

BAUGRUND
GRUNDBAU
UMWELTGEOTECHNIK
SPEZIALTIEFBAU
HYDROGEOLOGIE

GEOTECHNISCHER BERICHT

Projekt-Nr. 1301.20

29.09.2021

Bauvorhaben: Ried, Bachernstraße
Neubau Betreutes Wohnen
Seniorengerechte Wohnungen
+ 1 Betreuungsstation

Bauherr: Gemeinde Ried
Sirchenrieder Str. 1
86510 Ried

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeines	4
1.1	Vorgang und Veranlassung.....	4
1.2	Geplantes Gebäude und Bestand	4
2	Verwendete Unterlagen	5
3	Feld- und Laboruntersuchungen	5
4	Ergebnisse der Untersuchungen und Baugrundbeurteilung	7
4.1	Allgemeiner geologischer Überblick	7
4.2	Schichtenfolge	8
4.2.1	Schicht 1: Oberboden	8
4.2.2	Schicht 2: Talfüllungen.....	9
4.2.1	Schicht 3: Tertiäre Tone und Schluffe	12
4.3	Baugrundbeurteilung und Klassifizierung der anstehenden Böden	14
4.3.1	Schicht 1: Oberboden	15
4.3.2	Schicht 2: Talfüllungen.....	15
4.3.3	Schicht 3: Tertiäre Tone und Schluffe	16
4.4	Homogenbereiche	17
5	Bodenkenngrößen und Erdbebenwirkung	18
5.1	Bodenrechenwerte	18
5.2	Erdbebenwirkung.....	18
6	Hydrogeologische Verhältnisse	19
7	Folgerungen für die Baumaßnahme.....	21
7.1	Gründung Gebäude.....	21
7.2	Gründung Verkehrs- und Freiflächen	23
7.3	Baugrube	24
7.4	Wasserhaltung.....	25
8	Hinweise zur Planung und Ausführung	26
8.1	Allgemeines	26
8.2	Erdbau	26
8.3	Wiederverwendbarkeit von Aushubmaterial.....	27
8.4	Chemische Analytik des Bodens mit Bewertung.....	28
8.5	Isolierung u. Trockenhaltung	28
8.6	Frostsicherheit	29
8.7	Sicherheitsmaßnahmen.....	29
8.8	Wiederverfüllung, Hinterfüllung	29
8.9	Beweissicherung, Erschütterungsschutz.....	29
8.10	Versickerung von Oberflächenwasser, Niederschlagswasser	29
8.11	Baugrundabnahme	30
9	Schlussbemerkungen.....	30

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1:	Lagepläne
Anlage 2:	Geotechnische Profillängsschnitt2
Anlage 3	Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse
Anlage 4:	Rammdiagramme
Anlage 5:	Bodenmechanische Laborversuche
Anlage 6:	Chemische Laborversuche
Anlage 7:	Kampfmittelfreimessung der Aufschlusspunkte

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Kleinrammbohrungen
Tabelle 2:	Schwere Rammsondierungen (DPH)
Tabelle 3:	Erkundeter Oberboden im Untersuchungsbereich
Tabelle 4:	Zuordnung der chemischen Analytik nach EPP und LfW, Oberboden
Tabelle 5:	Erkundete Talfüllungen im Untersuchungsbereich
Tabelle 6:	Siebanalysen Talfüllungen
Tabelle 7:	Zustandsgrenzen Talfüllungen
Tabelle 8:	Glühverluste Talfüllungen
Tabelle 9:	Zuordnung der chemischen Analytik nach EPP und LfW, Talfüllungen
Tabelle 10:	Erkundete tertiäre Tone und Schluffe im Untersuchungsbereich
Tabelle 11:	Siebanalysen Tertiäre Tone und Schluffe
Tabelle 12:	Zustandsgrenzen Tertiäre Tone und Schluffe
Tabelle 13:	Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 1
Tabelle 14:	Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 2
Tabelle 15:	Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 3
Tabelle 16:	Bodenkenngrößen (Rechenwerte)
Tabelle 17:	angebohrte Grundwasserstände

1 Allgemeines

1.1 Vorgang und Veranlassung

Die Gemeinde Ried plant den Neubau einer Wohnanlage für Betreutes Wohnen, seniorengerechte Wohnungen plus eine Betreuungsstation an der Bachernstraße in Ried.

Wir wurden beauftragt eine Baugrunduntersuchung durchzuführen und in einem geotechnischen Bericht zu den Untergrund- und Grundwasserverhältnissen für die geplante Neubaumaßnahmen Stellung zu nehmen. Bestandteil der Untersuchungen ist auch die erkundeten Böden auf chemische Verunreinigungen zu überprüfen. Zur Untersuchung der Untergrundverhältnisse wurden 5 Kleinbohrungen und 3 Rammsondierung durchgeführt. Im vorliegenden geotechnischen Bericht werden die Erkundungsergebnisse dargestellt, beschrieben und beurteilt.

1.2 Geplantes Gebäude und Bestand

Das Projektareal an der Bachernstraße ist derzeit unbebaut und wird landwirtschaftlich genutzt. Nach den uns übermittelten Unterlagen ist auf dem Grundstück ein nicht unterkellertes Baukörper mit einer überbauten Grundfläche von ca. 38 x 38 m geplant.

Das Baugrundstück liegt am Rande eines Wohngebiets. Südlich und östlich wird das Baugrundstück von Bachläufen umgrenzt. Westlich grenzen bebaute Grundstücke an das Baugebiet und nördlich liegen weitere unbebaute Flächen. Von der westlich liegenden Bachernstraße (Zufahrt zum Grundstück) bis zu den umgrenzenden Bachläufen weist das Grundstück in östliche Richtung einen Höhenunterschied von ca. 2-2,5 m auf.

Das Gebäude-Null liegt derzeit bei:

± 0,00 = ca. 414,00 mNN

Nähere Angaben zu den Gründungstiefen liegen derzeit noch nicht vor. Unter der Annahme einer frostfreien Gründungstiefe wären von Einbindetiefen von ca. 1-1,5 m in den Untergrund auszugehen.

Gründungskote ca. – 1,0-1,5 m ca. 413-412,5 mNN

Damit wird erkennbar, dass aufgrund der Grundstücksneigung hangseitig eine Einbindung in den Untergrund vorliegt, während talseitig Geländeanschlüpfungen erforderlich werden.

2 Verwendete Unterlagen

Für die Erstellung dieses Berichtes standen folgende Unterlagen / Angaben zur Verfügung:

- [U1] Grundriss EG Entwurfsplanung, übermittelt durch PARS, Stand 30.06.2021
- [U2] Geologische Karte von Bayern im Maßstab 1:500.000, herausgegeben vom Bayerischen Geologischen Landesamt, München 1996
- [U3] GeoFachdatenAtlas (Bodeninformationssystem Bayern), Bayerisches Landesamt für Umwelt (www.umweltatlas.bayern.de)
- [U4] Informationsdienst Überschwemmungsgebiete in Bayern, Bayerisches Landesamt für Umwelt (www.geodaten.bayern.de)
- [U5] Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen – Eckpunktepapier, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und der Bayerische Industrieverband Steine und Erden e.V., vom 21.06.2001
- [U6] LfW-Merkblatt Nr. 3.8/1 – Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Grundwasserverunreinigungen – Wirkungspfad Boden-Gewässer, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, vom 31.10.2001

3 Feld- und Laboruntersuchungen

Zur Erkundung des Untergrundes wurden am im Zeitraum vom 02.12.2020 bis 13.08.2021 die folgenden Untersuchungen durchgeführt.

a) Aufschlussbohrungen

Kleinrammbohrungen

Art: Rammkernbohrung, nach DIN EN 22475-1, \varnothing 60-80 mm

Tabelle 1: Kleinrammbohrungen

Bohrung	Ausführung	Höhe Gelände [m NN]	Tiefe [m]	Bemerkung
RKS 1	03.12.2020	512,76	5,0	
RKS 2	02.12.2020	512,92	6,5	
RKS 3	02.12.2020	513,20	7,0	
RKS 4	02.12.2020	514,14	7,0	
RKS 5	02.12.2020	514,92	7,0	

Anzahl: 5 Stück
Bohrprofile und
Schichtenverzeichnisse: siehe Anlage 3
Ansatzpunkte: siehe Anlage 1

Das mit Hilfe der Aufschlussbohrungen gewonnene Bohrgut wurde im Feld nach DIN EN 14688 (4022) angesprochen. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Bodenansprache wurden aus definierten Teufenabschnitten insgesamt 35 Baugrundproben (35 x 1-L Becher) gewonnen.

b) Sondierungen

Schwere Rammsondierungen (DPH)

Art: Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde gemäß
DIN EN ISO 22476

Tabelle 2: Schwere Rammsondierungen (DPH)

DPH	Ausführung	Höhe Gelände [m NN]	Tiefe [m]	Bemerkung
DPH 1	02.12.2020	514,86	9,0	-
DPH 2	02.12.2020	513,92	9,0	
DPH 3	02.12.2020	513,17	8,5	

