

Kommunale Energieverwertung Schwaben gKU, Mindelheim

# Baugrundgutachten

vom November 2024

digitale Fertigung

Vorhaben: BV Xaver-Fendt-Straße in Buchloe – Klärschlamm-trocknung

Projektnummer: 31/24

Sachbearbeiterin: Ricarda Pahn, M.Sc.

Bauort: Flur-Nr. 2135/5  
Gemarkung Buchloe  
Xaver-Fendt-Straße  
86807 Buchloe

Vorhabensträger: Kommunale Energieverwertung Schwaben gKU,  
Fellhornstraße 15 a  
87719 Mindelheim

Verfasser:



mooser ingenieure gmbh & co. kg  
Hohe Buchleuthe 9a  
87600 Kaufbeuren

Fon +49 (0) 8341 9021-0  
info@mooser-ingenieure.de  
www.mooser-ingenieure.de

Verfasser

28.11.2024

(Datum)

Dr.-Ing. Friedrich Levin

---

## Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Bauvorhaben / Vorgang</b>                     | <b>5</b>  |
| 1.1      | Allgemeines                                      | 5         |
| 1.2      | Unterlagen                                       | 5         |
| <b>2</b> | <b>Feld- und Laborarbeiten</b>                   | <b>6</b>  |
| 2.1      | Baugrundaufschlüsse                              | 6         |
| 2.2      | Bodenmechanische Laborversuche                   | 7         |
| <b>3</b> | <b>Umwelttechnische Laborversuche</b>            | <b>7</b>  |
| 3.1      | Analyseergebnis der Bodenprobe                   | 7         |
| <b>4</b> | <b>Beschreibung der Baugrundsituation</b>        | <b>8</b>  |
| 4.1      | Standort und Nutzung                             | 8         |
| 4.2      | Geologischer Überblick                           | 8         |
| 4.3      | Hydrologischer Überblick                         | 8         |
| 4.4      | Lastfall Erdbeben                                | 9         |
| 4.5      | Kampfmittelfreiheit                              | 9         |
| 4.6      | Beschreibung der Baugrundsichten                 | 9         |
| 4.6.1    | Qualitative Beurteilung der Baugrundsichten      | 10        |
| 4.7      | Beschreibung der Grundwasserverhältnisse         | 11        |
| 4.7.1    | Versickerungsfähigkeit des Baugrunds             | 11        |
| <b>5</b> | <b>Bodenklassifikation und Homogenbereiche</b>   | <b>12</b> |
| 5.1      | Klassifikation                                   | 12        |
| 5.2      | Bodenmechanische Parameter                       | 14        |
| <b>6</b> | <b>Bodenkundliche Beschreibung des Baugrunds</b> | <b>14</b> |
| <b>7</b> | <b>Hinweise zur Bauausführung</b>                | <b>15</b> |
| 7.1      | Baugrubenherstellung                             | 15        |
| 7.1.1    | Grundwasserabsenkung                             | 16        |
| 7.2      | Grundstücksentwässerung                          | 17        |
| 7.3      | Hinweise zur Gründungsform und -Bemessung        | 18        |
| 7.4      | Bettungsmoduln                                   | 19        |
| 7.5      | Herstellung der Verkehrsflächen                  | 20        |

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| 7.5.1 Frostsicherer Oberbau     | 20        |
| 7.5.2 Tragfähigkeit des Planums | 21        |
| 7.6 Abdichtung der Bauwerke     | 21        |
| <b>8 Zusammenfassung</b>        | <b>21</b> |

## Tabellenverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Tabelle 1: Zusammenfassung der Baugrundaufschlüsse  | 6  |
| Tabelle 2: Übersicht der ausgeführten bodenmechanischen Laborversuche   | 7  |
| Tabelle 3: Übersicht der ausgeführten umwelttechnischen Laborversuche   | 7  |
| Tabelle 4: Zuordnungsklassen nach [U6]  | 8  |
| Tabelle 5: Qualitative Beurteilung der bautechnischen Eigenschaften der Baugrundsichten in Anlehnung an DIN 18196:2023  | 10 |
| Tabelle 6: Wasserdurchlässigkeit $k_f$ des Baugrunds  | 12 |
| Tabelle 7 Bodenklassifikation nach DIN EN ISO 14688-1, Homogenbereiche nach DIN 18300:2019 und Bodengruppe nach DIN 18196 (Bodenklasse nach DIN18300:2012 nur informativ)   | 13 |
| Tabelle 8 Kennwerte der Homogenbereiche nach DIN 18300:2019 für Lockergestein   | 13 |
| Tabelle 9: Qualitative Eigenschaften der Homogenbereiche  | 14 |
| Tabelle 10: Bodenmechanische Parameter (basierend auf Angaben der DIN 1055:2010, [U4] und eigenen Erfahrungswerten)   | 14 |
| Tabelle 11: Bodenkundliche Parameter (basierend auf Angaben aus [U2])   | 15 |
| Tabelle 12: Bemessungswerte des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ für Streifenfundamente auf nichtbindigem Boden auf der Grundlage einer ausreichenden Grundbruchsicherheit und einer Begrenzung der Setzungen nach DIN 1054:2021-04 | 19 |
| Tabelle 13: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus nach [U10]  | 20 |

## Anlagenverzeichnis

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| Anlage 1 | Lagepläne   |           |
| 1.1      | Übersichtslageplan, M 1:20.000  | 1 Seite   |
| 1.2      | Lageplan Baugrunderkundung, M 1:500                                   | 1 Seite   |
| Anlage 2 | Feldversuche  |           |
| 2.1      | Bohrprofile   | 12 Seiten |
| 2.2      | Schichtenverzeichnisse  | 32 Seiten |
| 2.3      | Rammsondierprofile  | 12 Seiten |
| Anlage 3 | Ingenieurgeologische Schnitte   |           |
| 3.1      | Schnitt A-A   | 1 Seite   |
| 3.2      | Schnitt B-B   | 1 Seite   |
| 3.3      | Schnitt C-C   | 1 Seite   |
| Anlage 4 | Bodenmechanische Laborversuche  |           |
| 4.1      | Zusammenfassung Laborversuche   | 1 Seite   |
| 4.2      | Versuchsprotokolle Sieblinien   | 12 Seiten |
| Anlage 5 | Umwelttechnische Laborversuche  |           |
| 5.1      | Zusammenfassung umwelttechnische Laborversuche<br>- Oberbodenproben - | 1 Seite   |
| 5.2      | Prüfberichte umwelttechnische Laborversuche<br>- Oberbodenproben -    | 8 Seiten  |

## 1 Bauvorhaben / Vorgang

### 1.1 Allgemeines

Die Kommunale Energieverwertung Schwaben gKU plant den Neubau einer Klärschlammverwertungsanlage mit der Errichtung eines Verwaltungsgebäudes dem Flurstück 2135/5 der Gemarkung Buchloe. Die Planung sieht die Herstellung von zwei Silos im östlichen Trakt des Klärschlammverwertungsgebäudes vor. Die Silos werden laut Planunterlagen (Planverfasser: Projektentwicklung TURK, Dinkelsbühl - Stand 08-2024) bis auf etwa 5,0 m unter GOF gegründet. Des Weiteren ist die Herstellung einer Waage im Norden des Grundstücks, parallel zum Verwaltungsgebäude geplant. Die Planung sieht eine Gründungssohle von etwa 2,0 m unter GOF vor.

Die mooser ingenieure gmbh & co. kg wurde mit der Erkundung des Baugrunds und Erstellung eines geotechnischen Gutachtens für die Baumaßnahme von der Kommunalen Energieverwertung Schwaben gKU beauftragt.

Im vorliegenden Baugrundgutachten werden die zur Baugrunduntersuchung durchgeführten Feld- und Laborarbeiten dokumentiert und die Ergebnisse dargestellt und bewertet. Im Einzelnen betrachtet werden die Eigenschaften des Baugrunds hinsichtlich Errichtung und Gründung der Bauwerke. Aufgrund der im Folgenden beschriebenen Baugrundverhältnisse und geplanten Bauwerke wird die Maßnahme in die geotechnische Kategorie 2 nach DIN EN 1997-1 EC7 Teil 1 eingeteilt.

