

BAUGRUND
GRUNDBAU
UMWELTGEOTECHNIK
SPEZIALTIEFBAU
HYDROGEOLOGIE

GEOTECHNISCHER BERICHT

Projekt-Nr. 1245.19

15.05.2020

Bauvorhaben: Rohrbach, Am Schelmengrund
Erschließung Baugebiet „Am Schelmengrund“

Auftraggeber: Gemeinde Rohrbach
Hofmarkstr. 2
85296 Rohrbach

Planung: Steinbacher-Consult
Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG
Richard-Wagner-Str. 6
D - 86356 Neusäß

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeines	4
1.1	Vorgang und Veranlassung.....	4
1.2	Geplantes Baufeld und Bestand	4
2	Verwendete Unterlagen	4
3	Feld- und Laboruntersuchungen	5
4	Ergebnisse der Untersuchungen und Baugrundbeurteilung	8
4.1	Allgemeiner geologischer Überblick	8
4.2	Schichtenfolge	8
4.2.1	Schicht 1: Oberboden	9
4.2.2	Schicht 2: Auffüllungen	10
4.2.3	Schicht 3: Löß und Sandlöß	11
4.2.4	Schicht 4: Tertiäre Sande.....	13
4.3	Baugrundbeurteilung und Klassifizierung der anstehenden Böden	16
4.3.1	Schicht 1: Oberboden	17
4.3.2	Schicht 2: Auffüllungen	17
4.3.3	Schicht 3: Löß, Sandlöß	18
4.3.4	Schicht 4: Tertiäre Sande.....	19
4.3.5	Homogenbereiche.....	19
5	Bodenkenngrößen	21
5.1	Erdbebenwirkung.....	21
6	Hydrogeologische Verhältnisse.....	22
6.1	Allgemeines	22
6.2	Angetroffene Grundwasserstände.....	22
6.3	Grundwassernutzung	23
7	Folgerungen für die Baumaßnahme	24
7.1	Gründung Straße	24
7.2	Gründung Rohrleitungen.....	25
7.3	Baugrube	27
7.3.1	Geböschte Baugruben	27
7.3.2	Verbaute Baugruben.....	27
7.4	Wasserhaltung.....	28
7.5	Auftriebssicherung	28
8	Hinweise zur Planung und Ausführung	29
8.1	Allgemeine Hinweise.....	29
8.2	Erbau	29
8.3	Wiederverwendbarkeit	30
8.4	Chemische Analytik des Bodens mit Bewertung	31
8.5	Isolierung u. Trockenhaltung.....	31
8.6	Frostsicherheit	31
8.7	Sicherheitsmaßnahmen	32
8.8	Wiederverfüllung, Hinterfüllung	32
8.9	Beweissicherung, Erschütterungsschutz.....	32
8.10	Versickerung von Oberflächenwasser, Niederschlagswasser	32
9	Schlussbemerkungen.....	33

ANLAGENVERZEICHIS

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

TABELLENVERZEICHIS

- Tabelle 1: Bohrungen
Tabelle 2: Kleinrammbohrungen
Tabelle 3: Schwere Rammsondierungen (DPH)
Tabelle 4: Schichtstärke des Oberbodens
Tabelle 5: Zuordnung der chemischen Analytik nach EPP und LfW
Tabelle 6: Mächtigkeit und Tiefenlage der Auffüllungen
Tabelle 7: Zuordnung der chemischen Analytik nach EPP und LfW
Tabelle 8: Mächtigkeit und Tiefenlage der Löse und Sandlöse
Tabelle 9: Siebanalysen der Löse und Sandlöse
Tabelle 10: Zustandsgrenzen der Lößböden
Tabelle 11: Zuordnung der chemischen Analytik nach EPP und LfW
Tabelle 12: Mächtigkeit und Tiefenlage der Tertiären Sande
Tabelle 13: Siebanalysen der Tertiären Sande
Tabelle 14: Durchlässigkeit der Tertiären Sande
Tabelle 15: Zuordnung der chemischen Analytik nach EPP und LfW
Tabelle 16: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 1
Tabelle 17: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 2
Tabelle 18: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 3
Tabelle 19: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 4
Tabelle 20: Charakteristische Bodenkenngrößen
Tabelle 20: Grundwasserstände in den Bohrungen

1 Allgemeines

1.1 Vorgang und Veranlassung

Die Gemeinde Rohrbach plant in Rohrbach die Erschließung eines Baugebiets am „Am Schelmengrund“. Mit Datum vom 09.10.2019 wurden wir durch die Gemeinde Rohrbach auf der Grundlage unseres Angebotes A1793.19 vom 10.09.2019 beauftragt, eine Baugrunduntersuchung für die geplante Maßnahme durchzuführen und in einem geotechnischen Bericht zu den Untergrundverhältnissen und zur hydrologischen Situation Stellung zu nehmen. Teil des Berichts sollte auch eine Stellungnahme für eine prinzipielle Grundwassernutzung zu energetischen Zwecken sein. Bestandteil der Untersuchungen ist weiter, die erkundeten Böden auf chemische Verunreinigungen zu prüfen.

Zur Untersuchung der Untergrundverhältnisse wurden Bohrungen, Kleinbohrungen und Rammsondierungen durchgeführt. Im vorliegenden geotechnischen Bericht werden die Erkundungsergebnisse dargestellt.

1.2 Geplantes Baufeld und Bestand

Laut Planung soll die zu erschließende Fläche ca. 7 ha groß sein. Auf dieser Fläche sollen Straßen und Kanäle angelegt werden. Die geplanten Kanaltiefen sollen nach Planerangaben bis ca. 4 m unter derzeitigem Gelände liegen.

Das Projektareal befindet sich im Westen von Rohrbach. Südlich und östlich befindet sich der Kirchenweg und Gerberweg und nördlich die Schelmengrund Straße. Das Gelände steigt von Nord nach Süd zunächst um ca. 25 – 30 m an. Nach einer Anhöhe im südlichen Bereich, fällt das Gelände um ca. 10 m wieder Richtung Gerberweg hin ab.

Die Baugrundstücke waren zur Zeit der Untersuchungen landwirtschaftlich genutzte Flächen sowie Wege für landwirtschaftliche Nutzung.

2 Verwendete Unterlagen

Für die Erstellung dieses Berichtes standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [U1] Spartenpläne (Kanal, Wasser, Telekom, Strom, Gas, übermittelt am 16.12.2019 und 10.01.2020)
- [U2] Bebauungsplan: Nr. 42 „Schelmengrund – 2. Bauabschnitt“, übermittelt am 09.09.2019
- [U3] Geologische Übersichtskarte CC7934 München M 1:200.000, herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 1991

- [U4] UmweltAtlas (Bodeninformationssystem Bayern), Bayerisches Landesamt für Umwelt (www.umweltatlas.bayern.de)
- [U5] Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen – Eckpunktepapier, Bayrisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und der Bayrische 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
- [U7] Hydrologische Karte der Geodatenbank geoportal des Bayerischen Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung
- [U8] Hydrogeologische Karte von Bayern im Maßstab 1:500.000, herausgegeben vom Bayrischen Geologischen Landesamt, München 2009
- [U9] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, RStO 12, Ausgabe 2012, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
- [U10] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, ZTV E-StB 17, Ausgabe 2017, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
- [U11] Geotechnisches Gutachten von Büro für Ingenieurgeologie, vom 05.10.2006

3 Feld- und Laboruntersuchungen

Zur Erkundung des Untergrundes wurden in der Zeit vom 24.01.2020 bis 08.04.2020 die folgenden Untersuchungen durchgeführt.

a) Bohrungen

Art: Aufschlussbohrung nach DIN EN 22475-1, Ø 421 - 220 mm
Anzahl: 2 Stück

Tabelle 1: Bohrungen

Bohrung	Ausführung	Höhe Gelände [m NN]	Tiefe [m]	Bemerkung
B1	17.-24.01.2020	417,1	44,0	
B2	27.-29.01.2020	410,2	25,0	-

