



Projekt-Nr. 3604-202-KCK

Kling Consult GmbH

Burgauer Straße 30

86381 Krumbach

T +49 8282 / 994-0

kc@klingconsult.de

Baugrundgutachten

Baugebiet "Sulzerwiese II", Gemeinde Sigmarzell

Gemeinde Sigmarzell

Stand: 08. Juli 2021



Tragwerksplanung



Architektur



Baugrund



Vermessung



Raumordnung



Bauleitung



Sachverständigenwesen



Generalplanung



Tiefbau



SIGEKO

Auftraggeber:	Gemeinde Sigmarszell Hauptstraße 28 88138 Sigmarszell
Bebauungsplanung:	Sieber Consult GmbH Am Schönbühl 1 88131 Lindau
Erschließungsplanung:	Kling Consult GmbH <i>Tiefbau</i> Burgauer Straße 30 86381 Krumbach
Felduntersuchungen / Bodenmechanische Laborversuche:	Kling Consult GmbH <i>Bodenmechanisches Labor</i> Burgauer Straße 30 86381 Krumbach
Chemische Laborversuche:	AGROLAB Labor GmbH Dr.-Pauling-Straße 3 84079 Bruckberg
Bodenmechanische und hydrogeologische Begutachtung:	Kling Consult GmbH <i>Baugrundinstitut</i> Burgauer Straße 30 86381 Krumbach

Anlagen:

- 1) Lageplan der Untersuchungsstellen, Maßstab 1:1.000
- 2) Geotechnischer Schnitt, Maßstab 1:100 (i.d.H.)
- 3) Schichtenverzeichnisse, Bohr- und Sondierprofile
- 4) Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
- 5) Ergebnisse der chemischen Laborversuche
- 6) Bodenkenngößen (Tabelle)
- 7) Homogenbereiche (Tabellen und Körnungsbänder)

Verteiler:

- | | |
|------------------------|------------------|
| 1) Gemeinde Sigmarzell | 2-fach / digital |
| 2) Sieber Consult | digital |
| 3) KC 808, tr | digital |
| 4) KCK, rüm | 1-fach / digital |

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	5
1.1	Bauvorhaben und bestehendes Gelände	5
1.2	Vorgang und Auftrag	6
1.3	Unterlagen	7
1.4	Allgemeiner (hydro-)geologischer Überblick	8
2	Durchgeführte Untersuchungen	9
2.1	Vorbereitende Arbeiten und Begleitung der Felduntersuchungen	9
2.2	Felduntersuchungen	9
2.3	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	10
2.4	Chemische Laboruntersuchungen	10
3	Ergebnisse der Untersuchungen und Untergrundbeurteilung	12
3.1	Untergrund nach den Bohr-, Sondier- und Laborversuchsergebnissen	12
3.1.1	Natürliche Deckschichten	12
3.1.2	Pleistozäne Moränenablagerungen	14
3.1.3	Tertiäruntergrund (Obere Süßwassermolasse)	16
3.2	Hydrogeologische Verhältnisse	17
3.3	Bodenkenngrößen	17
3.4	Homogenbereiche nach DIN 18300:2016	18
3.5	Erdbebenzone nach DIN EN 1998-1/NA und DIN 4149:2005	19
4	Bautechnische Folgerungen	20
4.1	Allgemeine Bebaubarkeit (Wohngebäude)	20
4.1.1	Tragfähiger Horizont	20
4.1.2	Gebäudegründung von Ein- bis Dreifamilienhäusern (Allgemein)	20
4.1.3	Anforderungen und Einbau Bodenaustauschmaterial	22
4.1.4	Bemessungswerte und weitere technische Details	23
4.2	Straßenbau	23
4.2.1	Allgemeines	23
4.2.2	Frostsicherer Gesamtaufbau	23
4.2.3	Planum	24
4.3	Kanal- und Leitungsbau	26
4.3.1	Gründung der Kanalrohre und Schächte	26
4.3.2	Grabenverbau und Wasserhaltung	27
4.4	Versickerung von Niederschlagswasser	29
4.5	Weitere Entwurfs- und Ausführungshinweise	30
5	Schlussbemerkungen	31
6	Verfasser	31

