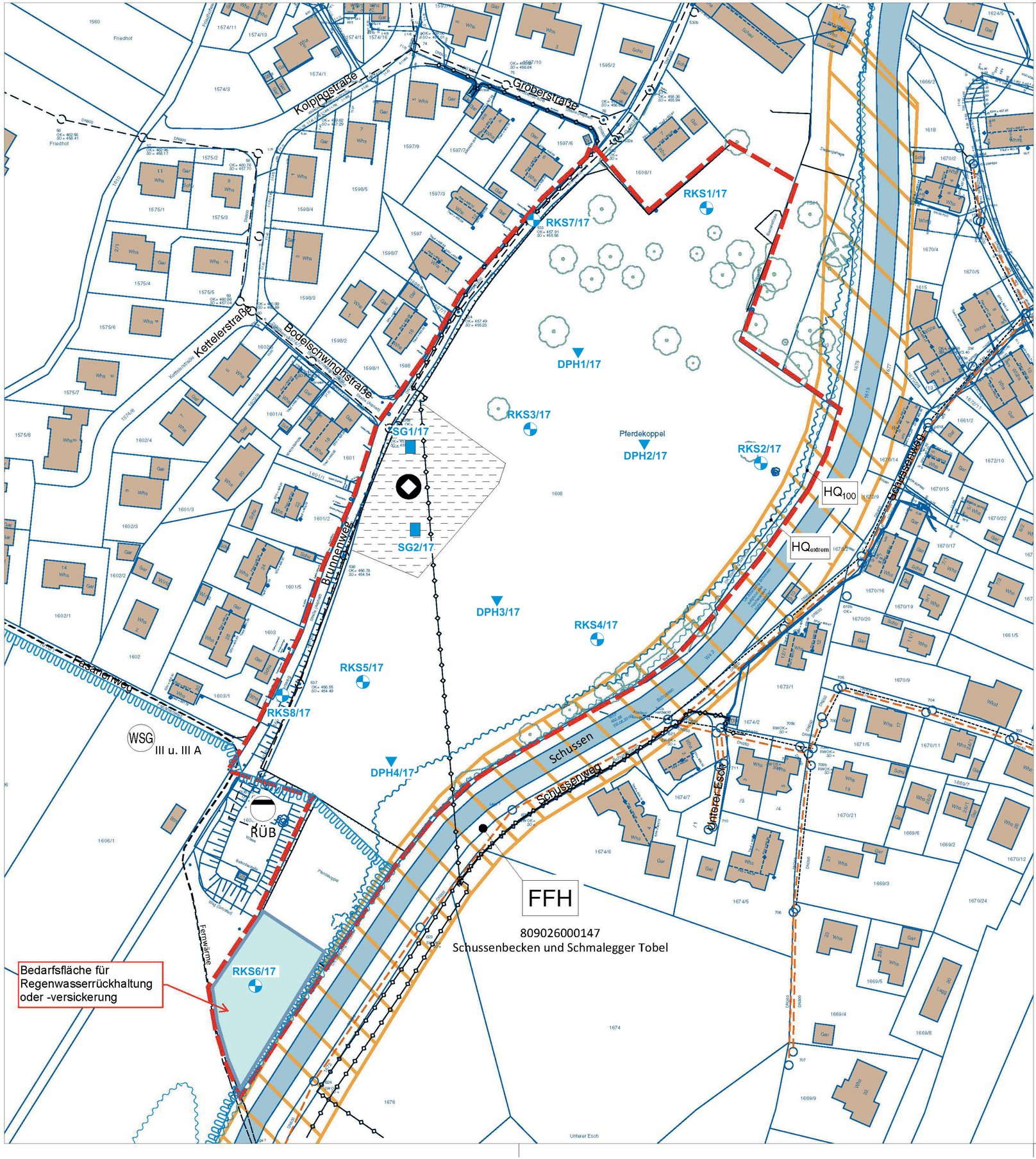
M. Sc. Geol. Ralf Knapp

fm geotechnik





© Copyright: siehe Hinweis auf dem verwendeten Datenträger




## Bestand

- Flurgrenze Bestand (nachrichtliche Darstellung)
- Flurnummer Bestand (nachrichtliche Darstellung)
- Bestandsgebäude
- best. Laub-/Obstbaum
- best. Gebüsch
- best. Elektroleitung
- best. Kanal RW
- best. Kanal SW
- best. Zaun
- best. Leitung Fernwärme
- Elektro
- Ablagerung
- Abwasser; Kläranlage,RÜB = Regenüberlaufbecken
- Hochwassergefahrenfläche $HQ_{100}$
- Hochwassergefahrenfläche extrem (lt. Hochwassergefahrenkarte der Gemeinde)
- Wasserschutzgebiet Zone I - III
- FFH - Gebiet
- Abgrenzung Geltungsbereich

**Legende**

- Lage Schürfgrube
- Rammkernsondierung
- schwere Rammsondierung


**fm geotechnik**

Wiesflecken 6
88279 Amtzell
Tel. 07522/9784407

Mayrhalde 11
87452 Altusried
Tel. 08373/3020379


Projektnummer A1708016

BG Brunnenweg, Mochenwangen

Anlage 1.2, Lageplan mit Untersuchungspunkten

M 1:1.000

Projekt / Bauvorhaben:
Bebauungsplan mit integrierter Grünordnung "Am Brunnenweg
Wolpertswende OT Mochenwangen

Planbezeichnung:
zeichnerischer Teil - Voranfrage

Plan Nr.: 0.00

Index: a

Auftraggeber / Bauherr:
Gemeinde Wolpertswende
Kirchplatz 4
88284 Wolpertswende

Maßstab: 1 : 1000

| | |
|---|---|
| Plandatum: | 24.05.2017 |
| Projekt Nr.: | 6089 |
| Bearbeiter/in: | hpb/rk |


LARS consult

LARS consult Gesellschaft für Planung und Projektentwicklung mbH

Bahnhofstraße 20
D - 87700 Memmingen
Fon: +49 (0)8331 4904-0
Fax: +49 (0)8331 4904-20

Döllgaststraße 12
D - 86199 Augsburg
Fon: +49 (0)821 455459-0
Fax: +49 (0)821 455459-20