Anzahl: 3 Stück
Rammdiagramme: siehe Anlage 4
Ansatzpunkte: siehe Anlage 1

c) Einmessen der Untersuchungspunkte

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse wurden höhenmäßig durch uns eingemessen. Bei der Vermessung wurde ein System zur GNSS-basierten Positionsbestimmung genutzt.

d) Durchgeführte bodenmechanische und chemische Laboruntersuchungen

An den insgesamt 35 entnommenen Bodenproben wurden nachfolgende bodenmechanische und chemische Laboruntersuchungen durchgeführt:

Durchgeführte Versuche

Anzahl

Bodenmechanische Laborversuche

Bodenansprache DIN EN 14688-1:	35
Siebanalyse (Sieb-Schlämmanalyse) nach DIN 18123	7
Bestimmung Zustandsgrenzen DIN 18122	7
Glühverlustbestimmung nach DIN 18128	4
Bodenmechanische Laborversuchsergebnisse:	siehe Anlage 5

Chemische Laborversuche

Kohlenwasserstoffe MKW (Feinfraktion, Feststoff)	4
Schwermetalle SM 8 (Feinfraktion, Feststoff)	4
PAK (Gesamt-/Feinfraktion, Feststoff)	4
Chemische Laborversuchsergebnisse:	siehe Anlage 6

e) Kampfmittelfreimessung

Vor Beginn der Feldarbeiten wurden die Ansatzpunkte auf Kampfmittel untersucht und freigegeben, siehe Anlage 7.

4 Ergebnisse der Untersuchungen und Baugrundbeurteilung

4.1 Allgemeiner geologischer Überblick

Nach den Geologischen Karten von Bayern [U3] befindet sich der Untersuchungsbereich im Bereich quartärer Talfüllungen. Bei den Talfüllungen handelt es sich nach petrographischer Beschreibung meist um eine Wechsellagerung von Schluff und Sanden mit bindiger und gemischtkörniger Ausprägung. Gerade diese jüngsten, quartären Ablagerungen sind sehr inhomogen und enthalten neben stark schwankenden Kornverteilungen, auch organische Lagen.

Unter den quartären Talfüllungen folgen bis in große Tiefen die Böden des Tertiärs (Obere Süßwassermolasse OSM). Innerhalb der tertiären Böden sind etwa horizontal verlaufende häufig wechselnde Schichtfolgen von Sand-, Ton-, Schluff- und in geringerem Umfang auch Kies bekannt. Stärker als im Quartär sind die Anteile der Kornfraktionen starken Schwankungen unterzogen und es ist sowohl mit scharfen Schichtgrenzen als auch mit Schichtübergängen und dem Auskeilen von Bodenschichten zu rechnen. Es sind Reliefunterschiede der Tertiäroberfläche von mehreren Metern innerhalb weniger Meter Horizontaldistanz bekannt und es können Rinnen, Mulden, Erhebungen oder überdeckte alte Terrassenstufen angetroffen werden. Die tertiären Sedimente weisen örtlich diagenetische Verfestigungen auf, können aber im oberen Bereich auch entfestigt bzw. umgelagert und aufgelockert sein.

Die vorgenannte Schichtenfolge wurde mit den durchgeführten Baugrundaufschlüssen im Wesentlichen bestätigt. Nachfolgend werden die bei der Baugrunderkundung angetroffenen Böden ihren bautechnischen Eigenschaften entsprechend zusammengefasst, beschrieben und beurteilt.

4.2 Schichtenfolge

Auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen kann der lithologische Aufbau des Untergrundes im Untersuchungsgebiet wie folgt vereinfacht dargestellt werden:

- Schicht (1): Oberboden
- Schicht (2): Talfüllungen
- Schicht (3): Tertiäre Tone und Schluffe

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass die ausgeführten Aufschlussbohrungen nur punktförmig über den Baugrund Aufschluss geben können. Der genaue Umfang mit Klassifizierungen ergibt sich erst im Zuge der Bauarbeiten. Daneben lassen sich allgemeine Schichtober- bzw. Schichtunterkanten nicht angeben, da die Schichtgrenzenverläufe unregelmäßig, entsprechend den Ablagerungsprozessen sind. Genauer lassen sich die Grenzen der Schichten nur an den einzelnen Bohrprofilen bestimmen.

4.2.1 Schicht 1: Oberboden

Mit den Kleinrammbohrungen wurde eine Oberbodenschicht bis ca. 1,2 m unter Ansatz erkundet. Tabelle 3 ist eine Übersicht der Mächtigkeit des in den Bohraufschlüssen erkundeten Oberbodens im Untersuchungsbereich zu entnehmen.

Tabelle 3: Erkundeter Oberboden im Untersuchungsbereich

Aufschluss	OK Oberboden ca. [m]	OK Oberboden ca. [mNN]	UK Oberboden unter Ansatz ca. [m]	UK Oberboden ca. [mNN]	Mächtigkeit ca. [m]
RKS 1	0,0	512,76	1,2	511,6	1,2
RKS 2	0,0	512,92	1,1	511,8	1,1
RKS 3	0,0	513,2	0,8	512,4	0,8
RKS 4	0,0	514,14	1,0	513,1	1,0
RKS 5	0,0	514,92	1,1	513,8	1,1

Bei dem festgestellten Oberboden handelt es sich in den Aufschlüssen um schwach sandige und sandige Schluffe mit organischen Beimengungen (durchwurzelte obere Bodenzone). Die Konsistenz

des Oberbodens ist als weich zu beurteilen. Nähere Einzelheiten zum Oberboden können den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage 3 entnommen werden.

Die sondiertechnische Überprüfung der Schicht 1 mit der schweren Rammsonde bestätigt im Wesentlichen die in den Bohrungen angesprochene weiche Konsistenz der bindigen Böden.

Entsprechend der Beauftragung wurden die Oberböden orientierend auf die Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Schwermetalle im Feststoff überprüft und die Ergebnisse nach dem LVGBT (EPP) [U5] und nach dem LfW-Merkblatt 3.8/1 [U6] ausgewertet. Die Laborversuchsprotokolle mit Auflistung der Einzelparameter kann der Anlage 6 entnommen werden.

Tabelle 4: Zuordnung der chemischen Analytik nach EPP und LfW, Oberboden

Schicht 1: Oberboden					
Untersuchungsergebnisse an ausgewählten Stichproben, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller Belastungswerte dieser Bodenschicht erfassen.					
Bez. Probe:	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Maßgeblicher Parameter	Konzentration maßgeblicher Parameter [mg / kg TS]	Einstufung nach EPP [U7]	Einstufung nach LfW [U8]
RKS2 BP1	0,0-1,1	-	-	Z0	<HW1
RKS4 BP1	0,0-1,0	-	-	Z0	<HW1

4.2.2 Schicht 2: Talfüllungen

Mit den Kleinrammbohrungen wurden die Talfüllungen bis ca. 5,3 m unter Ansatz erkundet. Tabelle 5 ist eine Übersicht der Mächtigkeit der in den Bohraufschlüssen erkundeten Talfüllungen im Untersuchungsbereich zu entnehmen.

Tabelle 5: Erkundete Talfüllungen im Untersuchungsbereich

Bohrung	OK Talfüllung unter Ansatz ca. [m]	OK Talfüllung unter Ansatz ca. [m NN]	UK Talfüllung unter Ansatz ca. [m]	UK Talfüllung unter Ansatz ca. [m NN]	Mächtigkeit ca. [m]
RKS 1	1,2	511,6	4,1	508,7	2,9
RKS 2	1,1	511,8	4,3	508,6	3,2
RKS 3	0,8	512,4	5,3	507,9	4,5
RKS 4	1,0	513,1	4,3	509,8	3,3
RKS 5	1,1	513,8	2,5	512,4	1,4

Die Talfüllungen wurden in den Kleinrammbohrungen meist in Form von schwach sandigen bis sandigen Tonen angetroffen. Verbreitet wurden auch schwach bis stark organische Nebenanteile

festgestellt. Untergeordnet wurden an der Basis der Talfüllungen in einer dünnen Lage auch Kiesboden mit stark sandigen und schwach schluffigen Nebenanteilen erbohrt. Die Konsistenz der bindigen Böden wurde im Feld meist als weich und breiig bis weich angesprochen. Nähere Einzelheiten zu den Talfüllungen können den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage 3, den bodenmechanischen Analyseergebnissen in Anlage 5 und den chemischen Analyseergebnissen in Anlage 6 entnommen werden.

In den Talfüllungen wurde Grundwasser in allen Aufschlüssen angetroffen. Grundwasser wurde in den Bohrungen in ca. 0,5-1,8 m unter Ansatzpunkt angetroffen. (Einzelheiten siehe Kap. 6).