1 Allgemeines

1.1 Bauvorhaben und bestehendes Gelände

Die Gemeinde Sigmarszell plant aktuell die Erschließung des Baugebietes "Sulzerwiese II" im Ortsteil Niederstauften. Nach derzeitigem Planungsstand sollen auf dem Baugebiet Ein- bis Dreifamilienhäuser und Verkehrsflächen sowie im westlichsten, morphologisch tiefsten Bereich ein Retentionsbecken für abfließendes Oberflächenwasser errichtet werden. Für die orientierende Beurteilung der Untergrundverhältnisse im Planungsgebiet und der Versickerungsfähigkeit der anstehenden Böden sowie zur Erarbeitung grundbautechnischer Hinweise und Empfehlungen zum Kanal- und Straßenbau, war eine Baugrunduntersuchung durchzuführen und ein Baugrundgutachten zu erstellen.

Das Planungsgebiet befindet sich am östlichen bzw. nordöstlichen Ortsrand von Sigmarszell-Niederstauften und umfasst Teilbereiche der Grundstücke mit den Flur-Nrn. 63 und 64 der Gemarkung Niederstauften auf einer Fläche von ca. 12.500 m². Es wird nach Südwesten vom bestehenden Wohngebiet "Sulzerwiese" begrenzt. Nördlich verläuft der ausgebaute "Niederstaufener Bach" (gem. topographischer Karte auch "Hampbach") und südlich ein unbenannter, nicht ausgebauter Seitenbach. Östlich wird das Planungsgebiet von landwirtschaftlichen Flächen umschlossen, an der Nordgrenze verläuft weiterhin ein landwirtschaftlicher Weg. Die Ausdehnung des Planungsgebietes erstreckt sich von Nordwesten nach Südosten auf einer Höhe zwischen rund 527 mNHN und 542 mNHN. Das Gelände steigt von Nordwesten nach Südosten auf einer Länge von 200 m somit um ca. 15 m (ca. 7,5 %) an. Parallel zu den o.g. Wasserläufen befinden sich Geländemulden.

Ausgehend vom jetzigen Planungsstand wird von unterkellerten und nicht unterkellerten Ein- bis Dreifamilienhäusern ausgegangen. Die Gründungsebene wird bei nicht unterkellerten Gebäuden ungefähr auf Höhe der derzeitigen GOK (Plattengründung) bzw. in frostfreier Tiefe (1,2 m unter späterer GOK (Fundamentgründung)) erwartet und bei unterkellerten Gebäuden entsprechend dem Kellergeschoss tiefer. Aufgrund der Gefällesituation wird dabei hangseitig vermutlich tiefer in dem Untergrund eingeschnitten werden müssen.

Zur Erschließung der Grundstücke müssen Straßen- und Kanalbaumaßnahmen durchgeführt werden. Hierzu ist derzeit eine von Nordwesten nach Südosten verlaufende Wohnstraße geplant, die nach Südwesten an die Straße "Sulzerwiese" angebunden werden soll. Die Anbindung der Wohnstraße nach Nordwesten an die westlich gelegene St 2002 (Allgäustraße) über den bestehenden Feldweg wird nach jetzigem Planungsstand nicht realisiert. Aufgrund der geplanten künftigen Nutzung der Flächen als Wohngebiet wird angenommen, dass bei der Bemessung des frostsicheren Gesamtaufbaus der Verkehrsflächen die Belastungsklasse Bk 0,3 oder Bk 1,0 nach RStO 12 zugrunde gelegt wird.

Die Sohlen der Schächte und Kanalrohre werden in einer üblichen Tiefe zwischen 2 m und 3 m unter GOK erwartet.

Sofern der anstehende Untergrund ausreichend sickerfähig ist, soll in dem im westlichen Planungsgebiet vorgesehenen Retentionsbecken anfallendes Niederschlagswasser versickert werden.