### 1.2 Unterlagen

- [U1] Merkblatt DWA-A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, April 2005
- [U2] UmweltAtlas Geologie, Internetauftritt des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU), Zugriff 13.11.2024
- [U3] Geoportal Bayern (BayernAtlas); Landesamt für Umwelt, Zugriff 13.11.2024
- [U4] Witt, Karl Josef (Hrsg.) Grundbau-Taschenbuch Teil 1: Geotechnische Grundlagen 7., vollst. überarbeitete u. aktualisierte Auflage, 2008
- [U5] Bayerisches Landesamt für Umwelt + Bayerisches Landesamt für Landwirtschaft, Umgang mit Bodenmaterial, Stand Juli 2022
- [U6] Bundes-Bodenschutz und Altlastenverordnung: Bestimmung der näheren Anforderungen an die nachhaltige Sicherung und Wiederherstellung der Funktionen des Bodens unter Berücksichtigung des gegenwärtigen Standes der wissenschaftlichen Erkenntnisse, 01.08.2023
- [U7] ZTV E-StB 17: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 2017
- [U8] ZTV SoB-StB 20: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 2020
- [U9] Gewässerkundlicher Dienst Bayern, Landesamt für Umwelt, Zugriff 13.11.2024
- [U10] RStO 12, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 2012

[U11] Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, RUVA StB, FGSV, 2005

## 2 Feld- und Laborarbeiten

### 2.1 Baugrundaufschlüsse

Zur Untersuchung der Baugrundsituation wurden in den Gründungsbereichen der geplanten Bauwerke am 01.+02.10.2024 insgesamt 12 Rammkernsondierungen (RKS) ( $\varnothing$  60 mm bis T=4,0 m und  $\varnothing$  30 mm bis T=6,0 m) sowie 12 Schwere Rammsondierungen (DPH) abgeteuft. Die Aufschlüsse reichten bis in eine maximale Tiefe von 6 m unter der Geländeoberfläche (GOF) (siehe Tabelle 1).

Die Bohrprofile, Schichtenverzeichnisse und Rammsondierprofile sind in Anlage 2 beigelegt. Die Lage der Aufschlusspunkte ist in den Lageplänen in Anlage 1.2 dargestellt.

**Tabelle 1: Zusammenfassung der Baugrundaufschlüsse**

| Aufschluss-<br>bezeich-<br>nung | Auf-<br>schlussnr. | Ansatzhöhe<br>[m ü. NHN]*1 | Aufschlusstiefe |            | Grundwasser /<br>Schichtwasser |            |
|---------------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------|------------|--------------------------------|------------|
|                                 |                    |                            | [m ü. NHN]*1    | [m u. GOF] | [m ü. NHN]*1                   | [m u. GOF] |
| Rammkern-<br>sondierun-<br>gen  | RKS1               | 608,31                     | 604,51          | 3,8        | 607,91 / 0,40 m                |            |
|                                 | RKS2               | 608,35                     | 602,35          | 6          | 607,84 / 0,51 m                |            |
|                                 | RKS3               | 608,44                     | 604,44          | 4          | 607,79 / 0,65 m                |            |
|                                 | RKS4               | 608,38                     | 602,38          | 6          | 607,69 / 0,69 m                |            |
|                                 | RKS5               | 608,66                     | 604,66          | 4          | 607,93 / 0,73 m                |            |
|                                 | RKS6               | 608,59                     | 604,59          | 4          | 607,91 / 0,68 m                |            |
|                                 | RKS7               | 608,62                     | 604,62          | 4          | 608,03 / 0,59 m                |            |
|                                 | RKS8               | 608,55                     | 604,55          | 4          | 607,78 / 0,77 m                |            |
|                                 | RKS9               | 608,49                     | 604,49          | 4          | 607,82 / 0,67 m                |            |
|                                 | RKS10              | 608,69                     | 604,69          | 4          | 607,92 / 0,77 m                |            |
|                                 | RKS11              | 608,65                     | 604,65          | 4          | 607,89 / 0,76 m                |            |
|                                 | RKS12              | 608,36                     | 604,36          | 4          | 607,90 / 0,46 m                |            |
| Rammson-<br>dierungen           | DPH1               | 608,31                     | 604,31          | 4          | 607,91 / 0,40 m                |            |
|                                 | DPH2               | 608,35                     | 602,35          | 6          | 607,84 / 0,51 m                |            |
|                                 | DPH3               | 608,44                     | 604,44          | 4          | 607,79 / 0,65 m                |            |
|                                 | DPH4               | 608,38                     | 602,38          | 6          | 607,69 / 0,69 m                |            |
|                                 | DPH5               | 608,66                     | 604,66          | 4          | 607,93 / 0,73 m                |            |
|                                 | DPH6               | 608,59                     | 604,59          | 4          | 607,91 / 0,68 m                |            |
|                                 | DPH7               | 608,62                     | 604,62          | 4          | 608,03 / 0,59 m                |            |
|                                 | DPH8               | 608,55                     | 604,55          | 4          | 607,78 / 0,77 m                |            |
|                                 | DPH9               | 608,49                     | 604,49          | 4          | 607,82 / 0,67 m                |            |
|                                 | DPH10              | 608,69                     | 604,69          | 4          | 607,92 / 0,77 m                |            |
|                                 | DPH11              | 608,65                     | 604,65          | 4          | 607,89 / 0,76 m                |            |
|                                 | DPH12              | 608,36                     | 604,36          | 4          | 607,90 / 0,46 m                |            |

\*1 Höhenangabe gemäß Höhensystem DHHN16

## 2.2 Bodenmechanische Laborversuche

Zur näheren Klassifikation und Überprüfung der Feldansprache des Baugrunds wurden an insgesamt 9 Proben bodenmechanische Versuche zur Klassifizierung ausgeführt: Siebungen, Sedimentationen und Versuche zur Bestimmung der Korndichte. Die Zusammenfassung der Laborversuche und die Versuchsprotokolle sind in Anlage 4 beigelegt. Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche fließen in die Bodenklassifikation in Abschnitt 5 ein. Tabelle 2 fasst die ausgeführten Laborversuche zusammen.

**Tabelle 2: Übersicht der ausgeführten bodenmechanischen Laborversuche**

| <b>Bodenansprache</b>   |   |
|---|---|
| Ansprache gestörter Bodenprobe nach DIN EN ISO 14688-1 + 2 und DIN 4023       | 9 |
| <b>Ermittlung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4</b>            |   |
| Siebung m. nassem Abtrennen der Feinanteile                                   | 3 |
| Siebung und Sedimentation   | 6 |
| <b>Bestimmen der Korndichte im Kapillarpiknometer nach DIN EN ISO 17892-3</b> |   |
|   | 5 |

Bei den Siebungen konnte der Steingehalt der Proben nicht festgestellt werden, da dies bei Erkundung mit Rammkernsonden mit 60 mm Durchmesser nicht möglich ist. Der Steinanteil bei der Klassifikation des Baugrunds wird daher auf Basis der Feldansprache festgelegt. Grundsätzlich ist bei Siebungen aus kiesigem Probenmaterial aus 60 mm Rammkernsondierungen die Kornabstufung leicht verfälscht, da es beim Aufschließen des Baugrunds zur Zertrümmerung größerer Körner kommt. Die Proben aus Rammkernsondierungen können daher in der Regel nur der Güteklasse 4 bis 5 nach DIN EN ISO 22475-1:2019-09 zugeordnet werden.

## 3 Umwelttechnische Laborversuche

Zur Analyse eventueller umwelttechnischer Belastungen im Oberboden wurden aus den Bohrungen RKS5, RKS7, RKS9 und RKS10 Oberbodenproben zur Untersuchung an die Bioverfahrenstechnik und Umweltanalytik GmbH in Markt Rettenbach geschickt (siehe Tabelle 3). Die Oberbodenproben wurden gemäß Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) [U6] untersucht.

Die Ergebnisse der umwelttechnischen Laborversuche sind in Anlage 5 beigelegt.

**Tabelle 3: Übersicht der ausgeführten umwelttechnischen Laborversuche**

|  |   |
|--|---|
| Chemische Analyse von Bodenproben gem. BBodSchV, Tab. 1 (Anlage 1) und Tab. 2 (Anlage 1), Aug. 2023. | 4 |
|--|---|

### 3.1 Analyseergebnis der Bodenprobe

Die Proben, die zur chemischen Analyse ausgewählt wurden, wurden oberflächennah entnommen (Mutterboden), da hier am wahrscheinlichsten mit einer umwelttechnischen Belastung zu rechnen ist und diese Böden durch die Baumaßnahme eventuell auf andere Fläche verbracht werden müssten. In den tieferen natürlich abgelagerten Baugrundsichten gab es auf Basis der organoleptischen Ansprache keinen Anlass von einer Belastung auszugehen. Die Analyseergebnisse zeigen, dass die

untersuchten Oberbodenproben im Bereich der Bohrung RKS 5 die Grenzwerte für PAK überschreiten. In den restlichen untersuchten Oberbodenproben wurden keine Grenzwerte überschritten (siehe Anlage 5.1 und Tabelle 4). Zur Bauausführung wird demnach empfohlen, eine eigene Oberboden-Miete im Bereich von RKS 5 für eine gesonderte Analyse aufzuschütten. Der Oberboden ohne umwelttechnische Auffälligkeiten kann bedenkenlos an anderer Stelle wieder aufgebracht werden.

