

Geotechnischer Bericht nach DIN 4020
zum Bauvorhaben
Erschließung Baugebiet „Sandgrubäcker III“
in
88348 Allmannsweiler

Bauherr und Auftraggeber:

Gemeinde Allmannsweiler
Buchauer Straße 2
88348 Allmannsweiler

Geotechnische Projektleitung:

Dipl.-Ing. Christian Rauser-Härle

Erstattungsdatum:

05. April 2022

Aktenzeichen:

AWBSIII G01

Geschäftsführer:

PROF. DIPL.-GEOL. MATTHIAS HILLER
DIPL.-ING.(FH) MARKUS KATZ
DIPL.-ING.(FH) THOMAS BENZ
DIPL.-ING. CHRISTIAN RAUSER-HÄRLE
DIPL.-GEOL. FALK WINTEROLL

Hauptsitz Stuttgart

PROF. DIPL.-GEOL. MATTHIAS HILLER
Emilienstr. 2
78056 Stuttgart
Tel.: 0711.997 60 73-0
Fax: 0711.73 56 298
E-Mail: kontakt@henkegeo.de

Vertretung Kirchheim/Teck

DIPL.-ING. (FH) THOMAS BENZ
Blumenstr. 19
73271 Holzmaden
Tel.: 0177.71 61 678
Fax: 0711.73 56 298
E-Mail: tb@henkegeo.de

Vertretung Nagold

DIPL.-ING. (FH) MARKUS KATZ
Haydnweg 10/1
72202 Nagold
Tel.: 0177.71 61 682
Fax: 0711.73 56 298
E-Mail: mk@henkegeo.de

Vertretung Schwarzwald-Baar

DIPL.-ING. (FH) ACHIM FÖRSTER
Vor dem Hummelsholz 4
78056 VS-Schwenningen
Tel.: 07720.95 86-92
Fax: 07720.95 86-87
E-Mail: vs@henkegeo.de

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|---|-------|
| 1. Auftrag | 3 |
| 2. Unterlagen | 3 |
| 3. Projektbeschreibung | 4 |
| 4. Allgemeiner geologischer Überblick | 4 |
| 5. Baugrunderkundung | 5 |
| 6. Schichtenbeschreibung | 6 |
| 7. Hydrogeologische Situation | 7 |
| 8. Versickerungsversuch | 8 |
| 9. Bodenverunreinigung | 8 |
| 10. Geotechnische Laborversuche | 10 |
| 11. Bodencharakterisierung für bautechnische Zwecke | 13 |
| 12. Homogenbereiche | 14 |
| 13. Bodenkennwerte | 16 |
| 14. Leitungsbau | 17 |
| 14.1 Graben- und Grubenaushub | 17 |
| 14.2 Böschungssicherung von Gräben und Gruben | 17 |
| 14.3 Kanäle und Leitungen, Grabenverfüllung und Grabenverdichtung | 18 |
| 15. Bau von Verkehrsflächen | 20 |
| 16. Regenwasserversickerung | 24 |
| 17. Allgemeine Angaben zur Wohnbebauung im Baugebiet | 25 |
| 17.1 Baugruben und Böschungen | 25 |
| 17.2 Bauwerksgründungen | 25 |
| 17.3 Erd- und Wasserdruck | 27 |
| 17.4 Abdichtung von erdberührten Bauteilen | 28 |
| 17.5 Arbeitsraumverfüllung | 29 |
| 17.6 Geothermische Energienutzung | 30 |
| 17.7 Erdbebensicherheit | 31 |
| 18. Schlussbemerkungen | 32 |

Verzeichnis der Anlagen:

| | | | |
|--------|---|-----------------------------|--|
| Anlage | 1 | Lagepläne | |
| | | 1.1 | Übersichtslageplan |
| | | 1.2 | Lageplan der Baugrundaufschlüsse |
| Anlage | 2 | Bohrsondierungen | |
| | | 2.1 – 2.6 | Bohrkernaufnahme BS 1/22 bis BS 6/22 |
| | | 2.7 | Bohrkernaufnahme BS 1/11 |
| | | 2.8 | Legende der verwendeten Signaturen und Abkürzungen |
| Anlage | 3 | Chemische Analytik | |
| | | 3.1 + 3.2 | VwV-Analysen MP 1 + MP 2 |
| Anlage | 4 | Geotechnische Laborversuche | |
| | | 4.1 | Tabellarische Zusammenstellung der Laborergebnisse |
| | | 4.2 | Konsistenzgrenzenbestimmung |

1. Auftrag

Die Gemeinde Allmannsweiler plant über das Ingenieurbüro Schwörer die Erschließung des Neubaugebiets „Sandgrubäcker III“ in Allmannsweiler. In diesem Zusammenhang wurde das Ingenieurbüro für Geotechnik Henke und Partner GmbH (HUP), Vertretung Oberschwaben, auf der Basis des Angebotes vom 05.10.2022, Az.: AWBSIII K01 beauftragt, eine Baugrunderkundung durchzuführen und einen Geotechnischen Bericht nach DIN 4020 für die geplante Erschließung des Baugebietes „Sandgrubäcker III“ in Allmannsweiler zu erstellen.

2. Unterlagen

Als Unterlagen zur Bearbeitung wurden uns zur Verfügung gestellt:

IB Schwörer GmbH:

- [1] Lageplan (Vorentwurf) Erschließung Neubaugebiet „Sandgrubäcker III“ in Allmannsweiler, im Maßstab 1: 500, mit Datum vom 23.09.2021

Aus eigenen Archivunterlagen stand uns zur Verfügung:

Henke und Partner GmbH:

- [2] Geotechnisches Gutachten zum Neubau Radweg entlang K 7556 zwischen Allmannsweiler und Reichenbach vom 28.04.2022 Az.: REIRAD G01

Geologisches Landesamt Baden - Württemberg:

- [3] Geologische Karte von Baden - Württemberg von 2004, Maßstab 1:25.000, Blatt 7923 Bad Saulgau-Ost und digitale geologische Karte des LGRB

3. Projektbeschreibung

Das geplante Neubaugebiet „Sandgrubäcker III“ soll im Südosten von Allmannsweiler nördlich der Kreisstraße K 7556 entstehen. Östlich grenzt das geplante Baugebiet an den Sandgrubäcker – Weg und westlich sowie nördlich an bereits bestehende Bebauung an. Derzeit wird die Fläche des geplanten Baugebietes landwirtschaftlich genutzt. Nach den hergestellten Baugrundaufschlüssen weist das geplante Baugebiet Höhen von ca. 629,0 m ü. NN bis ca. 634,50 m ü. NN auf.

Als Anlage 1.1 liegt ein Übersichtslageplan bei, auf dem die ungefähre Lage des geplanten Baugebietes rot gekennzeichnet wurde.

Im Rahmen der geplanten Erschließung des Baugebiets sollen Erschließungsstraßen gebaut und Versorgungsleitungen verlegt werden. Außerdem soll der Zufahrtsbereich von der Kreisstraße K 7556 zum bestehenden Sandgrubäcker – Weg ausgebaut werden. Nach dem Plan [1] sollen 24 Bauplätze im Neubaugebiet „Sandgrubäcker III“ entstehen.

Die Lage des Neubaugebietes, der geplanten Erschließungsstraßen und der geplanten Leitungen kann dem Lageplan, der als Anlage 1.2 diesem Bericht beiliegt, entnommen werden.

4. Allgemeiner geologischer Überblick

Nach der geologischen Karte [3] stehen im geplanten Neubaugebiet „Sandgrubäcker III“ würmeiszeitliche Moränensedimente in Form von einer entstehungsbedingten heterogenen Wechselfolge von Geschiebelehm bzw. Geschiebemergel, Moränensanden und Moränenkiesen an. Der tiefere Untergrund wird von den tertiären Schichten der Oberen Süßwassermolasse gebildet.

5. Baugrunderkundung

Zur Erkundung der Baugrundsituation wurden am 09.03.2022 und am 11.03.2022 insgesamt sechs Bohrsondierungen (BS 1/22 bis BS 6/22) niedergebracht. Außerdem wird der im Bereich des geplanten Neubaugebietes liegende Baugrundaufschluss BS 2/11, der im Rahmen der Baugrunderkundung [2] hergestellt wurde, mit zur Beurteilung der Baugrundsituation herangezogen.

Die Bohrpunkte wurden durch Mitarbeiter des IB Henke und Partner nach Lage und Höhe eingemessen. Der Lagebezug wurde über die bestehende Bebauung und der Höhenbezug über eine bekannte Schachtdeckelhöhe in m ü. NN hergestellt. Die Lage der hergestellten Baugrundaufschlüsse kann dem Lageplan, der als Anlage 1.2 beiliegt, entnommen werden.

Die sechs Bohrsondierungen BS 1/22 bis BS 6/22 wurden mittels Sondierdraupe bis in eine Tiefe von 3,4 m bis 5,0 m unter bestehende Geländeoberkante (GOK) abgeteuft. Der vorhandene Asphaltbelag im Bereich der Bohrsondierung BS 6/22 wurde vorab mittels Kernbohrgerät aufgebohrt. Die Bohrungen BS 2/22 und BS 5/22 konnten aufgrund eines Bohrhindernisses im Untergrund nicht tiefer geführt werden. Insgesamt wurden 27,1 lfd. m bohrsondiert. Die gewonnenen Bohrkern wurden nach geologischen und bodenmechanischen Gesichtspunkten gemäß DIN 4022 bzw. DIN EN ISO 14688-1 aufgenommen und beschrieben. Die ausführlichen Schichtenbeschreibungen der BS 1/22 bis BS 6/22 mit zeichnerischer Darstellung in Anlehnung an die DIN 4023 sind als Anlagen 2.1 bis 2.6 beigefügt. Das Bohrprofil der Bohrsondierung BS 2/11 aus [2] kann der Anlage 2.7 entnommen werden. Eine Legende der hierbei verwendeten Signaturen und Abkürzungen liegt als Anlage 2.8 bei. Für geotechnische Laboruntersuchungen, für chemische Analysen sowie als Rückstellproben wurden aus den Bohrkernen insgesamt 26 Bodenproben und eine Asphaltprobe entnommen.

6. Schichtenbeschreibung

Anhand der hergestellten Baugrundaufschlüsse stellt sich die geologische Situation im Bereich des geplanten Neubaugebietes wie folgt dar:

In den Aufschlüssen BS 1/22 bis BS 5/22 beginnt die Schichtenfolge mit einem 20 cm bis 30 cm mächtigen durchwurzelt und humosen **Oberboden** mit dunkelbrauner Farbe. Vereinzelt wurden Ziegelstückchen und Steine im Oberboden angetroffen. Bei der BS 6/22 beginnt die Schichtenfolge aufgrund der Lage der Bohrung im bestehenden Sandgrubäcker -Weg mit einer 15 cm dicken **Asphaltschicht**. Unter dem Asphalt wurde in der BS 6/22 bis in eine Tiefe von 0,6 m unter GOK die **Frost- / Tragschicht** des Sandgrubäcker – Wegs, bestehend aus einem schwach schluffigen, sandigen Kies mit braungrauer Farbe, aufgeschlossen.

Unter dem Oberboden der BS 1/22 bis BS 5/22 und unter der Frost- / Tragschicht der BS 6/22 wurden in allen hergestellten Bohrungen **Moränensedimente** erbohrt. Die erbohrten Moränensedimente bestehen aus einem **Geschiebelehm**. In der BS 3/22 wurde in einer Tiefe von 4,5 m bis 4,9 m innerhalb der Geschiebelehme eine **Moränensandschicht** aufgeschlossen. Der erbohrte braune, beige-braune bis hellbraune Geschiebelehm setzt sich aus tonigem Schluff mit wechselnden Anteilen von Sand und Kies zusammen. Nach der manuellen Bodenansprache weisen die Geschiebelehme eine überwiegend steife und tlw. weiche und halbfeste Konsistenz auf. Beim in der BS 3/22 erbohrten Moränensand handelt es sich um einen hellbraunen schluffigen Moränensand mit steif bis halbfester Konsistenz der bindigen Matrix. Innerhalb der Moränensedimente können auch mehr oder weniger verlehnte Moränenkiese auftreten.

7. Hydrogeologische Situation

Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurde in den unverrohrten Bohrlöchern der Grundwasserstand gemessen. Da die Bohrlöcher tlw. nicht standfest waren, sind diese bereits vor der beabsichtigten GW-Messung bereichsweise wieder zugefallen. Durch das Zufallen kann es zu einem Wassereinstau im Bohrloch kommen, so dass die Grundwasserstandsmessungen in unverrohrten Bohrlöchern mit Unsicherheiten behaftet sind. Die Bohrlöcher BS 1/22 und BS 2/22 wurden nach Abschluss der Bohrarbeiten zu temporären Grundwassermessstellen mit Verfilterung in den Moränensedimenten ausgebaut.

Nachfolgend sind die gemessenen Schicht- bzw. Grundwasserstände in den Bohrlöchern nach Abschluss der Bohrarbeiten und in den temporär ausgebauten Grundwassermessstellen dargestellt:

| Bezeichnung Bohrsondierung | Wasserstand unter GOK [m] | Wasserstand [m ü. NN] | Bemerkung |
|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--|
| BS 1/22 | - | - | Bohrung bis 4,82 m unter GOK zu GW-Messstelle ausgebaut, kein Wasser messbar |
| BS 2/22 | - | - | Bohrung bis 3,62 m unter GOK zu GW-Messstelle ausgebaut, kein Wasser messbar |
| BS 3/22 | - | - | Bohrloch bis 5,0 m u. GOK standfest, kein Wasser nach Bohrende messbar |
| BS 4/22 | - | - | Bohrloch bis 5,0 m u. GOK standfest, kein Wasser nach Bohrende messbar |
| BS 5/22 | - | - | Bohrloch bis 3,38 m u. GOK standfest, kein Wasser nach Bohrende messbar |
| BS 6/22 | - | - | Bohrloch bis 5,0 m u. GOK standfest, kein Wasser nach Bohrende messbar |

Bei der Baugrunderkundung konnte kein Grund- bzw. Schichtwasser festgestellt werden. Nach starken Niederschlägen und der Schneeschmelze muss mit zeitweise vorhandenem Sicker- bzw. Schichtwasser gerechnet werden.

Nach den aktuellen Hochwassergefahrenkarten liegt das Baufeld des geplanten Neubaugebietes nicht in der Überschwemmungs- bzw. Überflutungsfläche eines Oberflächengewässers und nach den Wasserschutzgebietskarten der LUBW außerhalb von Wasser- und Quellenschutzgebietszonen.

