



**Stadt Niederstetten Entwicklung Hofäcker
- 1. BA (östl. Bahnhofstr.)**

Geotechnischer Bericht

Projekt-Nr.: **304457**

Bericht-Nr.: **01**

Erstellt im Auftrag von:

**Stadt Niederstetten
Albert-Sammt-Str. 1
97996 Niederstetten**

Ba. Sc. Nadjeschda Welzel, Dipl.-Geol. Martin Dornheim,
Dipl.-Ing K.-F. Gilbert

02.04.2025

CDM Smith SE · Fürther Straße 232 · 90429 Nürnberg · tel: 0911 40100-40 · fax: 0911 40100-30 · nuernberg@cdmsmith.com · cdmsmith.com
Bankverbindungen: UniCredit Bank GmbH IBAN DE44 5082 0292 0003 0451 45 BIC (Swift) HYVEDEMM487
Landesbank Baden-Württemberg IBAN DE60 6005 0101 0002 3624 78 BIC (Swift) SOLADEST600
Commerzbank Bochum IBAN DE39 4304 0036 0221 1134 00 BIC (Swift) COBADEFF430
Sparkasse Darmstadt IBAN DE86 5085 0150 0022 0019 81 BIC (Swift) HELADEF1DAS
Sitz der Gesellschaft: Bochum · Amtsgericht Bochum HRB 20258
Vorstand: Dr. Ralf Bufler (Vorsitz), Andreas Roth · Vorsitzender des Aufsichtsrats: Thierry Desmaris

20250331_304457_be_TBB, Stadt Niederstetten Entwicklung Hofäcker_EF



LRQA-certified according to
ISO 9001:2015
ISO 45001:2018
ISO 14001:2015

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | VORBEMERKUNG | 6 |
| 2 | UNTERLAGEN | 6 |
| 3 | PROJEKTGEBIET UND NEUBAU | 7 |
| 3.1 | Allgemeine Angaben zur Baufläche und zum Bestand..... | 7 |
| 3.2 | Geologische und hydrogeologische Übersicht | 7 |
| 3.3 | Geplante Erschließungsstraße mit Mischwasserkanal und Wasserleitung..... | 8 |
| 4 | ART UND UMFANG DER DURCHGEFÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN | 9 |
| 4.1 | Feldarbeiten | 9 |
| 4.2 | Bodenmechanische Laboruntersuchungen..... | 9 |
| 4.3 | Umwelttechnische Analysen | 10 |
| 5 | ERGEBNISSE | 10 |
| 5.1 | Baugrundmodell | 10 |
| 5.1.1 | BGS 1a: Oberboden (aufgefüllt) | 10 |
| 5.1.2 | BGS 1b: Auffüllung, grobkörnig | 11 |
| 5.1.3 | BGS 1c: Auffüllungen, feinkörnig..... | 11 |
| 5.1.4 | BGS 2: Quartär: holozäne Abschwemmmassen (qHz)..... | 11 |
| 5.1.5 | BGS 3: Festgestein Mittlerer Muschelkalk (mM)..... | 12 |
| 5.2 | Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche | 12 |
| 5.3 | Geotechnische Kennwerte und Klassifikation der Baugrundsichten | 13 |
| 5.4 | Erdbebenzone..... | 15 |
| 6 | GRUNDWASSERVERHÄLTNISS | 15 |
| 6.1 | Gemessene Grundwasserstände..... | 15 |
| 6.2 | Wasserdurchlässigkeit..... | 16 |
| 7 | KANAL- UND ROHRLEITUNGSBAU | 16 |
| 7.1 | Geotechnische Kategorie und Vorbemerkungen | 16 |
| 7.2 | Lage und Eignung der Gründungssohlen für die Schachtbauwerke..... | 16 |
| 7.3 | Lage und Eignung der Grabensohle für den Mischwasserkanal..... | 17 |
| 7.4 | Lage und Eignung der Grabensohle der Wasserleitung | 17 |
| 7.5 | Geländeanschüttung / Dammaufschüttung bzw. Bodenaustausch / Bodenpolster..... | 18 |
| 8 | STRASSENBAU | 19 |
| 8.1 | Oberbaudicke | 19 |
| 8.2 | Tragfähigkeit des Planums / Schutz des Planums / Dammsohlen | 20 |
| 8.3 | Setzungsabschätzungen | 22 |
| 9 | UMWELTECHNISCHE ANALYSENERGEBNISSE UND BEWERTUNG | 23 |
| 9.1 | Bewertungsgrundlagen | 23 |
| 9.2 | Abfallrechtliche Voreinstufung Boden nach EBV | 23 |
| 10 | HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG | 24 |
| 10.1 | Baugrubenböschungen..... | 24 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 10.2 | Wasserhaltung..... | 24 |
| 10.3 | Erdarbeiten und Homogenbereiche..... | 24 |
| 10.4 | Wiederverwertbarkeit des Aushubmaterials | 27 |
| 10.5 | Arbeitsraumverfüllung Schachtbauwerk und Leitungszone | 28 |
| 10.6 | Filterstabilität | 29 |
| 11 | SCHLUSSBEMERKUNG | 29 |

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | | |
|---------------|--|---|
| Abbildung 3-1 | Lage des Untersuchungsgeländes (Auszug aus [U2]; ohne Maßstab)..... | 7 |
| Abbildung 3-2 | Ausschnitt aus der geologischen Karte [U1] mit Lage des Untersuchungsgeländes (ohne Maßstab) | 8 |

TABELLENVERZEICHNIS

| | | |
|--------------|--|----|
| Tabelle 3.1 | G geplante Schächte mit Höhen des Mischwasserkanals | 8 |
| Tabelle 5.1: | Ergebnisse der bodenmechanische Laboruntersuchungen | 12 |
| Tabelle 5.2 | Charakteristische Kennwerte und Klassifizierung der Baugrundsichten | 14 |
| Tabelle 5.3: | Bodengruppen DIN 18 196, Frostempfindlichkeitsklassen ZTVE-StB 17 und Verdichtbarkeitsklasse nach <i>FLOSS</i> | 15 |
| Tabelle 6.1 | Abschätzung der Durchlässigkeitsbeiwerte..... | 16 |
| Tabelle 7.1 | Charakteristische Kennwerte für ein Bodenpolster- und Dammschüttmaterial..... | 18 |
| Tabelle 8.1 | Mindestdicke der frostsicheren Oberbaus nach RstO 12/24 | 19 |
| Tabelle 8.2 | Mindestdicke der frostsicheren Oberbaus nach RStO 12/24..... | 20 |
| Tabelle 10.1 | Zuordnung der Baugrundsichten in Homogenbereiche | 25 |
| Tabelle 10.2 | Eigenschaften / Kennwerte der Homogenbereiche Lockergesteine..... | 26 |
| Tabelle 10.3 | Eigenschaften / Kennwerte der Homogenbereiche Festgestein..... | 27 |

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1 Lagepläne

Anlage 1.1 Lage der Aufschlusspunkte, M 1 : 200

Anlage 2 Ergebnisse der Feldarbeiten

Anlage 2.1 Schichtenverzeichnisse

Anlage 2.2 Bohrprofile und Rammogramme

Anlage 2.3 Lage der Oberkanten sowie Mächtigkeiten der angetroffenen Baugrundschichten

Anlage 2.4 Geotechnischer Schnitt

Anlage 3 Prüfberichte der geotechnischen Laborversuche

Anlage 4 Zusammenstellung der umwelttechnischen Analyseergebnisse

Anlage 4.1 Boden EBV

Anlage 5 Prüfberichte der umwelttechnischen Analysen

Anlage 5.1 Boden EBV

1 VORBEMERKUNG

Die Stadt Niederstetten plant in 97996 Niederstetten die Entwicklung des Baugebietes Hofäcker, 1. Bauabschnitt, östliche Bahnhofstraße. Die CDM Smith SE wurde von der Stadt Niederstetten mit einer geotechnischen Erkundung sowie der Erstellung eines geotechnischen Berichtes für die Erschließungsstraße im 1. Bauabschnitt beauftragt.

Mit dem vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geotechnischen Erkundung beschrieben und zusammenfassend dargestellt. Auf der Grundlage dieser Erkundungsergebnisse, der durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche sowie der CDM Smith SE vorliegenden Erfahrungen zum Baugrund werden den angetroffenen Baugrundsichten charakteristische Baugrundkennwerte zugeordnet und Angaben zur Tragfähigkeit des Untergrundes sowie zu Gründungsmöglichkeiten mitgeteilt. Weiterhin werden Angaben für die Planung und Bauausführung der Erschließungsstraße (Kanal- und Straßenbau) gegeben. Ferner erfolgt eine abfallrechtliche Vorabestufung des anfallenden Erdaushubs.

2 UNTERLAGEN

- [U1] Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Regierungspräsidium Baden-Württemberg, Freiburg: Geoportal, <https://maps.lgrb-bw.de/>, zuletzt aufgerufen am 21.03.2025
- [U2] Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, Stuttgart: [https://www.geoportal-bw.de/#/\(sidenav:karten\)](https://www.geoportal-bw.de/#/(sidenav:karten)), zuletzt aufgerufen am 21.03.2025
- [U3] Regierungspräsidium Baden-Württemberg, Kartendienst des LUBW für Wasserschutzgebiete und Hochwasserrisikoflächen, 15.08.2024
- [U4] Innenministerium Baden-Württemberg:
Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, M 1 : 350.000, Stuttgart, 1. Auflage 2005
- [U5] Schreiberplan, Stuttgart 15.09.2023: Stadt Niederstetten Entwicklung Hofäcker - 1. BA (östl. Bahnhofstr.) Städtebaulicher Entwurf, Vorentwurf, Variante 1a
- [U6] IB 3 Kant, Weikersheim, 07.03.2024, Erschließung Baugebiet Hofäcker, Lageplan Bestandsaufnahme
- [U7] Stadt Niederstetten, 29.01.2025: P2083501 - BG Bahnhofstraße - 04 – Lageplan.dxf

Weiterhin kommen die gegenwärtig gültigen geo- und umwelttechnisch relevanten Normen, Vorschriften, Merkblätter und Richtlinien des Erd- und Grundbaus sowie des Straßen- und Verkehrswesens in den jeweils aktuellen Fassungen zur Anwendung.

3 PROJEKTGEBIET UND NEUBAU

3.1 Allgemeine Angaben zur Baufläche und zum Bestand

Das Untersuchungsgebiet liegt nördlich der Innenstadt von Niederstetten (siehe Abbildung 3-1). Das Grundstück liegt brach und ist derzeit noch mit einem Gebäude bebaut, das rückgebaut werden soll. Die Gebäude mit den Hausnummern 40 und 42 sind bereits zurückgebaut. Am Bestand (Gebäude/Verkehrsflächen) sind keine offensichtlichen Risses Schäden erkennbar.

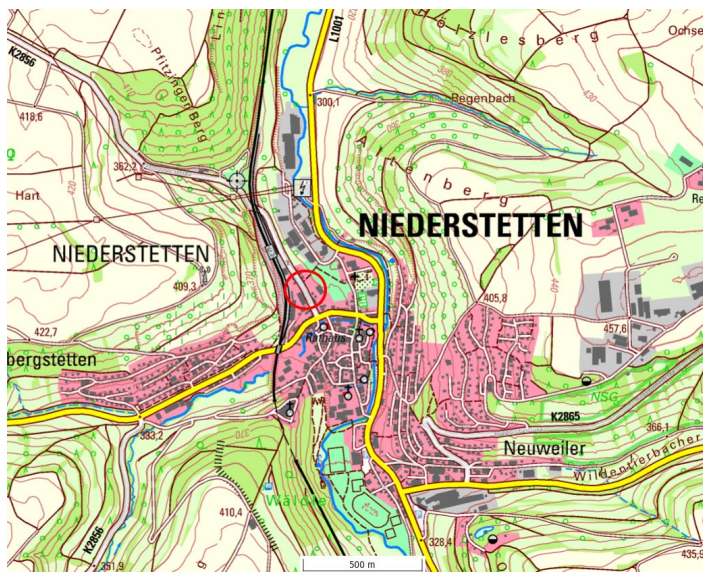


Abbildung 3-1 Lage des Untersuchungsgebietes (Auszug aus [U2]; ohne Maßstab)

Das Untersuchungsgebiet liegt nach [U6] zwischen ca. 316,7 m ü NHN und ca. 312,0 m ü NHN mit einem Gefälle von etwa 5 m auf 50 m Richtung ca. Nordost.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich gemäß [U3] außerhalb von Hochwassergefahrenflächen und Wasserschutzgebieten.

3.2 Geologische und hydrogeologische Übersicht

Im Bereich des Untersuchungsgebiet stehen entsprechend der geologischen Karte (siehe [U1] und Abbildung 3-2) holozäne Abschwemmassen über den Schichten des Mittleren Muschelkalks und der Karlstadt-Formation an.



- Holozäne Abschwemmassen (qhz)
- Mittlerer Muschelkalk (mm)
- Karstadt-Formation (mmK)

Abbildung 3-2 Ausschnitt aus der geologischen Karte [U1] mit Lage des Untersuchungsgebietes (ohne Maßstab)

Das Grundwasser wird entsprechend der topographischen Lage zum Vorfluter Vorbach bei ca. 5 m bis 10 m unter der derzeitigen Geländeoberkante erwartet.

3.3 Geplante Erschließungsstraße mit Mischwasserkanal und Wasserleitung

Entsprechend den vorliegenden Unterlagen [U6] und [U7] ist für den ca. 0,25 ha großen 1. Bauabschnitt eine ca. 5,2 m breite und ein 70 m lange, abknickende Erschließungsstraße geplant. In etwa mittig der Straße ist der Neubau eines Mischwasserkanals (DN 300) mit drei Schächten (DN 1400) sowie eine Wasserleitung vorgesehen. Nachfolgend sind die Angaben zur den geplanten Deckelhöhen und Sohlthiefen der Schächte aufgeführt.

Tabelle 3.1 Geplante Schächte mit Höhen des Mischwasserkanals

| Schacht | Deckelhöhe [m NHN] | Sohltiefe [m NHN] | derzeitige Geländehöhe nach [U6] [ca. m NHN] | Sohltiefe unter derzeitiger Geländehöhe [ca. m] | Deckelhöhe = OK Fahrbahn über der derzeitiger Geländehöhe [ca. m] |
|---------|--------------------|-------------------|--|---|---|
| MW 01 | 315,19 | 312,49 | 315,00 | 2,4 | -- |
| MW 02 | 315,01 | 312,25 | 313,7 | 1,45 | 1,31 |
| MW 03 | 315,32 | 311,97 | 312,5 | 0,5 | 2,8 |

Mit Oberbaudicken von 0,7 m (Kapitel 8.1) ergibt sich für den Straßenbereich um Schacht MW 01 eine ca.-geländegleiche Lage, für die Straßenbereiche um die Schächte MW 02 und MW 03 ergeben sich Dammlagen. Die Geländeanschütthöhen betragen ohne Berücksichtigung von Leitungsgräben oder vorliegendem Abschieben von Mutterbodenlagen rd. 1,3 m bis rd. 2,8 m (ca. Angaben wegen Neigungen des

Geländes quer zur Straßenachse). Die Mächtigkeit der maximalen Unterbaudicke beträgt bei Schacht MW 03 ca. 2,1 m.

4 ART UND UMFANG DER DURCHGEFÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN

4.1 Feldarbeiten

Zur geotechnischen Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 17.02.2025 drei Kleinrammbohrungen (KRB 01a/b¹ und KRB 02) und zwei schwere Rammsondierungen (DPH 01 und DPH 02) abgeteuft. Die Aufschlusstiefen lagen entsprechend der maximal erreichten Bohrtiefe der Kleinrammbohrungen bzw. des Abbruchkriteriums der Sondierungen mit der schweren Rammsonde ($N_{10}>100$) zwischen 4,2 m und 5,0 m (geplante Endteufe) unter den Ansatzpunkten.

Der Umfang und die Lage der Aufschlüsse wurden unter Berücksichtigung der Örtlichkeit, von vorhandenen Leitungen und der Zugänglichkeit der Ansatzpunkte festgelegt.

Alle Ansatzpunkte wurden mittels geophysikalischer Verfahren durch einen Mitarbeiter der Süddeutschen Kampfmittelsondierung auf Kampfmittel untersucht. Für alle Ansatzpunkte wurde eine Kampfmittelfreigabe erteilt.

In dem Lageplan der Anlage 1.1 sind die Aufschlusspunkte und die geplante Erschließungsmaßnahme dargestellt.

Der erkundete Untergrund wurde in Schichtenverzeichnisse nach DIN EN ISO 14688-1 dokumentiert.

Die Schichtenverzeichnisse der Kleinrammbohrungen sind in der Anlage 2.1 enthalten. Die dazugehörigen Bohrprofile nach DIN 4023 und die Rammprogramme der Sondierungen mit der schweren Rammsonde sind in der Anlage 2.2 dargestellt.

Für bodenmechanische und umwelttechnische Laboruntersuchungen wurden insgesamt 9 Bodenproben entnommen.

Die Entnahmetiefen der Bodenproben sind in den Bohrprofilen der Anlage 2.2 vermerkt.

4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Zur Festlegung der bodenmechanischen Kennwerte und zur Klassifizierung der aufgeschlossenen Böden wurden im geotechnischen Labor der FeBoLab GmbH, 91747 Westheim, folgende bodenmechanische Laborversuche durchgeführt:

- 3 Stück Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12
- 3 Stück Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1

¹ Aufgrund eines Bohrhindernisses bei KRB1a/25 in 2,5 m Tiefe wurde unmittelbar daneben die KRB 1b/25 ausgeführt

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen sind in der Anlage 3 dokumentiert.