Bohrprofile und
Schichtenverzeichnisse: siehe Anlage 3
Ansatzpunkte: siehe Anlage 1

b) Kleinrammbohrungen

Art: Kleinrammbohrungen nach DIN EN 22475-1, Ø 50-80 mm

Tabelle 2: Kleinrammbohrungen

Bohrung	Ausführung	Höhe Gelände [m NN]	Tiefe [m]
RKS 1	24.02.2020	420,2	5,0
RKS 2	24.02.2020	431,3	5,0
RKS 3	24.02.2020	431,3	5,0
RKS 4	03.03.2020	413,1	5,0
RKS 5	03.03.2020	420,4	5,0
RKS 6	03.03.2020	421,6	5,0

Anzahl: 6 Stück

Schichtenverzeichnisse: siehe Anlage 3

Bohrprofile: siehe Anlage 3

Ansatzpunkte: siehe Anlage 1.2

Das mit Hilfe der Aufschlussbohrungen und Kleinrammbohrungen gewonnene Bohrgut wurde im Feld nach DIN EN 14688 und DIN 4022 angesprochen. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Bodenansprache wurden aus definierten Teufenabschnitten insgesamt 83 (71 x 5l Eimer, 12 x 1l Becher) Baugrundproben und zwei Wasserproben gewonnen.

c) Rammsondierungen

Schwere Rammsondierungen (DPH)

Art: Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde gemäß
DIN EN ISO 22476 Teil 2

Tabelle 3: Schweren Rammsondierungen (DPH)

DPH	Ausführung	Höhe Gelände [m NN]	Tiefe [m]
DPH 1	24.02.2020	419,5	7,9
DPH 2	03.03.2020	431,7	7,9
DPH 3	03.03.2020	424,6	8,0
DPH 4	03.03.2020	413,0	6,3
DPH 5	24.02.2020	422,6	7,0

Anzahl: 5 Stück
Rammdiagramme: siehe Anlage 4
Ansatzpunkte: siehe Anlage 1.2

d) Durchgeführte Laboruntersuchungen

Es wurden insgesamt 83 Bodenproben und 2 Grundwasserproben entnommen, an denen nachfolgende bodenmechanische und chemische Laboruntersuchungen durchgeführt wurden:

Durchgeführte Versuche	Anzahl
-------------------------------	---------------

Bodenmechanische Laborversuche:

Bodenansprache nach DIN 4022:	83
Siebanalyse (Nasssiebung) nach DIN 18123	12
Siebanalyse (Siebung & Sedimentation) n. DIN 18123	7
Bestimmung der Konsistenzgrenzen n. DIN 18122	2
Bestimmung der Durchlässigkeiten n. SAILER/BEYER	14

Bodenmechanische Laborversuchsergebnisse: siehe Anlage 5

Chemische Laborversuche:

PAK nach EPA (Original)	5
Kohlenwasserstoffe (Original)	5
Schwermetalle SM8 (Original)	5
Grundwasseruntersuchungen	2

Chemische Laborversuchsergebnisse: siehe Anlage 6

e) Einmessung

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

f) 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 der Geologischen Karte von Bayern [U3/U4] stehen im Untersuchungsgebiet unter pleistozänen, jüngsten Ablagerungen des Löß und Sandlöß, tertiäre Böden der Oberen Süßwassermolasse (OSM) an.

Die äolischen Ablagerungen, ein durch Windverfrachtung gebildetes klastisches Sediment, des Löß und Sandlöß setzen sich aus feinem, hauptsächlich aus Quarzstaub, Glimmer und je nach Einzugsgebiet ca. 8 bis 20% Kalk-Bruchstücken zusammen. Des Weiteren kann Löß bis zu 20 % an Feinsand enthalten. Das durch Windverfrachtung gebildete Sediment ist gewöhnlich ungeschiechtet, unverfestigt und sehr porös. Durch stärkerer Durchfeuchtung oder Wassersättigung kann es zu einem Zusammenbruchs des Korngefüges und damit verbundenen raschen Volumensverminderung kommen.

Die Tertiären Böden setzen sich aus einer Wechsellagerung von bindigen und nicht bindigen Böden zusammen und sind geprägt durch etwa horizontal verlaufende häufig wechselnde Schichtfolgen von Sand-, Ton-, Schluff- und in geringerem Umfang auch Kies. Die Anteile der Kornfraktionen sind starken Schwankungen unterzogen und es ist sowohl mit scharfen Schichtgrenzen als auch mit Schichtübergängen und dem Auskeilen von Bodenschichten zu rechnen. In Böden des Tertiärs sind Reliefunterschiede der Oberfläche 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 durchgeföhrten Baugrundaufschluss im Wesentlichen bestätigt. Nachfolgend werden die bei der Baugrundkundung angetroffenen Böden ihren bautechnischen Eigenschaften entsprechend zusammengefasst, beschrieben und beurteilt.

4.2 Schichtenfolge

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

- Schicht (1): Oberboden
- Schicht (2): Auffüllungen
- Schicht (3): Löß und Sandlöß
- Schicht (4): Tertiäre Sande

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

Bis auf die Kleinbohrung RKS 2 wurde in allen Aufschlüssen Oberboden angetroffen. Die Schichtdicke des Oberbodens kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 4: Erkundete Oberböden im Untersuchungsbereich

Aufschluss-Bez.	Unterkante Oberboden unter Ansatz ca. [m]	Mächtigkeit Oberboden ca. [m]	OK Oberboden ca. [mNN]	UK Oberboden ca. [mNN]
B1	0,3	0,3	417,1	416,8
B2	0,4	0,4	410,2	409,8
RKS 1	0,4	0,4	420,2	419,8
RKS 3	0,5	0,5	431,3	430,8
RKS 4	0,3	0,3	413,1	412,8
RKS 5	0,2	0,2	420,4	420,2
RKS 6	0,1	0,1	421,6	421,5

Im Gelände wurde dieser Boden nach DIN 4022 als sandiger bis stark sandiger Schluff und meist stark schluffiger Sand mit zum Teil organischen Beimengungen (z.B. Wurzelresten oder Grasnarbe) angesprochen. Die Konsistenz des Oberbodens wurde als überwiegend weich bis steif beschrieben. Nähere Einzelheiten zum Oberboden können den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage 3 entnommen werden.

Entsprechend der Beauftragung wurden der Oberboden bezüglich der Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Schwermetalle im Feststoff überprüft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 aufgelistet. Untersuchungsergebnisse, deren Werte unterhalb des Z0 – Wertes liegen, spielen für die Einstufung nach EPP/LfW eine untergeordnete Rolle und wurden nicht aufgelistet.

Tabelle 5: Zuordnung der chemischen Analytik nach EPP und LfW

Schicht 1: Auffüllungen					
Bez. Probe:	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Maßgeblicher Parameter	Konzentration maßgeblicher Parameter [mg / kg TS]	Einstufung nach EPP [U5]	Einstufung nach LfW [U6]
RKS 3 KP1	0,0 – 0,5	Kupfer	45	Z 1.1	<HW1
RKS 5 BP1	0,0 – 0,2	Kupfer	67	Z 1.1	<HW1

4.2.2 Schicht 2: Auffüllungen

Auffüllungen wurden in einer dünnen Lage in Bohrung B2 und der Kleinbohrung RKS 2 bis ca. 1,0 m unter Ansatz erkundet. Tabelle 6 ist eine Übersicht der Mächtigkeiten der in den Bohraufschlüssen erkundeten Auffüllungen zu entnehmen.