Die Ergebnisse der labortechnischen Ermittlung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 an 4 Proben aus der Schicht 2 kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 6: Siebanalysen Talfüllungen

Schicht 2: Talfüllungen					
Untersuchungsergebnisse an einer ausgewählten Stichprobe, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller anstehenden Böden dieser Bodenschicht erfassen.					
Proben- bezeichnung	Tiefe m u. GOK	Feinstkornanteil Ø < 0,002 mm [Gew.-%]	Feinkornanteil Ø > 0,002 mm Ø < 0,063 mm [Gew.-%]	Sandkornanteil Ø > 0,063 mm Ø < 2 mm [Gew.-%]	Kieskornanteil Ø > 2 mm [Gew.-%]
RKS 1 BP 2	1,2-2,0	25,2	59,9	14,9	-
RKS 2 BP 3	2,0-3,0	16,8	61,9	21,3	-
RKS 3 BP 3	1,3-2,8	10,3	28,0	55,1	6,6
RKS 4 BP 3	2,2-4,3	7,2	77,6	11,3	3,9

Die bindigen Bereiche der Talfüllungen sind aufgrund von Erfahrungswerten als sehr schwach durchlässig mit Durchlässigkeitsbeiwerten von ca. $k < 1 \cdot 10^{-7}$ m/s einzustufen. Nicht bindige und gemischtkörnige Zonen werden in Anlehnung an DIN 18130 als stark bis schwach durchlässig eingeschätzt. Für eine genaue Bestimmung der Durchlässigkeiten sind im Einzelfall in-situ Versuche durchzuführen.

Tabelle 7 können die im Labor nach DIN 18 122 ermittelte Zustandsgrenzen für 4 untersuchte Bodenproben der Schicht 2 entnommen werden.

Tabelle 7: Zustandsgrenzen Talfüllungen

Schicht 2: Talfüllungen						
Untersuchungsergebnisse an einer ausgewählten Stichprobe, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller anstehenden Böden dieser Bodenschicht erfassen.						
Bohrung	Tiefe m u. GOK	Wp [%]	Wl [%]	lc [-]	Konsistenz DIN 18 122	Bodengruppe DIN 18 196
RKS 1 BP 2	1,2-2,0	26,48	72,73	ca. 0,5	breiig bis weich	TA
RKS 2 BP 3	2,0-3,0	35,75	70,1	0,55	weich	OT
RKS 3 BP 3	1,3-2,8	25,71	68,65	0,56	weich	TA
RKS 4 BP 3	2,2-4,3	24,1	55,0	0,79	steif	TA

Tabelle 8: Glühverluste Talfüllungen

Schicht 2: Talfüllungen		
Untersuchungsergebnis an einer ausgewählten Stichprobe, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller anstehenden Böden dieser Bodenschicht erfasst.		
Bohrung	Tiefe unter GOK [m]	V_{gl} [%]
RKS 1 BP 2	1,2-2,0	10,62
RKS 1 BP 3	2,0-2,9	12,73
RKS 2 BP 4	3,0-4,0	7,58
RKS 3 BP 3	1,3-2,8	5,46

Die Untersuchungen von Bodenproben, z.B. aus den organischen Zonen, auf Betonaggressivität nach DIN 4030 wurden bisher nicht ausgeführt. Wir empfehlen, diese Untersuchungen aufgrund möglicher Expositionsklassen noch durchführen zu lassen.

Die sondiertechnischen Überprüfungen der Talfüllungen mit der schweren Rammsonde bestätigen mit geringen und sehr geringen Eindringwiderständen die meist weichen Konsistenzen an den frischen Proben.

Entsprechend der Beauftragung wurden die Talfüllungen orientierend auf die Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Schwermetalle im Feststoff überprüft und die Ergebnisse nach dem LVGBT (EPP) [U5] und nach dem LfW-Merkblatt 3.8/1 [U6] ausgewertet. Die Laborversuchsprotokolle mit Auflistung der Einzelparameter kann der Anlage 6 entnommen werden.

Tabelle 9: Zuordnung der chemischen Analytik nach EPP und LfW, Talfüllungen

Schicht 2: Talfüllungen					
Untersuchungsergebnisse an ausgewählten Stichproben, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller Belastungswerte dieser Bodenschicht erfassen.					
Bez. Probe:	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Maßgeblicher Parameter	Konzentration maßgeblicher Parameter [mg / kg TS]	Einstufung nach EPP [U7]	Einstufung nach LfW [U8]
RKS1 BP4	2,9-3,9	-	-	Z0	<HW1
RKS3 BP4	2,8-4,0	-	-	Z0	<HW1

4.2.1 Schicht 3: Tertiäre Tone und Schluffe

Unter den Talfüllungen wurden die Tertiären Schichten bis zur Endteufe der Aufschlüsse erkundet. Tabelle 10 ist eine Übersicht der Mächtigkeit der in den Bohraufschlüssen erkundeten tertiären Tone und Schluffe im Untersuchungsbereich zu entnehmen.

Tabelle 10: Erkundete tertiäre Tone und Schluffe im Untersuchungsbereich

Bohrung	OK Tertiäre Tone und Schluffe unter Ansatz ca. [m]	OK Tertiäre Tone und Schluffe unter Ansatz ca. [m NN]	UK Tertiäre Tone und Schluffe unter Ansatz ca. [m]	UK Tertiäre Tone und Schluffe unter Ansatz ca. [m NN]	Mächtigkeit ca. [m]
RKS 1	4,1	508,7	5,0*	507,8*	0,9*
RKS 2	4,3	508,6	6,5*	506,4*	2,2*
RKS 3	5,3	507,9	7,0*	506,2*	1,7*
RKS 4	4,3	508,8	7,0*	507,1*	2,7*
RKS 5	2,5	512,4	7*	507,9*	4,5*

*Unterkante nicht erreicht

Die Tertiären Tone und Schluffe wurden in den Kleinrammbohrungen überwiegend in Form von schwach sandigen bis sandigen Tonen angetroffen. Daneben wurden auch Sande mit schwach bis stark bindigen Nebenanteilen (Schluff und Ton) als Zwischenlage in den Tonen oder als Übergangsschicht zu den Talfüllungen erbohrt. In einem Fall wurde auch stark sandiger Kies erbohrt. Diese Schicht wurde aufgrund der Tiefenlage und Farbe nicht den Talfüllungen sondern den tertiären Böden zugeordnet. Die Konsistenz der bindigen Böden wurde im Feld meist als weich bis steif, steif und steif bis halbfest angesprochen. Nähere Einzelheiten zu den Tertiären Tonen und Schluffen können den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage 3 sowie den bodenmechanischen Analyseergebnissen in Anlage 5 entnommen werden.

In den tertiären Böden wurden mit dem ausgeführten Bohrverfahren keine weiteren Grundwasserstände festgestellt. Geringer verlehmt Bereiche, vorwiegend im Übergangsbereich zu den Talfüllungen zeigen jedoch häufig Aufweichungen (geringe Konsistenz) bzw. nasses Bohrgut. Mit zunehmender Bohrtiefe wurde das Bohrgut mit höheren Konsistenzen und zunehmend trocken angesprochen.

Die Ergebnisse der labortechnischen Ermittlung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 an 3 Proben aus der Schicht 3 kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 11: Siebanalysen Tertiäre Tone und Schluffe

Schicht 3: Tertiäre Tone und Schluffe					
Untersuchungsergebnisse an einer ausgewählten Stichprobe, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller anstehenden Böden dieser Bodenschicht erfassen.					
Proben- bezeichnung	Tiefe m u. GOK	Feinstkornanteil Ø < 0,002 mm [Gew.-%]	Feinkornanteil Ø > 0,002 mm Ø < 0,063 mm [Gew.-%]	Sandkornanteil Ø > 0,063 mm Ø < 2 mm [Gew.-%]	Kieskornanteil Ø > 2 mm [Gew.-%]
RKS 3 BP 7	5,3-6,5	18,2	71,3	9,9	0,6
RKS 5 BP 3	2,5-4,6	14,5	76,2	6,5	2,8
RKS 5 BP 4	4,6-6,2	4,8	87,4	7,4	0,4

Die meist bindigen Böden sind aufgrund von Erfahrungswerten als sehr schwach durchlässig mit Durchlässigkeitsbeiwerten von ca. $k < 1 \cdot 10^{-7}$ m/s einzustufen. Die tertiäre Tone und Schluffe dürften im vorliegenden Fall als Grundwasserhemmer fungieren (Einzelheiten siehe Kap. 6). Nicht bindige und gemischtkörnige Zonen werden in Anlehnung an DIN 18130 als stark bis schwach durchlässig eingeschätzt. Für eine genaue Bestimmung der Durchlässigkeiten sind im Einzelfall in-situ Versuche durchzuführen.

Tabelle 12 können die im Labor nach DIN 18 122 ermittelte Zustandsgrenzen für 3 untersuchte Bodenproben der Schicht 3 entnommen werden.