4.3 Umwelttechnische Analysen

Zur indikativen abfallrechtlichen Beurteilung des bei der Baumaßnahme anfallenden Erdaushubes wurde aus dem Auffüllungshorizont mit bodenfremden Anteilen die Bodenprobe RKS 02 0,2-1,4 auf die Parameter nach EBV [Materialwerte für Boden/Baggergut BM-0 gem. Anlage 1 Tab. 3 (TOC konv.) inkl. Elution DIN 19529 (Stand 09.07.2021)] untersucht.

Der Laborprüfbericht ist in der Anlage 5.1 enthalten.

5 ERGEBNISSE

5.1 Baugrundmodell

Mit den Bohrungen wurden von der Geländeoberkante aus nach unten folgende Baugrundsichten (BGS) angetroffen, wobei nicht jede Schicht in jeder Bohrung aufgeschlossen wurde.

| | |
|--------|--|
| BGS 1a | Oberboden (aufgefüllt) |
| BGS 1b | Auffüllungen, grobkörnig |
| BGS 1c | Auffüllungen, feinkörnig |
| BGS 2 | Quartär: holozäne Abschwemmassen (qHz) |
| BGS 3 | Festgestein Mittlerer Muschelkalk (mM) |

In der Anlage 2.3 ist eine Übersicht über die Lage der Oberkanten und Mächtigkeiten der aufgeschlossenen Baugrundsichten enthalten, in der Anlage 2.4 ist ein geotechnischer Schnitt dargestellt.

Die Zuordnung der Baugrundsichten zu den Homogenbereichen ist im Kapitel 10.3 enthalten.

5.1.1 BGS 1a: Oberboden (aufgefüllt)

Zuoberst wurden in den drei Bohrungen und oberhalb der aufgefüllten Schichten Oberboden in Form von schwach kiesigem und stark organischem, dunkelbraunem Ton (KRB 02) sowie als Humusdecke vorliegend (KRB01a/1b) angetroffen. Die Konsistenz des Tons wurde per Handbefund im Feld als weich beschrieben.

Der angetroffene, aufgefüllte Oberboden wurde in einer Mächtigkeit von 0,1 m bis 0,2 m angetroffen.

Die Schlagzahlen der Sondierungen mit der schweren Rammsonde liegen im Bereich von $N_{10} = 1...2$.

Nach DIN 18196 ist der aufgefüllte Oberboden der BGS 1a in die Bodengruppen [OT] und [OH] einzustufen.

5.1.2 BGS 1b: Auffüllung, grobkörnig

Unterhalb des aufgefüllten Oberbodens liegt in den beiden Bohrungen KRB 01a/b eine grobkörnige Auffüllung vor. Diese wird aus grauem, sandigem und schwach tonigem Kies aus Kalkschotter gebildet.

Die angetroffene, grobkörnige Auffüllung wurde in einer Mächtigkeit von jeweils 0,5 m angetroffen.

Die Schlagzahlen der Sondierungen mit der schweren Rammsonde liegen überwiegend im Bereich von $N_{10} = 5 \dots 8$, entsprechend einer mitteldichten Lagerung. Die lokal gemessene Schlagzahl von $N_{10} = 3$ ist auf den Übergang zu quartären Schichten mit weicher Konsistenz zurückzuführen.

Nach DIN 18196 ist die grobkörnige Auffüllungen in die Bodengruppen [GW] und [GI] und [GU] einzustufen.

5.1.3 BGS 1c: Auffüllungen, feinkörnig

In der Bohrung KRB 02 wurde unter dem aufgefüllten Oberboden eine feinkörnige Auffüllung in Form von mittelplastischem, schwach kiesigem und braunem Ton aufgeschlossen. Die Konsistenz des Tons wurde per Handbefund im Feld als weich bis steif beschrieben. Innerhalb der feinkörnigen Auffüllung wurden Ziegelreste angetroffen.

Die angetroffene, bindige Auffüllung wurde in einer Mächtigkeit von 1,20 m angetroffen.

Die Schlagzahlen der Sondierungen mit der schweren Rammsonde liegen im Bereich von $N_{10} = 1 \dots 2$, entsprechend einer weichen Konsistenz.

Nach DIN 18196 ist die bindige Auffüllung der BGS 1c in die Bodengruppen [TA], [TM] und [TL] einzustufen.

5.1.4 BGS 2: Quartär: holozäne Abschwemmmassen (qHz)

Die Auffüllungen unterlagernd folgen quartäre bzw. holozäne Abschwemmmassen in Form von schwach kiesigem bis lokal stark kiesigem, mittelplastischem Ton mit hellbrauner bis brauner Farbe. Die kiesigen Anteile wurden in Form von Kalkstein und Mergelstein angetroffen. Die Konsistenz des Tons wurde per Handbefund im Feld als weich und weich bis steif, sowie lokal (KRB 01b) als breiig bis weich beschrieben. Allerdings weist dieser Bereich vermehrt Anteile an Kieskorn auf (Ton, schwach kiesig bis stark kiesig).

Die angetroffenen quartären Abschwemmmassen wurden in einer Mächtigkeit von 1,90 m bis 4,30 m angetroffen.

Die untersuchten Bodenproben der BGS 2 weisen Wassergehalte der Gesamtproben von 23,6 %, 22,6 % und 24,7 % auf. Wassergehalte an den Feinteilen (kleiner 0,4 mm) wurden mit erhöhten Wassergehalten von 24,2 %, 40,7 % und 25,5 % bestimmt. Für die untersuchten, bindigen Proben wurden Konsistenzzahlen von $I_c = 0,12$ bis $I_c = 0,73$ ermittelt.

Die Schlagzahlen der Sondierungen mit der schweren Rammsonde liegen überwiegend im Bereich von $N_{10} = 1 \dots 6$, entsprechend einer weichen bis maximal steifen Konsistenz. Lokal wurden Schlagzahlen von

$N_{10} = 7...9...15$ gemessen, diese sind auf grobkörnige Anteile innerhalb der quartären, bindigen Schichten zurückzuführen. Mit zunehmender Tiefe innerhalb der quartären Schichten (ab ca. 4,8 m in DPH 01a/b und ab ca. 4,2 m in DPH 02) wurden Schlagzahlen von $N_{10} = 15...57$, entsprechend einer halbfesten bis festen Konsistenz, sowie bis zur Rammbarkeitsgrenze von $N_{10} \geq 100$ gemessen, dies weist auf einen Übergangsbereich zum Festgestein des mittleren Muschelkalks hin.

Für den in KRB 01b, 2,5 m bis 4,9 m, nach Handbefund breiigen bis weichen Ton, schwach kiesig bis stark kiesig, wurden vergleichsweise größere Schlagzahlen $N_{10} = 3...8$ gemessen. Dies wird auf den örtlich größeren Kieskornanteil zurückgeführt. Es wird auf die unterschiedlichen Wassergehalte an Gesamtproben und an Feinkornanteilproben verwiesen (Tabelle 5.1).

Nach DIN 18196 sind die Tone der BGS 2 überwiegend in die Bodengruppe TM einzustufen. Mit größeren Kieskornanteilen wird die Bodenprobe aus KRB 01b, 2,5 m bis 4,9 m, der Bodengruppe GU* zugeordnet.

5.1.5 BGS 3: Festgestein Mittlerer Muschelkalk (mM)

Das nur bei der Bohrung BK 02 direkt aufgeschlossene Festgestein des mittleren Muschelkalks liegt als zerbohrter, brauner Mergelstein mit einer aufgeschlossenen Mächtigkeit von 0,1 m vor.

Das Gebirge der BGS 3 ist nach EN ISO 14689 im Bereich der Schichtgrenze in die Verwitterungsstufe V4 (vollständig verwittert) einzuordnen, erfahrungsgemäß liegen mit zunehmender Tiefe die Verwitterungsstufen V3 bis V0 vor.

5.2 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Als Grundlage zur Festlegung der Bodenkennwerte und zur Klassifizierung der anstehenden Baugrundschichten wurden an ausgewählten Proben bodenmechanische Laborversuche durchgeführt. Eine Beschreibung dieser Ergebnisse ist in Kapitel 5.1 aufgeführt. Nachfolgend werden die Ergebnisse in Tabellenform zusammengefasst. Die Versuchsprotokolle sind in der Anlage 3 enthalten.

Tabelle 5.1: Ergebnisse der bodenmechanische Laboruntersuchungen

| Probe / Entnahmetiefe [m u. GOK] | Bau- grund- schicht BGS (Geol. Be- zeich- nung) | Wasser- gehalt Gesamt- probe [%] | Wasser- gehalt Feinanteil $\varnothing < 0,4$ mm [%] | Konsis- tenzzahl I_c | Bodenart DIN EN ISO 14688-1 | Boden- gruppe DIN 18196 |
|--|---|--|--|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| KRB 01 0,6 2,5 | 2 (qHz: Quartär) | 23,6 | 24,2 | 0,73 | T,s' | TM |
| KRB 01 2,5 4,5 | | 22,6 | 40,7 | 0,12 | T, g*, s' | TM, GU* |
| KRB 02 1,4 3,4 | | 24,7 | 25,5 | 0,68 | T, s' | TM |

--: nicht untersucht, n.b. nicht bestimmbar

5.3 Geotechnische Kennwerte und Klassifikation der Baugrundsichten

Die nachfolgende Tabelle 5.2 enthält die charakteristischen bodenmechanischen Kennwerte. Die Festlegung der Werte erfolgte auf Grundlage der Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse, der durchgeführten Laborversuche sowie aufgrund der bei CDM Smith vorliegenden Erfahrungen mit vergleichbaren Böden. Die Werte gelten für die beschriebenen Hauptbodenschichten im ungestörten Lagerungsverband, d. h. ohne z. B. baubedingte Auflockerungen oder Vernässungen.

In den statischen Berechnungen sind die genannten Kennwerte in der gesamten Bandbreite zu berücksichtigen. Es wird empfohlen, die den statischen Berechnungen zugrunde zu legenden bodenmechanischen Kennwerte sowie das Baugrundmodell im Einzelfall mit dem geotechnischen Sachverständigen abzustimmen.

Grundbruchnachweise sind mit den unteren charakteristischen Werten durchzuführen. Setzungsberechnungen sollten, um einen Überblick über die Schwankungsbreite der wahrscheinlichen Setzungen und über mögliche Setzungsunterschiede zu erlangen, grundsätzlich mit beiden Grenzwerten durchgeführt werden.

Die in der folgenden Tabelle ausgewiesenen bodenmechanischen Kennwerte stellen charakteristische Kennwerte $X_{i,k}$ nach DIN EN 1997-1:2014 dar. Im Zuge rechnerischer Nachweise sind diese charakteristischen Werte unter Berücksichtigung der jeweiligen Bemessungssituation in Verbindung mit dem betrachteten Grenzzustand durch den jeweiligen Teilsicherheitsbeiwert γ_i über die Formel $X_{i,d} = X_{i,k} / \gamma_i$ in Bemessungswerte zu überführen.

Tabelle 5.2 Charakteristische Kennwerte und Klassifizierung der Baugrundsichten

| Baugrundsicht | Boden- gruppe | Wichte γ | Wichte γ' unter Auf- trieb | Reibungs- winkel ϕ' | Kohäsion c' | Steife- modul E_s | Frostemp- findlichkeits- klasse |
|---|---------------------|----------------------|---|-----------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------------|
| | DIN 18196: 2011 | [kN/m ³] | [kN/m ³] | [°] | [kN/m ²] | [MN/m ²] | ZTV E |
| <u>BGS 1a, Oberboden (aufgefüllt)¹⁾</u> | | | | | | | |
| Ton, weich | [OH], [OT] | 14,0 | 4,0 | 15,0 | 0-5 | --- | F2/F3 |
| <u>BGS 1b, Auffüllung, grobkörnig¹⁾</u> | | | | | | | |
| Kies, sandig, schwach tonig, mit- teldicht | [GW], [GI], [GU] | 19-20 | 11-12 | 32,5-35,0 | 0 | --- | F2/F1 |
| <u>BGS 1c, Auffüllung, feinkörnig¹⁾</u> | | | | | | | |
| Ton, schwach kie- sig, weich-steif | [TA], [TM], [TL] | 18-20 | 8-10,5 | 17,5-27,5 | 2-5 | --- | F2/F3 |
| <u>BGS 2: holozäne Abschwemmassen, Quartär (qHz)</u> | | | | | | | |
| Ton, schwach kiesig bis stark kiesig, breiig-weich | TM, GU* | 17-19 | 7-9 | 15,0-22,5 | 0-2 | 2-8 ³⁾ | F3 |
| Ton, schwach kiesig bis stark kiesig, weich-steif | TM | 19-19,5 | 9-9,5 | 22,5 | 0-5 | 2-6 | F3 |
| Ton, schwach kiesig bis stark kiesig, halbfest | TM | 20,5 | 10,5 | 22,5 | 10 | 8-12 | F3 |
| <u>BGS 3: Festgestein des Mittleren Muschelkalk (mM)²⁾</u> | | | | | | | |
| Mergelstein, außer- ordentlich bis sehr gering fest, V4-V5 | -- | 21,0-23,0 | 11,0-13,0 | 25,0-30,0 | 20-100 | 30-100 | -- |

¹⁾ Aufgrund des inhomogenen Charakters der Auffüllungen sind die Kennwerte für Auffüllungen nur als Vorab-Werte zu verstehen. Sie sind im Einzelfall durch ergänzende Beobachtungen und Erkundungen zu prüfen und zu bestätigen.

²⁾ die Gesteine der BGS 3 wurden im Rahmen der ausgeführten Baugrunduntersuchungen nur lokal und geringmächtig aufgeschlossen. Die angegebenen Kennwerte haben daher zunächst einen orientierenden Charakter, die Kennwerte sind bei Bedarf durch ergänzende Erkundungen zu prüfen und zu bestätigen

³⁾ Grundlage sind die Schlagzahlen der DPH

--: Einstufung nicht möglich

In der Tabelle 5.3 sind für die relevanten Lockergesteine die Bodengruppen gemäß DIN 18196:2023-02, die Frostempfindlichkeitsklassen gemäß ZTVE-StB 17 und die Verdichtbarkeitsklasse nach FLOSS zusammengestellt.

Tabelle 5.3: Bodengruppen DIN 18 196, Frostempfindlichkeitsklassen ZTVE-StB 17 und Verdichtbarkeitsklasse nach FLOSS

| | Bodenschicht Bodengruppen DIN 18 196 | Frostempfindlichkeitsklassen ZTVE-StB 17 | Verdichtbarkeitsklassen FLOSS |
|----|---|---|----------------------------------|
| 1b | Auffüllung, grobkörnig, Kalkschotter [GW], [GI], [GU] | F1/F2 | V1 |
| 1c | Auffüllungen, feinkörnig [TA], [TM], [TL] | F2/F3 | V3 |
| 2 | Holozäne Abschwemmassen, Quartär TM, GU* | F3 | V3 |

F 1 = nicht frostempfindlich / F 2 = gering bis mittel-frostempfindlich / F 3 = sehr frostempfindlich
V1 = gut verdichtbar bis V3 = weniger gut verdichtbar

5.4 Erdbebenzone

Nach DIN 1998-1/NA:2021-07 liegt der Projektstandort außerhalb von Erdbebenzonen.

6 GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

6.1 Gemessene Grundwasserstände

Im Zuge der aktuellen Erkundung im Februar 2025 wurde kein Grundwasser angetroffen.

In Abhängigkeit vom jahreszeitlichen Niederschlagsgeschehen ist in den Schichten mit erhöhtem Feinkorngehalt (feinkörnige Auffüllung BGS 1c, quartäre, holozäne Abschwemmassen BGS 2) mit zeitlicher und örtlicher Stauwasserbildung zu rechnen. Dies wird begünstigt durch geneigte Schichtgrenzen, feinkörnige Böden im Wechsel mit grobkörnigen Böden aus Straßenbau, alten und neuen Dränagen von Bauwerken usw.). Dies ist bei Planung und Ausführung von Bauwerken angemessen zu berücksichtigen.

6.2 Wasserdurchlässigkeit

Die Durchlässigkeiten der angetroffenen, relevanten Baugrundsichten werden als Erfahrungswerte wie folgt abgeschätzt und nach DIN 18130-1 eingestuft.

Tabelle 6.1 Abschätzung der Durchlässigkeitsbeiwerte

| Baugrundsicht/ Bodenart | Boden- gruppe DIN 18196 | Durchlässigkeitsbeiwert kf [m/s] | Durchlässigkeit nach DIN 18130-1 |
|---|---|---|-------------------------------------|
| <u>BGS 1b/c: Auffüllungen, grob- und feinkörnig</u> | | | |
| Kiese | [GW], [GI], unterge- ordnet [GU] | $1,0 \cdot 10^{-2}$ bis $1,0 \cdot 10^{-4}$ | sehr durchlässig |
| Tone | [TM], [TA], [TL] | $< 1,0 \cdot 10^{-8}$ | sehr schwach durchlässig |
| <u>BGS 2: holozäne Abschwemmmassen, Quartär (qHz)</u> | | | |
| Tone | TM, (GU*) | $< 1,0 \cdot 10^{-8}$ | sehr schwach durchlässig |

7 KANAL- UND ROHRLEITUNGSBAU

7.1 Geotechnische Kategorie und Vorbemerkungen

Das Bauvorhaben ist gemäß DIN EN 1997-2 aufgrund der Abmessungen, Nutzungseigenschaften sowie der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse in die Geotechnische Kategorie 2 einzustufen.

7.2 Lage und Eignung der Gründungssohlen für die Schachtbauwerke

Die drei Schächte sind mit Deckelhöhen von 315,19 m ü. NHN (MW 01 D), 315,01 m ü. NHN (MW 02 D) und 315,32 m ü. NHN (MW 03 D) geplant. Die Gründungssohlen der geplanten Schächte liegen bei 312,49 m ü. NHN (MW 01 S), 312,25 m ü. NHN (MW 02 S) und 311,97 m ü. NHN (MW 03 S) und somit innerhalb der wenig bzw. gering tragfähigen Tone mit breiiger bis weicher und weicher Konsistenz der BGS 2 (Quartär) und bereichsweise über der derzeitigen Geländeoberkante (MW 03 S).