Email: info@lars-consult.de Web: www.lars-consult.de



Urheberrechtlich geschützt!
© 2017 LARS consult GmbH


Grundlage: Digitale Flurkarte (DFK) - Stand: 01.01.2000

Blattgröße: 0.58m x 0.42m = 0.24 m2

Pfad / Dateiname: L:\6089-Wolp ... 4-CAD\01-Vorentwurf\170522_6089_BP_G.dwg

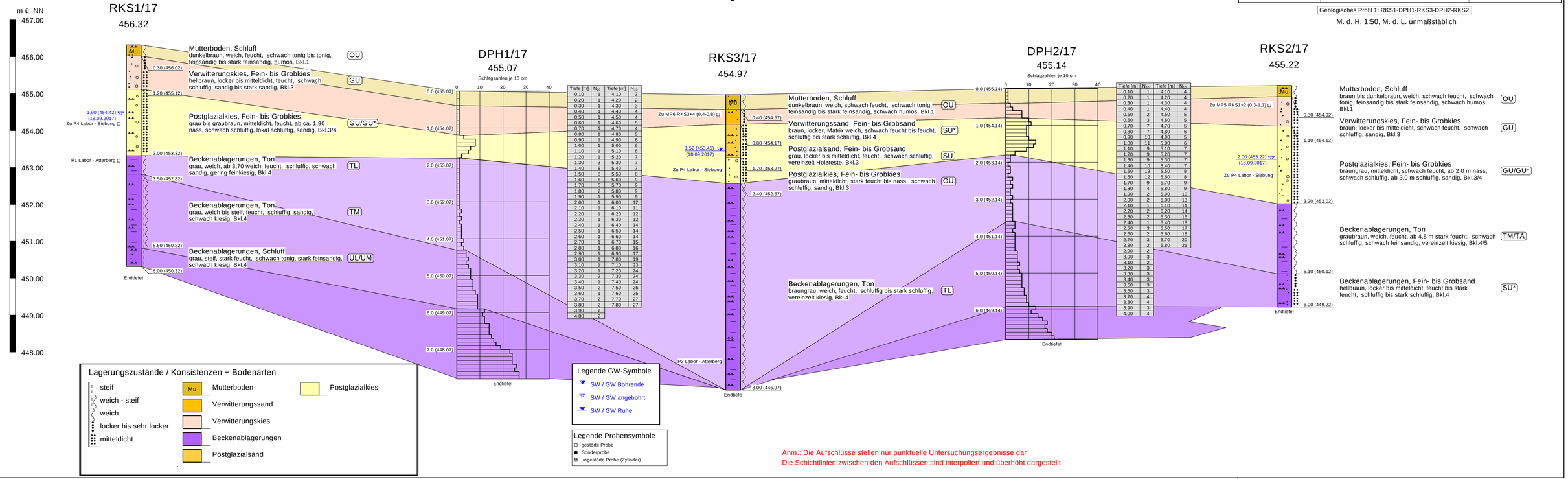
Plot erstellt am: 20.06.2017

| fm geotechnik<br>Wiesflecken 6 Mayrhalde 11<br>88279 Amtzell 87452 Altusried | Projekt<br>BG Brunnenweg<br>Mochenwangen | Anlage<br>2.1<br>Projekt Nr.<br>A1708016 |
|---|---|---|

# Geologisches Profil 1: RKS1-DPH1-RKS3-DPH2-RKS2

Geologisches Profil 1: RKS1-DPH1-RKS3-DPH2-RKS2

M. d. H. 1:50, M. d. L. unmaßstäblich




| Tiefe [m] | $N_{10}$ | Tiefe [m] | $N_{10}$ |
|---|---|---|---|
| 0.10 | 1 | 4.10 | 3 |
| 0.20 | 1 | 4.20 | 2 |
| 0.30 | 1 | 4.30 | 3 |
| 0.40 | 1 | 4.40 | 4 |
| 0.50 | 1 | 4.50 | 4 |
| 0.60 | 1 | 4.60 | 5 |
| 0.70 | 1 | 4.70 | 4 |
| 0.80 | 1 | 4.80 | 5 |
| 0.90 | 1 | 4.90 | 6 |
| 1.00 | 1 | 5.00 | 6 |
| 1.10 | 1 | 5.10 | 6 |
| 1.20 | 1 | 5.20 | 7 |
| 1.30 | 3 | 5.30 | 7 |
| 1.40 | 8 | 5.40 | 7 |
| 1.50 | 8 | 5.50 | 8 |
| 1.60 | 6 | 5.60 | 9 |
| 1.70 | 5 | 5.70 | 9 |
| 1.80 | 2 | 5.80 | 9 |
| 1.90 | 1 | 5.90 | 9 |
| 2.00 | 1 | 6.00 | 12 |
| 2.10 | 1 | 6.10 | 11 |
| 2.20 | 1 | 6.20 | 12 |
| 2.30 | 1 | 6.30 | 12 |
| 2.40 | 1 | 6.40 | 14 |
| 2.50 | 1 | 6.50 | 14 |
| 2.60 | 1 | 6.60 | 14 |
| 2.70 | 1 | 6.70 | 15 |
| 2.80 | 1 | 6.80 | 16 |
| 2.90 | 1 | 6.90 | 17 |
| 3.00 | 1 | 7.00 | 19 |
| 3.10 | 1 | 7.10 | 23 |
| 3.20 | 1 | 7.20 | 24 |
| 3.30 | 2 | 7.30 | 24 |
| 3.40 | 1 | 7.40 | 24 |
| 3.50 | 2 | 7.50 | 26 |
| 3.60 | 1 | 7.60 | 25 |
| 3.70 | 2 | 7.70 | 27 |
| 3.80 | 2 | 7.80 | 27 |
| 3.90 | 2 | | |
| 4.00 | 2 | | |

