**EFUTEC** GmbH
Experten für Umwelttechnik

GEOTECHNIK ALTLASTENERKUNDUNG DEPONIEÜBERWACHUNG
ABWASSERMESSUNG SONDERUNTERSUCHUNGEN GUTACHTEN

Untersuchungsstelle gem. § 18 BBodSchG für Boden-, Bodenluft-, Grundwasserprobenahme

# Geotechnischer Bericht

## zur orientierenden Baugrunduntersuchung

## BV NB Quartier Donauwörth

### Flurnummer 2448, Sternschanzenstraße

**Mai - Juli 2023**

**Auftraggeber:** **Schleich & Haberl Generalbau GmbH**
VR-Bank-Str. 3
**84347 Pfarrkirchen**

**Auftragnehmer:** ***EFUTEC* GmbH**
Geo- und Umwelttechnik
Kapellenstr. 8
**85411 Hohenkammer**

**Bearbeiter:** Dipl.-Geol. Georg Friedrich

Dipl.-Geol. Gerhard Feik
Sachverständiger gem. §18 BBodSchG, SG 2

**Ort, Datum:** Deutldorf, den 13.07.2023

## Inhaltsverzeichnis

| | | Seite |
|---|---|---|
| **FAZIT** | | 3 |
| 1. | Sachstand, Veranlassung und Aufgabenstellung | 4 |
| 2. | Verwendete Unterlagen | 5 |
| 3. | Umfeld und Geologie | 6 |
| 4. | Durchgeführte Maßnahmen | 7 |
| 4.1 | Feldarbeiten | 8 |
| 4.2 | Laborarbeiten | 11 |
| 5. | Grundwasserverhältnisse, Versickerung | 12 |
| 6. | Baugrundverhältnisse | 14 |
| 6.1 | Allgemeines | 14 |
| 6.2 | Schichtenfolge und Eigenschaften der Schichten | 14 |
| 6.3 | Rammsondierungen | 16 |
| 7. | Bodenklassifizierung und Bodenkennwerte | 17 |
| 8. | Folgerungen | 18 |
| 8.1 | für die Gebäudegründung - Allgemeines | 18 |
| 8.2 | für die Verkehrsflächen | 22 |
| 8.3 | für die Bauwasserhaltung | 23 |
| 8.4 | Maßnahmen zum Schutz gegen Grundwasser | 23 |
| 8.5 | Maßnahmen zum Schutz gegen Massenverlagerungen | 25 |
| 9. | Ergänzende geotechnische Hinweise | 25 |
| 10. | Altlastenuntersuchung, Entsorgungsaspekte | 28 |
| 10.1 | Bewertungsgrundlagen | 28 |
| 10.2 | Untersuchungsergebnisse | 31 |
| 10.3 | Abfallrechtliche Aspekte | 33 |
| 11. | Schlussbemerkung | 35 |

**Tabellen:**

| | | |
|---|---|---|
| Tabelle 1: | Ansatzhöhen/Endteufen Kleinrammbohrungen (KRB) | 9 |
| Tabelle 2: | Ansatzhöhen/Endteufen schwere Rammsondierungen (DPH) | 10 |
| Tabelle 3: | Übersicht Untersuchungsergebnisse Bodenproben (Umwelt) | 31 |
| Tabelle 4: | Übersicht Untersuchungsergebnisse Bodenproben (Abfall) | 33 |

Anhang: (insg. 135 Seiten)

| | |
|---|---|
| Anlage 1: | Lageplan mit Aufschlusspunkten (1 Seite) |
| Anlage 2: | Probenahmedokumentation (14 Seiten) |
| Anlage 3: | Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse (54 Seiten) |
| Anlage 4: | Sondierdiagramme/-listen (32 Seiten) |
| Anlage 5: | Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen (25 Seiten) |
| Anlage 6: | Protokolle der bodenphysikalischen Untersuchungen (7 Seiten) |
| Anlage 7: | Bodenkennwerte und Homogenbereiche (2 Seiten) |

# Geotechnischer Bericht

## zur orientierenden Baugrunduntersuchung

## BV NB Quartier Donauwörth

### Flurnummer 2448, Sternschanzenstraße

**Mai - Juli 2023**

**FAZIT:**

**Baugrund:**

**Im Bereich des geplanten Neubaus in Donauwörth stehen unter geringmächtigen Auffüllungen Auswurfmassen als Diamikton der bunten Riesbreccie (Schluff-Ton-Sand-Gemische mit einzelnen Kalkbruchstücken) an, die aufgrund ihrer Genese kleinsträumigen Wechseln in der Korngrößenverteilung unterliegen und somit sehr inhomogen sind. Zur Lastabtragung sind die Schluff-Ton-Sand-Gemische ab steifer Konsistenz (Schichtdicke > 1 m) geeignet. Für das Gebäude wurde daher eine Gründung mittels Fundamentplatte inkl. Zusatzmaßnahmen (Bodenaufbau, Pfähle etc.) favorisiert (siehe Kap. 8).**

**Grundwasser, Versickerung:**

**Die hier ca. 80 bis 100 m mächtige anstehende Riesbreccie ist wegen der überwiegend bindigen Sedimente insgesamt als Grundwasserstauer einzustufen. Die Sandhorizonte können aber z.T. schichtwassererfüllt sein. Eine Bauwasserhaltung mit Verbaumaßnahmen wird bei der Ausführung nicht notwendig werden. Schicht- und Niederschlagswasserzutritt sind in der Baugrube zu sammeln und abzupumpen. Wegen der Rutschungsgefahr und zur Vermeidung von Schrumpfungsprozessen sind aber Hangentwässerungen und Drainagen vorzusehen. Eine Versickerung von Niederschlagswasser ist hier nicht möglich.**

**Altlasten:**

**In den vorhandenen Auffüllungen wurden anthropogene Fremdbestandteile aufgeschlossen. Die zur Altlastenbewertung durchgeführten Laboranalysen ergaben nur in einer Probe relevant erhöhte Schadstoffbelastungen.**

**Für die Auffüllungen, sofern diese von der Baustelle entfernt werden, sind fachgerechte Deklarationsuntersuchungen erforderlich und erhöhte Kosten in der Verwertung/Entsorgung einzukalkulieren. Wegen der geringen Quellstärke der Schadstoffe in der Auffüllung ist aber zum jetzigen Zeitpunkt keine Gefährdung des Grundwassers zu prognostizieren.**

## 1. Sachstand, Veranlassung und Aufgabenstellung

Auf dem Grundstück mit der Fl.-Nr. 2448 östlich der Sternschanzenstraße in Donauwörth sollen für das Neubauprojekt „Sozialquartier Donauwörth" teilunterkellerte Gebäude inkl. Tiefgarage neu errichtet werden. Der überplante Bereich mit ca. 11.500 $m^2$ Gesamtfläche war ehemaliges Kasernengelände (Gebäudebestand bereits rückgebaut) und wurde zum Untersuchungszeitpunkt nicht genutzt.

Mit der vorliegenden Untersuchung sollte der Baugrund orientierend erkundet und in einer gutachterlichen Stellungnahme interpretiert werden, insbesondere hinsichtlich der nutzungsspezifischen Tragfähigkeit inkl. Gründungsvorschlag, der Frostsicherheit, der Grundwassersituation und der Versickerungsfähigkeit der Böden.

Für die Böden waren alle nötigen Eckdaten zu erarbeiten und anzugeben (Bodenklassifikation, Bodenarten, Bodenklassen, Bemessungswerte des Sohlwiderstands, Steifemodul). Für die Angabe von Bettungsmoduli für eine Gründung auf Bodenplatte wären noch die Lastannahmen der Statik erforderlich. Im Einzelfall wäre dies kostenwirksam noch nachreichbar. Alternativ können die in Anlage 7 angegebenen Steifemoduli verwendet werden.

Sollten bei den direkten Aufschlüssen altlastenverdächtige Böden erbohrt werden, waren diese orientierend hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials und ihrer Entsorgungsrelevanz zu untersuchen und zu interpretieren.

Am 03.05.2023 wurde die *EFUTEC* GmbH auf Grundlage des Angebotes vom 17.01.2023 mit der Durchführung der entsprechenden Untersuchung beauftragt. Nach der Erstbeauftragung wurde der Untersuchungsumfang auf Wunsch des AG auf die südliche Teilfläche ausgeweitet.

Das vorliegende Gutachten enthält die zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse und die daraus folgenden Hinweise für die Planung und Durchführung der Baumaßnahme, soweit dies aus den bereitgestellten Informationen und den durchgeführten Maßnahmen möglich war.

## 2. Verwendete Unterlagen

Für die Erstellung des Gutachtens standen uns neben den einschlägigen Normungen und Regelwerken insbesondere folgende Unterlagen zur Verfügung:

[1] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau - ZTV E-StB 17
[2] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen - RStO 12
[3] Bundes - Bodenschutzgesetz (BBodSchG März 1998)
[4] Bundes - Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV Juli 1999)
[5] Verwaltungsvorschrift zum Bayerischen Bodenschutzgesetz (BayBodSchVwV Juli 2000)
[6] LfU-Merkblatt Altlasten 1 (Juli 2002)
[7] LfU-Merkblatt Altlasten 2 (Sept. 2009)
[8] LfW-Merkblatt Nr. 3.8/1 (Okt. 2001)
[9] LfW-Merkblatt Nr. 3.8/4 (Nov. 2017)
[10] LfW-Merkblatt Nr. 3.8/5 (April 2017)
[11] LfW-Merkblatt Nr. 3.8/6 (Feb. 2010)
[12] Mitteilung 20 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA M20, Nov. 2003)
[13] Fortschreibung zu den Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen, Leitfaden zu den Eckpunkten (07/2021) - „Verfüll-Leitfaden“
[14] LfW-Merkblatt Nr. 3.4/1 (März 2019)
[15] digitale Hydrogeologische Karte im Maßstab 1:100.000, Umweltatlas Bayern
[16] digitale Geologische Karte im Maßstab 1:25.000, Umweltatlas Bayern
[17] Diverse Spartenpläne
[18] Plan „Donauwörth_ARCH-LP.3-PH-GR-LP+Systemschnitte“; Maßstab 1:500/1:250; 27.03.2023; dmp.planung GmbH, Eggenfelden
[19] Lageplan, Maßstab 1:500; 04.05.2023; dmp.planung GmbH, Eggenfelden
[20] Plan „20230301_XXX_Donauwörth_Vorhaben-und Erschließungsplan-KG“, Maßstab 1:500, 13.03.2023; dmp.planung GmbH, Eggenfelden
[21] Erd- und grundbautechnische Erstbewertung - Revitalisierung des ehem. Kasernengeländes der Alfred-Delp-Kaserne in Donauwörth; 06.02.2013, HPC AG, Harburg

## 3. Umfeld und Geologie

Das zu untersuchende Areal liegt auf der Anhöhe des Schellenbergs am Ostrand der Stadt Donauwörth und östlich der Sternschanzenstraße. Das Gelände wurde bis ins Jahr 2013 als Kaserne (Alfred-Delp-Kaserne) genutzt, deren Gebäudebestand vollständig rückgebaut wurde. Das Areal fällt mit mäßiger bis geringer Neigung von Norden nach Süden ab. Die Geländehöhen betragen ca. 490,5 m ü.NN (Norden) bis ca. 485,3 m ü.NN (Südwesten). Nach dem Höhennivellement der Bohr- und Rammansatzpunkte liegt eine Höhendifferenz von ca. 5 m auf einer Länge von 185 m vor, was einem Gefälle von ca. 2,7 % bzw. 1,55° entspricht.