Aufgrund der wenig/gering tragfähigen Bodenschichten im Bereich der geplanten Gründungssohlen der Schächte MW 01 D und MW 02 D werden Zusatzmaßnahmen erforderlich. Im Bereich der Gründungssohlen auftretende, aufgeweichte Böden sind gegen ein mind. 0,3 m dickes Bodenpolster auszutauschen. Darunter ist eine Lage aus Schroppen in den Untergrund einzuarbeiten.

Gemäß der derzeitigen Planung ist im Bereich des Schachts MW 03 eine Geländeanschüttung erforderlich. Die Schachtsohle liegt hier im Bereich der Dammschüttung. Für weitere Informationen zur Ausführung und erforderlichen bodenmechanischen Eigenschaften für einen Bodenaustausch bzw. einer Geländeanschüttung wird auf das Kapitel 7.5 verwiesen.

Für die geplanten Schächte sind bei fachgerechter Ausführung und bei Gründung auf einem Bodenpolster bzw. in der Geländeanschüttung nur konstruktive Baumaßnahmen erforderlich (Gründungssohle geotechnisch abnehmen, nachverdichten, Sauberkeitsschicht, usw.).

Aufgrund der anstehenden kompressiblen Bodenschichten der BGS 1c (bindige Auffüllung) und BGS 2 (Quartär) sind durch Auflasten aus Geländeanschüttungen und weiteren Erdarbeiten Setzungen der Schächte bzw. Setzungsunterschiede zu den angeschlossenen Rohrleitungen zu erwarten. Im Kapitel 7.5 wurden Setzungsabschätzungen ausgeführt. Die Zulässigkeit der zu erwartenden Setzungen ist von planerischer Seite nachzuweisen. Ggfs. sind Optimierungen der Gründungsmaßnahmen vorzunehmen. Dies gilt ebenso für die Gründungsfälle in den nachfolgenden Kapiteln 7.3 und Kapitel 7.4.

Auf zeitweise mögliches Stauwasser wird hingewiesen. Ggfs. ist die Auftriebssicherheit der Schachtbauwerke nachzuweisen.

7.3 Lage und Eignung der Grabensohle für den Mischwasserkanal

Die Kanalsohle (siehe Kapitel 3.3) wird bereichsweise in den breiigen bis weichen und weichen Tonen der BGS 2 (Quartär) sowie bereichsweise über der derzeitigen Geländeoberkante liegen.

Die einschlägigen Vorschriften (z. B. DIN EN 1610, ATV 139) verlangen eine trittfeste, d.h. mindestens steife oder mitteldicht gelagerte Rohrgrabensohle. Sonstige, allgemein verbindliche Prüfungskriterien für die Grabensohle (z. B. für Prüfungen mit dem dynamischen Fallgewichtsgerät) gibt es nicht.

Eine ausreichende Tragfähigkeit der Grabensohle bzw. das o.g. Kriterium ist bei einer Grabensohle innerhalb der breiigen bis weichen und weichen Tonen nicht gegeben, sodass ein Bodenaustausch erforderlich wird. Aus geotechnischer Sicht wird das Einbringen eines mind. 0,3 m dicken Bodenpolsters empfohlen, unter dem eine Lage Schrotten einzuarbeiten ist. Die Bodenaustauschdicke ist nach Planungsfortschreibung durch Setzungsabschätzungen zu prüfen.

Ob und wo ggf. weitere Zusatzmaßnahmen (vertiefter Bodenaustausch) notwendig werden, ist während der Bauausführung durch eine sachverständige Bauüberwachung und im Zweifelsfall durch den geotechnischen Sachverständigen mittels weiterer Begutachtung z. B. mit dem Handsondierstock festzulegen.

Darüber hinaus kann eine Prüfung der Grabensohle mittels dynamischem Fallgewichtsgerät mit einem anzusetzenden Prüfwert von $E_{vd} \geq 25 \text{ MN/m}^2$ (bzw. 25 MPa) ausgeführt werden.

Auf zeitweise mögliches Stauwasser wird hingewiesen. Ggfs. ist die Auftriebssicherheit des Mischwasserkanals nachzuweisen.

7.4 Lage und Eignung der Grabensohle der Wasserleitung

Angaben zur geplanten Rohrleitungssohle liegen derzeit nicht vor. In der Rohrleitungssohle werden bei einer angenommenen üblichen und zweckmäßigen Einbindetiefe der Leitung von ca. 1,2 m unter geplantem Gelände voraussichtlich die wenig kompressiblen Böden der BGS 2 (Quartär) angetroffen werden bzw. die Rohrleitungssohle liegt über der derzeitigen Geländeoberkante.

Die bindigen Böden der BGS 2 mit weicher und breiiger bis weicher Konsistenz sind grundsätzlich nicht als Gründungssohle geeignet, es werden Zusatzmaßnahmen erforderlich werden. Die Böden sind auszukoffern und durch ein Bodenpolster (siehe Kapitel 7.5) in einer Mächtigkeit von mind. 0,3 m zu ersetzen.

Die vorgeschlagene Bodenaustauschdicke ist nach Planungsfortschreibung durch Setzungsabschätzungen zu prüfen. Ob und wo ggf. weitere Zusatzmaßnahmen (vertiefter Bodenaustausch) notwendig werden, ist während der Bauausführung durch eine sachverständige Bauüberwachung und im Zweifelsfall durch den geotechnischen Sachverständigen mittels weiterer Begutachtung z. B. mit dem Handsondierstock festzulegen.

Auf zeitweise mögliches Stauwasser wird hingewiesen. Ggfs. ist die Auftriebssicherheit der Rohrleitung nachzuweisen.

7.5 Geländeanschüttung / Dammaufschüttung bzw. Bodenaustausch / Bodenpolster

Für die Herstellung eines Bodenpolsters bzw. für eine Geländeanschüttung ist ein geeignetes Material zu verwenden. Als geeignet anzusehen sind insbesondere weitgestufte Kiessand-Gemische der Bodengruppen GW, GI, GU, SW, SI, SU, ST gemäß DIN 18196 oder ein Schotter z. B. der Körnung 0/56. Gebrochenem Material ist der Vorzug zu geben. Für Materialien in der Leitungszone im Kontakt mit den Rohrleitungen gelten ggfs. gesonderte Anforderungen (siehe einschlägige Vorschriften, z. B. Verwendung von Sand oder von „steinfreiem Material“). Für Dammschüttungen können unter dem Planum gemäß ZTVE-StB 17, Tabelle 4, Materialien mit größerem Feinkornanteil verwendet werden.

Die Polsterschichten sind lagenweise (max. 0,3 m) einzubauen und mit geeignetem Gerät zu verdichten. Die erforderlichen Verdichtungsgrade im Straßenbereich sind den einschlägigen Vorschriften zu entnehmen, z. B. ZTVE-StB 17, Tabelle 4 und RStO 12/14. Die Verdichtung ist nachzuweisen. Sollte RC-Material eingebaut werden, sind Eignungsnachweise (Umwelt und Geotechnik) vorzulegen bzw. einzufordern.

Für das Bodenpolster werden nachfolgende charakteristische Kennwerte vorausgesetzt.

Tabelle 7.1 Charakteristische Kennwerte für ein Bodenpolster- und Dammschüttmaterial

| Wichte | Wichte unter Auftrieb | Reibungswinkel | Kohäsion | Steifemodul |
|----------------------|-----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
| γ | γ' | ϕ' | c' | E_s |
| [kN/m ³] | [kN/m ³] | [°] | [kN/m ²] | [MN/m ²] |
| 19,0 | 11,0 | 35,0 | -- | 80 |

Böschungswinkel sind in Abhängigkeit von der Scherfestigkeit des eingebauten Materials und weiteren Randbedingungen (z. B. anschließende Geländeneigung, Dammhöhe) zu wählen. Ggfs. werden Standsicherheitsberechnungen erforderlich.

Insbesondere im Bereich der Geländeanschüttungen von bis zu ca. 2,8 m (Schacht MW 03) werden in den Schacht- und Leitungssohlen Setzungen auftreten. Vorab werden diese zu mehreren Zentimetern abgeschätzt. Weitere Einzelheiten können Kap. 8.3 entnommen werden.

Die berechneten Werte sind als Vorabschätzung zu verstehen. Die Zulässigkeit der berechneten Setzungen bzw. bauwerksverträglichen Setzungen ist von planerischer Seite nachzuweisen. Ggfs. sind Optimierungen der Gründungsmaßnahmen vorzunehmen.

8 STRASSENBAU

Die festgestellten Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sind für die geplanten Straßenbaumaßnahmen differenziert nach Lage der Gradiente (Damm, Einschnitt/geländegleiche Lage) und den konkreten Untergrundbedingungen zu berücksichtigen.

Die maßgeblichen Regelwerke wie ZTVE-StB 17 und RStO 12/14 sind zu beachten.

Für den Straßenausbau kann aufgrund der angegebenen Höhen der Schachtdeckel (siehe Kapitel 3.3 und 7.2) davon ausgegangen werden, dass überwiegend eine Geländeanschüttung bzw. eine Dammschüttung erforderlich und dann der Untergrund als Auflager zu bewerten ist. Die Dammhöhe wird ohne Berücksichtigung von Leitungsgräben oder Abschiebung von Oberböden mit bis zu 2,8 m angenommen (Tabelle 3.1).

8.1 Oberbaudicke

Das Untersuchungsgebiet liegt gemäß RStO 12/24 in der Frosteinwirkungszone II. Die im Bereich des Planums anstehenden Böden sind nach ZTV E -StB 17 als sehr frostempfindlich (siehe Tabelle 5.2) einzustufen.

Wir empfehlen aus geotechnischer Sicht die Minstdicke des frostsicheren Oberbaus für eine von uns angenommene Belastungsklasse von mindestens Bk10 aufgrund der sehr frostempfindlichen Böden gemäß RStO 12/24, Kap. 3.2.2, Tabelle 6 mit einem Ausgangswert der Mächtigkeit von 65 cm auszubilden (siehe nachfolgende Tabelle 8.1).

Tabelle 8.1 Minstdicke der frostsicheren Oberbaus nach RStO 12/24

| Frostempfindlichkeit | Dicke [cm] bei Belastungsklasse | | |
|----------------------|---------------------------------|-------------------|--------|
| | Bk 100 bis Bk 10 | Bk 3,2 bis Bk 1,0 | Bk 0,3 |
| F3 | 65 | 60 | 50 |

Je nach örtlichen Verhältnissen der Verkehrsfläche sind Mehr- oder Minderdicken des frostsicheren Oberbaus gemäß Tabelle 8.2 (siehe RStO 12/24, Kap. 3.2.3) erforderlich.

Tabelle 8.2 Mindestdicke der frostsicheren Oberbaus nach RStO 12/24

| Örtliche Verhältnisse | | A | B | C | D | E |
|---|---|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------------|
| Frosteinwirkung | Zone I | ± 0 cm | | | | |
| | Zone II | + 5 cm | | | | |
| | Zone III | +15 cm | | | | |
| kleinräumige Klimaunterschiede | ungünstige Klimaeinflüsse z.B. durch Nordhang oder in Kammlagen von Gebirgen | | + 5 cm | | | |
| | keine besonderen Klimaeinflüsse | | ± 0 cm | | | |
| | günstige Klimaeinflüsse bei geschlossener seitlicher Bebauung entlang der Straße | | - 5 cm | | | |
| Wasserverhältnisse im Untergrund | kein Grund- und Schichtenwasser bis in eine Tiefe von 1,5 m unter Planum | | | ± 0 cm | | |
| | Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum | | | + 5 cm | | |
| Lage der Gradienten | Einschnitt, Anschnitt | | | | + 5 cm | |
| | Geländehöhe bis Damm ≤ 2,0 m | | | | ± 0 cm | |
| | Damm > 2,0 m | | | | - 5 cm | |
| Entwässerung der Fahrbahn / Ausführung der Randbereiche | Entwässerung der Fahrbahn über Mulden, Gräben bzw. Böschungen | | | | | ± 0 cm ¹⁾ |
| | Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen | | | | | - 5 cm ¹⁾ |

¹⁾: ist vom Planer zu prüfen

Unter der Berücksichtigung der Mehr- oder Minderdicken ergibt sich eine Dicke des frostsicheren Oberbaus von ca. 70 cm, sofern die in der Tabelle 8.2 fett markierten Mehrdicken vom Planer bestätigt werden.

Bei der Festlegung der Dicke von ungebundenen Tragschichten ist darauf zu achten, dass mit den vorgesehenen Materialien die erforderlichen Tragfähigkeitssteigerungen erreicht werden können (siehe dazu RStO 12/24, Tab. 8).

Bei der Bemessung und der Ausführung von Verkehrsflächen gelten i.W. die Richtlinien der ZTV E-StB 17, der RStO 12/24 und der ZTVT-StB 95 bzw. ZTV SoB-StB 20.

Sprünge in den Dicken der frostsicheren Befestigungen sollten in Längs- und Querrichtung (ggf. durch Ausbildung ausreichender Übergangszonen) vermieden werden.

8.2 Tragfähigkeit des Planums / Schutz des Planums / Dammsohlen

Nach Kapitel 3.3 und Kapitel 8.1 liegt das Planum bereichsweise innerhalb bindiger Böden der Baugrundsichten BGS 2 und bereichsweise über der derzeitigen Geländeoberkante in Dammschüttmaterialien.

Gemäß ZTV E-StB 17 ist auf dem Planum ein Verformungsmodul im statischen Plattendruckversuch von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Der erforderliche E_{v2} -Wert wird bei den anstehenden Tonen mit breiiger bis weicher und weicher Konsistenz der BGS 2 mit ermittelten Konsistenzzahlen $I_c < 0,8$ gemäß Kommentar ZTV E-StB 2017, 4.5 (1.3) nicht erreicht werden. Bei diesen anstehenden Böden mit hohem Feinkornanteilen und nicht optimalem Wassergehalt ist ein Bodenaustausch erforderlich (siehe Kapitel 7.5). Alternativ ist eine Verbesserung von bindigem Material z. B. mit Kalk-Zement möglich.

Vorab wird eine Bodenaustauschdicke von rd. 50 cm geschätzt (siehe FLOSS, Kommentar zur ZTVE, Bild 82). Dies sollte durch ein Versuchsfeld vor Ort geprüft werden.

Bei einem fachgerechten Aufbau einer Geländeanschüttung bzw. einer Dammaufschüttung (siehe Kapitel 7.5) ist der mit dem statischen Plattendruckversuch erforderliche E_{v2} -Wert $> 45 \text{ MN/m}^2$ voraussichtlich zu erreichen.

Grundsätzlich wird die Abnahme der Planumsflächen und die Begleitung der Erdarbeiten durch den geotechnischen Sachverständigen empfohlen.

Die Standsicherheit benachbarter Bauwerke ist zu beachten. Beweissicherungsmaßnahmen können zweckmäßig werden.

In niederschlagsreichen Perioden ist mit der Aufweichung der bindigen Schichten durch Stau-, Schicht-, Sicker- oder Oberflächenwasser zu rechnen. Die aufgeweichten Zonen sind durch Bindemittel zu verbessern oder gesamtheitlich zu entfernen und durch tragfähiges Material zu ersetzen.

Bindige Böden sind durch entsprechende planerische Maßnahmen vor mechanischer Beanspruchung und Durchnässung zu schützen. Die Wartezeit zwischen Erd- und Oberbauarbeiten sind bei wasserempfindlichen Böden auf ein Minimum zu reduzieren. Andernfalls sind frühzeitig geeignete Maßnahmen zum Schutz des fertigen Planums zu ergreifen. Art und Umfang der Schutzmaßnahmen richten sich nach der Dauer, in der die Güteeigenschaften des fertigen Planums erhalten bleiben sollen (kurz-, mittel- oder langfristig). Für die oberflächennahen, frostempfindlichen und feinkörnigen vorhandenen Böden sind besondere Grundsätze zu beachten:

- Die Eigenschaften des Baugrunds dürfen durch die Arbeitsvorgänge und eingesetzten Geräte nicht nachteilig verändert werden.
- Aufgrund der Aufweichungsgefährdung der anstehenden feinkörnigen Lockergesteine dürfen keine Erdarbeiten bei starken Regenfällen ausgeführt werden bzw. diese sind einzustellen.
- Ggf. sind Maßnahmen zum Schutz des Planums (z.B. Abdecken mit grobkörnigen Böden, Folien) erforderlich.
- Innerhalb bzw. auf den im Gründungssohlenbereich anstehenden feinkörnigen Lockergesteinen ist grundsätzlich mit dem Auftreten von Stau- und Schichtwasser zu rechnen.
- Für Arbeiten bei und nach Frostwetter sind die Angaben der ZTV E-StB 17 zu beachten. Gefrorener Boden darf bis 2 m unter die Fahrbahnoberfläche bzw. Geländeoberkante nicht überschüttet werden.

- Beim Einsatz ungebundener Trag- und Frostschutzschichten ist eine ausreichende Filterstabilität zu gewährleisten. Ggf. kann der Einsatz von Geotextilien zweckmäßig sein

Die Dammsohlen müssen zur Reduzierung von Setzungen und für eine ausreichende Standsicherheit ausreichend tragfähig sein.

Auffüllungen sollten entfernt werden (insbesondere im Bereich KRB 02). Bei Eignung (z. B. hinsichtlich Kornverteilung, Wassergehalt, umwelttechnische Unbedenklichkeit) können sie, ggfs. nach Aufbereitung (ungeeignete Materialien separieren), wieder verdichtet eingebaut werden. Ansonsten sind sie durch Dammschüttmaterial zu ersetzen.