Tabelle 6: Mächtigkeit und Tiefenlage der Auffüllungen

Aufschluss- Bez.	Unterkante Auffüllungen unter Ansatz ca. [m]	Mächtigkeit Auffüllungen ca. [m]	OK Auffüllungen ca. [mNN]	UK Auffüllungen ca. [mNN]
B 2	0,5	0,1	409,8	409,7
RKS 2	1,0	1,0	431,3	430,3

Bei den erbohrten Auffüllungen handelt es sich um stark schluffige und sandige Kiese, schwach kiesige und schwach sandige Schluffe sowie um stark schluffige Sande. Die bindigen Auffüllungen zeigen bei der Ansprache im Feld weiche bis steife Konsistenz. Vereinzelt wurden anthropogene Beimengungen in Form von Ziegelresten festgestellt. Nähere Einzelheiten zu den Auffüllungen können den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage 3 und den chemischen Analyseergebnissen in Anlage 6 entnommen werden.

Nach den Feststellungen zum Bohrfortschritt an den Aufschlüssen gehen wir von lockeren Lagerungsdichten bzw. weichen bis steifen Konsistenzen der Auffüllungen aus.

Entsprechend der Beauftragung wurden die aufgefüllten Böden bezüglich der Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Schwermetalle im Feststoff überprüft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 aufgelistet. Untersuchungsergebnisse, deren Werte unterhalb des Z0 – Wertes liegen, spielen für die Einstufung nach EPP/LfW eine untergeordnete Rolle und wurden nicht aufgelistet.

Tabelle 7: Zuordnung der chemischen Analytik nach EPP und LfW

Schicht 2: Auffüllungen					
Untersuchungsergebnis 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 [U5]	Einstufung nach LfW [U6]
RKS 2 KP1	0,0 - 0,4	Kupfer	45	Z 1.1	<HW1

4.2.3 Schicht 3: Löß und Sandlöß

Löß und Sandlöß wurde in den Bohrungen B1 und B2 sowie in den Kleinrammbohrungen RKS 2, 3, 4, 5 und 6 angetroffen. Tabelle 8 ist eine Übersicht der Mächtigkeiten der Lößböden zu entnehmen, die zwischen 1,2 m und >5,0 m schwanken.

Tabelle 8: Mächtigkeit und Tiefenlage der Löße und Sandlöße

Aufschluss- Bez.	Unterkante Löß und Sandlöß unter Ansatz ca. [m]	Mächtigkeit Löß und Sandlöß ca. [m]	OK Löß und Sandlöß ca. [mNN]	UK Löß und Sandlöß ca. [mNN]
B 1	1,8	1,5	416,8	415,3
B 2	3,2	2,7	409,7	407,0
RKS 2	4,6	3,6	430,3	426,7
RKS 3	3,0	2,5	428,3	430,8
RKS 4	1,5	1,2	412,8	411,6
RKS 5	>5,0*	>4,8*	420,2	<415,4*
RKS 6	2,5	2,4	421,5	419,1

*Unterkannte nicht erreicht

Die Lößböden wurden als sandige, stark sandige, bisweilen auch schwach sandige Schluffe oder als schluffige bis stark schluffige Sande, vereinzelt auch als schwach tonige, kiesige schluffige Sande angesprochen. Die Konsistenz der frischen Proben im Feld lag zum Zeitpunkt der Kernaufnahmen überwiegend bei steif aber auch bei weich bis steif. Nähere Einzelheiten zu den Lößböden können den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage 3, den bodenmechanischen Analyseergebnissen in Anlage 5 und chemischen Analyseergebnissen in Anlage 6 entnommen werden.

Die Ergebnisse der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 an drei Proben der Schicht 3 können der Tabelle 9 entnommen werden.

Tabelle 9: Siebanalysen der Löse und Sandlöse

Schicht 3: Löse und Sandlöse

Untersuchungsergebnisse an ausgewählten Stichproben, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller anstehenden Böden dieser Schicht erfassen.

Proben-bezeichnung	Tiefe m u. GOK	Tonanteil Ø < 0,002 mm [Gew.-%]	Feinkornanteil Ø < 0,063 mm [Gew.-%]	Sandkornanteil Ø > 0,063 mm Ø < 2 mm [Gew.-%]	Kieskornanteil Ø > 2 mm < 63 mm [Gew.-%]
RKS2 KP3	1,0 – 2,3	8,3	74,4	17,3	-
RKS5 KP3	2,5 – 5,0	8,9	72,1	17,4	1,6
RKS6 KP2	1,3 – 2,5	6,1	17,1	73,0	3,8

Tabelle 10 können die im Labor nach DIN 18 122 ermittelten Zustandsgrenzen für zwei untersuchte Bodenproben der Schicht 3 entnommen werden.

Tabelle 10: Zustandsgrenzen der Löß und Sandlöß

Schicht 3: Löß und Sandlöß

Untersuchungsergebnisse an ausgewählten Stichproben, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller anstehenden Böden dieser Bodenschicht erfassen.

Bez. Probe	Tiefe [m u. GOK]	W _p [%]	w _L [%]	I _c [-]	Konsistenz DIN 18122	Bodengruppe DIN 18196
RKS2 KP3	1,0 – 2,3	19,52	29,98	0,81	steif	ST/TL
RKS5 KP3	2,5 – 5,0	19,69	28,85	0,81	steif	ST

Die in den frischen Proben festgestellten Konsistenz bestätigen die allgemeinen Erfahrungen über die Konsistenz innerhalb der Lössböden.

Aufgrund von Erfahrungswerten weisen die Durchlässigkeiten der Lössböden Werte von $k 1 \cdot 10^{-4}$ bis $< 1 \cdot 10^{-7}$ m/s auf. Sie sind damit nach DIN 18130 durchlässig bis sehr schwach durchlässig.

Die sondiertechnische Überprüfung mit den Rammsondierungen zeigt überwiegend weiche bis steife Konsistenz an.

In einer orientierenden Untersuchung wurde eine Bodenprobe auf die Bestandteile Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie Schwermetalle im Feststoff überprüft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 aufgelistet. Untersuchungsergebnisse, deren Werte unterhalb des Z0 – Wertes liegen, spielen für die Einstufung nach EPP/LfW eine untergeordnete Rolle und wurden nicht aufgelistet.

Tabelle 11: Zuordnung der chemischen Analytik nach EPP und LfW

Schicht 3: Löß, Sandlöß

Untersuchungsergebnisse an einer ausgewählten Stichprobe, die jedoch nicht die volle Schwankungsreihe aller Belastungswerte dieser Schicht erfassen.

Probe:	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Maßgeblicher Parameter	Konzentration maßgeblicher Parameter [mg/kg]	EPP [U5]	Einstufung nach LfW- Merkblatt [U6]
RKS4 KP2	0,3 - 1,5	-	-	Z 0	<HW1

4.2.4 Schicht 4: Tertiäre Sande

Unterhalb der Lößböden, Auffüllungen und Oberböden wurden die Tertiären Böden angetroffen. Diese wurden in den Aufschlüssen wechselnd zum einen in Form von Sanden oder in Form von bindigen Zwischenlagen erbohrt.

Tabelle 12 ist eine Übersicht der Mächtigkeiten der Tertiären Sande in den Bohrungen und Kleinrammbohrungen im Untersuchungsbereich zu entnehmen.

Tabelle 12: Mächtigkeit und Tiefenlage der Tertiären Sande

Aufschluss- Bez.	Unterkante Tertiäre Sande unter Ansatz ca. [m]	Mächtigkeit Tertiäre Sande ca. [m]	OK Tertiäre Sande ca. [mNN]	UK Tertiäre Sande ca. [mNN]
B1	12,8	11,0	415,3	404,3
B1	>42,8*	>26,8*	401,1	<374,3*
B2	6,1	2,9	407,0	404,1
B2	>25,0*	>18,2*	403,4	<385,2*
RKS 1	>5,0*	>4,6*	419,8	<415,2*
RKS 2	>5,0*	>0,4*	426,7	<426,3*
RKS 3	>5,0*	>2,0*	428,3	<426,3*
RKS 4	>5,0*	>3,5*	411,6	<408,1*
RKS 6	>5,0*	>2,5*	419,1	<416,6*

*Unterkannte nicht erreicht

Die Tertiären Sande setzen sich meist Sanden mit schwach schluffigen bis stark schluffigen sowie schwach tonigen Nebenanteilen zusammen. Untergeordnet wurden auch schwach kiesige Nebenanteile oder bindige Zwischenlagen festgestellt. Die bindigen Zwischenlagen zeigen meist steife bis halbfeste Konsistenz. Nähere Einzelheiten zu den tertiären Sanden können den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage 3 und den bodenmechanischen Analyseergebnissen in Anlage 5 entnommen werden.