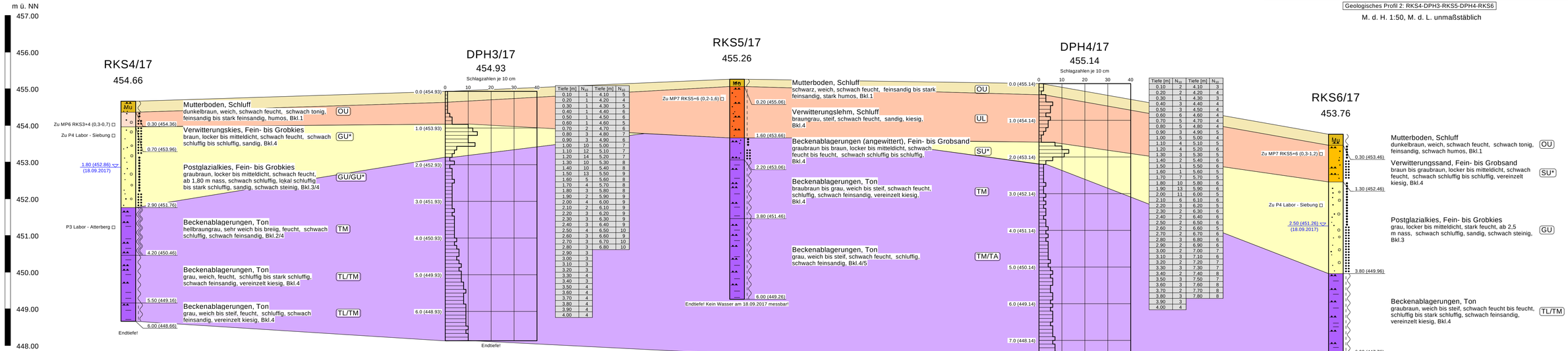
| Tiefe [m] | $N_{10}$ | Tiefe [m] | $N_{10}$ |
|---|---|---|---|
| 0.10 | 1 | 4.10 | 4 |
| 0.20 | 1 | 4.20 | 4 |
| 0.30 | 1 | 4.30 | 4 |
| 0.40 | 1 | 4.40 | 4 |
| 0.50 | 2 | 4.50 | 5 |
| 0.60 | 3 | 4.60 | 5 |
| 0.70 | 7 | 4.70 | 5 |
| 0.80 | 7 | 4.80 | 6 |
| 0.90 | 10 | 4.90 | 5 |
| 1.00 | 11 | 5.00 | 6 |
| 1.10 | 9 | 5.10 | 7 |
| 1.20 | 9 | 5.20 | 7 |
| 1.30 | 9 | 5.30 | 7 |
| 1.40 | 10 | 5.40 | 7 |
| 1.50 | 13 | 5.50 | 8 |
| 1.60 | 12 | 5.60 | 8 |
| 1.70 | 9 | 5.70 | 9 |
| 1.80 | 4 | 5.80 | 9 |
| 1.90 | 2 | 5.90 | 10 |
| 2.00 | 2 | 6.00 | 13 |
| 2.10 | 1 | 6.10 | 11 |
| 2.20 | 2 | 6.20 | 14 |
| 2.30 | 2 | 6.30 | 16 |
| 2.40 | 1 | 6.40 | 18 |
| 2.50 | 3 | 6.50 | 17 |
| 2.60 | 2 | 6.60 | 18 |
| 2.70 | 3 | 6.70 | 20 |
| 2.80 | 2 | 6.80 | 21 |
| 2.90 | 2 | | |
| 3.00 | 3 | | |
| 3.10 | 2 | | |
| 3.20 | 3 | | |
| 3.30 | 3 | | |
| 3.40 | 3 | | |
| 3.50 | 3 | | |
| 3.60 | 3 | | |
| 3.70 | 4 | | |
| 3.80 | 4 | | |
| 3.90 | 3 | | |
| 4.00 | 4 | | |

| fm geotechnik | Projekt | Anlage |
|---|---|---|
| Wiesfiecken 6 88279 Amtzell / Mayrhalde 11 87452 Altusried | BG Brunnenweg<br>Mochenwangen | 2.2 |
| | | Projekt Nr. A1708016 |

# Geologisches Profil 2: RKS4-DPH3-RKS5-DPH4-RKS6

Geologisches Profil 2: RKS4-DPH3-RKS5-DPH4-RKS6

M. d. H. 1:50, M. d. L. unmaßstäblich




## Lagerungszustände / Konsistenzen + Bodenarten

- steif
- weich - steif
- weich
- breiig - weich
- locker bis sehr locker
- mitteldicht

- Mu — Mutterboden
- Verwitterungslehm
- Verwitterungssand
- Verwitterungskies
- Beckenablagerungen
- Postglazialkies

## Legende GW-Symbole

- SW / GW Bohrende
- SW / GW angebohrt
- SW / GW Ruhe

## Legende Probensymbole

- gestörte Probe
- Sonderprobe
- ungestörte Probe (Zylinder)

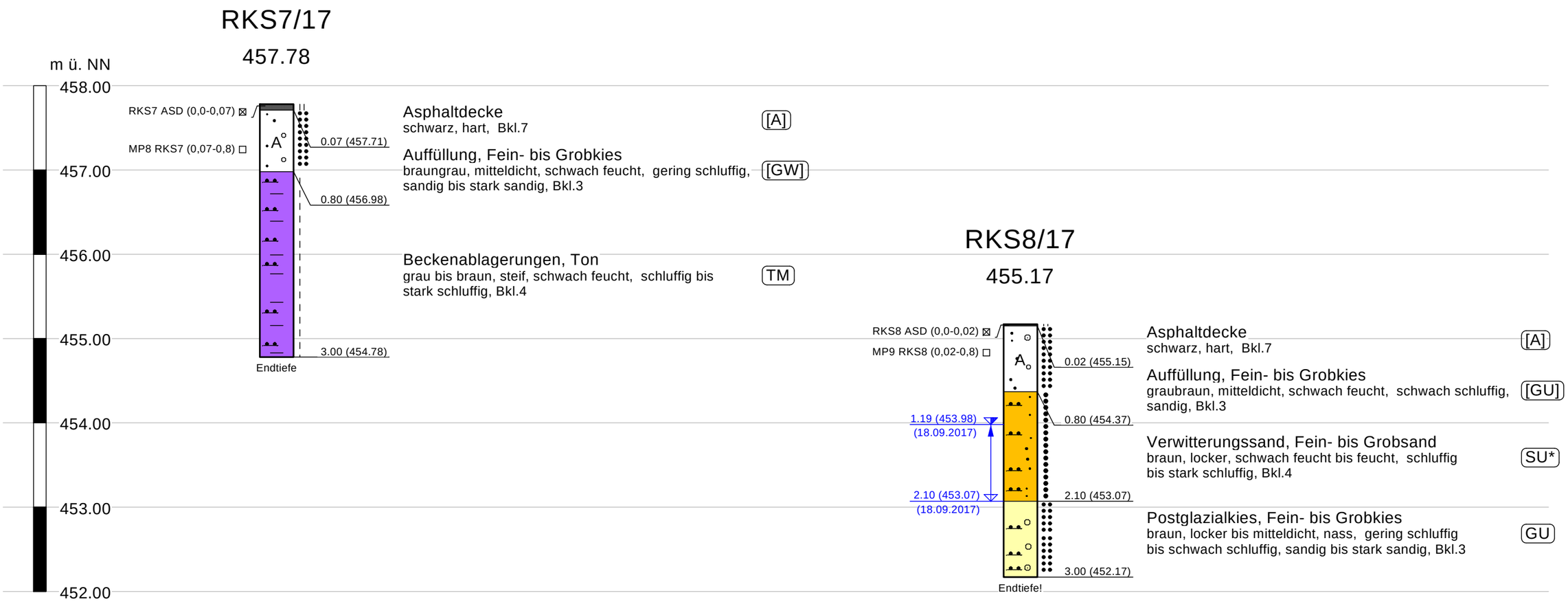
Anm.: Die Aufschlüsse stellen nur punktuelle Untersuchungsergebnisse dar
Die Schichtlinien zwischen den Aufschlüssen sind interpoliert und überhöht dargestellt

# Geologisches Profil 3 - Straße: RKS7 - RKS8

| fm geotechnik<br>Wiesflecken 6 88279 Amtzell<br>Mayrhalde 11 87452 Altusried | Projekt<br>BG Brunnenweg<br>Mochenwangen | Anlage<br>2.3<br>Projekt Nr.<br>A1708016 |
|---|---|---|

