

Projekt-Nr. 2249



Ingenieurgeologisches Gutachten für die Erweiterung des Gewerbegebiets Süd
in 77688 Rheinau, Ortsteil Membrechtshofen

Willstätt, 12.11.2020

Dr.-Ing. Jochen Klinger

Dipl.-Geol. Jens Hartwein

Im Auftrag

STADTRHEINAU

Stadt Rheinau
Rheinstraße 46
77866 Rheinau

Planungsbüro



Ingenieurbüro Siggelkow
GmbH
Waltersweierweg 1
77652 Offenburg

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|--------|
| 1 | Vorgang | - 1 - |
| 2 | Verwendete Unterlagen..... | - 1 - |
| 3 | Örtliche und bauliche Rahmenbedingungen | - 2 - |
| 4 | Durchgeführte Untersuchungen | - 3 - |
| 4.1 | Felduntersuchungen..... | - 3 - |
| 4.2 | Laboruntersuchungen | - 3 - |
| 4.3 | Fotodokumentation | - 4 - |
| 5 | Ergebnisse | - 4 - |
| 5.1 | Geographische-/ Geologische- / lithologische Situation | - 4 - |
| 5.2 | Baugrundbeschreibung anhand der durchgeführten Rammkernsondierungen..... | - 4 - |
| 5.3 | Rammsondierungen | - 6 - |
| 5.4 | Laborergebnisse (Baugrundlabor)..... | - 7 - |
| 5.5 | Grundwasser und Hochwasserrisiko | - 8 - |
| 5.6 | Erdbebengefährdung..... | - 12 - |
| 5.7 | Bodenzusammensetzung und Kennwerte, Abgrenzung der Homogenbereiche | - 12 - |
| 6 | Geotechnische Empfehlungen und Hinweise zur Bauausführung..... | - 15 - |
| 6.1 | Planungsgrundlage | - 15 - |
| 6.1.1 | Regelaufbau beim Bau von Verkehrsflächen im öffentlichen Bereich..... | - 15 - |
| 6.1.2 | Kanalisation | - 17 - |
| 6.1.3 | Schachtbauwerke | - 17 - |
| 6.1.4 | Rohraufleger..... | - 17 - |
| 6.1.5 | Trinkwasserleitungen | - 22 - |
| 6.1.6 | Hinweise zur Bauausführung..... | - 22 - |
| 6.1.7 | Herstellen der Baugruben | - 23 - |
| 6.2 | Grundwasserhaltung | - 24 - |
| 6.3 | Absenkbrunnen | - 25 - |
| 6.4 | Wiederverwendbarkeit von anfallendem Aushubmaterial..... | - 25 - |
| 6.5 | Versickerung von Oberflächenwasser | - 27 - |
| 7 | Sonstige Hinweise | - 28 - |
| 8 | Abschließende Bemerkungen | - 28 - |

Anlagenverzeichnis

- 1.1 Übersichtsplan
- 1.2 Auszug aus der geologischen Karte
- 2.1 Lageplan mit Untersuchungspunkten
- 3 Profile der Rammkernsondierungen
- 4 Profile der Rammkern- und Rammsondierungen
- 5 Laborergebnisse aus Baugrundlabor (Probeliste, Wassergehalte, Kornverteilungen)
- 6 Fotodokumentation

1 Vorgang

Die Stadt Rheinau plant die Erweiterung des Gewerbegebiets-Süd in 77866 Rheinau im Ortsteil Memprechtshofen. Das Baugebiet befindet sich im südöstlichen Teil von Memprechtshofen, südöstlich der Hebelstraße und der nördlich verlaufenden Moscheroschstraße.

Als Planungsbüro ist das Ingenieurbüro für das Bauwesen Siggelkow GmbH aus 77652 Schutterwald beauftragt.

Zur Detailplanung, Erstellung der Ausschreibungsunterlagen und Realisierung der damit verbundenen Arbeiten ist eine Erkundung des generellen Bodenaufbaus, dessen zu erwartenden bodenmechanischen Eigenschaften sowie der kleinregionalen Grundwasserverhältnisse erforderlich.

In diesem Zusammenhang wurde das Institut für angewandte Geologie GmbH in Willstätt auf Grundlage des Angebots vom 20.08.2020 mit dem Schreiben vom 15.09.2020 vom Bauamt der Stadt Rheinau beauftragt, die zur Klärung der genannten Aufgabenstellung erforderlichen Arbeiten auszuführen.

2 Verwendete Unterlagen

Planunterlagen

[1] Lageplan, Entwässerungskonzept, Erweiterung Gewerbegebiet Süd in Rheinau, Stadtteil Memprechtshofen, Anlage 7.2, Maßstab 1:500, 09.07.2020, Ingenieurbüro Siggelkow GmbH, Waltersweierweg 1, 77652 Offenburg

Normen und Gesetze

Arbeitsblatt DWA-A 138, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur, Versickerung von Niederschlagswasser, April 2005, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

DIN EN 1997-1:2014-03, Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013, Ausgabedatum 2014-03

DIN 4022-1:1987-09: Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und im Fels

DIN 4124: Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten; Januar 2012

DIN 1054:2010-12: Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1, Ausgabedatum 2010-12

DIN 18533-1 Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze, Ausgabe 2017-07

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg u.a. (Hrsg.) (1979): HGK Bühl-Offenburg.- Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 50 000, Georeferenzierte Rasterdaten, CD-ROM

RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, RStO 12, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

ZTV E-StB 17 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017

3 Örtliche und bauliche Rahmenbedingungen

Die im Rahmen der Erschließung des Neubaugebiets „Gewerbegebiet Süd“ untersuchte Fläche umfasst im Wesentlichen die Flurstücke 1776 bis 1781.

Das Bebauungsgebiet wird derzeit landwirtschaftlich genutzt (Ackerflächen).

Die Lage des Baufeldes ist in der Übersichtskarte in Anlage 1 sowie im Lageplan mit den Erkundungspunkten in Anlage 2.1 dargestellt. Nachfolgende Abbildung zeigt das Untersuchungsgebiet aus der Vogelperspektive.



Abbildung 1: Lage des NBG „Gewerbegebiet Süd“ (Quelle: Lageplan, Entwässerungskonzept, Erweiterung Gewerbegebiet Süd in Rheinau, Stadtteil Memprechtshofen, Anlage 7.2, Maßstab 1:500, 09.07.2020, Ingenieurbüro Siggelkow GmbH, Waltersweierweg 1, 77652 Offenburg).

Das Gelände liegt relativ eben auf einer Höhe rund 130,2 - 130,5 m ü NN und weist eine Längserstreckung von rund 160 m und eine Breite von rund 130 m auf.

In dem Baugebiet soll eine Straße gebaut werden und Kanalisation verlegt werden.

Die Zufahrt zu der Planstraße des Neubaugebietes soll nach derzeitigem Kenntnisstand im nordwestlichen Bereich des Baugebietes über die Hebelstraße erfolgen.

Um einen schadensfreien Lastabtrag und die hydraulische Funktion der Kanalisation zu gewährleisten, ist es notwendig das Gründungsniveau und die Bemessung der geplanten Lastabtragsflächen den bodenmechanischen Eigenschaften des bauwerksrelevanten Untergrunds anzupassen.

4 Durchgeführte Untersuchungen

4.1 Felduntersuchungen

Rammkernsondierungen

Zur Ermittlung des Aufbaus und der Zusammensetzung des bauwerksrelevanten Untergrunds im Planungsgebiet wurden am 15.10.2020 insgesamt vier Rammkernsondierungen (RKS) bis zu einer maximalen Tiefe von 5,0 m unter Bohransatzpunkt abgeteuft und die dabei aufgeschlossene Lockergesteinsabfolge aus geotechnischer Sicht beschrieben.

Die Bohransatzpunkte der RKS in Anlage 2.1, die Bohrprofile in Anlage 3 dargestellt.

Die Höhen der Bohransatzpunkte sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 1: Höhen der Bohransatzpunkte und Endteufen

| Bezeichnung | Höhen | | |
|-------------|------------------------------|------------------------|----------------------|
| | Bohransatzpunkt [m ü. NN] | Endteufe [m u. GOK] | Endteufe [m ü NN] |
| RKS 1 | 130,21 | 5,00 | 125,21 |
| RKS 2 | 130,43 | 5,00 | 125,43 |
| RKS 3 | 130,46 | 5,00 | 125,46 |
| RKS 4 | 130,36 | 5,00 | 125,36 |

Rammsondierungen

Zum Erhalt der aus bodenmechanischer Sicht relevanten Informationen wurden im aktuellen Baufeld mit einer schweren Rammsonde (Bärgewicht 50 kg) an zwei Ansatzpunkten Sondierungen mit einer Gesamtlänge von 4,50 lfdm und einer max. Eindringtiefe von 2,30 m unter Flur abgeteuft und in Form von Rammprotokollen dokumentiert.

Die Ansatzpunkte der Sondierungen am sind im Lageplan in Anlage 2.1 dargestellt, die Rammprotokolle in Anlagen 4.1-2.

4.2 Laboruntersuchungen

Zur präzisen Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung sowie des Wassergehalts des angeschnittenen teils feinkörnigen Bodens, wurden aus unterschiedlichen Tiefen der Probelöcher insgesamt 152 Lockergesteinsproben für ergänzende Untersuchungen im Erdlabor entnommen.

Von 6 entnommenen Bodenproben wurde unmittelbar nach Anlieferung ins Labor der Wassergehalt zur Darstellung des Tiefenprofils bis in eine Tiefe von 5,0 m u. GOK bestimmt.

Zudem wurden 3 Bodenproben hinsichtlich der Kornzusammensetzung untersucht. Von 1 Bodenprobe wurden zusätzlich die Feinanteile mittels Aräometersversuch bestimmt.

Die Probenahmeliste, die bestimmten Wassergehalte sowie die anhand der Siebanalysen ermittelten Kornverteilungskurven sind als Tabellen und Diagramme in den Anlagen 5 dokumentiert.

4.3 Fotodokumentation

Aufnahmen vom Baufeld sowie die fotografische Dokumentation Bohrkerns sind in Anlage 6 dargestellt.

5 Ergebnisse

5.1 Geographische-/ Geologische- / lithologische Situation

Das Untersuchungsgebiet liegt am südlichen Ortsrand von Memprechtshofen im mittleren Oberrheingraben, ca. 8,0 Kilometer nordwestlich von Achern. Im Hinblick auf die naturräumliche Gliederung liegt das Baugrundstück in Memprechtshofen im Bereich der Niederterrasse. Die Niederterrasse wird aus glazialen Kiesen der Würm-Eiszeit aufgebaut, die teilweise von geringmächtigem Löß, Lößlehm und Flugsand überdeckt werden. In den glazialen Kieskörper der Niederterrasse hat sich in der Nacheiszeit (Holozän) die Rheinaue eingeschnitten, die stellenweise von Hochflutabsätzen (Auelehmen) bedeckt ist. Durch jüngste tektonische Bewegungen bedingt fehlt die Niederterrassenfläche zwischen Kinzig- und Renchtalmündung ganz, während nördlich und südlich davon noch große Niederterrassenreste, z. T. inselartig aufgelöst, erhalten sind.

5.2 Baugrundbeschreibung anhand der durchgeführten Rammkernsondierungen

Ab Geländeoberkante wurde dunkelbrauner Oberboden in einer Mächtigkeit von 0,4 m angetroffen. Die Oberbodenschichten besteht aus fein- bis mittelsandigen Schluffen mit organischen Beimengungen (Ackerboden).

Der unter dem Oberboden folgende Untergrund besteht ab ca. 0,4 m unter Geländeoberkante (GOK) bis zur Endtiefe der Bohrungen bei 5,0 m u. GOK aus gut wasserdurchlässigen, rotbraunen, hellbraunen und grauen quartären sandigen Kiesen mit eingeschalteten Sanden.

Die Sande und Kiese sind dem oberen Grundwasserleiter (oGWL, frühere Bezeichnung: Oberes Kieslager) zuzuordnen (Auszug aus der Geologischen Karte in Anlage 1.2 dargestellt).

H

inweis zum Grundwasserspiegel: Bei der Durchführung der Rammkernsondierungen wurde in allen vier Bohrungen ein zusammenhängender Grundwasserspiegel angetroffen. Am 15.10.2020 lag der Grundwasserspiegel in den Bohrungen RKS 1 bis RKS 4 demnach bei ca. 127,4 bis 127,7 m ü. NN. Die gemessenen Grundwasserspiegel sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 2: Grundwasserstände in den hergestellten Bohrlöchern

| Bohransatzpunkt | Höhe Bohransatzpunkt [m ü. NN] | Grundwasserstand vom 15.10.2020 | |
|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------|
| | | [m u. GOK] | [m ü. NN] |
| RKS 1 | 130,21 | 2,80 | 127,41 |
| RKS 2 | 130,43 | 2,75 | 127,68 |
| RKS 3 | 130,46 | 2,80 | 127,66 |
| RKS 4 | 130,36 | 2,70 | 127,66 |

Anhand der Erkundungsergebnisse lässt sich der Baugrund hinsichtlich seiner bodenmechanischen Eigenschaften vereinfacht in zwei Modellschichten (Schicht ① bis ②) aufteilen:

- ① Oberboden (entspricht Homogenbereich A, s. Kap. 5.7)
- ② Sande und Kiese des Oberen Kieslagers (entspricht Homogenbereich B, s. Kap. 5.7)

Oberboden (Schicht ①)

Zusammensetzung: dunkelbraune, fein- bis mittelsandige Schluffe mit organischen Beimengungen (Wurzeln). In den Bohrungen wurde der Oberboden mit weicher bis steifer Konsistenz angetroffen.

Die Oberbodenschichten sind nach DIN 18 196 der Bodengruppe OU und nach DIN 18 300 der Bodenklasse 1 (Oberboden) zuzuordnen. Gemäß ZTVE-StB 09 gehört die Bodengruppe OU zur Frostempfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostempfindlich).

Geotechnische Beurteilung: Aufgrund seiner feinkörnigen Zusammensetzung und der organischen Beimengungen ist der Boden nicht zur Aufnahme von Bauwerklasten geeignet. Der Oberboden ist extrem wasser- und frostempfindlich (F 3) und reagiert bereits bei geringen dynamischen Belastungen mit einer Herabsetzung seiner Konsistenz.

Sande und Kiese des Oberen Kieslagers (Schicht ②)

Zusammensetzung: rotbraune, hellbraune und graue Kiese mit wechselnden Kornverteilungen und mit Einschaltungen von Sanden. Im oberen Bereich wurden Kiese mit schluffigen Beimengungen angetroffen. In allen Rammkernsondierungen wurden in der Schicht ② linsenförmige Sandeinschaltungen mit einer Mächtigkeit im dm-Bereich erbohrt.

Die Kies-Schluff-Gemische der Schicht ② lassen sich bei einem Feinkornanteil zwischen 5 bis 15 % nach DIN 18 196 der Bodengruppe GU, nach DIN 18 300 der Bodenklasse 3 (leicht lösbare Bodenarten) und nach ZTVE-StB 09 der Frostempfindlichkeitsklasse F2 (gering bis mittel frostempfindlich) zuordnen. Mit einem Feinkornanteil bei 15 bis 40 % gehören die Kies-Schluff-Gemische nach DIN 18 196 zur Bodengruppe GU*, nach DIN 18 300 zur Bodenklasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten) und nach ZTVE-StB 09 zur Frostempfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostempfindlich). Die Kiese und die eingeschalteten Sande der Schicht ② mit einem Feinkornanteil < 5 % lassen sich den Bodengruppen GI, GW, SE und SI zuordnen. Gemäß DIN 18 300 gehören die Bodengruppen GI, GW, SI und SE zur Bodenklasse 3 (leicht lösbare Bodenarten) und nach ZTVE-StB 09 zur Frostempfindlichkeitsklasse F1 (nicht frostempfindlich).

Geotechnische Beurteilung: Das Material ist grundsätzlich zur Aufnahme von Bauwerkslasten gut geeignet. Es ist weitgehend wasser- und frostunempfindlich (F1, F2).

5.3 Rammsondierungen

Zur Ermittlung der flächig ausgebildeten Schichtenfolge, insbesondere zur Ermittlung dichter gelagerter Sand / Kieshorizonte, wurden über das Baufeld verteilt zwei Sondierungen mit einer schweren Rammsonde (DPH 15) niedergebracht.