Die Ergebnisse der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 an 16 Proben der Schicht 4 können der Tabelle 13 entnommen werden.

Tabelle 13: Siebanalysen der Tertiären Sande

Schicht 4: Tertiäre Sande						
Proben-bezeichnung	Tiefe m u. GOK	Tonanteil $\emptyset < 0,002$ mm [Gew.-%]	Feinkornanteil $\emptyset < 0,063$ mm [Gew.-%]	Sandkornanteil $\emptyset > 0,063$ mm $\emptyset < 2$ mm [Gew.-%]	Kieskornanteil $\emptyset > 2$ mm < 63 mm [Gew.-%]	Steinanteil $\emptyset > 63$ mm [Gew.-%]
B1 KP14*	16,5 – 17,0	-	12,3	87,5	0,2	-
B1 KP16*	20,0 – 20,5	-	6,2	92,5	1,3	-
B1 KP20*	24,5 – 25,0	3,7	42,2	17,8	36,3	-
B1 KP21*	25,5 – 26,0	-	0,4	19,1	80,5	-
B1 KP22*	28,0 – 28,5	-	1,5	30,1	68,4	-
B1 KP23*	30,0 – 30,5	-	10,1	89,8	0,1	-
B1 KP26*	36,5 – 37,0	-	9,4	90,5	0,1	-
B1 KP27*	39,0 – 39,5	-	12,1	87,9	-	-
B2 KP7	4,0 – 4,5	7,2	69,2	22,2	1,4	-
B2 KP8	5,0 – 5,5	-	7,2	65,6	27,2	-
B2 KP11	7,5 – 8,0	-	13,5	56,4	30,1	-
B2 KP14*	10,5 – 11,0	-	10,3	41,9	47,8	-
B2 KP16*	14,5 – 15,0	-	6,1	93,9	-	-
B2 KP17*	17,0 – 17,5	-	10,5	89,5	-	-
RKS1 KP3	1,0 – 3,0	-	7,6	90,9	1,5	-
RKS4 KP3	2,0 – 3,5	-	6,9	92,4	0,7	-

* Analysen aus tieferen Bereichen zur Abschätzung der Durchlässigkeiten für die Grundwassernutzung

Die Tertiären Sande stellen nach [U8] den tertiären Grundwasserleiter dar. Die Tertiären Sande sind nach DIN 18130 je nach Feinkornanteil überwiegend als durchlässig bis schwach durchlässig einzustufen. Die bindigen Zwischenlagen sind als schwach und sehr schwach durchlässig einzustufen. Eine Abschätzung der Durchlässigkeiten anhand der Korngrößenanalyse nach dem Verfahren von BEYER kann für die untersuchten Proben der Tabelle 14 entnommen werden.

Tabelle 14: Durchlässigkeit der Tertiären Sande

Schicht 4: Tertiäre Sande		
Probenbezeichnung	Tiefe m u. GOK	Durchlässigkeiten ca. k [m/s]
B1 KP14	16,5 – 17,0	2×10^{-5}
B1 KP16	20,0 – 20,5	2×10^{-4}
B1 KP20	24,5 – 25,0	2×10^{-7}
B1 KP21	25,5 – 26,0	1×10^{-5}
B1 KP22	28,0 – 28,5	3×10^{-6}
B1 KP23	30,0 – 30,5	4×10^{-5}
B1 KP26	36,5 – 37,0	6×10^{-5}
B1 KP27	39,0 – 39,5	3×10^{-5}
B2 KP7	4,0 – 4,5	3×10^{-8}
B2 KP8	5,0 – 5,5	2×10^{-6}
B2 KP11	7,5 – 8,0	1×10^{-5}
B2 KP14	10,5 – 11,0	2×10^{-5}
B2 KP16	14,5 – 15,0	2×10^{-4}
B2 KP17	17,0 – 17,5	2×10^{-5}

Bei den Tertiären Sanden ist die Wasserdurchlässigkeit entsprechend den Ablagerungsvorgängen in waagrechter Richtung größer als in lotrechter. Für eine genaue Bestimmung der Durchlässigkeiten sind im Einzelfall in-situ Versuche durchzuführen.

Die sondiertechnischen Überprüfungen der Tertiären Sande mit der schweren Rammsonde ergaben meist Schlagzahlen mit mittleren Eindringwiderständen und zeigen damit eine mitteldichte Lagerungsdichte an. Bereichsweise wurden auch höhere Eindringwiderstände festgestellt, was auf hohe Lagerungsdichten hindeutet.

In einer orientierenden Untersuchung wurde eine Bodenprobe der Tertiären Sande auf die Bestandteile Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie Schwermetalle im Feststoff überprüft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 15 aufgelistet. Untersuchungsergebnisse, deren Werte unterhalb des Z0 – Wertes liegen, spielen für die Einstufung nach EPP/LfW eine untergeordnete Rolle und wurden nicht aufgelistet.

Tabelle 15: Zuordnung der chemischen Analytik nach EPP und LfW

Schicht 4: Tertiäre Sande Untersuchungsergebnisse an einer ausgewählten Stichprobe, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller Belastungswerte dieser Schicht erfassen.					
Probe:	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Maßgeblicher Parameter	Konzentration maßgeblicher Parameter [mg/kg]	EPP [U5]	Einstufung nach LfW- Merkblatt [U6]
RKS1 KP2	0,4 - 1,0	-	-	Z 0	<HW1

4.3 Baugrundbeurteilung und Klassifizierung der anstehenden Böden

Entsprechend den in Kapitel 4.2 beschriebenen Bodenschichtungen können aufgrund der ausgeführten Untersuchungen und den örtlichen Erfahrungen die einzelnen zu erwartenden Bodenarten und ihre Eigenschaften wie folgt beschrieben, klassifiziert und in tabellarischer Form beurteilt werden. Eine genaue schichtbezogene 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 Wechselsequenz 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 16: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 1

Schicht 1a: Oberboden	Beurteilung
Bodengruppen (DIN 18196)	OH
Konsistenz/ Lagerungsdichte	weich - steif
Widerstände bei Ramm- und Rüttelarbeiten	leicht bis mittel
Wasser durchlässigkeit 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 DIN 18196)	groß bis mittel
Wiederverwendbarkeit als Erdbaustoff	nicht geeignet
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA-StB 97 und Verdichtungsfähigkeit	-/mäßig
Eignung zur Abtragung von Bauwerkslasten	nicht geeignet

4.3.2 Schicht 2: Auffüllungen

Die Auffüllungen sind heterogen und bestehen aus schluffigen und sandigen Kiesen. Die Auffüllungen sind in der Regel stark zusammendrückbar, gering scherfest und aufgrund ihrer Heterogenität nicht zum Abtrag von Lasten geeignet.

Die Rammbarkeit der Schicht 2 ist generell als leicht bis mittel zu bewerten, wobei gerade in den kiesigen Auffüllungen auch schwer rammbare Bereiche möglich sind. Bereichsweise können bei Rammarbeiten Zusatzmaßnahmen erforderlich werden. Grobeinlagerungen oder Einlagerungen von Steinen und Blöcken sind im Zuge unserer Untersuchungen nicht festgestellt worden, können aber mit letzter Sicherheit nicht ausgeschlossen werden.