Geologisches Profil 3: RKS7-RKS8

M. d. H. 1:50, M. d. L. unmaßstäblich




## Lagerungszustände / Konsistenzen + Bodenarten

- fest
- steif
- locker bis sehr locker
- mitteldicht

- A — Auffüllung
- Verwitterungssand
- Beckenablagerungen
- Postglazialkies
- Asphaltdecke

## Legende GW-Symbole

- SW / GW Bohrende
- SW / GW angebohrt
- SW / GW Ruhe

- Sonderprobe
- Kernprobe
- gestörte Probe

Anm.: Die Aufschlüsse stellen nur punktuelle Untersuchungsergebnisse dar
Die Schichtlinien zwischen den Aufschlüssen sind interpoliert und überhöht dargestellt

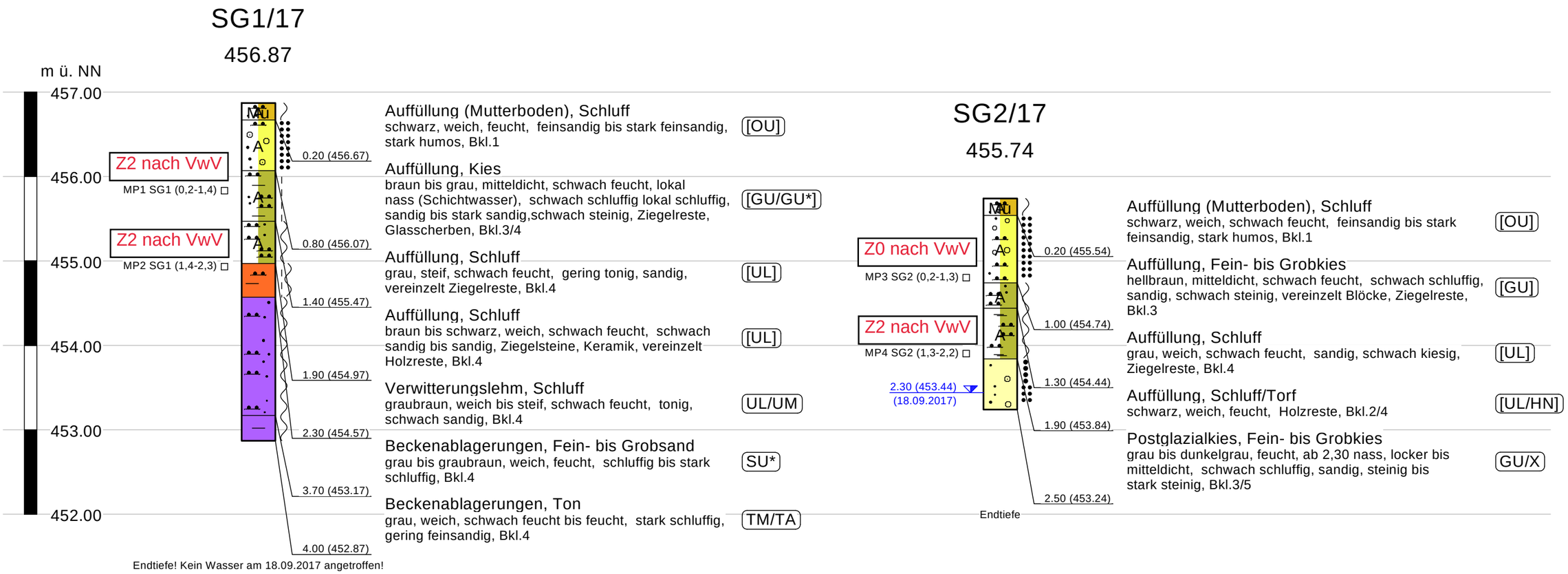
# Geologisches Profil 4 - Altlastenverdachtsfläche: SG1 - SG2

fm geotechnik
Wiesflecken 6 88279 Amtzell
Mayrhalde 11 87452 Altusried

| Projekt | Anlage |
|---|---|
| BG Brunnenweg Mochenwangen | 2.4 |
| | Projekt Nr. A1708016 |

Geologisches Profil 4: SG1-SG2

M. d. H. 1:50, M. d. L. unmaßstäblich




## Lagerungszustände / Konsistenzen + Bodenarten

- steif
- weich - steif
- weich
- locker bis sehr locker
- mitteldicht

- Schluff
- Kies
- Mu — Mutterboden
- A — Auffüllung
- Verwitterungslehm
- Beckenablagerungen
- Postglazialkies

## Legende GW-Symbole

- SW / GW Bohrende
- SW / GW angebohrt
- SW / GW Ruhe

- Sonderprobe
- Kernprobe
- gestörte Probe

Anm.: Die Aufschlüsse stellen nur punktuelle Untersuchungsergebnisse dar
Die Schichtlinien zwischen den Aufschlüssen sind interpoliert und überhöht dargestellt

Hochschule Biberach
Prüfstelle für Geotechnik
Prof.Dipl-Ing.Rolf Schrodi
Karlstr. 7 , 88400 Biberach