Die geologische Karte [U16] weist im Untersuchungsgebiet (geologische Raumeinheit „Riesalb") überwiegend die regellos durchmischten Auswurfmassen des Nördlinger Ries auf, wobei für die bindigen Böden mit wechselnden Konsistenzen und sehr kleinräumig wechselnden Schichtgrenzenverlauf gerechnet werden muss. Die Riestrümmermassen („bunte Breccie") wurden vor ca. 15 Mio. Jahren durch den Doppeleinschlag eines Meteoriten aus der Gegend des Rieskraters ausgeworfen und im Umland wieder abgelagert. Diese Sedimente bestehen überwiegend aus einer sehr inhomogenen Wechsellagerung aus Tonen, Schluffen, Mergeln, Sanden und bisweilen auch allochthonen Trümmermassen aus Kalkstein mit unterschiedlichen Korngrößen von wenigen Millimetern bis zu Felsbrocken mit ca. 20 m Kantenlänge. Die Riestrümmermassen erreichen am Schellenberg ca. 80 - 90 m Mächtigkeit und werden hier von Kalkschichten des Weißjura unterlagert.

Im weiteren Umfeld sind gemäß [16] am Schellenberg 4 Rutschablagerungen bzw. Hangrutschungen (Georisk-Objekte: 7230GR015007, 7230GR015132, 7230GR015131 und 7230GR015133) dokumentiert. Momentan sind nach [16] diese Rutschungen nicht erkenntlich aktiv. Nach Angaben des LfU [16] ist aber für die dokumentierten Rutschungen Folgendes zu beachten: *„Die bekannte Instabilität des Hanges, auch in der weiteren Umgebung, sollte bei zukünftigen Baumaßnahmen berücksichtigt werden."* Die Morphologie des Untersuchungsbereichs ist allerdings flacher als in den vorgenannten dokumentierten Rutschungszonen. Deshalb ist im Untersuchungsbereich mit deutlich geringeren Hangbewegungen inkl. Massenverlagerungen als in den dokumentierten Rutschungszonen am Südrand des Schellenbergs zu rechnen.

Dennoch traten an den inzwischen rückgebauten Gebäuden der ehemaligen Kaserne häufig z.T. gravierende Bauschäden auf, die laut dem betreuendem Ingenieurbüro [21] auch auf Rutschungen (Kriechhang) von ca. 10 cm in 50 Jahren zurückzuführen waren. Diese Prozesse können auch für die Zukunft nicht ausgeschlossen werden und müssen deshalb bei der Ausführung der Neubebauung Beachtung finden (siehe Kap. 8).

Bei den durchgeführten Aufschlüssen wurde in 4 Aufschlüssen Hang- bzw. Schichtwasser in unterschiedlichen Tiefen zwischen ca. 2,9 und 7,3 m uGOK (entspricht Höhen von ca. 484,5 bis ca. 481,1 m ü. NN) angetroffen. Die auf engem Raum gemessenen stark abweichenden Höhen lassen darauf schließen, dass es sich bei den angetroffenen Wasserständen um Schichtwasser handelt (kein zusammenhängender Grundwasserkörper). Das Hang- bzw. Schichtwasser stieg nach Antreffen im Bohrloch meist noch deutlich an, woraus gespannte Schichtwasserverhältnisse abgeleitet werden können. Zusätzlich waren Teile der sandigeren bunten Breccie feucht bist stark feucht. Untergeordnet waren auch die kiesigen Trümmereinschlüsse (Mächtigkeit meist < 5 cm) innerhalb der bunten Breccie nass.

Ein Grundwasserkörper ist am Schellenberg nicht kartiert. Der Grundwasserflurabstand kann aus den vorhandenen Daten sicher auf > 90 m über GOK (Geländeoberkante) abgeleitet werden.

## 4. Durchgeführte Maßnahmen

Im Prüfbericht befinden sich ein Lageplan mit den Aufschlusspunkten, die Probenahmedokumentation, Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse der Kleinrammbohrungen sowie die Rammdiagramme/-listen der schweren Rammsondierungen. Zusätzlich sind die Ergebnisse der chemischen und bodenphysikalischen Versuche als Kopien der Originalprüfberichte angehängt.

## 4.1 Feldarbeiten

Die Feldarbeiten für die Kleinrammbohrungen (KRB) DON-1 bis DON-27 fanden im Zeitraum 22.05. bis 13.06.23 durch die Geologen Georg Friedrich, Karl Schleich, Markus Huber und Christian Meil statt. Die schweren Rammsondierungen wurden zwischen dem 30.05. und 26.06.23 durch Herrn Schleich und Herrn Huber ausgeführt.

Zur Erkundung des Baugrunds (Schichtaufbau, Grundwasserstand) und evtl. vorhandener Altlasten wurden 25 Kleinrammbohrungen (KRB DN 60 mm) bis max. 10,0 m unter Geländeoberkante (u.GOK) abgeteuft. Die geplanten KRBs DON-9 und DON-25 konnten nicht durchgeführt werden, da dort während des gesamten Erkundungszeitraums ein temporärer Teich mit einer Wassertiefe von ca. 50-70 cm vorhanden war. Diese wassergefüllte Vertiefung war durch Rückbau eines Kellers entstanden.

Zur Ermittlung der Lagerungsdichte wurden zudem 16 schwere Rammsondierungen (DPH nach DIN EN ISO 22476-2) bis in Tiefen von max. 9 m u.GOK in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Kleinrammbohrungen durchgeführt.

Die Wahl der Aufschlusspunkte erfolgte unter dem Gesichtspunkt einer gleichmäßigen Verteilung der Aufschlüsse über den zu bebauenden Bereich (Gebäude, Keller) und wurde vom UZ anhand der übergebenen Unterlagen zur Bebauung in Absprache mit dem AG festgelegt. Nach der Festlegung der Bohransatzpunkte wurden diese anhand der übergebenen Spartenpläne und mittels Leitungssuchgerät auf erdverlegte Leitungen überprüft. Die Überprüfung der Bohransatzpunkte auf Kampfmittel erfolgte im Vorfeld der Bohrarbeiten durch die nach §20 SprengG zugelassene Fachfirma Geolog 2000 aus Starnberg.

Alle Aufschlusspunkte wurden vom Bohrteam nach Lage und Höhe eingemessen. Die Höheneinmessung bezieht sich auf die Oberkante des Einlaufschachtes am Einfahrtstor auf dem Untersuchungsgelände (485,11 m ü. NN). Ein amtlicher Höhenfestpunkt stand zum Untersuchungszeitpunkt nicht zur Verfügung.

| Aufschlussnummer / (Erkundungsart) | Ansatzhöhe [m] ü.NN | Endteufe [m] ü.NN | Aufschlussstrecke [m] u.GOK | UK Auffüllung/ Umlagerung [m] u.GOK | tragfähige Koten * [m] u.GOK |
|---|---|---|---|---|---|
| DON-1 (KRB) | 490,03 | 486,13 | 4,0 | 2,8 | k.A. |
| DON-2 (KRB) | 490,52 | 486,52 | 4,0 | 1,1 | k.A. |
| DON-3 (KRB) | 490,75 | 486,75 | 4,0 | 1,2 | 486,46 |
| DON-4 (KRB) | 490,41 | 480,41 | 10,0 | 1,1 | k.A. |
| DON-5 (KRB) | 490,58 | 480,58 | 10,0 | 1,0 | 483,10 |
| DON-6 (KRB) | 488,59 | 480,59 | 8,0 | 0,8 | k.A. |
| DON-7 (KRB) | 489,61 | 485,61 | 4,0 | 0,7 | (484,15) |
| DON-8 (KRB) | 488,33 | 480,33 | 8,0 | 1,2 | 484,01 |
| DON-9 (KRB) | Bohransatzpunkt unter Wasser, nicht anfahrbar | | | | |
| DON-10 (KRB) | 488,21 | 479,21 | 9,0 | 4,2 | k.A. |
| DON-11 (KRB) | 485,44 | 479,34 | 6,0 | 1,2 | 481,70 |
| DON-12 (KRB) | 487,92 | 480,42 | 7,5 | 1,4 | 484,41 |
| DON-13 (KRB) | 488,39 | 479,39 | 9,0 | 0,5 | 482,21 |
| DON-14 (KRB) | 485,37 | 479,37 | 6,0 | 2,4 | k.A. |
| DON-15 (KRB) | 487,88 | 478,88 | 9,0 | 0,8 | 484,53 |
| DON-16 (KRB) | 488,29 | 479,29 | 9,0 | 0,6 | k.A. |
| DON-17 (KRB) | 485,65 | 479,65 | 6,0 | 2,4 | 481,80 |
| DON-18 (KRB) | 488,22 | 479,72 | 8,5 | 1,8 | 484,72 |
| DON-19 (KRB) | 485,48 | 479,48 | 6,0 | 1,2 | 481,11 |
| DON-20 (KRB) | 485,50 | 479,50 | 6,0 | 1,7 | k.A. |
| DON-21 (KRB) | 486,04 | 480,04 | 6,0 | 2,3 | 483,01 |
| DON-22 (KRB) | 486,48 | 479,98 | 6,5 | 0,8 | k.A. |
| DON-23 (KRB) | 487,81 | 479,81 | 8,0 | 3,0 | 484,70 |
| DON-24 (KRB) | 485,92 | 479,42 | 6,5 | 1,4 | 483,05 |
| DON-25 (KRB) | Bohransatzpunkt unter Wasser, nicht anfahrbar | | | | |
| DON-26 (KRB) | 485,50 | 481,29 | 4,2 | 1,3 | 483,49 |
| DON-27 (KRB) | 487,79 | 479,79 | 8,0 | 0,9 | k.A. |

k.A. = keine Angabe möglich / *: OK mind. mitteldichte Lagerung/steife Konsistenz, abgeleitet aus Eindringwiderstand KRB und nebenliegender DPH; Werte in Klammern = tiefere Schichten nicht dauerhaft mitteldicht/steif