Die bindigen Böden der BGS 2 stehen überwiegend in weicher Konsistenz an. In der Gründungssohle anstehende aufgeweichte und breiige Böden (Konsistenzzahl $I_c < 0,5$) sind gegen Dammschüttmaterial auszutauschen. Zur Beschränkung von Setzungen (siehe auch Kap. 8.3) sollten Böden mit weicher Konsistenz über dem anstehenden Fels nur mit Restmächtigkeiten von ca. 2 m unter dem Damm verbleiben. Dies ist durch Rammsondierungen oder durch Schürfe zu prüfen. Grundsätzlich ist in die Aushubsohle zunächst eine Lage Schroppen einzuarbeiten. Insbesondere neben abfallendem Gelände kann zur Erhöhung der Standsicherheit die Ausbildung eines Reibungsfußes mit scherfestem Bodenmaterial zweckmäßig sein.

Alternativ zu einem daraus resultierenden Aushub der bindigen Böden von bis zu 3 m kann eine tiefreichende Baugrundverbesserung bzw. Baugrundstabilisierung z.B. mittels zementstabilisierten Schotter Säulen ausgeführt werden.

Es wird eine geotechnische Begleitung der Arbeiten durch den Sachverständigen empfohlen.

8.3 Setzungsabschätzungen

Zur Abschätzung von Setzungen in der Dammsohle wurden Setzungsberechnungen mit vereinfachten Rechenmodellen durchgeführt.

Für den südlichen Straßenbereich wurde entsprechend den zu erwartenden Dammhöhen von bis zu 1,3 m eine Belastungsfläche von ca. 20,0 m mal 6,5 m gewählt. Mit mittleren Steifemodulen gemäß Tabelle 5.2 wurden Setzungen von rd. 2 cm bis rd. 4 cm abgeschätzt.

Für den östlichen Straßenbereich wurde entsprechend den zu erwartenden Dammhöhen von bis zu 2,8 m eine Belastungsfläche von ca. 15,0 m mal 7,0 m gewählt. Die in KRB 02 angetroffenen Auffüllung wurde dabei im Rechenmodell gegen Bodenaustauschmaterial (bodenmechanische Eigenschaften des Bodenpolster gemäß Kapitel 7.5) ersetzt. Mit mittleren Steifemodulen gemäß Tabelle 5.2 wurden Setzungen von rd. 3 cm bis 6 cm abgeschätzt.

Zusätzlich sind Eigensetzungen des Dammschüttmaterials zu berücksichtigen. Bei Verwendung von grobkörnigem Böden treten diese Setzungen überwiegend als Sofortsetzungen auf.

Wegen der bindigen Böden treten die Setzungen teilweise als Konsolidierungssetzungen zeitverzögert auf. Der Sofortsetzungsanteil wird zu ca. 50 % angenommen, die Restsetzungen werden in den folgenden 1 bis 2 Jahren eintreten. Aus geotechnischer Sicht wird empfohlen, zur Reduzierung von Setzungen und von Schadensursachen eine vertretbare Liegezeit vor Aufbringen der oberen Tragschichten bzw. Decken einzuplanen.

9 UMWELTECHNISCHE ANALYSENERGEBNISSE UND BEWERTUNG

9.1 Bewertungsgrundlagen

Die Bewertung der ermittelten Schadstoffkonzentrationen erfolgt ausschließlich unter abfallrechtlichen Gesichtspunkten (Entsorgung eines anfallenden Erdaushubes) auf Basis der zum Zeitpunkt der Untersuchungen und Berichtserstellung geltenden Regelungen und Vorordnungen.

Für die Verwertung von Bodenmaterial ist seit dem 01.08.2023 die Ersatzbaustoffverordnung (EBV) in Kraft. Die EBV enthält erstmalig bundeseinheitliche und rechtsverbindliche Anforderungen an die Herstellung und den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe. Darunter fallen auch Recycling-Baustoffe aus Bau- und Abbruchabfällen, Bodenaushub, Baggergut, Gleisschotter sowie Schlacken aus der Metallherzeugung und Aschen aus thermischen Prozessen. Sie gibt zum einen für die jeweiligen Ersatzbaustoffe beziehungsweise für deren Materialklassen Materialwerte in Bezug auf bestimmte Schadstoffe vor, deren Einhaltung durch den Hersteller im Rahmen einer Güteüberwachung zu gewährleisten ist. Zum anderen sieht sie an diese Materialklassen angepasste Einbauweisen vor, die vom Verwender beim Einbau in das technische Bauwerk entsprechend den örtlichen Gegebenheiten zu beachten sind.

Hinweis: Die durchgeführte abfallrechtliche Voruntersuchung wurde an aus den Bohrungen punktuell entnommenen Einzelproben bzw. daraus gebildeten Mischproben durchgeführt und erlaubt lediglich eine indikative abfallrechtliche Voreinstufung der Quartärsande, die im Regelfall eine qualifizierte Probenahme nach LAGA PN98 an definierten Haufwerksvolumina nicht ersetzt. Im Allgemeinen sind daher für eine geplante Verwertung oder Entsorgung des Bodenmaterials zusätzliche qualifizierte Probenahmen bzw. abfallrechtliche Deklarationsuntersuchungen nach LAGA PN 98 an fachgerecht gebildeten Haufwerken aus dem Aushubmaterial notwendig.

9.2 Abfallrechtliche Voreinstufung Boden nach EBV

Die Analyseergebnisse und Bewertung der Probe RKS 02 0,2-1,4 aus der Auffüllung sind in der Anlage 4 zusammengestellt, den jeweiligen Materialwerten gemäß EBV gegenübergestellt und bewertet. Die Analyse der nach EBV untersuchten Bodenproben erfolgte an der Fraktion < 2mm. Der Prüfbericht ist in der Anlage 5.1 enthalten.

Die Analyse der Probe RKS 02 0,2-1,4 ergibt eine Einstufung als BM-0 Material gemäß EBV.

10 HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG

10.1 Baugrubenböschungen

Für die Baugruben zur Herstellung der Schächte bzw. für die Verlegung der Rohrleitung und der Wasserleitung sind voraussichtlich Baugruben mit Tiefen von ca. 1 m bis örtlich 3 m erforderlich. Ggfs. sind Zusatztiefen wegen Bodenaustausch zu berücksichtigen.

Grundsätzlich sind die Hinweise der DIN 4124 "Baugruben und Gräben, Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau" einzuhalten. Bei ausreichenden Platzverhältnissen können gemäß DIN 4124 oberhalb des Grundwasserspiegels und bei ausreichendem Abstand zu Bestandsbauwerken folgende bauzeitlichen Böschungsneigungen ausgeführt werden:

- $\beta \leq 45^\circ$ → bei rolligen Böden oder weicher Konsistenz bindiger Böden und ohne Wasserzufluss
- $\beta \leq 60^\circ$ → bei mindestens steifer Konsistenz bindiger Böden
- $\beta \leq 80^\circ$ → bei Festgestein, sofern keine ungünstig einfallenden Gesteinsschichten bzw. potenzielle Gleitflächen vorliegen

Die Baugrubenböschungen sind vor Durchfeuchtung, Erosion und Frost durch Abplanen zu schützen.

Bei Böschungshöhen ≥ 5 m sind rechnerische Standsicherheitsnachweise erforderlich.

Baugrubensohlen und -böschungen sind vor Witterungseinflüssen, insbesondere vor Niederschlägen z. B. mittels Folien zu schützen. Die weiteren Hinweise der DIN 4124 (z.B. unbelastete Böschungskronen) sind zu beachten.

Werden aufgrund beengter Platzverhältnisse Verbauten erforderlich, sind diese zu bemessen und deren Standsicherheit gemäß DIN EN 1997-1, DIN 1054 bzw. den Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) nachzuweisen. Vorzugsweise dürften Fertigverbauten zum Einsatz kommen.

10.2 Wasserhaltung

Für die Herstellung der Schächte und der Rohrleitungen wird entsprechend den in Kapitel 6 dargestellten Grundwasserverhältnissen keine bauzeitliche Absenkung des Grundwassers erforderlich werden. Das den Baugruben zutretende Niederschlags- oder ggf. Stau- und Schichtwasser ist, soweit es nicht zeitnah im Untergrund versickert, über lokale Pumpensümpfe oder Draingräben abzuführen. Bei einer Einleitung in den Kanal ist durch die ausführende Baufirma eine entsprechende Genehmigung bei den Entwässerungsbetrieben einzuholen. Ein Absetzbecken ist vorzusehen.

10.3 Erdarbeiten und Homogenbereiche

Bei den Erdarbeiten für den Schacht-, Straßen- und Kanalbau fallen bereichsweise entsprechend den erforderlichen Aushubtiefen Böden der Baugrundsichten BGS 1a, BGS 1b, BGS 1c und BGS 2 an.

Nach der aktuell gültigen VOB Teil C (Stand 2019) ist der anstehende Baugrund für die jeweiligen Gewerke in Homogenbereiche zu untergliedern. Für die Ausschreibung der Erdarbeiten nach DIN 18300:2019-09, der Bohrarbeiten nach DIN 18301 wird empfohlen, die Homogenbereiche entsprechend der Tabelle 10.1 zu definieren. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Geräte vergleichbare Eigenschaften aufweist.

Tabelle 10.1 Zuordnung der Baugrundsichten in Homogenbereiche

| Baugrundsicht | Homogenbereich |
|---|----------------|
| BGS 1a (Oberboden, aufgefüllt) | O1 |
| BGS 1b (Auffüllung, Kies) | B1 |
| BGS 1c/2 (Auffüllung, Tone und Quartär, Tone) | B2 |
| BGS 4 (Festgestein Mittlerer Muschelkalk) | X1 |

Die Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche O1 und B1 bis B2 werden in der Tabelle 10.2 und des Homogenbereichs X 1 in der Tabelle 10.3 aufgeführt. Sofern keine bodenmechanischen Laborversuche oder Feldversuche ausgeführt wurden, werden Erfahrungswerte für die Kennwerte angegeben.

Die zu beachtenden umwelttechnischen Gesichtspunkte sind in Kapitel 9 beschrieben.

Bauwerks- und Fundamentreste (Beton, Ziegel, Fremddanteile usw.) sind in dieser Aufstellung nicht enthalten und ggfs. gesondert zu berücksichtigen.

Tabelle 10.2 Eigenschaften / Kennwerte der Homogenbereiche Lockergesteine

| Eigenschaft / Kennwert | Homogenbereich | | |
|--|------------------------|-------------------------------|---|
| | O1 | B1 | B2 |
| Baugrundschrift [-] | BGS 1a | BGS 1b | BGS 1c, BGS 2 |
| Ortsübliche Bezeichnung [-] | Oberboden (aufgefüllt) | Auffüllung, grobkörnig, Kiese | Auffüllung, feinkörnig, Quartäre, holozäne Abschwemm-massen, Tone |
| Bodengruppe [-] | [OH], [OT] | [GW], [GI], [GU] | [TA], [TM], [TL], TM, GU* |
| Stein- und Blockanteile [%] | <3 | > 5 | < 5 |
| Korngrößenverteilung [-] | -- | -- | -- |
| Dichte ρ [g/cm ³] | 1,4-1,8 | 1,8-2,1 | 1,7- 2,1 |
| Undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²] ⁽¹⁾ | 10-20 | -- | 10-50 |
| Wassergehalt w [%] | -- | -- | 20,0-27,0 |
| Konsistenzzahl I_c [-] ⁽¹⁾ | -- | -- | 0,1-1,0 |
| Plastizitätszahl I_p [%] ⁽¹⁾ | -- | -- | 15-25 |
| Lagerungsdichte ⁽²⁾ / Konsistenz ⁽¹⁾ | weich | mitteldicht | breiig, weich bis halbfest |
| Abrasivität | nicht abrasiv | abrasiv | kaum abrasiv bis schwach abrasiv |
| Organischer Anteil [%] | > 5 | < 3 | < 5 |

¹⁾ gilt nur für bindige Böden

²⁾ gilt nur für nicht bindige Böden

--: nicht untersucht / nicht relevant

Tabelle 10.3 Eigenschaften / Kennwerte der Homogenbereiche Festgestein

| Homogenbereich | |
|---|--|
| X1 | |
| Baugrundschrift [-] | BGS 3 |
| Ortsübliche Bezeichnung [-] | Mittlerer Muschelkalk |
| Benennung nach DIN EN ISO 14689:2018 [-] | Mergelstein |
| Verwitterung und Veränderlichkeit [-] | schichtoberflächennah vollständig verwittert, darunter erfahrungsgemäß stark bis schwach verwittert und frisch |
| Druckfestigkeit σ_u [MN/m ²] | < 1,25 -5,0 und mit zunehmender Tiefe 5 bis 250 |
| Trennflächenrichtung nach DIN EN ISO 14689:2018 [-] | -- |
| Trennflächenabstand nach DIN EN ISO 14689:2018 [-] | außerordentlich engständig |
| Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1:2018 [-] | tafelförmig-rhombisch |
| Abrasivität | schwach abrasiv bis abrasiv |

--: nicht untersucht

10.4 Wiederverwertbarkeit des Aushubmaterials

Aus geotechnischer Sicht sind die angetroffenen Lockergesteine der Baugrundsichten BGS 1b (Auffüllung, grobkörnig) für eine Wiederverwertung geeignet. Diese Böden sind in die Verdichtbarkeitsklasse V1 nach FLOSS, Handbuch ZTVE-StB (siehe Tabelle 5.3) einzustufen. Es werden entsprechende Eignungsprüfungen (Bestimmung der Proctordichte und des optimalen Wassergehaltes) an dem für einen Wiedereinbau vorgesehenen Aushubmaterial empfohlen. Aushubmaterial, welches erst nach längerer Lagerdauer wieder eingebaut werden soll, ist gegen Witterungseinflüsse zu schützen.

Die angetroffenen Lockergesteine der Baugrundsichten BGS 1a (aufgefüllter Oberboden), BGS 1c (Auffüllung, feinkörnig) und BGS 2 (Tone, Quartär, holozäne Abschwemmassen) sind nicht für eine Wiederverwertung bzw. nur bedingt und nach einer entsprechenden Aufbereitung bzw. Konditionierung durch Kalk-Zement Zugabe geeignet. Diese Böden sind in die Verdichtbarkeitsklasse V3 nach FLOSS, Handbuch ZTVE-StB (siehe Tabelle 5.3) einzustufen. Sie sollten im nichtaufbereiteten Zustand nur für untergeordnete Verfüllmaßnahmen ohne statische Anforderungen verwendet werden.

Für den (aufgefüllten) Mutterboden der BGS 1a gelten im Hinblick auf den Verwendungszweck besondere Schutzbestimmungen. Nach § 202 BauGB (Baugesetzbuch) ist Oberboden, der bei der Errichtung und Änderung baulicher Anlagen sowie bei wesentlichen anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben wird, im nutzbaren Zustand zu erhalten und vor Vernichtung und Vergeudung zu schützen. Der Oberboden der BGS 1a sollte daher als solcher vor Ort oder bei anderen Baumaßnahmen wiederverwertet werden. Gegebenenfalls ist bei den erfahrungsgemäß inhomogenen Auffüllungen ein Aussortieren von größeren Fremdanteilen oder ggf. auftretenden bindigen Böden erforderlich.

Die umwelttechnischen Belastungen und die daraus resultierende abfallrechtliche Einstufung (siehe Kapitel 9.2) sind bei einem Wiedereinbau zu beachten und gegebenenfalls mit der zuständigen Umweltbehörde abzustimmen.

Für überschüssiges und zu entsorgendes Aushubmaterial sind die abfallrechtlichen Modalitäten (Hauwerksuntersuchungen und Deklaration) vorab mit der vorgesehenen Entsorgungsstelle bzw. mit der zuständigen Behörde zu klären.

10.5 Arbeitsraumverfüllung Schachtbauwerk und Leitungszone

Für das Verfüllen und Verdichten des Arbeitsraums der Schächte sind die Bestimmungen der ZTV E-StB 17 für Baugruben und Leitungsgräben bzw. für das Hinterfüllen von Bauwerken anzuwenden. Demnach sind die Arbeitsräume lagenweise fachgerecht zu verfüllen und zu verdichten. Der erforderliche Verdichtungsgrad beträgt in Leitungsgräben (Leitungszone Einbettung der Leitung bis 30 cm über Scheitel) mindestens $D_{pr} \geq 97 \%$ und in Baugruben $D_{pr} \geq 100 \%$.

Die Verfüllung der Leitungszone mit grobkörnigem Material und einem Größtkorn von 22 mm nach ZTV E-StB 17 ist beidseitig gleichmäßig vorzunehmen, um seitliche Verdrückungen der Rohre zu vermeiden. Besonderen Wert ist auf eine hohlraumfreie Verfüllung und sorgfältige Verdichtung in den Kämpfer- und Muffenbereichen zu legen. Die Zwickel unter dem Rohr müssen vollständig verfüllt und verdichtet sein. Ggfs. ist dies durch händisches Arbeiten sicher zu stellen. Eine punkt- oder linienförmige Auflagerung ist auszuschließen.

Für die Rohrgrabenverfüllung der Hauptverfüllung ist im Bereich von Verkehrsflächen zwischen Leitungszone und Straßenplanum gemäß ZTV E-StB 17 für den Bereich bis 1,0 m unter Planum ein Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 98 \%$ und für den Bereich Planum bis 1,0 m Tiefe ein Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 100 \%$ erforderlich. Zusätzlich ist auf dem Planum von Verkehrsflächen ein EV_2 -Wert von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Verdichtungsgeräte, Übergänge und Schichtdicken sind dem geforderten Verdichtungsgrad, den Raumverhältnissen und der "Empfindlichkeit" der Rohre anzupassen (siehe ATV A 139).

Das Verfüllmaterial darf gemäß ZTV E-StB 17 im Bereich bis 1 m über Rohrscheitel nur mit leichtem und bis 3 m auch mit mittelschwerem Verdichtungsgerät verdichtet werden. Daran angepasst werden mittlere Schütthöhen von ca. 20 bis 30 cm empfohlen.