Bearbeiter: Franz

Datum: 04.10.2017

# Körnungslinie

## Projekt: A1708016

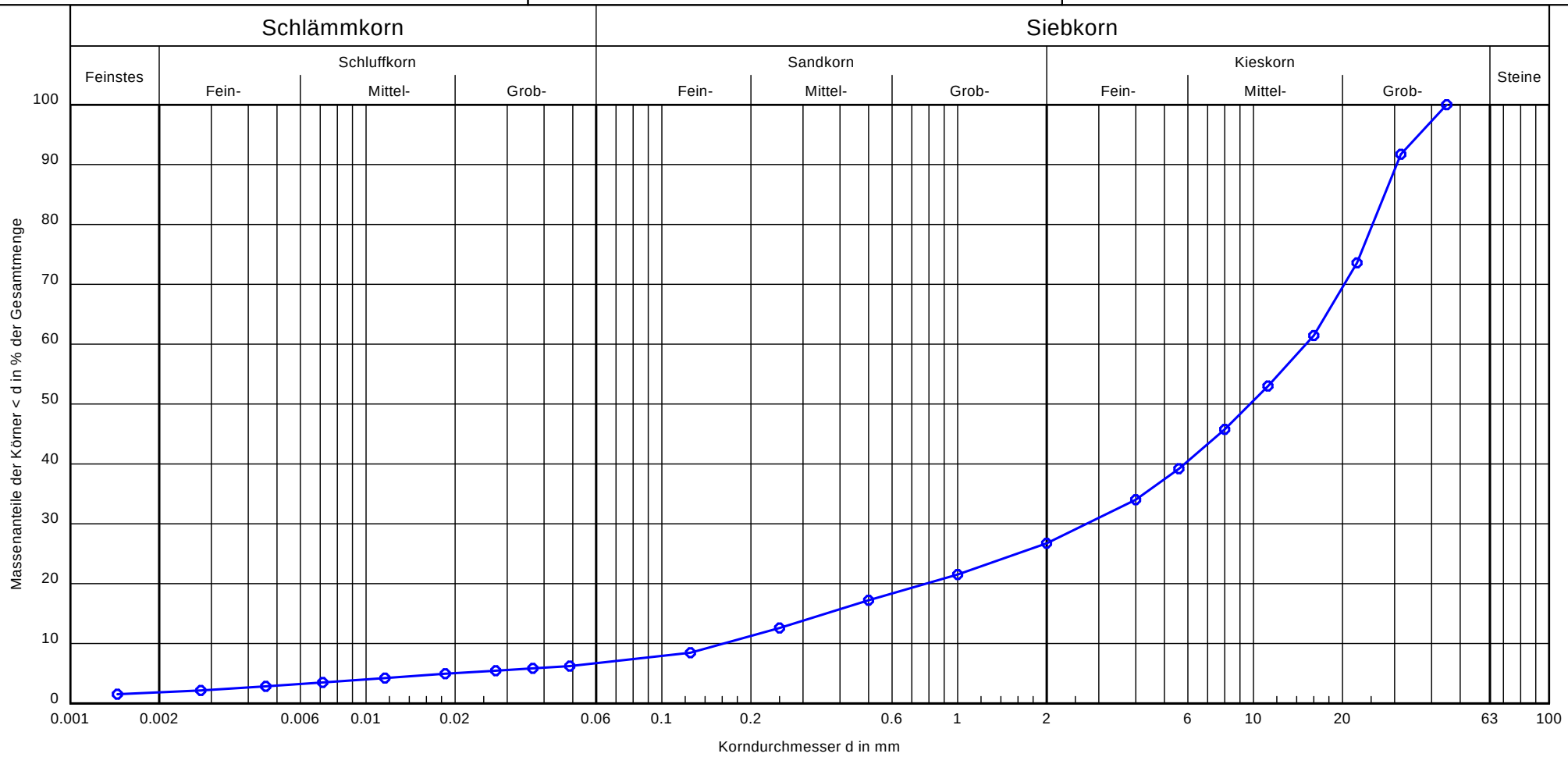
BG Brunnenweg, Mochenwangen

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am:

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: kombinierte Sieb-Schlämmanalyse




| | |
|---|---|
| Bezeichnung: | RKS 1, 2, 4, 6 |
| Bodenart: | Kies, sandig, schwach schluffig - DIN 18196: GU |
| k [m/s]: | $1.6 \cdot 10^{-4}$ |
| T/U/S/G [%]: | 1.8/4.8/20.2/73.3 |

Bemerkungen:

Bericht: 2017-108
Anlage: 3

fm geotechnik

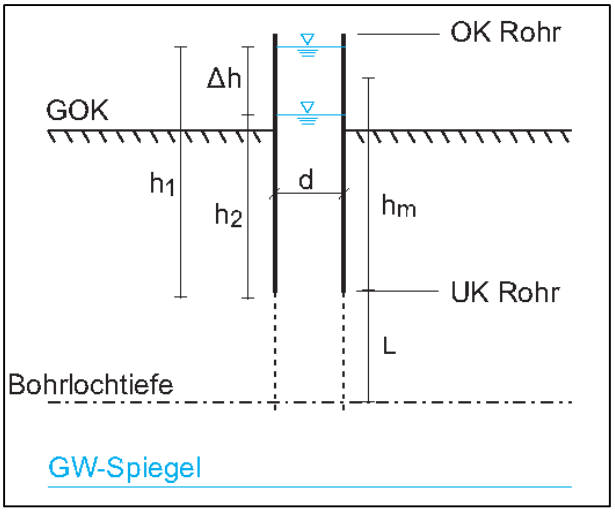
Projekt Nr.: A1708016
Anlage: 4

**Absenkversuch im Bohrloch, Einleitung über GW-Spiegel**
gemäß Insitiut für Bau und Umwelt IBU, Hochschule Rapperstwill HSR

BG Brunnenweg, Mochenwang — Sickerversuch Nr.: 1

| Aufschluss: RKS6/17 | Bodenart: Postglazialkies (GU) | Versuchsdatum: 18.09.2017 |
|---|---|---|

| Eingangsparameter: | |
|---|---|
| Rohrdurchmesser d [m]: | 0.025 |
| OK Rohr [m ü. GOK]: | 0.60 |
| UK Rohr [m u. GOK]: | 1.40 |
| Rohrlänge gesamt [m]: | 2.00 |
| Bohrlochtiefe [m u. GOK]: | 1.40 |
| freie Bohrlochstrecke L [m]: | 0.00 |
| GW-Spiegel [m u. GOK]: | 2.50 |
| WSP u. OK Rohr Versuchsbeginn [m] | 0.50 |
| WSP ü. UK Rohr Versuchsbeginn [m] | 1.50 |




Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ [m/s]:

$$k_f = C \times \frac{1}{h_m} \times \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

mit C [m] bei Einleitung über GW-Spiegel:

$$C = \frac{d^2}{4 \times (d + \frac{L}{3})}$$

**C = 6.250E-03 m**

Versuchsparameter:

| t [sec] | Δt [sec] | WSP u. OK Rohr [m] | Wassersäule h[m] | $h_m$ [m] | Δh [m] | $k_f$ [m/s] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.00 | 0.50 | 1.00 | | | |
| | | | | 1.50 | 0.00 | 0.00E+00 |
| 5 | 5.00 | | 1.50 | | | |
| | | | | 1.06 | 0.89 | 5.27E-04 |
| 10 | 10.00 | 0.89 | 0.61 | | | |
| | | | | 1.50 | 0.00 | 0.00E+00 |
| 15 | 15.00 | | 1.50 | | | |
| | | | | 0.93 | 1.15 | 3.89E-04 |
| 20 | 20.00 | 1.15 | 0.35 | | | |
| | | | | 1.50 | 0.00 | 0.00E+00 |
| 25 | 25.00 | | 1.50 | | | |
| | | | | 0.79 | 1.42 | 3.74E-04 |
| 30 | 30.00 | 1.42 | 0.08 | | | |
| | | | | 0.53 | 1.95 | 3.87E-04 |
| 60 | 60.00 | 1.95 | -0.45 | | | |
| | | | | 0.50 | 2.00 | 2.08E-04 |
| 120 | 120.00 | 2.00 | -0.50 | | | |
| | | | | **Mittelwert Feldersuch $k_f$:** | | **3.14E-04** |

| | |
|---|---|
| **Bemessungswert nach DWA A-138 (Faktor 2) $k_f$:** | **6.28E-04** |