8. Versickerungsversuch

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurde im ausgebauten Bohrloch der Bohrsondierung BS 2/22 ein Versickerungsversuch zur Überprüfung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes ausgeführt. Hierzu wurde das bis in eine Tiefe von 3,62 m unter GOK ausgebaute Bohrloch mit Wasser befüllt und die Absenkung des Wasserspiegels im Verhältnis zur Zeit gemessen, um die Versickerungsrate Q_s zu bestimmen. Nach 50 min wurde ein Absinken des Wasserspiegels im Bohrloch von 0,5 cm gemessen. Hieraus ergibt sich ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 1,5 \cdot 10^{-9}$ m/s

9. Bodenverunreinigung

Routinemäßig wurde das aufgeschlossene Bodenmaterial auf sensorisch feststellbare Verunreinigungen begutachtet. Hierbei wurden sensorisch keine Auffälligkeiten festgestellt.

Für eine erste Orientierung ob ggf. geogene Bodenverunreinigungen vorliegen, wurde eine Mischprobe MP 1 aus den anstehenden Moränensediment der BS 1/22 bis BS 5/22 und eine weitere Mischprobe MP 2 der Moränensedimente aus der BS 6/22 gebildet. Die Mischproben wurden auf die vorgegebenen Parameter der VwV (Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden – Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial) am Feststoff im Labor BVU GmbH hin untersucht. Die Analysenergebnisse der Mischproben liegen als Anlage 3.1 und 3.2 bei. Auf der Grundlage der durchgeführten Analytik können beide Mischproben dem Zuordnungswert Z0 der VwV zugeordnet werden. Werden die Grenzwerte des Zuordnungswertes Z0 nach der VwV ein-

gehalten ist nach der VwV keine Untersuchung der Eluate erforderlich. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die gewachsenen Böden keine geogen erhöhten Konzentrationswerte aufweisen und nach dem Zuordnungswert Z0 nach der VwV verwertet werden können.

Aufgrund der hergestellten punktuellen Aufschlüsse können anthropogene Bodenverunreinigungen im Bereich des geplanten Baugebietes nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Es wird deshalb empfohlen, bei der Ausschreibung Positionen für die Verwertung von Boden der Kategorie Z0, Z1.1, Z1.2 und Z2 nach der VwV sowie für eine Beseitigung von Boden auf einer Deponie der Deponieklasse DK 0 vorzusehen. Positionen für eine Rasterbeprobung, Haufwerksbildung, Zwischenlagerung ggf. auch außerhalb des Baufeldes, Haufwerksbeprobung, chemische Analysen nach VwV-Bodenverwertung und der Deponieverordnung sollten zusätzlich bei der Ausschreibung der Baumaßnahme berücksichtigt werden.

Erfahrungsgemäß ist es schwierig Böden mit einem Zuordnungswert von $\geq Z 1.1$ zu verwerten. Ist keine Verwertung möglich müssen die Böden auf einer Deponie entsorgt bzw. beseitigt werden. Für die Ausschreibung wird daher empfohlen festzuhalten, dass der Auftragnehmer/Unternehmer, falls er den Analysen nach verwertbares Material der Kategorie Z1.1, Z1.2 oder Z2 nach der VwV aufgrund von mangelnden Verwertungsstellen auf einer Deponie entsorgt, keine Mehrkosten geltend machen kann. Der im Leistungsverzeichnis für eine Z-Position angegebene Preis ist daher zwingend einzuhalten, auch wenn das entsprechende Z-Material stattdessen deponiert wird. Die im Falle einer Deponierung des eigentlichen Z-Materials anfallenden Kosten für ggf. zusätzliche Haufwerksbildung, Zwischenlagerung, Haufwerksbeprobung, chemische Analysen nach DepV, die daraus resultierenden Verzögerungen sowie die Deponierungskosten sind AN-seitig zu tragen.

10. Geotechnische Laborversuche

Zur Klassifizierung und Bestimmung der bodenmechanischen und bodenphysikalischen Eigenschaften der angetroffenen Bodenschichten sowie zur Ableitung von Bodenkennwerten und Homogenbereichen wurden an ausgewählten entnommenen Bodenproben folgende Laboruntersuchungen durchgeführt:

- 23 mal Bestimmung des natürlichen Wassergehalts nach DIN 18121
- 1 mal Bestimmung des Feinkornanteils nach DIN 18123
- 1 mal Bestimmung der Konsistenzgrenze nach DIN 18122
- 2 mal Bestimmung der Huminsäuren nach DIN EN 1744

Eine tabellarische Zusammenstellung der geotechnischen Laborergebnisse liegt als Anlage 4.1 bei. Das Einzelergebnis der Konsistenzgrenzenbestimmung kann der Anlage 4.2 entnommen werden.

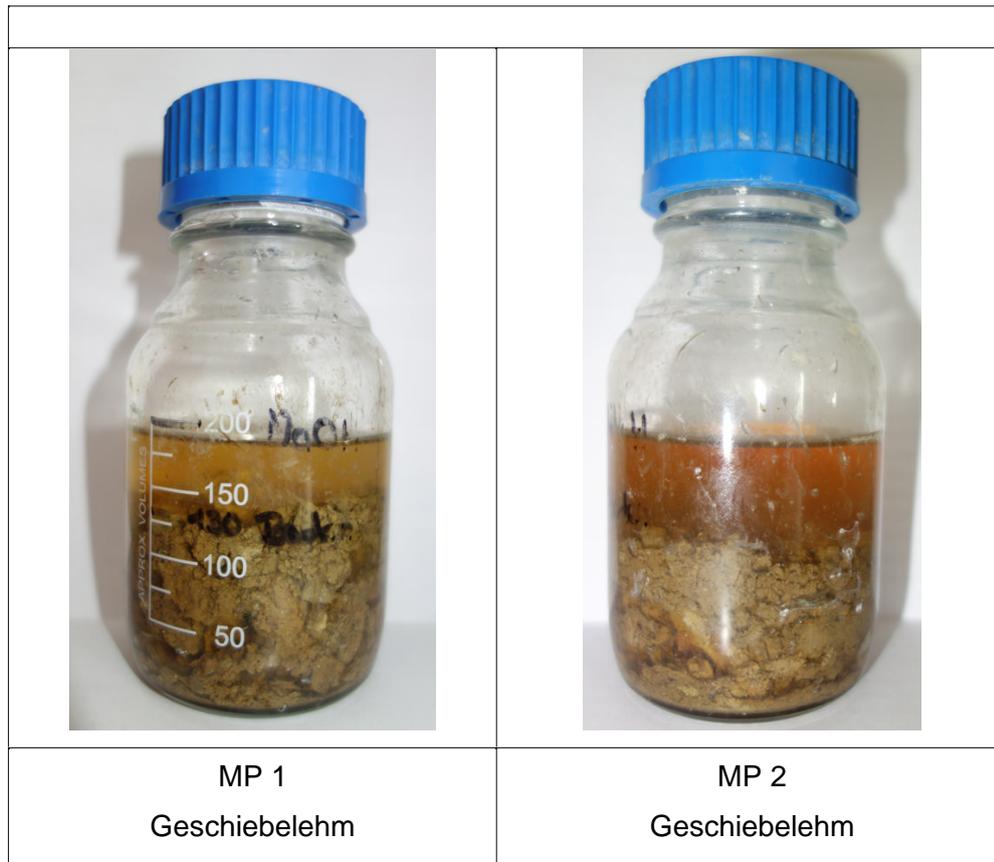
An einer entnommenen Bodenprobe aus dem Geschiebelehm (BS 1/22 / 1,3-2,1 m) wurden die Konsistenzgrenzen nach DIN 18122 ermittelt. Der untersuchte Geschiebelehm kann anhand der Bestimmung der Konsistenzgrenzen der Bodengruppe TL (leichtplastischer Ton) nach DIN 18196 zugeordnet werden. Anhand der Konsistenzgrenzenbestimmung weist der untersuchte Geschiebelehm eine steife Konsistenz auf.

An einer Bodenprobe aus den in der BS 3/22 erbohrten Moränensande wurde der Feinkornanteil durch Abschlämmen der Grobfraction ermittelt. Bei der untersuchten Moränensandprobe wurde ein Feinkornanteil von 9,2 M.-% ermittelt. Anhand des ermittelten Feinkornanteils kann der Moränensand der Bodengruppe SU/ST (schluffige bzw. tonige Sande) nach DIN 18196 zugeordnet werden.

Aus den entnommenen Bodenproben der oberflächlich anstehenden Geschiebelehme der BS 1/22 + BS 2/22 wurde die Mischprobe MP 1 und aus den oberflächlich anstehenden Geschiebelehmen der BS 3/22 bis BS 5/22 die Mischprobe MP 2 gebildet. An den erstellten Mischproben wurde das Vorhandensein von Huminsäuren geprüft. Dazu wurden die Bodenmischprobe mit 3-%iger Natronlauge vermengt. Eine dunkle Verfärbung der Lösung ist Indikator für das Vorhandensein von Huminsäuren. Huminsäuren hemmen den Erhärtungsprozess eines Boden-Bindemittelgemisches, indem sie das Calcium-Hydroxid, welches bei Kontakt des Bindemittels (Kalk und Zement) mit Wasser gebildet wird, binden. Bei Böden mit Huminsäure ist erst eine Stabilisierung zu erreichen, wenn die Menge des Bin-

demittels einen bestimmten Schwellenwert übersteigt. Dies liegt daran, dass eine gewisse Menge des Bindemittels, insbesondere Zemente, für die Neutralisierung der Huminsäuren aufgebraucht wird. Das bedeutet, dass bei Böden mit Huminsäure ein erhöhter Bindemittelbedarf für eine ausreichende Stabilisierung des Bodens erforderlich ist.

Das Ergebnis der Untersuchung zur Huminsäure ist nachfolgenden Bilder zu entnehmen.



Bei den Mischproben der oberflächlich anstehenden Geschiebelehme wurde eine schwache bis mittlere Verfärbung festgestellt. Somit weisen die Geschiebelehme geringfügig Huminsäuren auf. Erfahrungsgemäß kann davon ausgegangen werden, dass eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Untergrund nach einer Bodenstabilisierung mit mindestens 3 M.-% Mischbindemittel (Zementanteil $\geq 70 \text{ M.}\%$ im Bindemittel) erreichbar ist. Soll eine Bodenstabilisierung der Geschiebelehme mit Bindemittel erfolgen, wird empfohlen vorab eine Eignungsprüfung bzw. eine Probestabilisierung auszuführen.

Oberboden sowie oberflächliche unter dem Oberboden noch durchwurzelte Schichten sollten vor einer Bodenstabilisierung auf jeden Fall entfernt werden, da diese Schichten erfahrungsgemäß einen hohen Gehalt an Huminsäure aufweisen und erfahrungsgemäß nur mit sehr hohen Bindemittelmengen stabilisiert werden können.

11. Bodencharakterisierung für bautechnische Zwecke

Nachfolgend sind die bautechnisch relevanten Eigenschaften der angetroffenen Bodenschichten anhand der Baugrunduntersuchung, der Ergebnisse der Laboruntersuchungen sowie allgemeiner Erfahrungen mit vergleichbaren Böden zusammengestellt.

Bei den Moränensedimenten handelt es sich um eine entstehungsbedingt heterogene Wechselfolge von Geschiebelehm, Moränensand und Moränenkies. Dieser Schichtenkomplex wird nachfolgend unter der geologischen Bezeichnung „Moränensedimente“ zusammengefasst.

| Geologische Bezeichnung | Bodengruppe nach DIN 18196 | Zusammen-drückbarkeit | Durchlässig-keit | Verdichtungs-fähigkeit | Frostempfind-lichkeitsklasse ZTV E-StB |
|---|--|-----------------------|------------------------|------------------------|---|
| Auffüllung (grob- bis gemischtkörnig) | GU, GT, GW, I | sehr gering | mittel bis groß | sehr gut | nicht frostempfindlich F1 bis frostempfindlich F2 ¹⁾ |
| Moränensedimente (Geschiebelehm, Moränenkies, -sand) | TL, TM, SU*, ST*, SU, ST, GU*, GT*, GU, GT | groß bis gering | sehr gering bis gering | schlecht bis mäßig | frostempfindlich F2 bis sehr frostempfindlich F3 ¹⁾ |

¹⁾Die Bodengruppe GW, GI ist der Frostempfindlichkeitsklasse F1, die Bodengruppe SU / ST / GU / GT ist der Frostempfindlichkeitsklasse F2 und die Bodengruppe TL, TM, UL, UM, SU*, ST* , GU*, GT*der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen.

Die angetroffenen Geschiebelehme sind tlw. witterungsempfindlich. Bei ungünstiger Witterung und ungeschütztem Erdplanum oder bei unsachgemäßer Zwischenlagerung können erfahrungsgemäß durch Frost, Niederschläge oder hohe mechanische Beanspruchung durch Baustellenverkehr deutliche Verschlechterungen der bodenmechanischen Eigenschaften eintreten.

12. Homogenbereiche

Die im geplanten Baugebiet aufgeschlossenen Böden können entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen anhand der Baugrunduntersuchung und den geotechnischen Laborversuchen sowie allgemeiner Erfahrungen mit vergleichbaren Böden in nachfolgende Homogenbereiche nach DIN 18300 für „Erdarbeiten“ eingeteilt werden:

| | | Homogenbereich | |
|--|----------------------|----------------|--|
| | | A | B |
| Geologische Bezeichnung | | Auffüllung | Moränensedimente |
| Bodengruppe nach DIN 18196 | | GU, GT, GW, GI | TL, TM, TA, UL, UM, SU*, ST*, SU, ST, GU*, GT*, GU, GT |
| Wassergehalt | [%] | 2 – 8 | 7 – 25 |
| Dichte, feucht | [t/m ³] | 2,0 – 2,2 | 1,8 – 2,1 |
| Konsistenzzahl I_c | | | 0,6 – 1,2 |
| Konsistenz | | | weich, steif, halbfest |
| Plastizitätszahl I_p | [%] | | 8 – 20 |
| Undrainede Scherfestigkeit C_u | [kN/m ²] | | 40 – 200 |
| Organischer Anteil | [Gew.-%] | ≤ 3 | ≤ 5 |
| Korngrößenverteilung | T [%] | 0 – 10 | 0 – 40 |
| | U [%] | 2 – 15 | 5 – 90 |
| | S [%] | 10 – 40 | 0 – 90 |
| | G [%] | 40 – 90 | 0 – 90 |
| Lagerungsdichte | | – | mitteldicht, dicht |
| Massenanteil Steine / Blöcke¹⁾ | [%] | ≤ 30 / – | ≤ 30 / ≤ 30 |
| Massenanteil Blöcke²⁾ | [%] | – | ≤ 5 |
| Bodenklasse nach DIN 18300 (2012-09) | | 3 | 3, 4, 5, 7 ²⁾ |

¹⁾ Blöcke der Korngröße 200 mm bis 630 mm

²⁾ Blöcke mit Korngröße über 630 mm

Oberboden ist nach DIN 18320 unabhängig von seinem Zustand vor dem Lösen ein eigener Homogenbereich.

Bei den zuvor genannten Parametern für die Beschreibung der Homogenbereiche handelt es sich nicht um Kennwerte, die für erdstatische Berechnungen verwendet werden dürfen, sie dienen lediglich der Beschreibung der Bandbreiten der Bodeneigenschaften.