Tabelle 12: Zustandsgrenzen Tertiäre Tone und Schluffe

Schicht 3: Tertiäre Tone und Schluffe						
Untersuchungsergebnisse an einer ausgewählten Stichprobe, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller anstehenden Böden dieser Bodenschicht erfassen.						
Bohrung	Tiefe m u. GOK	Wp [%]	Wl [%]	Ic [-]	Konsistenz DIN 18 122	Bodengruppe DIN 18 196
RKS 3 BP 7	5,3-6,5	18,09	53,28	0,8	steif	TA
RKS 5 BP 3	2,5-4,6	22,97	61,75	0,75	weich bis steif	TA
RKS 5 BP 4	4,6-6,2	21,93	49,28	0,9	steif	TM/TA

Die Untersuchungen von Bodenproben auf Betonaggressivität nach DIN 4030 wurden bisher nicht ausgeführt. Wir empfehlen, diese Untersuchungen aufgrund möglicher Expositionsklassen noch durchführen zu lassen.

Die sondiertechnische Überprüfung der tertiären Tone und Schluffe mit der schweren Rammsonde (DPH) deuten ebenfalls auf steife bis halbfeste bzw halbfeste bis feste Konsistenzen der bindigen Böden hin. Mit den Rammsondierungen wurden damit teilweise höhere Konsistenzen als aus der Ansprache der frischen Proben in den Bohrungen festgestellt.

4.3 Baugrundbeurteilung und Klassifizierung der anstehenden Böden

Entsprechend den in Kapitel 4.2 beschriebenen Schichten können aufgrund der ausgeführten Untersuchungen und der örtlichen Erfahrungen die einzelnen zu erwartenden Bodenarten und ihre Eigenschaften wie folgt beschrieben, klassifiziert und in tabellarischer Form beurteilt werden. Eine genaue Abgrenzung der einzelnen Bodengruppen ist wegen der nur punktuellen Aufschlüsse, der heterogenen Zusammensetzung der Lockergesteine und des ausgeprägten Reliefs der Schichtgrenzflächen nur bedingt möglich.

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass die ausgeführten Aufschlussbohrungen nur punktförmig über den Baugrund und die Bodengruppen Aufschluss geben können. Der genaue Umfang mit Klassifizierungen ergibt sich erst im Zuge der Bauarbeiten.

Allgemein ist auf die große Wechselhaftigkeit und häufig enge Wechselfolge der unterschiedlich kornabgestuften Böden hinzuweisen. Bautechnisch wesentlich sind dabei vor allem die häufig auf enge Distanz wechselnden unterschiedlichen Tragfähigkeiten der Böden mit z. T. auch möglichen tiefreichenden Locker- und stärker kompressiblen Schwächezonen.

4.3.1 Schicht 1: Oberboden

Tabelle 13: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 1

Schicht 1: Oberboden	Beurteilung
Bodengruppen (DIN 18196)	OH
Konsistenz/ Lagerungsdichte	weich
Widerstände bei Ramm- und Rüttelarbeiten	leicht bis mittel
Wasserdurchlässigkeit und grob abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwerte k	durchlässig bis schwach durchlässig, $k = 1 \cdot 10^{-5}$ bis $< 1 \cdot 10^{-6}$ m/s
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	gering bis mittel
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 09	F3
Scherfestigkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	gering bis mittel
kurzzeitige Standfestigkeit, z.B. bei Abgrabungen	mittel
Zusammendrückbarkeit (Angabe gemäß DIN18196)	groß bis mittel
Wiederverwendbarkeit als Erdbaustoff	nicht geeignet
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA-StB 97 und Verdichtungsfähigkeit	-
Eignung zur Abtragung von Bauwerkslasten	nicht geeignet

4.3.2 Schicht 2: Talfüllungen

Die Talfüllungen der Schicht 2 liegen nach den durchgeführten Feld- und Laborversuchen meist in weicher teilweise auch in breiiger Konsistenz vor und sind damit als gering tragfähig und als stark kompressibel einzustufen. Insbesondere das vorgefundene organogene Material in unterschiedlichen Anteilen ist sehr gering tragfähig und sehr stark kompressibel.

Die Böden der Schicht 2 machen grundsätzlich auch bei geringen Lasten zusätzliche Maßnahmen zur Abtragung von Bauwerkslasten erforderlich. Aufgrund der bekannten Eigenschaften von Talfüllungen muss mit sich schlagartig ändernden Zustandsformen bei geringsten Änderungen des Wassergehalts gerechnet werden. In Schicht 2 ist aufgrund des hohen bindigen Anteils und der damit einhergehenden geringen Durchlässigkeit unter statischer Last mit langanhaltenden Setzungen zu rechnen. Die gelösten Böden eignen sich nicht zum Wiedereinbau.

Die Rammbarkeit der Schicht 2 ist als überwiegend leicht bis mittel zu bewerten. In Bereichen mit höheren Konsistenzen können bei Rammarbeiten Zusatzmaßnahmen erforderlich werden. Grobeinlagerungen sind im Zuge unserer Untersuchungen nicht festgestellt worden, mit letzter Sicherheit können sie jedoch nicht ausgeschlossen werden. Wegen der meist ausgeprägt

plastischen Eigenschaften ergibt sich für die feinkörnigen Böden ein hohes Anhaftungs- und Verklebungspotential. Daneben sind die Böden auch stark wasser- und frostempfindlich.

Tabelle 14: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 2

Schicht 2: Talfüllungen	Beurteilung
Bodengruppen (DIN 18196)	SU*, TM, TA, ST*, UM, UA, OU, OT, OH, HZ, HN, auch TL, SU, ST
Lagerungsdichte/Konsistenz	breiig, weich
Widerstände bei Ramm- und Rüttelarbeiten	gering bis mittel
Wasserdurchlässigkeit und grob abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwerte k	durchlässig bis gering durchlässig $k = 1 \cdot 10^{-5}$ bis $< 1 \cdot 10^{-7}$ m/s
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	sehr groß bis mittel
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17	F3
Scherfestigkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	gering
kurzzeitige Standfestigkeit, z.B. bei Abgrabungen	mittel bis gering, unter Wassereinfluss sehr gering
Zusammendrückbarkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	mittel bis groß
Wiederverwendbarkeit als Erdbaustoff	überwiegend nicht geeignet
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA-StB 12 und Verdichtungsfähigkeit	V3
Eignung zur Abtragung von Bauwerkslasten	Wegen zu erwartender großer, ungleichmäßiger Setzungen und Gefahr von Sackungen nicht geeignet.

4.3.3 Schicht 3: Tertiäre Tone und Schluffe

Stehen die bindigen tertiären Böden in halbfester bis fester Konsistenz an, sind diese Böden als gering kompressibel und scherfest sowie für die Abtragung von Bauwerkslasten als geeignet anzusehen. Tertiäre Böden in steifer Konsistenz stellen einen gering bis mittel scherfesten, mäßig kompressiblen und mäßig tragfähigen Untergrund dar.

Die Konsistenz nimmt mit zunehmender Tiefe zu. Verfestigungen können nicht ausgeschlossen werden. Die Böden weisen erfahrungsgemäß häufig Konkretionen auf. Diese Kalkausfällungen innerhalb der Tone liegen im Bohrgut meist in Kieskorngöße vor und beeinflussen somit die Festigkeit nicht wesentlich. Flächenhaft vorliegende Konkretionsschichten in teils poröser Ausprägung können die Tragfähigkeit der Böden wesentlich negativ beeinflussen.

Bei nicht auszuschließenden Einlagerungen von Steinen und Blöcken insbesondere im Schichtwechselbereich sowie diagenetisch verfestigten Zonen können Rammhindernisse auftreten, so dass rammunterstützende Maßnahmen sowie Austauschbohrungen bzw. das Verschieben von z.B. Spundwandtrassen erforderlich werden können.

Tabelle 15: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 3

Schicht 3: Tertiäre Tone und Schluffe	Beurteilung
Bodengruppen (DIN 18196)	TM, TA, UM, ST, ST*, SU, SU*, GU, GU*
Lagerungsdichte / Konsistenz	steif, steif bis halbfest, tiefer auch halbfest
Widerstände bei Ramm- und Rüttelarbeiten	groß bis sehr groß
Wasserdurchlässigkeit und grob abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwerte k	sehr gering $k < 1 \cdot 10^{-7}$ m/s
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	gering bis mittel bis groß
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 09	F3, F2
Scherfestigkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	sehr gering bis groß
kurzzeitige Standfestigkeit, z.B. bei Abgrabungen	mittel bis groß
Zusammendrückbarkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	sehr groß bis gering bis mittel
Wiederverwendbarkeit als Erdbaustoff	Eingeschränkt bis nicht geeignet
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA-StB 97 und Verdichtungsfähigkeit	V3
Eignung zur Abtragung von Bauwerkslasten	geeignet

4.4 Homogenbereiche

Zur Festlegung von Homogenbereichen wird eine enge Abstimmung zwischen Planung, Bauherr und Geotechnikum nach Vorliegen der Ausführungsdetails im Rahmen der Erstellung einer Ausschreibungsunterlage empfohlen.