Das auftretende Größtkorn sollte dabei 2/3 der jeweiligen Schütthöhe nicht überschreiten und vor dem Hintergrund der Prüffähigkeit der Verdichtung auf 63 mm beschränkt werden.

Beim Einsatz der Geräte in Verantwortung des AN ist zwingend zu gewährleisten, dass keine unverträglichen Vibrationen/Erschütterungen auftreten. Dies ist bereits in der Kalkulation zu berücksichtigen. So kann vorab nicht zwangsläufig davon ausgegangen werden, dass der Einsatz schwerer Verdichtungstechnik wie z. B. von Anbauverdichterplatten möglich ist. Der Einsatz solcher Geräte bedarf einer Überprüfung ihrer Verträglichkeit unter den konkreten Bedingungen der Baustelle (z. B. unter Beachtung angrenzender Bausubstanz, Kanäle, Leitungen etc.).

Die Verdichtung der Arbeitsräume ist durch direkte Dichtebestimmungen, Lastplattendruckversuche oder Rammsondierungen nachzuweisen. Die Mindestanzahl der Eigenüberwachungsprüfungen hat sich nach den Vorgaben der ZTV E-StB 17 richten. Zusätzlich sind Kontrollprüfungen entsprechend der ZTV E-StB 17 durch den Bauherrn bzw. den geotechnischen Sachverständigen durchzuführen.

10.6 Filterstabilität

Bei einer üblicherweise mit grob. bzw. gemischtkörnige Böden ausgeführten Rohrbettung und Leitungszone sind diese nicht ausreichend filterstabil zu den anstehenden bindigen Böden und daher durch ein Filtervlies von diesen zu trennen.

Ebenso sollten die Schichten von Rohrbettung, Leitungszone und Hauptverfüllung untereinander filterstabil sein, sie sind vorzugsweise durch Filtervliese zu trennen.

11 SCHLUSSBEMERKUNG

Sämtliche baugrundtechnischen Empfehlungen dieses Gutachtens basieren auf den lokalen Aufschlüssen der durchgeführten Erkundungen sowie einer Realisierung der geplanten Baulichkeiten unter Beachtung der in diesem Bericht beschriebenen Grundlagen und Annahmen.

Kommen abweichende Varianten der Bauwerke zur Ausführung, sind die in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse und Empfehlungen zu überprüfen.

Sollten während der Bauarbeiten sich abweichend verhaltende oder weniger tragfähige Baugrundbereiche angetroffen werden, ist der geotechnische Sachverständige zur Festlegung eventuell notwendiger Anpassungsmaßnahmen rechtzeitig einzuschalten. Auch Abweichungen von den festgestellten und analysierten umwelttechnischen Befunden sind im Zuge der Aushubarbeiten nicht auszuschließen.

Wir empfehlen, die Erdarbeiten durch den geotechnischen Sachverständigen überwachen zu lassen.

CDM Smith SE
02.04.2025

erstellt:

i. V.

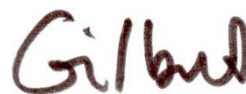
i.A.



Dipl.-Geol. Martin Dornheim

Ba. Sc. Nadjeschda Welzel

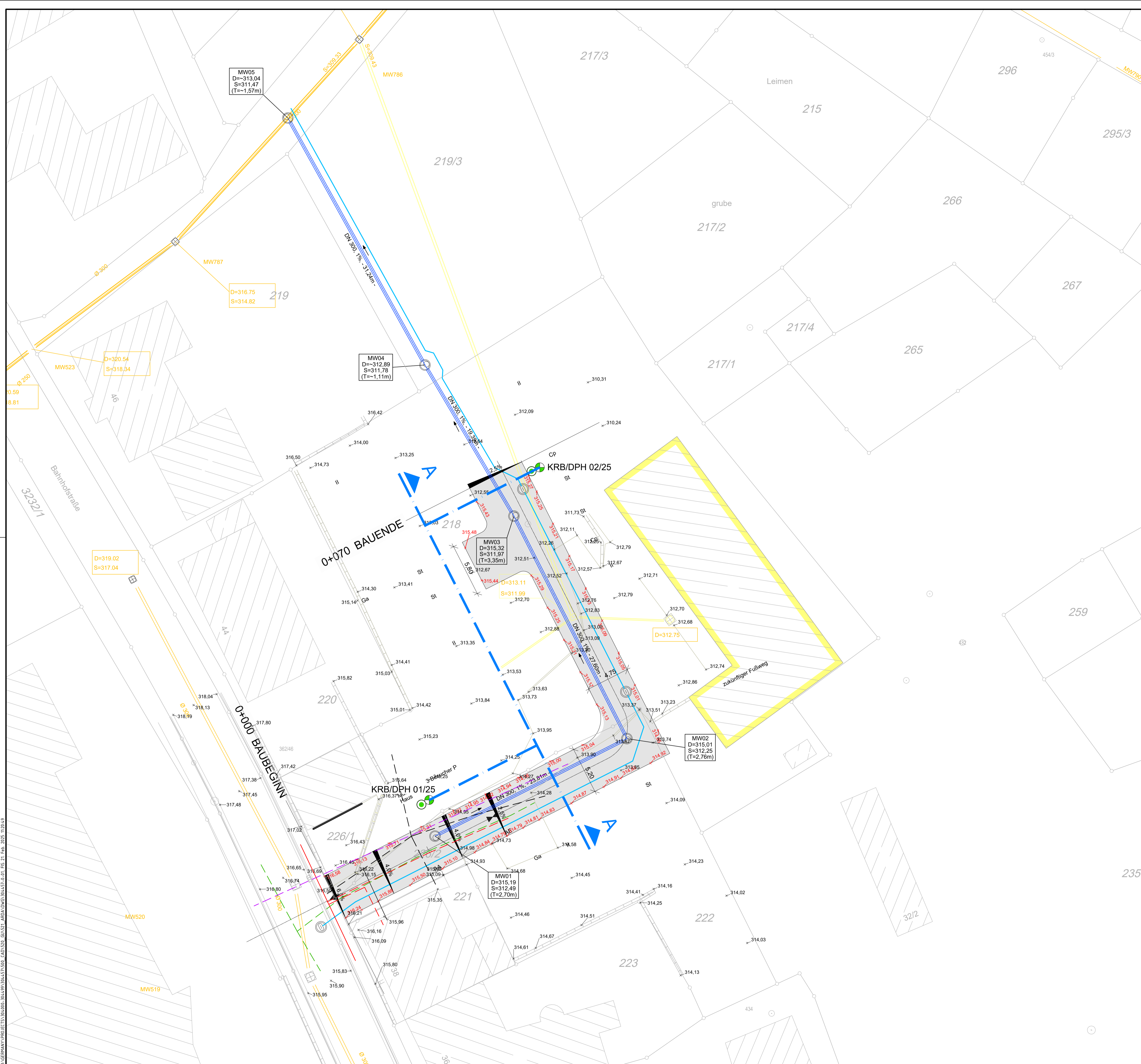
i.A.




Dipl.-Ing K.-F. Gilbert

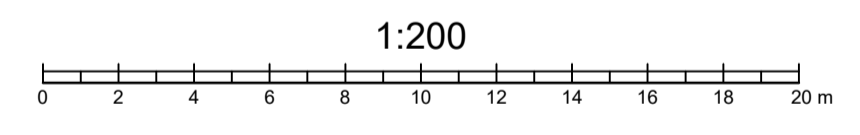
ANLAGE 1 LAGEPLÄNE

Anlage 1.1 **Lage der Aufschlusspunkte, M 1 :**
200



Legende

-  KRB, Kleinrammsondierung
-  DPH, schwere Rammsonde
-  Schnitt A-A'
-  Abbruch
-  gepl. Wasserleitung
-  gepl. Entwässerung
-  Kanal
-  Bestand, Strom
-  Bestand, Gas
-  Bestand, Vodafone
-  Bestand, Telekom



Plangrundlage:

P2083501 - BG Bahnhofstraße - 04 - Lageplan.dwg
P2083501 - BG Bahnhofstraße - Aufnahmeplan.dwg

Lageangaben im System: Gauss-Krüger

Diese Unterlage und ihr Inhalt sind unser geistiges Eigentum. Sie darf nicht ohne unsere schriftliche Genehmigung vervielfältigt, unbefugten Dritten zur Einsicht überlassen oder sonstwie mitgeteilt werden oder zu anderen Zwecken, als sie dem Empfänger anvertraut ist, benutzt werden. Sie ist auf Verlangen zurückzugeben.

| | | | | | |
|--|-----------------|--|---------------|--|-------------|
| Bauherr / Auftraggeber | | | | | |
| Stadt Niederstetten | | | | | |
| Planverfasser | | | | | |
| CDM Smith | | CDM Smith SE Fürther Straße 232 90429 Nürnberg | | tel: 0911 40100-40 fax: 0911 40100-30 nuernberg@cdmsmith.com cdmsmith.com | |
| Projekt | | | | | |
| Niederstetten, Entwicklung Hofacker 1. BA, geot. Erkundung | | | | | |
| Titel | | | | | |
| Lage der Aufschlusspunkte | | | | | |
| Gezeichnet | Geprüft | Freigegeben | Projekt-Nr. | Plan-Nr. | Blatt-Nr. |
| 22.02.2025 | 22.02.2025 | | 304457 | | 01 |
| Name | fir | dor | Phase | Maßstab | Anlagen-Nr. |
| Dateiname | 304457-0-01.DWG | | | 1:200 | 1.1 |

P:\VERBAU\090\01\ES\304457\304457_01.dwg, 21. Feb. 2025 10:20:49
P:\VERBAU\090\01\ES\304457\304457_01.dwg, 21. Feb. 2025 10:20:49

ANLAGE 2 ERGEBNISSE DER FELDARBEITEN

Anlage 2.1 **Schichtenverzeichnisse**

Projekt: Niederstetten Entwicklung Hofäcker

Bohrung: KRB 01a/25

315,50 m ü NHN

Bohrzeit:
17.02.25

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
|---|---|---|--|---------------|------|------------------------------|-----------|
| Bis ... m unter Ansatz- punkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen | | Entnommene Proben | | | | |
| | b) Ergänzende Bemerkung | | Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges | Art | Nr | Tiefe in m (Unter- kante) | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | | | | | e) Farbe |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung | | | | | h) Gruppe |
| 0,10 | a) Humusdecke b) c) d) e) f) Auffüllung g) h) i) | | | | | | |
| 0,60 | a) Kies, sandig, schwach tonig b) Kalkschotter c) erdflecht d) e) grau f) Auffüllung g) h) i) | | | KRB 01-BP1 | 0,60 | | |
| 2,50 | a) Ton, schwach kiesig b) kiesiger Anteil aus Kalkstein c) d) e) braun f) g) Quartär h) i) | Bohrhindernis bei 2,50 m, kein Grundwasser angetroffen, kein weiterer Bohrfortschritt weich, mittelplastisch | | KRB 01-BP2 | 2,50 | | |

Projekt: Niederstetten Entwicklung Hofäcker

Bohrung: KRB 01b/25

315,50 m ü NHN

Bohrzeit:
17.02.25

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
|---|---|------------------------------------|--|---------------|------|------------------------------|-----------|
| Bis ... m unter Ansatz- punkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen | | Entnommene Proben | | | | |
| | b) Ergänzende Bemerkung | | Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges | Art | Nr | Tiefe in m (Unter- kante) | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | | | | | e) Farbe |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung | | | | | h) Gruppe |
| 0,10 | a) Humusdecke b) c) d) e) f) Auffüllung g) h) i) | | | | | | |
| 0,60 | a) Kies, sandig, schwach tonig b) Kalkschotter c) erdfeucht d) e) grau f) Auffüllung g) h) i) | | | KRB 01-BP1 | 0,60 | | |
| 2,50 | a) Ton, schwach kiesig b) kiesiger Anteil aus Kalkstein c) d) e) braun f) g) Quartär h) i) | | weich, mittelplastisch | KRB 01-BP2 | 2,50 | | |
| 4,50 | a) Ton, schwach kiesig bis stark kiesig b) kiesiger Anteil aus Kalkstein/Mergelstein c) d) e) braun f) g) Quartär h) i) | | breiig bis weich, mittelplastisch | KRB 01-BP3 | 4,50 | | |
| 4,90 | a) Ton b) c) d) e) hellbraun bis braun f) g) Quartär h) i) | | weich bis steif, mittelplastisch | | | | |
| 5,00 | a) Mergelstein b) zerbohrt, V4 c) d) e) braun f) g) Mittlerer Muschelkalk h) i) | | kein Grundwasser angetroffen, Endtiefe | | | | |

Projekt: Niederstetten Entwicklung Hofäcker

Bohrung: KRB 02/25

311,65 m ü NHN

Bohrzeit:
17.02.25

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
|---|---|---|-------------------|---------------|------|------------------------------|
| Bis ... m unter Ansatz- punkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen | | Entnommene Proben | | | |
| | b) Ergänzende Bemerkung | | | | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | Art | Nr | Tiefe in m (Unter- kante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung | h) Gruppe | | | |
| 0,20 | a) Oberboden, Ton, schwach kiesig, stark organisch b) c) d) e) dunkelbraun f) Auffüllung g) h) i) | weich | | KRB 02-BP1 | 0,20 | |
| 1,40 | a) Ton, schwach kiesig b) Ziegelreste c) d) e) braun f) Auffüllung g) h) i) | weich bis steif, mittelplastisch | | KRB 02-BP2 | 1,40 | |
| 3,40 | a) Ton b) c) d) e) hellbraun bis braun f) g) Quartär h) i) | weich, mittelplastisch | | KRB 02-BP3 | 3,40 | |
| 4,20 | a) Ton, schwach kiesig b) kiesiger Anteil aus Mergelstein c) d) e) hellbraun f) g) Quartär h) i) | kein Grundwasser angetroffen, kein weiterer Bohrfortschritt weich bis steif, mittelplastisch | | KRB 02-BP4 | 4,20 | |

Anlage 2.2

Bohrprofile und Rammdiagramme

KRB 01a/25

DPH 01

m u. GOK m ü. NHN

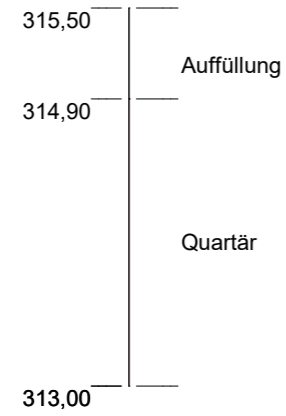
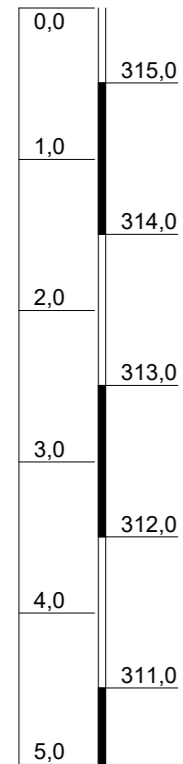
m ü. NHN

Stratigraphie

Probe

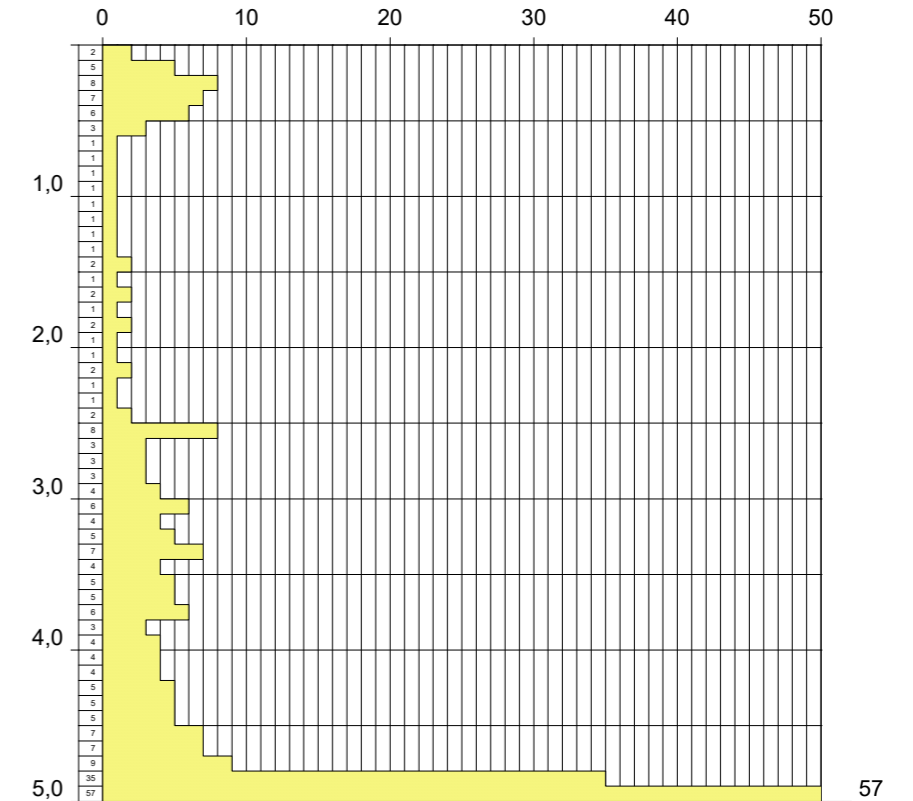
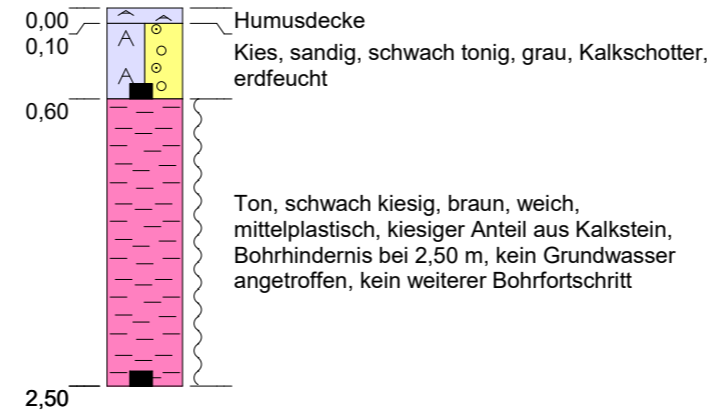
Bohrprofil