Da die anstehenden Geschiebelehme tlw. wasserempfindlich sind, können diese Böden bei nicht fachgerechter Zwischenlagerung und bei starken Niederschlägen während eines Transports oder durch mechanische Beanspruchung aufweichen, so dass diese ggf. in die Bodenklasse 2 nach DIN 18300 (2012-09) bzw. in eine breiige Konsistenz übergehen können.

Bei einer Bodenstabilisierung mit einem Mischbindemittel entsteht nach kurzer Zeit eine verfestigte Bodenschicht bzw. weist der stabilisierte Boden allgemein eine feste Konsistenz auf und ist demnach in die Bodenklasse 6 nach DIN 18300 (2012-09) einzustufen.

Die angegebenen Werte sind nur z.T. durch geotechnische Laboruntersuchungen direkt bestimmt worden. Andere Angaben beruhen auf Erfahrungen mit vergleichbaren Böden und Schätzungen, wodurch Abweichungen nicht auszuschließen sind.

13. Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können nachfolgende Bodenkennwerte als charakteristische Bodenkennwerte nach Eurocode 7 angesetzt werden. Die Boden- bzw. Berechnungskennwerte sind auf der Grundlage der Geländeaufnahmen, den durchgeführten Laboruntersuchungen sowie allgemeinen Erfahrungen mit vergleichbaren Böden festgelegt worden.

| Bodenschichten | Wichte | Wichte unter Auftrieb | Reibungswinkel | Kohäsion | Steifemodul |
|--|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| | γ_k [kN/m ³] | γ'_k [kN/m ³] | ϕ_k [°] | c_k [kN/m ²] | $E_{s,k}$ [MN/m ²] |
| Auffüllung (grob- / gemischtkörnig) | 20 (19 – 22) | 11 (10 – 12) | 35 (32,5 – 37,5) | 0 (0 – 2) | 50 – 80 |
| Moränensedimente, weich | 19 (18 – 20) | 9 (9 – 12) | 25 (22,5 – 30) | 3 (0 – 5) | 2 - 5 |
| Moränensedimente, steif | 20 (19 – 21) | 10 (9 – 11) | 25 (22,5 – 32,5) | 8 (5 – 15) | 8 - 12 |

() Schwankungsbereich der Bodenkennwerte (z. B. für Grenzwertbetrachtungen)

14. Leitungsbau

14.1 Graben- und Grubenaushub

Im geplanten Neubaugebiet wurden bis zur erreichten Endtiefe der Bohrsondierungen gut baggerbare Böden aufgeschlossen. Innerhalb der Moränensedimente können größere Gerölle bzw. Blöcke aufgrund der Genese auftreten.

Im Bereich benachbarter Gebäude oder anderer baulicher Anlagen sind die Aushubgrenzen der DIN 4123 zu beachten. Sofern die Aushubgrenzen nach DIN 4123 nicht eingehalten werden können, ist die Standsicherheit benachbarter Bauwerke nachzuweisen oder es sind Sicherungsmaßnahmen in Form eines entsprechend für die Belastung zugelassenen Grabenverbau vorzusehen.

Werden Gräben und Gruben nach einer mit Bindemittel durchgeführten Bodenstabilisierung ausgehoben, muss für den Aushub die Bodenklasse 6 nach DIN 18300 (2012-09) bzw. eine feste Konsistenz berücksichtigt werden.

14.2 Böschungssicherung von Gräben und Gruben

Bei Gräben, die von Personal betreten werden und tiefer als 80 cm sind, müssen mindestens 0,60 m breite Schutzstreifen beidseitig neben Gräben angeordnet werden, die von Aushubmaterial und Gegenständen freigehalten werden müssen. Bei der Herstellung von Kanal- und Leitungsgräben sowie von Gruben für Schächte sind die Angaben der DIN 4124 zu beachten. Die erforderlichen Abstände von Fahrzeugen bzw. Baugeräten zum Graben ist der DIN 4124 zu entnehmen.

Gruben und Gräben dürfen hier bis zu 1,25 m Tiefe ohne besondere Sicherung, wenn die zuvor angegebenen Schutzstreifen vorhanden sind, Fahrzeuge bzw. Baugeräte den erforderlichen Abstand nach DIN 4124 einhalten und das Gelände neben Gruben und Gräben nicht steiler als 1:10 ansteigt, senkrecht ausgeschachtet werden. Gräben und Gruben mit Tiefen > 1,25 m müssen mit abgeböschten Wänden oder mit einem Grabenverbau hergestellt werden.

Freie Gruben- und Grabenböschungen mit einer Tiefe von > 1,25 m bis 5 m, die von Personal betreten werden, sind aufgrund der bereichsweise angetroffenen weichen Geschiebelehme sowie der be-

reichsweise aufgeschlossenen Moränensande über Grund- bzw. Schichtwasser in Anlehnung an die DIN 4124 mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ anzulegen.

Zum Schutz vor Durchfeuchtung bzw. Erosion durch Niederschlagswasser sowie zur Verhinderung der Austrocknung und damit der Verminderung der Standfestigkeit sind Böschungen mit einer Standzeit von > 5 Tage durch überlappende Kunststoff-Folien abzuhängen und so vor ungünstigen Witterungseinflüssen zu schützen. Den Gruben und Gräben zulaufendes Oberflächenwasser ist mittels Tagwassersperrern o. glw. fernzuhalten.

14.3 Kanäle und Leitungen, Grabenverfüllung und Grabenverdichtung

Im Allgemeinen ist die Grabensohle tiefer auszuheben und ein Auflager einzubringen, das so beschaffen und hergestellt sein muss, dass es der Rohrumhüllung oder dem Rohrmaterial nicht schadet und die sonstigen Anforderungen erfüllt. Die Anforderungen der DIN EN 1610 "Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen" sind zu beachten.

Um Schäden in den Kanälen zu vermeiden, sind weiche bindige Böden bis ca. 20 cm unter das Rohrauflager zu entfernen und durch gut tragfähigen Boden (z.B. Kies 0/32 mm) zu ersetzen. Zwischen Kies austauschschicht und anstehenden bindigen Boden wird der Einbau eines Trenn- und Filtervlieses der Georobustheitsklasse GRK 3 empfohlen.

Für den Bereich der **Kanal- und Leitungszone** (Raum zwischen Grabensohle und -wänden bis 0,15 m Höhe über Rohrscheitel) ist gering kompressibles, gut verdichtbares Material nach den Vorgaben der jeweiligen Leitungsbetreiber zu verwenden. Die Verdichtung in der Leitungszone darf nur mit leichtem Verdichtungsgerät erfolgen. Innerhalb der Leitungszone müssen Verdichtungsgrade $D_{Pr} \geq 97\%$ erreicht werden.

Als Verfüllmaterial in der **Verfüllzone** wird unter Erschließungsstraßen der Einbau von gut verdichtungsfähigen kornabgestuften grobkörnigen Böden oder mit Bindemittel stabilisierte bindige bzw. gemischtkörnige Böden empfohlen. Die Mindestanforderungen an den Verdichtungsgrad D_{Pr} in Abhängigkeit des verwendeten Verfüllmaterials für Grabenverfüllungen unter befestigten Wegen sind der ZTV E-StB und ZTV A-StB zu entnehmen.

Sollen die anstehenden Moränensedimente zur Grabenverfüllung wiederverwendet werden, sind diese mittels Bindemittel wie z.B. mit Weißfeinkalk oder Mischbindemittel zu verbessern bzw. zu stabilisieren. Ein Mindestverdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 97 \%$ sowie ein Luftporengehalt von $n_a \leq 8 \%$ ist einzuhalten. Werden bindige Böden zu trocken eingebaut, weisen diese ein zu hohen Luftporengehalt auf und sacken bei Wasserzutritt zusammen, was zu großen Setzungen in einer Grabenverfüllung führen kann. Werden in der Grabenverfüllung grobkörnige Böden (z.B. Kies der Körnung 0/45 mm) oder mit Bindemittel stabilisierten Böden eingebaut wird erfahrungsgemäß die auf dem Erdplanum einer Straße erforderliche Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht.

Das Verfüllmaterial ist gleichmäßig lagenweise einzubauen und zu verdichten. Die Mächtigkeiten der Verfülllagen ist auf das verwendete Gerät und auf den Boden abzustimmen. Die verwendeten Baustoffe und Einbauverfahren dürfen zu keinen schädlichen Verformungen oder ungünstigen Lastfällen für die Leitungen führen. Das Verdichten darf in der Leitungszone und in dem Bereich bis 1,0 m über Rohrscheitel nur mit leichtem, bis 3,0 m auch mit mittelschwerem und darüber auch mit schwerem Verdichtungsgerät ausgeführt werden. Schwer zugängliche Bereiche in der Leitungszone, in denen sich der Verfüllboden nicht fachgerecht verdichten lässt, sind mit anderen geeigneten Baustoffen wie z.B. Boden-Bindemittelgemische, Beton oder Flüssigboden zu verfüllen, sofern sich dies nicht nachteilig auf die Rohrbettung, die Leitungen und den Oberbau auswirkt. Die Gruben- und Grabenverfüllungen sind über Kontrollprüfungen auf die Einhaltung der geforderten Verdichtung zu überwachen.

Bei der Verwendung von grobkörnigem Verfüllmaterial sind durch geeignete Maßnahmen, wie z.B. der Einbau von Querschotts aus bindigem Boden, zu verhindern, dass sich der Leitungsgraben nach dem Verfüllen für zufließendes Oberflächen- und Schichtwasser zu einer Längsdrainage ausbildet.

15. Bau von Verkehrsflächen

Die Anforderungen an den Aufbau und die Tragfähigkeit des Straßenoberbaus hängen von der nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO) gewählten Belastungsklasse, Bauweise und der Frosteinwirkungszone ab. Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ist nach Kapitel 3.2 der RStO zu bestimmen. Die geplante Baugebieterschließung liegt nach Bild 6 der RStO in der Frosteinwirkungszone II.

Nach Abtrag des bestehenden Oberbodens stehen im geplanten Baugebiet anhand der hergestellten Baugrundaufschlüsse steife, steife bis halfeste und tlw. halfeste Geschiebelehme der Frostempfindlichkeitsklasse F3 nach der ZTV E-StB an.

Für das Planum bzw. den Untergrund einer Verkehrsfläche wird nach der RStO eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gefordert. Dieser Wert muss eingehalten werden, um mit dem weiteren Tragschichtaufbau nach RStO die geforderte Tragfähigkeit auf OK Frost- / Tragschicht erreichen zu können. Auf OK Frost-/Tragschicht sollte eine Mindesttragfähigkeit von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden. Die verschiedenen Bauweisen können den Tafeln 1 bis 4 der RStO entnommen werden.

Die direkt unter dem Oberboden aufgeschlossenen Geschiebelehme mit steifer, steife bis halfester und halfester Konsistenz weisen erfahrungsgemäß eine Tragfähigkeit von ca. $E_{v2} = 15$ bis 25 MN/m^2 auf. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf OK Planum bzw. Untergrund zu erreichen, ist ein Bodenaustausch mit gut tragfähigen grobkörnigen Böden oder eine Stabilisierung des Untergrundes mittels Bindemittel erforderlich.

Ausgehend von einer Tragfähigkeit von ca. $E_{v2} = 20 \text{ MN/m}^2$ auf Niveau OK Straßenuntergrund ist ein Bodenaustausch mit gut tragfähigem Material (z B. Kies 0/45 mm) von ca. 20 cm erforderlich, um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf Planumsniveau zu erhalten. Um eine wirtschaftliche und ausreichende Dimensionierung der Bodenaustauschschicht durchführen zu können, sollten auf planmäßigem Planumsniveau im Zuge der Bauausführung statische Plattendruckversuche ausgeführt werden. In Abhängigkeit von der hierbei ermittelten Ausgangstragfähigkeit kann die erforderliche Bodenaustauschmächtigkeit nachfolgender Tabelle entnommen werden.

| Ausgangstragfähigkeit Planum E_{v2} [MN/m ²] | geforderte Tragfähigkeit Planum E_{v2} [MN/m ²] | Mindestmächtigkeit Bodenaustauschschicht (Kies 0/45 mm) [cm] |
|---|--|--|
| 5 | ≥ 45 | 55 |
| 10 | ≥ 45 | 40 |
| 15 | ≥ 45 | 30 |
| 20 | ≥ 45 | 20 |
| 30 | ≥ 45 | 10* |
| 40 | ≥ 45 | 5* |

* Mindestmächtigkeit fachgerechter Einbau Kies 0/45 mm (3 x 4,5 cm) = 13,5 cm

Der Einbau der Kiestragschicht muss lagenweise ($d \leq 30$ cm) unter Einhaltung eines Verdichtungsgrades von $D_{Pr} \geq 100$ % erfolgen.

Um eine Verschlechterung der Ausgangstragfähigkeit bei den oberflächlich anstehenden wasserempfindlichen Böden zu vermeiden, sollte das Planum bzw. Erdplanum nach dem Freilegen sogleich durch eine mindestens 15 bis 20 cm mächtige kornabgestufte Kiesschicht vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Außerdem sollte ein Wassereinstau durch eine entsprechende Querneigung und Entwässerung des Erdplanums vermieden werden.

Zur Minimierung von Abtragsmassen kann alternativ zu einem Bodenaustausch zur Erhöhung der Untergrundtragfähigkeit eine Bodenstabilisierung mit Bindemittel ausgeführt werden, um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² auf dem Untergrund zu erreichen. Es wird darauf hingewiesen, dass es durch Schächte oder Einbauten im Bereich des zu stabilisierenden Straßenuntergrundes zu Schwierigkeiten bzw. zu einem erhöhten Aufwand bei einer Bodenstabilisierung kommen kann. Gegebenenfalls müssen die Böden außerhalb der geplanten Verkehrsflächen stabilisiert werden und anschließend in der Straße entsprechend eingebaut werden.

Oberboden und noch durchwurzelt Schichten unter dem Oberboden sind vor einer Bodenstabilisierung mit Bindemittel zu entfernen.

Bei einer Bodenstabilisierung des Planums mit Bindemittel ist der Untergrund bis in eine Tiefe von mindestens 40 cm unter OK Planum zu stabilisieren. Es wird empfohlen ein Mischbindemittel mit 30 % Kalk und 70 % Zement wie z.B. DOROSOL C30 der Fa. Holcim oder Bodenbinder 300 der Fa. Schwenk für eine Bodenstabilisierung zu verwenden. Da die oberflächlich anstehenden Geschiebelehme Huminsäuren aufweisen, sollte bei einer Bodenstabilisierung mit Bindemittel eine Bindemittelzugabemenge von mindestens 3 M.-% vorgesehen werden. Vor einer Bodenstabilisierung mit Bindemittel muss eine Eignungsprüfung bzw. Probestabilisierung ausgeführt werden.