HBC. HOCHSCHULE BIBERACH UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Prüfstelle nach RAP Stra
Karlstraße 7
88400 Biberach
07351 / 582-510

## Zustandsgrenzen nach DIN 18122

## Zusammenstellung der Ergebnisse der Zustandsgrenzen

| Probe | Wasser-gehalt | Anteil | | Zustandsgrenzen | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | < 0,063 mm (Feinanteil) | > 0,4 mm (Überkorn) | $w_L$ | $w_P$ | $I_P$ | DIN 18196 | $I_C$ |
| | [M.-%] | [M.-%] | | [M.-%] | [M.-%] | | -- | [-] |
| **RKS 1 3,0-3,50m** | 22,6 | **75,3** | 20,5 | 38,4 | 20,0 | 18,4 | **TM** | 0,56 |
| **RKS 3 7,0-7,50m** | 22,3 | **89,2** | 4,9 | 33,3 | 17,9 | 15,4 | **TL** | 0,65 |
| **RKS 4 3,0-4,0m** | 34,4 | **93,9** | 3,3 | 40,5 | 17,4 | 23,1 | **TM** | 0,22 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Grenzwert DIN 18122: Überkornanteil > 25%, Konsistenzzahl = Anhaltswert

Hochschule Biberach
Prüfstelle für Geotechnik
Prof. Dipl.-Ing. Rolf Schrodi
Karlstraße 7. 88400 Biberach

Bericht: 2017-108
Anlage:

# Wassergehalt nach DIN 18 121

A1708016

BG Brunnenweg, Mochenwangen

Bearbeiter: Franz Datum: 04.10.2017

Prüfungsnummer:
Entnahmestelle:
Tiefe:
Bodenart:
Art der Entnahme:
Probe entnommen am:

| Probenbezeichnung: | RKS 1/17<br>3,0-3,50m | RKS 3/17<br>7,0-7,50m | RKS 4/17<br>3,0-4,0m | RKS 1,2,4,6 |
|---|---|---|---|---|
| Feuchte Probe + Behälter [g]: | 423.74 | 629.54 | 535.81 | 5387.87 |
| Trockene Probe + Behälter [g]: | 386.29 | 556.53 | 454.03 | 5059.70 |
| Behälter [g]: | 220.57 | 228.69 | 215.42 | 308.85 |
| Porenwasser [g]: | 37.45 | 73.01 | 81.78 | 328.17 |
| Trockene Probe [g]: | 165.72 | 327.84 | 238.61 | 4750.85 |
| Wassergehalt [%] | 22.60 | 22.27 | 34.27 | 6.91 |

Hochschule Biberach
Prüfstelle für Geotechnik
Prof. Dipl-Ing. Rolf Schrodi
Karlstr. 11, 88400 Biberach

Bericht: 2017-108
Anlage:

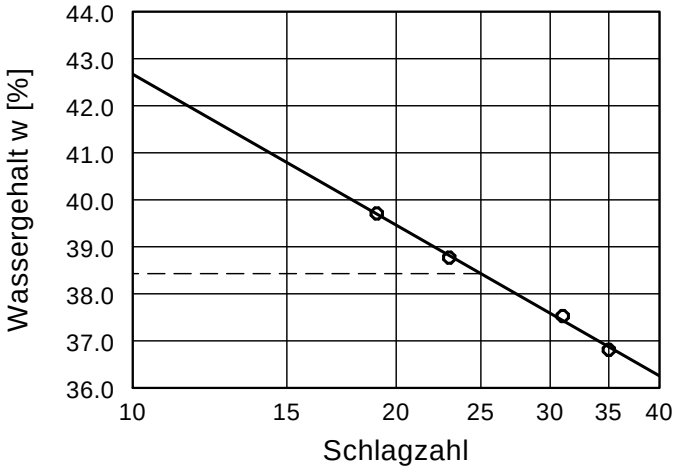
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

A1708016

BG Brunnenweg, Mochenwangen

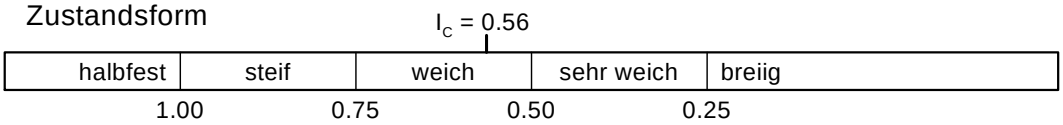
Bearbeiter: Franz  Datum: 18.10.2017

Prüfungsnummer:
Entnahmestelle: RKS 1
Tiefe: 3,00 - 3,50 m
Art der Entnahme: gestörte Probe
Bodenart: Ton, schluffig,sandig
Probe entnommen am:

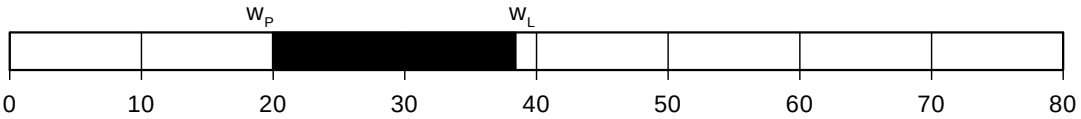



| | |
|---|---|
| Wassergehalt w = | 22.6 % |
| Fließgrenze $w_L$ = | 38.4 % |
| Ausrollgrenze $w_P$ = | 20.0 % |
| Plastizitätszahl $I_P$ = | 18.4 % |
| Konsistenzzahl $I_C$ = | 0.56 |
| Anteil Überkorn ü = | 20.4 % |
| Wassergeh. Überk. $w_Ü$ = | 1.5 % |
| Korr. Wassergehalt = | 28.0 % |