**Tabelle 4: Zuordnungsklassen nach [U6]**

| Probe                | Grenzwertzuordnung | Überschreitungswerte                         |
|----------------------|--------------------|--|
| RKS5-P1 (Oberboden)  | Lehm / Schluff     | <b>PAK (EPA Liste):</b> 32,5 mg/kg > 5 mg/kg |
| RKS7-P1 (Oberboden)  | Lehm / Schluff     | Keine Überschreitungswerte                   |
| RKS9-P1 (Oberboden)  | Lehm / Schluff     | Keine Überschreitungswerte                   |
| RKS10-P1 (Oberboden) | Lehm / Schluff     | Keine Überschreitungswerte                   |

Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse ist davon auszugehen, dass der Mutterboden im Untersuchungsgebiet bis auf den Bereich um RKS 5 nicht umwelttechnisch belastet ist. Bei den übrigen natürlichen Baugrundsichten ist gemäß organoleptischer Beurteilung und nach Angabe der Hintergrundwertkarten voraussichtlich ebenfalls nicht mit einer Kontamination zu rechnen. Die Untersuchung stellt eine in situ Beprobung des Baugrunds dar und genügt nicht den Anforderungen an eine Probennahme zur Deklarationsanalytik nach LAGA PN 98.

## **4 Beschreibung der Baugrundsituation**

### **4.1 Standort und Nutzung**

Das Untersuchungsgebiet liegt im Norden von Buchloe und befindet sich im „Gewerbegebiet Nord-west III“ (siehe Anlagen 1.2). Das Grundstück wird ackerbaulich genutzt.

Das Gelände ist weitgehend eben (Höhenlagen zwischen ca. 608,30 m ü. NHN und 608,70 m ü. NHN).

### **4.2 Geologischer Überblick**

Gemäß [U3] stehen im Untersuchungsgebiet als oberflächennah dominierende Bodenarten quartäre, pleistozäne Schmelzwasserschotter (hochwürmzeitlich Niederterrasse 1) in Form von Kies (wechselnd sandig, steinig, zum Teil schwach schluffig (von äußerer Jungmoräne)) an.

Die durchgeführten Baugrundaufschlüsse konnten die Angaben aus [U3] bestätigen.

Im Untersuchungsbereich steht unterhalb der Oberbodenschicht hauptsächlich Schmelzwasserschotter in Form von sandigem, schwach schluffigen bis stark schluffigen Kies in lockerer bis hauptsächlich mitteldichter Lagerung an.

Die Bodenansprache und die Untersuchungen mit der Schweren Rammsonde zeigen, dass die Tragfähigkeit des Baugrunds im Untersuchungsgebiet über die untersuchte Strecke relativ gleichbleibend ist.

### **4.3 Hydrologischer Überblick**

Das Untersuchungsgebiet liegt nach [U2] im Bereich eines lokal bis überregional bedeutenden Porengrundwasserleiters mit hoher bis sehr hoher Durchlässigkeit und mittlerer bis hoher Ergiebigkeit.



Feinkörnige Einschaltungen, wie Ton- oder Schlufflagen, können den Untergrund hydrologisch in mehrere Grundwasserstockwerke gliedern, indem sie als hydraulische Barrieren wirken.

Der anstehende, natürliche Untergrund besteht laut der Bodenansprache im Feld hauptsächlich aus einem Kies-Sand-Gemisch mit wechselnden schwach schluffigen bis schluffigen Anteilen. In sämtlichen abgeteuften Bohrungen wurde Grundwasser angetroffen. Das Grundwasser steht oberflächennah an und ist für die Baumaßnahme daher von großer Relevanz in Bezug auf die Wahl eines geeigneten Baugrubenverbau und einer geeigneten Wasserhaltung.

Das Untersuchungsgebiet liegt gemäß [U3] in einem wassersensiblen Bereich. Aufgrund der angrenzenden Gennach (etwa 200 m vom Untersuchungsgebiet entfernt) liegt eine ausgewiesene Überschwemmungsgefahr für ein Niederschlagsereignis HQ 100 vor (siehe [U3]). Bei Regenereignissen ab HQ100 liegt das Grundstück im Bereich der Überflutungsflächen der Gennach.

Das Untersuchungsgebiet liegt in keinem Biotop oder FFH (Flora-Fauna-Habitat) -Gebiet.

Näheres zur Hydrogeologie kann Abschnitt 4.7 entnommen werden.

#### 4.4 Lastfall Erdbeben

Dem Untersuchungsgebiet können nach DIN EN 1998-1 NA 2021-07 folgende seismische Kennwerte zugeordnet werden:

- Untergrundverhältnisse C-S (grobkörnige bzw. gemischtkörnige Lockergesteine in mitteldichter bis dichter Lagerung– tiefe Sedimentbecken)
- Spektrale Antwortbeschleunigung  $s_{aP,R}$  (475 a) = 0,458 m/s<sup>2</sup>
- Bodenparameter  $S = 1,3$
- Referenz-Spitzenbodenbeschleunigung  $a_{gR} = 0,183$  m/s<sup>2</sup>
- Bedeutungsbeiwert:  $\gamma = 1,0$  (Annahme!)
- Bemessungsbodenbeschleunigung  $a_g = a_{gR} \cdot \gamma = 0,183$  m/s<sup>2</sup>  
 $\Rightarrow a_g \cdot S = 0,238$  m/s<sup>2</sup> < 0,6 m/s<sup>2</sup>

Die Seismizität im Untersuchungsgebiet liegt unter der Geringfügigkeitsschwelle von 0,6 m/s<sup>2</sup>. Entsprechende Nachweise zur Erdbebensicherheit sind daher nach derzeitigem Kenntnisstand nicht zu erbringen.

#### 4.5 Kampfmittelfreiheit

Untersuchungen zur Kampfmittelfreiheit wurden im Rahmen der Baugrunderkundung nicht durchgeführt.

#### 4.6 Beschreibung der Baugrundsichten

Die Lage der im Folgenden beschriebenen Baugrundsichten kann den Bohrprofilen in Anlage 2 sowie dem Geologischen Schnitt in Anlage 3 entnommen werden.

#### Oberboden (O)

Im gesamten Untersuchungsgebiet steht als oberste Bodenschicht Oberboden in einer Mächtigkeit von im Mittel etwa 30 cm an.

### Schmelzwasserschotter (SW)

Unterhalb der Oberbodenschicht stehen Schmelzwasserschotter mit grauer, teilweiser gelblicher Färbung an. Die Mächtigkeit der Schmelzwasserschotter geht über die Erkundungstiefe hinaus. Der Boden kann als Kies, sandig, schwach schluffig bis schluffig angesprochen werden. Es existieren Sandlinsen innerhalb der Kiese. Die Lagerungsdichte variiert zwischen locker bis mitteldicht. Der Baugrund wurde aufgrund der hohen anstehenden Grundwasserstände als nass angesprochen. Laut Kornverteilungen besitzt die Schicht eine Frostempfindlichkeitsklasse F2 bis F3.

### Bindige Schmelzwasserschotter (BS)

Neben den Schmelzwasserschottern mit geringen bindigen Anteilen wurden Schmelzwasserschotter erkundet, die deutlich ausgeprägtere bindige Anteile aufweisen. Diese stehen in Form von Kies, sandig, stark schluffig an. Die Färbung war überwiegend grau. Die Lagerungsdichte variierte zwischen vorwiegend mitteldicht bis dicht.

#### 4.6.1 Qualitative Beurteilung der Baugrundsichten

Auf Basis der nach visuellen und manuellen Verfahren durchgeführten Klassifikation im Feld und der bodenmechanischen Laborversuche fasst Tabelle 5 qualitativ die Eigenschaften der verschiedenen Baugrundsichten in Anlehnung an DIN 18196:2023 in ihrem in-situ Zustand zusammen.