Die dabei ermittelten Schlagzahlen für jeweils 10 cm Eindringtiefe (n_{10}) wurden aufgezeichnet und in Form von Rammprotokollen dokumentiert (vergleiche Protokolle in Anlage 4). Die Auswertung der Sondierungen liefert wichtige Grunddaten bei der Abschätzung der bodenmechanischen Kennwerte der gründungsrelevanten Lockergesteinshorizonte. Im Einzelnen lassen sich aus den erstellten Protokollen für die Schlagzahlen n_{10} folgende Richtwerte ableiten.

Die DIN 4094 gibt zur Abschätzung der Lagerungsdichte für ein **weitgestuftes Kies-Sand-Gemisch über Grundwasser** folgende Zuordnungen für die schwere Rammsonde (DPH 15) an:

Tabelle 3: Zuordnung zwischen Schlagzahlen n_{10} und der Lagerungsdichte (DIN 4094)

| Lagerung | n_{10} |
|-------------|----------|
| locker | < 15 |
| mitteldicht | 15-35 |
| dicht | > 35 |

Bei **Kies-Sand-Gemischen im Grundwasser** kann für die genannten Zuordnungen die Anzahl der Schläge für n_{10} um 4-5 Schläge vermindert werden.

In der Rammsondierung RS 1-1 sind die anstehenden Kiese der Schicht ② ab 0,4 m u. GOK bis 1,5 m u. GOK mit Schlagzahlen bei $n_{10} = 13$ bis 30 als mitteldicht gelagert einzustufen. Ab 1,5 m u. GOK bis zur Endtiefe bei 2,2 m u. GOK (Rammhindernis) steigen die Schlagzahlen auf $n_{10} = 39$ bis 106. Damit ist die Schicht ② in diesem Bereich als dicht gelagert einzustufen.

In der Rammsondierung DPH 1-2 liegen die Schlagzahlen der Kiese ab 0,4 m u. GOK bis 1,6 m u. GOK bei $n_{10} = 10$ bis 26. Die Schicht ② ist damit in diesem Bereich durch eine wechselnde lockere bis mitteldichte Lagerung gekennzeichnet. Ab 1,6 m u. GOK bis zur Endtiefe bei 2,3 m u. GOK (Rammhindernis) steigen die Schlagzahlen auf $n_{10} = 42$ bis 107. Die Kiese weisen damit in diesem Bereich eine dichte Lagerung auf.

5.4 Laborergebnisse (Baugrundlabor)

Wassergehaltsbestimmungen

Aufgrund der bei der Erkundung durchgeführten Knetversuche (DIN 4022) und der im oberen Bereich festgestellten weichen und steifen bis halbfesten Konsistenz, wurde von insgesamt 6 Bodenproben die Wassergehalte bestimmt, die in folgenden Tabellen dargestellt sind.

Tabelle 4: Wassergehaltsbestimmung nach DIN 4022, Ergebnisse Teil 2

| Probe | RKS 1 | RKS 1 | RKS 1 | RKS 2 | RKS 3 | RKS 4 |
|------------------|---------------|------------|-----------|---------------|-----------|---------------|
| Tiefe [m u. GOK] | 0,4 - 1,5 | 1,5 - 2,8 | 4,1 - 4,5 | 0,4 - 1,4 | 3,8 - 4,2 | 3,0 - 3,8 |
| Bodenart | Kies und Sand | Auffüllung | Auesand | Kies und Sand | Auesand | Kies und Sand |
| Wassergehalt [%] | 8,04 | 8,54 | 19,33 | 8,95 | 14,29 | 17,37 |

Die Bestimmung der Wassergehalte lieferte für die analysierten Auensande mit variierenden Schluffanteilen durchschnittliche Wassergehalte von 14,29 bis 19,33 Gew.-%. Damit sind die angetroffenen Böden nahezu vollgesättigt.

Die Kiese und Sande weisen Wassergehalte von 8,04 bis 8,95 Gew.-% auf.

Kornverteilungen

Für die Proben RKS 1 (0,4-1,5), RKS 1 (1,5 – 2,8) und TKS 3 (3,8 – 4,2) die der Schicht ②: Sande und Kiese zugeordnet sind wurden zur Verifizierung der Geländeaufnahmen Kornverteilungen vorgenommen.

Die in gründungsrelevanter Tiefe anstehenden Böden sind hauptsächlich weitständige und intermittierende Kiese. Diese entsprechen nach DIN 18196 einem GW Boden bzw. einem GI Boden.

Die in den Kiesen vereinzelt angetroffenen Sandlinsen, z. B. RKS 3 (3,8 – 4-2) sind als schluffige Sande anzusprechen und gemäß DIN 18196 als SU einzustufen.

Die Kornverteilungen sind in Anlage 5 dargestellt und in nachfolgender Tabelle zusammengefasst sind.

Tabelle 5: Kornverteilungen nach DIN 18 123 - 5

| Probe | RKS 1 | RKS 1 | RKS 3 |
|-------------------------|----------------|-----------|---------------|
| Tiefe [m u. GOK] | 0,4 – 1,5 | 1,5 – 2,8 | 3,8 – 4,2 |
| Bodenart | gG, s*, mg, gf | mG+S, fg | mS, fs, gs, u |
| Bodengruppe (DIN 18196) | GW | GI | SU |

5.5 Grundwasser und Hochwasserrisiko

Grundwasserstände im Bereich des Baufeldes

Hinweis: Nach Auskunft des Landratsamtes Ortenaukreis, Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz, Offenburg, liegt die nächste amtlichen Grundwassermessstelle mit langjährigen Ganglinienaufzeichnungen die GWM Memprechtshofen, 231/113-6 für den Zeitraum von 1991 bis 2019 in einer Entfernung von ca. 270 m von dem Neubaugebiet.

In der nachstehenden Abbildung ist die Lage der Grundwassermessstelle GWM Memprechtshofen, 231/113-6 sowie die Grundwassergleichen für Mittlere Grundwasserstände (Stichtag 20.10.1986) aus der Grundwasserdatenbank des Landes Baden-Württemberg dargestellt.

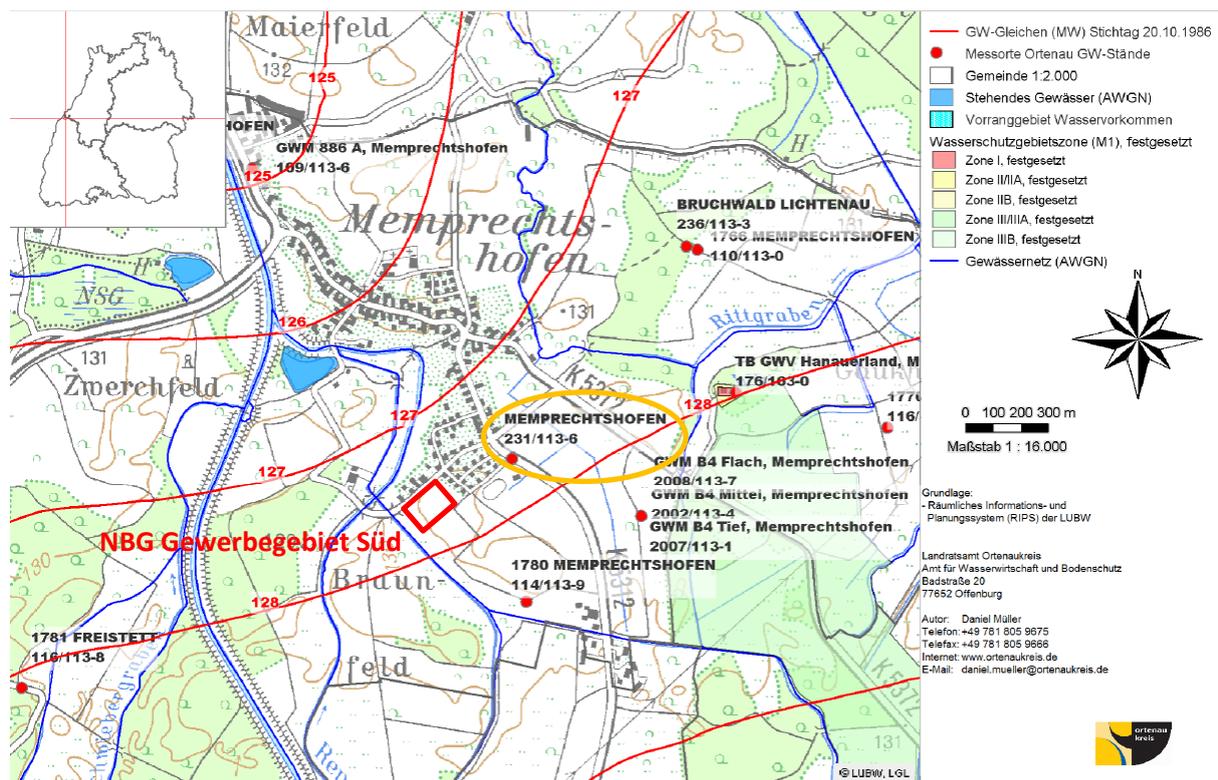


Abbildung 2: Grundwassergleichen (MW), Stichtag 20.10.1986, Messstelle GWM Memprechtshofen, 231/113-6 (Quelle: Grundwasserdatenbank des Landes Baden-Württemberg).

Nach Auswertung der Zeitreihe der amtlichen Grundwassermessstelle GWM Memprechtshofen, 231/113-6 ergibt sich eine Schwankungsbreite von rund 2,1 m zwischen Niedrigst- und Höchstwasserstand in diesem Bereich. Damit lassen sich für das Baufeld folgende dargestellte Wasserstände ableiten.

Tabelle 6: Höchst- und Niedrigstwasserstände im Baufeld

| Werte | Einheit | Höhe |
|-----------------------------|-----------|------------|
| Höchstwasserstand HGW | [m ü. NN] | rd. 129,2 |
| Mittelwert MGW | [m ü. NN] | rd. 128,05 |
| Niedrigster Wasserstand NGW | [m ü. NN] | rd. 127,1 |
| Schwankungsbreite | [m] | rd. 2,1 |

Hinweis: die Grundwasserstände im Baufeld wurden linear aus den Zeitreihen der GWM Memprechtshofen, 231/113-6 extrapoliert.

Der maximal zu erwartende GW-Stand liegt im Bereich des Erschließungsgebietes nach Auswertung der Grundwasserganglinien rd. 1,05 m höher als der Mittlere Grundwasserstand und damit bei rd. 129,2 m ü. NN. Daraus ergibt sich ein **Bemessungsgrundwasserstand** von **129,7 m ü NN** in dem ein Zuschlag auf den höchsten gemessenen Grundwasserstand von 0,5 m bereits enthalten ist.

Für den Bauzustand empfehlen wir einen Wert von 128,45 m ü. NN; dieser enthält einen Zuschlag von 40 cm auf den mittleren GW-Stand von 128,05 m ü. NN.

Gemäß der Grundwasserdatenbank des Landes Baden-Württemberg wird der Grundwasserspiegel im Untersuchungsgebiet in Memprechtshofen bei mittleren Grundwasserverhältnissen je nach topographischer Höhenlage (rd. 128,05 m ü NN) in ca. 2,2 bis 2,4 m u. GOK angetroffen. Der Grundwasserspiegel variiert saisonal in analoger Weise zu der Grundwassermessstelle GWM Memprechtshofen, 231/113-6 um bis zu rd. 2,1 m und fließt nach NW (siehe HGK Bühl-Offenburg).

Grundwassersituation zum Zeitpunkt der Erkundung am 15.10.2020

Der Grundwasserspiegel wurde bei der Erkundung in allen Bohrungen angetroffen und lag zum Erkundungszeitpunkt im Mittel bei 2,76 m u. Geländeoberkante (siehe nachfolgende Tabelle).

Tabelle 7: Grundwasserstände in den hergestellten Bohrlöchern

| Bohransatzpunkt | Höhe Bohransatzpunkt [m ü. NN] | Grundwasserstand vom 15.10.2020 | |
|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------|
| | | [m u. GOK] | [m ü. NN] |
| RKS 1 | 130,21 | 2,80 | 127,41 |
| RKS 2 | 130,43 | 2,75 | 127,68 |
| RKS 3 | 130,46 | 2,80 | 127,66 |
| RKS 4 | 130,36 | 2,70 | 127,66 |

Der Durchlässigkeitsbeiwert der Sande und Kiese kann je nach Kornverteilung und Feinkornanteil mit $k_f = 10^{-4}$ bis 10^{-2} m/s angegeben werden.

Der Standort liegt nicht im Einflussbereich eines Trinkwasserschutzgebiets.

Überflutungsrisiko

Nach einer Hochwasserrisikomanagement-Abfrage (Hochwassergefahrenkarte der LUBW, Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg) vom 11.11.2020 liegt das Baufenster überwiegend nicht im Bereich der Überflutungsfläche für Hochwasser HQ₁₀, HQ₅₀, HQ₁₀₀ und HQ_{Extrem} (siehe Abbildung 3).

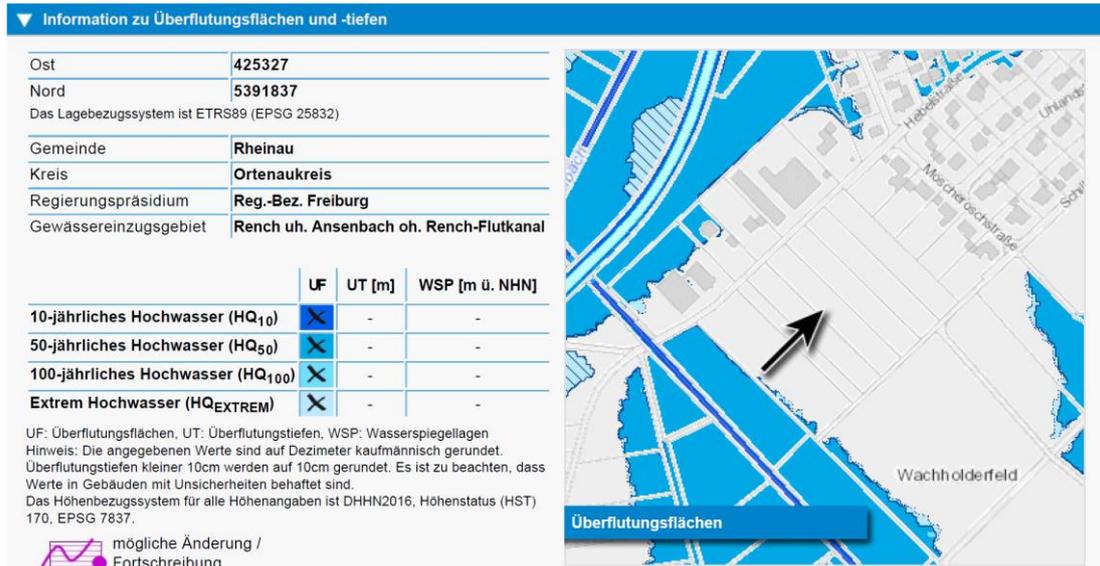


Abbildung 3: Ausschnitt der Hochwasserrisikomanagement-Abfrage vom 11.11.2020

Im südlichen Bereich des Erschließungsgebietes in der Nähe des Plaulbaches liegt das Baugebiet nach einer Hochwasserrisikomanagement-Abfrage vom 11.11.2020 im Bereich der Überflutungsfläche für Hochwasser HQ₅₀, HQ₁₀₀ und HQ_{Extrem}.

Bei einem Hochwasser HQ₅₀ und HQ₁₀₀ HQ_{Extrem} gibt die aktuelle Hochwassergefahrenkarte in diesem Bereich eine Überschwemmung des Projektstandortes bis ca. 129,8 m ü NN an. Bei einem Extremhochwasserereignis HQ_{Extrem} ist nach der Hochwassergefahrenkarte mit einer Überschwemmung des Projektstandortes im südlichen Bereich bis ca. 129,9 m ü NN zu rechnen (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Ausschnitt der Hochwasserrisikomanagement-Abfrage vom 11.11.2020

Anzusetzende Lastfälle

Bei einer Lage der Gründungssohle von unterkellerten Gebäuden im Schwankungsbereich des Grundwassers sind erdberührte Bauteile nach DIN 18 533-1:2017-07 bei einer Grundwassereinwirkung bis 3,0 m gegen Wassereinwirkungsklasse **W2.1-E**: mäßige Einwirkung von drückendem Wasser, abzudichten und gegen Auftrieb zu sichern. Bei einer Grundwassereinwirkung von mehr als 3,0 m sind erdberührte Bauteile nach DIN 18 533-1:2017-07 gegen Wassereinwirkungsklasse **W2.2-E**: hohe Einwirkung von drückendem Wasser, abzudichten und gegen Auftrieb zu sichern. Während der Bauausführung sind je nach Grundwasserstand ggf. Grundwasserhaltungen vorzusehen.