Tabelle 17: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 2

Schicht 2: Auffüllungen	Beurteilung
Bodengruppen (DIN 18196)	Vergleichbar mit GI, GU, GW, GE, GU*, SU, SU*, TL, TM (Einlagerungen aus Fremdbestandteilen, z.B. Ziegelreste) Generell sind die Auffüllungen stark inhomogen und nach DIN 18196 nur eingeschränkt zuordenbar.
Konsistenz/ Lagerungsdichte	weich/locker
Widerstände bei Ramm- und Rüttelarbeiten	mittel bis groß, lokal in Bereichen mit Grobeinlagerungen auch sehr groß bis nicht mehr rammbar möglich
Wasserdrückbarkeit und grob abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwerte k	schwach durchlässig bis stark durchlässig, $k = 1 \cdot 10^{-2}$ bis $<1 \cdot 10^{-6}$ m/s
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	vernachlässigbar klein bis groß
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17	Überwiegend F2 und F3
Scherfestigkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	gering bis sehr groß
kurzzeitige Standfestigkeit, z.B. bei Abgrabungen	sehr gering bis mittel
Zusammendrückbarkeit (Angabe gemäß DIN18196)	vernachlässigbar klein bis gering bis mittel
Wiederverwendbarkeit als Erdbaustoff	überwiegend nicht geeignet
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA-StB 12 und Verdichtungsfähigkeit	V1 bis V3
Eignung zur Abtragung von Bauwerkslasten	wegen zu erwartender großer, ungleichmäßiger Setzungen und Gefahr von Sackungen nicht geeignet

4.3.3 Schicht 3: Löß und Sandlöß

Die Lössböden der Schicht 3 sind in der festgestellten meist weichen bis steifen Konsistenz als bedingt tragfähig und als kompressibel einzustufen. Durch Wassereinfluss aufgeweichte Zonen sind gering scherfest, stark kompressibel und gering tragfähig.

Die Böden der Schicht 3 sind nur bedingt zur Lastabtragung geeignet und machen wegen ihrer bereichsweise stärkeren Zusammendrückbarkeit zusätzliche Maßnahmen zur Abtragung von Bauwerkslasten erforderlich. Aufgrund der bekannten Eigenschaften von Lössböden muss mit sich schlagartig ändernden Zustandsformen bei geringsten Änderungen des Wassergehalts gerechnet werden. In Schicht 3 ist aufgrund des hohen bindigen Anteils und der damit einhergehenden geringen Durchlässigkeit unter statischer Last mit langanhaltenden Setzungen zu rechnen. Die gelösten bindigen Böden eignen sich nur unter Anwendung von bodenverbessernden Maßnahmen zum Wiedereinbau und sind in der Regel schwer zu verdichten.

Die Rammpfähigkeit der Schicht 3 ist als überwiegend leicht bis schwer 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 leichtplastischen Eigenschaften ergibt sich für die feinkörnigen Böden eine hohe Wasser- und Frostempfindlichkeit.

Tabelle 18: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 3

Schicht 3: Löß/Sandlöß	Beurteilung
Bodengruppen (DIN 18196)	SU*, ST*, UL, UM, TL, TM
Lagerungsdichte	weich - steif
Widerstände bei Ramm- und Rüttelarbeiten	gering bis groß
Wasserdurchlässigkeit und grob abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwerte k	mittel bis sehr gering $k = 1 \cdot 10^{-4}$ bis $< 1 \cdot 10^{-7}$ m/s
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	meist sehr groß
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17	F3
Scherfestigkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	gering bis mäßig
kurzzeitige Standfestigkeit, z.B. bei Abgrabungen	mittel bis gering, unter Wassereinfluss sehr gering
Zusammendrückbarkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	groß bis mittel
Wiederverwendbarkeit als Erdbaustoff	überwiegend nicht geeignet
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA-StB 12 und Verdichtungsfähigkeit	V2, V3
Eignung zur Abtragung von Bauwerkslasten	bei mind. steifer Konsistenz geeignet

4.3.4 Schicht 4: Tertiäre Sande

Stehen die nicht bindigen tertiären Böden in mitteldichter und dichter Lagerung an, sind diese Böden als gering kompressibel und scherfest sowie für die Abtragung von Bauwerklasten als geeignet anzusehen. Tertiäre Sande in lockerer Lagerung stellen einen gering bis mittel scherfesten, mäßig kompressiblen und mäßig tragfähigen Untergrund dar. Bindige Zwischenlagen mit weicher Konsistenz wie auch gleichkörnige Sande innerhalb der tertiären Sande sind zur Abtragung der Bauwerkslasten nur bedingt geeignet. Die tertiären Sande sind, abgesehen von stärker schluffigen Partien, in der Regel mäßig bis gut zu verdichten.

In den tertiären Sanden können lehmige Partien und Schlufflinsen angetroffen werden wie auch organogene Zonen. Bei den tertiären Sanden ist die Wasserdrückigkeit entsprechend den Ablagerungsvorgängen in waagerechter Richtung größer als in lotrechter. Sande mit geringeren bindigen Anteilen sind unter Wassereinfluss fließ- und erosionsempfindlich.

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

Tabelle 18: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 4

Schicht 4: Tertiäre Sande	Beurteilung
Bodengruppen (DIN 18196)	SU, SU*, ST, ST*, SE, in Zwischenlagen auch TL, TM, TA, UM, UL
Konsistenz / Lagerungsdichte	mitteldicht bis dicht
Widerstände bei Ramm- und Rüttelarbeiten	groß bis sehr groß, lokal in Bereichen mit Grobeinlagerungen auch sehr groß bis nicht mehr rammbar
Wasserdrücklichkeit und grob abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwerte k	mittel bis sehr gering $k = 1 \cdot 10^{-4}$ bis $< 1 \cdot 10^{-7}$ m/s
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17	F2, F3
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	sehr groß bis mittel
Scherfestigkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	sehr gering bis mittel
kurzzeitige Standfestigkeit, z.B. bei Abgrabungen	Meist gering bis mittel, bei Wassersättigung auch Neigung zum fließen
Zusammendrückbarkeit (DIN 18196)	vernachlässigbar klein bis sehr groß
Wiederverwendbarkeit als Erdbaustoff	Eingeschränkt in Abhängigkeit des Feinkorngehalts
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA-StB 12 und Verdichtungsfähigkeit	V1, V2
Eignung zur Abtragung von Bauwerkslasten	im natürlichen Lagerungszustand geeignet bis gut geeignet

4.3.5 Homogenbereiche

Zur Festlegung von Homogenbereichen wird eine enge Abstimmung zwischen Planung, Bauherr und Geotechnikum nach Vorliegen der Ausführungsdetails und der zur Ausführung geplanten Bauverfahren im Rahmen der Erstellung einer Ausschreibungsunterlage empfohlen (Planungskreislauf).

5 Bodenkenngroßen

Auf der Grundlage der Erkundungsergebnisse, den Ergebnissen der Laborversuche, nach DIN 1055 und Erfahrungen mit vergleichbaren Böden, können nachfolgend die in Tabelle 19 zusammengefassten charakteristischen Bodenkenngroßen 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 Bodenkenngroßen durchgeführt werden. In kritischen Fällen sollten die jeweils ungünstigsten Werte für Berechnungen herangezogen werden.

Tabelle 19: Charakteristische Bodenkenngroßen

Schicht	Wichte		Reibung cal φ' [°]	Kohäsion cal.c' [kN/m²]		Steifemodul E_s [MN/m²]
	cal γ	cal γ' [kN/m³]		c _u		
(2) (Auffüllungen)*, ***	17-21 **	7-11 **	25-30 **	0-5 **	-	*; **
(3) Löß und Sandlöß weich bis steif	15-20 i.M. 17	5-10 i.M. 7	22-30 i.M. 25	2-8 i.M. 3	20-60 **	1-8 **
(4) Tertiäre Sande, mitteldicht	19-21 i.M. 20	9-11 i.M. 10	25-32 i.M. 27	2-10 i.M. 2		20-60 i.M. 30
(4) bindige Zwischenlagen weich bis halbfest***	17-21 i.M. 18	7-11 i.M. 8	17-26 i.M. 22	0-20 i.M. 5	10-150 i.M. 30	3-40 i.M. 5

* Gründungen in Auffüllungen sind nur möglich, wenn ihre Zusammensetzung und Homogenität durch detaillierte Untersuchungen belegt ist, eine ausreichend hohe Lagerungsdichte besteht und Fremdeinschlüsse, die Sackungen verursachen können, ausgeschlossen sind. Daher wird Auffüllungen kein Steifemodul zugeordnet.