**Tabelle 5: Qualitative Beurteilung der bautechnischen Eigenschaften der Baugrundsichten in Anlehnung an DIN 18196:2023**

| Kriterium                                     | Baugrundsichten<br>(Kurzzeichen, siehe Abschnitt 4.6) |                        |
|---|---|------------------------|
|   | SW  | BS                     |
| 1 Scherfestigkeit                             | +   | +o                     |
| 2 Verdichtungsfähigkeit                       | +   | +o                     |
| 3 Zusammendrückbarkeit                        | +o  | +o                     |
| 4 Wasserdurchlässigkeit                       | - bis o   | +o bis +               |
| 5 Erosionsempfindlichkeit                     | o bis +o  | +o                     |
| 6 Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB 17 [U6] | ++ bis -o<br>F2 bis F3                                | +o bis -o<br>F2 bis F3 |
| 7 Fließgefahr bei Wasserzutritt               | +   | +                      |
| 8 Tragfähigkeit                               | + bis ++  | +                      |

| Legende          |            |                    |          |                      |               |                           |
|------------------|------------|--------------------|----------|----------------------|---------------|---------------------------|
| -- sehr gering   | - gering   | -o mäßig           | o mittel | +o mittel bis groß   | + groß        | ++ sehr groß              |
| -- sehr schlecht | - schlecht | -o mäßig           | o mittel | +o mittel bis gut    | + gut         | ++ sehr gut               |
| -- sehr groß     | - groß     | -o groß bis mittel | o mittel | +o gering bis mittel | + sehr gering | ++ vernachlässigbar klein |

Die anstehenden Baugrundsichten der nichtbindigen- sowie bindigen Schmelzwasserschotter sind, wie Tabelle 5 entnommen werden kann, in ihrem in-situ Zustand und nach einer Nachverdichtung gut für die Gründung der geplanten Bauwerke geeignet. Im Bereich dieser Baugrundsichten müssen daher keine besonderen Maßnahmen für eine tragfähige und gebrauchstaugliche Gründung der Bauwerke getroffen werden. Für Näheres dazu siehe Abschnitt 8.

#### 4.7 Beschreibung der Grundwasserverhältnisse

Im gesamten Untersuchungsgebiet wurde relativ oberflächennah in einer Tiefe von 0,40 m bis 0,77 m unter GOF Grundwasser aufgeschlossen. Auf Basis der vorangegangenen klimatischen Verhältnisse ist davon auszugehen, dass es sich um mittlere bis hohe Grundwasserstände handelt. Die Oberfläche des Stauers wurde in den abgeteufte Bohrungen mit einer maximalen Tiefe von 6,0 m u. GOF nicht angetroffen. Südlich und westlich gelegene Bohrungen mit einem Abstand von 300 m bis 400 m zum Untersuchungsgebiet zeigen den Stauer in einer Tiefe von 8,0 m bis 11,5 m u. GOF.

Der Baugrund weist eine hohe Wasserdurchlässigkeit auf, so dass bei Wasserhaltungen mit einem erheblich Grundwasserandrang gerechnet werden muss. Die Wasserdurchlässigkeit zur Bemessung der Wasserhaltung sollte mit  $k_f = 2 \cdot 10^{-3}$  m/s angesetzt werden. Diese Wasserdurchlässigkeit wurde auf Grundlage von Korrelationen der Kornverteilung der Schmelzwasserschotter zum  $k_f$ -Wert festgelegt und ist daher mit einer gewissen Unsicherheit behaftet.

Für die Baumaßnahme werden auf Basis der Messergebnisse und der Geologie folgende Bemessungswasserstände festgelegt:

- Höchstmöglicher Grundwasserstand innerhalb Nutzungsdauer (HGW): 608,31 m ü. NHN (tiefste gemessene GOF)
- Bemessungswasserstand BemGW: 608,31 m ü. NHN (tiefste gemessene GOF)
- Mittlerer höchster Grundwasserstand MHGW: 607,87 m ü. NHN (mittlerer gemessener Wasserstand)
- Grundwasserstand für den Bauzustand BauGW: 608,03 m ü. NHN (höchster gemessener Wasserstand)

Diese Festlegungen sind aufgrund der geringen Datenlage mit Unsicherheiten behaftet!

Zur Beurteilung der Betonaggressivität des Grundwassers wurden keine Untersuchungen durchgeführt. Die Werte aus der Hintergrundkarte der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe weisen nicht darauf hin, dass mit einer Aggressivität des Grundwassers gerechnet werden muss.

##### 4.7.1 Versickerungsfähigkeit des Baugrunds

Im Rahmen der Baugrunduntersuchungen wurden keine Sickerversuche durchgeführt. Die Angaben zur Wasserdurchlässigkeit der Baugrundsichten basieren daher auf Erfahrungswerten zu den klassifizierten Bodenarten und Korrelationen zwischen der Wasserdurchlässigkeit und der Kornverteilung. Gemäß [U1] ist eine Versickerung in Lockergestein bei einer Wasserdurchlässigkeit zwischen  $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$  m/s und  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s und einem Abstand vom Versickerungshorizont zum maßgebenden Grundwasserstand (MHGW) von  $\geq 1,0$  m möglich.

Folgende Wasserdurchlässigkeit kann den Baugrundsichten zugeordnet werden.

**Tabelle 6: Wasserdurchlässigkeit  $k_f$  des Baugrunds**

| Baugrundsicht                 | Wasserdurchlässigkeit $k_f$ [m/s]       | Bemessungswert $k_f$ [m/s] |
|-------------------------------|---|----------------------------|
| Schmelzwasserschotter         | $2 \cdot 10^{-3}$ bis $5 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ *1       |
| Bindige Schmelzwasserschotter | $5 \cdot 10^{-4}$ bis $5 \cdot 10^{-8}$ | $1 \cdot 10^{-6}$ *2       |

\*1 auf Basis von Korrelationen zur Kornverteilung festgelegt, Korrekturfaktor von 0,2 laut dem Merkblatt DWA-A 138 bereits berücksichtigt

\*2 auf Basis von Erfahrungswerten festgelegt

Eine Versickerung ist demnach im gesamten Untersuchungsgebiet bei Betrachtung der Wasserdurchlässigkeit möglich. Der notwendige Abstand des Versickerungshorizonts zum maßgebenden Grundwasserstand von 1,0 m könnte im Untersuchungsgebiet schwierig einzuhalten sein. Ggf. kann dies durch eine Überschüttung des Bestandsgebietes erzielt werden oder es müsste eine Ausnahmegenehmigung von o.g. Anforderung beantragt werden.

Die planmäßige Durchsickerung umwelttechnisch belasteter Böden sollte vermieden werden, wobei im Untersuchungsgebiet nur in einem Teilbereich PAK-Belastungen im Oberboden festgestellt wurden. Bei sehr großen Einleitungsmengen in Sickeranlagen wird empfohlen gezielte Sickerversuche im Bereich der Sickeranlagen durchzuführen. Andernfalls können die Sickeranlagen auf Basis der genannten Bemessungswerte für die Wasserdurchlässigkeit bemessen werden.

## 5 Bodenklassifikation und Homogenbereiche

Auf Basis der Beschreibung der Baugrundsituation in Abschnitt 4 werden die Baugrundsichten im Folgenden nach DIN 18196:2011-05 und DIN EN ISO 14688-1:2020-11 klassifiziert. Aufbauend auf dieser Einteilung werden die Baugrundsichten in Homogenbereiche nach DIN 18300:2019 für Erdarbeiten hinsichtlich Lösen, Laden und Wiedereinbauen für übliche Bauverfahren im Erdbau und nach DIN 18304:2012 hinsichtlich Rammbarkeit eingeteilt. Außerdem werden die nicht mehr gültigen und hier nur informativ mitgeteilten Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09 genannt (siehe Tabelle 7). Bodenmechanische Parameter zu den Baugrundsichten werden auf Basis von tabellierten und eigenen Erfahrungswerten sowie Angaben aus [U2] abgeschätzt (siehe Tabelle 10).

### 5.1 Klassifikation

Tabelle 7 fasst die Klassifikation der Baugrundsichten nach DIN 18196:2011-05 und DIN EN ISO 14688-1:2020-11 sowie die Einteilung in Homogenbereiche nach DIN 18300:2019 zusammen.

**Tabelle 7 Bodenklassifikation nach DIN EN ISO 14688-1, Homogenbereiche nach DIN 18300:2019 und Bodengruppe nach DIN 18196 (Bodenklasse nach DIN18300:2012 nur informativ)**

| Baugrundschrift  | Bodenart nach DIN EN ISO 14688-1:2020 | Homogenbereich n. DIN 18300:2019 u. DIN 18304 | Boden-<br>gruppe<br>nach DIN<br>18196:2011 | Boden-<br>klasse n.<br>DIN<br>18300:2012 |
|--|---------------------------------------|---|--|--|
| <b>Oberboden</b>   | Schluff, sandig                       | EA1   | OU-OH                                      | 1  |
| <b>Schmelzwasser-<br/>schotter</b><br>Kiese mit sandigen, teil-<br>weise schluffigen bis<br>schwach schluffigen Anteilen | Kies bis Kies, sandig                 | EA2   | GI, GU (SI)                                | 3-4                                      |
| <b>Bindige Schmelzwasser-<br/>schotter</b><br>Kiese mit stark bindigen,<br>Anteilen                                      | Kies, schluffig                       | EA3   | GU*  | 3-4                                      |

In Tabelle 8 werden die nach VOB Teil C geforderten Kennwerte bzw. Bandbreiten der Kennwerte für die verschiedenen Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18300:2019 angegeben. Zum Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke können nur grobe Schätzwerte angegeben werden, die auf Erfahrungswerten basieren, da die durchgeführte Untersuchungen keine gesicherte Aussage zulassen.