Bei einer Lage der Gründungssohle der Bodenplatte von nicht unterkellerten Gebäuden in wenig durchlässigem Boden bzw. bei einer Aufschüttung mit wenig durchlässigem Boden ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s) kann es nach DIN 18 533-1:2017-07 zur Bildung von Staunässe im Bereich der Gründungssohle kommen. In diesem Fall sind erdberührte Bauteile und Bodenplatten nach DIN 18 533 bei einer Eintauchtiefe ≤ 3 m gegen Wassereinwirkungsklasse **W2.1-E**: mäßige Einwirkung von drückendem Wasser abzudichten. Der Bemessungswasserstand ist auf GOK anzusetzen.

Bei wenig durchlässigen Böden ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s) ist eine Abdichtung wegen der Gefahr einer Stauwasserbildung mindestens 30 cm über die geplante Geländeoberkante zu führen oder es ist ein ausreichend hohes Gründungsniveau des Gebäudes über dem endgültigen Gelände vorzusehen ($\geq 0,3$ m).

Bei einer Gründung von nichtunterkellerten Gebäuden in stark wasserdurchlässigem Baugrund ($k_f > 10^{-4}$ m/s) bis in eine ausreichende Tiefe unterhalb der Abdichtungsebene und einer stark durchlässigen Arbeitsraumverfüllung ($k_f > 10^{-4}$ m/s) bzw. bei Einbau eines stark wasserdurchlässigen Bodenaustausches kann nach DIN 18533-1:2017-07 bei einer Lage der untersten Abdichtungsebene mind. 50 cm oberhalb des Bemessungswasserstandes eine Abdichtung gegen Wassereinwirkungsklasse **W1.1-E**: Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser, vorgesehen werden. Eine ausreichende Tiefe der stark durchlässigen Bodenschichten liegt vor, wenn in Abhängigkeit von der Wasserdurchlässigkeit der unterlagernden Bodenschichten und der Menge des in den verfüllten Arbeitsraum eindringenden Oberflächen- und Sickerwassers eine die erdberührten Bauteile beanspruchende Stauwasserbildung sicher vermieden wird.

Bei einer Gründung in wenig durchlässigem Baugrund ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s) können bei Einbau einer dauerhaft funktionierenden und rückstaufreien umlaufenden Drainage nach DIN 4095 die Bodenplatte und erdberührte Wände nach DIN 18 533 gegen Wassereinwirkungsklasse **W1.2-E**: Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser, abgedichtet werden. Dabei sind anfallende Sickerwässer rückstaufrei abzuleiten. Die unterste Abdichtungsebene muss mindestens 50 cm oberhalb des Bemessungswasserstandes liegen.

Hinweis: Im Zweifelsfall ist immer eine Abdichtung gegen drückendes Wasser (Wassereinwirkungsklasse **W2-E**) vorzusehen.

5.6 Erdbebengefährdung

Gemäß der DIN 4149 vom April 2005 (Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, 2005) sind im Raum Memptrechtshofen bei der konstruktiven Bemessung u.a. folgende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

- Erdbebenzone 1
- geologische Untergrundklasse S
- Baugrundklasse C (hauptsächlich gemischt- bis feinkörnige Lockergesteine in mindestens steifer Konsistenz)
- Intensitätsintervalle $6,5 \leq I < 7,0$
- Bemessungsbeiwert a_g der Bodenbeschleunigung $0,4 \text{ m/s}^2$
- Dominierende Scherwellengeschwindigkeiten etwa zwischen 150 m/s und 350 m/s

5.7 Bodenzusammensetzung und Kennwerte, Abgrenzung der Homogenbereiche

Gemäß DIN 18 300:2016-9 sind Boden und Fels entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für Erdarbeiten vergleichbare Eigenschaften aufweist.

Aus den Rammkernsondierungen ergeben sich zusammengefasst zwei relevante Homogenbereiche (A-B), die sich in ihren Bodenkennwerten unterscheiden.

Die Einteilungen in die angegebenen Homogenbereiche nach DIN 18300:2016-09 sind Empfehlungen. Aufgrund der umwelttechnischen Beurteilung der Böden kann ggf. eine ergänzende Einteilung notwendig werden. Die genannten Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09 gelten nur für das Lösen bzw. für Aushubarbeiten (siehe nachfolgende Tabelle).

Tabelle 8: Bodenklassen nach DIN 18 300 (alt) und Homogenbereiche nach DIN 18 300:2016-9

| Schichten / Bodenarten | Bodengruppen nach DIN 18 196 | Bodenklassen nach DIN 18 300 (alt) | Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18 300:2016-9 |
|-------------------------------|--------------------------------|--|--|
| Schicht ①: Oberboden | OU | Oberboden: Klasse 1 | A |
| Schicht ②: Sande und Kiese | GI, GW, GU, GU*, SI, SE, SU | Leicht bis mittelschwer lösbare Bodenarten: Klasse 3-4 | B |

Bei Antreffen von Oberboden ist dieser gemäß BauGB § 202 in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen. Für den Oberboden gelten die Regelungen der DIN 18320.

Auf Grundlage der zuvor erläuterten Feldaufschlüsse und Laborversuche wird der Baugrund nachstehend klassifiziert und durch vorläufige geomechanische Kennwerte (charakteristische Werte) beschrieben, die unter Berücksichtigung der Laborergebnisse auf Erfahrungswerten in Anlehnung an einschlägige Tabellen- und Literaturwerte beruhen. Die Einteilung der Homogenbereiche für die Ausschreibung von Erdarbeiten (DIN 18 300-2015) entspricht der Einteilung der Modellschichten. Es werden die bodenmechanischen, nicht jedoch die abfalltechnischen Eigenschaften berücksichtigt. Es werden insgesamt 2 Homogenbereiche differenziert betrachtet und folgende Kennwerte zugeordnet.

Tabelle 9: Bodenmechanische Eigenschaften der angetroffenen Bodenhorizonte

| | Z | Dim. | Homogenbereich A | Homogenbereich B |
|--|-------------------|-------------------|--|--|
| Bezeichnung | - | - | Oberboden | Sande und Kiese |
| Zusammensetzung | | | Schluffe, fein- bis mittel-sandig, organische Beimengungen | Kies, sandig; Kies, sandig, schwach schluffig; Kies, sandig, schluffig, Mittelsand, feinsandig; Mittelsand, Sand schluffig |
| Bodenart (DIN 4022) | | | U, fs, ms, o | G, s G, s, u' G, s, u, mS, fs mS |
| Klassifizierung nach DIN 14688-1 | | | fsamsaSi | saGr, sisaGr, fsamSa |
| Bodengruppe (DIN 18196) | | | OU | GI, GW, GU, GU*, SI, SE, SU |
| Farbe | | | dunkelbraun | rotbraun, hellbraun, grau |
| Mächtigkeit | | m | 0,4 | > 4,6 |
| Verbreitung | | | gesamtes Untersuchungsgebiet | gesamtes Untersuchungsgebiet |
| Dichte | Y | kN/m ³ | - | 17,0 -21,0 |
| Dichte unter Auftrieb | Y' | kN/m ³ | - | 9,5 – 12,5 |
| Konsistenz, Lagerungsdichte | | | - | mitteldicht bis dicht gelagert |
| Reibungswinkel | φ' | ° | - | 32,5 – 35,0 |
| Kohäsion | c' | kN/m ² | - | 0,0 |
| Durchlässigkeit | k _f | m/s | - | 10 ⁻² bis 10 ⁻⁸ |
| Undrainierte Scherfestigkeit | c _{u, k} | kN/m ² | - | - |
| Steifeziffer | E _s | MN/m ² | - | 50 – 150 |
| Frostempfindlichkeit nach ZTVE | | | F3 | F1, F2, F3 |
| Verdichtbarkeitsklasse nach ZTVA-StB 94 | | | V3 | V1, V2 |
| Trennflächengefüge | | | nicht vorhanden | nicht vorhanden |
| Bodenklasse nach DIN 18300, alt | | | 1 | 3, 4 |

¹⁾ bei breiiger Konsistenz, ²⁾ bei weicher bis halbfester Konsistenz

6 Geotechnische Empfehlungen und Hinweise zur Bauausführung

6.1 Planungsgrundlage

Die geplante Fahrbahn soll im Norden des Erschließungsgebietes an die bestehende Hebelstraße anschließen. Das Baugebiet liegt im Bereich von landwirtschaftlich genutzten Ackerflächen. Die Oberkante der geplanten Fahrbahn der Planstraßen ist nicht bekannt. Daher wurde eine Lage der Fahrbahnoberkante ungefähr auf dem derzeitigen Geländeniveau angenommen.

Die geplante Regenwasser- und Schmutzwasserkanalisation soll im Bereich des Straßenanschlusses an die Hebelstraße an die bestehende Kanalisation angeschlossen werden. Angaben über das Gründungsniveau der Kanalisation lagen nicht vor.

6.1.1 Regelaufbau beim Bau von Verkehrsflächen im öffentlichen Bereich

Der Bau öffentlicher Straßen erfolgt nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12.

Gemäß RStO 12 ist für eine ständig genutzte Straße eine Mindestdicke des frostsicheren Straßenoberbaus abhängig vom Boden und von der Belastungsklasse erforderlich. Bei Böden der Frostsicherheitsklasse F2 und F3 sind nach nachfolgender Tabelle folgende Mindestdicken des frostsicheren Straßenaufbaus zugrunde zu legen:

Tabelle 10: Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus nach RStO 12 (Tabelle 6)

| Frostempfindlichkeitsklasse | Dicke in cm bei Belastungsklasse | | |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------|-------|
| | Bk100 bis Bk10 | Bk3,2 bis Bk1,0 | Bk0,3 |
| F2 | 55 | 50 | 40 |
| F3 | 65 | 60 | 50 |

Nach RStO 12 ist für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 z.B. für die Belastungsklasse Bk3,2 eine Mindestdicke für den frostsicheren Oberbau von 50 cm anzusetzen.

Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse sind nach RStO 12, Tabelle 7, zu berücksichtigen. Nach ZTVE-StB 09 liegt das Untersuchungsgebiet in der Frosteinwirkungszone I.

Mehr- oder Minderdicken des Oberbaus ergeben sich durch die Wasserverhältnisse im Untergrund (Grund- oder Schichtenwasser kann zeitweise höher als 1,5 m unter Planum anstehen) mit + 0,05 m.

Zum Zeitpunkt der Untersuchung wurde in den Bohrungen RKS 1 – RKS 4 kein Grund- oder Schichtenwasser höher als 1,5 m unter Planum angetroffen. Nach Auswertung der Grundwasserdaten liegt der maximal zu erwartende GW-Stand der GWM Memprechtshofen, 231/113-6 bei rd. 129,2 m ü. NN. Daher sind bei höheren Grundwasserständen nach RStO 12 die Wasserverhältnisse im Untergrund für die Fahrbahn in Bezug auf die Frostsicherheit als ungünstig einzustufen (Grund- oder Schichtenwasser höher als 1,5 m unter Planum).

Der Regelaufbau in Abhängigkeit von der Bauweise (Asphalt- Beton-, Pflasterdecke) leitet sich aus der RStO 12, Tafel 1, Tafel 2 und Tafel 3 ab.

Voraussetzung an den Verformungsmodul des Erdrohplanums

Hinweis: Bei den Angaben der RStO 12 ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass die empfohlenen Einzelschichtstärken für den Aufbau der Verkehrsflächen ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ für das Erdrohplanum voraussetzt.

Auf der Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschuttschicht ist der entsprechende Verformungsmodul E_{v2} in Abhängigkeit von der Bauweise gemäß RStO 12, Tafel 1, Tafel 2 und Tafel 3 nachzuweisen.

Ist der erforderliche Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Planum dauerhaft nicht erreichbar (z. B. beim Antreffen von Schluffen mit weicher Konsistenz), ist der Untergrund zu verbessern z.B. durch eine **Erhöhung der Tragschichtstärke** oder durch eine **Bodenverbesserung mit Bindemitteln**.

Gründungssituation

In allen Bohrungen RKS 1 – RKS 4 wurde im Bereich der geplanten Fahrbahn ab Geländeoberkante der Oberboden der Schicht ① mit einer Mächtigkeit von ca. 0,4 m angetroffen. Der Oberboden ist nicht zur Abtragung von Lasten geeignet und daher im Bereich der geplanten Fahrbahn vollständig abzuschleifen.

Unter dem Oberboden der Schicht ① wurden im oberen Bereich der Schicht ② Kies-Schluff-Gemische der Bodengruppe GU angetroffen, die sich der Frostempfindlichkeitsklasse F2 (gering bis mittel frostempfindlich) zuordnen lassen. Nach RStO 12 ist auf dem frostempfindlichen Erdplanum für den frostsicheren Oberbau ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gefordert.

Sollte der geforderte Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Planum nicht erreicht werden, kann durch einen Bodenaustausch mit geeignetem Material und in entsprechender Stärke die Tragfähigkeit auf dem herzustellenden Erdplanum verbessert werden. Nach ZTVE-StB 09 wäre dabei z.B. unter Berücksichtigung eines erreichten Verformungsmoduls von $E_{v2} = 30 \text{ MN/m}^2$ auf den Kies-Schluff-Gemischen, ein Bodenaustausch mit Frostschutzmaterial in einer Stärke von 10 cm erforderlich, um auf dem Planum den geforderten Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachweisen zu können (siehe hierzu nachfolgendes Diagramm).

Verbesserung der Tragfähigkeit durch Erhöhung der Dicke der ungebundenen Tragschicht:

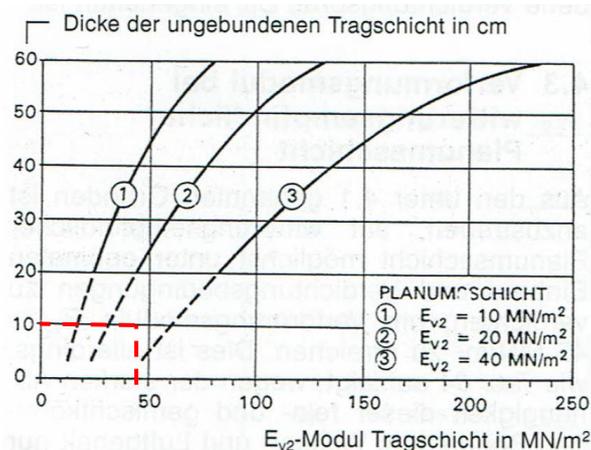


Abbildung 5: Verformungsmodul E_{v2} [MN/m²] auf der Frostschuttschicht in Abhängigkeit von deren Dicke und vom Verformungsmodul auf dem Planum (siehe ZTVE-StB 09, Abbildung 83).

Im Bereich einer notwendigen Aufschüttung wird für die Herstellung eines einheitlich tragfähigen Erdplanums empfohlen, verdichtungsfähiges Material aufzuschütten (Bodengruppen der Verdichtbarkeitsklasse V1, Bodengruppen nach DIN: GW, GI, GW, SE, usw.).

Für Aufschüttungen im Bereich von Straßendämmen ist nach ZTVE-StB 09 für die Bodengruppen GW und GI ab Dammsohle bis 1,0 m unter Planum ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 98$ % Proctordichte zu erreichen und ab Planum bis 1,0 m unter Planum ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100$ % Proctordichte.

6.1.2 Kanalisation

Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen keine Angaben über das Gründungsniveau der Kanalisation vor. Daher wurde eine Lage der Kanalsohle in einer Tiefe zwischen ca. 1,5 m und 2,5 m angenommen.

Im Planungsgebiet sind die Verlegung von Regenwasserkanalisation und Schmutzwasserkanalisation sowie der Anschluss an die bestehende Kanalisation vorgesehen. Für die Kanalsohle der Kanalisation wurde eine Lage der Kanalsohle zwischen ca. 1,5 m und 2,5 m unter der derzeitigen Geländeoberkante angenommen. Nach den Bohrergebnissen der Bohrungen RKS 1 – RKS 4 würde die Gründungssohle der Kanalisation damit vollständig in den Sanden und Kiesen der Schicht ② liegen.

Im Einflussbereich von Grundwasser sind Leitungen gegen Auftrieb und Gräben gegen einsickerndes Wasser zu sichern. Das Grundwasser ist zudem auf seine Betonaggressivität zu prüfen.