Bei geringem Ausgangswassergehalt muss zur Begrenzung des Luftporengehalts ($n_a \leq 8 \%$) sowie für eine ausreichende Reaktion des Bindemittels eine kontrollierte Wasserzugabe unter Fräseinsatz für eine gleichmäßige Durchfeuchtung erfolgen. Bei hohem Ausgangswassergehalt muss die Bindemittelmenge ggf. entsprechend erhöht werden.

Auf eine gute Homogenisierung des Boden-Bindemittelgemisches ist zu achten. Um die 40 cm mächtige stabilisierte Schicht fachgerecht zu verdichten, muss ein Walzenzug mit Stampffußbandage oder Polygonbandage und einem Betriebsgewicht von ≥ 14 t verwendet werden. Danach ist die Oberfläche durch eine entsprechend schwerere Glattradwalze zu schließen.

Bei Umsetzung einer qualifizierten Bodenverbesserung mit den Mindestanforderungen an die Bindemittelzugabe von ≥ 3 M.-%, Schichtdicken ≥ 25 cm (gefordert 40 cm), einem Verformungsmodul $E_{v2} \geq 70$ MN/m² und einer einaxialen Druckfestigkeit von $q_u \geq 0,5$ N/mm² auf dem Erdplanum kann der anstehende frostempfindliche Boden (Frostempfindlichkeitsklasse F3) der Frostempfindlichkeitsklasse F2 zugeordnet werden und damit der frostsichere Mindestaufbau um 10 cm reduziert werden.

Aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit der oberflächennah anstehenden Geschiebelehme sollte das Erdplanum mit einem Quergefälle hergestellt werden und bei Gefahr eines Wassereinstaus durch Dränagen entwässert werden.

Aufgrund der neben dem geplanten Neubaugebiet bestehenden Bebauung und Straßen ist bei einer Bindemittelarbeitung zum Schutz von Fahrzeugen und von Nachbarbebauungen unbedingt die Windrichtung zu beachten. Es wird empfohlen, ein staubarmes Bindemittel zu verwenden.

Die beauftragte Firma sollte entsprechende Erfahrung mit Bodenstabilisierungen bzw. -verbesserungen nachweisen können. Die einschlägigen Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen (ZTV), Merkblätter und Lieferbedingungen sind zu beachten.

Bei starken Niederschlägen sind Bodenverbesserungsmaßnahmen mit Bindemittel einzustellen. Bei geringen Niederschlägen muss das Einfräsen des Bindemittels so schnell erfolgen, dass eine Durchfeuchtung und damit eine Verklumpung des Bindemittels vermieden wird. Trotzdem entstandene Klumpen müssen beim Einfräsen ausreichend zerkleinert werden. Mischbindemittel sind aufgrund des Erstarrungsverhaltens des Zements innerhalb von 4 Stunden nach dem Einarbeiten des Bindemittels zu verdichten. Eine Bodenstabilisierung darf nur bei Temperaturen $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ausgeführt werden. Die Temperaturen in dem eingebauten Boden-Bindemittelgemisch dürfen in den ersten 3 Tagen nicht unter 5°C absinken. Gegebenenfalls ist das Planum vor Frosteinwirkung zu schützen. Bei Frosteinwirkung muss die Planumsentwässerung so wirksam sein, dass ein Gefrieren der Bodenverbesserung im wassergesättigten Zustand vermieden wird. Gefrorener Boden kann nicht für eine Bodenverbesserung verwendet werden.

Die Einbauweisen und Einbaubedingungen nach der ZTV E-StB sind einzuhalten. Die nach ZTV E-StB und ZTV SoB-StB bzw. RStO geforderte Verdichtung und Tragfähigkeit auf OK Planum und OK ungebundener Frost-/Tragschicht ist mittels statischer Plattendruckversuche ggf. in Verbindung mit dynamischen Plattendruckversuchen nachzuweisen. Von einer ausreichenden Verdichtung eines mit Bindemittel stabilisierten Planums kann erfahrungsgemäß bei einer Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ und einem Verhältniswert von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,0$ in Verbindung mit einem Luftporengehalt von $n_a \leq 8 \%$ ausgegangen werden.

16. Regenwasserversickerung

Das geplante Baugebiet liegt nach den aktuellen Wasserschutzgebietskarten der LUBW außerhalb von Wasser- und Quellenschutzgebieten. Diesbezüglich würden somit keine Einschränkungen bei einer Regenwasserversickerung bestehen.

Bei der Herstellung von Versickerungsbecken bzw. -mulden sollte nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k_f \geq 5 \times 10^{-6}$ m/s vorhanden sein. Bis zu einer Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes von $k_f = 1 \times 10^{-6}$ m/s kann eine Mulden-Rigolen-Versickerung hergestellt werden. Bei der Durchlässigkeit des Untergrundes von $k_f < 1 \times 10^{-6}$ m/s kann die geringe Versickerungsrate nicht mehr vollständig durch eine Zwischenspeicherung der Abflüsse in den Rigolen ausgeglichen werden, so dass zusätzlich eine Ableitung erforderlich ist. Hierbei erfolgt die Entleerung der Rigole zum einen durch die geringe Versickerung (Teilversickerung) in den Untergrund und zum anderen durch die gedrosselte Ableitung in ein Rohrsystem oder in einen offenen Graben.

Nach dem in der BS 2/22 durchgeführten Versickerungsversuches weisen die anstehenden Geschiebelehme einen sehr geringen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k_f < 1 \times 10^{-8}$ m/s auf. Somit ist eine Teilversickerung mit gedrosselter Ableitung in ein Rohrsystem oder in einen offenen Graben möglich.

17. Allgemeine Angaben zur Wohnbebauung im Baugebiet

17.1 Baugruben und Böschungen

Baugruben dürfen bis zu 1,25 m Tiefe ohne besondere Sicherung senkrecht ausgeschachtet werden. Baugruben mit Tiefen > 1,25 m können bei den anstehenden Geschiebelehmen mit mindestens steifer Konsistenz über Schicht- bzw. Grundwasser mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 60^\circ$ angelegt werden. Werden beim Herstellen von Baugruben weiche Geschiebelehme oder Moränensande bzw. Moränenkiese, wie tlw. bei der Baugrunderkundung festgestellt, angetroffen, so sind die Baugrubenböschungen mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ anzulegen. Die Angaben der DIN 4124 zur Herstellung von Baugrubenböschungen sind zu beachten. Liegen Baugruben unter Grund- bzw. Schichtwassersind Wasserhaltungsmaßnahmen vorzusehen.

Ein lastfreier Bereich neben den Böschungen von $\geq 2,0$ m ist einzuhalten. Auf Baugrubenböschungen ist loser oder aufgelockerter Boden abzuräumen. Zum Schutz vor Witterungseinflüssen sind Böschungen bei länger offenstehenden Baugruben mit einer über die Bauzeit UV-beständigen Folie abzuhängen. An der Böschungskrone ist eine Tagwassersperre zur Vermeidung des Oberflächenwasserabflusses über die Böschung anzuordnen.

Bei Böschungshöhen über 5 m, bei steileren Böschungswinkeln als zuvor angegeben, bei Nichteinhaltung der Aushubgrenzen nach DIN 4123 neben bestehenden Bauwerken und Leitungen, Störungen des Bodengefüges durch z.B. Aufgrabungen in einem Abstand von $\leq 2,0$ m hinter der Böschungskrone, Schichtwasseraustritten aus der Böschung, bei Stapellasten von mehr als 10 kN/m² neben einem Schutzstreifen von 0,6 m hinter der Böschungskrone, bei geringeren Abständen von Fahrzeugen entlang der Böschungskrone als in der DIN 4124 angegeben oder wenn das Gelände neben der Böschungskante steiler als 1:10 ansteigt, sind die zulässigen Böschungswinkel durch Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4084 nachzuweisen.

17.2 Bauwerksgründungen

Für die Gründung von Gebäuden über Einzel- und Streifenfundamente sind im Allgemeinen mindestens steife nicht organische bindige bzw. gemischtkörnige Böden sowie grobkörnige Böden geeignet. Stehen weiche, nicht organische, bindige bzw. gemischtkörnige Böden unter der geplanten Gebäudegründung an, kann das Gebäude ggf. je nach Schichtmächtigkeit über eine Gründungsplatte ge-

gründet werden. Eine Gründungsplatte führt gegenüber einer Gebäudegründung über Einzel- und Streifenfundamente zu einer besseren Lastverteilung und somit zur Verminderung bauwerksschädlicher Setzungsdifferenzen.

Eine frostsichere Einbindung von außenliegenden Einzel- und Streifenfundamenten bzw. Frostschürzen bei Gründungsplatten von mindestens 1,0 m unter GOK ist vorzusehen.

Es wird empfohlen für jedes einzelne Bauvorhaben im Hinblick auf die spezifischen lokalen Verhältnisse eine gesonderte Baugrunduntersuchung auszuführen. Sämtliche Angaben zur Gründung sind auf die konkreten Planungen und Gebäudeabmessungen und -art abzustimmen und sind insbesondere hinsichtlich der Verträglichkeit der Setzungen usw. zu prüfen. Mischgründungen in unterschiedlichen Schichten sind zu vermeiden.

Für eine Vordimensionierung einer Gründung mittels **Einzel- und Streifenfundamenten** auf mindestens steifen Moränensedimenten wird, unter Berücksichtigung einer Fundamenteinbindung von mindestens 0,8 m unter GOK bzw. Bodenplatte, für Streifenfundamente mit einer Fundamentbreite von b bzw. $b' = 0,5$ m bis 1,0 m der Bemessungswert des Sohlwiderstandes mit $\sigma_{R,d} = 200$ kN/m² und für ein quadratisches Einzelfundament mit b bzw. $b' = 0,8$ m bis 1,5 m mit $\sigma_{R,d} = 250$ kN/m² angegeben.

Bei voller Ausnutzung des zuvor angegebenen Bemessungswert des Sohlwiderstandes sind Setzungen von ca. $s = 1$ cm bis 3 cm zu erwarten.

Erfahrungsgemäß können durch bauwerksspezifische Baugrunderkundungen höhere Bemessungssohlwiderstände vorgegeben werden.

Die Bemessung einer elastisch gebetteten Gründungsplatte erfolgt mit dem Bettungsmodul- oder Steifemodulverfahren.

Nach dem DIN - Fachbericht 130 "Wechselwirkung Baugrund / Bauwerk bei Flachgründungen" erfolgt der Berechnungsablauf zur Bestimmung von Bettungsmoduli prinzipiell wie folgt:

1. Festlegung eines Startwertes für den Bettungsmodul durch den Baugrundgutachter
2. Berechnung von Vertikalverschiebungen und Sohldrücken mit dem Bettungszifferverfahren durch den Tragwerksplaner
3. Setzungsberechnung nach DIN 4019 ($EI = 0$) mit der aus (2.) gewonnenen Sohldruckverteilung durch den Baugrundgutachter
4. Vergleich der Vertikalverschiebungen aus (2.) mit den Setzungen aus (3.) durch den Tragwerksplaner
5. Neuberechnung der Bettungsmoduln aus den Quotienten Sohldruck (2.) und Setzung aus (3.) durch den Baugrundgutachter

Sofern in (4.) ausreichende Übereinstimmung zwischen den Vertikalverschiebungen aus (2.) und den Setzungen aus (3.) festgestellt wurde, kann die Iteration abgebrochen werden. Ist dies nicht der Fall, so erfolgt eine Neuberechnung ab (2.).

Nach einer ausreichenden Übereinstimmung der Vertikalverformung kann von einem näherungsweise korrekten Ansatz des Baugrundmodells in der statischen Berechnung ausgegangen werden. Die ermittelten Verformungen bzw. Differenzverformungen sind vom Tragwerksplaner hinsichtlich der Bauwerks- bzw. Tragwerksverträglichkeit zu überprüfen und müssen ggf. durch zusätzliche Maßnahmen wie z.B. durch die Ausbildung einer dickeren Platte, durch einen Bodenaustausch oder durch eine Bodenverbesserung unter der Gründungsplatte reduziert werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass der Bettungsmodul keine Bodenkonstante bzw. ein Verformungsparameter ist. Die Größe als auch die Verteilung des Bettungsmoduls werden neben der nichtlinearen Bodensteifigkeit von der Größe der Belastungsfläche, Höhe der Gesamtlast, Verteilung der Lasten sowie der Biegesteifigkeit der Platte einschließlich der aussteifenden Wände signifikant beeinflusst.

17.3 Erd- und Wasserdruck

Unter dem Erdreich liegende Außenwände sind auf den erhöhten aktiven Erddruck nach DIN 4085 zu bemessen. Bei starker Verdichtung der Arbeitsraumverfüllung sollte mit dem Verdichtungserddruck nach DIN 4085 gerechnet werden, der größer als der erhöhte aktive Erddruck ist.

Wird keine Dränanlage hergestellt oder darf keine Dränanlage hergestellt werden, kann es durch Oberflächen-, und zeitweisem Schicht- bzw. Sickerwasser bei den anstehenden wenig wasserdurchlässigen Böden ($k_f \leq 1 \times 10^{-4}$ m/s) zu einem Wassereinstau in verfüllten Arbeitsräumen bis zur Geländeoberkante kommen. Das Gebäude muss dann für einen Bemessungswasserstand auf Geländeoberkante bemessen werden (Wasserdruck + Auftrieb). Die Auftriebssicherheit im Bauzustand ist durch Flutungsöffnungen sicherzustellen. Gegebenenfalls kann für eine wirtschaftliche Bauwerksbemessung in Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde des zuständigen Landratsamtes eine Sicherheitsdränage zur Reduzierung der Wassereinstauhöhe mit Anschluss an eine geeignete Vorflut eingebaut werden.

17.4 Abdichtung von erdberührten Bauteilen

Eine Abdichtung von erdberührten Bauteilen nach DIN 18533-1 ist auf der dem Wasser zugewandten Bauteilseite anzuordnen. Bodenplatten aus Beton dürfen bei nicht drückendem Wasser auch oberseitig abgedichtet werden.

Auf der Grundlage der hergestellten Baugrundaufschlüsse stehen im geplanten Baugebiet wenig wasserdurchlässige Böden mit einem Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k_f \leq 1 \times 10^{-4}$ m/s an. Grund- bzw. Schichtwasser wurde bei der Baugrunderkundung bis zur Untersuchungstiefe nicht festgestellt.

Erdberührte Wände und Bodenplatten sind bei den anstehenden gering wasserdurchlässigen Böden ($k \leq 1 \times 10^{-4}$ m/s) nach DIN 18533-1 mit Dränung nach DIN 4095 gegen Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wassers nach der Wassereinwirkungsklasse W1-E abzudichten. Eine fachgerechte Dränung nach DIN 4095 erfordert filterfeste Dränschichten, Spül- und Kontrollvorrichtungen und eine rückstausichere Ableitung des anfallenden Wassers in eine zuverlässige Vorflut. Die Vorgaben der DIN 4095 bezüglich der Ausbildung von Dränageeinrichtungen sind zu beachten.