**Tabelle 8 Kennwerte der Homogenbereiche nach DIN 18300:2019 für Lockergestein**

|  | Homogenbereiche           |                               |
|--|---------------------------|-------------------------------|
|  | EA2                       | EA3                           |
| Ortsübliche<br>Bezeichnung   | Schmelzwasserschotter     | Bindige Schmelzwasserschotter |
| Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1 und-2 <sup>*1</sup> | Steine <5%,<br>Blöcke <1% | Steine <5%,<br>Blöcke 1%      |
| Bodengruppe nach DIN 18196   | GI, GU (SI)               | GU*                           |
| Lagerungsdichte <i>D</i>   | 0,15 - 0,80               | 0,15 - 0,80                   |
| Frostsicherheit nach ZTV E-StB 17 [U6]   | F2 - F3                   | F2 - F3                       |
| Verdichtbarkeitsklasse nach ZTV E-StB 17 [U6]  | V1 - V2                   | V1 – V2                       |
| Rammpbarkeit nach DIN18304   | mittel bis schwer         | mittel bis schwer             |
| Bohrbarkeit nach DIN18301  | BN1-2, BS1-BS3            | BN1-2, BS1-BS3                |

<sup>\*1</sup> grobe Abschätzung auf Basis geol. Entstehungsgeschichte

In Tabelle 9 werden die Eigenschaften der einzelnen Homogenbereiche für die Arbeitsschritte Lösen, Laden, Einbauen und Verdichten sowie Rammpbarkeit und Bebaubarkeit qualitativ zusammengefasst.

**Tabelle 9: Qualitative Eigenschaften der Homogenbereiche**

| Homogenbereich                       | Eigenschaften   |
|--------------------------------------|---|
| EA1<br>Oberboden                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- leicht lösbar. Beim Lösen, Laden und Transport keine besonderen Anforderungen.</li> <li>- schlecht verdichtbar (V3)</li> <li>- laut Bewertung nach BbodSchV keine Verunreinigungen bis auf den Bereich um RKS5</li> </ul>  |
| EA2<br>Schmelzwasserschotter         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- mittelschwer lösbar</li> <li>- Beim Lösen, Laden keine besonderen Anforderungen</li> <li>- Beim Transport ggf. wasserdichte Mulde notwendig.</li> <li>- gut bis mittel verdichtbar (V1-V2)</li> <li>- zur Bauwerksgründung nach erfolgter oberflächlicher Nachverdichtung geeignet</li> </ul>                                  |
| EA3<br>Bindige Schmelzwasserschotter | <ul style="list-style-type: none"> <li>- mittelschwer lösbar</li> <li>- Beim Lösen, Laden keine besonderen Anforderungen</li> <li>- Beim Transport ggf. wasserdichte Mulde notwendig</li> <li>- Gut bis mittel verdichtbar (V1-V2)</li> <li>- zur Bauwerksgründung im Bereich schwach bindiger Kiese nach erfolgter oberflächlicher Nachverdichtung geeignet</li> </ul> |

## 5.2 Bodenmechanische Parameter

In Tabelle 10 sind die bodenmechanischen Parameter für den Baugrund zusammengefasst. Die Angabe der Parameter basiert auf der Feldansprache der Baugrundsichten und eigenen sowie tabellierten Erfahrungswerten sowie auf den Angaben aus [U2]. Die Angaben sind daher mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet. Die Angaben gehen von einem ungestörten In-situ Zustand der Baugrundsichten aus. Die Parameter können sich durch Auflockerungen oder Aufweichungen während des Bauprozesses deutlich verschlechtern.

**Tabelle 10: Bodenmechanische Parameter (basierend auf Angaben der DIN 1055:2010, [U4] und eigenen Erfahrungswerten)**

| Baugrundsicht   | HG <sup>*1</sup> | Lagerungsdichte / Konsistenz | $\gamma / \gamma'$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi'_k$<br>[°]     | $c'_k / c_u$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $E_{s,k}$<br>[MN/m <sup>2</sup> ] |
|---|------------------|------------------------------|--|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Schmelzwasserschotter / Bindige Schmelzwasserschotter | EA2 / EA3        | locker                       | 17 – 20<br>/ 9-10                          | 27,5-32,5<br>cal. 30 | 0                                    | 30-80<br>cal. 40                  |
|   |                  | mitteldicht bis dicht        | 20-23 /<br>11-14                           | 32,5-37,5<br>cal. 35 | 0                                    | 70-150<br>cal. 80                 |

<sup>\*1</sup> Homogenbereich nach DIN 18300:2019-09

## 6 Bodenkundliche Beschreibung des Baugrunds

Der Rolle des Bodenschutzes zum Erhalt der natürlichen Funktionen des Bodens im Hinblick auf Ertrag, Schadstoffrückhalt, Aufbau, Retentionsvermögen etc. wird zunehmend größere Bedeutung bei Baumaßnahmen beigemessen. Ab Baumaßnahmen mit einer Fläche von  $\geq 3.000 \text{ m}^2$  wird in der Regel ein Bodenschutzkonzept zur Genehmigung verlangt. Zu diesem Zweck werden hier Angaben



zur bodenkundlichen Beurteilung des Untersuchungsgebiets gemacht. Die Angaben basieren in erster Linie auf Angaben aus [U2].

Im Untersuchungsgebiet dominieren fein- bis gemischtkörnige Lockergesteine, teilweise bindig.

Im Bereich des Grundstücks bildet fast ausschließlich kalkhaltiger Anmoorgley aus Schluff bis Lehm (Flussmergel) das Ausgangssubstrat für die Bodenbildung. Teilweise ist dieser über gering verbreitetes Talsediment in Form von Carbonatsandkies (Schotter) gelagert.

Die Ertragsfähigkeit wird auf dem Erkundungsfeld als gering (Ertragsmesszahl nach Bodenschätzung 28-40) eingestuft.

Das Wasserrückhaltevermögen, das Schwermetallrückhaltevermögen sowie das Rückhaltevermögen für organische Schadstoffe ist als hoch einzustufen (siehe Tabelle 11).

Für den Umgang und den Erhalt dieser Bodenfunktionen kann es im gegebenen Fall notwendig sein, je nach Fläche der baulichen Maßnahmen ein Bodenschutzkonzept zu erstellen und im Bauablauf zu berücksichtigen.

**Tabelle 11: Bodenkundliche Parameter (basierend auf Angaben aus [U2])**

| Parameter   | Einstufung   |
|---|--|
| Vorherrschende Bodenart                                   | kalkhaltiger Anmoorgley aus Schluff bis Lehm (64c) |
| Natürliche Ertragsfähigkeit                               | Klasse 2, Ertragsmesszahl 28-40 (gering)           |
| Wasserrückhaltevermögen                                   | 2-5 (3 Mittelwert, mittel)                         |
| Schwermetallrückhaltevermögen für Zink                    | 3-5 (5 Mittelwert, hoch)                           |
| Schwermetallrückhaltevermögen für Quecksilber             | 2-5 (4 Mittelwert, hoch)                           |
| Schwermetallrückhaltevermögen für Nickel                  | 2-5 (4 Mittelwert, hoch)                           |
| Schwermetallrückhaltevermögen für Kupfer                  | 2-5 (4 Mittelwert, hoch)                           |
| Schwermetallrückhaltevermögen für Cobalt                  | 2-5 (4 Mittelwert, hoch)                           |
| Schwermetallrückhaltevermögen für Chrom                   | 2-5 (4 Mittelwert, hoch)                           |
| Schwermetallrückhaltevermögen für Cadmium                 | 2-5 (4 Mittelwert, hoch)                           |
| Schwermetallrückhaltevermögen für Blei                    | 2-5 (4 Mittelwert, hoch)                           |
| Rückhaltevermögen für TCDD<br>(Tetrachlordibenzodioxin)   | 4 (sehr hoch)                                      |
| Rückhaltevermögen für PFOS<br>(Perfluorooctansulfonsäure) | 3 (3 Mittelwert hoch)                              |
| Rückhaltevermögen für Heizöl                              | 2 (3 Mittelwert mittel)                            |
| Rückhaltevermögen für Glyphosat                           | 3 (hoch)   |
| Rückhaltevermögen für Benzo(a)pyren                       | 4 (4 Mittelwert sehr hoch)                         |

## 7 Hinweise zur Bauausführung

### 7.1 Baugrubenherstellung

Bei der Baugrunderkundung vom 01.12.2024 und 02.10.2024 wurden örtliche Grundwasserstände von 0,40 m bis 0,70 m unter GOF aufgeschlossen. Wie bereits in Abschnitt 1.1 beschrieben, werden die geplanten Silos bis auf etwa 5,0 m u. GOF und die Waage auf etwa 2,0 m unter GOF gegründet. Es ist jedoch geplant, das Bestandsgelände durch eine großflächige Überschüttung zu erhöhen, um die Anlagen vom Hochwasser HQ100 freizustellen. Hierbei ist noch nicht genau definiert auf welche Höhe das Gelände überschüttet wird.