**Tabelle 1: Ansatzhöhen / Endteufen / Aufschlussstrecke / Unterkante Auffüllung / tragfähige Koten der Kleinrammbohrungen (KRB)**

| Aufschlussnummer / (Erkundungsart) | Ansatzhöhe [m] ü.NN | Endteufe [m] ü.NN | Aufschlussstrecke [m] u.GOK | UK Auffüllung/ Umlagerung [m] u.GOK | tragfähige Koten * [m] u.GOK |
|---|---|---|---|---|---|
| DPH-1 | 490,10 | 484,10 | 6,0 | k.A. | (484,10) |
| DPH-3 | 490,73 | 485,73 | 5,0 | k.A. | 486,46 |
| DPH-5 | 490,55 | 481,55 | 9,0 | k.A. | 483,10 |
| DPH-7 | 489,55 | 483,55 | 6,0 | k.A. | (484,15) |
| DPH-8 | 488,31 | 479,40 | 6,0 | k.A. | 484,01 |
| DPH-11 | 485,40 | 479,40 | 6,0 | k.A. | 481,70 |
| DPH-12 | 487,91 | 481,41 | 6,5 | k.A. | 484,41 |
| DPH-13 | 488,21 | 480,81 | 7,4 | k.A. | 482,21 |
| DPH-15 | 487,83 | 481,83 | 6,0 | k.A. | 484,53 |
| DPH-17 | 485,60 | 479,60 | 6,0 | k.A. | 481,80 |
| DPH-18 | 488,22 | 479,22 | 9,0 | k.A. | 484,72 |
| DPH-19 | 485,50 | 479,50 | 6,0 | k.A. | 481,11 |
| DPH-21 | 486,01 | 480,01 | 6,0 | k.A. | 483,01 |
| DPH-23 | 487,80 | 479,80 | 8,0 | k.A. | 484,70 |
| DPH-24 | 485,85 | 479,35 | 6,5 | k.A. | 483,05 |
| DPH-26 | 485,49 | 479,49 | 6,0 | k.A. | 483,49 |

k.A. = keine Angabe möglich / *: OK mind. mitteldichte Lagerung/steife Konsistenz;
Werte in Klammern = tiefere Schichten nicht dauerhaft mitteldicht/steif

**Tabelle 2: Ansatzhöhen / Endteufen / Aufschlussstrecke / Unterkante Auffüllung / tragfähige Koten der schweren Rammsondierungen (DPH)**

Aus den direkten Aufschlüssen (KRB) wurden insgesamt 94 Bodeneinzelproben entnommen und 5 Mischproben gebildet. Die Ansprache der Proben erfolgte zum Zweck einer einheitlichen Benennung und Beschreibung nach DIN 14688-1, DIN 4023, DIN 18196 und DIN 18300 (2012). Aus anwendungspraktischen Gründen fanden die DIN 18300 (2012) und 18301 (2012) noch Anwendung. Homogenbereiche im Sinne der DIN 18300 von 2015 werden im Rahmen dieser Stellungnahme nur unverbindlich dargestellt (s. Anlage 7), da diese gewerksspezifisch zu definieren und iterativ anzupassen sind, was den Untersuchungsaufwand einer orientierenden Baugrunderkundung deutlich übersteigen würde, zumal dezidierte Plangrundlagen der einzelnen Gewerke vorliegen müssten.

Die in den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen verzeichneten Einstufungen beruhen auf den Feldversuchen, woraus Abweichungen zu bodenphysikalischen Laborversuchen resultieren können. Die Aussagen zur Konsistenz und Plastizität der Böden beruhen auf den Feldversuchen gem. DIN 14688-1. Die in den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen der direkten Aufschlüsse angegebenen Lagerungsdichten sind subjektive Angaben, z.B. anhand des Bohrwiderstandes, woraus sich Abweichungen zu den aussagerelevanten Ergebnissen der Rammsondierungen ergeben können.

## 4.2. Laborarbeiten

Baugrund:

Um die Eigenschaften der Böden hinsichtlich der bodenphysikalischen Eigenschaften und der Gründung näher zu bestimmen, wurden 5 Proben aus dem Höhenbereich der Gründungsebene dem geotechnischen Labor Crystal Geotechnik in Utting am Ammersee zur bodenphysikalischen Untersuchung übergeben. Da die schluffigen Sedimente der bunten Breccie für eine Versickerung offensichtlich nicht geeignet sind, wurde auf labortechnische Untersuchungen hinsichtlich der Durchlässigkeit für diese Schichten verzichtet.

Sieb-/Schlämmanalyse mit kf-Wert-Bestimmung

- **DON-4/6:** stark schluffiger Sand

Bestimmung der Zustandsgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenze)

- **DON-8/4:** sandiger und stark toniger Schluff
- **DON-15/3:** schluffiger Ton
- **DON-17/2:** sandiger und toniger Schluff
- **DON-23/3:** schwach sandiger, toniger Schluff

Altlasten:

Auf der gesamten Untersuchungsfläche lagern meist gering auffällige Auffüllungen. Bei einer Neubebauung inkl. Neuerstellung von Drainagen und Abwasserkanälen wird auf einem Großteil der Fläche ein Bodenaustausch notwendig.

Um potentielle Aushubmassen bzw. Überschussmaterialien hinsichtlich ihrer Umwelt- und Abfallrelevanz zu prüfen und zu bewerten, wurden 5 ausgewählte Mischproben an das DAkkS akkreditierte Labor Dr. Graner & Partner GmbH in München/Lochhausen übergeben und labortechnische chemische Untersuchungen der entnommenen Auffüllungsproben auf die Parameter nach Verfüll-Leitfaden [13] durchgeführt (siehe Anhang 5).

Für die Untersuchungen aus der Fraktion < 2 mm in der Originalsubstanz und der Gesamtfraktion für das Eluat wurden folgende Proben ausgewählt:

- DON-MP1: Mischprobe schluffige Auffüllung aus aliquoten Anteilen der Proben DON-1/2, -2/1, -3/1, -4/1, -4/2, -5/1 und -7/1 (Tiefenbereich je ca. 0,0 bis max. 2,8 m uGOK)
- DON-MP2: Mischprobe kiesige Auffüllung aus aliquoten Anteilen der Proben DON-11/1, -14/1, -17/1, -19/1, -20/1, -22/2, -24/2, und -27/1 (Tiefenbereich je ca. 0,0 bis max. 2,4 m uGOK)
- DON-MP3: Mischprobe kiesige Auffüllung aus aliquoten Anteilen der Proben DON-8/1, -10/1, -12/1, -13/1, -18/1, -23/1 und -23/2 (Tiefenbereich je ca. 0,0 bis max. 4,2 m uGOK)
- DON-MP4: Mischprobe Auffüllung mit deutlichen Fremdanteilen aus aliquoten Anteilen der Proben DON-3/2 und -6/1 (Tiefenbereich ca. 0,0 bis max. 1,2 m uGOK)
- DON-MP5: Mischprobe aufgefülltes RC-Material aus aliquoten Anteilen der Proben DON-21/1 und -24/1 (Tiefenbereich je ca. 0,0 bis 0,2 m uGOK)

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen belegen stellenweise abfall- bzw. umweltrechtlich relevante PAK-Belastungen in den Auffüllungen. Ausführlich werden die Ergebnisse unter Pkt. 10 bewertet.

## 5. Grundwasserverhältnisse, Versickerung

Donauwörth liegt im hydrogeologischem Teilraum des Nördlinger Ries. Das Grundwasser ist nach [21] erst in den Kalksteinen des Oberjura (Hydrogeologische Einheit 06M 2A) unterhalb der Riesablagerungen in ca. 80 bis 100 m Tiefe zu erwarten (entspricht Grundwasserstand von ca. 390 - 400 m ü. NN).

Das hier in unterschiedlichen Tiefenbereichen in sandigeren Bodenhorizonten an 4 Stellen angetroffene Schichtwasser kann aber stellenweise als ergiebig angenommen werden. Das Schichtwasser stieg in den Bohrlöchern nach Ende der Aufschlussmaßnahmen z.T. deutlich an. Es ist also von gespannten Schichtwasserverhältnissen auszugehen. Dies resultiert aus der Hanglage, wobei wasserundurchlässige Schluff- /Tonschichten schichtwasserführende sandigere Sedimente unterlagern und überdecken. Dies bewirkt einen Aufstau bzw. Überdruck des Schichtwassers innerhalb der sandigeren bzw. durchlässigeren Bodenhorizonte, da innerhalb dieser Schichten das hangabwärts fließende Wasser gestaut wird und nicht abfließen kann. Der daraus entstehende Porenwasserüberdruck im Boden hat eine destabilisierende Wirkung auf Böschungen und muss bei der Bauausführung bzw. Geländemodellierung beachtet werden (siehe Kap. 8.5).

Die Durchlässigkeit der bunten Breccie ist stark abhängig von ihrem Feinkornanteil. Die überwiegend vorliegenden tonigen und schluffigen Sedimente sind zur Versickerung von Oberflächenwasser nicht geeignet, da hier nach Literaturangaben mit Durchlässigkeitsbeiwerten von kf $\leq 1 \times 10^{-8}$ m/s gerechnet werden muss. Um die Versickerungsfähigkeit bzw. Durchlässigkeit der sandigeren Bodenschichten zu ermitteln, wurde an einer Probe (schluffiger Sand) der Durchlässigkeitsbeiwert mittels Näherungsverfahren aus der Korngrößenverteilung bestimmt.

DON-4/6: $1{,}8*10^{-8}$ m/s nach USBR

Der ermittelte Wert für den Sand mit hohen Schluffanteilen in der Probe DON-4/6 (repräsentativ für Sand-Schluff-Gemische im Nordteil des Baufelds) bietet auch keine geeigneten Voraussetzungen zur Versickerung. Nach ATV Merkblatt A138 ist eine Versickerung nur zwischen $1*10^{-3}$ m/s und $1*10^{-6}$ m/s möglich. Zudem wurden die sandigeren Bodenhorizonte nur in wenigen Aufschlüssen erbohrt. Daraus ist eine begrenzte räumliche Ausdehnung dieser Bereiche abzuleiten.

Aufgrund des Grundwasserflurabstandes ist bei der Bauausführung nicht mit aufwändigen Wasserhaltungsmaßnahmen in der Bauphase zu rechnen. Bei Niederschlägen während der Bauphase muss Tagwasser gesammelt und aus der Baugrube abgepumpt werden. Gleiches gilt für eventuell anfallendes Schichtwasser/Hangwasser.