6.1.3 Schachtbauwerke

Bei einer Lage der Gründungssohle der Schachtbauwerke in den als gut tragfähig einzustufenden Sanden und Kiesen der Schicht ② sind keine weiteren Maßnahmen notwendig.

Sollten im Bereich der Gründungssohlen als setzungsempfindlich sowie schwer verdichtbar einzustufende Schluffe angetroffen werden, wären diese im Bereich der Gründungssohlen vollständig durch einen Bodenaustausch mit einer tragfähigen Aufschüttung aus frostsicherem, durchlässigem und wasserfestem Material zu ersetzen.

Bei den Schachtbauwerken ist für ein gleichmäßiges Auflager und eine ausreichende Verdichtung des Verfüllmaterials unter dem auskragenden Schachtteil zu achten. Generell ist die Gründungssohle intensiv zu verdichten und es ist für ein gleichmäßiges Auflager zu sorgen. Für die Seitenverfüllung ist eine ausreichende Verdichtung zu gewährleisten.

6.1.4 Rohraflager

Allgemeine Hinweise

Bei der Verlegung von Rohrleitungen im Untersuchungsgebiet müssen die Rohre gleichmäßig mit der ganzen Rohrschaftlänge aufliegen und der Boden muss im Bereich der oberen Bettungsschicht mindestens die gleiche Dichte aufweisen wie im Bereich unter dem Rohr (siehe nachfolgende Abbildung).

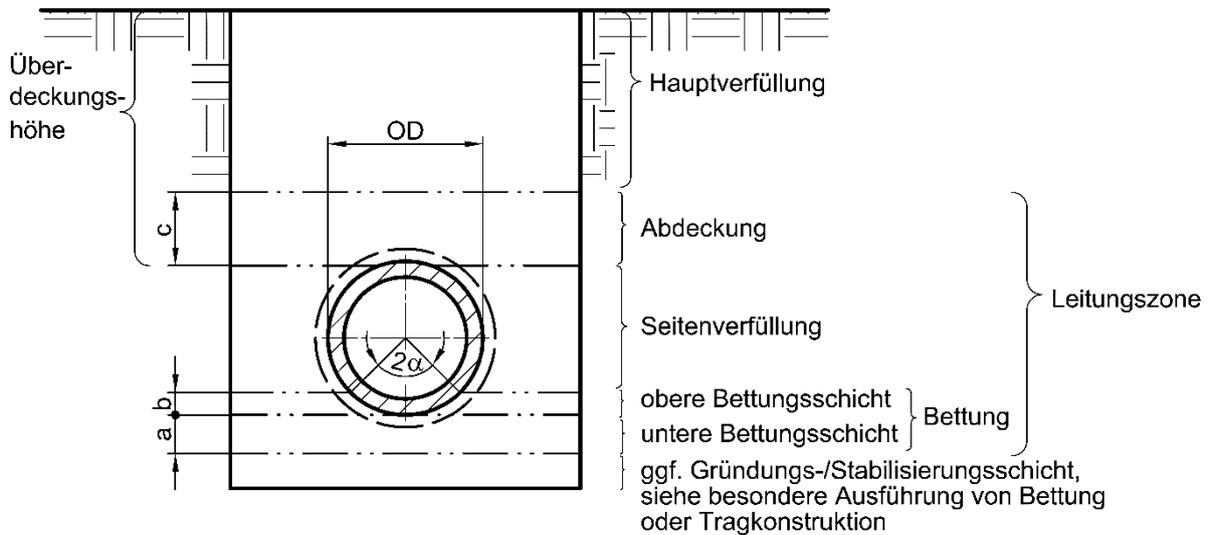


Abbildung 6: Prinzipskizze der Leitungszone und der Hauptverfüllung nach DIN 1610 (siehe Norm für das Kanalnetz, Berliner Wasserbetriebe, Regelblatt 15, Bild 1).

Nach den Forderungen der DIN EN 1610 sind folgende Bettungsvarianten möglich (Abbildung 7):

- Bettung Typ 1: Tiefer ausgehobene Grabensohle, Rohrverlegung auf ein einzubringendes Auflager (untere Bettungsschicht)
- Bettung Typ 2: Rohrverlegung direkt auf die vorgeformte und vorbereitete Grabensohle (gewachsener Boden)
- Bettung Typ 3: Rohrverlegung direkt auf die Grabensohle (gewachsener Boden)

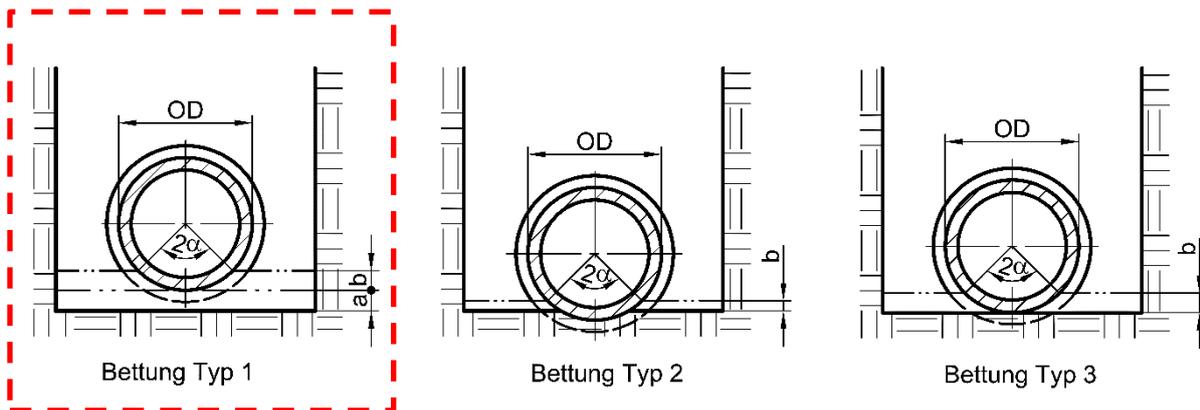


Abbildung 7: Prinzipskizze der Bettungstypen nach DIN 1610 (siehe Norm für das Kanalnetz, Berliner Wasserbetriebe, Regelblatt 15, Bild 2). Rot umrandet: durchzuführende Bettung im Untersuchungsgebiet.

Eine unmittelbare Rohrbettung nach Bettung Typ 2 und Typ 3 kann nach DIN EN 1610 bei gleichmäßigen, relativ feinkörnigen, nichtbindigen Böden aus Sand bis Mittelkies und bei bindigen Böden mit gleichmäßiger Tragfähigkeit mit einer Minstdicke von $100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$ erfolgen. Dabei können die Rohre nach der Nachverdichtung der aufgelockerten Grabensohle unmittelbar auf den anstehenden Boden aufgelegt werden.

Bei nicht tragfähigen, weichen Böden oder sehr harten Böden bzw. Fels ist nach DIN EN 1610 eine Bettung nach Typ 1 mit einer unteren Bettungsschicht mit einer Mindestdicke von $t = 100 \text{ mm} + 1/5 \text{ DN}$ (in mm) vorzusehen.

Gemäß DIN EN 1610 dürfen Baustoffe für die Bettung keine Bestandteile enthalten, die größer sind als:

- 22 mm bei $\text{DN} \leq 200$,
- 40 mm bei $\text{DN} > 200$ bis $\text{DN} \leq 600$.

Im Einflussbereich von Grundwasser sind Leitungen gegen Auftrieb und Gräben gegen einsickerndes Wasser zu sichern.

Gründungsempfehlung für die Kanalisation

Bei einer Lage der Kanalisation zwischen ca. 1,5 m und 2,5 m unter der derzeitigen Geländeoberkante, würde die Gründungssohle der Kanalisation nach den Bohrerergebnissen der Rammkernsondierungen RKS 1 – RKS 4 vollständig in den Sanden und Kiesen der Schicht ② liegen. Aufgrund der wechselnden Schichtverhältnisse mit wechselnden Kornverteilungen und unterschiedlichen Tragfähigkeiten, ist zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Bettung den Einbau einer unteren Bettungsschicht nach Bettung **Typ 1** (Regelausführung) vorzusehen.

Gemäß DIN EN 1610 darf jede Ausführung von Bettung oder Tragkonstruktion nur ausgeführt werden, wenn ihre Eignung durch eine statische Berechnung nachgewiesen wird.

Allgemeine Hinweise für die Verlegung von Rohren

Geeignete Baustoffe für die Leitungszone sind Sande (Bodengruppen SE, SI, SW mit Ungleichförmigkeitszahl $U \geq 3$), stark sandige Kiese (Sandanteil $> 15 \%$ und Ungleichförmigkeitszahl $U \geq 3$) mit einem Größtkorn 20 mm sowie Brechsand oder Split mit einem Größtkorn 11 mm für Rohre $< \text{DN } 900$ und mit einem Größtkorn 20 mm für Rohre $\geq \text{DN } 1000$.

Die obere Bettungsschicht ist entsprechend den statischen Berechnungen bzw. der Planvorgaben in der vorgegebenen Dicke einwandfrei herzustellen.

Gemäß DWA-A 139 ist ein Geotextil zum Schutz der Leitungszone und der Hauptverfüllung gegen eindringenden Boden und Bodenverlagerung erforderlich, wenn der anstehende Boden in seiner Körnung gegenüber der Verfüllung in der Leitungszone nicht filterstabil ist.

Für die Leitungszone empfehlen wir ein Geotextil, da die anstehenden Kies-Schluff-Gemische der Schicht ② gegenüber der Verfüllung in der Leitungszone nicht filterstabil ist. Ein Trenn- und Filtergeotextil verhindert das Einspülen von Feinkornanteilen aus anstehendem feinkörnigen Boden in grobkörniges Verfüllmaterial des Rohrgrabens (Suffosion).

Eine Auflockerung des anstehenden Bodens im Auflagerbereich muss vermieden werden. Aufgelockerter Boden muss durch eine gleichmäßige und nachzuweisende Nachverdichtung auf mindestens $D_{Pr} \geq 97\%$ Proctordichte verdichtet werden.

Bei schwer verdichtbarem Boden ist ein Austausch durch geeignetes Material sowie eine sorgfältige Verdichtung vorzusehen. Es ist zu empfehlen zahnlose Baggerlöffel einzusetzen.

Zudem ist zu beachten, dass die Baustoffe in der gesamten Leitungszone nach ZTVE-StB 09 keine Bestandteile enthalten, die größer als 22 mm sind.

Die verwendeten Sande und sandigen Kiese müssen gut verdichtbar sein (Verdichtbarkeitsklasse V1). Schwach sandige Kiese sowie Schlacken und aggressive Stoffe sind für die Auflagerung und Einbettung nicht geeignet.

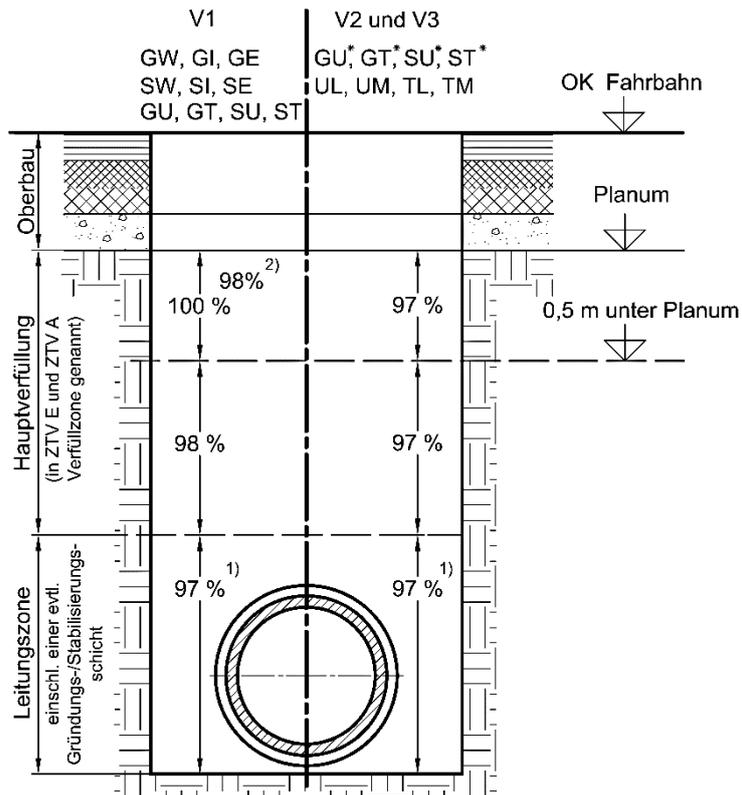
Nach ZTVE-StB 09 muss die Verfüllung von Leitungsgräben einen nachgewiesenen Verdichtungsgrad von mind. $D_{Pr} = 97\%$ erreichen. Die Breite der Bettung muss mit der Grabenbreite übereinstimmen.

Die geforderten Lagerungsdichten nach ZTVE-StB 09 sind in Abbildung 8 dargestellt.

Es ist durch geeignete Maßnahmen (z.B. Einbau von Dichtriegeln aus Beton oder bindigem Boden) zu verhindern, dass sich der Leitungsgraben nach dem Verfüllen für zufließendes Oberflächen- und Grundwasser zu einer Längsdrainage ausbildet.

Für enge Bereiche der Leitungszone (Rohrzwinkel, Schachtanschlüsse), die sich nicht verfüllen und verdichten lassen, empfehlen wir den Einbau von Boden-Bindemittel-Gemischen oder Porenleichtbeton.

Verdichtbarkeitsklasse nach DWA-A 139
und ZTV A-StB 97
Bodengruppen nach DIN 18196



1) Böden GU, GT, SU, ST sowie Böden der Verdichtbarkeitsklassen V2 und V3 sind im Regelblatt 15 für die Leitungszone nicht zugelassen.

2) In Geh- und Radwegen

Abbildung 8: Geforderte Lagerungsdichten nach ZTVE-StB 09 in Straßen und Wegen (Prinzipische Skizze) (siehe Norm für das Kanalnetz, Berliner Wassertriede, Regelblatt 15, Bild 3).

Die Rohre sind so zu verlegen, dass sie weder durch Linien- noch durch Punktlagerung beansprucht werden. Die Rohre müssen gleichmäßig über die ganze Rohrschaftlänge aufliegen. Der Boden muss im Bereich der oberen Bettungsschicht mindestens die gleiche Dichte aufweisen wie im Bereich unter dem Rohr. Nach dem Herstellen der Rohrverbindung müssen die Unterstopfung des Rohres und die

Verdichtung der Zwickel seitlich unter dem Rohr sorgfältig durchgeführt werden. Für Rohre mit Glockenmuffen sind Muffenlöcher in ausreichender Breite, Länge und Tiefe auszuheben, um eine unzulässige Punktlagerung auf den Muffen der Rohre (Muffenreiten) zu vermeiden.

Das Verfüllen und Verdichten muss gleichmäßig und lagenweise ($d \leq 0,3 \text{ m}$) erfolgen. Dabei ist die Schütthöhe dem Boden und dem zum Einsatz kommenden Verdichtungsgerät anzupassen. Eine Probeverdichtung ist zu empfehlen.

Für die Verdichtung können erfahrungsgemäß, je nach Dicke der Schüttlage, folgende Geräte zweckmäßig sein:

| | |
|--------------|---|
| bis 15 cm | - leichter Vibrationsstampfer (25 kg Gewicht) |
| 15 bis 30 cm | - mittlerer Vibrationsstampfer (25 bis 60 kg) |
| bis 20 cm | - leichte Rüttelplatte (100 kg) |
| 40 bis 50 cm | - schwerer Vibrationsstampfer (60 bis 200kg) |
| 30 bis 50 cm | - mittlere Rüttelplatte (300 bis 750 kg) |
| 40 bis 70 cm | - schwere Rüttelplatte (750 kg) |

Das Einbringen der Hauptverfüllung (Bereich über der Leitungszone) ist entsprechend den Planvorgaben auszuführen. Wenn Setzungen vermieden werden sollen, ist die Hauptverfüllung lagenweise so auszuführen, dass eine ausreichende Verdichtung gewährleistet ist und es ist Boden der Verdichtbarkeitsklasse V1 zu verwenden. Die Rohre dürfen dabei nicht beschädigt werden. Schlagartiges Einfüllen großer Erdmassen ist unzulässig.

Die Dicke der Abdeckung ist nach DIN EN 1610 mit 150 mm über dem Rohrschaft bzw. 100 mm über der Rohrverbindung festgelegt. Eine mechanische Verdichtung darf im Bereich der Leitungszone bis 1,0 m Schichtdicke über Rohrscheitel nur mit leichtem, bis 3,0 m auch mit mittelschwerem und darüber auch mit schwerem Verdichtungsgerät erfolgen (siehe nachfolgende Abbildung).