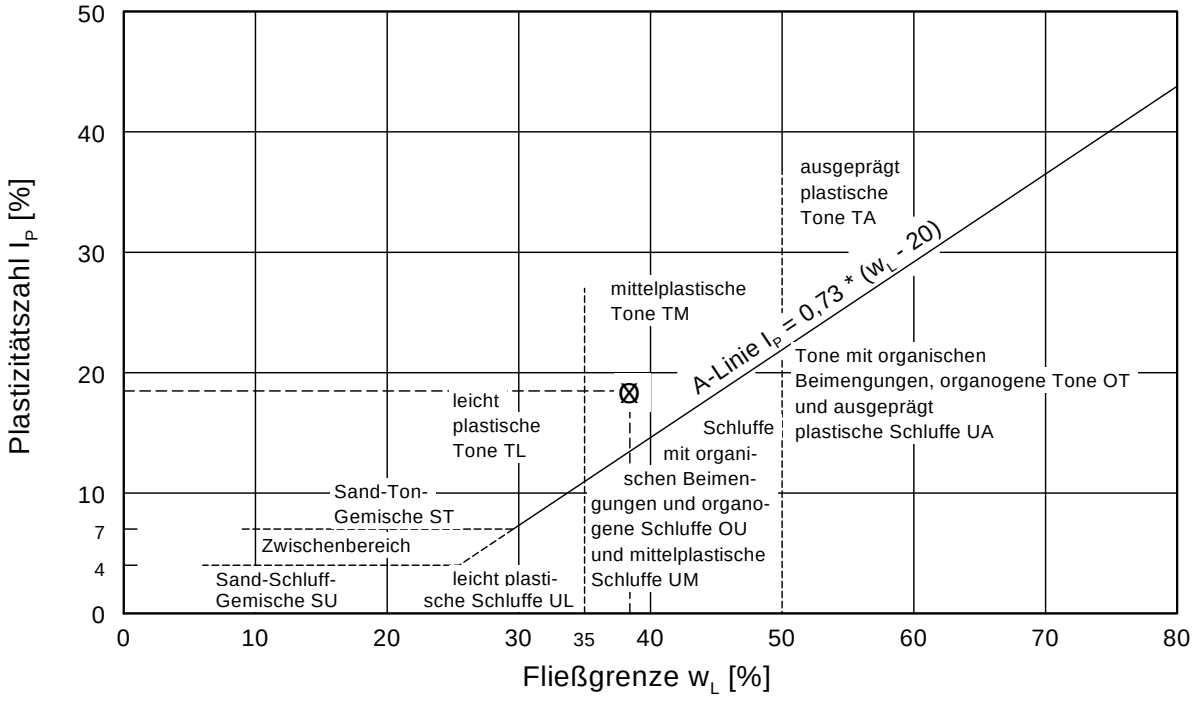
Zustandsform




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




Plastizitätsdiagramm



Hochschule Biberach
Prüfstelle für Geotechnik
Prof. Dipl-Ing. Rolf Schrodi
Karlstr. 11, 88400 Biberach

Bericht: 2017-108

Anlage:

# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

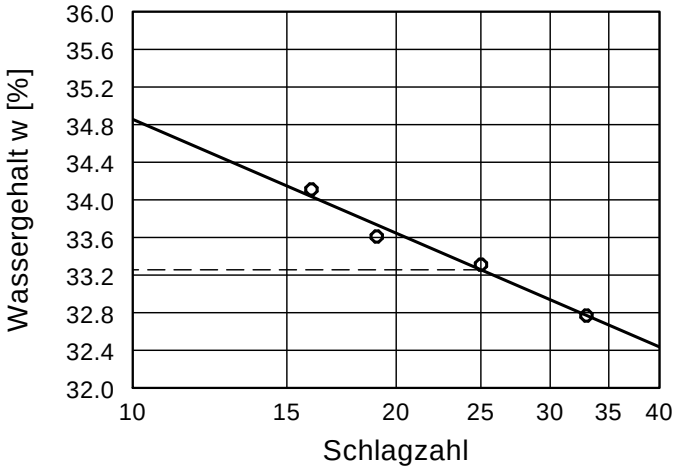
A1708016

BG Brunnenweg, Mochenwangen

Bearbeiter: Franz

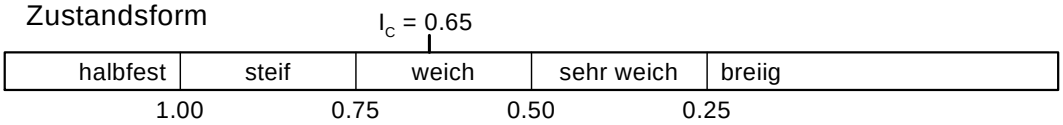
Datum: 18.10.2017

Prüfungsnummer:
Entnahmestelle: RKS 3
Tiefe: 7,00 - 7,50 m
Art der Entnahme: gestörte Probe
Bodenart: Ton, schluffig
Probe entnommen am:

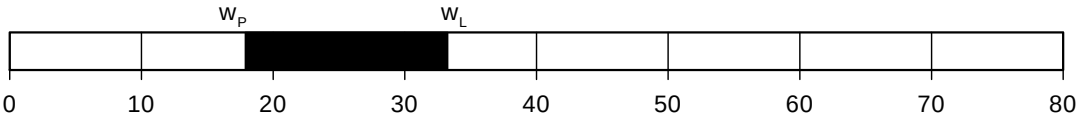



| | |
|---|---|
| Wassergehalt w = | 22.3 % |
| Fließgrenze $w_L$ = | 33.3 % |
| Ausrollgrenze $w_P$ = | 17.9 % |
| Plastizitätszahl $I_P$ = | 15.4 % |
| Konsistenzzahl $I_C$ = | 0.65 |
| Anteil Überkorn ü = | 4.9 % |
| Wassergeh. Überk. $w_Ü$ = | 1.5 % |
| Korr. Wassergehalt = | 23.3 % |