1.2 Vorgang und Auftrag

Mit Schreiben vom 21. April 2021 erteilte die Gemeinde Sigmarszell dem Baugrundinstitut der Kling Consult GmbH (BIKC) den Auftrag zur Durchführung einer Baugrunduntersuchung und zur Erstellung eines Baugrundgutachtens entsprechend der Auftragsbestätigung vom 21. April 2021, Auftrags-Nr. 13076251 bzw. der Positionen 10 bis 80 des Angebotes vom 12. April 2021, Angebots-Nr. 7071-202.

Das Ziel der Untersuchung ist die Erkundung und Begutachtung des anstehenden Baugrunds mit allgemeiner bautechnischer und bodenmechanischer sowie geologischer und hydrogeologischer Beurteilung einschließlich der Erarbeitung von Hinweisen und Empfehlungen zur allgemeinen Bebaubarkeit, zum Kanal- und Straßenbau, zur Versickerung von Niederschlagswasser und zur Schadstoffbelastung der angetroffenen Böden mit weiteren grundbautechnischen Hinweisen.

1.3 Unterlagen

- Geologische Karte von Bayern, 8424 Lindau (Bodensee), M 1:25.000, herausgegeben vom Bayerischen Geologischen Landesamt München, 1986
- Planunterlagen (Lageplan des Planungsgebietes) zur Erschließung des Baugebietes "Sulzerwiese II", aufgestellt durch die Sieber Consult GmbH am 30. März 2021
- Ergebnisvermerk Büro Sieber vom 4. Dezember 2019 zum Behördenunterrichtungstermin für das Baugebiet "Sulzerwiese II" vom 2. Dezember 2019
- Informationen des „Umwelt-Atlas“ (www.umweltatlas.bayern.de), im Internet bereitgestellte Datenbank des Bayerischen Landesamts für Umwelt (www.lfu.bayern.de) / Informationen der geologischen Karte 1:25.000 im Bereich Sigmarszell
- Diverse Informationen des „Bayern-Atlas“ (www.geoportal.bayern.de/bayernatlas/), im Internet bereitgestellte Datenbank des bayerischen Staatsministeriums der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat
- Informationen des Gewässerkundlichen Diensts Bayern (www.gkd.bayern.de) des Bayerischen Landesamts für Umwelt (www.lfu.bayern.de) / Informationen zu Grundwasserständen und Grundwasserschwankungsbreiten an diversen Grundwassermessstellen in Sigmarszell und Umgebung (ohne einzelne Auflistung)
- Schichtenverzeichnisse, entnommene Proben sowie zeichnerische Auftragung der Bohr- und Sondierprofile einschließlich Lageplan mit eingemessenen Untersuchungsstellen nach Lage
- Ergebnisse/Protokolle von bodenmechanischen und chemischen Laboruntersuchungen, durchgeführt im bodenmechanischen Labor des BIKC, Krumbach und im chemischen Labor AGROLAB, Bruckberg

1.4 Allgemeiner (hydro-)geologischer Überblick

Nach den Angaben der geologischen Karte und den Ergebnissen der aktuellen Baugrunduntersuchungen stehen im Planungsgebiet pleistozäne Moränenablagerungen bzw. Geschiebemergel in Form vom tonigen bis kiesigen Schluffen mit unterschiedlichen Mächtigkeiten an. Diese Schichten werden von natürlichen Deckschichten überlagert. Den tieferen Untergrund bilden die jungtertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) in Form von teilweise sandsteinartig verfestigten, schluffigen Sanden der Faltenmolasse. In den Niederungen des Niederstauferer Bachs im Norden sowie auch des westlich des Planungsgebietes gelegenen Seitenbaches sind jungstquartäre Aueablagerungen zu erwarten, die das geplante Baugebiet jedoch allenfalls randlich berühren.