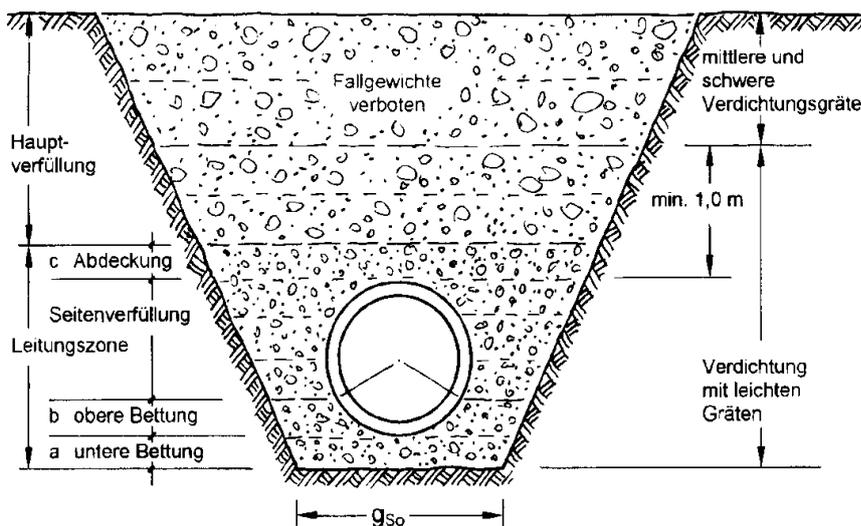


Abbildung 9: Prinzipskizze Rohraufleger.

Besondere Belastungen während des Bauzustands, z. B. Befahren der überschütteten Rohrleitungen bei kleiner Überdeckung mit schweren Baugeräten und Fahrzeugen sowie Lagerung von Bodenaushub über der Leitung, sind unzulässig.

6.1.5 Trinkwasserleitungen

Für das Rohraufleger von Wasserleitungen ist nach ZTVE-StB 09 steinfreier, gut verdichtbarer und tragfähiger Boden geeignet. Die erforderliche Schichtdicke des geeigneten Bodens beträgt $t = 100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$ in mm, mindestens aber $t = 150 \text{ mm}$. Andernfalls ist eine Ausgleichsschicht aus geeignetem Material einzubauen oder ein besonderes Rohraufleger auszubilden (z.B. Bodenverfestigung, Beton). Bei nicht tragfähigem Baugrund sind besondere Bettungsmaßnahmen erforderlich (z.B. Matten aus Geokunststoffen, Tragplatten). Das Rohraufleger muss mindestens den Auflagerwinkel der statischen Berechnung aufweisen. Dieser soll gemäß ZTVE-StB 09 für biegesteife Rohre kleiner und mittlerer Nennweite in der Regel etwa 60° betragen.

Zur Auflagerung bzw. Einbettung der Leitung können je nach Rohrmaterial, Außenschutz und Rohrdurchmesser Sand, Kiessand oder steinfrei aufbereitete Korngemische eingebaut werden. Je empfindlicher das Rohr, desto feinkörniger und gleichmäßiger muss das Material der Einbettung sein. Die Rohre sind so zu verlegen, dass weder Linien- noch Punktlagerung auftritt. Für die Muffen sind deshalb Vertiefungen im Auflager herzustellen. Im Einflussbereich von Grundwasser sind Leitungen gegen Auftrieb und der Graben gegen einsickerndes Wasser zu sichern.

Unter Annahme einer Tiefenlage der Trinkwasserleitung bei ca. 1,0 – 2,0 m u. endgültiger GOK, wird die Gründungssohle nach den Ergebnissen der Bohrungen RKS 1 – RKS 4 in den Sanden und Kiesen der Schicht ② zu liegen kommen. Die Sande und Kiese der Schicht ② sind allgemein als gut tragfähig einzustufen.

6.1.6 Hinweise zur Bauausführung

Hinweise zur Bauausführung bei der Herstellung der Frostschutzschicht

- Vor dem Einbau der Frostschutzschicht ist das Erdplanum zu überprüfen. Die zu erreichenden Verformungsmoduln auf dem Planum und der Frostschutzschicht bzw. Tragschicht sind mittels Lastplattendruckversuchen nach DIN 18 134 nachzuweisen.
- Inhomogenitäten im herzustellenden Planum (Pflanzenreste, Wurzeln, Steine, etc.) zu entfernen.
- Das Planum muss profilgerecht und eben hergestellt sein.
- Ist das Planum aufgeweicht, muss der aufgeweichte Boden vor Aufbringen des Frostschutzmaterials abgetrocknet und nochmals verdichtet werden. Gegebenenfalls muss er gegen geeigneten Boden ausgetauscht werden. Die Frostschutzschicht darf nicht verschmutzt werden.
- Die Frostschutzschicht ist so anzuordnen und auszuführen, dass sie im Bau- und Betriebszustand der Straße einwandfrei entwässern kann.
- Sollte die Frostschutzschicht für längere Zeit unmittelbar befahren werden oder über den Winter liegen bleiben, sind geeignete Schutzmaßnahmen vorzusehen.
- Verdichtung hat mit geeignetem Gerät (z. B. Flächenrüttler, Glattradwalze, Schafffußwalze, Gummiradwalze) zu erfolgen
- Die Arbeiten sollen bei möglichst trockenem Wetter stattfinden. Bei der Herstellung der Bodenverbesserung darf die Lufttemperatur von $+ 5 \text{ C}$ darf nicht unterschritten werden.

6.1.7 Herstellen der Baugruben

Die Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610 in Abhängigkeit von der Nennweite DN des Rohres und vom Böschungswinkel können aus der Tabelle 11 und der Tabelle 12 entnommen werden. In der Tabelle 11 ist die Mindestgrabenbreite für Abwasserleitungen und Abwasserkanäle in Abhängigkeit von der Nennweite DN aufgetragen und in Tabelle 12 ist die Mindestgrabenbreite für Abwasserleitungen und Abwasserkanäle in Abhängigkeit von der Grabentiefe dargestellt. Der größere Wert aus Tabelle 11 oder Tabelle 12 ist maßgebend.

Tabelle 11: Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit von der Nennweite DN für Abwasserleitungen und Abwasserkanäle nach DIN 1610

| DN | Mindestgrabenbreite (OD + x) [m] | | |
|------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------------|
| | verbauter Graben | unverbauter Graben | |
| | | $\beta > 60^\circ$ | $\beta \leq 60^\circ$ |
| < 225 | OD + 0,40 | OD + 0,40 | |
| > 225 bis < 350 | OD + 0,50 | OD + 0,50 | OD + 0,40 |
| > 350 bis < 700 | OD + 0,70 | OD + 0,70 | OD + 0,40 |
| > 700 bis < 1200 | OD + 0,85 | OD + 0,85 | OD + 0,40 |
| > 1200 | OD + 1,00 | OD + 1,00 | OD + 0,40 |

Bei den Angaben OD + x entspricht x/2 dem Mindestarbeitsraum zwischen Rohr- und Grabenwand bzw. Grabenverbau.
Dabei ist:
OD der Außendurchmesser, in m
 β der Böschungswinkel des unverbauten Grabens, gemessen gegen die Horizontale

Tabelle 12: Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit von der Grabentiefe für Abwasserleitungen und Abwasserkanäle nach DIN 1610

| Grabentiefe [m] | Mindestgrabenbreite [m] |
|-----------------------|--------------------------------------|
| < 1,00 | keine Mindestgrabenbreite vorgegeben |
| $\geq 1,00 \geq 1,75$ | 0,80 |
| $< 1,75 \leq 4,00$ | 0,90 |
| > 4,00 | 1,00 |

Wenn eine Bodenverdichtung innerhalb der Leitungszone mit maschinellen Geräten vorgesehen ist, ist rechts und links des Rohrschafts ein Mindestarbeitsraum von ca. 0,5 m vorzusehen.

Frei geböschte oder mit lotrechter Wand ausgehobene Gräben dürfen keinen schädlichen Einfluss auf die umliegende Bebauung, Leitungen und Verkehrswege ausüben.

Nach DIN 4124 sind folgende Böschungsneigungen einzuhalten:

- für nichtbindige oder gemischtkörnige Böden, Klasse 3 und 4, $\beta = 45^\circ$
- für steife bis feste bindige Böden, Klasse 4 und 5, $\beta = 60^\circ$
- Fels, Klasse 6 (leicht lösbar) und Klasse 7 (schwer lösbar), $\beta = 80^\circ$

Die gesamte Baugrubenböschung ist gegen Niederschlag mit Baufolie abzudecken. In allen Fällen ist darauf zu achten, dass die Böschungsschulter über eine Breite von mindestens 0,6 m lastfrei gehalten wird. Der Leitungsgraben ist während der Bauarbeiten wasserfrei zu halten, also durch Abdeckung zu schützen bzw. durch Wasserhaltung zu entwässern.

Lotrechter Aushub darf nach DIN 4124 nur bis 1,25 m Tiefe und bei lastfreiem Randstreifen von mindestens 0,6 m erfolgen. Bei Tiefen zwischen 1,25 m und 1,75 m muss mit abgeböschter Kante oder Teilverbau gesichert werden. Bei Tiefen $>1,75$ m ist nach DIN 4124 abzuböschten oder zu verbauen.

Standsicherheitsnachweise nach DIN 4084-100 werden erforderlich bei:

- Böschungshöhen $h > 5$ m oder Böschungswinkel β größer als die empfohlenen Werte
- Gefährdung baulicher Anlagen einschließlich Leitungen
- stark ansteigendem Gelände neben der Böschungskante oder steil angelegten Erdlasten ($> 1:2$) bzw. Stapellasten > 10 kN/m² neben dem 0,6 m breiten Schutzstreifen
- Straßenfahrzeugen, Baggern, oder Kränen, deren Abstände zur Böschungskante die Mindestwerte nach DIN 4124 unterschreiten
- eine ungünstige Gegebenheit oder ein ungünstiger Einfluss die Standsicherheit nach DIN 4124 gefährdet

6.2 Grundwasserhaltung

Je nach jahreszeitlichem Grundwasserstand kann zur Trockenlegung der Baugruben eine Grundwasserabsenkung notwendig sein. Dafür sind die diesbezüglichen Genehmigungen einzuholen und die Absenkezeiten und abzupumpenden Wassermengen entsprechend den behördlichen Auflagen einzuhalten.

Auf jeden Fall müssen im Vorfeld an der benachbarten Bebauung Beweissicherungen durchgeführt werden.

Weiter ist darauf zu achten, dass keine unzulässig großen hydraulischen Wasserüberdrücke zwischen abgesenkter Baugrube und dem nicht abgesenkten Gelände entstehen, da sonst Auflockerungen und Sohlauftriebe (hydraulischer Grundbruch) entstehen können.

Die Sande und Kiese der Schicht ② weisen bei einem Feinkornanteil $< 5\%$ erfahrungsgemäß k_f Werte von 10^{-2} m/s bis 10^{-5} m/s auf und sind damit als stark durchlässig bis durchlässig einzustufen. In den Kies-Schluff-Gemischen der Schicht ② können je nach Kornverteilung und Feinkornanteil erfahrungsgemäß k_f Werte von 10^{-5} m/s bis 10^{-8} m/s auftreten. Eine Grundwasserhaltung kann mittels offener Wasserhaltung über einen Pumpensumpf oder mit Hilfe von Absenkbrunnen erfolgen.

6.3 Absenkbrunnen

Für die vorgesehene Größe des Bauvorhabens ist für die Herstellung einer trockenen Baugrube eine bestimmte Anzahl von Absenkungsbrunnen notwendig. Zur Ermittlung des Wasserandrangs zur Baugrube werden neben der Absenktiefe genaue Durchlässigkeitsbeiwerte für die Schicht ② benötigt.

Wir empfehlen eine Probegrundwasserabsenkung anhand eines Pumpversuches und Pegelmessungen gemäß dem Merkblatt über Wasserhaltungen bei Baugruben. Hierbei sollten an verschiedenen Bodenproben die Durchlässigkeiten getestet werden, da die Zuströmung zu einem Absenktrichter von der Durchlässigkeit des Bodens im gesamten Ablagerungsraum abhängig ist. Das Absenkziel soll für die Zeit der Bauarbeiten bei ca. 0,5 m unter der Baugrubensohle liegen.

Des Weiteren müssen wir darauf hinweisen, dass für innerhalb des Absenktrichters gelegene Baulichkeiten durch die Grundwasserabsenkung Baugrund- und Setzungsrisiken bestehen und daher im Vorfeld Beweissicherungen durchgeführt werden müssen.

Eine Wiederversickerung des im Zuge der Absenkung geförderten Grundwassers wäre insbesondere bei längerer Entnahme und zur Gewährleistung eines minderen Eingriffs in den Grundwasserhaushalt zu empfehlen. Alternativ dazu kann eine Einleitung in einen Vorfluter in Betracht gezogen werden.

Wir weisen darauf hin, dass für die Entnahme und Förderung von Grundwasser die entsprechenden Genehmigungen einzuholen sind.

Zur Verringerung der technischen Aufwendungen für die Grundwasserabsenkung ist die Durchführung der Baumaßnahmen zu Zeiten eines geringen Grundwasserstandes (Frühjahr bis Spätherbst) anzuraten.

6.4 Wiederverwendbarkeit von anfallendem Aushubmaterial

Hinweis: Die Einstufung des anfallenden Aushubmaterials erfolgt nach geotechnischen Kriterien. Eine abfallrechtliche Einstufung wird nicht vorgenommen. Bei eventueller Entsorgung von Aushubmaterial an anderer Stelle, werden Haufwerksbeprobungen in Anlehnung an die LAGA PN98 mit entsprechender nachgängiger Deklaration des Materials empfohlen.

Eine Einstufung der verschiedenen Bodengruppen in unterschiedliche Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVE-StB 09 ist in Tabelle 13 dargestellt. Damit ergibt sich eine Unterteilung in gut verdichtbare (Verdichtbarkeitsklasse V1) bis weniger gut verdichtbare Böden (Verdichtbarkeitsklasse V3).

Tabelle 13: Verdichtbarkeitsklassen für verschiedene Bodengruppen

| Verdichtbarkeitsklasse | Kurzbeschreibung | Bodengruppe nach DIN 18196 |
|------------------------|--|--|
| V1 | nicht bindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden | GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST |
| V2 | bindige, gemischtkörnige Böden | GU*, GT*, SU*, ST* |
| V3 | bindige, feinkörnige Böden | UL, UM, TL, TM, TA |

Bei der Herstellung des Erdplanums für die Fahrbahn und dem Bau der Kanalisation ist mit Bodenmaterial der Schicht ① (Mutterboden), der Schicht ② (Sande und Kiese) zu rechnen.

Oberboden (Schicht ①)

Oberboden wurde in den Bohrungen RKS 1 – RKS 4 in einer Stärke von ca. 40 cm angetroffen. Nach Abtrag ist der Oberboden gesondert und möglichst zusammenhängend bereitzustellen. Der Oberboden darf nicht befahren oder verdichtet werden.

Für einen Wiedereinbau mit geotechnischen Anforderungen ist der Mutterboden aufgrund des Gehaltes an organischen Beimengungen nicht geeignet.

Der Mutterboden kann ggf. im Bereich der geplanten Fahrbahn für die randliche Andeckung der Dammschüttung verwendet werden.

Sande und Kiese (Schicht ②)

Die in den Bohrungen angetroffenen Böden der anstehenden Ablagerungssedimente der Schicht ② können nach DIN 18 196 den Bodengruppen GI, GW, GU, GU*, SI und SE zugeordnet werden.

Die Sande und Kiese der Schicht ② lassen sich mit einem Feinkornanteil < 5% nach DIN 18 196 den Bodengruppen GI, GW, SI und SE zuordnen. Damit gehören sie zur Verdichtbarkeitsklasse V1 und können ggf. für den Wiedereinbau als Trag- bzw. Frostschuttschicht im Bereich von Fahrbahnen vorgesehen werden. Die Frostsicherheit wäre ggf. zu überprüfen. Für den Wiedereinbau im Bereich der Leitungszone wären grobkörnige Böden der Schicht ② mit einem Größtkorn 22 mm geeignet.