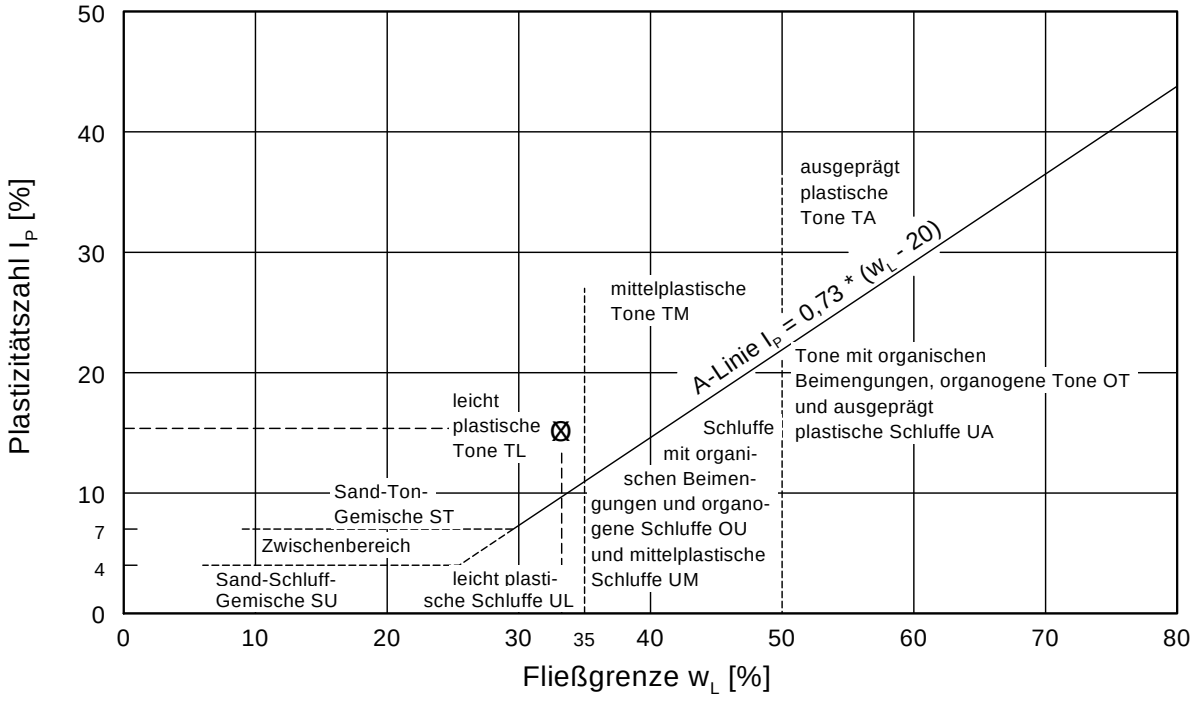
Zustandsform




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




Plastizitätsdiagramm



Hochschule Biberach
Prüfstelle für Geotechnik
Prof. Dipl-Ing. Rolf Schrodi
Karlstr. 11, 88400 Biberach

Bericht: 2017-108
Anlage:

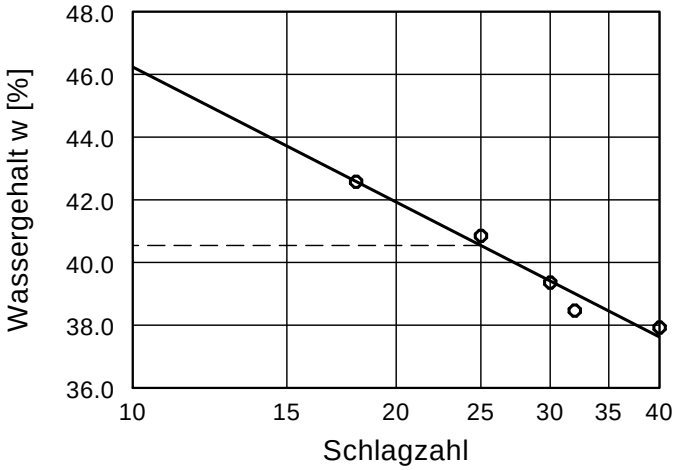
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

A1708016

BG Brunnenweg, Mochenwangen

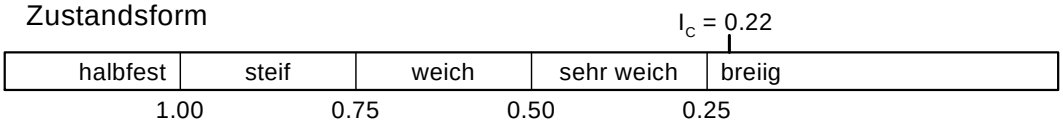
Bearbeiter: Franz  Datum: 18.10.2017

Prüfungsnummer:
Entnahmestelle: RKS 4
Tiefe: 3,00 - 4,00 m
Art der Entnahme: gestörte Probe
Bodenart: Ton, schluffig
Probe entnommen am:

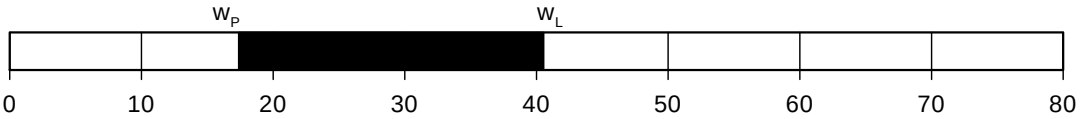


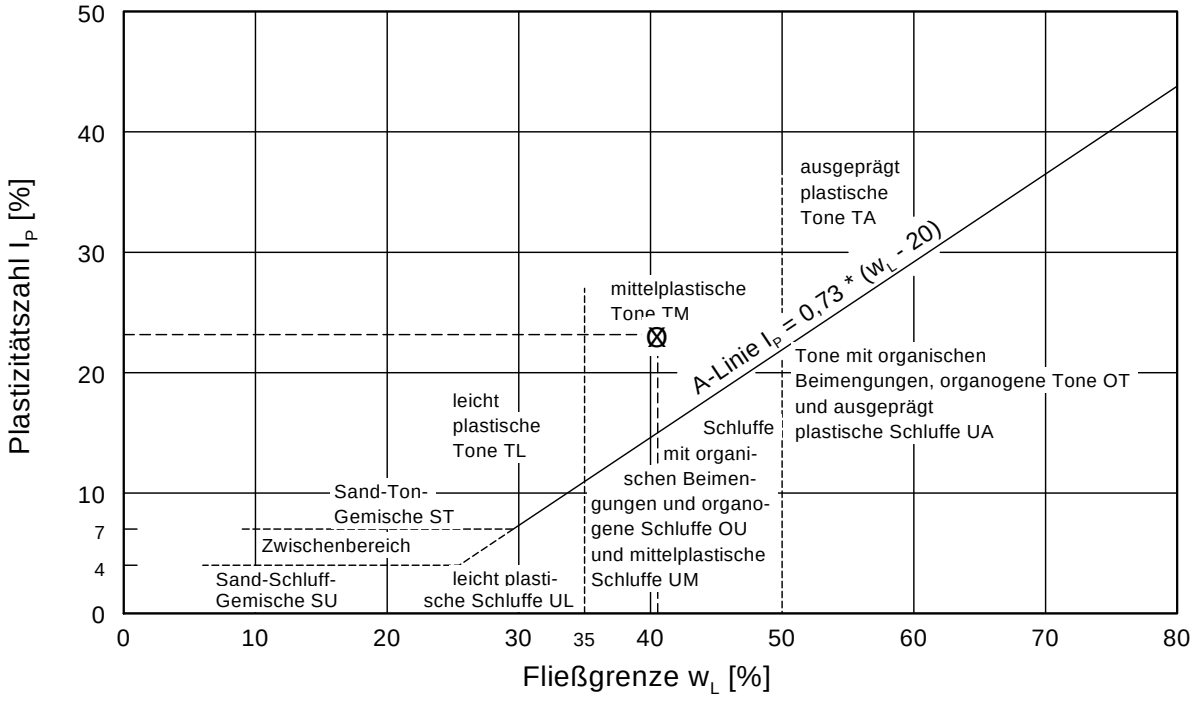

| | |
|---|---|
| Wassergehalt w = | 34.4 % |
| Fließgrenze $w_L$ = | 40.5 % |
| Ausrollgrenze $w_P$ = | 17.4 % |
| Plastizitätszahl $I_P$ = | 23.1 % |
| Konsistenzzahl $I_C$ = | 0.22 |
| Anteil Überkorn ü = | 3.3 % |
| Wassergeh. Überk. $w_Ü$ = | 1.5 % |
| Korr. Wassergehalt = | 35.5 % |

Zustandsform




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




Plastizitätsdiagramm