# 6. Baugrundverhältnisse

## 6.1 Allgemeines

Die durchgeführten Felderkundungen haben den lokal zu erwartenden Bodenaufbau bestätigt. An den Untersuchungsstellen wurden unter den Auffüllungen die natürlich anstehenden Sedimente der Riesauswurfmassen (bunte Breccie, Trümmermassen) bis zur jeweiligen Endteufe angetroffen. Aufgrund der Genese dieser Sedimente wechselten die Korngrößenverteilungen innerhalb der beschriebenen Schichten z.T. nach wenigen Zentimetern von z.B. schluffigem Ton zu sandigem Schluff und umgekehrt. Zudem waren innerhalb der feinkörnigen Sedimente aus Ton-/Schluff-Gemischen vereinzelt Kalkbruchstückchen (Trümmermassen) bis zu geringmächtige Lagen davon (< 5 cm) enthalten. In den Profilen und Schichtenverzeichnissen (Anlage 3) wurden solche kleinräumigen Wechsel wegen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Stattdessen wurden Schichtpakete mit überwiegend gleichen Eigenschaften oder einer stark dominierenden Korngröße zusammengefasst.

## 6.2 Schichtenfolge und Eigenschaften der Schichten

- **humoser Oberboden (Homogenbereich O)**

Der zumeist umgelagerte humose Oberboden, auch Mutterboden genannt, stellt den Vegetationshorizont dar und wurde nur in dem Aufschluss DON-22 nahe der noch stehenden Büsche und Bäume erbohrt. Weitere Oberbodenschichten sind aber unter den Bäumen am westlichen Rand des Untersuchungsgebietes und im mit Vegetation bedeckten Bereich der KRBs DON-4 bis DON-7 anzunehmen. Der Oberboden lag als humoser, brauner Sand mit höheren Schluffanteilen in lockerer Lagerung vor. Er ist zur Lastabtragung und auch zur Hinterfüllung in nicht lastabtragenden Bereichen ungeeignet, kann jedoch - sofern saubere Bereiche separiert werden können - unter Berücksichtigung der Angaben unter Pkt. 10 zur Geländemodellierung bzw. Andeckung Verwendung finden oder andernorts als Mutterboden (Mutterbodenschutz gem. §202 BauGB) wiederverwendet werden. Schadstoffbelastete Bereiche müssen von der Baustelle entfernt und an anderer Stelle verwertet bzw. entsorgt werden.

- **Auffüllungen (Homogenbereiche A1, A2, A3)**

In fast allen Aufschlüssen lagern als oberste Schicht Auffüllungen mit geringen Beimengungen an Ziegelbruch (meist << 1 Vol-%), Asche (nur in DON-3) sowie Einzelfunden an Beton-, Metall- und Holzresten. Am Nordrand (DON-1 bis DON-7) dominiert in den Auffüllungen der Schluffanteil (Homogenbereich A1), in der restlichen Fläche lagern überwiegend kiesige Auffüllungen (Homogenbereich A2) mit unterschiedlichen Feinkornanteilen. Zusätzlich wurde in den KRBs DON-21 und -24 eine Auffüllung überwiegend aus RC-Material (Homogenbereich A3, Betonrecyclingbruch) erbohrt. Die Schichten mit hohen Feinkornanteilen sind zur Lastabtragung oder auch zur Hinterfüllung in lastabtragenden Bereichen ungeeignet. Teile der Auffüllung mit kiesiger Ausprägung können bei entsprechend sorgfältiger Separierung zur Hinterfüllung verwendet werden. Aufgrund der anthropogenen Beimengungen wird aber bzgl. der weiteren Verwendung auf Pkt. 10 verwiesen. Eine Versickerung in diese Schichten ist nicht zulässig.

- **Riesauswurfmassen (Homogenbereiche B1 und B2)**

Bunte Breccie - Schluff-Ton-Gemische (Homogenbereich B1)

Die Sedimente der Bunten Breccie liegen weit überwiegend als Schluff-Ton-Gemische mit variierenden Sandanteilen vor. Innerhalb dieser bindigen Schichten sind gelegentlich Einschlüsse von kleinen Jurakalkstückchen vorhanden. Insgesamt sind diese Horizonte sehr inhomogen, was sich auch in den z.T. schnell wechselnden Farben widerspiegelt. So sind häufig innerhalb einer braunen bis olivbraunen Matrix rote Sandeinschlüsse, schwarze Flecken (bei der Geländeaufnahme als inkohlte Pflanzenreste interpretiert) und mm-dünne Streifen bläulicher, rötlicher sowie violetter Färbung enthalten. Entsprechend der Ergebnisse der Laborversuche sind diese Schluff-Ton-Gemische meist als ausgeprägt plastisch einzustufen. Ab mindestens steifer Konsistenz sind diese Sedimente zur Lastabtragung geeignet. Dies trifft auf den Großteil des Baugebiets (Mitte und Ostteil) ab einer Kote von ca 483 m ü.NN zu. Dies entspricht in etwa der Höhenlage der Gründungsebene der Unterkellerung. Im westlichen Bereich (Bohrungen DON-11, -17 und -19) wurden tragfähige Horizonte mit mindestens steifer Konsistenz erst bei einer Kote von ca. 481 m ü.NN ermittelt. Diese Schichten sind somit im natürlichen Zustand nicht durchgängig zur Lastabtragung geeignet.

Zur Hinterfüllung sind sie wegen ihrer Inhomogenität auch in nicht lastabtragenden Bereichen ungeeignet und sollten direkt von der Baustelle abgefahren werden.

Bunte Breccie/Trümmermassen - Schluff-Sand-Gemische (Homogenbereich B2)

Vor allem im Nordteil des Geländes (KRBs DON-4, -5 und -6) lagern neben den vorgenannten Schluff-Ton-Gemischen auch Sand-Schluff-Gemische mit bereichsweise Kalkbruchstückchen in Kiesgröße. Diese Kalkbruchstückchen kommen sowohl vereinzelt vor als auch in Lagen von bis zu 30 cm (nur in DON-13 nachgewiesen). Diese sandigeren Horizonte sind wegen des sich dort sammelnden Schichtwassers meist feucht bis nass Die geotechnischen Eigenschaften der Sand-Schluff-Gemische sind direkt abhängig vom Feinkornanteil, der in den aufgeschlossenen Profilen stark variierte. In der hier meist vorliegenden schluffigen Ausprägung sind sie auch zur Hinterfüllung in nicht lastabtragenden Bereichen ungeeignet und nach Ausbau vor Ort nicht verwendungsfähig (nicht nachverdichtbar). Wir empfehlen daher eine Wiederverwendung nur in nicht lastabtragenden Bereichen.

## 6.3 Rammsondierungen

Zur Bestimmung der Lagerungsdichten und zur Erkundung des Ramm- und Bohrverhaltens wurden 17 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH nach DIN EN ISO 22476-2) abgeteuft. Bei den schweren Rammsondierungen stellt die Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe über die gesamte Sondierstrecke ein interpretierbares Maß der Lagerungsdichte dar. Ebenso können Rückschlüsse auf mögliche Mantelreibungswerte, Spitzendruckwerte und die Bemessungswerte des Sohlwiderstands gezogen werden.

Mit den durchgeführten Rammsondierungen wurde die Aufnahme des direkten Bodenaufschlusses bestätigt.

Im Tiefenbereich der Auffüllungen liegen die $N_{10}$-Schlagzahlen meist bei 1 bis 7, was einer lockeren Lagerung bzw. weichen Konsistenz entspricht.

In den darunter liegenden Sedimenten der Bunten Breccie steigen die $N_{10}$-Schlagzahlen der schweren Rammsonde langsam an, woraus für die Schluffe bis ca. 483 m ü.NN eine meist weiche ($N_{10}$ <9) und darunter meist eine steife Konsistenz ($N_{10}$ >9) abgeleitet werden kann. Mit zunehmender Tiefe wurden im Mittel ab 482 m ü.NN $N_{10}$-Schlagzahlen über 20 gemessen, was einer halbfesten Konsistenz ($N_{10}$ >14) entspricht.

Es ist wegen der Hanglage und des Untergrundreliefs zu berücksichtigen, dass kein durchgehend einheitliches Tiefenniveau ab mindestens steifer Konsistenz erkundet werden konnte. Überwiegend wurde auf Höhe der geplanten Gründungsebene bei 483 m ü.NN zwar bereits steife bis halbfeste Konsistenz nachgewiesen. In den Rammsondierungen DON-11, -13, -17 und -19 lagen die entsprechenden $N_{10}$-Schlagzahlen über 9 erst ab einem Höhenniveau von ca. 481 m ü.NN vor.

Die in der Tabelle 1 auf Seite 7 angegebenen Höhenangaben für die tragfähigen Koten beruhen auf den Erkenntnissen der Erkundungspunkte und können aufgrund der natürlichen Heterogenität des Untergrundes auch abweichen.

## 7. Bodenklassifizierung und Bodenkennwerte

Die Bodenkennwerte zu den einzelnen Schichten/Homogenbereichen werden in Anlage 7 in Tabellenform dargestellt. Hier werden die für die aufgeschlossenen Böden charakterisierenden Beschreibungen, die anzunehmenden Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen und die Bodenklassifizierungen nach DIN 4023, DIN 18196 und DIN 18300 (2012), die (orientierenden) Homogenbereiche, die Frostempfindlichkeitsklassen und die größten erbohrten Schichtdicken angegeben.

Die angegebenen Bodenparameter und Kennwerte in dieser Tabelle beruhen auf den bodenphysikalischen Laborversuchen sowie auf Literatur- und Erfahrungswerten mit vergleichbaren Böden. Sie beziehen sich auf die aufgeschlossenen Bodenschichten im ungestörten Zustand.

Durch Störungen, wie z.B. Auflockerungen, können sich die angegebenen Parameter erheblich reduzieren. In kritischen Lastfällen oder Einzelabschnitten des Bauvorhabens sollten, soweit in der Tabelle für die einzelnen Kennwerte Spannen angegeben worden sind, immer die jeweils ungünstigsten Angaben herangezogen werden. Die Aussagen zur Konsistenz und Plastizität der Böden beruhen auf den Feldversuchen gem. DIN EN ISO 14688-1 und den an ausgewählten Proben durchgeführten Laboruntersuchungen.

## 8. Folgerungen

### 8.1. für die Gebäudegründungen - Allgemeines

Die geplanten Gebäude sollen gemäß übergebener Unterlagen mit Teilunterkellerung unter Berücksichtigung der Hanglage zur Bauausführung gelangen. Im nördlichen Teil sind Gebäudeteile ohne Unterkellerung geplant, deren Gründungsebene großteils sogar deutlich über der bestehenden Geländeoberkante liegt. Die endgültige Planung der Unterkellerung steht noch aus und es sind momentan 2 Varianten angedacht. Es ist aber zu bedenken, dass bei den vorliegenden Planungen bereichsweise ein Bodenaufbau von ca. 5 m Mächtigkeit für nicht unterkellerte Gebäudeteile erforderlich werden würde. Eventuell würde eine vollständige Unterkellerung des nördlichen Gebäudekomplexes die wirtschaftlichere und setzungsärmere Variante darstellen. Der überwiegende Teil der Bebauung besteht aus unterkellerten Gebäuden und einer Tiefgarage, an deren Gründungsebene (ca. 487 m ü.NN im Norden und 483 m ü. NN im Süden) Sedimente der Bunten Breccie anstehen. Aufgrund der unterschiedlichen Gründungsebenen ist für die Gründung unterkellerter als auch nicht unterkellerter Gebäudeteile eine gleiche Gründungsart zu bevorzugen, um unterschiedliche Setzungen zu vermeiden. Im Bereich der nicht unterkellerten Gebäude steht in den oberen 5 bis 6 m kein tragfähiger Baugrund an, sondern nur Auffüllungen und Bunte Breccie in weicher Konsistenz.