Schlagzahlen pro 10 cm Eindringtiefe
Endteufe: 5,00 m u. GOK



KRB 01-BP1
(0,10-0,60m)

KRB 01-BP2
(0,60-2,50m)



Höhenmaßstab: 1:50

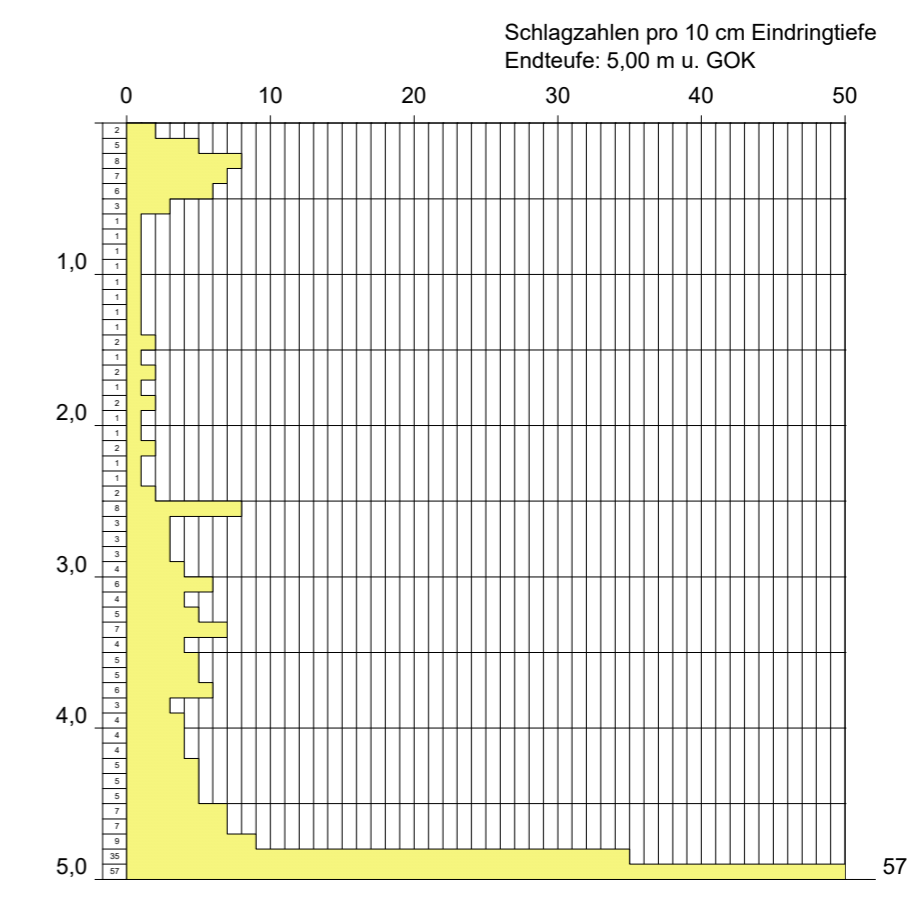
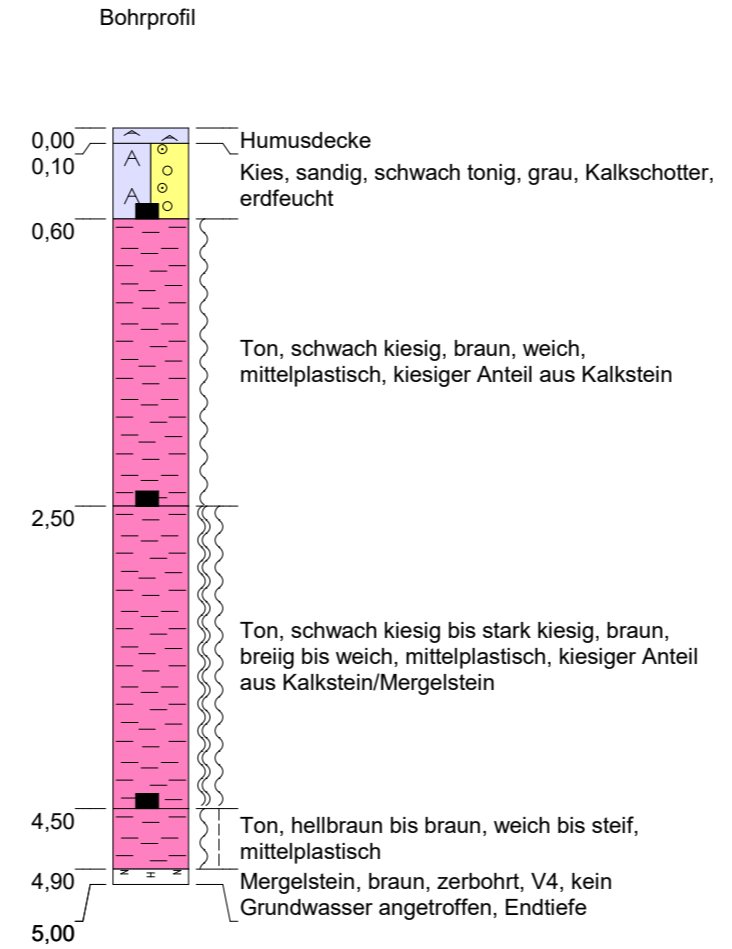
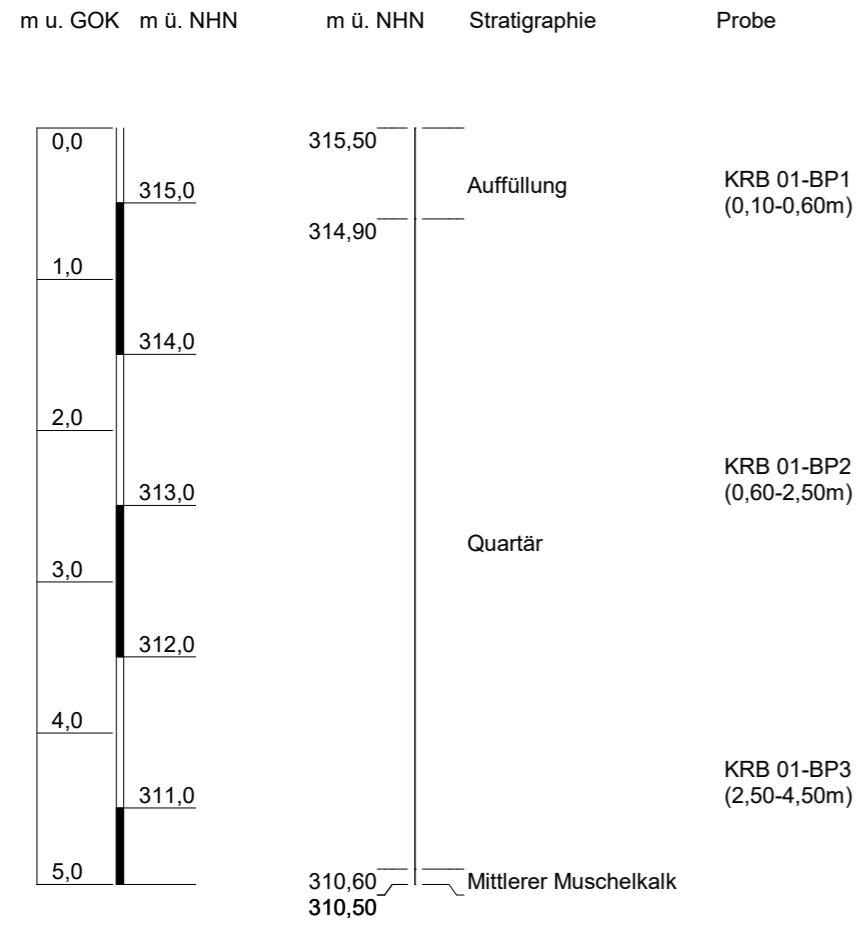
Kleinrammbohrung (KRB) nach DIN EN ISO 22475-1
Rammsondierung mit der schweren Rammsonde (DPH) nach DIN EN ISO 22476-2

| | | |
|-----------------|---|----------------------------|
| Projekt: | Niederstetten Entwicklung Hofäcker, Projekt-Nr.304457 | |
| Bohrung: | KRB 01a/25 | |
| Auftraggeber: | Stadt Niederstetten | Rechtswert: 3566619,67 |
| Aufnahme: | Stopinski | Hochwert: 5474368,41 |
| Bearbeiter: | Dornheim | Ansatzhöhe: 315,50 m ü.NHN |
| Bohr-Datum: | 17.02.2025 | Anlage: 2.2 |



KRB 01b/25

DPH 01



Höhenmaßstab: 1:50

Kleinrammbohrung (KRB) nach DIN EN ISO 22475-1
Rammsondierung mit der schweren Rammsonde (DPH) nach DIN EN ISO 22476-2

| | | | |
|-----------------|---|-------------|----------------|
| Projekt: | Niederstetten Entwicklung Hofäcker, Projekt-Nr.304457 | | |
| Bohrung: | KRB 01b/25 | | |
| Auftraggeber: | Stadt Niederstetten | Rechtswert: | 3566619,67 |
| Aufnahme: | Stopinski | Hochwert: | 5474368,41 |
| Bearbeiter: | Dornheim | Ansatzhöhe: | 315,50 m ü.NHN |
| Bohr-Datum: | 17.02.2025 | Anlage: | 2.2 |



KRB 02/25

DPH 02

m u. GOK m ü. NHN

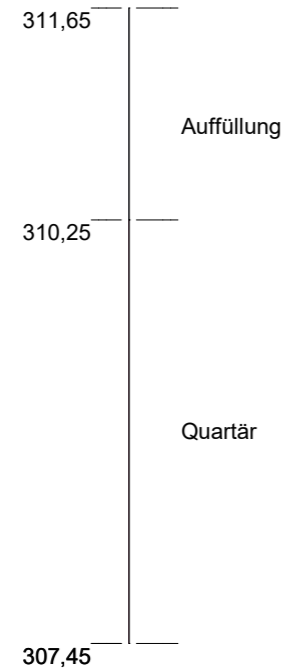
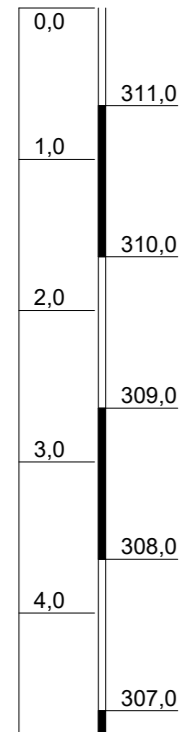
m ü. NHN

Stratigraphie

Probe

Bohrprofil

Schlagzahlen pro 10 cm Eindringtiefe
Endteufe: 4,80 m u. GOK

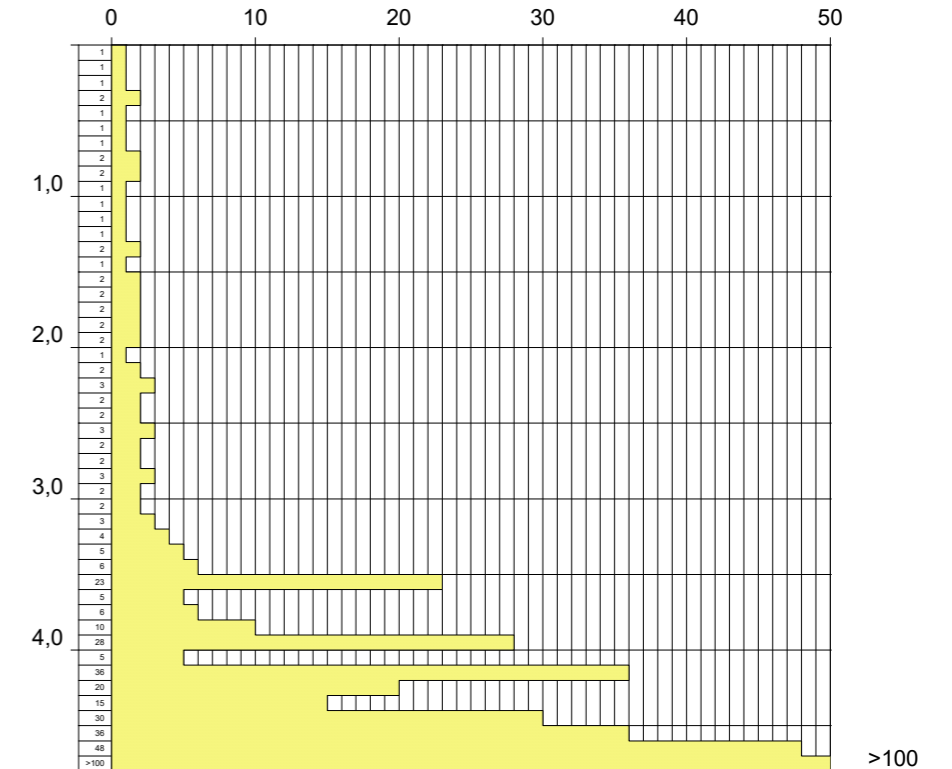
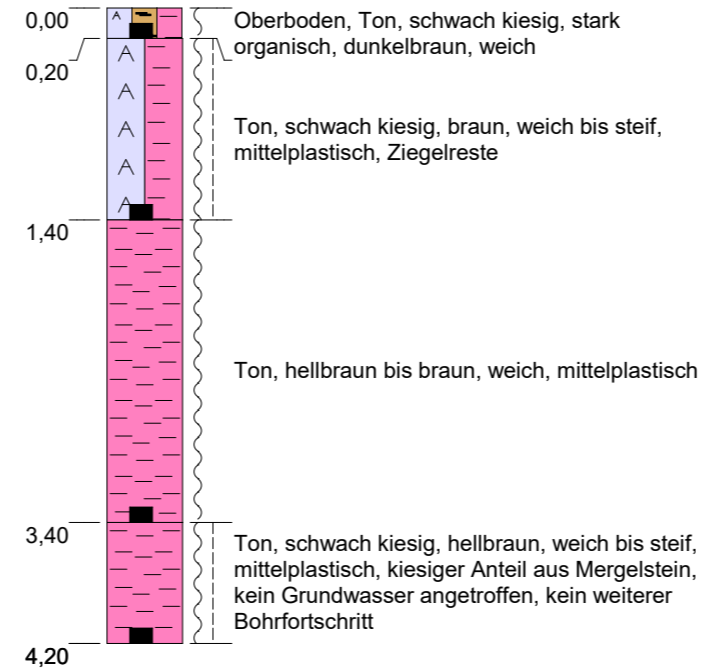


KRB 02-BP1
(0,00-0,20m)

KRB 02-BP2
(0,20-1,40m)

KRB 02-BP3
(1,40-3,40m)

KRB 02-BP4
(3,40-4,20m)



Höhenmaßstab: 1:50

Kleinrammbohrung (KRB) nach DIN EN ISO 22475-1
Rammsondierung mit der schweren Rammsonde (DPH) nach DIN EN ISO 22476-2

| | | | |
|-----------------|---|-------------|----------------|
| Projekt: | Niederstetten Entwicklung Hofäcker, Projekt-Nr.304457 | | |
| Bohrung: | KRB 02/25 | | |
| Auftraggeber: | Stadt Niederstetten | Rechtswert: | 3566631,89 |
| Aufnahme: | Stopinski | Hochwert: | 5474405,18 |
| Bearbeiter: | Dornheim | Ansatzhöhe: | 311,65 m ü.NHN |
| Bohr-Datum: | 17.02.2025 | Anlage: | 2.2 |



Anlage 2.3

Lage der Oberkanten sowie Mächtigkeiten der angetroffenen Baugrundsichten

304457 - Stadt Niederstetten Entwicklung Hofäcker - . BA (östl. Bahnhofstraße

Anlage 2.4: Lage der Oberkanten sowie Mächtigkeiten der angetroffenen

Baugrundsichten

| Bohrung | | max | min | mittel | KRB 01a | KRB 01b | KRB 02 |
|----------------------------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|
| Ansatzhöhe | [m NHN] | 315,50 | 315,50 | 315,50 | 315,50 | 315,50 | 311,65 |
| BGS 1a aufgefüllter | [muGOK] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Oberboden | [m NHN] | 315,50 | 311,65 | 314,22 | 315,50 | 315,50 | 311,65 |
| | [m] | 0,20 | 0,10 | 0,13 | 0,10 | 0,10 | 0,20 |
| BGS 1b | [muGOK] | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | -- |
| Auffüllungen, grobkörnig | [m NHN] | 315,40 | 315,40 | 315,40 | 315,40 | 315,40 | -- |
| | [m] | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | -- |
| BGS 1c | [muGOK] | 0,20 | 0,20 | 0,20 | -- | -- | 0,20 |
| Auffüllungen, feinkörnig | [m NHN] | 311,45 | 311,45 | 311,45 | -- | -- | 311,45 |
| | [m] | 1,20 | 1,20 | 1,20 | -- | -- | 1,20 |
| BGS 2 | [muGOK] | 1,40 | 0,60 | 0,87 | 0,60 | 0,60 | 1,40 |
| Quartär (qHz), Holozäne | [m NHN] | 314,90 | 310,25 | 313,35 | 314,90 | 314,90 | 310,25 |
| Abschwemmmassen | [m] | 4,30 | 1,90 | 3,00 | 1,90 | 4,30 | 2,80 |
| BGS 4 | [muGOK] | 4,90 | 4,90 | 4,90 | -- | 4,90 | -- |
| Mittlerer Muschelkalk (mM) | [m NHN] | 310,60 | 310,60 | 310,60 | -- | 310,60 | -- |
| Mergelstein | [m] | 0,10 | 0,10 | 0,10 | -- | 0,10 | -- |
| Endtiefe | [muGOK] | 5,00 | 2,50 | 3,90 | 2,50 | 5,00 | 4,20 |
| | [m NHN] | 313,00 | 307,45 | 310,32 | 313,00 | 310,50 | 307,45 |
| ET DPH | [muGOK] | 5,00 | 4,80 | 4,93 | 5,00 | 5,00 | 4,80 |
| | [m NHN] | 310,50 | 306,85 | 309,28 | 310,50 | 310,50 | 306,85 |