5 Bodenkenngrößen und Erdbebenwirkung

5.1 Bodenrechenwerte

Auf der Grundlage der Erkundungsergebnisse im Untersuchungsgebiet, der Ergebnisse der Laborversuche, der DIN 1055 und der Erfahrungen mit vergleichbaren Böden können nachfolgend die in Tabelle 16 zusammengefassten charakteristischen Bodenkenngrößen für die beschriebenen Hauptbodenarten angesetzt werden. Die Werte gelten für ungestörte Lagerungsverhältnisse ohne baubedingte Auflockerungen oder Vernässungen. Im Regelfall kann mit Mittelwerten gerechnet werden. Grundbruchnachweise sind mit den ungünstigsten Rechenwerten durchzuführen. Um einen Überblick über die Schwankungsbreite der wahrscheinlichen Setzungen und über mögliche Setzungsunterschiede zu erlangen, sollten Setzungsberechnungen grundsätzlich mit beiden Grenzwerten der angegebenen Bodenkenngrößen durchgeführt werden. In kritischen Fällen sollten die jeweils ungünstigsten Werte für Berechnungen herangezogen werden.

Tabelle 16: Bodenkenngrößen (Rechenwerte)

Schicht	Wichte		Reibung cal ϕ' [°]	Kohäsion		Steifemodul E_s [MN/m ²]
	cal γ [kN/m ³]	cal γ' [kN/m ³]		cal.c' [kN/m ²]	c_u	
Schicht 2, Talfüllungen weich	10-20 i.M. 17	1-10 i.M. 7	0–20 *	0–5 *	10–60 *	0,5-7 *
Schicht 3, Tertiäre Tone und Schluffe, mind. steif	18-20 i.M. 19	8-10 i.M. 9	17–25 i.M. 22	5-20 i.M. 10	20-60 i.M. 30	5-15 i.M. 8
Tertiäre Schluffe und Tone halbfest	19-22 i.M. 20	9-12 i.M. 10	20–25 i.M. 25	10-30 i.M. 20	60-200 i.M. 100	30 - 80 i.M. 50

*je nach örtlicher Ausbildung und Konsistenz

5.2 Erdbebenwirkung

Nach DIN 4149 liegt der Untersuchungsbereich in keiner Erdbebenzone. Da die Gefährdung durch Erdbeben in diesem Bereich gering ist, kann dort nach DIN 4149 auf den Ansatz einer Beschleunigung verzichtet werden.

6 Hydrogeologische Verhältnisse

Mit den ausgeführten Bohrungen wurden im Untersuchungsgebiet die folgenden Grundwasserstände angetroffen:

Tabelle 17: Angebohrte Grundwasserstände

Bohrung	GW angebohrt ca. (m u. GOK)	GW angebohrt ca. (m NN)	GW eingespiegelt ca. (m u. GOK)*	GW eingespiegelt ca. (m NN)	Bemerkung
RKS 1	0,8	512,0	0,8	512,0	03.12.2020
RKS 2	0,7	512,2	0,7	512,2	02.12.2020
RKS 3	0,5	512,7	0,5	512,7	02.12.2020
RKS 4	1,5	512,6	1,5	512,7	02.12.2020
RKS 5	1,8	513,1	1,8	513,1	02.12.2020
Graben östlich	-	-	-	511,2	Grabenwasserstand 03.12.2020
Graben südlich	-	-	-	512,2	Grabenwasserstand 02.12.2020

*unverrohrtes Bohrverfahren, größere Abweichungen bei den Wasserstandmessungen möglich

Mit den Untersuchungen wurden Grundwasserstände vorwiegend im Bereich der Talfüllungen angetroffen. Grundwasseranstiege wurden nicht dokumentiert. Wir erwarten ein hangparalleles Grundwassergefälle hin zu den angrenzenden Bachläufen. Wie stark das Grundwassergefälle im Bereich der Hanglage ist, kann anhand der gewonnenen Daten nicht näher abgeschätzt werden. Wir erwarten, dass das Grundwasser in den Talfüllungen zirkuliert und nur ein Grundwasserhorizont oberhalb der tertiären Tone und Schluffe vorhanden ist.

Die tertiären Tone und Schluffe können als grundwasserhemmende Schicht angesehen werden. Nachdem diese Schicht in allen Bohrungen angetroffen wurde, gehen wir von einer flächig vorhandenen Grundwasser hemmenden Schicht aus.

Die Talfüllungen sind mit ihrem unterschiedlichen Verlehmungsgraden im vorliegenden Fall als gering bis stark durchlässig einzustufen. Für eine Auswertung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Schichtdurchlässigkeiten (z.B. berücksichtigung der Feinschichtung) sind aufwändigere Pumpversuche und längere Pumpzeiten erforderlich.

Die Abflussverhältnisse im Untersuchungsgebiet dürften für das Grundwasser durch die angrenzenden Bachläufe geprägt sein. Kleinräumig können Schichtwechsel innerhalb der Schicht 2 zu anderen Abflussrichtungen führen. Das Grundwasser kann bei gering durchlässigen, bindigen Schichten über gut durchlässigen, nicht bindigen Schichten gespannt sein.

Längerfristige Grundwasserbeobachtungen für das Untersuchungsgebiet liegen nicht vor, sodass anhand der vorliegenden Daten nicht abgesichert auf höchste und mittlere Grundwasserdaten geschlossen werden kann. Da es sich bei den Aufschlüssen um punktuelle und zeitweilige

Informationen über den Untergrunderbau und die Grundwasserverhältnisse handelt, können aufgrund der wechselnden Untergrundverhältnisse keine Angaben über z.B. sich einstellende Wasserstände oder Ergiebigkeiten von evtl. Grundwasserleitern gegeben werden.

Die Wechselfolge von bindigen, nicht bindigen und gemischtkörnigen Böden kann lokal auch zur Ausbildung von Stauhorizonten führen, auf denen sich Oberflächenwasser oder Niederschlagswasser stauen kann. Aufgrund der ausgeprägten Geländemorphologie ist besonders nach Niederschlagsereignissen die langandauernde Speisung durchlässiger Horizonte (z.B. gemischtkörnige Böden) mit nachströmendem Schichtenwasser möglich. Zudem können sich aufgrund der inhomogenen Verhältnisse bei solchen Verhältnissen Druckwasserspiegel (gespanntes Grundwasser) in allen Tiefen ausbilden. Die Druckhöhe solcher Zustände lässt sich mit den ausgeführten Untersuchungen nicht bestimmen. Ob sich durch die Geländemorphologie auch noch höhere Grundwasserstände oder Grundwasserdruckniveaus einstellen, können kann auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungen nicht abgeschätzt werden.

Für die gestellte Bauaufgabe können nähere Grundwasseraufzeichnungen, wenn möglich über längere Zeiträume, jedoch von Bedeutung sein. Dies trifft insbesondere auch auf die höchsten zu erwartenden Grundwasserstände zu. Genauere Angaben zu den Grundwasserständen und zu den Grundwasserschwankungen im Untersuchungsgebiet lassen sich nur über Grundwassermessstellen und deren längerer Beobachtung festlegen. Insgesamt ist in allen Bereichen des Baugebiets mit Grundwasserständen im Bereich der Geländeoberkante zu rechnen. Auch Druckanstiege bis über die vorhandene Geländeoberkante können nicht ausgeschlossen werden.

Grundsätzlich unterliegen die Grundwasserstände nicht nur jahreszeitlich niederschlagsbedingten Schwankungen, sondern auch großräumigen natürlichen Veränderungen sowie anthropogen verursachten Einflüssen, so dass in Abhängigkeit davon und je nach Jahreszeit und Niederschlag längerfristig Wasserzuflüsse aus allen stärker sandigen und kiesigen Schichten zu erwarten sind. Zu berücksichtigen ist bei der Festlegung der Bemessungswasserstände weiter, dass in jüngster Zeit klimabedingt auch die Niederschlagsspitzen angestiegen sind und der oberirdische Zufluss ebenfalls eine Gefährdung darstellen kann. Die Festlegung des Bemessungswasserspiegels sollte daher je nach dem Sicherheitsbedürfnis des Bauherrn erfolgen.