<u>Gebäudeteile Nord, teilweise mit, teilweise ohne Unterkellerung</u>

Die Auffüllungen, die mit den Aufschlüssen in diesem Bereich bis in eine Tiefe von durchschnittlich ca. 1,5 m bis max. 2,8 m u.GOK erfasst wurden, sind zur Lastabtragung wegen der Inhomogenität und ihrer weichen Konsistenz nicht geeignet und sollten vor Herstellung der Gründungsebene von der Baustelle entfernt werden.

Die darunter liegenden Sedimente der Bunten Breccie (Schluff-Sand-Ton-Gemische) stellen aufgrund ihrer überwiegend weichen Konsistenz im natürlichen Zustand bis ca. 483 bis 484 m ü.NN ebenso keinen tragfähigen Untergrund dar. Erst die darunter anstehenden Sedimente mit mindestens steifer Konsistenz sind zur Lastabtragung geeignet. Eine Gründung mit Lastabtrag in diese tieferliegende Schichten mit mindestens steifer Konsistenz ist deshalb zu empfehlen. Dafür ist im Bereich der nicht unterkellerten Bereiche eine ebene Fläche zur Gründung herzustellen. Für die unterkellerten Bereiche ist nach Abtrag der Oberbodenschicht um die Baumgruppe sowie der nicht tragfähigen Auffüllungen und breiigen Sedimente anschließend ein Bodenaufbau mit verdichtetem Kies bis zur Gründungsebene von ca. 487 m ü.NN herzustellen.

Die Basis der zum Niveauausgleich notwendigen Aufschüttungen (Kieskoffer) bilden die Sedimente der Bunten Breccie (Schluffe-Ton-Sand-Gemische mit einzelnen Kieseln). Um eine Vermischung der weichen Böden mit dem Austauschmaterial/Kieskoffer zu verhindern und um mögliche Setzungen der unterschiedlichen Ausprägungen im Gründungsbereich zu vergleichmäßigen, empfiehlt sich die Verwendung einer Kombination aus Geogitter und Geovlies (z.B. TRIAX von Tensar o.ä.). Auf eine ausreichende, kraftschlüssige Überlappung der einzelnen Bahnen ist sorgfältig zu achten. Bei der Schaffung der Aufstandsfläche für den Kieskoffer ist der zur Lastabtragung ab Gründungsebene erforderliche Böschungswinkel von 45° zu berücksichtigen. Außerdem empfehlen wir als Basis der Aufschüttung zuerst eine Lage Grobkies/Steine aufzubringen, die anschließend mit einer Lage Kies, die in den Grobkies vollständig einzuarbeiten ist, überschüttet wird. Gegebenenfalls kann der oben beschriebene Austauschkoffer auch mit RapStra-zertifizierten Recyclingmaterial erstellt werden. Die darüber erforderlichen Aufschüttungen sind aus gut verdichtbarem, kornabgestuftem Material mit Feinkornanteil < 5 M.-% (z.B. Wandkies oder nach RapStra qualitätsgesichertes raumbeständiges und umweltverträgliches Baustoffrecyclingmaterial) in Lagen von max. 0,25 m Dicke aufzubauen und jeweils sorgfältig zu verdichten. Die Erdarbeiten sollten bei günstiger Witterung (kein Frost, keine Starkregenereignisse, keine Regenperiode, keine Austrocknung) und nur von erfahrenen Baufirmen ausgeführt werden.

Zur Lastabtragung können dann von dieser Ebene (Kellersohle ca. 487 m ü.NN) Pfähle in den tragfähigen Untergrund (ca. ab 483 m ü.NN) eingebracht werden. Für die nicht unterkellerten Bereiche mit Gründungsebene auf ca. 490 m ü.NN kann anschließend analog verfahren werden. Eine Schwierigkeit im Bauablauf besteht allerdings darin, dass an der Grenze zwischen unterkellerten/nicht unterkellerten Gebäudeteilen die Böschungen des Bodenaufbaus sich überschneiden.

Da die Varianten zur Unterkellerung im Nordteil noch nicht geklärt sind, kann zu diesem Zeitpunkt noch keine detaillierte Aussage zur Ausführung getroffen werden. Insgesamt ist die Lastabtragung mittels Bodenaufbau und Pfählen auf unterschiedlichen Ebenen sehr arbeits-, zeit- und kostenaufwendig. Ein kompletter Bodenaustausch bis zu tragfähigen Horizonten mit anschließendem Bodenaufbau erscheint aus unserer Ansicht aufgrund der großen Mächtigkeit der weichen Schichten sowie der daraus folgenden Notwendigkeit großer Aushub- und Bodenaustauschmassen noch weniger wirtschaftlich.

Eine deutliche Vereinfachung für die Gründung wäre eine vollständig unterkellerte Bebauung oder eine Bebauung ohne Keller im nördlichen Gebäudekomplex. Bei diesen Varianten wäre nur noch eine Ebene herzustellen, von der die Pfähle zur Lastabtragung gleichmäßig verteilt in den Untergrund eingebaut werden können. Bei einer vollständigen Unterkellerung würden auch die Massen für den aufwendigen Bodenaufbau deutlich reduziert werden.

Welche Gründungsvariante letztendlich ausgeführt wird, ist in einem wirtschaftlichen Vergleich unter Berücksichtigung der technischen Ausführungsvorteile zu ermitteln.

Gebäudeteile Süd, vollständig unterkellert

Der südliche Gebäudekomplex mit Tiefgarage ist vollständig unterkellert geplant. Die Gründungsebene liegt bei ca. 483 m ü.NN. In dieser Tiefe liegen die Sedimente der Bunten Breccie meist in steifer bis halbfester Konsistenz vor und sind damit zur Lastabtragung geeignet. Vor allem am westlichen Rand (DPH-11, -17 und -19), aber auch um DPH-13 liegt der tragfähige Untergrund mit mindestens steifer Konsistenz allerdings tiefer auf einer Höhe von ca. 481 bis 482 m ü.NN.

Für die Gründung im südlichen Bereich wird eine Flachgündung mittels Fundamentplatte empfohlen. Hierfür sind die anstehenden Sedimente flächig bis auf eine Kote von ca. 482 m ü. NN (entspricht ca 1 m unter Gründungsebene) zu entfernen. Sofern auf dieser Ebene noch weiche Bodenschichten vorliegen (vor allem im Westteil zu erwarten), sind diese tiefer bis zu Böden mit steifer Konsistenz auszuheben (voraussichtlich ca. 1 - 2 m). Wir empfehlen dazu den Aushub der Baugrube von einem Gutachter prüfen zu lassen, ob die vorliegend getroffenen Annahmen über die Beschaffenheit (mindestens steife Konsistenz) der die Gründung tragenden Schichten in der Gründungssohle zutreffen.

Der Raum zwischen der Aushubebene und der Unterkante Bodenplatte ist mit einem Austauschkoffer aus verdichtungswilligem Kies oder entsprechendem RC-Material zugelassenem (vergleichbar der Bodengruppe GW gem. DIN 18196) auszugleichen. Bei der Schaffung der Aufstandsfläche für den Kieskoffer ist der zur Lastabtragung ab Gründungsebene erforderliche Böschungswinkel von 45° zu berücksichtigen. Bei der Verdichtung der untersten Lage des Kieskoffers ist zu beachten, dass dynamische Beanspruchungen der anstehenden bindigen Böden einen Porenwasserüberdruck im Boden bewirken, wodurch die Tragfähigkeit stark herabgesetzt wird (Aufweichung, so genannter „Matratzeneffekt").

Die in der Aushubebene anstehenden wasserempfindlichen bindigen Böden werden bei Regenfällen oder bei einem Zufluss von Sicker- und Schichtwasser verschlammen, so dass zum Schutz des Aushubplanums vor Verschlammungen sofort nach Freilegung eines Teilbereiches der Aushubebene für die Gründung der Sohlplatte dieser abzudecken ist.

Für die OK-Bodenaustausch sind dann Verdichtungsnachweise mittels **statischen** Lastplattendruckversuchen zu erbringen. Zielwert ist ein $Ev_2$-Modul ≥ 120 bei einem Verhältniswert von $Ev_2/Ev_1$ </= 2,2. *Hinweis: Bei Verdichtungskontrollen mit preisgünstigeren dynamischen Lastplattendruckversuchen kann das o.g. Verdichtungsziel nicht geprüft werden. Alternativ kann jeder 5. dynamische Druckversuch durch einen statischen kalibriert werden.*

Baugruben > 1 m Tiefe sind auszusteifen (z.B. Verbau), da sie durch Auflockerung und Witterungseinflüssen ihre Eigenschaften im ungestörten Zustand verlieren.

## 8.2 für die Verkehrsflächen

Da wir davon ausgehen, dass die Stellplätze überwiegend mit PKW genutzt werden, ergibt sich nach RStO 12 die Belastungsklasse Bk0,3 für die Stellflächen und somit ein Ausgangswert von 0,50 m für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus auf F3-Böden (vgl. Tab. 6, RStO 12). Nach Tab. 7 RStO 12 sind zu diesem Ausgangswert Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse zu berücksichtigen. Maßgebende örtliche Verhältnisse ergeben sich aus der Frosteinwirkungszone II mit + 5 cm. Somit ist der frostsichere Oberbau auf Böden der Frostsicherheitsklasse F3 gemäß RStO 12 mit mindestens 0,55 m (Bodenaustausch inkl. Asphalt) auszuführen. Je nach Ausführung der Tragschicht müssen die Tafeln 1 bis 3 der RStO 12 beachtet werden. Das Planum unter der Frostschutzschicht muss dabei ein $Ev_2$-Modul von ≥ 45 MN/m² aufweisen. Dieser Wert ist für die dort anstehenden Böden (schluffige weiche Auffüllung) nicht erreichbar, da im Bereich der Parkplätze nördlich der Gebäude Auffüllungen (sandige Schluffe in weicher Konsistenz) bis max. 2,8 m uGOK anstehen. Diese sind vor Erstellung des Parkplatzes bis auf 1,2 m unter geplanter Oberkante des Parkplatzes zu entfernen. Dementsprechend empfiehlt sich als Unterlage zur Frostschutzschicht der Einbau eines Geotextils (Kombination Geovlies + Geogitter). Das Frostschutzmaterial (Bodengruppe GW gem. DIN 18196) ist in mindestens 5 Lagen einzubauen, wobei jede Lage sorgfältig zu verdichten ist.