Wird keine Dränung nach DIN 4095 hergestellt, kann bei den anstehenden gering wasserdurchlässigen Böden aufstauendes Wasser auf die Abdichtung als drückendes Wasser wirken. Erdberührte Wände und Bodenplatten mit drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe sind nach DIN 18533-1 nach der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E und bei einer Eintauchtiefe von > 3 m nach der Wassereinwirkungsklasse W2.2-E abzudichten. Bei wenig wasserdurchlässigen Böden ist die Abdichtungsschicht im Endzustand wegen der Gefahr einer Stauwasserbildung mindestens 15 cm über GOK zu führen.

Alternativ zu einer Abdichtung bei der Wassereinwirkungsklasse W2-E nach DIN 18533-1 kann auch eine Abdichtung nach der WU-Richtlinie erfolgen. Hierbei ist bei höherwertig genutzten Räumen die Wasserdampfdiffusion durch den WU-Beton sowie ggf. nur zeitweise aufstauendes Wasser zu beachten.

Für Abdichtungen gegen nicht drückendes Wasser von erdüberschütteten Decken sowie gegen Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel und Kapillarwasser in und unter erdberührten Wänden wird auf die DIN 18533-1 verwiesen.

Bei der Auswahl der Abdichtungsbauart ist vom Planer zusätzlich die Rissklasse, Rissüberbrückungsklasse, Raumnutzungsstufe und Zuverlässigkeitsanforderungen nach DIN 18355-1 zu berücksichtigen.

17.5 Arbeitsraumverfüllung

Für die Verfüllung von Arbeitsräumen sowie für Geländeprofilierungen, die nicht zur Lastabtragung von Bauwerklasten herangezogen werden, können die anstehenden Moränensedimente mit mindestens steifer Konsistenz und fachgerechter Verdichtung sowie fachgerechter Lagerung bis zum Wiedereinbau wiederverwendet werden, sofern Nachsetzungen von ca. 1 bis 2 % der Auffüllhöhe toleriert werden können. Werden die bindigen bzw. gemischtkörnigen Böden zu trocken eingebaut, weisen diese einen zu hohen Luftporengehalt auf und sacken bei Wasserzutritt zusammen, was zu großen Setzungen der Arbeitsraumverfüllung führen kann. Sollen die anstehenden bindigen und gemischtkörnigen Böden im Arbeitsraum wieder eingebaut werden, muss der Luftporengehalt des eingebauten Bodens $n_a \leq 8 \%$ betragen.

Sollen Nachsetzungen über der Arbeitsraumverfüllung (Bauwerke, Zugänge, Stellplätze, Verkehrsflächen, Terrassen etc.) verringert werden, sind gut verdichtbare grobkörnige Böden oder mit Bindemittel stabilisierte bindige bzw. gemischtkörnige Böden zu verwenden. Grobkörnige Böden sind auf mindestens $D_{Pr} = 100 \%$ und mit Bindemittel stabilisierte feinkörnige bzw. gemischtkörnige Böden auf mindestens $D_{Pr} = 97 \%$ unter Einhaltung eines Luftporengehalts von $n_a \leq 8\%$ zu verdichten. Um Tagwassereintritte in den Arbeitsraum zu verringern, sollten die außerhalb des Bauwerks und außerhalb von befestigten Flächen liegenden Arbeitsraumverfüllungen auf den obersten 0,5 m mit gering durchlässigem bindigem Boden verfüllt werden.

Geländeanschüttungen über das ehemalige Geländeniveau im Einflussbereich einer Bauwerksgründung können zu zusätzlichen Setzungen bzw. bauwerksschädlichen Differenzsetzungen führen. Sind Geländeaufschüttungen im Bereich von Gebäuden vorgesehen, sind diese frühzeitig aufzubringen, damit ein Großteil der Setzungen bereits vor Erstellung von Bauwerken abgeklungen ist. Werden Geländeaufschüttungen nach Herstellung des Gebäudes aufgebracht, sind die hieraus entstehenden Mitnahmesetzungen am Gebäude, bei der Beurteilung der Gebäudesetzungen zu berücksichtigen.

17.6 Geothermische Energienutzung

Das Baufeld liegt nach den Wasserschutzgebietskarten der LUBW außerhalb von Wasser- und Quellschutzgebieten. Diesbezüglich bestehen keine genehmigungsrechtlichen Einschränkungen für eine geothermische Energienutzung. Eine flurstücksgenaue Überprüfung dieses Sachverhaltes durch die zuständige Untere Wasserbehörde ist stets erforderlich.

Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden:

Es liegt keine Beschränkung der Bohrtiefe aufgrund genutzter bzw. nutzbarer Grundwasservorkommen vor. Es muss mit keinen geotechnischen Schwierigkeiten beim Bohren oder Ausbau durch Karsthohlräume, größere Spalten, durch sulfathaltiges Gestein (Anhydrit) oder durch zementangreifendes Grundwasser oder durch artesisch gespanntes Grundwasser gerechnet werden. Gasaustritte (Erdgas) während der Bohr- und Ausrüstungsarbeiten sind möglich.

Als Anhaltswert kann für eine Erdwärmesonde ohne Beeinflussung von anderen Erdwärmesonden für eine Sondentiefe von 100 m nachfolgende Wärmeentzugsleistung in Abhängigkeit der Betriebszeit pro Jahr angegeben werden.

2400 Std./a = 4600 W

1800 Std./a = 5550 W

Bei der Erfordernis mehrerer Erdwärmesonden ist eine Bemessung der Erdwärmesonden unter Berücksichtigung der gegenseitigen Beeinflussung zwingend notwendig.

Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmekollektoren:

Alternativ können zur geothermischen Energienutzung auch Erdwärmekollektoren (Erdwärmekörbe, Erdwärmeflächenkollektoren oder Grabenkollektoren) eingebaut werden, die bis in Tiefen von ca. 5 m die Erdwärme nutzen.

17.7 Erdbebensicherheit

Gemäß DIN 4149: 2005-04 - Bauten in deutschen Erdbebengebieten- sowie der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg ergibt sich für das geplante Baugebiet folgende Zuordnung:

| | | |
|-------------------------|----------|--|
| Erdbebenzone | 1 | Intensitätsintervalle $6,5 \leq I < 7,0$ Bemessungswert der Bodenbeschleunigung $a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$ |
| Untergrundklasse | S | Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung |
| Baugrundklasse | C | Grobkörnige, gemischtkörnige und feinkörnige Lockergesteine |

18. Schlussbemerkungen

Die Ausführungen im Geotechnischen Bericht beruhen auf punktuell durchgeführten Baugrundaufschlüssen. Naturgemäß sind Schwankungen der Schichtgrenzen der einzelnen Böden- bzw. geologischen Schichten zwischen den Aufschlusspunkten möglich.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass dieser geotechnische Bericht zur Erschließung des Baugebiets die einzelnen Bauherren nicht von der Verantwortung entbindet, den lokalen Baugrund im Bereich ihres Grundstückes untersuchen zu lassen.

Für den Erdbau (Kanal- und Straßenbau) wird empfohlen, einen geotechnischen Sachverständigen zur Beratung, Prüfung (Tragfähigkeits- und Verdichtungskontrollen) und Qualitätssicherung mit einzuschalten. Eigenüberwachungsmaßnahmen der ausführenden Firma stellen erfahrungsgemäß keine verlässliche Qualitätskontrolle für den Bauherrn dar.

Sofern Fragen zum Geotechnischen Bericht auftreten, stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.



.....
Dipl.-Ing. Christian Rauser-Härle



.....
B.Eng. Maria Rufle

Übersichtslageplan

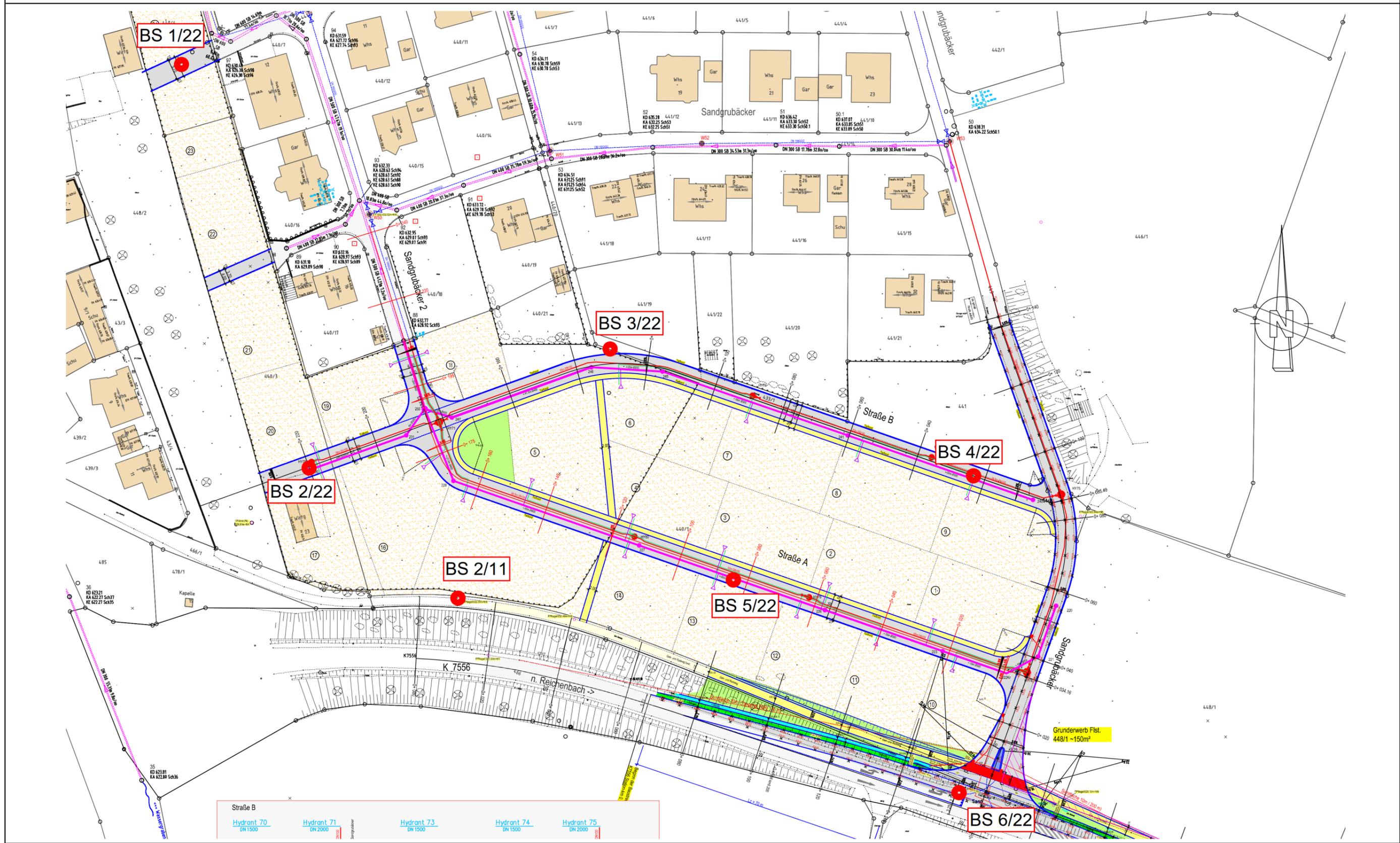
HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik

Projekt: BV Erschließung Baugebiet "Sandgrubäcker III" in 88348 Allmansweiler

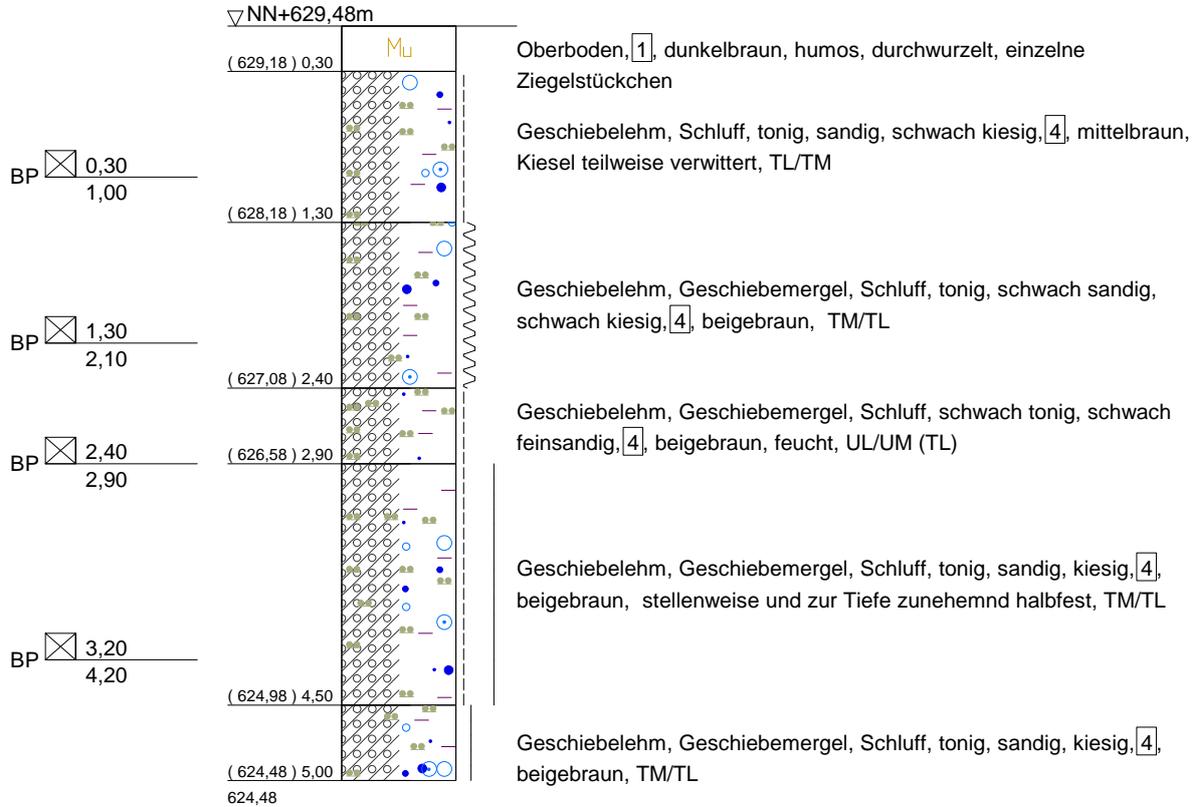


Karte: © openstreetmap

Projekt: BV Erschließung Baugebiet "Sandgrubäcker III" in 88348 Allmansweiler



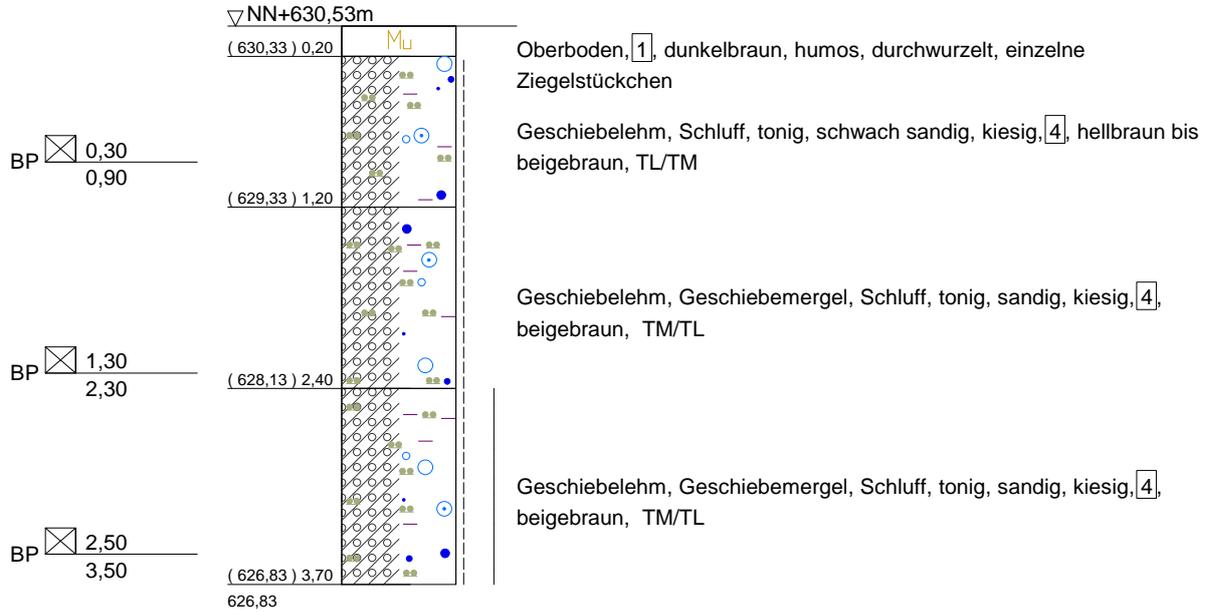
BS 1/22



Ausbau zu temporärem Pegel
 3m Filter-, 2m Vollrohr, 0,18m Überstand
 kein Wasser feststellbar