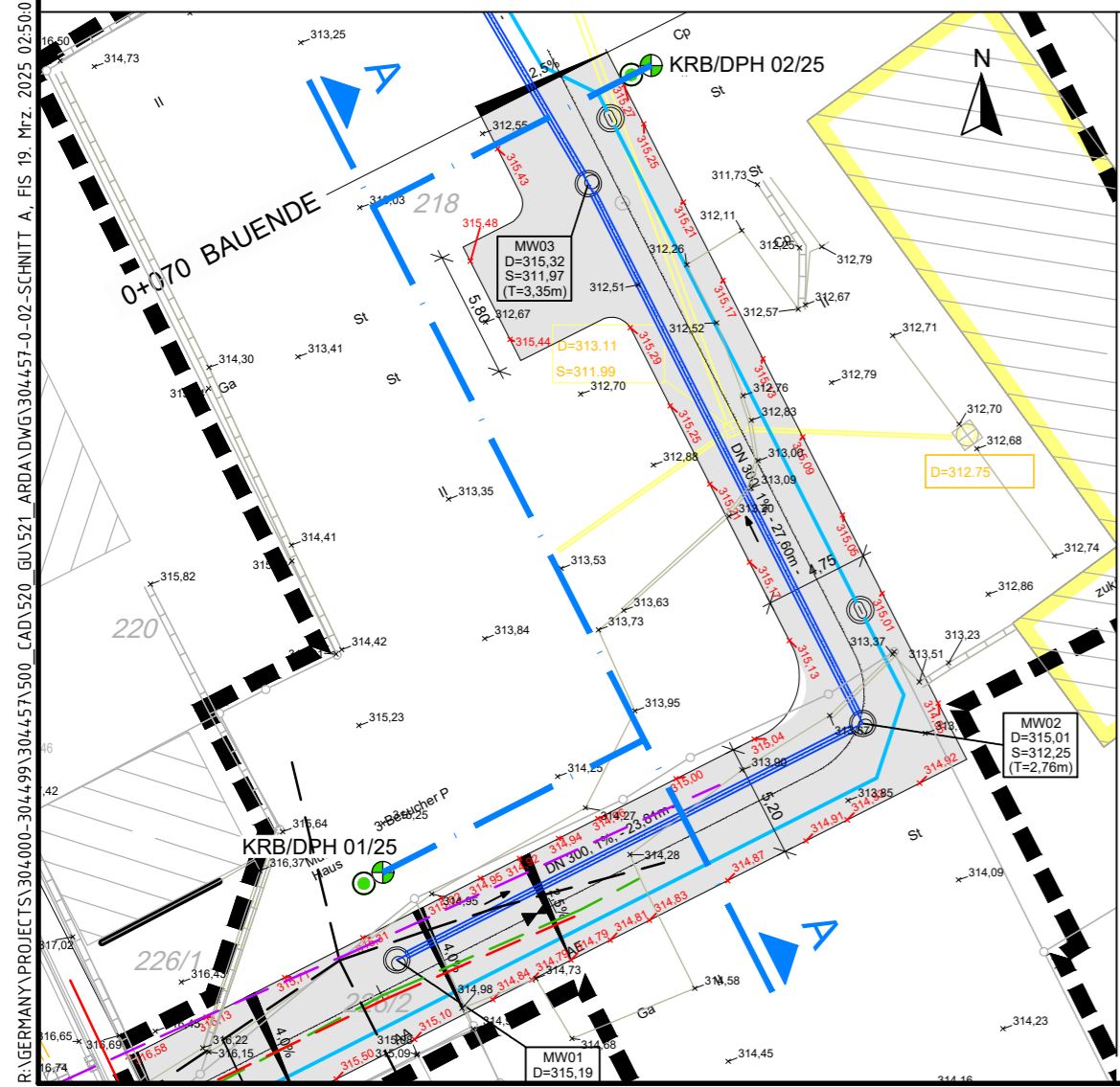
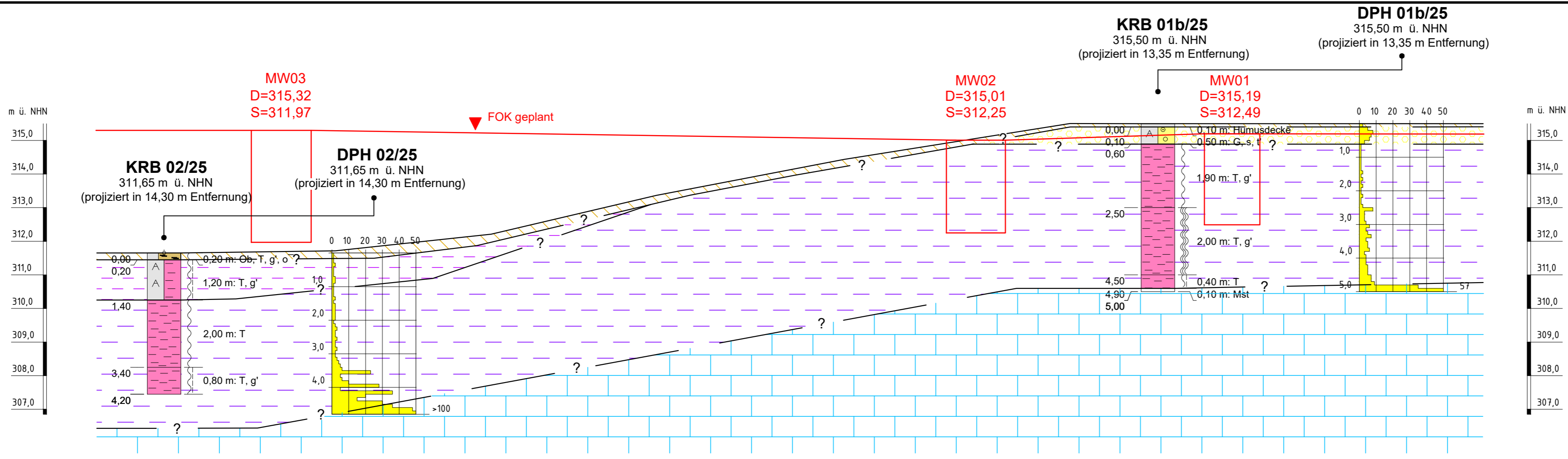
[muGOK]: Meter unter Geländeoberkante

[mNHN]: Meter über NormalHöhenNull

[m]: Mächtigkeit in Meter

--: Schicht nicht angetroffen

Anlage 2.4 **Geotechnischer Schnitt**

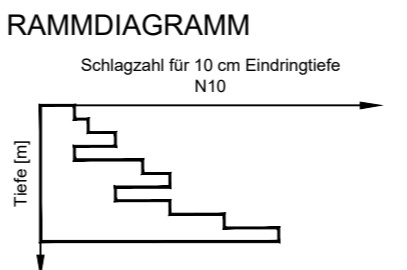


Legende

BK Baugrundaufschlussbohrung

RAMMSONDIERUNG NACH EN ISO 22476-2:2005

| | DPL leicht | DPM mittelschwer | DPH schwer |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Spitzendurchmesser: | 3.57 cm | 3.57 cm | 4.37 cm |
| Spitzenquerschnitt: | 10.00 cm ² | 10.00 cm ² | 15.00 cm ² |
| Gestängedurchmesser: | 2.20 cm | 3.20 cm | 3.20 cm |
| Rambbürgewicht: | 10.00 kg | 30.00 kg | 50.00 kg |
| Fallhöhe: | 50.00 cm | 50.00 cm | 50.00 cm |



ZEICHENERKLÄRUNG

| Bodenarten (DIN EN ISO 14688-1) | | Felsarten (DIN EN ISO 14689-1) | |
|---------------------------------|---------|--------------------------------|-------------|
| G | Kies | Sst | Sandstein |
| S | Sand | Mu | Mutterboden |
| U | Schluff | A | Auffüllung |
| T | Ton | L | Lehm |
| X | Steine | | |

Bautechnische Eigenschaften

| | |
|--------|--|
| breiig | naß (Vermässungszone oberhalb des Grundwassers) |
| weich | Grundwasserstand nach Bohrende Angaben in m u. GOK |
| steif | Grundwasser angebohrt Angaben in m u. GOK |

Weitere Unterteilungen bei Kies und Sand

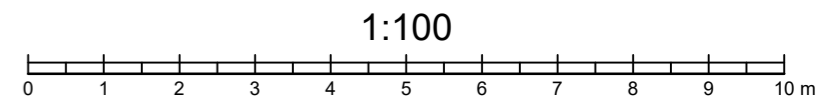
| | |
|---|---------------------------|
| g | = grob (gG, gg, gS, gs) |
| m | = mittel (mG, mg, mS, ms) |
| f | = fein (fG, fg, fS, fs) |

Korngrößenbereich

Nebenanteil (x,g,s,u,t,h.)

| | |
|---------|--|
| schwach | (<15% Nebengemengteil, z.B. s' = schwach sandig) |
| stark | (ca. 30-40% Nebengemengteil, z.B. ü = stark schluffig) |

- BGS 1a: Oberboden / Humusdecke
- BGS 1b: Auffüllung Kalkschotter
- BGS 1c: Auffüllung Ton
- BGS 2: holozäne Abschwemmassen
- BGS 3: mittlerer Muschelkalk
- FOK geplant



Diese Unterlage und ihr Inhalt sind unser geistiges Eigentum. Sie darf nicht ohne unsere schriftliche Genehmigung vervielfältigt, unbefugten Dritten zur Einsicht überlassen oder sonstwie mitgeteilt werden oder zu anderen Zwecken, als sie dem Empfänger anvertraut ist, benutzt werden. Sie ist auf Verlangen zurückzugeben.

| | | | |
|---|------------|--|--|
| Bauherr / Auftraggeber | | Stadt Niederstetten | |
| Planverfasser | | CDM Smith SE Fürther Straße 232 90429 Nürnberg | tel: 0911 40100-40 fax: 0911 40100-30 nuernberg@cdmsmith.com cdmsmith.com |
| Projekt: Niederstetten, Entwicklung Hofäcker 1. BA, geot. Erkundung | | | |
| Titel: Geotechnischer Schnitt A-A | | | |
| Gezeichnet | Geprüft | Freigegeben | Projekt-Nr. 304457 |
| Datum 19.03.2025 | 19.03.2025 | | Plan-Nr. |
| Name fe | dor | Phase | Maßstab 1:100 |
| Dateiname 304457-0-02-SCHNITT A.DWG | | | Bericht-Nr. 01 |
| | | | Anlagen-Nr. 2.4 |

**ANLAGE 3 PRÜFBERICHTE DER GEOTECHNI-
SCHEN LABORVERSUCHE**

Zusammenstellung der geomechanischen Versuchsergebnisse

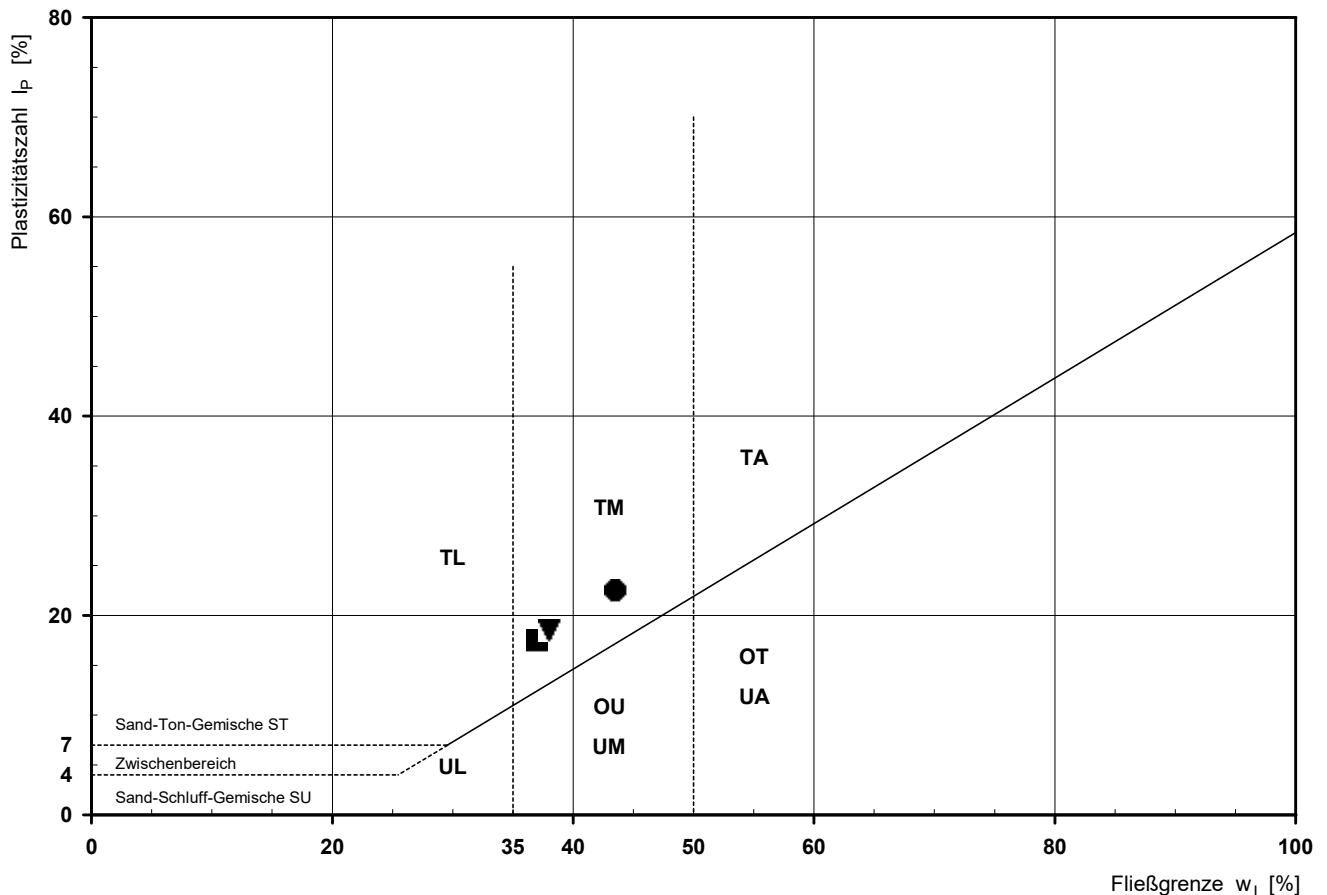
| Entnahmedaten | | Proben-Nr. | | Zeilen-Nr.: | KRB | KRB | KRB | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|--|--|--|
| Entnahmestelle | | | | | 01 | 01 | 02 | | | | |
| Zusätzliche Angaben | | | | | | | | | | | |
| Entnahmetiefe | von | m | | | 0,60 | 2,50 | 1,40 | | | | |
| | bis | m | | | 2,50 | 4,50 | 3,40 | | | | |
| Entnahmeart | | | | gestört | gestört | gestört | | | | | |
| Probenbeschreibung | | | | T/U,s' | T/U,g*,s' | T/U,s' | | | | | |
| Bodengruppe nach DIN18196 | | | | TM | TM | TM | | | | | |
| Penetrometerablesung | | q _p | MN/m ² | | | | | | | | |
| Stratigraphie | | | | | | | | | | | |
| Kom-vertig. | Kennziffer = T/U/S/G/X - Anteil | % | | 1 | | | | | | | |
| | bzw. --T/U--/S/G/X Vers.-Typ | | | | | | | | | | |
| Dichtebestimmung | Korndichte | ρ _s | t/m ³ | 2 | | | | | | | |
| | Feuchtdichte | ρ | t/m ³ | 3 | | | | | | | |
| | Wassergehalt | w | % | 4 | 23,6 | 22,6 | 24,7 | | | | |
| | Trockendichte | ρ _d | t/m ³ | 5 | | | | | | | |
| Verdichtungsg. / Lagerungsd. | | D _{Pr} / I _D | % / - | 6 | | | | | | | |
| Alterberg Grenzen | w-Feinteile | w | % | 7 | 24,2 | 40,7 | 25,5 | | | | |
| | Fließ- / Ausrollgrenze | w _L / w _p | % / % | 8 | 37,0 / 19,5 | 43,5 / 21,0 | 38,0 / 19,5 | | | | |
| | Plastizitätsz. / Konsistenz. | I _p / I _c | % / - | | 17,5 / 0,73 | 22,5 / 0,12 | 18,5 / 0,68 | | | | |
| Aktivitätsz. / Schrumpfgr. | | I _A / w _s | - / % | | | | | | | | |
| Glühverlust / -rückstand | | w _{LOI} / w _R | % | 9 | | | | | | | |
| Kalkgehalt nach SCHEIBLER | | V _{Ca} | % | | | | | | | | |
| Durchlässigkeitsbeiwert | | k _{10°} | m/s | 10 | | | | | | | |
| Versuchsspannung | | σ | MN/m ² | | | | | | | | |
| KD-Versuch | Vorhandene Erdauflast | p _n | MN/m ² | 11 | | | | | | | |
| | Steifemodul | E _s (p _n , Δp) / Δp | MN/m ² | | | | | | | | |
| | Konsolidierungsbeiwert | c _v | cm ² /s | | | | | | | | |
| | Anzahl Lastst. / Zeit-Setzungs-Kurven | | | | 12 | | | | | | |
| Quellversuche | Quellspannung | σ _q | MN/m ² | 13 | | | | | | | |
| | Versuchsdauer | d | | 14 | | | | | | | |
| | Quelldehnung | ε _{q,0} | % | 15 | | | | | | | |
| | Versuchsdauer | d | | 16 | | | | | | | |
| | Quellversuch nach Huder und Amberg | K | % | 17 | | | | | | | |
| Versuchsdauer | | d | | 18 | | | | | | | |
| Einaxiale Druckfestigk./-modul | | q _u / E _u | MN/m ² | 19 | | | | | | | |
| Probendurchmesser | | | cm | | | | | | | | |
| Scherwiderst. d. Flügelsonde | | τ _{FS} | MN/m ² | 20 | | | | | | | |
| Scher- versuche | Vers. Typ/Probendurchm. | | - / cm | 21 | | | | | | | |
| | Reibungswinkel | φ | ° | 22 | | | | | | | |
| | Kohäsion | c | MN/m ² | | | | | | | | |
| Einfache Proctordichte | | ρ _{Pr} | t/m ³ | 23 | | | | | | | |
| Optimaler Wassergehalt | | W _{Pr} | % | | | | | | | | |
| LCPC Abrasivität | LAK | | g/t | | | | | | | | |
| | Bezeichnung | | - | 24 | | | | | | | |
| Lockerste Lagerung | | ρ _{d min} | t/m ³ | | | | | | | | |
| Dichteste Lagerung | | ρ _{d max} | t/m ³ | 25 | | | | | | | |
| Versuchsgerät / Durchmesser | | | -/cm | | | | | | | | |
| Wasseraufnahmevermögen | | w _A | | 26 | | | | | | | |
| CBR-Vers. | W-Geh. Einbau/n. W.-Lagerg. | | % / % | | | | | | | | |
| | Schwellmaß / Dauer | | % / d | 27 | | | | | | | |
| | CBR _o ohne Wasserlagerung | | % | | | | | | | | |
| | CBR _w mit Wasserlagerung | | % | 28 | | | | | | | |
| PDV | Verformungsmodul | E _{v1} | MN/m ² | | | | | | | | |
| | Verhältnis | E _{v2} / E _{v1} | - | 29 | | | | | | | |
| | dyn. Verformungsmodul | E _{vd} | MN/m ² | | | | | | | | |