Für die OK frostsicherer Austauschkoffer ist ein Verdichtungsnachweis mittels **statischen Lastplattendruckversuchen zu erbringen. Zielwert ist ein $Ev_2$-Modul ≥ 100 MN/m² bei einem Verhältniswert $Ev_2/Ev_1$ ≤ 2,5.** *Hinweis: Bei Verdichtungskontrollen mit preisgünstigeren dynamischen Lastplattendruckversuchen kann das o.g. Verdichtungsziel nicht geprüft werden.*

Zusammenfassend ist somit für den Oberbau der Stellplätze der Einbau einer Frostschutzschicht nach Austausch der anstehenden Böden erforderlich. Die Dicke der Frostschutzschicht ist abhängig von der Art der Tragschicht (Asphalt, Beton, oder Pflaster; siehe Tafeln 1 bis 3 der RStO 12).

### 8.3 für die Bauwasserhaltung

Entsprechend den Beobachtungen während der Baugrunderkundung ist im Untersuchungsgelände mit Schichtwasser ab einer Tiefe von ca. 484,5 m ü.NN zu rechnen. Nach [19] ist der Wasserspiegel des zusammenhängenden großräumigen Grundwasserkörpers erst bei ca. 390 bis 400 m ü. NN zu erwarten (vgl. Pkt. 5). Eine permanente Wasserhaltung ist also nicht erforderlich. Für die Ableitung des Schichtwassers aus der Baugrube dürfte es möglich sein, eine offene Wasserhaltung über einen bauzeitlichen Kiessand- oder Schotterflächenfilter in Verbindung mit Pumpensümpfen zu betreiben und das zulaufende Wasser mittels Schmutzwasserpumpen aus der Grube zu fördern. Da das anfallende Pumpwasser aus einzelnen Bodenschichten der Baugrube zufließt bzw. ausblutet und zudem stark witterungsabhängig ist, kann die Menge im Vorfeld nicht abgeschätzt werden.

Der Zulauf von Oberflächenwasser aus dem Umfeld der Baugrube ist zu unterbinden.

### 8.4 Maßnahmen zum Schutz des Bauwerkes gegen Grundwasser

Die nicht unterkellerten Gebäude sind gegen den Lastfall Erdfeuchtigkeit (Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser, z.B. gemäß DIN 18195-4) zu isolieren.

Das Gelände ist von den Gebäuden aus mit einem Gefälle so anzulegen, dass anfallendes Oberflächen- und Tageswasser von den Gebäuden weggeführt wird.

Der Untergrund ist zum Großteil wasserundurchlässig, die Hinterfüllungen und Kieskoffer an der Basis der Gebäude dagegen wasserdurchlässig. Dadurch entsteht ein sogenannter Wanneneffekt, bei dem sich Niederschlagswasser und/oder Schichtwasser in dieser Wanne sammelt. Diesem Zustand ist für die spätere, dauerhafte Sicherung der Kellergeschosse mit einer wirkungsvollen Drainage (z.B. Ringdrainage) entgegenzuwirken. Dabei muss die Drainage filterstabil ausgebildet werden, um ein Ausschwemmen von Material aus den Baugrubenböschungen in die Hinterfüllungen zu vermeiden. Außerdem sind für die Wartung und Instandhaltung genügend Kontrollschächte vorzusehen.

Bei Einbau dieser Sicherungsdrainage mit Anschluss an den Kanal (keine Versickerung in der Bunten Breccie möglich, kein Vorfluter in der Nähe) ist für erdberührende Bauteile oberhalb der Drainage eine Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser nach DIN 18 533 (WE1.2) ausreichend.

Ohne Drainage sind aufgrund der angetroffenen hydrogeologischen Gegebenheiten die unterkellerten Gebäude in wasserundurchlässigem Beton oder mit einer Abdichtung gegen drückendes Grundwasser auszuführen.

Eine Ausführung mit Drainage wird allerdings dringend empfohlen, da ein Ansteigen des Grundwasserspiegels in Lockergesteinen eine Zunahme des Porenwasserdrucks (hydrostatischen Drucks) auf potenziellen Gleitflächen zur Folge hat und der erhöhte Wassergehalt eine Gewichtszunahme bewirkt. So kann bei der vorhandenen Hanglage im Bereich von tonig-schluffigen Schichten der Gleichgewichtszustand zwischen antreibenden und haltenden Kräften durch geringfügige Vergrößerung der Scherspannungen oder durch Verminderung der Scherfestigkeit der Gesteine gestört werden und der Porenwasserdruck bei statischen und dynamischen Belastungen ansteigen. Im ungünstigen Fall werden so unerwünschte Massenbewegungen wie z.B. Rutschungen oder Kriechbewegungen des Hanges verursacht. Künstliche Versteilungen der Geländeoberfläche bei Erdbaumaßnahmen können als zusätzlicher Auslöser zu solchen Massenbewegungen führen. Für eine Drainage spricht auch, dass im Bereich des Schellenbergs Kriechverformungen (z.T. sogar Rutschungen) dokumentiert wurden und im Bereich der hier ehemals vorhandenen Kaserne an mehreren inzwischen rückgebauten Gebäuden gravierende Schäden festgestellt worden waren, die nach [21] auf Schrumpfungen des bindigen Untergrunds zurückgeführt wurden.

Im Umfeld des hier betrachteten Baufelds sind weitere Neubebauungen geplant. Sobald eine Konzeption für die Entwässerung des gesamten ehemaligen Kasernengeländes vorliegt, sollten in Abstimmung mit dieser Konzeption die hier zu treffenden Maßnahmen (Drainagen) möglichst frühzeitig in der Planung berücksichtigt werden.

### 8.5 Maßnahmen zum Schutz gegen Massenverlagerungen

Im Baugebiet traten nach [21] bereits in der ehemaligen Nutzung als Kasernengelände Bauwerksschäden durch Massenverlagerungen (Kriechen, Fließen, Gleiten, Rutschungen) auf und im näheren Umfeld wurden größere Rutschungen dokumentiert, die zusammen mit den längerfristig vorhandenen Randbedingungen (Hanglage, Geologie) zu einer grundsätzlichen Rutschungsgefährdung an diesem Standort führen. Deshalb ist bei der Baumaßnahme darauf zu achten, dass der vermeintlich stabile Hang keine Veränderungen erfährt, die zu Massenverlagerungen führen. Wie schon in Kapitel 8.4 genannt sind als Gegenmaßnahmen Drainagen anzulegen, die eine Porenwasserdruckentspannung bewirken und Schichtwasser in talseitigen Auffüllungen abführen. Außerdem sind künstliche Übersteilungen des Geländes zu vermeiden. Als Zusatzmaßnahmen können geogitterbewehrte Stützkonstruktionen oder flexible Böschungsstabilisierungssysteme eingesetzt werden.

## 9. Ergänzende geotechnische Hinweise

Baugrube

Die anstehenden bindigen Schluff-Ton-Gemische reagieren auf mechanisch Einwirkung und Wasserzutritt sehr empfindlich. Bis zur Befestigung der Tragschicht bzw. Gründungsebene sollten nur Baumaschinen mit Kettenlaufwerk eingesetzt werden. Dieser Einbau erfolgt empfehlungsgemäß „über Kopf".

Da Böschungen sehr empfindlich reagieren sind Maßnahmen gegen Wasserzutritt vorzunehmen und die Böschungskanten zu sichern. Bei heftigen oder lang anhaltenden Niederschlägen kann sich der Wassergehalt der Lockergesteinsdecke so stark erhöhen, dass der Boden „verflüssigt" wird (Erniedrigung des Winkels der Inneren Reibung, Aufhebung der Kohäsion, Strömungsdruck im Lockergestein) und als Suspension talwärts gleitet (Translationsrutschungen). Wegen der geringen Eindringtiefe des Niederschlagswassers ereignen sich solche Bodenbewegungen während oder unmittelbar nach heftigen Niederschlägen. Da sich also die Bodenkennwerte bei Wasserzutritt und Entspannung deutlich verschlechtern können, sind die Böschungen mittels Folie oder dergleichen vor Niederschlagswasserzutritt zu schützen bzw. durch die Abflachung der Böschungen einer Rutschungsgefahr entgegenzuwirken.

Grundsätzlich kann, sofern ausreichend Platz vorhanden ist, von erdbautechnischen Böschungen ausgegangen werden, hier jedoch nicht steiler als 45°. Wenn eine Böschung aufgrund der Platzverhältnisse nicht möglich, ist ein Verbau vorzusehen. Weiterhin sind hinsichtlich der Standsicherheit von Böschungen Verkehrs-, Stapel- und Kranlasten zu berücksichtigen.

Stapellasten

Für die Abtragung von Stapellasten (z.B. Kran) sind die vorliegenden Böden nicht geeignet. Sie sind als kompressibler Baugrund zu betrachten. Daher sind bei einer eventuellen Aufstellung von Kränen und Arbeitsbühnen auf diesen Böden unbedingt geeignete Unterbaue (z.B. Kieskoffer oder Beton) vorzusehen.

Rammen:

In den aufgeschlossenen Böden kann in den oberen Metern von leichter bis mittlerer Rammung ausgegangen werden. Bei den Feinsedimenten mit halbfester bis fester Konsistenz (durchschnittlich ab ca. 482 m ü. NN anstehend) muss mit schwerer Rammbarkeit gerechnet werden. Größere Brocken aus Kalksteinen (Trümmermassen) sind als Rammhindernis nicht auszuschließen.

Hinterfüllungskriterien

Grundsätzlich sind die Hinterfüllungskriterien der ZTV E-StB 17 maßgeblich und somit anzuwenden und zu beachten. Für die Hinterfüllung gilt die Anforderung des 10%-Mindestquantil des Verdichtungsgrades von $D_{Pr}$=100 %. Die ordnungsgemäße Verdichtung ist nachzuweisen. Wir empfehlen hierfür statische Lastplattendruckversuche gem. DIN 18134 für die Oberfläche (Verdichtungszielwert für den $Ev_2$-Modul ≥ 100 MN/m² mit Verhältniswert $Ev_2/Ev_1$ ≤ 2,5 und schwere Rammsondierungen gem. DIN EN ISO 22476-2 für die tieferen (>30 cm) Hinterfüllungen (Nachweis einer mind. mitteldichten Lagerung: $N_{10}$ ≥ 14).

Abbauhinweise:

Die erkundeten Böden sind überwiegend problemlos erdbautechnisch abbaubar und entsprechen den Bodenklassen 1, 3, 4 und 5 gemäß DIN 18300 (2012).