Sande der Schicht ② der Bodengruppen SI und SE sowie stark sandige Kiese mit einem Feinkornanteil < 5% (Sandanteil > 15 % und Ungleichförmigkeitszahl $U > 3$) und mit einem Größtkorn von 22 mm können für den Wiedereinbau im Bereich der Bettungsschicht für Rohrleitungen \leq DN 200 und mit einem Größtkorn von 40 mm für Rohrleitungen $>$ DN 200 bis \leq DN 600 vorgesehen werden.

Die Kies-Schluff-Gemische der Bodengruppe GU (Feinkornanteil 5 bis 15 %) gehört zur Verdichtbarkeitsklasse V1. Bei einem Wiedereinbau der Sande der Bodengruppe SU als Tragschichtmaterial im Bereich der Fahrbahn wäre ggf. die Frostsicherheit des Materials zu überprüfen.

Die Kies-Schluff-Gemische der Schicht ② der Bodengruppe SU* (Feinkornanteil 15 bis 40 %) gehören zur Verdichtbarkeitsklasse V2 und sind damit für den Wiedereinbau ohne Zusatzmaßnahmen nur bedingt geeignet. Der Boden kann jedoch zur Geländemodellierung vor Ort verwendet werden.

Durch Eignungsprüfung ist zu belegen, dass der Verfüllbaustoff weder schädliche Verformungen für die Leitung und die Verkehrsflächen verursacht, noch auf das Leitungsmaterial aggressiv wirkt.

Unbrauchbar gewordener Boden ist gegen Boden der Klassen V1 bzw. V2 auszutauschen. Er kann auch mit Bindemittel verbessert oder durch geeignetes Recycling-Material ersetzt werden. Durch geringe Kalkzugabe (Bodenverbesserung) kann feinkörniges Aushubmaterial als Verfüllmaterial im Bereich von Rohrleitungen wiedereingebaut werden. Dabei ist darauf zu achten, dass mit Hilfe von geeigneter Gerätetechnik eine gute Durchmischung des Boden-Kalk-Gemisches erfolgt.

6.5 Versickerung von Oberflächenwasser

Einzuhaltende Randbedingungen beim Bau von Versickerungsanlagen in Baden-Württemberg

Bei der Planung von Versickerungsanlagen ist besonders darauf zu achten, dass die zur Reinigung der eingeleiteten Niederschlagswässer notwendige ungesättigte Zone weitgehend zu erhalten bzw. wiederherzustellen ist. Generell kommen für die gezielte, dezentrale Versickerung in Baden-Württemberg lediglich zwei verschiedene Anlagearten in Frage. Diese sind in der Rangfolge entsprechend ihres Gefährdungspotentials für das Grundwasser aufgelistet:

1. Flächenversickerung
2. Versickerung über Mulden oder Becken gegebenenfalls eventuell in Kombination mit Sickerschlitzten zum besseren hydraulischen Kontakt zu tiefliegenden Porenwasseraquiferen.

Andere Versickerungssysteme wie z.B. eine Schachtversickerung sind nicht genehmigungsfähig bzw. eine Versickerung über Rigolen oder Sickerkästen ist nur im Ausnahmefall nach spezieller Prüfung durch die Fachbehörde im Einzelfall genehmigungsfähig.

Hierbei ist die Durchlässigkeit des Sickerraums eine wesentliche qualitative und quantitative Voraussetzung für das Versickern von Niederschlagswasser.

Nach dem Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Arbeitsblatt A 138 "Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser" kommen für Versickerungsanlagen Lockergesteine in Frage, deren **k_f -Werte (Durchlässigkeitsbeiwerte) im Bereich von 1×10^{-3} bis 1×10^{-6} m/s liegen.**

Nach Angaben des Arbeitsblatts der DWA-A-138 ist zur Gewährleistung der notwendigen Versickerungskapazität ein **Abstand der Sohle der Versickerungsanlage zum mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW) von mindestens 1,0 m** einzuhalten.

Situation im Baufeld

In den Rammkernbohrungen RKS 1 - RKS 4 wurden unter dem Oberboden der Schicht ① ab ca. 0,4 m unter Geländeoberkante die Sande und Kiese der Schicht ② angetroffen.

Die im Baufeld unter dem Oberboden anstehenden oberflächennahen Kies-Schluff-Gemische der Schicht ② weisen je nach Feinkornanteil Durchlässigkeiten von $k_f = 10^{-5}$ bis 10^{-7} (Bodengruppe GU) und $k_f = 10^{-6}$ bis 10^{-8} (Bodengruppe GU*) auf und sind damit für eine **flächige Versickerung** ebenfalls als **ungeeignet** einzustufen. Die Sande und Kiese der Schicht ② mit einem Feinkornanteil < 5% können mit k_f -Werten von 10^{-5} bis 10^{-2} als durchlässig bis stark durchlässig eingestuft werden und wären damit für eine Versickerung **geeignet**.

Ggf. kann eine Versickerung über ein **Mulden-Rigolen-System** oder über **Sickerschächte** in Betracht gezogen werden. Im Ausführungsfalle wären hier detaillierte Untersuchungen zur Machbarkeit bzw. als Grundlage für eine Dimensionierung erforderlich. Als Alternative dazu kann eine Versickerung von Oberflächenwasser mit Hilfe eines Bodenaustausches und dem Einbau einer versickerungsfähigen Schicht bis in eine ausreichende Tiefe realisiert werden.

Nach Auswertung der Zeitreihe der amtlichen Grundwassermessstelle GWM Memprechtshofen, 231/113-6 für den Zeitraum von 1991 bis 2019 ergibt sich im Bereich des Untersuchungsgebietes ein mittlerer höchster Grundwasserstand **MHGW = rd. 128,6 m+NN**.

Nach Angaben des Arbeitsblatts der DWA-A-138 ist zur Gewährleistung der notwendigen Versickerungskapazität ein Abstand der Sohle der Versickerungsanlage zum mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW) von mindestens 1,0 m einzuhalten.

Bei einer Versickerung in die als durchlässig bis stark durchlässig einzustufenden Sande und Kiese der Schicht ② mit einem Feinkornanteil < 5% könnte bei hohem Grundwasserstand demzufolge zeitweise je nach topographischer Lage der erforderliche Abstand (> 1,0 m) zwischen Versickerungssohle und Grundwasserspiegel nicht eingehalten werden und die notwendige Versickerungskapazität wäre nicht gegeben.

Für die Dimensionierung von Versickerungsanlagen wäre bei genauer Kenntnis der Lage der geplanten Versickerungsfläche die tatsächliche Versickerungsleistung der Kies-Schluff-Gemische und der Kiese der Schicht ② über Versickerungsversuche zu ermitteln.

7 Sonstige Hinweise

Bei schlechter Witterung ist das Befahren mit schweren Baugeräten nur eingeschränkt möglich. Eventuell sind „Baustraßen“ erforderlich.

Bei den schluffigen Sanden und den Schluffen ist zu berücksichtigen, dass sie beim Zutritt von Wasser in weiche, breiige oder flüssige Konsistenz übergehen können.

Aufgrund der im Winter und Frühjahr nassen Witterung empfehlen wir die Ausführung von Erdarbeiten in den Sommermonaten.

Sollte im Rahmen der baulichen Tätigkeiten Bodenaushub anfallen, ist das Material grundsätzlich abfallrechtlich zu untersuchen und zu deklarieren und einer Verwertung bzw. einer Entsorgung zuzuführen.

8 Abschließende Bemerkungen

Die in diesem Bericht beschriebenen Baugrundverhältnisse beruhen auf punktuellen Aufschlüssen. Abweichungen des Baugrundaufbaus können deswegen grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden.

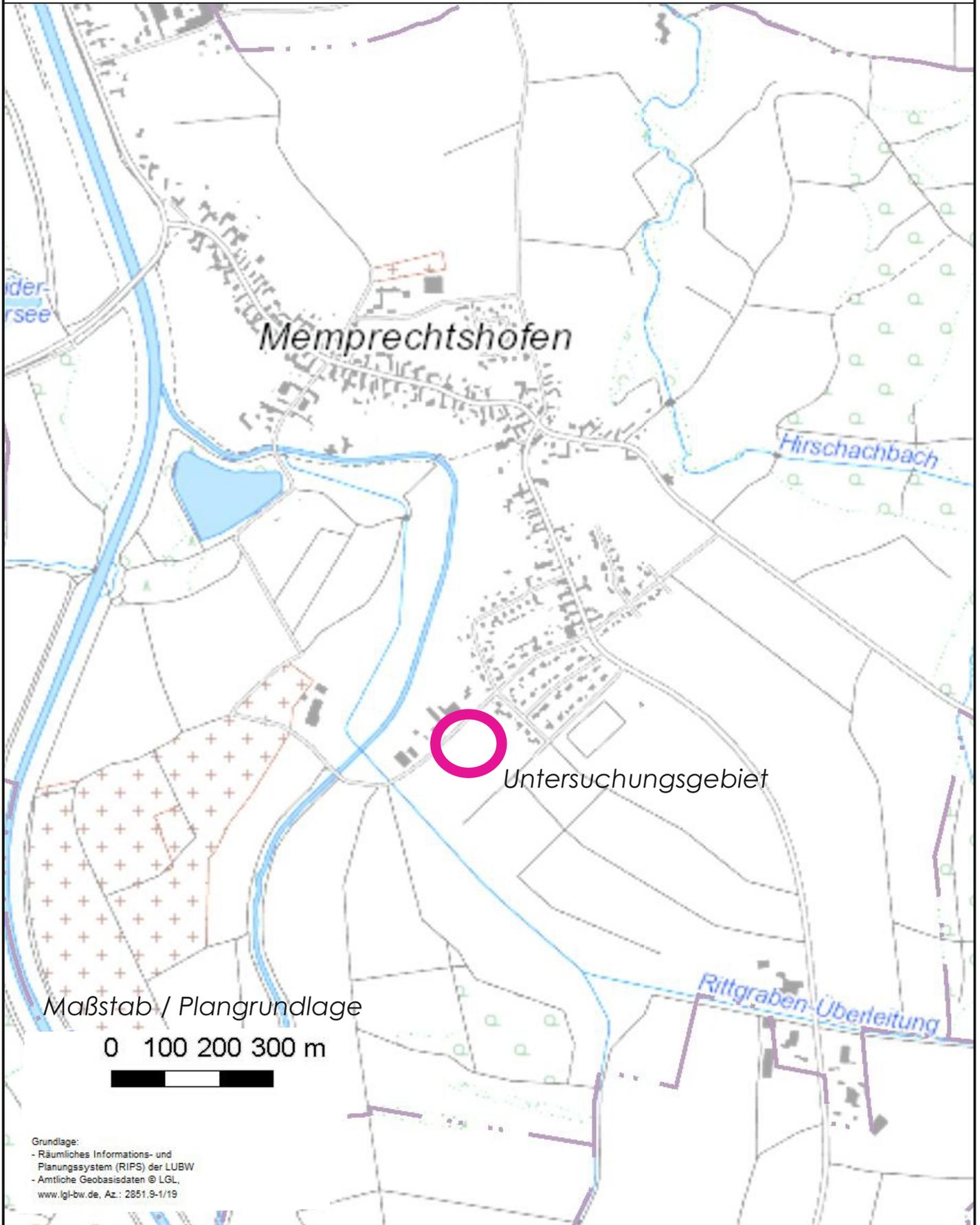
Die vorgestellten und erläuterten Ergebnisse belegen, dass die Gründung des Bauvorhabens unter Berücksichtigung der genannten Varianten erdstatisch standsicher durchführbar ist.

Bei einer eventuellen Änderung des geplanten Lastabtragniveaus ist zu prüfen, inwieweit die hier erläuterten geotechnischen Vorgaben davon berührt werden könnten.

Vor Beginn der Baumaßnahme ist der aktuelle Grundwasserstand zu prüfen und die Trockenhaltung einer eventuellen Baugrube sicherzustellen. Sollten die Grundwasserstände während vor bzw. während Bauphase ansteigen, ist der Grundwasserstand mindestens 0,5 m unter das Niveau der Baugrubensohle abzusenken.

In die Baugrube eintretendes Schichtwasser bzw. Tagwasser ist mittels Drainage zu fassen und druckfrei abzuleiten.

Nach erfolgtem Baugrubenaushub wird daher die Überprüfung der Baugrundverhältnisse durch den Baugrundgutachter unbedingt empfohlen.

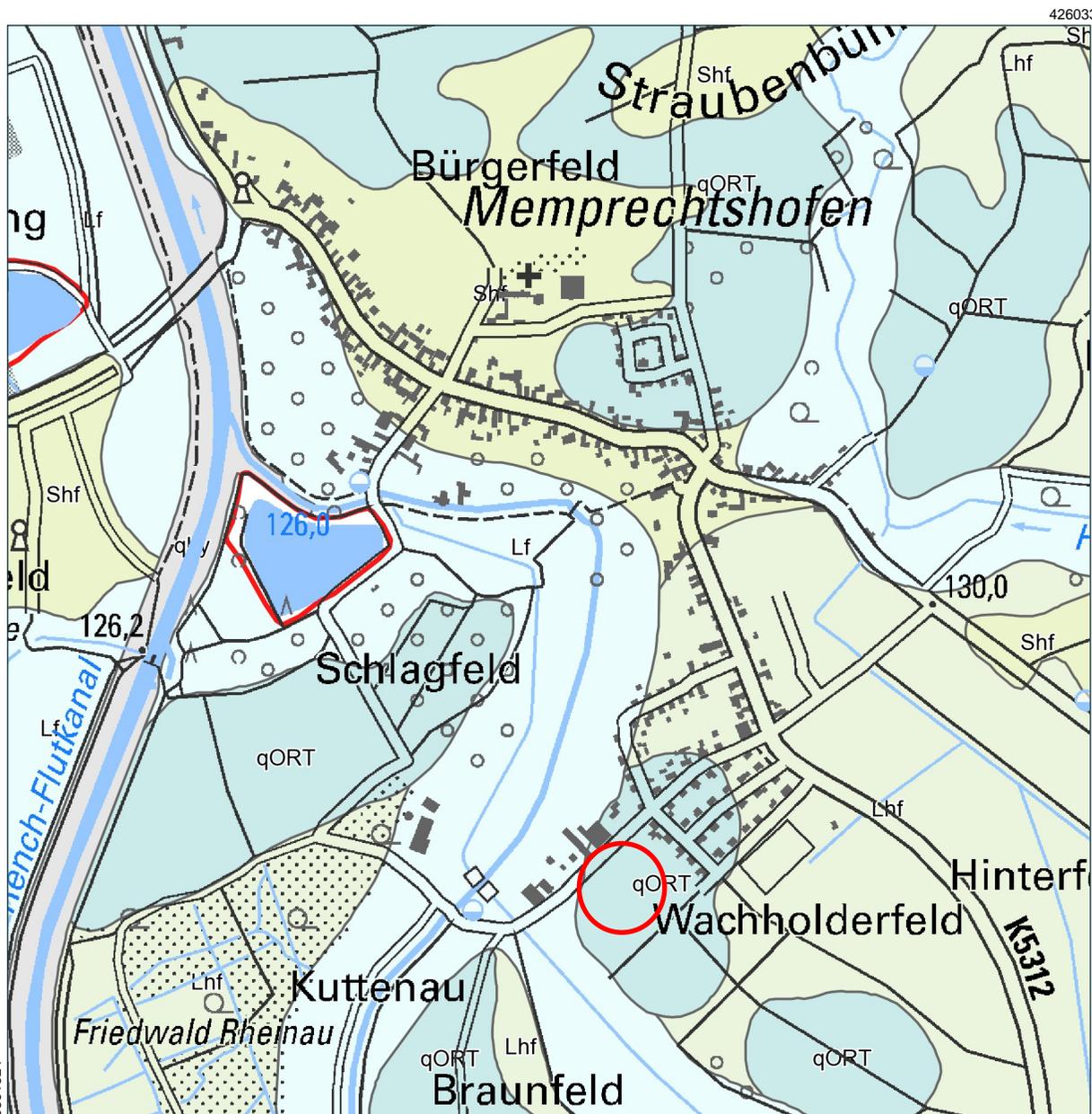


Maßstab / Plangrundlage

0 100 200 300 m

Grundlage:
- Räumliches Informations- und
Planungssystem (RIPS) der LUBW
- Amtliche Geobasisdaten © LGL,
www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19

| | | |
|----------------------|-------------|---|
| ifag: 2249 | gez.: Kl | Erweiterung Gewerbegebiet Süd - Membrechtshofen Übersichtslageplan |
| Datum: 20.10.2020 | gep.: | |
| Maßstab: siehe Karte | Anlage: 1.1 | |



Maßstab

1 : 10000

Ebenen

GK50: Geologische Einheiten (Flächen)