7 Folgerungen für die Baumaßnahme

7.1 Gründung Gebäude

Nähere Angaben zu den geplanten Gründungselementen liegen derzeit noch nicht vor. In [U1] wurden für den Baukörper Bereiche übermittelt in denen derzeit die Gründungselemente angedacht sind. Die Gründungskoten des Baukörpers werden nach [U1] im Bereich von ca. 513-512,5 mNN angenommen. Die Gründungselemente in diesen Tiefen liegen somit innerhalb der gering tragfähigen Talfüllungen, Schicht 2. Hangseitig liegen die Gründungskoten im Übergangsbereich der Talfüllungen zu den unterlagernden tertiären Tonen und Schluffen (vgl. RKS 5). Mit den Baugrunduntersuchungen wurde innerhalb der Talfüllungen und an der Oberkante der Tertiären Tone und Schluffe geringe Konsistenz festgestellt, was auf hohe Kompressionseigenschaften dieser Böden hindeutet. Bei geringen Restmächtigkeiten dieser bindigen Böden unterhalb der geplanten Gründungskoten empfiehlt es sich zur Vergleichmäßigung der Auflagerbedingungen sowie zur Reduzierung von Verformungen, diesen Bereich abzutragen und gegen geeignetes Material (z.B. GI, GW) auszutauschen, sodass der Lastabtrag in den mindestens steifen bindigen Böden erfolgt. In mindestens steifen bindigen Böden kann die Lastabtragung über Streifen- und Einzelfundamente und über lastabtragende Sohlplatten erfolgen. Voraussetzung hierfür ist eine geringstmögliche Störung bzw. Auflockerung der Gründungsböden, wie dies durch eine nur kurzfristige abschnittsweise Freilegung der Baugrubensohle und einen schonenden Aushub (z.B. rückschreitender Aushub) sowie durch Nachverdichtung der Baugrubensohle, erreicht werden kann. Vorhandene, gering tragfähige Böden müssen entweder verbessert oder gegen gut verdichtetes, sandiges Kiesmaterial ausgetauscht werden.

Talseitig liegen die angenommenen Gründungskoten nahe der Geländeoberfläche und damit überwiegend in den Talfüllungen. Diese Böden sind für einen Lastabtrag aus Bauwerkslasten ohne Zusatzmaßnahmen ungeeignet. Für die Gründung des Baukörpers nahe der Geländeoberfläche stehen als Zusatzmaßnahmen mehrere Varianten zur Wahl. Aufgrund des frühen Planungsstadiums werden im Folgenden einige technische Verfahren beispielhaft aufgeführt. Wir empfehlen für die Verfahrensauswahl die Planungen zu vertiefen und das Gründungsverfahren auf der Grundlage einer Risikoabwägung und eines Wirtschaftlichkeitsvergleichs vorzunehmen.

Gründung mittels Erdbauverfahren

Bei diesem Verfahren werden die gering tragfähigen Schichten teilweise oder vollständig ausgetauscht. Aus wirtschaftlichen Gründen dürfte ein Vollaustausch der Talfüllungen vermutlich nicht in Frage kommen. Bei einem Teilaustausch verbleiben Reste der gering tragfähigen Böden im Untergrund. Aufgrund der teils hohen organischen Nebenbestandteile in den Talfüllungen, auch bis in größere Tiefen, wird diese Variante wegen der zu erwartenden hohen Verformungen nicht empfohlen.

Gründung mittels Flächengründung (z.B. Brunnengründung)

Eine sichere Gründung mit geringeren Verformungen ist erst mit Erreichen der Schicht 3 und einer Einbindung in diese Schicht ab ca. 3,5 bis 5,5 m unter GOK möglich. In diesem Fall wären die gering tragfähigen Böden mit den Gründungselementen zu durchfahren und Lasten in die mindestens steifen Böden der Schicht 3 abzutragen. Technisch und wirtschaftlich eignen sich dafür z.B. Brunnen oder Betonpfeilergründungen.

Bei einer Brunnengründung erfolgt der Aushub des nicht tragfähigen Materials im Schutze von Schachtringen, die im Bereich der Fundamente bis in die steifen Tertiärböden abgesenkt werden und nach sorgfältiger Säuberung der Sohle ausbetoniert werden. Aufgrund der erforderlichen Aushubtiefen von bis ca. 5 m ist diese Variante jedoch bautechnisch anspruchsvoll (Grundwasser, nicht standfeste Böden) und sollte ausschließlich von erfahrenen Firmen ausgeführt werden. Hierfür sind entsprechende Referenzen vorzulegen. Große Aufmerksamkeit sollte im Weiteren den weichen Böden der Schicht 2 gewidmet werden. Diese gering konsistenten Böden können beim Absenken zum Verkanten und Verkappen der Schachtringe führen. Bedingt durch die zwischen den Brunnen verbleibenden gering tragfähigen Böden sind für die erforderliche Bodenplatte gesonderte Überlegungen erforderlich. Technisch wäre die freitragende Ausbildung von Fußböden möglich. Diese müssten dann ggf. auf zusätzliche Stützpunkte aufgelegt werden.

Bei Gründung über Brunnenringe kann zur Bemessung der Fundamente bei Einbindung in Schicht 3, bei mindestens steifer Konsistenz die Tabelle A 6.8 der DIN 1054:2010-12 für steife Konsistenz zugrunde gelegt werden. Die zu erwartenden Setzungen werden je nach Last im Bereich von etwa 2 - 4 cm erwartet. Bei wesentlicher gegenseitiger Beeinflussung benachbarter Fundamente oder bei Überlagerung mit anderen Lasteinflüssen sowie wesentlich größeren Fundamenten können sich die Setzungen vergrößern. Auf eine sichere Einbindung in die tertiären Böden ist zu achten. Aufgrund der teilweise noch geringen Konsistenzen an der Oberfläche der Schicht 3 empfehlen wir, die Gründung auf Grundlage von Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsberechnungen zu dimensionieren.

Tiefgründung

Als Tiefgründungsverfahren eignen sich z.B. gerammte bzw. gebohrte Pfahlelemente. Je nach Pfahlsystem ist die Herstellung dieser Pfähle und der Nachweis der Tragfähigkeit anhand von Eignungsversuchen auf der Baustelle bzw. anhand von Ergebnissen vergleichbarer Untergrundverhältnisse und Pfahllasten bzw. auf der Grundlage von Erfahrungswerten zu ermitteln. Auf die Angabe von Pfahltragfähigkeitswerten wird derzeit verzichtet, da diese in erster Linie auch vom anzuwendenden Pfahlsystem abhängen. Sofern im Zuge der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ein Pfahlsystem ausgewählt wurde können von uns die entsprechenden Kennwerte nach Prüfung der Eignung des Pfahlsystems zugearbeitet werden.

Sofern die Bemessung größere Pfahllängen als die durch unsere Baugrunderkundung aufgeschlossenen Tiefen erfordert, ist eine Aufschlussbohrung mit entsprechender Tiefe auszuführen.

Baugrundverbessernde pfahlähnliche Elemente (gerammt, gebohrt) sollten auf ihre Wirtschaftlichkeit hin gesondert überprüft werden. Häufig werden die Bauteile mit schwerem Gerät ausgeführt so dass im Vorfeld besondere Maßnahmen zur Erreichung der Befahrbarkeit zu ergreifen sind.

Bei der Ausführung von Rammarbeiten wird darauf hingewiesen, dass Erschütterungen auf ein bauwerksverträgliches Maß reduziert werden müssen. Hier wird auf DIN 4150 verwiesen. Bei Ausführung von Tiefgründungsmaßnahmen wird empfohlen die Bodenplatte freitragend auszuführen.

Allgemein für alle Gründungsvarianten

Dort, wo unterschiedliche Gründungstiefen vorliegen, sind die Fundamente entsprechend abzutrepfen. Abtreppungen sind nicht steiler als 35° gegen die Horizontale zu wählen. Anderenfalls ist der Lasteinfluss aus höher liegenden Fundamenten auf tiefer liegende Fundamente zu berücksichtigen.

Zur Vermeidung von Rissen infolge unterschiedlicher Baugrundverformungen sind Bewegungsfugen mit ausreichender Fugenbreite zwischen unterschiedlich hoch belasteten sowie unterschiedlich tief gegründeten Baukörpern vorzusehen.

Im Bereich benachbarter baulicher Anlagen sind die Forderungen der DIN 4123 einzuhalten. Insbesondere bei Ausschachtungsarbeiten im Bereich der Bestandsbebauung ist beim Aushub auf eine ausreichende Grundbruchsicherheit der Bestandsfundamente zu achten.

Sämtliche Aushubsohlen sind intensiv mit geeignetem Verdichtungsgerät nach zu verdichten.

7.2 Gründung Verkehrs- und Freiflächen

Bei der Festlegung des frostsicheren Oberbaus kann auf die Standardbauweisen nach RStO 12 zurückgegriffen werden. Die endgültige Gesamtdicke des Oberbaus kann in Anlehnung an die RStO, Fassung 2012 durch die Mehr- oder Minderdicken des frostsicheren Oberbaus infolge örtlicher Verhältnisse bestimmt werden. Nach RStO / ZTVE liegt das geplante Bauvorhaben in der Frosteinwirkungszone 2.

Bei einer Gründung nahe der Geländeoberfläche wird die Gründung überwiegend in den festgestellten Talfüllungen zu erfolgen haben. Oberböden sind zu entfernen. Gemäß ZTVE-StB ist

bei frostempfindlichem Untergrund bzw. Unterbau auf dem Planum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erforderlich. Es ist davon auszugehen, dass in den Talfüllungen (Schicht 2) dieser Mindestverformungsmodul nicht ohne zusätzliche Maßnahmen erreicht werden kann. Hier sind zusätzliche Maßnahmen wie z.B. Gründung über Kiespolster erforderlich.