Um eine trockene Baugrube herzustellen, sind für dieses Bauvorhaben im Vorfeld grundwasserregulierende Maßnahmen wie eine Grundwasserabsenkung in Kombination mit einem wasserdichten Baugrubenverbau oder die Herstellung einer wasserdichten Baugrubenumschließung und Dichtsohle erforderlich. Bei den Erkundungsarbeiten wurde der Grundwasserstauer nicht erreicht. Südlich und westlich gelegene Bohrungen zeigen diesen in 8,0 m bis 11,5 m u. GOF. Zur Reduzierung des Wasserhaltungsaufwands und zur Erhöhung der Sicherheit der Baugrube ist es sinnvoll den wasserdichten Baugrubenverbau in den Stauer einbinden zu lassen. Dies würde ermöglichen, die Baugrube über eine Restwasserhaltung zu lenzen. Der Stauer wird im Bereich des Untersuchungsgebiets durch die obere Süßwassermolasse gebildet. Diese weist in der Regel hohe Festigkeiten auf. Ihre Lage lässt sich daher mit hoher Sicherheit über eine Nacherkundung mittels schwerer Rammsondierung bestimmen. Hierdurch ließe sich auch ermitteln, ob es aufgrund der in der Regel hohen Festigkeit der Molasse überhaupt möglich ist, den Verbau in den Stauer mit ausreichender Tiefe einbinden zu lassen.

Sollte eine Einbindung in den Grundwasserstauer nicht möglich sein, muss das Grundwasser großflächig abgesenkt werden oder eine Unterwasserbetonsohle vorgesehen werden.

### **7.1.1 Grundwasserabsenkung**

Die Grundwasserabsenkung kann allgemein als sog. offene oder geschlossene Grundwasserhaltung erstellt werden. Im ersten Fall wird in einem offenen Pumpensumpf das Grundwasser abgesenkt und somit das Baufeld trockengelegt. Im zweiten Fall wird mit Hilfe von Brunnen oder Lanzen das Grundwasser in geschlossenen Systemen abgesenkt. Die offene Grundwasserhaltung lässt sich generell nur bei geringen Absenktiefen oder geringem Wasserandrang in die Baugrube umsetzen. Die geschlossene Wasserhaltung wird für größere Absenktiefen und hohen Grundwasserandrang eingesetzt. Bei beiden Systemen ist insbesondere auf die Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch zu achten.

#### **Grundwasserhaltung zur Herstellung der Siloanlage**

Für die hier projektierte Siloanlage erscheint die geschlossene Wasserhaltung als eine Möglichkeit das Grundwasser im Bereich der Baugrube unter die Aushubsohle abzusenken. Hierbei sollte ein Mindestmaß von 0,5 m unter der Aushubsohle als Absenkziel vorgesehen werden. Eine offene Wasserhaltung erbringt in diesem Fall die nicht notwendige Leistungsfähigkeit und erhöht die Gefahr des hydraulischen Grundbruchs.

Für die Siloanlage ist eine Baugrube von ca. 15 m x 4,5 m mit einer Tiefe unter GOF von ca. 5,0 m nötig. Die hier angegebene Aushubtiefe geht für die Wasserhaltung auf der sicheren Seite liegend davon aus, dass das Gelände nicht überschüttet wird, da hierzu noch kein genauerer Wert bekannt ist.

Unter Berücksichtigung dieser Annahme und unter Zugrundlegung der Brunnengleichung nach THIEM (1870) mit der Annahme eines Ersatzbrunnens an Stelle der Baugrube kann die erwartbare Fördermenge bei Herstellung einer geschlossenen Grundwasserhaltung abgeschätzt werden.

Aufgrund der hohen Wasserdurchlässigkeit des Baugrunds ergibt sich eine Wassermenge von ca.  $Q = 80 \text{ l/s}$  bis  $100 \text{ l/s}$ , bei einer angenommenen Brunnentiefe von 8,0 m bis 10,0 m und einer unvollkommenen Anströmung.



Bei der Dimensionierung der Wasserhaltung ist die DIN 18305 zu beachten.

### **Grundwasserhaltung zur Herstellung von Leitungsgräben**

Im gegebenen Fall ist die offene Wasserhaltung eine Möglichkeit für die Absenkung des Grundwassers im Bereich von Leitungsgräben, die in das Grundwasser einbinden. Die Herstellung der Leitungsgräben in kurzen Abschnitten ist aufgrund der notwendigen Wasserhaltung zu empfehlen. Gegen zuströmendes Grundwasser wird der Einsatz eines Stahlplattenverbaus in Kombination mit Pumpensäugern empfohlen. Als Vorabschätzung kann ein Zustrom von 0,1 l/(s·m) pro Meter Grabenlänge angesetzt werden. Bei Ermittlung dieses Werts gehen wir davon aus, dass die mittlere Grabentiefe 2,5 m in den Grundwasserleiter einbindet.

Für die Durchführung einer temporären Grundwasserabsenkung ist grundsätzlich die Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis des zuständigen Landratsamts erforderlich.

### **Wasserdichte Baugrube**

Eine Alternative zur Grundwasserabsenkung zur Herstellung der tiefer liegenden Bauwerksteile ist die Baugrubenumschließung mit Dichtsohle. Hierfür wird die Baugrube mittels eines wasserdichten Verbaus wie beispielsweise einer Spundwand (gemäß DIN 1054 sowie Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB)) oder einer Bohrpfehlwand (gemäß DIN EN 1536) gegen horizontal zuströmendes Grundwasser abgedichtet. Wenn die wasserdichte Baugrubenumschließung nicht zur unteren Abdichtung in den Stauer einbindet, muss die Baugrube zusätzlich gegen vertikal einströmendes Grundwasser mithilfe einer Dichtsohle abgedichtet werden. Hierzu kommen grundsätzlich die Unterwasserbetonsohle (UWB) oder Injektionssohlen wie beispielsweise Düsenstrahlsohlen zum Einsatz. Im gegebenen Fall kommt nur die UWB in Frage, da bei der relativ kleinen Baugrube Injektionsverfahren nicht wirtschaftlich und im gegebenen Baugrund schwer ausführbar sind. Hierzu wird zunächst die Baugrubenumschließung hergestellt. Anschließend wird der Baugrund innerhalb der Baugrube bis zur planmäßigen Sohle unter Wasser ausgehoben. Hierbei ist der durch den Aushub entstehende Wasserverlust durch Zuführung von Ballastwasser in die Baugrube zur Konstanthaltung des Grundwasserstands auszugleichen. Der Aushub ist zur Entwässerung zwischenzulagern und danach abzutransportieren.

Nach Festlegung der Stärke der UWB durch die Statik wird mittels Taucher die Oberfläche der Verbauwand gereinigt und die Aushubsohle überprüft. Der Beton wird per Betonpumpe eingebaut und der Restschlamm während des Betoniervorgangs abgepumpt. Während des Einbaus erfolgt eine ständige Kontrolle der UWB-Stärke und der Anschlüsse an die Verbauwand. Nach dem Erhärten der UWB kann die Grube gelenzt werden. Es wird empfohlen die Dicke der UWB so groß zu wählen, dass keine zusätzliche Auftriebssicherung durch eine Rückverankerung der Sohle notwendig wird.

## **7.2 Grundstücksentwässerung**

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Gutachtens ist die zukünftige Ableitung des Niederschlagswassers aus den Dach- und Verkehrsflächen nicht endgültig geklärt.

Wie in Abschnitt 4.7.1 beschrieben, ist eine Versickerung des Niederschlagswassers in den Untergrund grundsätzlich möglich. Ein ausreichender Abstand zum maßgebenden Grundwasserstand (MHGW) von  $\geq 1,0$  m ist jedoch einzuhalten bzw. eine Sondergenehmigung zu beantragen.