| | |
|--|--------------------------------|
| Bauvorhaben: BV Erschließung BG "Sandgrubäcker III" in 88348 Allmansweiler | |
| Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 1/22 | |
| Plan-Nr: AWBSIII BS 1/22 | Maßstab: 1:50 |
| HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emiliensstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298 | Bearbeiter: aw Datum: 11.03.22 |
| | Gezeichnet: |
| | Geändert: |
| | Gesehen: |
| Projekt-Nr: AWBSIII | |

BS 2/22



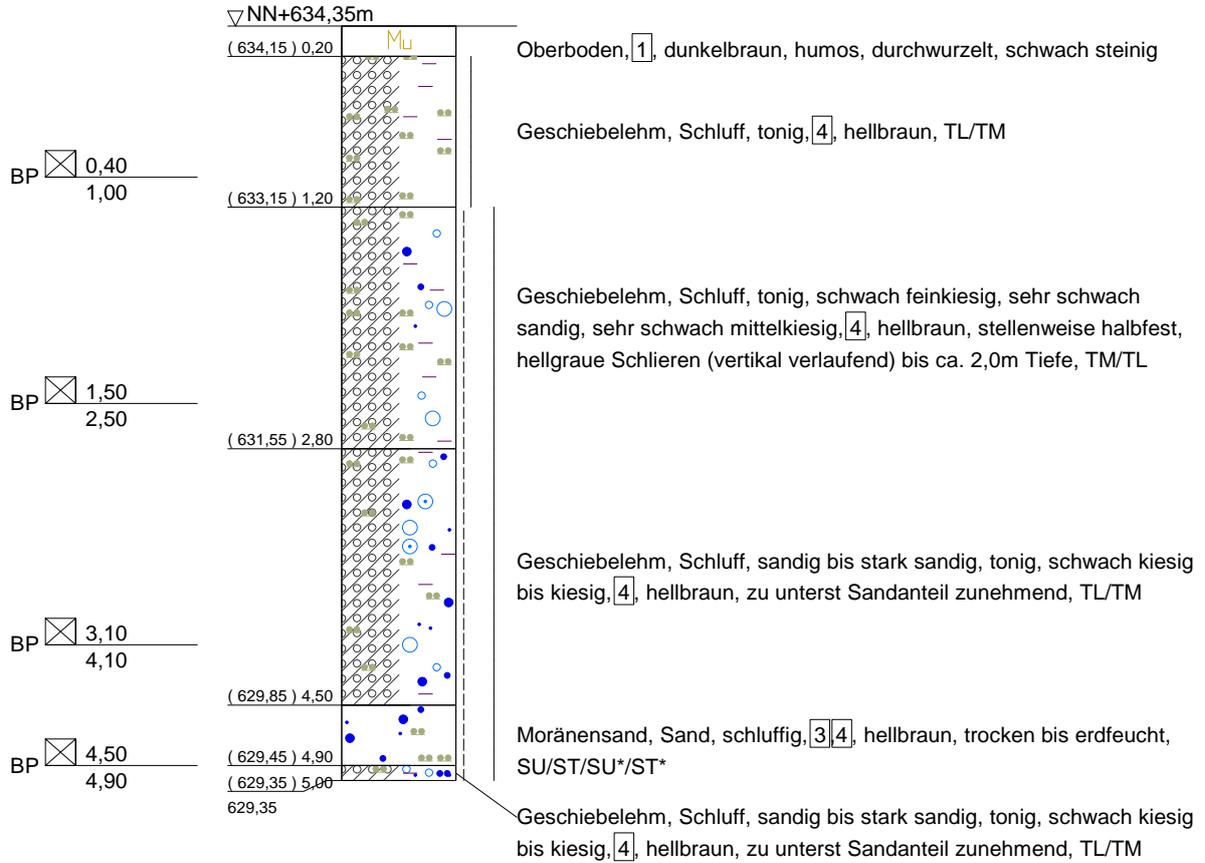
Ausbau zu temporärem Pegel
 3m Filter-, 1m Vollrohr, 0,38m Überstand
 kein Wasser feststellbar, Versickerungsversuch durchgeführt
 Bohrhindernis getroffen, kein weiterer Bohrfortschritt zu erreichen

Bauvorhaben:
 BV Erschließung BG "Sandgrubäcker III"
 in 88348 Allmansweiler

Planbezeichnung:
 Bohrsondierung (BS) 2/22

| | | |
|--|----------------|-----------------|
| Plan-Nr: AWBSIII BS 2/22 | Maßstab: 1:50 | |
| HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emiliestraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298 | Bearbeiter: aw | Datum: 11.03.22 |
| | Gezeichnet: | |
| | Geändert: | |
| | Gesehen: | |
| Projekt-Nr: AWBSIII | | |

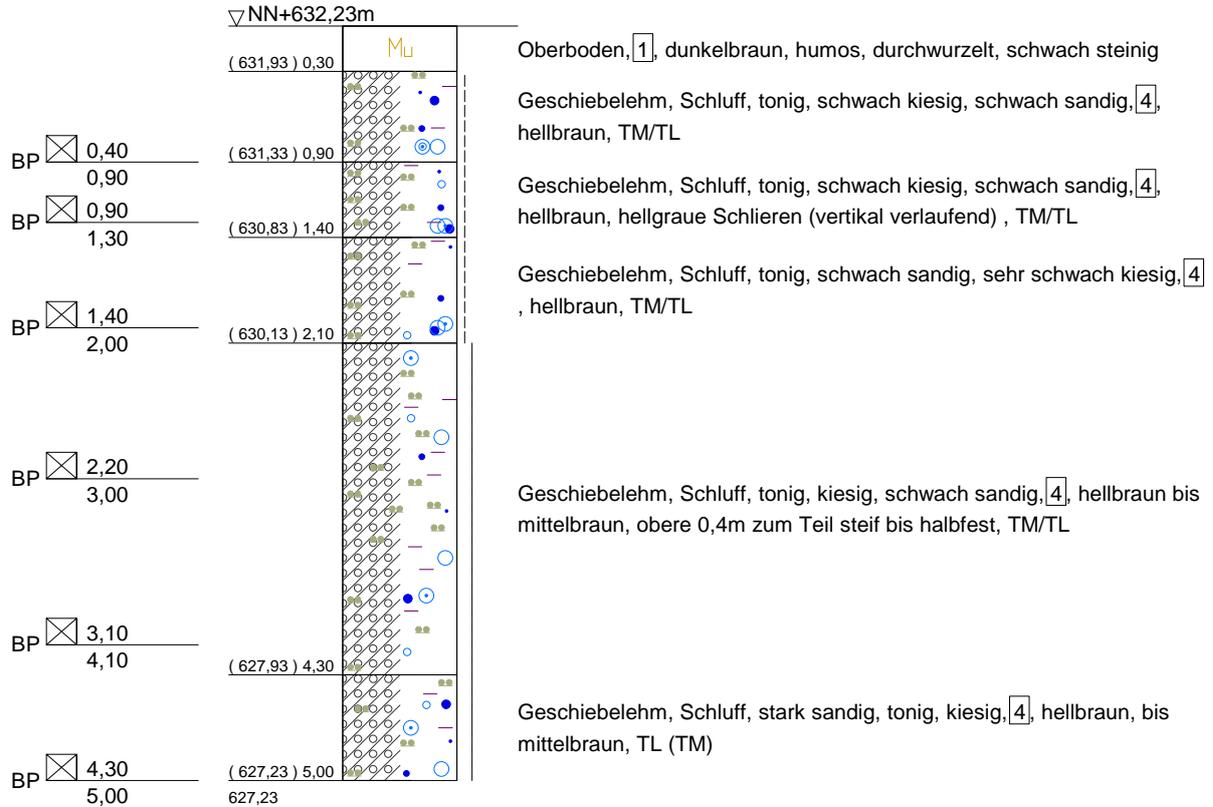
BS 3/22



Sondierloch nach Bohrende standfest bis 5,00m u.GOK
kein Wasser feststellbar

| | |
|---|----------------------|
| Bauvorhaben: BV Erschließung BG "Sandgrubäcker III" in 88348 Allmansweiler | |
| Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 3/22 | |
| Plan-Nr: AWBSIII BS 3/22 | Maßstab: 1:50 |
| HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298 | Bearbeiter: aw |
| | Gezeichnet: 09.03.22 |
| | Geändert: _____ |
| | Gesehen: _____ |
| Projekt-Nr: AWBSIII | |

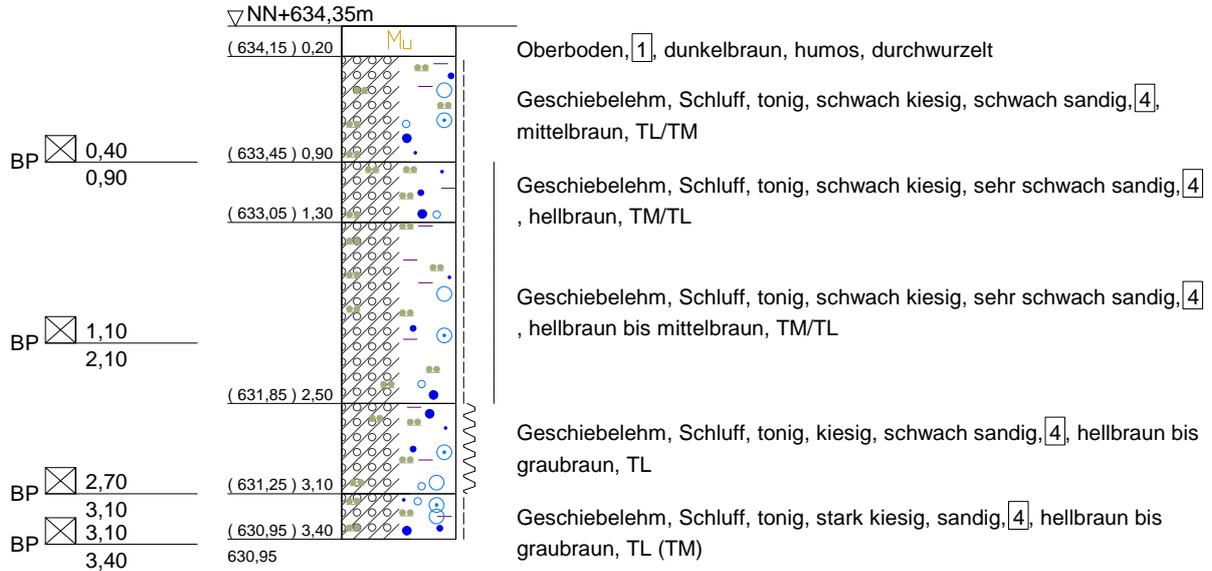
BS 4/22



Sondierloch nach Bohrende standfest bis 5,00m u.GOK
kein Wasser feststellbar

| | |
|---|--------------------------------|
| Bauvorhaben: BV Erschließung BG "Sandgrubäcker III" in 88348 Allmansweiler | |
| Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 4/22 | |
| Plan-Nr: AWBSIII BS 4/22 | Maßstab: 1:50 |
| HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298 | Bearbeiter: aw Datum: 09.03.22 |
| | Gezeichnet: _____ |
| | Geändert: _____ |
| | Gesehen: _____ |
| Projekt-Nr: AWBSIII | |