Bemerkungen:

Bestimmung der Atterberg'schen Grenzen nach DIN EN ISO 17892-12

| | | | | | | | | |
|---|--|--------------|--------------|--------------|--|--|--|--|
| Laufende Nummer: | | 1 | 2 | 3 | | | | |
| Symbol: | | ■ | ● | ▼ | | | | |
| Entnahmestelle: | | KRB 01 | KRB 01 | KRB 02 | | | | |
| Entnahmetiefe: von bis [m] | | 0,60 2,50 | 2,50 4,50 | 1,40 3,40 | | | | |
| Probenbeschreibung: | | T/U,s' | T/U,g*,s' | T/U,s' | | | | |
| Stratigraphie: | | | | | | | | |
| Natürlicher Wassergehalt: (Feinanteil ≤ 0,4 mm) w_F [%] | | 24,2 | 40,7 | 25,5 | | | | |
| Fließgrenze: w_L [%] | | 37,0 | 43,5 | 38,0 | | | | |
| Ausrollgrenze: w_P [%] | | 19,5 | 21,0 | 19,5 | | | | |
| Plastizitätszahl: I_P [%] | | 17,5 | 22,5 | 18,5 | | | | |
| Konsistenzzahl: I_C [-] | | 0,73 | 0,12 | 0,68 | | | | |
| Aktivitätszahl: I_A [-] | | | | | | | | |
| Bodengruppe nach DIN 18196: | | TM | TM | TM | | | | |
| Bodengruppe des Feinanteils: (bei gemischtkörnigen Böden) | | | | | | | | |

Plastizitätsdiagramm (nach DIN 18196)



**ANLAGE 4 ZUSAMMENSTELLUNG DER UM-
WELTTECHNISCHEN ANALYSEER-
GEBNISSE**

Anlage 4.1 **Boden EBV**

Projekt: 304457 TBB Niederstetten Entwicklung Hofäcker
Analysenergebnisse abfallrechtliche Untersuchung

EBV

| Probenbezeichnung | RKS 02 0,2-1,4 | Ersatzbaustoffverordnung = EBV (Stand: 09.07.2021) | | | |
|--|----------------|---|------------------------|---------------|----------|
| Hauptbodenart | Ton | BM-0 (Sand) | BM-0 (Lehm/Schluff) | BM-0 (Ton) | BM-F3 |
| Baugrundschiicht | Auffüllungen | bis 10 | bis 10 | bis 10 | bis 50 |
| Probenahmedatum | 17.02.2205 | | | | |
| Fraktion < 2 mm (Wägung) | 97 | | | | |
| TOC M% | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| EOX mg/kg | <0,30 | 1 | 1 | 1 | |
| Arsen mg/kg | 8,5 | 10 | 20 | 20 | 150 |
| Blei mg/kg | 100 | 40 | 70 | 100 | 700 |
| Cadmium mg/kg | 0,43 | 0,4 | 1 | 1,5 | 10 |
| Chrom, gesamt mg/kg | 43 | 30 | 60 | 100 | 600 |
| Kupfer mg/kg | 31 | 20 | 40 | 60 | 320 |
| Nickel mg/kg | 37 | 15 | 50 | 70 | 350 |
| Quecksilber mg/kg | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 5 |
| Thallium mg/kg | 0,3 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 7 |
| Zink mg/kg | 98 | 60 | 150 | 200 | 300 |
| Benzo(a)pyren mg/kg | <0,050 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | |
| Σ-PAK-16 mg/kg | <1,0 | 3 | 3 | 3 | 30 |
| PCB ₆ und PCB-118 mg/kg | <0,010 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | |
| pH-Wert ⁴⁾ | 8,2 | | | | 5,5-12,0 |
| el. Leitfähigkeit ⁴⁾ μS/cm | 201 | | | | 2000 |
| Sulfat mg/l | 5,5 | 250 | 250 | 250 | 1000 |
| Einstufung EBV | BM-0 | | | | |
| Einstufungsrelevante(r) Parameter | -- | | | | |
| Bemerkung | -- | | | | |

n.b.: nicht berechenbar, da zur Summenbildung nur Werte > BG verwendet werden

Fussnoten siehe EBV

**ANLAGE 5 PRÜFBERICHTE DER UMWELT-
TECHNISCHEN ANALYSEN**

Anlage 5.1 **Boden EBV**

AGROLAB Labor GmbH, Dr-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

CDM Smith SE
 Fürther Str. 232
 90429 NÜRNBERG

Datum 05.03.2025
 Kundennr. 140002659

PRÜFBERICHT

| | |
|--------------------------|--|
| Auftrag | 3666721 304457 TBB Niederstetten Entwicklung Hofäcker, Hr. Dornheim |
| Analysenr. | 864566 Bodenmaterial/Baggergut |
| Rechnungsnahmer | 27063821 CDM Smith SE |
| Probeneingang | 27.02.2025 |
| Probenahme | 17.02.2025 |
| Probenehmer | Auftraggeber |
| Kunden-Probenbezeichnung | RKS 02 0,2-1,4 |

| | | | |
|---------|----------|-----------|---------|
| Einheit | Ergebnis | Best.-Gr. | Methode |
|---------|----------|-----------|---------|

Feststoff

| | | | | |
|--------------------------------|-------|------------------------|------|-----------------------------|
| Analyse in der Fraktion < 2mm | | | | DIN 19747 : 2009-07 |
| Fraktion < 2 mm (Wägung) | % | 97 | 0,1 | DIN 19747 : 2009-07 |
| Masse Laborprobe | kg | 1,8 | 0,01 | DIN 19747 : 2009-07 |
| Trockensubstanz | % | 81,2 | 0,1 | DIN EN 15934 : 2012-11 |
| Wassergehalt | % | 18,8 | | Berechnung aus dem Messwert |
| Kohlenstoff(C) organisch (TOC) | % | 1,05 | 0,1 | DIN EN 15936 : 2012-11 |
| EOX | mg/kg | <0,30 | 0,3 | DIN 38414-17 : 2017-01 |
| Königswasseraufschluß | | | | DIN EN 13657 : 2003-01 |
| Arsen (As) | mg/kg | 8,5 | 0,8 | DIN EN 16171 : 2017-01 |
| Blei (Pb) | mg/kg | 100 | 2 | DIN EN 16171 : 2017-01 |
| Cadmium (Cd) | mg/kg | 0,43 | 0,13 | DIN EN 16171 : 2017-01 |
| Chrom (Cr) | mg/kg | 43 | 1 | DIN EN 16171 : 2017-01 |
| Kupfer (Cu) | mg/kg | 31 | 1 | DIN EN 16171 : 2017-01 |
| Nickel (Ni) | mg/kg | 37 | 1 | DIN EN 16171 : 2017-01 |
| Quecksilber (Hg) | mg/kg | 0,10 | 0,05 | DIN EN ISO 12846 : 2012-08 |
| Thallium (Tl) | mg/kg | 0,3 | 0,1 | DIN EN 16171 : 2017-01 |
| Zink (Zn) | mg/kg | 98 | 6 | DIN EN 16171 : 2017-01 |
| <i>Naphthalin</i> | mg/kg | <0,010 (NWG) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Acenaphthylen</i> | mg/kg | <0,010 (NWG) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Acenaphthen</i> | mg/kg | <0,010 (NWG) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Fluoren</i> | mg/kg | <0,010 (NWG) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Phenanthren</i> | mg/kg | <0,050 (+) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Anthracen</i> | mg/kg | <0,010 (NWG) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Fluoranthen</i> | mg/kg | <0,050 (+) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Pyren</i> | mg/kg | <0,050 (+) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Benzo(a)anthracen</i> | mg/kg | <0,050 (+) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Chrysen</i> | mg/kg | <0,050 (+) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Benzo(b)fluoranthen</i> | mg/kg | <0,050 (+) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Benzo(k)fluoranthen</i> | mg/kg | <0,050 (+) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Benzo(a)pyren</i> | mg/kg | <0,050 m) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Dibenzo(ah)anthracen</i> | mg/kg | <0,010 (NWG) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Benzo(ghi)perylene</i> | mg/kg | <0,050 (+) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |
| <i>Indeno(1,2,3-cd)pyren</i> | mg/kg | <0,010 (NWG) | 0,05 | DIN ISO 18287 : 2006-05 |

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

Datum 05.03.2025
 Kundennr. 140002659

PRÜFBERICHT

Auftrag **3666721** 304457 TBB Niederstetten Entwicklung Hofäcker, Hr. Dornheim
 Analysennr. **864566** Bodenmaterial/Baggergut
 Kunden-Probenbezeichnung **RKS 02 0,2-1,4**

| | Einheit | Ergebnis | Best.-Gr. | Methode |
|---|---------|-------------------------|-----------|---|
| PAK EPA Summe gem. ErsatzbaustoffV | mg/kg | <1,0 #5) | 1 | Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter |
| PAK EPA Summe gem. BBodSchV 2021 | mg/kg | <1,0 x) | 1 | Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter |
| <i>PCB (28)</i> | mg/kg | <0,0010 (NWG) | 0,005 | DIN EN 17322 : 2021-03 |
| <i>PCB (52)</i> | mg/kg | <0,0010 (NWG) | 0,005 | DIN EN 17322 : 2021-03 |
| <i>PCB (101)</i> | mg/kg | <0,0010 (NWG) | 0,005 | DIN EN 17322 : 2021-03 |
| <i>PCB (118)</i> | mg/kg | <0,0010 (NWG) | 0,005 | DIN EN 17322 : 2021-03 |
| <i>PCB (138)</i> | mg/kg | <0,0010 (NWG) | 0,005 | DIN EN 17322 : 2021-03 |
| <i>PCB (153)</i> | mg/kg | <0,0010 (NWG) | 0,005 | DIN EN 17322 : 2021-03 |
| <i>PCB (180)</i> | mg/kg | <0,0010 (NWG) | 0,005 | DIN EN 17322 : 2021-03 |
| PCB 7 Summe gem. ErsatzbaustoffV | mg/kg | <0,010 #5) | 0,01 | Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter |
| PCB 7 Summe gem. BBodSchV 2021 | mg/kg | <0,010 x) | 0,01 | Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter |

Eluat

| | | | | |
|-------------------------------------|-------|------------------|-----|------------------------------|
| Eluatanalyse in der Fraktion <32 mm | | | | DIN 19529 : 2015-12 |
| Fraktion < 32 mm | % | ° 100 | 0,1 | DIN 19747 : 2009-07 |
| Fraktion > 32 mm | % | ° <0,1 | 0,1 | Berechnung aus dem Messwert |
| Eluat (DIN 19529) | | ° | | DIN 19529 : 2015-12 |
| Temperatur Eluat | °C | 21,2 | 0 | DIN 38404-4 : 1976-12 |
| pH-Wert | | 8,2 | 0 | DIN EN ISO 10523 : 2012-04 |
| elektrische Leitfähigkeit | µS/cm | 201 | 10 | DIN EN 27888 : 1993-11 |
| Sulfat (SO4) | mg/l | 5,5 | 2 | DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07 |
| Trübung (NTU) | NTU | 7,8 | 0,1 | DIN EN ISO 7027-1 : 2016-11 |

x) Einzelwerte, die die Nachweis- oder Bestimmungsgrenze unterschreiten, wurden nicht berücksichtigt.
 #5) Einzelwerte, die die Nachweisgrenze unterschreiten, wurden nicht berücksichtigt. Bei Einzelwerten, die zwischen Nachweis- und Bestimmungsgrenze liegen, wurde die halbe Bestimmungsgrenze zur Berechnung zugrunde gelegt.
 m) Die Nachweis-, bzw. Bestimmungsgrenze musste erhöht werden, da Matrixeffekte bzw. Substanzüberlagerungen eine Quantifizierung erschweren.

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.
 Das Zeichen "<....(NWG)" oder n.n. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Nachweisgrenze nicht nachzuweisen.
 Das Zeichen "<....(+)" in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter wurde im Bereich zwischen Nachweisgrenze und Bestimmungsgrenze qualitativ nachgewiesen.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Die Berechnung der Messunsicherheiten in der folgenden Tabelle basiert auf dem GUM (Guide to the expression of uncertainty in measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP und OIML, 2008) und dem Nordtest Report (Handbook for calculation of measurement uncertainty in environmental laboratories (TR 537 (ed. 4) 2017). Es handelt sich also um einen sehr zuverlässigen Wert mit einem Vertrauensniveau von 95% (Konfidenzintervall). Abweichungen hiervon sind als Eintrag in der Spalte "Abweichende Bestimmungsmethode" gekennzeichnet.

| Messunsicherheit | Abweichende Bestimmungsmethode | Parameter |
|------------------|--------------------------------|--|
| 20% | | Arsen (As),Thallium (Tl),Temperatur Eluat,Sulfat (SO4) |
| 28% | | Blei (Pb) |
| 22% | | Cadmium (Cd) |
| 25% | | Chrom (Cr),Zink (Zn) |
| 10% | | elektrische Leitfähigkeit |
| 10% | Estimation | Fraktion < 2 mm (Wägung) |
| 15% | | Kohlenstoff(C) organisch (TOC) |
| 27% | | Kupfer (Cu) |

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

Datum 05.03.2025
Kundennr. 140002659

PRÜFBERICHT

Auftrag **3666721** 304457 TBB Niederstetten Entwicklung Hofäcker, Hr. Dornheim
Analysennr. **864566** Bodenmaterial/Baggergut
Kunden-Probenbezeichnung **RKS 02 0,2-1,4**

| | | |
|-------|------------|--|
| 5% | Estimation | Masse Laborprobe |
| 30% | | Nickel (Ni), Trübung (NTU), Quecksilber (Hg) |
| 5,83% | | pH-Wert |
| 6% | | Trockensubstanz |

Bei der Messung nach DIN EN 15934 : 2012-11 wurde Verfahren A verwendet.

Bei der Messung nach DIN EN 15936 : 2012-11 wurde Verfahren B verwendet.

Der Aufschluss nach DIN EN 13657 : 2003-01 erfolgt mittels Königswasser in einer Mikrowelle bei 1600W, 175°C, einer Rampe von 20 Minuten und einer Haltezeit von 20 Minuten. Die Abtrennung ggfs. vorhandener fester Rückstände erfolgt im Anschluss mittels Filtration.

Für die Messung nach DIN EN 17322 : 2021-03 wurde mittels Schütteln extrahiert und über mit Schwefelsäure aktiviertem Silicagel aufgereinigt. Die Detektion erfolgte mittels MS.

Für die Eluaterstellung wurden je Ansatz 350 g Trockenmasse +/- 5g mit 700 ml deionisiertem Wasser versetzt und über einen Zeitraum von 24h bei 5 Umdrehungen pro Minute im Überkopfschüttler eluiert. Bei Bedarf werden mehrere Ansätze parallel eluiert. Die Fest-/Flüssigphasentrennung erfolgte für hydrophile Stoffe gemäß Zentrifugation/Membranfiltration, für hydrophobe Stoffe gemäß Zentrifugation/Glasfaserfiltration.

Für die Messung nach DIN EN 38404-4 : 1976-12 wurde das erstellte Eluat/Perkolat nicht stabilisiert.

Für die Messung nach DIN EN ISO 10523 : 2012-04 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.

Für die Messung nach DIN EN 27888 : 1993-11 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur Messung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.

Für die Messung nach DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.

Für die Messung nach DIN EN ISO 7027-1 : 2016-11 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.

Beginn der Prüfungen: 28.02.2025

Ende der Prüfungen: 05.03.2025

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

AGROLAB Labor GmbH, Julian Stahn, Tel. 08765/93996-400

serviceteam1.bruckberg@agrolab.de

Kundenbetreuung

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.