Ab einer Tiefe von etwa 2,00m bis 2,50m und damit im voraussichtlichen Tiefenbereich der Kanäle stehen bindige oder nichtbindige Moränenkiese an, die hinsichtlich Herstellung des Kanals gut geeignet sind. Für die Ermittlung der Erddruckbelastung auf Kanal und Verbau können die in Tabelle 10 angegebenen Baugrundparameter verwendet werden.

Aufgrund der hohen Grundwasserstände wird eine Wasserhaltung zur Herstellung der Bauwerke notwendig werden (siehe hierfür Abschnitt 7.1). Aus diesem Grund erfolgen die folgenden Hinweise für einen möglichen Grabenverbau unter der Annahme, dass eine lokale Grundwasserabsenkung stattgefunden hat.

Der Grabenverbau kann im Bereich des Grundwassers wie oben beschrieben mit einem Stahlplattenverbau (o.ä.) in Kombination mit einer lokalen Grundwasserabsenkung erfolgen. Der Verbau ist kraftschlüssig abzuteufen und rückzubauen. Die Verbauplatten und Aussteifungen sind statisch ausreichend zu dimensionieren. Der Aushub darf der Grabensicherung nur in einem dem Untergrund angemessenen Abstand (in kiesigen Böden  $\leq 0,15\text{ m} - 0,20\text{ m}$ ; in bindigen Böden  $\leq 0,20\text{ m} - 0,25\text{ m}$ ) vorausseilen. Bei Schicht- und Grundwasserzuflüssen ist dieser Abstand zu reduzieren, um Ausschwemmungen zu vermeiden. Es ist generell die DIN 4124:2012 zu beachten.

Beim Einsatz eines Stahlplattenverbaus muss gewährleistet sein, dass der minimale Abstand zu angrenzender Bebauung größer oder gleich der maximalen Grabentiefe ist, um schädliche Verformungen an Gebäuden zu verhindern. Sollte dies im gegebenen Fall nicht eingehalten werden können, sind ggf. zusätzliche Maßnahmen zur Sicherung der Nachbargebäude (bspw. Verkürzung der Kanalbauabschnitte, Änderung des Verbautyps) notwendig.

Die Kanalisationen müssen nach ATV-DVWK-A 139 sowie DIN EN 752 dauerhaft funktionssicher und dicht sein. Es dürfen demnach weder Stoffe aus der Rohrleitung in das Grundwasser gelangen oder Grundwasser in die Rohrleitung infiltrieren. Es gelten die Maßgaben nach DIN EN 1610:2015-12 für die Herstellung der Kanäle.

Das Aushubmaterial ist für die Rückverfüllung der Gräben weitestgehend geeignet. Bei der Rückverfüllung und Verdichtung ist generell die DIN EN 1610:2015-12 zu beachten. Als Verfüllmaterial bis zur Unterkante des frostsicheren Oberbaus wird kiesiges / sandiges Material mit einem Feinkornanteil  $< \text{ca. } 10\text{ Gew.}\%$  (Bodengruppe GW / SW / GU / SU nach DIN 18196) empfohlen. Kontaminiertes Aushubmaterial muss entsorgt werden.

### **7.3 Hinweise zur Gründungsform und -Bemessung**

Die Gründungssohlen der jeweiligen Gebäudeabschnitte liegen innerhalb der gut tragfähigen Schmelzwasserschotter. Die folgenden Angaben zur Gründungsempfehlung beziehen sich daher lediglich auf die Gründung innerhalb der Schmelzwasserschotter. Zum Zeitpunkt der Bauausführung sind im Zweifel die Verfasser heranzuziehen, um ggf. weitere Untersuchungen oder Anpassungen an die Gründungsempfehlung durchzuführen.

Die Gründung der Gebäude kann grundsätzlich auf Plattengründungen oder auf Streifen- und Einzelfundamenten mit dazwischen liegenden schwimmenden Bodenplatten erfolgen. Die Plattengründung hat den Vorteil, dass bei heterogenen Baugrundverhältnissen Setzungsdifferenzen besser ausgeglichen werden und höhere Widerstände unterhalb des Fundaments mobilisiert werden. Sie wird grundsätzlich bei einer Unterkellerung auch aus dem Grund der notwendigen Wasserdichtigkeit bei Einbindung in grundwasserbeeinflusste Bereiche empfohlen. Für die ebenerdigen Hallen kann eine Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten in Kombination mit einer schwimmenden Bodenplatte empfohlen werden.

Die Einzel- und Streifenfundamente können nach dem vereinfachten Verfahren nach DIN EN 1997:2014 und DIN 1054:2021 mit Ansatz von Bemessungswerten des Sohlwiderstands bemessen werden unter der Voraussetzung, dass in den Hallen keine Maschinen aufgestellt werden, die eine überwiegende dynamische Belastung der Fundamente bewirken. Folgende Bemessungswerte des Sohlwiderstands  $\sigma_{R,d}$  können angesetzt werden (siehe Tabelle 12). Voraussetzung sind mindestens mitteldichte Lagerungsverhältnisse bis in einer Tiefe von 2,0 m unter das Fundament. Es sind außerdem die Anwendungsgrenzen nach DIN 1054:2021 zu beachten.

**Tabelle 12: Bemessungswerte des Sohlwiderstands  $\sigma_{R,d}$  für Streifenfundamente auf nichtbindigem Boden auf der Grundlage einer ausreichenden Grundbruchsicherheit und einer Begrenzung der Setzungen nach DIN 1054:2021-04**

| Kleinste Einbindetiefe des Fundaments  | Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m <sup>2</sup> ] * <sup>1</sup> * <sup>2</sup> * <sup>3</sup> |            |        |            |        |            |        |            |
|--|---|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|
|  | b bzw. b'   |            |        |            |        |            |        |            |
| m  | 0,50 m  |            | 1,00 m |            | 1,50 m |            | 2,00 m |            |
| 0,50   | 280   | <i>200</i> | 300    | <i>214</i> | 460    | <i>329</i> | 390    | <i>279</i> |
| 1,00   | 380   | <i>271</i> | 520    | <i>371</i> | 500    | <i>357</i> | 430    | <i>307</i> |
| 1,50   | 480   | <i>343</i> | 620    | <i>443</i> | 550    | <i>393</i> | 480    | <i>343</i> |
| 2,00   | 560   | <i>400</i> | 700    | <i>500</i> | 590    | <i>421</i> | 500    | <i>357</i> |
| bei Bauwerken mit Einbindetiefen $0,30 \text{ m} \leq d \leq 0,50 \text{ m}$ und mit $b$ bzw. $b' \geq 0,30 \text{ m}$ | 210 / 150   |            |        |            |        |            |        |            |

<sup>1</sup>Kursive Werte sind anzusetzen, wenn der Einfluss des Grundwassers bis zur Gründungssohle nicht ausgeschlossen werden kann. Liegt der Grundwasserspiegel über der Gründungssohle, dann reicht die Abminderung der angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiderstands nur dann aus, wenn die Einbindetiefe größer ist als 0,80 m und außerdem größer ist als die Fundamentbreite  $b$  ist. Sofern diese beiden Voraussetzungen nicht erfüllt werden, müssen die Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS) und der Gebrauchstauglichkeit (SLS) nachgewiesen werden.

<sup>2</sup>Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11

<sup>3</sup>Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden. Wenn bei ausmittiger Belastung die kleinere reduzierte Seitenlänge  $b' < 0,50 \text{ m}$  wird, dürfen die Tabellenwerte hierfür geradlinig extrapoliert werden.

Die auf der Grundlage der Tabelle 12 bemessenen Fundamente können sich um ein Maß setzen, das bei Fundamentbreiten bis 1,50 m etwa 1 cm, bei breiteren Fundamenten etwa 2 cm nicht übersteigt. Der Nachweis gegen Kippen (EQU) muss gesondert geführt werden. Bei Interaktion zwischen unterkellerten und nicht unterkellerten Bereichen sollten die Standsicherheitsnachweise (ULS) und insbesondere Gebrauchstauglichkeitsnachweise (SLS) einzeln geführt werden. Es ist grundsätzlich die DIN 1054:2021 zu beachten. Die getrennte Bemessung (ULS+SLS) der Gründung unabhängig vom vereinfachten Verfahren erzielt häufig eine wirtschaftlichere Auslegung und ist bei der voraussichtlichen Bauwerksgröße, der Belastung und den Anforderungen an das Gebäude zu empfehlen.