Größere Kalksteinbrocken mit Durchmessern über 1 m Kantenlänge wurden zwar nicht erbohrt, können aber nicht ausgeschlossen werden. Deshalb sind auf der Baustelle entsprechende Geräte (z.B. Meißel) vorzuhalten. Die Bodenklassen gem. DIN 18301 finden sich zusätzlich in Anlage 7, in der auch die Homogenbereiche orientierend angegeben sind .

Wiederverwendbarkeit

Der humose Oberboden sowie die bindigen Böden der Bunten Breccie sind zur Hinterfüllung auch in nicht lastabtragenden Bereichen ungeeignet. Der Oberboden muss unter Berücksichtigung der Angaben unter Pkt. 10 nach Durchführung einer Deklarationsanalytik einer geordneten Verwertung/Entsorgung unterzogen werden, die anfallenden nicht tragfähigen Sedimente der Bunten Breccie sollten direkt von der Baustelle abgefahren werden.

Erdbebengefährdung

Nach DIN 4149 (Fassung 2005) liegt das Gebiet in der Erdbebenzone 1. Dementsprechend sind bei der Bauausführung folgende Bemessungsgrundlagen heranzuziehen:

Erdbebenzone: 1 mit Bemessungswert Bodenbeschleunigung $a_g$ = 0,4 m/s$^2$

geologische Untergrundklasse: T

Baugrundklasse: C

Bedeutungskategorie: III (große Wohngebäude)

Bedeutungsbeiwert: $\gamma$ = 1,2

Radonbelastung

Die Stadt Donauwörth liegt nach derzeitigem Stand nicht in einem festgelegten Radonvorsorgegebiet. Besondere Maßnahmen für die Radonvorsorge sind daher nicht erforderlich (Stand 22.10.2021, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, www.stmuv.bayern.de).

## 10. Altlasten- und Entsorgungsaspekte

Die Aufschlussergebnisse der Auffüllungen waren hinsichtlich eventuell vorhandener schadstoffhaltiger Beimengungen gering auffällig bis unauffällig, da meist nur wenige Ziegelbruchstücke und vereinzelt Asche- und Metallreste erkennbar waren. Um sicher beurteilen zu können, ob die angetroffenen Bodenschichten, die aufgrund der anthropogenen Beimengung als Auffüllungen angesprochen wurden, nach abfall- bzw. umweltrechtlichen Regelwerken als schadstoffhaltig zu bewerten sind, wurden die Proben der betreffenden Bodenschichten exemplarisch auf die Parameter nach Verfüll-Leitfaden [13] untersucht.

Für die Untersuchungen in der Fraktion < 2 mm in der Originalsubstanz wurden folgende Proben ausgewählt:

- DON-MP1: Mischprobe schluffige Auffüllung aus aliquoten Anteilen der Proben DON-1/2, -2/1, -3/1, -4/1, -4/2, -5/1 und -7/1 (Tiefenbereich je ca. 0,0 bis max. 2,8 m uGOK)
- DON-MP2: Mischprobe kiesige Auffüllung aus aliquoten Anteilen der Proben DON-11/1, -14/1, -17/1, -19/1, -20/1, -22/2, -24/2, und -27/1 (Tiefenbereich je ca. 0,0 bis max. 2,4 m uGOK)
- DON-MP3: Mischprobe kiesige Auffüllung aus aliquoten Anteilen der Proben DON-8/1, -10/1, -12/1, -13/1, -18/1, -23/1 und -23/2 (Tiefenbereich je ca. 0,0 bis max. 4,2 m uGOK)
- DON-MP4: Mischprobe Auffüllung mit deutlichen Fremdanteilen aus aliquoten Anteilen der Proben DON-3/2 und -6/1 (Tiefenbereich ca. 0,0 bis max. 1,2 m uGOK)
- DON-MP5: Mischprobe aufgefülltes RC-Material aus aliquoten Anteilen der Proben DON-21/1 und -24/1 (Tiefenbereich je ca. 0,0 bis 0,2 m uGOK)

### 10.1 Bewertungsgrundlagen

Die Bewertung der in den Bodenproben festgestellten Konzentrationen bzw. Schadstoffgehalte erfolgte durch Gegenüberstellungen der Analysedaten mit den für die Bewertung heranzuziehenden Regelwerken. Es wurden die zum Zeitpunkt der Untersuchung gültigen Regelwerke herangezogen.

Die Bewertung der Bodenanalysen hinsichtlich des Wirkungspfades Boden-Gewässer erfolgt anhand der im LfW-Merkblatt Nr. 3.8/1 [8], Tab.1 (Hilfswerte zur Emissionsabschätzung bei Boden- und Bodenluftbelastungen und Stufenwerte für Leitparameter in Grundwasser) genannten Hilfs- und Stufenwerte im Sinne der BBodSchV [4]. Dieses LfW-Merkblatt stellt für die Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und von Gewässerverunreinigungen in fachlicher Hinsicht die Konkretisierung der Vorgaben des BBodSchG, der BBodSchV, des BayBodSchG und der BayBodSchVwV für den Wirkungspfad Boden-Gewässer in Bayern dar. Es wurden aber auch die Prüfwerte der Anlage 2 Tab. 1 und 3 der neuen BBodSchV (2021) zur Bewertung herangezogen.

Eine unverbindliche und sehr grobe abfallrechtliche Einschätzung orientiert sich an den in Bayern derzeit noch anzuwendenden Grenzwerten für Zuordnungsklassen gem. „Tab.1: Zuordnungswerte Eluat für Boden" und „Tab. 2: Zuordnungswerte Feststoff für Boden" im Eckpunktepapier (EPP) „Leitfaden zur Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen" [13] Anhang 2 und 3 (Zuordnungswerte für Nass- und Trockenverfüllungen). Zusätzlich wurden die ab 01.08.2023 geltenden Materialwerte für Bodenmaterial nach Anlage 1, Tab. 3 und 4 der Ersatzbaustoffverordnung (2021) zur Beurteilung verwendet.

Auf folgenden Umstand ist aber besonders hinzuweisen: Am 16. Juli 2021 ist die neue Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV neue Fassung) als Teil der Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und Gewerbeabfallverordnung (sogenannte Mantelverordnung, BGBl. I S.2598) verkündet worden. Diese tritt am 1. August 2023 in Kraft und ist somit zum voraussichtlichen Ausführungstermin geltendes Recht. Durch die neue Mantelverordnung verändern sich die Beurteilungskriterien sowohl für das Umweltrecht als auch für die Verwertung von ausgehobenen Bodenmaterialien. Es bestehen allerdings noch einige Unklarheiten zur Auslegung und Anwendung des neuen Gesetzes. So wurde in der Gesetzgebung eine sogenannte „Länderöffnungsklausel" verankert, die es den einzelnen Bundesländern erlaubt zusätzliche Bestimmungen und Regelwerke für den Vollzug abzuleiten.

Hinsichtlich des Zeitraums ab 01.08.2023 wird seitens des LfU und des Bayr. Staatsministeriums aktuell geklärt, welche Inhalte des derzeit geltenden Verfüll-Leitfadens angepasst oder entfernt werden oder unter Ausnutzung der Länder-Öffnungsklausel des § 8 Abs. 8 BBodSchV n.F. in einer bayerischen Regelung niedergelegt werden. Diese Neufassung des bayerischen Verfüll-Leitfadens soll rechtzeitig und in bewährter Weise als Verwaltungsvorschrift mit Verbändebeteiligung ergehen. Leider ist bis zur Erstellung dieses Berichts die Neufassung des Verfüll-Leitfadens noch nicht veröffentlicht worden, woraus im zukünftigen Umgang mit Bodenmaterialien erhebliche Unsicherheiten bestehen. Weiterhin ist als Erschwernis in der Beurteilung zu beachten, dass für manche Themenbereiche z.T. langfristige Übergangsregelungen in der neuen Mantelverordnung aufgeführt sind. Aufgrund der noch nicht geklärten Regelungen sind die Aussagen zu den Schadstoffbelastungen und ihren umweltrechtlichen sowie abfallrechtlichen Folgerungen zum jetzigen Zeitpunkt nur eingeschränkt möglich. Zudem fehlen Erfahrungen zu den Auslegungen der neuen Regelwerke, da diese bis jetzt in der Baubranche noch nicht angewandt wurden. Daraus abgeleitet sind auch Aussagen zu den monetären Auswirkungen für die Verwertung von Bodenmaterialien (hier besonders Auffüllungen) nicht sicher möglich (keine Vergleichsmöglichkeit von Preisen nach Anwendung der neuen Kriterien). Es ist noch nicht absehbar, in welchen Bereichen die neuen Bestimmungen zu Kostenersparnissen oder zu Kostensteigerungen gegenüber der Anwendung der jetzt noch geltenden Regelwerke führen werden. Hierbei stellt auch der Ausführungstermin einen Unsicherheitsfaktor dar, da es teilweise entscheidend sein könnte, das Bauvorhaben vor oder nach Auslaufen der Übergangsregelungen zu realisieren.

## 10.2 Untersuchungsergebnisse

Die beurteilungsrelevanten Untersuchungsergebnisse für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser sind in nachfolgender Tabelle 3 dargestellt:

| Proben-bezeichnung | Tiefen-bereich [m] | Einstufung nach LfW-Merkblatt 3.8/1 (Boden-GW) | Prüfwerte Anlage 2, Tab. 1 und 3 BBodSchV (2021) | Vorsorgewerte Anlage 1, Tab. 1 und 2 der BBodSchV (2021) |
|---|---|---|---|---|
| DON-MP 1 | 0,0 - max. 2,8 | **As* 15 mg/kg > Hilfswert-1** | As* 15 mg/kg = Prüfwert | < Vorsorgewert |
| DON-MP 2 | 0,0 - max. 2,4 | < Hilfswert-1 | < Prüfwert | < Vorsorgewert |
| DON-MP 3 | 0,0 - max. 4,2 | < Hilfswert-1 | < Prüfwert | < Vorsorgewert |
| DON-MP 4 | 0,0 - 1,2 | < Hilfswert-1 | < Prüfwert | < Vorsorgewert |
| DON-MP 5 | 0,3 - 0,8 | **PAK** 8,1 mg/kg > Hilfswert-1** | < Prüfwert | **PAK** 8,1 mg/kg > Vorsorgewert** |

**Tabelle 3: Übersicht der Untersuchungsergebnisse der Bodenproben**

*AS = Arsen (Hilfswert 1: 10 mg/kg); **PAK = Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (Hilfswert 1: 5 mg/kg)

*Hinweis: Es wurden nur die Parameter nach [13] untersucht, mit denen die wichtigsten Schadstoffe erfasst werden. Die Aussagen zu Wertunter-/überschreitungen beziehen sich also nur auf die gemessenen Parameter. Aufgrund der zu erwartenden Schadstoffbelastungen an diesem Standort war dies auch als ausreichend sicher zur Beurteilung zu bewerten. Ein vollständiges Untersuchungsprogramm mit Einbeziehung aller Parameter nach neuer BBodSchV (2021) erschien nicht notwendig und wurde unsererseits gegenüber dem Erkenntnisgewinn als zu kostenaufwendig beurteilt.*

Wirkungspfad Boden-Gewässer:

Die Aufschlussergebnisse der natürlichen Böden waren hinsichtlich eventuell vorhandener schadstoffhaltiger Beimengungen durchgehend unauffällig. In den Proben der Auffüllung waren stellenweise geringfügige anthropogene Beimengungen ersichtlich (Ziegelreste < 1 Vol.-%, Aschereste < 1 Vol.-% und Einzelfunde an Beton-, Metall- und Holzresten ).