** je nach örtlicher Ausbildung und Konsistenz

*** Kennwerte mit großer Bandbreite wegen vermutlich untergeordneter Bedeutung für das Bauvorhaben

5.1 Erdbebenwirkung

Nach DIN 4149 ist dem Untersuchungsbereich keine Erdbebenzone zugeordnet. Auf den Ansatz einer Beschleunigung kann deshalb verzichtet werden.

6 Hydrogeologische Verhältnisse

6.1 Allgemeines

Im Untersuchungsgebiet bilden die tertiären Sande den Grundwasserleiter. Die hydrogeologische Karte des Bodeninformationssystem Bayern des Bayerischen Landesamts für Umwelt [U8] gibt einen Grundwasserkörper in Tiefen von ca. 395 – 405 mNN und damit ca. 10-30 m unter Gelände an.

6.2 Angetroffene Grundwasserstände

In den Bohrungen wurden die in der Tabelle 19 angegebenen Grundwasserstände festgestellt.

Tabelle 20: Grundwasserstände in den Bohrungen

Aufschluss-Bez.:	1.GW angebohrt [m u. GOK]	1.GW eingespiegelt		2.GW angebohrt [m u. GOK]	2.GW eingespiegelt		Datum
		[m u. GOK]	[mNN]		[m u. GOK]	[mNN]	
B1	15,6	15,3	401,8	-	-	-	17./20.01.2020
B2	8,5	8,5	401,7				30.01.2020

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 Untergrundaufbau 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 Niederslagswasser 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 Grundwasserdrukkniveaus einstellen, können kann auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungen nicht abgeschätzt werden.

Für eine grobe Abschätzung der bauzeitlichen und Bemessungswasserstände kann nur auf die Bohrwasserstände der Bohrungen 1 und 2 zurückgegriffen werden. Um eine Beeinflussung der Baumaßnahmen durch den Grundwasserleiter in Erwägung zu ziehen wären Schwankungsbreiten

zwischen den Bohrwasserständen und den höchsten Grundwasserständen von 4 und mehr Metern anzunehmen. Nach unserer Einschätzung und aufgrund allgemeiner Erfahrung, gehen wir derzeit nicht davon aus, dass die Baumaßnahme (Kanaltiefen von ca. 4 m) durch die Wasserstände eines zusammenhängenden Grundwasserleiters beeinflusst wird. Kurzzeitige Beeinflussungen durch z.B. Niederschlagsbedingte Schichtwasserzutritte sind davon ausgenommen.

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 es im Zusammenhang mit den jüngsten Hochwassereignissen auch zu Überschreitungen der bisher bekannten Höchstgrundwasserstände gekommen ist. Generell lassen sich genauere Angaben zu den Grundwasserständen und zu den Grundwasserschwankungen im Baugrund nur über langfristige Grundwasserbeobachtungen gewinnen.

6.3 Grundwassernutzung

Nach den Feststellungen in den Aufschlüssen wurden die tertiären Grundwasserstände ca. 8 und 15 m unter den Bohrabsatzpunkten angetroffen. Nach allgemeiner Erfahrung stehen für die Nutzung der von z.B. oberflächennaher Geothermie mittels Grundwasser nur das oberste Grundwasserstockwerk zur Verfügung. Tieferliegende Grundwasserstockwerke werden in der Regel für eine Nutzung für z.B. Wärmepumpen nicht genehmigt. Vor diesem Hintergrund dürften vorliegend die Grundwasserstände in den tertiären Sanden für eine Nutzung in Frage kommen.

Die Grundwassermächtigkeit liegt nach den durchgeföhrten Untersuchungen zum Zeitpunkt der Bohrarbeiten bei ca. 16-28 m. Diese Grundwassermächtigkeit ist erfahrungsgemäß für die Grundwassernutzung für z.B. Wärmepumpen mit geringer Förderleistung ausreichend. Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte in den tertiären Sanden lassen jedoch nur mittlere bis geringe Ergiebigkeit des tertiären Grundwasserleiters erwarten (vgl. Kap. 4). Die überprüften chemischen Eigenschaften des Grundwassers z.B. Eisen/Mangan-Werte deuten hingegen aufgrund der hohen Manganwerte (ca. 0,2 bis 0,8 mg/l) auf Risiken insbesondere an den Einleitstellen hin. Es ist zu empfehlen, die Ergebnisse der Grundwasseranalysen zur Festlegung der zu verwendenden Werkstoffe durch die entsprechenden Lieferanten bewerten zu lassen. Die chemischen Versuchsergebnisse sind in Anlage 6 angefügt.

Wir empfehlen für die weiteren Planungen auf der Basis der vorliegenden Daten eine Vordimensionierung einer Grundwasserentnahme vorzunehmen. Dabei sollten zumindest die Absenktrichter und deren Reichweite abgeschätzt werden um auch die Beeinflussung ggf. benachbarter Anlagen zu prüfen. Weiter sollten Tiefenlagen der Pumpen sowie deren Bauhöhe

bestimmt werden um die effektiv zur Verfügung stehenden Grundwassermächtigkeit auch bei Niedrigwasserständen einschätzen zu können. Auf der Basis dieser Vorplanung kann dann eine Risikoabschätzung zum sicheren Betrieb der Anlage auch bei Niedrigen Grundwasserständen vorgenommen werden. Erst wenn diese Vorprüfungen zu einem positiven Ergebnis kommen und eine Grundwassernutzung technisch und wirtschaftlich sinnvoll erscheint sollten die Planungen zu den Brunnen (Entnahme, Wiedereinleitung) vorgenommen werden.

Für die Brunnen sollten aufgrund der festgestellten Durchlässigkeitsbeiwerte größere Durchmesser > DN 200 bei entsprechend feiner Verfilterung in den Vorplanungen berücksichtigt werden. Die endgültige Leistungsfähigkeit der Brunnen am geplanten Standort ist über Pumpversuche zu bestimmen.

Wasserrechtlich bedeutsame Punkte sind in einer gesonderten Betrachtung zu untersuchen und zu bewerten.

7 Folgerungen für die Baumaßnahme

7.1 Gründung Straßen

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.

Bei einer Gradientenlage nahe der Geländeoberfläche wird die Gründung des Straßenkörpers meist in den festgestellten Böden der Schicht 3 untergeordnet auch Schicht 4 zu erfolgen haben. Bei Schicht 3 handelt es sich überwiegend um bindige Böden. Gemäß ZTVE-StB ist bei frostempfindlichen Untergrund bzw. Unterbau auf dem Planum ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erforderlich. Aufgrund der festgestellten Konsistenzen an der Oberfläche der Schicht 3 ist davon auszugehen, dass hier der Mindestverformungsmodul ohne zusätzliche Maßnahmen nicht erreicht werden wird. Hier sind zusätzliche Maßnahmen wie z.B. Gründung über Bodenaustausch oder Bodenverfestigungen mit Bindemitteln erforderlich. Als technisch geeignetes Verfahren wird vorliegend die Gründung auf einem Bodenaustauschpolster empfohlen. Zur Bestimmung der Mächtigkeit des Bodenaustauschs sind weiterführende Planungen mit der Festlegung der jeweiligen Schichtdicken und ggf. ergänzende Erkundungen in einem engeren Raster erforderlich. Unter „günstigen“ Baugrundverhältnissen innerhalb der Schicht 4 könnten gegebenenfalls Bodenaustauschmaßnahmen entfallen bzw. nur in geringem Maße (ca. 0,5 m) erforderlich werden. Bei „ungünstigen“ Baugrundverhältnissen, z.B. wenn in Bereichen mit weicher Konsistenz der Schicht 3 gegründet werden müsste, können auch Bodenaustauschstärken von > 0,5 m erforderlich werden. Die endgültige Mächtigkeit kann bauseits mit Aufnahme der Erdarbeiten anhand von

Einbauversuchen (Lastplattendruckversuche) zweckmäßig unter Einschaltung eines Baugrundsachverständigen optimiert werden. Bei wechselnden Untergrundverhältnissen sind diese Eignungsversuche zu wiederholen. Für ggf. geplante geotextile Trennlagen wird die Geotextilrobustheitsklasse GRK 3 empfohlen. Darüber hinaus sollte das Planum durch den Baugrundgutachter abgenommen werden um ggf. über einen tiefer reichenden Bodenaustausch zu entscheiden. Baupraktisch günstig kann auch das Einarbeiten einer Packlage aus grobstückigem Material (z.B. Schroppen, Siebschutt) sein, um für den Straßenkörper ein verbessertes Auflager zu erhalten.