## 7.4 Bettungsmoduln

Für die innere Vorbemessung der Fundamente können die im Folgenden genannten Bettungsmoduln angesetzt werden. Bei den Angaben handelt es sich um Vorbemessungswerte, die ohne Kenntnis der genauen Bauwerksgeometrie und der Lasten auf Basis von Annahmen hierzu und den genannten Gründungsformen ermittelt wurden.

*Bei genauerer Kenntnis der Bauwerksgeometrie, Gründungsform und den zu berücksichtigenden Lasten, sollten diese Ansätze überprüft und ggf. angepasst werden. Beim Bettungsmodul handelt es sich um eine spannungs- und setzungsabhängige Größe, zu der nur bei Kenntnis der genauen Bauwerksgeometrie und den vorgesehenen Lasten genauere Angaben gemacht werden können. Hierzu wird grundsätzlich empfohlen Setzungsberechnungen durchzuführen.*

Bei Gründung der Bauwerke mittels Einzel- und Streifenfundamenten unter Zugrundelegung üblicher Sohlspannungen und tolerierbarer Setzungen von maximal 1,0 cm können **Bettungsmoduln von  $k_s = 25$  bis  $30 \text{ MN/m}^3$**  angesetzt werden.

Grundsätzlich sollte beachtet werden, dass sich das Bauvorhaben in der Frosteinwirkungszone II befindet. Die Gründung sollte daher in einer Tiefe  $\geq 0,8 \text{ m}$  unter GOF oder mit entsprechenden Frostschürzen erfolgen.

Bei Gründung auf einer Plattengründung unter Annahme von maximalen tolerierbaren Setzungen von bis zu 2,0 cm und einer konstanten Sohlspannungsverteilung, kann ein **Bettungsmodul von  $k_s = 10$  bis  $15 \text{ MN/m}^3$**  angesetzt werden. Hierbei ist zu beachten, dass im Plattenzentrum ein niedrigerer Bettungsmodul als am Rand angesetzt werden sollte.

## 7.5 Herstellung der Verkehrsflächen

Die folgenden Angaben zur Herstellung der Verkehrsflächen werden unter der Annahme gemacht, dass die Verkehrsflächen aufgrund eines hohen Schwerlastanteils der Belastungsklasse Bk1,0 zugeordnet sind. Die auf Höhe des Planums zu erwartenden Böden sind mittel (F2) frostempfindlich.

### 7.5.1 Frostsicherer Oberbau

Gemäß [U6] muss der frostsichere Oberbau zur Verhinderung von unzulässigen Verformungen bei Gefrier- und Tauzyklen folgende Mindestdicke aufweisen:

$$D_{ges} = \text{Ausgangswert} + A + B + C + D + E$$

**Tabelle 13: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus nach [U10]**

|                                      |  |        |
|--------------------------------------|--|--------|
| Ausgangswert                         | Bk1,0 <b>F2</b>  | 50 cm  |
| Frosteinwirkung (A)                  | Zone II  | 5 cm   |
| Kleinträumige Klimaunterschiede (B)  | keine besonderen Klimaeinflüsse                                      | 0 cm   |
| Wasserverhältnisse im Untergrund (C) | Grund- oder Schichtenwasser bis in eine Tiefe von 1,5 m unter Planum | 5 cm   |
| Lage der Gradienten (D)              | Geländehöhe bis Damm $\leq 2,0 \text{ m}$                            | 0 cm   |
| Entwässerung der Fahrbahn (E)        | Entwässerung über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen              | - 5 cm |

$$D_{ges} = \mathbf{55 \text{ cm}}$$

Für den frostsicheren Straßenaufbau wird von gering bis mittel (F2) Böden ausgegangen. Es wird ein Zuschlag von 15 cm aufgrund der Lage in Frosteinwirkungszone III berücksichtigt. Außerdem wird ein weiterer Zuschlag von 5 cm zur Berücksichtigung von möglichem Schichtwasser höher als 1,5 m unter dem Planum vorgeschlagen. Es wird von einer Entwässerung der Verkehrsflächen über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen ausgegangen und der frostsichere Oberbau um 5 cm verringert.

Als Frostschutzschichten können Kiese bzw. Kies-Sand-Gemische der Bodengruppen GW, GI und GE nach DIN 18196 (Feinkornanteil  $< 5 \text{ Gew.}\%$ ) der Frostempfindlichkeitsklasse F1 nach ZTV E-StB 17 [U6] verwendet werden. Es gelten die Maßgaben der ZTV E-StB 17 [U6] bzw. der ZTV SoB-StB 20 [U8].

### 7.5.2 Tragfähigkeit des Planums

Gemäß ZTV E-StB 17 [U6] wird auf Höhe des Planums ein Mindestwert des Verformungsmoduls  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  gefordert. Sollten wider Erwarten auf Höhe des Planums stark bindige Bodenschichten anstehen, ist ein Bodenaustausch bis in einer Tiefe von 30 cm bis 50 cm unter Planum zu empfehlen. Als Bodenaustauschmaterial kann feinkornarmes sandiges Kiesmaterial (GW / GU nach DIN 18196, Feinkornanteil < 10 Gew.-%) der Frostempfindlichkeitsklasse F2 verwendet werden. Das Bodenaustauschmaterial ist lagenweise einzubauen (< 30 cm Lagenstärke) und ausreichend zu verdichten ( $D_{pr} \geq 100\%$ ). Falls für den anstehenden Boden und das Kiesmaterial die Filterstabilität nicht positiv nachgewiesen werden kann, ist eine geotextile Vliestrennlage (GRK 3) zwischen natürlichem Baugrund und Bodenaustauschmaterial vorzusehen.

Stehen auf Höhe des Planums Schmelzwasserschotter (EA2) sowie bindige Schmelzwasserschotter (EA3) an, so können diese aller Voraussicht nach so nachverdichtet werden, dass der geforderte  $E_{v2}$  – Wert eingehalten wird.

### 7.6 Abdichtung der Bauwerke

Aufgrund der dauerhaft hohen Grundwasserstände im Bereich des Baugrundstücks, sind die Untergeschosse dem Grundwasser ständig ausgesetzt. Aus diesem Grund ist bei Einbindung in den natürlichen Untergrund eine wasserdichte Gebäudeabdichtung zu wählen, die für eine Bemessung mit drückendem Wasser ausgelegt ist. Mögliche Varianten für die Gebäudeabdichtung sind die Wahl einer Konstruktion als sog. weiße Wanne oder eine Abdichtung nach DIN18533 (Wassereinwirkungsklasse voraussichtlich W2.1-E bis W2.2-E).

## 8 Zusammenfassung

Im vorliegenden Baugrundgutachten wird die Baugrunduntersuchung für das Projekt Neubau einer Klärschlammverwertungsanlage mit Herstellung eines Verwaltungsgebäudes in 86807 Buchloe zusammengefasst und beurteilt.

Unter einer im Mittel 30 cm starken Oberbodenschicht stehen Schmelzwasserschotter als natürlicher Untergrund mit wechselnd bindigen Anteilen bis über die Erkundungstiefe von 6,0 m unter GOF hinaus an. Der untersuchte Oberboden weist im Süd-Östlichen Bereich des Grundstücks (Bereich um RKS5) Überschreitungen der Grenzwerte nach BBodSchV für die PAKs auf.

Im gesamten Untersuchungsgebiet wurde oberflächennah Grundwasser in Tiefen von 0,40m bis 0,77m unter GOF erkundet.

Die Versickerung von Oberflächen- und Niederschlagswasser ist grundsätzlich möglich. Der Flurabstand zwischen Versickerungshorizont und MHGW ist zu beachten. Bei Nichteinhaltung des Flurabstandes ist eine Beantragung einer Ausnahme im Einzelfall zu prüfen.

Die geplanten Gebäude können auf die nachverdichteten Schmelzwasserschotter gegründet werden. Für die Gründung der Gebäude werden unterschiedliche Empfehlungen gegeben. Die Bauwerke können auf Streifen- und Einzelfundamenten gegründet werden. Die Bodenplatten können als schwimmende Gründung ausgeführt werden. Für unterkellerte Bereiche wird eine Plattengründung empfohlen. Bei Einbindung in den grundwasserbeeinflussten Bereich sollte das Bauwerk wasserdicht mindestens bis zu Höhe des Bemessungsgrundwasserstands BemGW ausgeführt werden.

Es wird abschließend empfohlen, die Baugrundsituation im Zuge der Gründungsarbeiten fortschreitend mit der hier beschriebenen Baugrundsituation zu vergleichen und bei Abweichung bzw. im Zweifelsfall hinsichtlich geotechnischer Fragestellungen einen Sachverständigen einzuschalten.