Die chemischen Untersuchungen der Auffüllungen ergaben 2 Hilfswert- oder Prüfwertüberschreitungen gem. [8]. Beide Überschreitungen (Arsen in MP-DON 1 und PAK in MP-DON-5) sind allerdings nur als geringfügige lokale Schadstoffbelastungen einzustufen. Die PAK-Belastungen wurden zudem nur in einer Probe gemessen, die eine überwiegend aus Betonrecyclingmaterial bestehende geringmächtige Schicht (20 cm) mit geringer Ausdehnung (Bereich um DON-21 und -24) repräsentiert. Insgesamt ist also von einer geringen Quellstärke auszugehen, so dass bei dem vorhandenen großen Grundwasserflurabstand und den hier lagernden wasserundurchlässigen Sedimenten keine Gefährdung für das Schutzgut Grundwasser zu prognostizieren ist.

Wirkungspfad Boden-Mensch:

Auf dem Untersuchungsgelände wurde im Zuge des Rückbaus der Kaserne der humose Oberboden weitgehend abgeschoben. Die verbliebenen Reste befinden sich hauptsächlich um die noch bestehenden Bäume. Eine Untersuchung dieser einzelnen Restflächen mit sehr geringer Flächenausdehnung war nicht Bestandteil dieser Untersuchung. Es wird empfohlen die eventuell anfallenden Oberbodenreste im Zuge der Baumaßnahme getrennt aufzuhalden und entsprechend dem dann geplanten weiteren Verwertungsweg zu untersuchen. Erfüllt der humose Oberboden die Bezeichnung „Mutterboden" im Sinne des § 202 des Baugesetzbuches (BauGB) ist dieser in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen. Vorzugsweise sollte er auf dem Gesamtgelände wieder verwendet werden. Bei einer Verwertung des humosen Oberbodens außerhalb des geplanten Baugebiets ist dieser labortechnisch zu überprüfen.

## 10.3 Abfallrechtliche Aspekte

Die beurteilungsrelevanten Untersuchungsergebnisse für die Verwertung der Auffüllungen sind in nachfolgender Tabelle 4 dargestellt:

| Proben-bezeichnung | Tiefen-bereich [m] | Einstufung nach Verfüll-Leitfaden [13] | Materialwerte nach EBV (2021) Anlage 1, Tab. 3 | Materialwerte nach EBV (2021) Anlage 1, Tab. 4 |
|---|---|---|---|---|
| DON-MP 1 | 0,0 - max. 2,8 | Z0 | BM-0 | BM-0 |
| DON-MP 2 | 0,0 - max. 2,4 | Z0 | BM-0 | BM-0 |
| DON-MP 3 | 0,0 - max. 4,2 | Z0 | BM-0 | BM-0 |
| DON-MP 4 | 0,0 - 1,2 | Z0 | BM-0 | BM-0 |
| DON-MP 5 | 0,3 - 0,8 | ***BaP 0,54 mg/kg<br>**PAK 8,1 mg/kg<br>Z1.2** | ****PAK 8,1 mg/kg<br>BM-F2** | **BM-F2** |

**Tabelle 4: Übersicht der Untersuchungsergebnisse der Bodenproben**

*BaP = Benzo-a-Pyren; **PAK = Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

### 10.3.1 Massen

In allen Aufschlüssen wurden als oberste Bodenschicht Auffüllungen erbohrt. Die Mächtigkeiten diese Auffüllungen sind sehr unterschiedlich. Zum einen handelt es sich um geringmächtige Umlagerungen bis zu ca. 1,7 m Mächtigkeit, die vermutlich während der Nutzung als Kaserne zur Geländenivellierung aufgefüllt und im Zuge des Rückbaus der Kaserne über das Gelände flächig verteilt wurden. Zum anderen wurden vor allem in der Nähe ehemaliger Gebäude tiefer reichende Auffüllungen (bis 4,2 m uGOK) festgestellt, die als ehemalige Hinterfüllungen zu interpretieren sind. Zusätzlich wurden am Südrand noch zur Befestigung von Lagerflächen geringmächtige Recyclingmaterialen abgelagert. Eine genaues räumliches Aufmaß ist aus den Aufschlussergebnissen mit unterschiedlichen Auffüllungsmächtigkeiten nicht zu errechnen. Als vereinfachender Ansatz zur Massenberechnung wurde eine durchschnittlich ca. 1,5 m mächtige Auffüllung über das gesamte Areal von 11.500 $m^2$ gewählt. Daraus ergibt sich grob überschlägig geschätzt eine Kubatur von 17.250 $m^3$, was einer Masse von ca. 34.500 t entspricht. Der überwiegende Massenanteil ist anhand der Aufschluss- und Laborergebnisse unverbindlich als unbelastet (Z0 bzw. BM-0) einzustufen.

Nur die aus überwiegend Betonrecyclingmaterial bestehenden Aufschotterungen sind gemäß der vorliegenden Laborergebnisse als Z1.2 nach [13] einzustufen. Dieser Massenanteil ist auf eine ca. 500 $m^2$ große Fläche bei einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 0,2 m auf insgesamt ca. 100 $m^3$ (= 200 t) abzuschätzen.

### 10.3.2 Kosten

Zur überschlägigen Abschätzung der altlastenbedingten Kosten sei auf Folgendes hingewiesen: Eine Abschätzung der Verwertungskosten (Absolutkosten) für alle Auffüllungen ist nicht zielführend, da bei dieser Berechnungsart die Notwendigkeit einer Verwertung außerhalb des Baugebiets nicht berücksichtigt wird. Stattdessen wurde ein Ansatz als Differenzkosten (altlastenbedingte Mehrkosten) gewählt, die bei einem Eingriff in den Boden auch ohne Sanierungsabsicht erfolgt wäre. D.h., ein Bodenaushub inkl. Transport und Entsorgung von unbelastetem Bodenmaterial würde auch ohne Altlasten Kosten verursachen. Die in der Kostenermittlung berechneten Mehrkosten entstehen durch die Differenz zwischen den anfallenden Kosten für Bodenaustausch unbelasteter Auffüllungen (Z0 geschätzt 15 €/to) und den höheren Kosten für Bodenaustausch belasteten Materials (>Z0). Da der Großteil der Auffüllungen gemäß den Laborergebnissen schadstofffrei und als Z0 nach [13] einzustufen ist, wären diese Massen in der Differenzkostenermittlung wertneutral. Die einzigen relevanten Schadstoffbelastungen wurden in der geringmächtigen Betonrecyclingschicht labortechnisch ermittelt. Bei einer angenommenen Masse von 200 t (siehe 10.3.1) und Verwertungskosten von 50 €/t würden insgesamt grob abgeschätzt 10.000 € an altlastenbedingten Mehrkosten entstehen. Allerdings ist die Möglichkeit gegeben, dass auch als Z0-Material gemäß Analytik eingestuftes Abfuhrmaterial nicht als solches akzeptiert wird, da anthropogene Beeinflussungen bestehen. Dies wäre aber bei der Ausschreibung der Erdarbeiten zu berücksichtigen.

Die vorgenannten Abschätzungen sind unverbindlich und nur grob überschlägig. Erfahrungsgemäß fallen bei Baumaßnahmen in dieser Größenordnung zumindest kleinräumig weitere bisher unerkannte Bodenbereiche mit Schadstoffbelastungen an, die zu Kostensteigerungen führen können. Eine großflächige Schadstoffbelastung des Untergrunds kann aber anhand des engen Bohrrasters und der Untersuchungsergebnisse weitgehend ausgeschlossen werden.

Eine valide Kostenschätzung der altlastenbedingen Mehrkosten ist aber aufgrund der nur stichpunktartig und orientierend untersuchten Auffüllungen nicht möglich.

Die zur Berechnung herangezogenen Ergebnisse der Feld- und Laborbefunde entbinden nicht von einer ordnungsgemäßen Deklarationsuntersuchung im Falle eines Aushubs von Auffüllungen mit anschließender Entsorgung bei anfallendem Überschussmaterial.

## 11. Schlussbemerkung

Für die projektierte Baumaßnahme Sozialquartier Donauwörth wurde ein geotechnischer Bericht zur orientierenden Baugrunderkundung erstellt. Darin sind die durch die Bodenaufschlüsse und Felduntersuchungen festgestellten Baugrundverhältnisse auf dem Gelände in geologischer und bodenmechanischer Hinsicht beschrieben.

Die bautechnischen Aussagen beziehen sich auf den uns zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens bekannten Planungsstand.

Verdachtsmomente hinsichtlich schädlicher Bodenverunreinigungen wurden durch Feldbefunde und umweltrechtliche Bewertungen überprüft. Orientierende Aussagen hinsichtlich der Altlasten wurden anhand dieser Untersuchungen getroffen.

Bei den durchgeführten Geländeuntersuchungen kann es sich naturgemäß nur um punktförmige Aufschlüsse handeln, wobei Abweichungen im flächenhaften Anschnitt nicht auszuschließen sind.

Falls bei den Gründungsarbeiten von der Baugrunderkundung abweichende Bodenverhältnisse festgestellt werden, ist der Baugrundgutachter zu verständigen. Weiterhin ist der Baugrundgutachter zu benachrichtigen bzw. hinzuzuziehen, falls sich Abweichungen vom vorliegenden Gutachten oder planungsbedingte Änderungen ergeben. Nicht erörterte bzw. von der Planung abweichende Fragestellungen können ggf. in einer ergänzenden Stellungnahme nachgereicht werden.

Das Gutachten mit Prüfbericht ist nur in seiner Gesamtheit gültig. Eine auszugsweise Weitergabe ist nicht zulässig.

***EFUTEC* GmbH** - Deutldorf, den 13.07.2023

*Im Entwurf gezeichnet*

Gerhard Feik (Dipl.-Geol.)
Sachverständiger gem. §18 BBodSchG - SG2

Georg Friedrich (Dipl.-Geol.)