Topographie (Rasterdaten des LGL)

 Lage des Untersuchungsgebiets



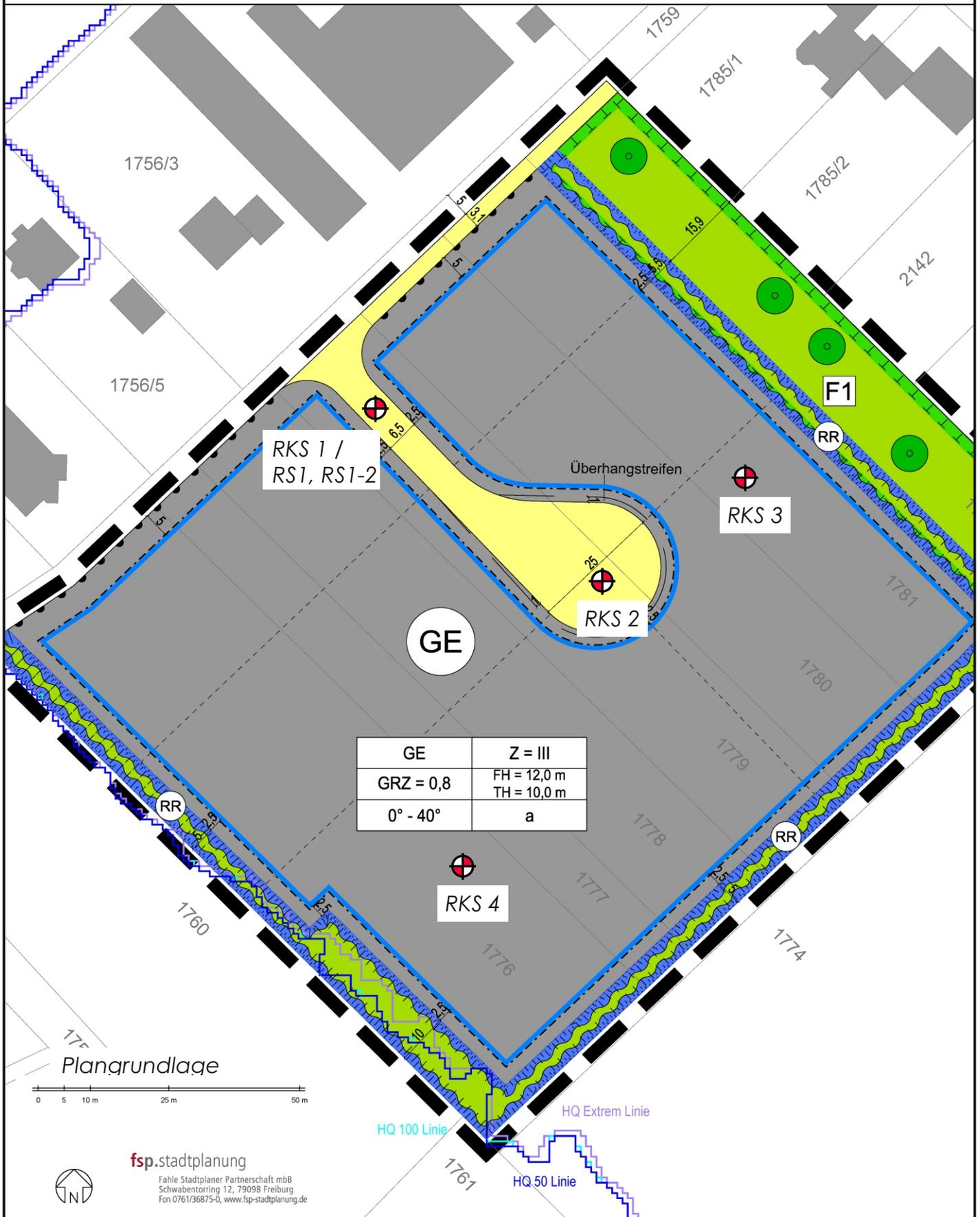
Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG

Legende

GK50: Geologische Einheiten (Flächen)

-  Anthropogene Ablagerungen (Aufschüttung, Auffüllung) (qhy)
-  Holozänes Auensediment (qhTa)
-  Auenlehm (Lf)
-  Hochflutlehm (Lhf)
-  Hochflutsand (Shf)
-  Ortenau-Formation (qORT)





fsp.stadtplanung

Fahle Stadtplaner Partnerschaft mbB
Schwabentorring 12, 79098 Freiburg
Fon 0761/36875-0, www.fsp-stadtplanung.de

ifag: 2249

gez.: Kl

Datum: 20.10.2020

gep.:

Maßstab: 1 : 1.000

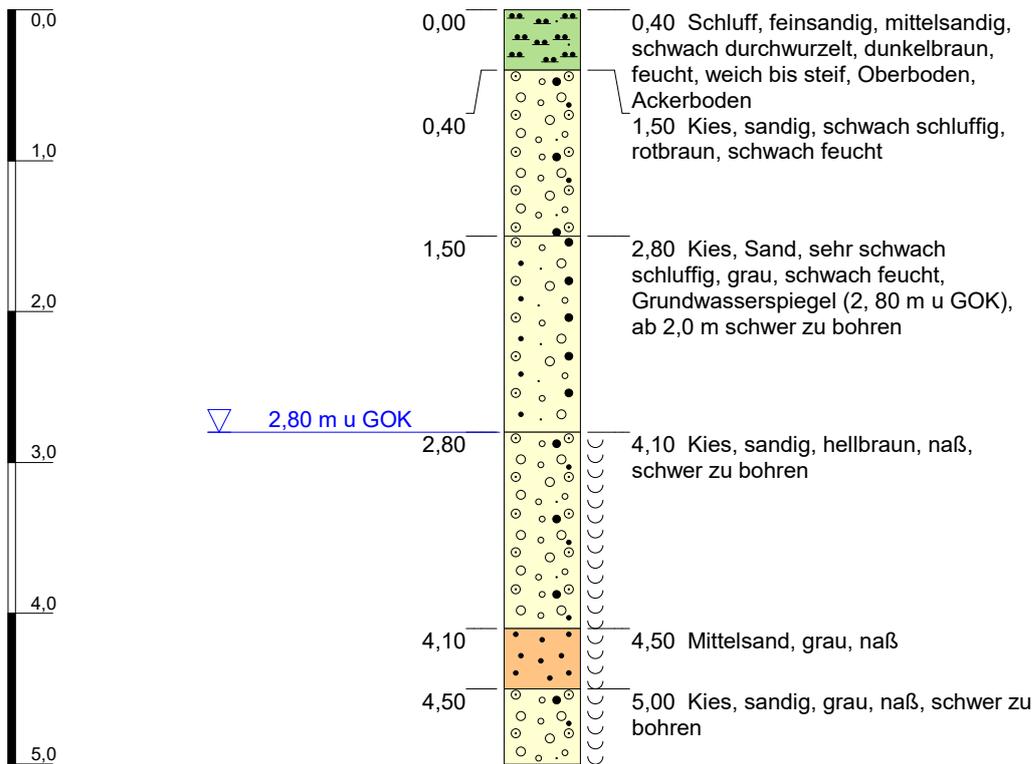
Anlage: 2.1

Erweiterung Gewerbegebiet Süd - Membrechthofen
Lageskizze mit Sondierpunkten

Institut für angewandte Geologie GmbH, Dr.-Ing. Jochen Klinger, Turnhallenstr. 2, 77731 Willstätt

m u. GOK (130,21 m NN)

RKS 1



Höhenmaßstab: 1:50

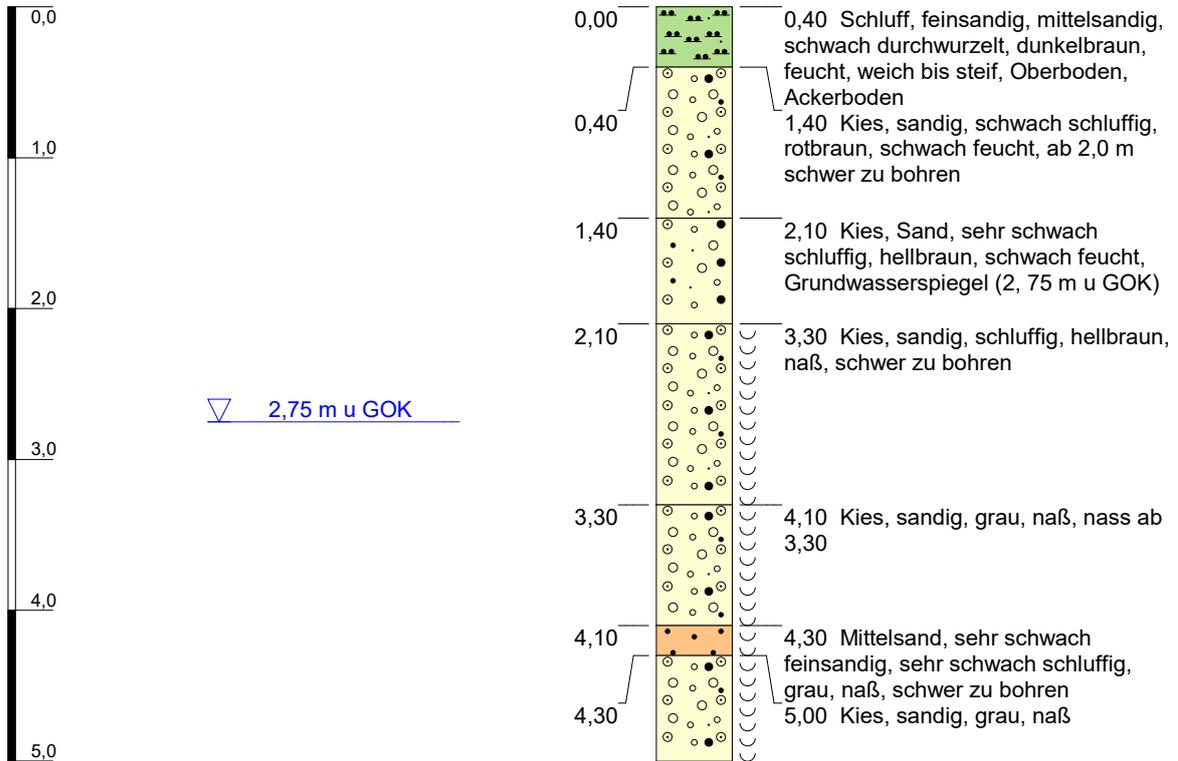
Horizontalmaßstab:

Blatt 1 von 1

| | | | |
|---|---------------------|--------------------|---|
| Projekt: Gewerbegebiet Süd, Membrechthofen | | |  Institut für angewandte Geologie |
| Bohrung: RKS 1 | | | |
| Auftraggeber: Stadt Rheinau | Ostwert: 0 | | |
| Bohrfirma: IFAG GmbH | Nordwert: 0 | | |
| Bearbeiter: Dr. Jochen Klinger | Ansatzhöhe: 130,21m | | |
| Datum: 15.10.2020 | Anlage 3 | Endtiefe: 125,21 m | |

m u. GOK (130,43 m NN)

RKS 2



Höhenmaßstab: 1:50

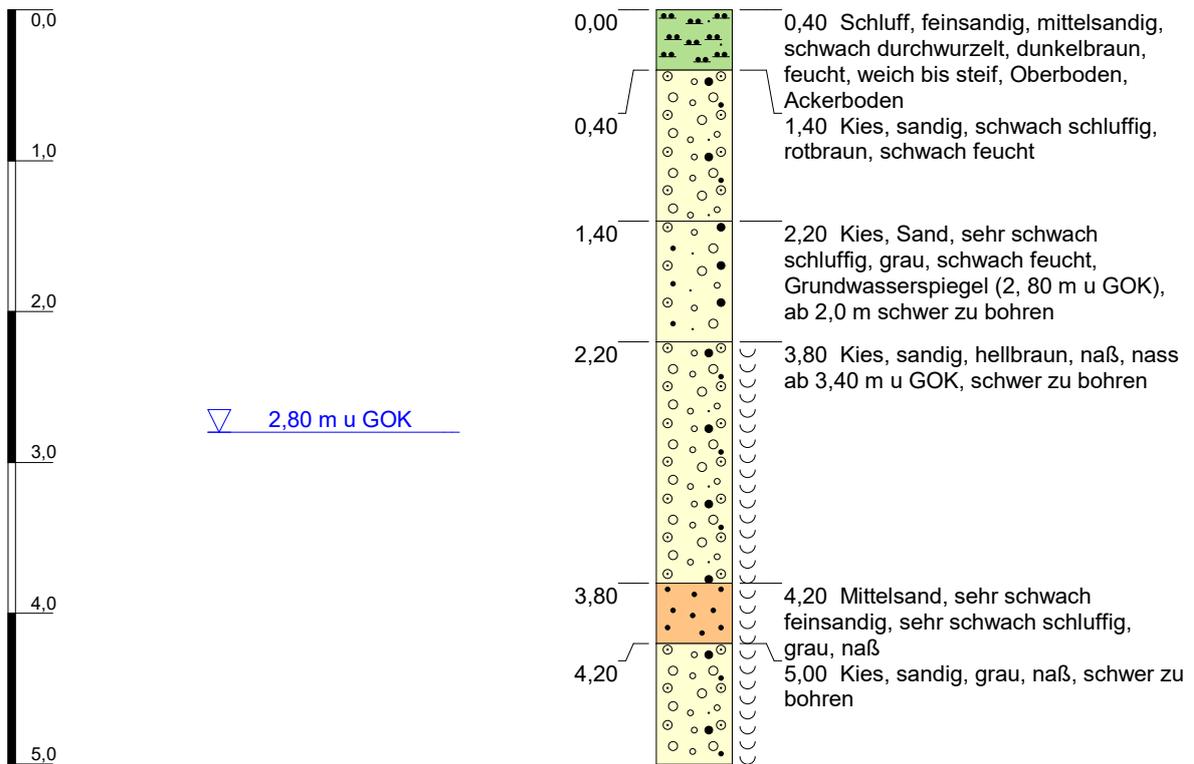
Horizontalmaßstab:

Blatt 1 von 1

| | | |
|---|---------------------|--------------------|
| Projekt: Gewerbegebiet Süd, Membrechthofen | | |
| Bohrung: RKS 2 | | |
| Auftraggeber: Stadt Rheinau | Ostwert: 0 | |
| Bohrfirma: IFAG GmbH | Nordwert: 0 | |
| Bearbeiter: Dr. Jochen Klinger | Ansatzhöhe: 130,43m | |
| Datum: 15.10.2020 | Anlage 3 | Endtiefe: 125,43 m |

m u. GOK (130,46 m NN)

RKS 3

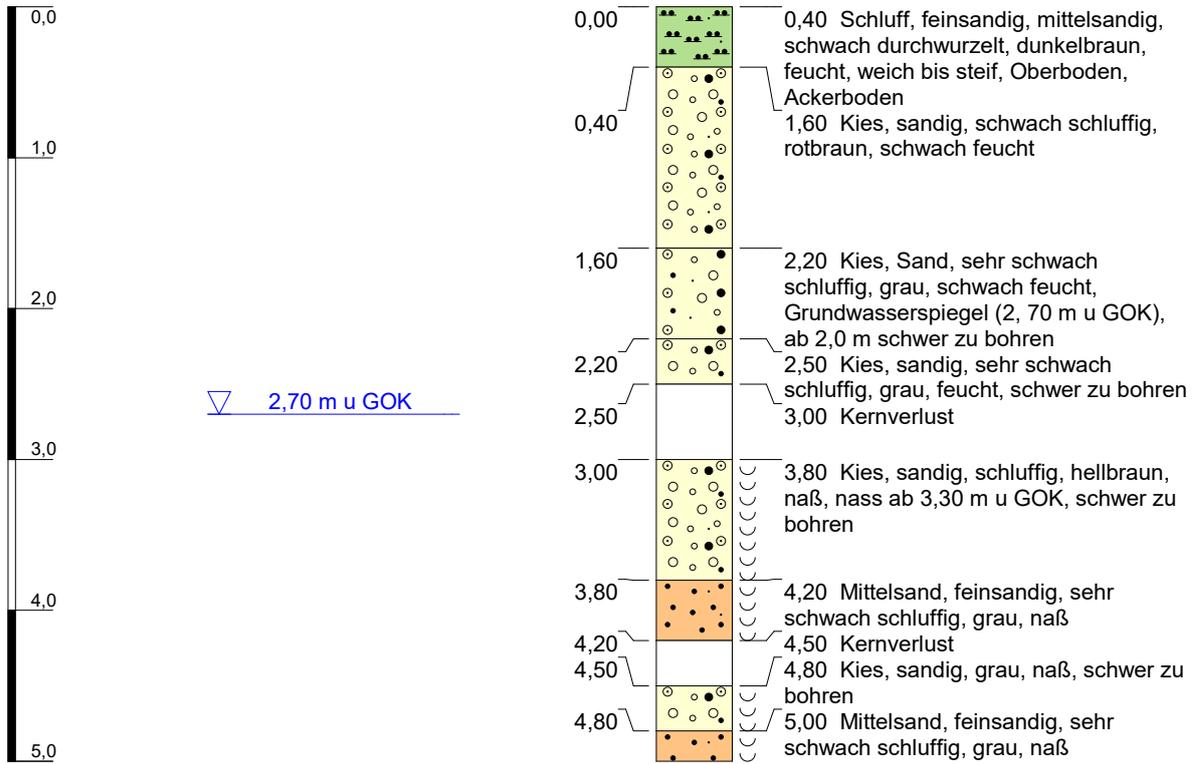


Höhenmaßstab: 1:50

Horizontalmaßstab:

Blatt 1 von 1

| | | | |
|---|----------|---------------------|--|
| Projekt: Gewerbegebiet Süd, Membrechthofen | | | |
| Bohrung: RKS 3 | | | |
| Auftraggeber: Stadt Rheinau | | Ostwert: 0 | |
| Bohrfirma: IFAG GmbH | | Nordwert: 0 | |
| Bearbeiter: Dr. Jochen Klinger | | Ansatzhöhe: 130,46m | |
| Datum: 15.10.2020 | Anlage 3 | Endtiefe: 125,46 m | |



Höhenmaßstab: 1:50

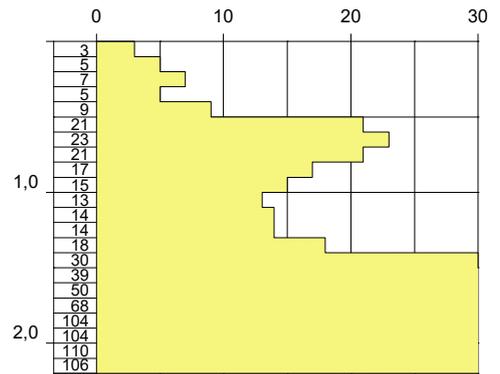
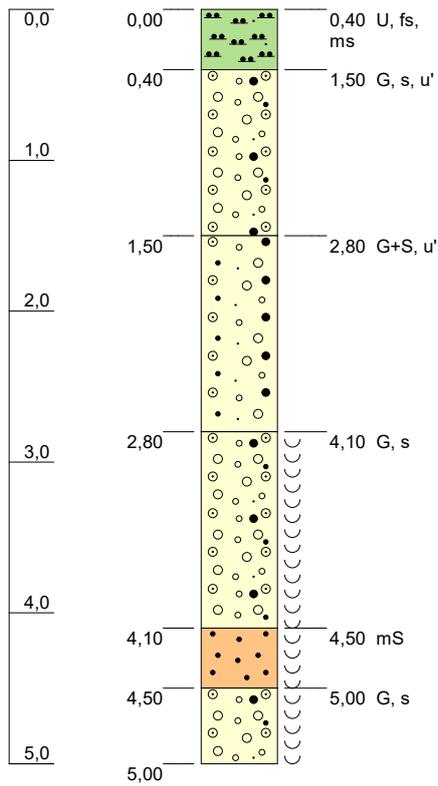
Horizontalmaßstab:

Blatt 1 von 1

| | | |
|---|---------------------|---|
| Projekt: Gewerbegebiet Süd, Membrechthofen | |  <p>IFAG GmbH Institut für angewandte Geologie</p> |
| Bohrung: RKS 4 | | |
| Auftraggeber: Stadt Rheinau | Ostwert: 0 | |
| Bohrfirma: IFAG GmbH | Nordwert: 0 | |
| Bearbeiter: Dr. Jochen Klinger | Ansatzhöhe: 130,36m | |
| Datum: 15.10.2020 | Anlage 3 | Endtiefe: 125,36 m |

m u. GOK (130,21 m NN)

RKS 1 - RS 1.1



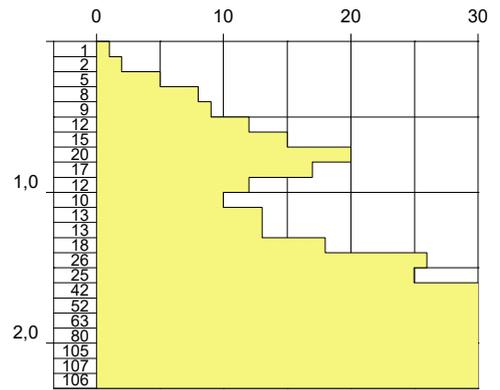
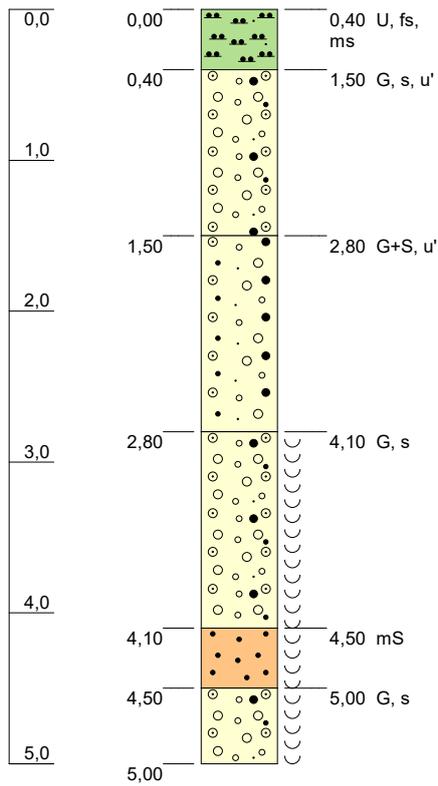
Höhenmaßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

| | | |
|--|---------------------|---|
| Projekt: Gewerbegebiet Süd, Membrechsthofen | |  IFAG GmbH <small>Institut für angewandte Geologie</small> |
| Bohrung: RKS 1 - RS 1.1 | | |
| Auftraggeber: Stadt Rheinau | Ostwert: 0 | |
| Bohrfirma: IFAG GmbH | Nordwert: 0 | |
| Bearbeiter: Dr. Jochen Klinger | Ansatzhöhe: 130,21m | |
| Datum: 15.10.2020 | Endtiefe: 125,21m | |

m u. GOK (130,21 m NN)

RKS 1 - RS 1.2



Höhenmaßstab: 1:50

Blatt 1 von 1

| | | |
|--|---------------------|---|
| Projekt: Gewerbegebiet Süd, Membrechsthofen | |  |
| Bohrung: RKS 1 - RS 1.2 | | |
| Auftraggeber: Stadt Rheinau | Ostwert: 0 | |
| Bohrfirma: IFAG GmbH | Nordwert: 0 | |
| Bearbeiter: Dr. Jochen Klinger | Ansatzhöhe: 130,21m | |
| Datum: 15.10.2020 | Endtiefe: 125,21m | |

Probeliste

|  <p>IFAG GmbH Institut für angewandte Geologie</p> | <p>Institut für angewandte Geologie GmbH Turnhallenstraße 2 77731 Willstätt - Legelshurst Tel. +49 - 151 227 29 367</p> | | | | |
|---|---|-------------------|---------|------------------------|---|
| <p>Projekt-Nr.: 2249 Projekt Name: Ingenieurgeologisches Gutachten für die Erweiterung des Gewerbezugs Süd in 77688 Rheinau, Ortsteil Memprechtshofen Probenahmedatum: 15.10.2020 Probenehmer: Dr. Jochen Klinger, IFAG GmbH Labor: Dr. Jochen Klinger, IFAG GmbH</p> | | | | | |
| <p>Laboruntersuchungen</p> | | | | | |
| Entnahmestelle | Tiefe [m u GOK] | Wasser- gehalt | Siebung | Konsistenz- grenzen | Anmerkung / Untersuchungen im chemischen Labor |
| RKS 1 | 0,40 - 1,50 | X | X | | |
| RKS 1 | 1,50 - 2,80 | X | X | | |
| RKS 1 | 4,10 - 4,50 | X | | | |
| RKS 2 | 0,40 - 1,40 | X | | | |
| RKS 2 | 1,40 - 2,10 | | | | |
| RKS 2 | 3,30 - 4,10 | | | | |
| RKS 3 | 0,40 - 1,40 | | | | |
| RKS 3 | 1,40 - 2,20 | | | | |
| RKS 3 | 3,40 - 3,80 | | | | |
| RKS 3 | 3,80 - 4,20 | X | X | | |
| RKS 4 | 0,40 - 1,60 | | | | |
| RKS 4 | 3,00 - 3,80 | X | | | |

Wassergehaltsbestimmungen Nach DIN 18121, Teil 1

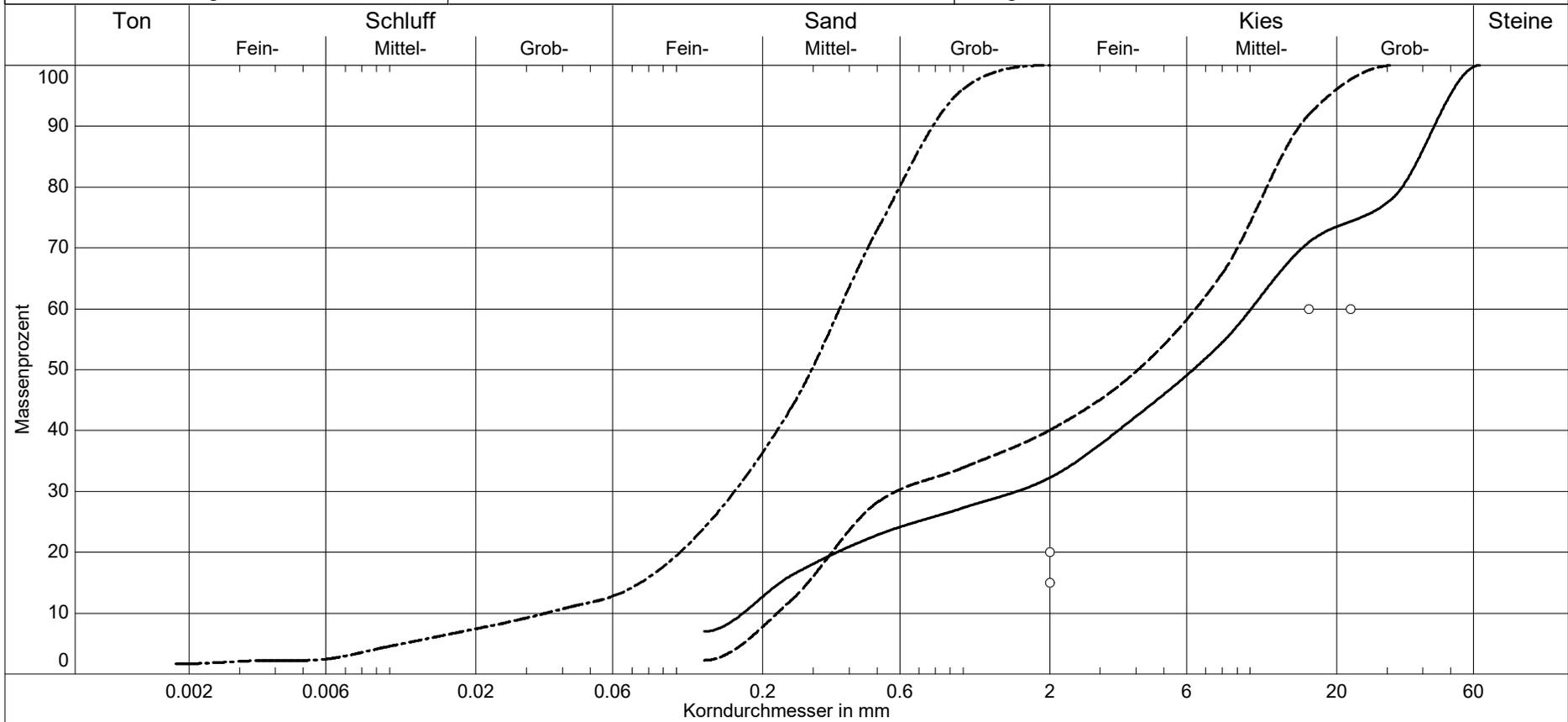
| | | | | | |
|--|------------|---|--------------|--------------|--------------|
|  | | Institut für angewandte Geologie GmbH Turnhallenstraße 2 77731 Willstätt - Legelshurst Tel. +49 - 151 227 29 367 | | | |
| Wassergehaltsbestimmung nach DIN 18121, Teil 1 Projekt: Ingenieurgeologisches Gutachten für die Erweiterung des Gewerbegebiets Süd in 77688 Rheinau, Ortsteil Memprechtshofen Probenahmedatum 15.10.2020 Probenehmer Dr. Jochen Klinger, IFAG GmbH Laboruntersuchungen: Dr. Jochen Klinger, Nikola Heinicke, IFAG GmbH | | | | | |
| Probe | | RKS 1 | RKS 1 | RKS 1 | RKS 2 |
| Tiefe | [m u. GOK] | 0,4 - 1,5 | 1,5 - 2,8 | 4,1 - 4,5 | 0,4 - 1,4 |
| Tara Behälter | [g] | 458,30 | 459,50 | 375,40 | 322,60 |
| Tara + Pr _{feucht} | [g] | 1.424,40 | 1.772,80 | 841,50 | 623,40 |
| Tara + Pr _{trocken} | [g] | 1.352,50 | 1.669,50 | 766,00 | 598,70 |
| Porenwasser | [g] | 71,90 | 103,30 | 75,50 | 24,70 |
| Pr _{trocken} | [g] | 894,20 | 1.210,00 | 390,60 | 276,10 |
| Wassergehalt [%] | [%] | 8,04 | 8,54 | 19,33 | 8,95 |
| Probe | | RKS 3 | RKS 4 | | |
| Tiefe | [m u. GOK] | 3,8 - 4,2 | 3,0 - 3,8 | | |
| Tara Behälter | [g] | 323,30 | 36,00 | | |
| Tara + Pr _{feucht} | [g] | 699,30 | 185,30 | | |
| Tara + Pr _{trocken} | [g] | 652,30 | 163,20 | | |
| Porenwasser | [g] | 47,00 | 22,10 | | |
| Pr _{trocken} | [g] | 329,00 | 127,20 | | |
| Wassergehalt [%] | [%] | 14,29 | 17,37 | | |

IFAG GmbH
 Baugrundlabor
 Turnhallenstraße 2
 77731 Willstätt - Legelshurst

Kornverteilung

DIN 18 123-5/-7

Projekt : Rheinau-Memprechtshofen Gewerbegebiet Sü
 Projektnr.: 2249
 Datum : 10.12.2020
 Anlage :



| Entnahmestelle | RKS 1 | RKS 1 | RKS 3 |
|----------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Labornummer | — RKS 1 (0,4 - 1,5) | - - - RKS 1 (1,5 - 2,8) | - · - · - RKS 3 (3,8 - 4,2) |
| Bodenart | gG, s̄, mg, fg | mG+S, fg | mS, fs, gs, u |
| Anteil < 0.063 mm | - | - | 13.2 % |
| d10 / d60 | 0.171/10.070 mm | 0.225/6.452 mm | 0.035/0.370 mm |
| Frostempfindl.klasse | F1 | F1 | F2 |
| Kornkennzahl | 0037 | 0046 | 0190 |
| Bodengruppe | GW | GI | SU |
| Entnahmetiefe | 0,4 - 1,5 | 1,5 - 2,8 | 3,8 - 4,2 |
| kf nach USBR | - (d10 > 0.02) | - (d10 > 0.02) | - (d10 > 0.02) |
| kf nach Kaubisch | - (0.063 ≤ 10%) | - (0.063 ≤ 10%) | 8.2E-06 m/s |
| kf nach Seiler | 1.1E-03 m/s | 1.9E-04 m/s | 1.4E-05 m/s |
| Wassergehalt | 8.0 % | 8.5 % | 14.5 % |



Foto 1: Blick auf das Baufeld von Westen.



Foto 2: RKS 1 (Tiefe 0,0 –3,0 m).



Foto 3: RKS 2 (Tiefe 0,0 –5,0 m).