Als technisch geeignetes Verfahren wird im Bereich der Deckschichten vorliegend die Gründung auf einem Bodenaustauschpolster empfohlen. Allgemein sollten die Bodenaustauschdicken planungsgemäß ca. 0,5-1,0 m nicht unterschreiten und eine seitliche Verbreiterung von 45° aufweisen. Die endgültige Mächtigkeit kann bauseits mit Aufnahme der Erdarbeiten anhand von Einbauversuchen (Lastplattendruckversuche) zweckmäßig unter Einschaltung eines Baugrundsachverständigen optimiert werden. Darüber hinaus sollte das Planum durch einen Sachverständigen für Geotechnik abgenommen werden um ggf. über einen tiefer reichenden Bodenaustausch zu entscheiden.

7.3 Baugrube

Nach derzeitigen Planungsstand sind keine tiefen Baugruben geplant.

In mindestens steifen Böden und oberhalb des Grundwasserspiegels können weniger als 5 m hohe Böschungen gemäß DIN 4124 unter einem Winkel von maximal 45° zur Horizontalen ausgebildet werden. Bei den angetroffenen teils breiigen Zonen und bei Auftreten von Wasserzutritten, sind diese Böschungen weiter abzuflachen oder zu sichern bzw. zu verbauen. Die Böschungen sind in jedem Fall gegen Oberflächenerosion und konzentriert eindringendes Niederschlagswasser zu schützen. Bei mehr als 5 m Böschungshöhe oder bei dauerhaften Böschungen ist die Standsicherheit der Böschung rechnerisch z.B. nach DIN 4084 nachzuweisen. Sind auf bzw. neben der Böschung Lasten zu berücksichtigen (z.B. Baustofflager, Baustelleneinrichtung, Kran, sonstige Verkehrslasten) oder liegen Böschungen im Einflussbereich von Bauwerkslasten oder Grundwasser, so sind hierfür unter Berücksichtigung der Verkehrs- bzw. ständigen Lasten bzw. von Grundwassereinfluss ebenfalls Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4084 erforderlich.

Allgemein ist bei der Herstellung von Baugruben auf gering standfeste Bodenarten zu verweisen. Sollten während der Erdarbeiten fließende bzw. nicht standfeste Bodenschichten angetroffen werden, so sind dort die Böschungen den geostatischen Erfordernissen entsprechend anzupassen und/oder anderweitig zu sichern. Im Zweifelsfall ist der Verfasser des geotechnischen Berichts rechtzeitig einzuschalten. Alle Böschungen sollen vor Erosion geschützt werden (Folien, Spritzbeton). Die Arbeiten zur Herstellung von Böschungen sind sorgfältig auszuführen, um schädliche Auswirkungen auf die Böschungsstandsicherheit zu vermeiden und um ggf. rechtzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

7.4 Wasserhaltung

Es wird empfohlen, Baugruben die bis in das Grundwasser reichen möglichst zu vermeiden. Anfallende Oberflächen- und Schichtenwässer können z.B. mittels filterstabiler Dräns gefasst und abgeleitet werden. Der genaue Umfang dieser Maßnahmen lässt sich im Vorfeld nur ungenau abschätzen, da derzeit keine Anhaltswerte über den Anfall und die Ergiebigkeit der schichtwasserführenden Bereiche vorliegen. Grundsätzlich sind die weit verbreitet angewendeten offenen Grundwasserabsenkungen mittels Dräns und Pumpensümpfen möglich. Für die Ermittlung der abzuleitenden Grundwassermengen sollte ein Durchlässigkeitsbeiwert von:

$$k = 1 \times 10^{-4} \text{ m/s für sandige Bereiche (Schicht 2)}$$

nicht unterschritten werden. In stärker bindigen Sanden und in den tertiären Schluffen Tonen ist bei der Wasserhaltung Vakuumunterstützung erforderlich.

Wasserhaltungsmaßnahmen sowie die erforderliche Wiederversickerung oder Einleitung der Pumpwässer in einen Vorfluter stellen grundsätzlich einen Eingriff in den Grundwasserhaushalt dar. Eine möglichst frühzeitige Abstimmung der Wasserhaltungs- und Versickerungs- bzw. Einleitungsmaßnahmen mit dem zuständigen Wasserwirtschaftsamt im Zuge der wasserrechtlichen Genehmigung ist daher zu empfehlen.

Des Weiteren ist sowohl für den Bau- als auch für den Endzustand die Auftriebsicherheit der Baugrubensohle zu gewährleisten.

8 Hinweise zur Planung und Ausführung

8.1 Allgemeines

Grundsätzlich sind z. B. folgende DIN-Vorschriften und Richtlinien für die geplante Baumaßnahme zu beachten:

- DIN 1054 Baugrund-Sicherheitsnachweise im Erd- Grundbau
- DIN 4017 Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen
- DIN 4123 Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude
- DIN 4124 Baugruben, Gräben
- DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen
- DIN 4095 Dränung zum Schutz baulicher Anlagen
- DIN 18533 Bauwerksabdichtungen
- Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB)
- FGSV, Merkblätter für die Hinterfüllung von Bauwerken und Bodenverdichtung im Straßenbau

8.2 Erdbau

Es ist zu beachten, dass die erkundeten Böden stark wasser- und frostempfindlich sind. Bei Arbeiten in der kalten Jahreszeit sind Vorkehrungen zu treffen, dass Niederschlagswasser und Frost nicht in den Baugrund eindringen können, da sonst Aufweichungen bzw. Frosthebungen in der Baugrubensohle möglich sind, die zu Auflockerungen und einer Verminderung der Tragfähigkeit führen können. Es ist dafür zu sorgen, dass bindige Böden nicht ungeschützt liegen bleiben, da sich bei der Einwirkung von Luft und Wasser ihre bodenmechanischen Eigenschaften weiter verschlechtern. Es muss deshalb darauf geachtet werden, dass nur so große Flächen freigelegt werden, die umgehend überbaut werden können.

Freigelegte Gründungssohlen und Erdplanien sind nach erfolgtem Bodenaushub generell intensiv nachzuverdichten. Hierbei ist das Verdichtungsgerät auf die Untergrundverhältnisse abzustimmen. Ungeeignete, vernässte und aufgeweichte Böden, wie z. B. Auffüllungen, bindige und nicht bindige Böden in den Gründungssohlen sind durch geeignetes, gut verdichtetes Ersatzmaterial wie z. B. kornabgestufter Kiessand (Bodengruppe GW der DIN 18196) auszutauschen. Das Bodenaustauschmaterial ist in Lagen von nicht über 30 cm Dicke einzubauen und lagenweise auf mindestens ≥ 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Lastausbreitung sollte eine Verbreiterung des Austauschmaterials mit zunehmender Tiefe unter einem Winkel von 45° gegen die Horizontale vorgenommen werden. Beim Austausch mit Magerbeton kann die Verbreiterung entfallen. Der Einbau und das Verdichten von Bodenaustauschmaterial sollte in der trockenen Baugrube erfolgen. Unmittelbar nach Durchführung und Überprüfung der Verdichtung empfiehlt sich das Aufbringen einer mindestens 5 cm dicken

Magerbetonschutzschicht zur Sicherung gegen eine evtl. Störung und Auflockerung der Gründungssohle.

Bei den Aushubarbeiten empfiehlt sich ein rückschreitender Aushub mit dem Glattlöffel und mit Schüttung von Bodenaustausch vor Kopf, um Störungen der Sohlen zu minimieren.

Weiter wird auf eine ausreichende Kornfilterstabilität zwischen allen Schichtlagen verwiesen. Ferner empfehlen wir, Baugrubensohlen fachtechnisch abnehmen zu lassen. Wir halten dies insbesondere deshalb für notwendig, da die gesamte Fläche nur mit stichprobenartig angesetzten Bohrungen und Sondierungen untersucht werden konnte und zwischen den Untersuchungspunkten befindliche punkt- und linienförmige Störungen nur zufällig gefunden werden können. Allgemein wird eine baubegleitende geotechnische Beurteilung der Aushubsohlen empfohlen.

Aufgrund der nahe an der Oberfläche anstehenden, teils weichen Böden ist beim Befahren des Grundstücks mit Baumaschinen mit Erschwernissen zu rechnen. Für die Herstellung geeigneter Arbeitsplattformen und Baustraßen ist mit der Lieferung von ausreichend Standfesten und verdichtbaren Material zu rechnen.

Geländeanhebungen, in denen Gründungen zu erfolgen haben, sollten ebenfalls mit gut standfestem und verdichtbarem Liefermaterial ausgeführt werden. Baupraktisch günstig könnte im vorliegenden Fall das Einarbeiten aus grobstückigem Material (Schroppen, Siebschutt) sein. Die intensive Kontrolle der Verdichtung während des Einbaus wird dringend empfohlen.