Mit der Gründungslösung auf Bodenaustauschpolster ist erfahrungsgemäß eine kostengünstige Erstellung von Straßenbauvorhaben möglich. Aufgrund der angetroffenen Untergrundverhältnisse mit teilweise weichen bis steifen bindigen im tieferen Untergrund können mit diesem Aufbau langfristige Setzungen jedoch nicht vermieden werden. Gerade auch wegen des bindigen Charakters des Gründungshorizonts ist mit länger anhaltenden Setzungen zu rechnen. So sind z.B. für einen Bodenaustausch in einer Mächtigkeit von ca. 1 m und einer verbleibenden Schichtmächtigkeit von ca. 1,5 m gering tragfähiger Böden die Verformungen nach Erfahrungen noch in einer Größenordnung von ca. 2-6 cm zu erwarten. Genauere Angaben zu den Verformungen können nur im Zuge einer Setzungsberechnung nach vorgegebener Belastung ermittelt werden.

7.2 Gründung Rohrleitungen

Nach derzeitigen Informationen ist von Gründungstiefen des geplanten Kanals von ca. 4m unter Gelände auszugehen.

Bei der Annahme von Unterkanten der Kanalleitungen und Schächte von ca. 4 m unter GOK werden die Sohlen der Kanalleitungen und Schächte zum einen innerhalb Löße und Sandlöße (Schicht 3) sowie in den Tertiären Sanden (Schicht 4) erwartet. Die Gründung von Rohrleitungen kann in Anlehnung an die Vorschriften und Empfehlungen der DIN 1610, Verlegung u. Prüfung von Abwasserleitungen, vorgenommen werden. In allen Fällen ist auf eine stabile Bettung zu achten. Bei der Gründung der Rohrleitung in mindestens steifen und mitteldichten Böden ist mit Blick auf die zu erwartenden geringen Bauwerkslasten eine verformungsarme Gründung möglich. Diese Böden sind jedoch witterungsempfindlich und neigen bei Wasserzutritt und mechanischer Beanspruchung zum Aufweichen. Die Grabensohle ist daher nach dem Freilegen möglichst rasch zu überbauen und es ist stets auf eine geordnete Wasserhaltung sowohl für Sickerwasser als auch für Tagwasser zu achten. Auf eine intensive Nachverdichtung der Aushubsohle mit Prüfung wird dabei hingewiesen. Bei einer Gründung der Rohrleitungen in weichen Böden der Schichten 3 und 4 wären für eine sichere und verformungsarme Gründung diese gering tragfähigen Böden mindestens teilweise auszutauschen. Wir empfehlen für diese Bereiche zu prüfen, ob hier der vollständige Austausch der weichen Schichten im Kanalaufplagerbereich wirtschaftlich vertretbar ist. Andernfalls wäre die

Ausführung von Betonauflagern, die ggf. durch eine bewehrte Bodenplatte zu verstärken sind, zu empfehlen. Im Übergangsbereich von tragfähigen Böden zu den weichen Böden empfehlen wir einen Bodenaustausch vorzunehmen, um möglichst gleichmäßige Bettungsbedingungen für das Rohrauflager zu schaffen. Der Bodenaustausch sollte aus wirtschaftlichen Gründen jedoch auf maximal etwa 1 m begrenzt werden.

Für die Verlegung von Rohrleitungen ist eine ungestörte Aushubsohle von wesentlicher Bedeutung. Es ist deshalb unter allen Umständen dafür Sorge zu tragen, dass die Auflagesohle bei den Aushubarbeiten (z.B. durch Wassereinfluss oder gerätebedingt) nicht gestört wird. Für den Fall, dass die Sohle doch gestört wurde, ist der gestörte Bereich je nach Eindringtiefe der Störung zu entfernen und eine mind. 0,3 m dicke, verdichtete Bodenaustauschschicht einzubauen. Für Gründungen in natürlichen weichen Abschnitten der Schichten 3 und 4 sollte die Bodenaustauschschicht mind. 0,5 m betragen.

Als Bodenaustauschmaterial eignen sich z.B. kornabgestufte und feinkornarme Kiese der Bodengruppen GU / GW, welche in Lagen von nicht über 30 cm unter intensiver Verdichtung einzubauen sind. Bei der Verwendung von gebrochenem Material ist das Größtkorn an die zum Einsatz vorgesehenen Verdichtungsgeräte anzupassen und sollte in jedem Fall 63 mm nicht überschreiten. Die Vorschriften zum Größtkorn der Rohrbettung sind zu beachten. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Lastausbreitung sollte eine Verbreiterung des Austauschmaterials mit zunehmender Tiefe unter einem Winkel von 60° gegen die Horizontale vorgenommen werden, wobei der Austauschboden in ein zugfestes und zugleich Kornfilterstabilität sicherndes Geotextil einzuschlagen ist. Beim Austausch mit Magerbeton kann die Verbreiterung entfallen.

Um eine Dränwirkung der Leitungsgräben zu verhindern, die zu unkontrollierten Quellaustritten führen kann, sind in regelmäßigen Abständen Grundwassersperren in den Gräben einzubauen. Diese sollten als Betonwände hergestellt werden und mindestens 0,5 m in den umgebenden Baugrund einbinden. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass auch die für die bauzeitliche Wasserhaltung eingebauten Sohlfilter und Sickerschichten durchtrennt werden.

7.3 Baugrube

7.3.1 Geböschte Baugruben

Nähere Angaben zu Baugruben liegen derzeit noch nicht vor.

Oberhalb des Grundwassers können Abschnitte der Baugrube bei ausreichenden Platzverhältnissen frei geböscht ausgeführt werden.

In mindestens weich bis 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. Im Bereich von Böden mit weichen und weich bis steifen Konsistenzen sind die Böschungen entsprechend den örtlichen Verhältnissen ggf. abgeflacht herzustellen. Belastete Böschungen (z. B. Fahrwege etc.) sind den Verhältnissen entsprechend ebenfalls flacher zu bösen. Grundsätzlich ist DIN 4124 zu beachten. Böschungen sollen grundsätzlich vor Erosion geschützt werden (z.B. Folien). Die Arbeiten zur Herstellung von Böschungen sind sorgfältig auszuführen, um schädliche Auswirkungen auf die Böschungsstandsicherheit zu vermeiden. Die hergestellten Böschungen sind unter Wassereinfluss fließempfindlich.

Bei Auftreten von besonderen Einflüsse, wie z.B. Wasserzutritte die die Böschungsstandsicherheit gefährden können, 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

Allgemein ist bei der Herstellung von Baugruben auf die bereichsweise angetroffenen weichen bis steifen 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.