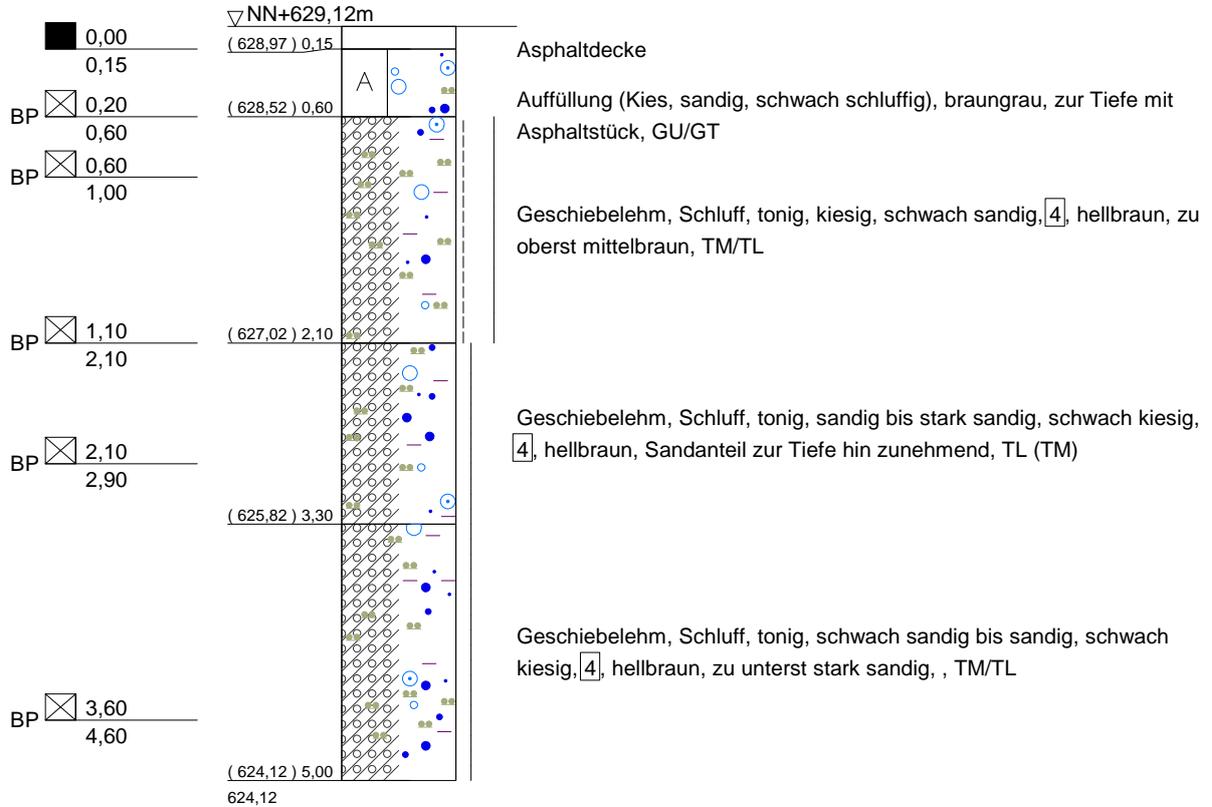
BS 5/22



Sondierloch nach Bohrende standfest bis 3,38m u.GOK
 kein Wasser feststellbar
 kein weiterer Bohrfortschritt zu erzielen, Hindernis getroffen

| | |
|---|--|
| Bauvorhaben: BV Erschließung BG "Sandgrubäcker III" in 88348 Allmansweiler | |
| Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 5/22 | |
| Plan-Nr: AWBSIII BS 5/22 | Maßstab: 1:50 |
| HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298 | Bearbeiter: aw Gezeichnet: _____ Geändert: _____ Gesehen: _____ |
| | Datum: 09.03.22 |
| | Projekt-Nr: AWBSIII |

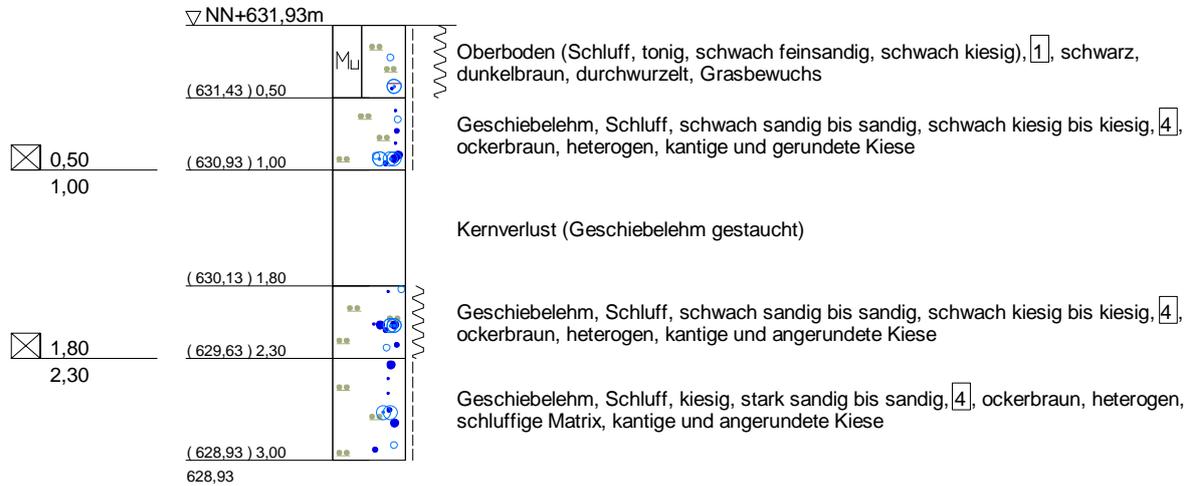
BS 6/22



Sondierloch nach Bohrende standfest bis 5,00m u.GOK
kein Wasser feststellbar

| | |
|---|--------------------------------|
| Bauvorhaben: BV Erschließung BG "Sandgrubäcker III" in 88348 Allmansweiler | |
| Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 6/22 | |
| Plan-Nr: AWBSIII BS 6/22 | Maßstab: 1:50 |
| HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298 | Bearbeiter: aw Datum: 09.03.22 |
| | Gezeichnet: _____ |
| | Geändert: _____ |
| | Gesehen: _____ |
| Projekt-Nr: AWBSIII | |

BS 2/11



trocken

| | | |
|--|------------------------------------|---------------|
| Bauvorhaben: BV Radweg zwischen Allmannsweiler und Reichenbach entlang der K7556 | | |
| Planbezeichnung: Bohrsondierung BS2 | | |
| Plan-Nr: REIRAD u BS2 | Maßstab: 1:50 | |
| HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298 | Bearbeiter: Dipl. Geol. A. Heimann | Datum: 6.4.11 |
| | Gezeichnet: Hn | |
| | Geändert: | |
| | Gesehen: | |
| | Projekt-Nr: REIRAD | |

ANLAGE 2.8

Bodenarten

| | | | |
|------------|-------------|-------|--|
| Blöcke | mit Blöcken | Y y | |
| Steine | steinig | X x | |
| Kies | kiesig | G g | |
| Sand | sandig | S s | |
| Schluff | schluffig | U u | |
| Ton | tonig | T t | |
| Torf | torfig | H h | |
| Mergel | mergelig | Mg mg | |
| Auffüllung | | A | |

Felsarten

| | | |
|----------------------|-----|--|
| Fels allgemein | Z | |
| Fels verwittert | Zv | |
| Brekzie, Konglomerat | Gst | |
| Sandstein | Sst | |
| Schluffstein | Ust | |
| Tonstein | Tst | |
| Kalkstein | Kst | |
| Mergelstein | Mst | |
| Granit, Gneis | Ma | |

Korngrößenbereich

- f fein
- m mittel
- g grob

Nebenanteile

- t' schwach (< 15 %), z.B. schwach tonig
- ḡ stark (ca. 30-40 %), z.B. stark kiesig

Konsistenz/ Lagerungsdichte

| | | | | | |
|--|---------|---|------------------------|--|--------------|
| | flüssig | | halbfest | | locker |
| | breiig | | fest | | mittel dicht |
| | weich | ∟ | klüftig | | dicht |
| | steif | ∟ | stark klüftig, brüchig | | sehr dicht |

Probenentnahmen und Grundwasser

| | | |
|-------|--|---------------------------|
| BP | | Becherprobe |
| EP | | Eimerprobe |
| FP | | Felsprobe |
| GP | | Glasprobe |
| MP | | Mischprobe |
| ZP | | Zylinderprobe |
| UP | | ungestörte Probe |
| | | Grundwasser angebohrt |
| | | Grundwasser nach Bohrende |
| | | Ruhewasserstand |
| k. GW | | kein Grundwasser |

HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik
Waldseer Straße 51
88400 Biberach

| | | | |
|----------------------------|-----------------|---------------|-------------------|
| Analysenbericht Nr. | 555/3240 | Datum: | 23.03.2022 |
|----------------------------|-----------------|---------------|-------------------|

Allgemeine Angaben

Auftraggeber : HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik
 Projekt : AWBSIII
 Projekt-Nr. :
 Entnahmestelle : Art der Probenahme : PN98
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers
 Entnahmedatum : Probeneingang : 21.03.2022
 Originalbezeich. : AWBSIII MP1 Probenbezeich. : 555/3240
 Untersuch.-zeitraum : 21.03.2022 – 23.03.2022

1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz (VwV BW)

1.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

| Parameter | Einheit | Messwert | Z 0 | | | | Z 2 | Methode |
|--|------------|----------|-----------|------|-------|-----|------|---------------------------|
| | | | (S L/L) | Z 0* | Z 1/2 | Z 2 | | |
| Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe | | | | | | | | DIN 19747:2009-07 |
| Trockensubstanz | [%] | 86,2 | - | - | - | - | - | DIN EN 14346 : 2007-03 |
| Arsen | [mg/kg TS] | 8,5 | 10 | 15 | 15 | 45 | 150 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Blei | [mg/kg TS] | 11 | 40 | 70 | 140 | 210 | 700 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Cadmium | [mg/kg TS] | < 0,05 | 0,4 | 1 | 1 | 3 | 10 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Chrom (gesamt) | [mg/kg TS] | 31 | 30 | 60 | 120 | 180 | 600 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Kupfer | [mg/kg TS] | 15 | 20 | 40 | 80 | 120 | 400 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Nickel | [mg/kg TS] | 20 | 15 | 50 | 100 | 150 | 500 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Quecksilber | [mg/kg TS] | 0,02 | 0,1 | 0,5 | 1 | 1,5 | 5 | DIN EN ISO 12846 :2012-08 |
| Thallium | [mg/kg TS] | < 0,4 | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 2,1 | 7 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Zink | [mg/kg TS] | 46 | 60 | 150 | 300 | 450 | 1500 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Aufschluß mit Königswasser | | | | | | | | EN 13657 :2003-01 |
| EOX | [mg/kg TS] | < 0,5 | | 1 | 1 | 3 | 10 | DIN 38 409-17 :1984-09 |
| MKW (C10 – C22) | [mg/kg TS] | < 30 | | 100 | 200 | 300 | 1000 | DIN EN 14039 :2005-01 |
| MKW (C10 – C40) | [mg/kg TS] | < 50 | | 100 | 400 | 600 | 2000 | DIN EN 14039 :2005-01 |
| Cyanid (gesamt) | [mg/kg TS] | < 0,25 | | - | - | 3 | 10 | DIN EN ISO 17380 :2013-10 |

1.2 PCB, BTXE, LHKW, PAK

| Parameter | Einheit | Messwert | Z 0 (S L/L) | Z 0* | Z 1/2 | Z 2 | Methode |
|---------------------------|------------|-------------|------------------|------|-------|-----|--------------------------|
| PCB 28 | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| PCB 52 | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| PCB 101 | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| PCB 138 | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| PCB 153 | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| PCB 180 | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Σ PCB (6): | [mg/kg TS] | n.n. | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,5 | DIN EN 15308 :2016-12 |
| Benzol | [mg/kg TS] | < 0,05 | | | | | |
| Toluol | [mg/kg TS] | < 0,05 | | | | | |
| Ethylbenzol | [mg/kg TS] | < 0,05 | | | | | |
| m,p-Xylol | [mg/kg TS] | < 0,05 | | | | | |
| o-Xylol | [mg/kg TS] | < 0,05 | | | | | |
| Σ BTXE: | [mg/kg TS] | n.n. | 1 | 1 | 1 | 1 | HLUG, HB, AL B7,4 : 2000 |
| Vinylchlorid | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Dichlormethan | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| 1-2-Dichlorethan | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| cis 1,2 Dichlorethen | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| trans-Dichlorethen | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Chloroform | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| 1.1.1- Trichlorethan | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Tetrachlormethan | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Trichlorethen | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Tetrachlorethen | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Σ LHKW: | [mg/kg TS] | n.n. | 1 | 1 | 1 | 1 | HLUG, HB, AL B7,4 : 2000 |
| Naphthalin | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Acenaphthen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Acenaphthylen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Fluoren | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Phenanthren | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Anthracen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Fluoranthen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Pyren | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Benzo(a)anthracen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Chrysen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Benzo(b)fluoranthen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Benzo(k)fluoranthen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Benzo(a)pyren | [mg/kg TS] | < 0,04 | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 3 | |
| Dibenz(a,h)anthracen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Benzo(g,h,i)perylen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Indeno(1,2,3-cd)pyren | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Σ PAK (EPA Liste): | [mg/kg TS] | n.n. | 3 | 3 | 3/9 | 30 | DIN ISO 18287 :2006-05 |

Markt Rettenbach, den 23.03.2022

Onlinedokument ohne Unterschrift

 Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele
(Laborleiter)

HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik
Waldseer Straße 51
88400 Biberach

| | | | |
|----------------------------|-----------------|---------------|-------------------|
| Analysenbericht Nr. | 555/3241 | Datum: | 23.03.2022 |
|----------------------------|-----------------|---------------|-------------------|

Allgemeine Angaben

Auftraggeber : HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik
 Projekt : AWBSIII
 Projekt-Nr. :
 Entnahmestelle : Art der Probenahme : PN98
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers
 Entnahmedatum : Probeneingang : 21.03.2022
 Originalbezeich. : AWBSIII MP2 Probenbezeich. : 555/3241
 Untersuch.-zeitraum : 21.03.2022 – 23.03.2022

1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz (VwV BW)

1.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

| Parameter | Einheit | Messwert | Z 0 (S L/L) | | Z 0* | Z 1/2 | Z 2 | Methode |
|--|------------|----------|------------------|-----|------|-------|------|---------------------------|
| Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe | | | | | | | | DIN 19747:2009-07 |
| Trockensubstanz | [%] | 88,1 | - | - | - | - | - | DIN EN 14346 : 2007-03 |
| Arsen | [mg/kg TS] | 10 | 10 | 15 | 15 | 45 | 150 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Blei | [mg/kg TS] | 13 | 40 | 70 | 140 | 210 | 700 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Cadmium | [mg/kg TS] | < 0,05 | 0,4 | 1 | 1 | 3 | 10 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Chrom (gesamt) | [mg/kg TS] | 38 | 30 | 60 | 120 | 180 | 600 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Kupfer | [mg/kg TS] | 15 | 20 | 40 | 80 | 120 | 400 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Nickel | [mg/kg TS] | 27 | 15 | 50 | 100 | 150 | 500 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Quecksilber | [mg/kg TS] | 0,04 | 0,1 | 0,5 | 1 | 1,5 | 5 | DIN EN ISO 12846 :2012-08 |
| Thallium | [mg/kg TS] | < 0,4 | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 2,1 | 7 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Zink | [mg/kg TS] | 49 | 60 | 150 | 300 | 450 | 1500 | EN ISO 11885 :2009-09 |
| Aufschluß mit Königswasser | | | | | | | | EN 13657 :2003-01 |
| EOX | [mg/kg TS] | < 0,5 | | 1 | 1 | 3 | 10 | DIN 38 409-17 :1984-09 |
| MKW (C10 – C22) | [mg/kg TS] | < 30 | | 100 | 200 | 300 | 1000 | DIN EN 14039 :2005-01 |
| MKW (C10 – C40) | [mg/kg TS] | < 50 | | 100 | 400 | 600 | 2000 | DIN EN 14039 :2005-01 |
| Cyanid (gesamt) | [mg/kg TS] | < 0,25 | | - | - | 3 | 10 | DIN EN ISO 17380 :2013-10 |