Aufgrund der hohen Wasserempfindlichkeit der Talfüllungen ist dafür Sorge zu tragen, dass auch im Endzustand kein Wasser (z.B. Oberflächenwasser) bis in den Fundamentbereich eindringen kann, da sonst mit erheblichen Aufweichungen und großen Verformungen zu rechnen ist.

8.3 Wiederverwendbarkeit von Aushubmaterial

Bindiges und feinkörniges Aushubmaterial ist nur eingeschränkt, in der vorliegenden Form mit organischen Nebenbestandteilen zum Wiedereinbau nicht geeignet. Sollten wider Erwarten größere Mengen an gering verlehnten Material anfallen können diese zum Wiedereinbau gelangen.

Böden mit hohem Feinkorngehalt dürften wegen ihrer hohen Anforderungen hinsichtlich der Aufbereitung zum Wiedereinbau (z.B. opt. Wassergehalt) für die Wiederverwendung nicht bzw. nur eingeschränkt geeignet sein. Lediglich in untergeordneten Bauteilen und bei Akzeptanz größerer Setzungen und Sackungen können sie nach entsprechenden Prüfungen z.B. in Abkommens- und Lärmschutzwälle eingebaut werden.

Bei den Aushubarbeiten ist besonders darauf zu achten, dass keine Vermischung mit ungeeigneten (u.a. Auffüllmassen mit Fremdeinlagerungen, Deckschichten) Material erfolgt. Beim Antreffen von

Verunreinigungen in Form von anthropogenen Resten (Bauschutt, Holz, Metall u.a.) innerhalb von Auffüllungen, sind diese Aushubmassen getrennt zu lagern und nicht für den Wiedereinbau vorzusehen. Der zum Wiedereinbau gelangende Baustoff ist gleichmäßig in Lagen < 0,3 m einzubauen und sorgfältig zu verdichten. Bei Verdichtungsarbeiten ist die ZTVE-StB 17 zu beachten. Bei Zwischenlagerung ist das Aushubmaterial gegen Witterungseinflüsse zu schützen.

8.4 Chemische Analytik des Bodens mit Bewertung

Nach den bisherigen orientierenden Umweltuntersuchungen ist für die geprüften Böden nicht mit kontaminiertem Aushub zu rechnen. Für die ordnungsgemäße Verwertung / Entsorgung von Aushubmaterial sind insbesondere die Z-Werte des LVGBT (EPP) maßgeblich. Nach den Ergebnissen der chemischen Analytik sind folgende Materialklassen zu erwarten:

Schicht 1 (Auffüllungen)

Material 1: Schadstoffgehalt Z 0

Grundsätzlich ist anzumerken, dass sich die vorgenommenen Einstufungen des Bodenaushubs (Auffüllung) nach EPP bei einer abschließenden Deklarationsanalytik (vollständige Parameterliste, Feststoff und Eluat) des angefallenen Bodenaushubs (charakterisierende Beprobung des Haufwerks) nach oben bzw. nach unten verschieben kann. Für die abschließende Deklarationsanalytik sollte das Bodenmaterial auf Haufwerken gelagert und hinsichtlich seiner abfallrechtlichen Einstufung gemäß LAGA-Liste oder Eckpunktepapier, und der damit verbundenen Einbaufähigkeit bzw. hinsichtlich des Entsorgungsweges untersucht und bewertet werden. Bei der Zwischenlagerung sind die Haufwerke vor Witterungseinflüssen zu schützen und abzudecken.

Bei der Überschreitung des Hilfwertes 1 nach [U6] werden in der Regel weitere Untersuchungen erforderlich, um den Gefahrenverdacht einer möglichen Grundwasserverunreinigung auszuräumen oder zu bestätigen. Hierzu können z.B. die Eingrenzung der Schadstoffbelastungen, Ermittlung der Eindringtiefe der Kontaminationen, Elutionsverhalten der Schadstoffe mit abschließender Sickerwasserprognose erforderlich werden.

Abschließend möchten wir darauf hinweisen, dass diese Feststellungen auf der Grundlage einer stichprobenartigen, orientierenden Untersuchungsmaßnahme getroffen wurden. Eine abschließende Bewertung des gesamten Untersuchungsgeländes auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungsergebnisse ist nicht möglich.

8.5 Isolierung u. Trockenhaltung

Sämtliche unter das zukünftige Gelände einbindenden Bauteile müssen ausreichend isoliert werden. Hinweise und Ausführungsmöglichkeiten zur Isolierung geben DIN 18195 und 1045.

8.6 Frostsicherheit

Auf eine ausreichende Gründungstiefe aller Bauteile zur Vermeidung von Frostschäden wird hingewiesen. Bei einer Bauausführung in kalter Jahreszeit sind Maßnahmen gegen das Eindringen des Frostes in die frostgefährdeten Gründungsbereiche zu treffen.

8.7 Sicherheitsmaßnahmen

Bei allen Erd- und Gründungsarbeiten sind die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften zu beachten, vor allem die Sicherheitsvorschriften der Tiefbauberufsgenossenschaft und die Ausführung der DIN 4124, gegebenenfalls auch der DIN 4123. Generell gilt, dass im Bereich benachbarter baulicher Anlagen die Vorschriften der DIN 4123 zu beachten sind. Insbesondere bei Ausschachtungsarbeiten im Bereich von Bestandsbebauung ist beim Aushub auf eine ausreichende Grundbruchsicherheit der Bestandsfundamente zu achten.

8.8 Wiederverfüllung, Hinterfüllung

Zur Hinterfüllung und Verdichtung von Bodenmaterial hinter Bauwerksteilen sind die einschlägigen und erprobten Vorschriften z. B. der Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Merkblatt für die Hinterfüllung von Bauwerken, Köln, 1994, heranzuziehen. Auf eine ordnungsgemäße lagenweise Verfüllung und Verdichtung des hinterfüllten Bodenmaterials einschl. der durchzuführenden Verdichtungskontrolle ist zu achten.

8.9 Beweissicherung, Erschütterungsschutz

Wir empfehlen in Bereichen angrenzender Bebauungen, Nachbargrundstücke sowie Bestandsleitungen eine Beweissicherung durchzuführen, um eventuell später auftretende unberechtigte Schadenersatzansprüche abwenden zu können. In jedem Fall sind unzulässige Erschütterungen für die angrenzenden Gründungs-, Boden- und Baukörper wie auch Erschütterungen der benachbarten Gründungsböden zu vermeiden.

8.10 Versickerung von Oberflächenwasser, Niederschlagswasser

Eine Versickerung ist im Untersuchungsgebiet wegen der meist bindigen Böden stark eingeschränkt bzw. unmöglich. Es wird empfohlen, sämtliches anfallendes Wasser zunächst an den Bauwerken geschlossen zu sammeln und dann von den Bauwerken abzuleiten.

Die Bereiche, in denen eine Versickerung stattfinden soll, sind im Zuge der weiteren Planungen gezielt auf deren Eignung hin zu überprüfen. Dies kann bedeuten, dass Bereiche mit ungünstigen Versickerungseigenschaften bis zur Erreichung von Bereichen mit günstigen

Versickerungseigenschaften überbrückt werden müssen. Die Bemessung der Versickerung sollte nur auf der Grundlage von weiteren Erkundungen an den Versickerungsstellen (z.B. Gradiententiefpunkte, Neigungswechsel, gesonderte Versickerungsbereiche) durchgeführt werden. Nur so können die Anlagen zur Versickerung realistisch dimensioniert werden.

8.11 Baugrundabnahme

Wir empfehlen vor dem Aufbringen der Sauberkeitsschicht die Baugruben- und Fundamentsohlen fachtechnisch abnehmen zu lassen, da zwischen den Untersuchungspunkten befindliche punktförmige oder linienförmige Störungen nur zufällig gefunden werden können.

9 Schlussbemerkungen

In dem vorliegenden Bericht werden die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse für die geplante Baumaßnahme erläutert. Es werden die geologischen und bodenmechanischen sowie bautechnischen Klassifizierungen vorgenommen und die für erdstatische Berechnungen erforderlichen Bodenrechenwerte angegeben.

Sämtliche Empfehlungen dieses Berichts basieren auf den lokalen Aufschlüssen der durchgeführten Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen.

In allen Zweifelsfällen bezüglich Baugrund und Gründung sollte unser Büro eingeschaltet werden. Unser Büro ist auch von etwaigen wesentlichen Planungsänderungen gegenüber dem Stand bei Erstellung des vorliegenden Berichts, soweit Gründung und Gründungsarbeiten sowie hydrologische Probleme betroffen sind, zu verständigen. Für ergänzende Beratungen bei der Erkundung und Beurteilung evtl. vorhandener Bodenverunreinigungen sowie bei der Erlangung einer wasserrechtlichen Genehmigung stehen wir jederzeit zur Verfügung.

Dieses Gutachten umfasst 30 Seiten und 7 Anlagen
Augsburg, den 29.09.2021

Geotechnikum
Ingenieurgesellschaft mbH

Dipl.-Ing. J. Kiesewalter

i.A. Dr. S. Blaha