7.3.2 Verbaute Baugruben

In Bereichen, wo kein ausreichender Platz für eine Böschung zur Verfügung steht bzw. aus wirtschaftlichkeitsgründen im Bereich tieferer Geländeeinschnitte kann bei geringeren Anforderungen an die Verformungen über Grundwasser z.B. eine auf den aktiven Erddruck bemessene Trägerbohlwand zur Ausführung kommen. Auch können bei geringeren Grabentiefen und oberhalb des Grundwasserspiegels Verbaugeräte nach DIN 4124 eingesetzt werden.

Zur Verminderung von Erschütterungsemissionen sollte zur Einbringung von Trägern in der Nähe von Bauwerken nur hochfrequente Rüttler eingesetzt werden. Die Schwinggeschwindigkeiten an den benachbarten baulichen Anlagen dürfen die Anhaltswerte nach DIN 4150 nicht überschreiten. In diesem Zusammenhang werden Erschütterungsmessungen empfohlen um ggf. Zusatzmaßnahmen

ergreifen zu können. (z.B. Frequenzsteuerung, Regelung der Unwuchtmassen, Austauschbohrungen). Technische Einrichtungen in der Nachbarschaft wären ggf. besonders auf ihre Erschütterungsempfindlichkeit hin zu untersuchen.

Außer Nachbarbebauung muss auch die Setzungsempfindlichkeit von nahegelegenen Ver- und Entsorgungsleitungen überprüft und in Abstimmung mit dem Betreiber ggf. berücksichtigt werden.

Aufgrund der zu erwartenden geringen Baugrubentiefen wird an dieser Stelle auf weiterführende Hinweise zu Erddruck und Verankerungen verzichtet. Diese Angaben können bei Bedarf jederzeit nachgereicht werden.

7.4 Wasserhaltung

Mit Wasserhaltungen ist aufgrund der Feststellungen in den Bohrungen, außer mit der Ableitung von Tag- und Schichtwasser nicht zu rechnen. Oberflächen- und Schichtenwässer können z.B. mittels filterstabilen Dräns gefasst und abgeleitet werden. In niederschlagsreichen Zeiten kann es oberflächennah zu Zuflüssen aus z.B. Stauwasser kommen. Im Falle einer erforderlichen Ableitung von Oberflächenwasser ist das geförderte Pumpwasser über ein Reinigungsbecken zu leiten und an geeigneter Stelle durch Schachtbrunnen in den Untergrund zu versickern oder in einen Vorfluter abzuleiten.

Zur Herstellung und Nachverdichtung der Baugrubensohle vor dem Überbauen ist darauf zu achten, dass das Grundwasser ausreichend tief unter der Baugrubensohle liegt.

7.5 Auftriebssicherung

Für in das Grundwasser einbindende Bauteile ist auf die Auftriebssicherheit während aller Bauzustände sowie im Endzustand zu achten. Soweit die Auftriebssicherheit durch das Eigengewicht von Bodenplatte/Fundamente und Baukörper nicht ausreicht, können z.B. Fundamentüberstände zur zusätzlichen Mobilisierung von Erdauflasten herangezogen werden. Falls vorgenannte Maßnahmen für die Auftriebssicherheit im Endzustand nicht ausreichen kann z.B. eine Verankerung der Bodenplatte über Kleinbohrpfähle die Sicherheit gegen Auftrieb gewährleisten.

Des Weiteren ist während allen Bauphasen auf die Auftriebssicherheit der Baugrubensohle zu achten.

8 Hinweise zur Planung und Ausführung

8.1 Allgemeine Hinweise

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

- DIN 1054 Baugrund-Sicherheitsnachweise im Erd- Grundbau
- 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
- DIN EN 12036 Spundwandkonstruktionen
- 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 $\geq 100\%$ der einfachen Procordichte 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. Sämtliche Gründungs- und Baugrubensohlen in Gründungsbereichen sind mit geeignetem Gerät sorgfältig zu verdichten. Hierbei ist das Verdichtungsgerät auf die Untergrundverhältnisse abzustimmen. 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.

Aufgrund der hohen Wasserempfindlichkeit der Böden 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.

Gemäß den oben angegebenen Bodengruppen sind die im Bereich der Baugrube oberflächennah anstehenden Lockergesteine mechanisch mittels Bagger lösbar.

Bei der Verwendung von RC-Materialien sind aufgrund des geplanten Überbauens mit einem Gebäude hohe Anforderungen an die Qualität des RC-Materials zu stellen. Insbesondere der Anteil der z.B. Ziegel-, Steinzeug-, Keramik- und sonstiger Fremdbestandteile ist durch Prüfzeugnisse zu bestätigen. Die Dauerstandfestigkeit des verwendeten Materials ist nachzuweisen. Zudem ist zu prüfen, ob vor Ort aufgrund der Nähe zum Grundwasser die Verwendung des geplanten RC-Material generell zulässig ist.

8.3 Wiederverwendbarkeit

Bindiges und feinkörniges Aushubmaterial ist nur eingeschränkt und nach vorheriger Prüfung zum Wiedereinbau geeignet. Bei höheren Feinkornanteilen ist hier mit größeren Aufwendungen beim Wiedereinbau und der Verdichtung bzw. mit größeren Setzungen bei nicht sachgerechtem Einbau zu rechnen.

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.

8.4 Chemische Analytik des Bodens mit Bewertung

Zur orientierenden Untersuchung auf mögliche Bodenverunreinigungen wurden an Proben der Schicht 1b chemische Analysen ausgeführt. Nach den bisherigen Umweltuntersuchungen ist mit keinem kontaminierten Aushub zu rechnen. Für die ordnungsgemäße Verwertung / Entsorgung von Aushubmaterial sind insbesondere die Z-Werte der LAGA-Liste / EPP maßgeblich. Nach den Ergebnissen der chemischen Analytik sind folgende Materialklassen zu erwarten:

Material 1 (Schicht 3 + 4): Schadstoffgehalte Z 0 (uneingeschränkter Einbau)

Material 2 (Schicht 1 + 2): Schadstoffgehalte Z 1.1 (uneingeschränkter Einbau)

Grundsätzlich ist anzumerken, dass sich die vorgenommene Einstufung des Bodenaushubs bei einer abschließenden Deklarationsanalytik (vollständige Parameterliste, Feststoff und Eluat) des angefallenen Bodenaushubs (charakterisierende Beprobung des Haufwerkes) nach oben bzw. nach unten verschieben kann.

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

Die nichtbindigen und unverlehmtten Sande der Schicht 4 stellen in der Regel einen zur Versickerung von unverschmutztem Oberflächenwasser geeigneten Untergrund dar. Die Wasserdurchlässigkeit des Untergrunds sowie die möglichen Sickermengen sind abhängig von dessen Kornabstufung und Feinschichtung im umliegenden Versickerungsbereich und kann dementsprechend treffend nur durch Sickerversuche vor Ort festgestellt werden. Der mittlere höchst Grundwasserstand muss für die Versickerungsmaßnahmen einen Mindestabstand von 1,5 m aufweisen, nur in Ausnahmefällen sind geringere Abstände zulässig. Für die Vordimensionierung von Versickerungseinrichtungen von Niederschlagswasser empfehlen wir ohne Berücksichtigung einer Verminderung der Schluckkapazität infolge Schwebstoffzusetzungen von mittleren Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f = 5 \times 10^{-6}$ m/s in den gering verlehmtten tertiären Sanden auszugehen. Aufgrund der hohen festgestellten Manganwerte können z.B. Verockerungen insbesondere an den Wiedereinleitstellen langfristige nicht ausgeschlossen werden.

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.

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 erdstatistische Berechnungen erforderlichen Bodenrechenwerte angegeben.

Sämtliche Empfehlungen dieses Berichts basieren auf den lokalen Aufschlüssen der durchgeföhrten 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.

Dieser Bericht umfasst 33 Seiten und 7 Anlagen
Augsburg, den 15.05.2020

Geotechnikum
Ingenieurgesellschaft mbH


Dipl.-Ing. J. Kiesewalter


i.A. Dr. S. Blaha