1.2 PCB, BTXE, LHKW, PAK

| Parameter | Einheit | Messwert | Z 0 (S L/L) | Z 0* | Z 1/2 | Z 2 | Methode |
|---------------------------|------------|-------------|------------------|------|-------|-----|--------------------------|
| PCB 28 | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| PCB 52 | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| PCB 101 | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| PCB 138 | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| PCB 153 | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| PCB 180 | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Σ PCB (6): | [mg/kg TS] | n.n. | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,5 | DIN EN 15308 :2016-12 |
| Benzol | [mg/kg TS] | < 0,05 | | | | | |
| Toluol | [mg/kg TS] | < 0,05 | | | | | |
| Ethylbenzol | [mg/kg TS] | < 0,05 | | | | | |
| m,p-Xylol | [mg/kg TS] | < 0,05 | | | | | |
| o-Xylol | [mg/kg TS] | < 0,05 | | | | | |
| Σ BTXE: | [mg/kg TS] | n.n. | 1 | 1 | 1 | 1 | HLUG, HB, AL B7,4 : 2000 |
| Vinylchlorid | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Dichlormethan | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| 1-2-Dichlorethan | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| cis 1,2 Dichlorethen | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| trans-Dichlorethen | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Chloroform | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| 1.1.1- Trichlorethan | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Tetrachlormethan | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Trichlorethen | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Tetrachlorethen | [mg/kg TS] | < 0,01 | | | | | |
| Σ LHKW: | [mg/kg TS] | n.n. | 1 | 1 | 1 | 1 | HLUG, HB, AL B7,4 : 2000 |
| Naphthalin | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Acenaphthen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Acenaphthylen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Fluoren | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Phenanthren | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Anthracen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Fluoranthen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Pyren | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Benzo(a)anthracen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Chrysen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Benzo(b)fluoranthen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Benzo(k)fluoranthen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Benzo(a)pyren | [mg/kg TS] | < 0,04 | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 3 | |
| Dibenz(a,h)anthracen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Benzo(g,h,i)perylen | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Indeno(1,2,3-cd)pyren | [mg/kg TS] | < 0,04 | | | | | |
| Σ PAK (EPA Liste): | [mg/kg TS] | n.n. | 3 | 3 | 3/9 | 30 | DIN ISO 18287 :2006-05 |

Markt Rettenbach, den 23.03.2022

Onlinedokument ohne Unterschrift

 Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele
(Laborleiter)

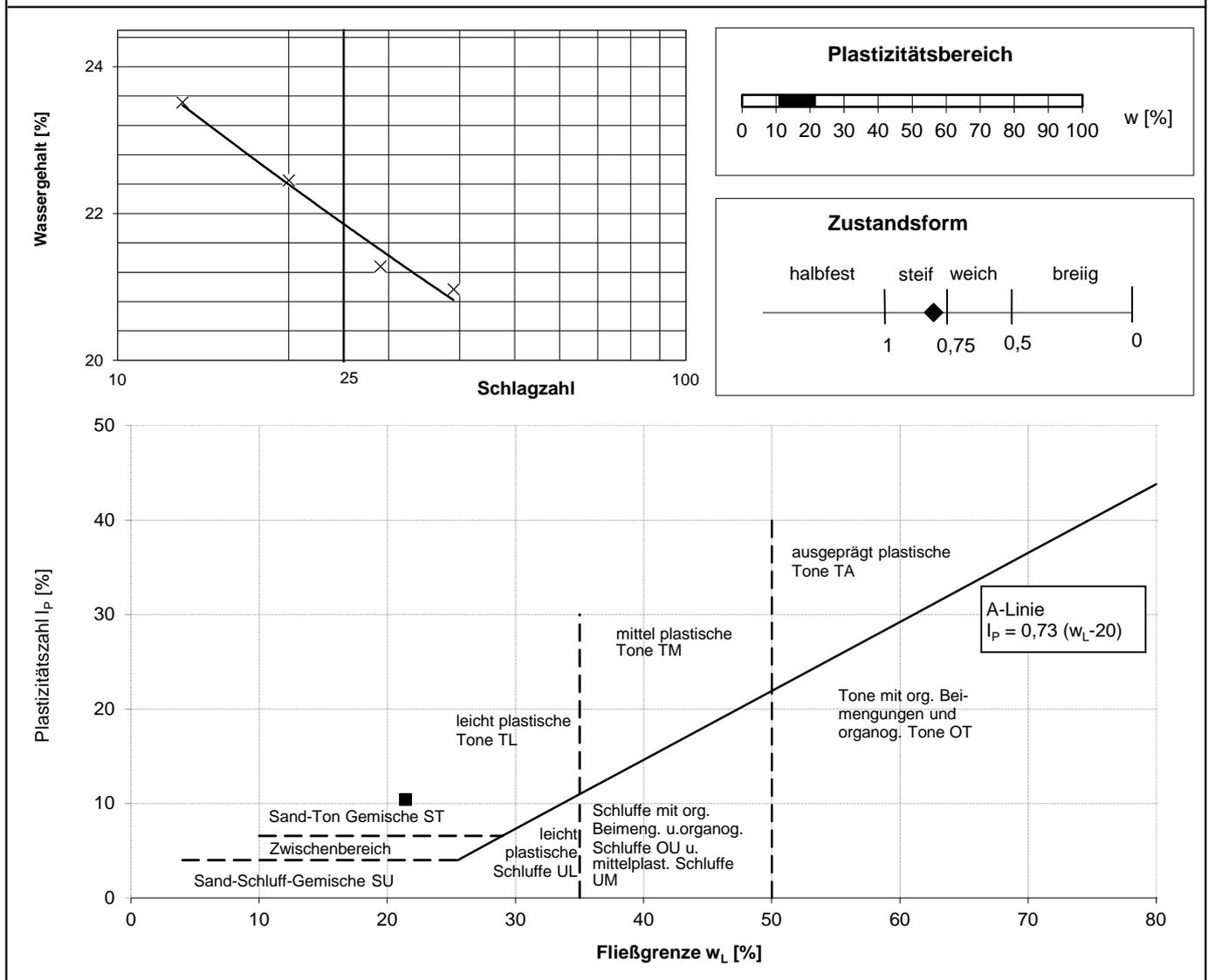
| Projekt: | | BV Erschließung Baugebiet "Sandgrubenbäcker III" in 88348 Allmansweiler | | | | | | | | | | | Projektkürzel: AWBSIII | | | | |
|-----------------|---------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|-----------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------|------------------|
| Probe | Material | w _n % | w _l % | w _p % | I _p % | I _c | Kon- sistenz | Körn- ungsziffer T/U - S - G | BA nach DIN 18196 | ρ t/m ³ | ρ _D t/m ³ | φ' (°) | c' kN/m ² | c _u kN/m ² | E _s kN/m ² | Bemerkungen | |
| BS1/22 0,3-1,0m | Geschiebelehm | 19,3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS1/22 1,3-2,1m | Geschiebelehm | 13,0 | 21,4 | 11,0 | 10,4 | 0,81 | steif | | TL | | | | | | | | |
| BS1/22 2,4-2,9m | Geschiebelehm | 18,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS1/22 3,2-4,2m | Geschiebelehm | 10,3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS2/22 0,3-0,5m | Geschiebelehm | 14,1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS2/22 1,3-2,3m | Geschiebelehm | 13,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS2/22 2,5-3,5m | Geschiebelehm | 13,6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS3/22 0,4-1,0m | Geschiebelehm | 17,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS3/22 1,5-2,5m | Geschiebelehm | 22,2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS3/22 3,1-4,1m | Geschiebelehm | 17,1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS3/22 4,5-4,9m | Moränensand | 9,9 | | | | | | | | | | | | | | | Feinanteil: 9,2% |
| BS4/22 0,4-0,5m | Geschiebelehm | 19,8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS4/22 1,4-2,0m | Geschiebelehm | 18,1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS4/22 2,2-3,0m | Geschiebelehm | 19,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS4/22 4,3-5,0m | Geschiebelehm | 11,1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS5/22 0,4-0,9m | Geschiebelehm | 11,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS5/22 1,1-2,1m | Geschiebelehm | 19,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS5/22 2,7-3,1m | Geschiebelehm | 8,9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS5/22 3,1-3,4m | Geschiebelehm | 10,6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS6/22 0,6-1,0m | Geschiebelehm | 13,6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS6/22 1,1-1,0m | Geschiebelehm | 15,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS6/22 2,1-2,9m | Geschiebelehm | 11,7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| BS3/22 3,6-4,6m | Geschiebelehm | 17,1 | | | | | | | | | | | | | | | |

kursiv angegebene Konsistenzen abgeschätzt anhand wn

Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18 122

ANLAGE 4.2

| | | | | |
|---|--|---------------------------|--|---------------|
| Projekt: | BV Erschließung BG Sandgrubäcker III in Allmannsweiler | | Kürzel: | AWBSIII |
| Probe: | BS1/ 1,3-2,1m | geol. Bez.: Geschiebelehm | Versuchsdatum: | 30.03.22 |
| nat. Wassergehalt w_n : | 13,0 | % | Massenanteil > 0,4mm (ü): | - % |
| Fließgrenze w_L : | 21,4 | % | Wassergehalt $w_{<0,4}$: | - % |
| Ausrollgrenze w_P : | 11,0 | % | Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$: | 10,4 |
| Konsistenz: | steif | | Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$: | 0,81 |
| Bodenart: | TL | | | |
| Maximaler Wassergehalt halbfest ($I_C = 1,0$): | | | | 11,0 % |
| Wassergehalt steif ($I_C = 0,75-1,0$) von: | 13,6 % | bis | 11,1 % | |
| Wassergehalt weich ($I_C = 0,5-0,75$) von: | 16,2 % | bis | 13,7 % | |
| Wassergehalt breiig ($I_C = 0,0-0,5$) von: | 21,4 % | bis | 16,3 % | |

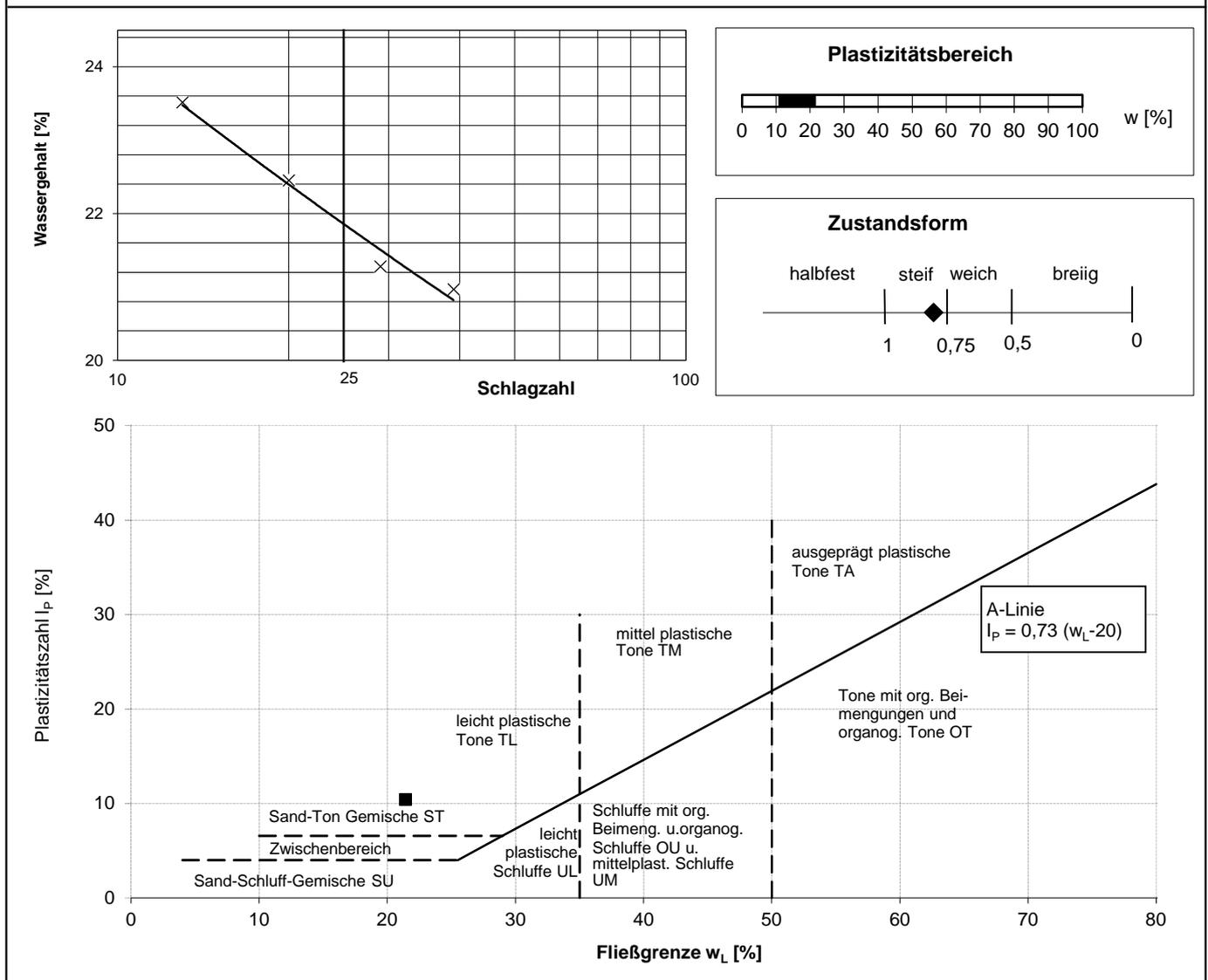


verwendete Prüfmittel (Inv.Nr.): _____ Laborbearbeiter: _____ ausgewertet & geprüft/freigegeben: _____

Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18 122

ANLAGE 4.2

| | | | | | |
|---|--|-------------|--|----------------|---------------|
| Projekt: | BV Erschließung BG Sandgrubäcker III in Allmannsweiler | | Kürzel: | AWBSIII | |
| Probe: | BS1/ 1,3-2,1m | geol. Bez.: | Geschiebelehm | Versuchsdatum: | 30.03.22 |
| nat. Wassergehalt w_n : | 13,0 | % | Massenanteil > 0,4mm (ü): | - | % |
| Fließgrenze w_L : | 21,4 | % | Wassergehalt $w_{<0,4}$: | - | % |
| Ausrollgrenze w_P : | 11,0 | % | Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$: | 10,4 | |
| Konsistenz: | steif | | Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$: | 0,81 | |
| Bodenart: | TL | | | | |
| Maximaler Wassergehalt halbfest ($I_C = 1,0$): | | | | | 11,0 % |
| Wassergehalt steif ($I_C = 0,75-1,0$) von: | 13,6 | % | bis | 11,1 | % |
| Wassergehalt weich ($I_C = 0,5-0,75$) von: | 16,2 | % | bis | 13,7 | % |
| Wassergehalt breiig ($I_C = 0,0-0,5$) von: | 21,4 | % | bis | 16,3 | % |



verwendete Prüfmittel (Inv.Nr.): _____ Laborbearbeiter: _____ ausgewertet & geprüft/freigegeben: _____