Ein geschlossenes Grundwasserwerk in einer für die Baumaßnahmen relevanten Tiefenlage ist nicht zu erwarten. Erfahrungsgemäß können jedoch Schachtgrundwasservorkommen in Moräne- und OSM-Ablagerungen auftreten. Auch sind lokale Überschwemmungen im Bereich des Niederstauferer Bachs in der Vergangenheit aufgetreten.

2 Durchgeführte Untersuchungen

2.1 Vorbereitende Arbeiten und Begleitung der Felduntersuchungen

Im Vorfeld der feldtechnischen Untersuchungen zur Baugrunduntersuchung wurden die bei Kling Consult vorhandenen Archivunterlagen sowie diverse im Internet vorhandene Informationen und die zur Verfügung gestellten Pläne gesichtet und ausgewertet.

Die geplanten Baugrunduntersuchungsstellen wurden in einem möglichst regelmäßigen Raster unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten (Zugänglichkeit, Spartenlage etc.) festgelegt und vor Ort durch einen Vermesser des Teams Vermessung von Kling Consult mittels GPS-Vermessung abgesteckt und nach Höhe aufgenommen.

2.2 Felduntersuchungen

Am 18. und 20. Mai 2021 wurden von Mitarbeitern des BIKC insgesamt 4 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1 (KRB 1 bis KRB 4, Schappendurchmesser 80/60 mm) abgeteuft. Darüber hinaus wurden 3 Sondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 (DPH 1 bis DPH 3) ausgeführt. Die Kleinrammbohrungen wurden bis in Tiefen zwischen 2,8 m und 4,4 m, die Rammsondierungen bis in Tiefen zwischen 4,8 m und 6,6 m unter jeweiligem Ansatzpunkt ausgeführt.

Die Lage der Untersuchungsstellen ist aus dem Lageplan in Anlage 1 ersichtlich. Die Bohr- und Sondierprofile sind - unter Berücksichtigung der bodenmechanischen Laborversuchsergebnisse - in einem geotechnischen Schnitt in Anlage 2 graphisch dargestellt. Eine Zusammenstellung der Bohrerergebnisse als Schichtenverzeichnisse nach DIN EN ISO 22475-1 sowie die entsprechenden EinzelprofilDarstellungen finden sich in Anlage 3.

Lage und Höhe der Untersuchungspunkte sind in den Anlagen 1 bis 3 eingetragen.

2.3 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Im bodenmechanischen Labor des BIKC wurden an 5 Bodenproben der Güteklasse 5 nach DIN EN ISO 22475-1 die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- 5 Bodenansprachen nach DIN EN ISO 14688-1 / DIN 4022 / DIN 18196
- 4 Korngrößenverteilungen nach DIN EN ISO 17892-4 / DIN 18123
- 1 Bestimmungen der Zustandsgrenzen und Konsistenzermittlung nach DIN EN ISO 17892-12 / DIN 18122
- 1 Bestimmung des Wassergehalts nach DIN EN ISO 17892-1 / DIN 18121-2

Eine tabellarische Zusammenstellung der bodenmechanischen Versuchsergebnisse, die in die weitere Beurteilung / Bewertung - insbesondere in Abschnitt 3.1 - mit einfließen, findet sich in Anlage 4. Es wird darauf hingewiesen, dass es sich bei den Versuchsergebnissen nicht um Grenz-, sondern um Versuchswerte handelt, von denen Abweichungen nach oben und unten möglich sind.

2.4 Chemische Laboruntersuchungen

Zur ersten Einstufung möglicher Schadstoffbelastungen der anstehenden natürlichen Deckschichten (siehe Abschnitt 3.1.1) und der Moränenablagerungen (siehe Abschnitt 3.1.2) wurden nach ergänzender organoleptischer Ansprache des Bohrguts durch einen Altlastensachverständigen des BIKC insgesamt 2 Bodenmischproben (MP 1 und MP 2) zur analytischen Untersuchung des Schadstoffgehalts an das chemische Labor AGROLAB, Bruckberg weitergeleitet. Die Mischproben wurden hinsichtlich der nach der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Tab. II.1.2-2 und Tab. II.1.2-3 vorgegebenen Parameter in der Fraktion < 2 mm untersucht, was auch den Parameterumfang des in Bayern relevanten Eckpunktepapiers zu „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit beinhaltet.

Generell wurden im vorliegenden Fall ausschließlich die anstehenden, jeweils gleichartig ausgebildeten Deckschichten sowie die Moränenablagerungen untersucht, da bei den künftigen Aushubarbeiten überwiegend diese Böden berührt und ggf. entsorgt/verwertet werden müssen. Um etwaige Schadstoffbelastungen eingrenzen und besser zuordnen zu können, wurde bei der Herstellung der Bodenmischproben Bohrgut aus den Deckschichten und den Moränenablagerungen aus dem Horizont "< 1 m" unter derzeitiger GOK (MP 1) und "> 1 m" unter derzeitiger GOK (MP 2) verwendet. Aufgrund von heterogenen Ablagerungen, wechsellagernden Korngrößenverteilungen sowie teilweise geringmächtigen Schichten wurde die orientierende Beprobung von Horizonten gewählt.

Die Zusammenstellung der Bodenmischproben, die Ergebnisse der chemischen Analytik an den Böden und die weitere Beurteilung / Bewertung der Versuchsergebnisse können den Laborprotokollen und der Tabelle in Anlage 5 entnommen werden. Es wird darauf hingewiesen, dass es sich um Einzelwerte aus einzelnen Aufschlüssen handelt. Höhere und niedrigere Schadstoffgehalte sind generell möglich.

Die Laboruntersuchungen dienen zur Abschätzung von möglichen anthropogenen und/oder geogen bedingten Schadstoffgehalten zu Ausschreibungszwecken und ersetzen nicht die voraussichtlich erforderlichen baubegleitenden abfalltechnischen Untersuchungen entsprechend den Vorgaben der LAGA PN 98 bzw. der außerdem geltenden Vorschriften.

3 Ergebnisse der Untersuchungen und Untergrundbeurteilung

3.1 Untergrund nach den Bohr-, Sondier- und Laborversuchsergebnissen

3.1.1 Natürliche Deckschichten

Unterhalb der geringmächtigen Mutterbodenauflage (0,2 m - 0,3 m Mächtigkeit) wurden mit den Kleinrammbohrungen bis in Tiefen zwischen 0,7 m und 1,0 m unter Ansatzpunkt natürliche Deckschichten erkundet.

Die aufgeschlossenen Deckschichten liegen heterogen und wechsellagernd vor und sind hinsichtlich der Korngrößenverteilung als sandige, schwach tonige bis tonige, teils schwach kiesige bis kiesige, vereinzelt auch stark kiesige Schluffe in dunkelbrauner Färbung zu beschreiben.

Die bindigen Deckschichten weisen eine weiche bis steife Konsistenz auf. Im Hinblick auf ihre plastischen Eigenschaften sind diese nach DIN EN ISO 14688 meist als leicht- bis mittelplastische Tone zu klassifizieren.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen belegen die vorwiegend geringe Konsistenz der bindigen Deckschichten.

Bodenmechanische Beurteilung:

Die natürlichen Deckschichten sind stark kompressibel und weisen eine geringe Scherfestigkeit auf. Sie sind nur gering tragfähig und zur Aufnahme von Bauwerkslasten nicht geeignet.

Die aufgeschlossenen Deckschichten sind sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 3) und darüber hinaus ausgeprägt wasserempfindlich (aufweichgefährdet, fließempfindlich). Nach DIN 18130 sind die Deckschichten als sehr schwach bis schwach durchlässig einzustufen.

Die Deckschichten sind ohne Zusatzmaßnahmen (z.B. Zugabe von hydraulischen Bindemitteln etc.) nur schlecht verdichtbar und für bautechnische Zwecke, wie z.B. Bauwerkshinterfüllungen, Bodenaustauschmaßnahmen, Dammschüttungen etc., nicht geeignet. Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten kann in den Deckschichten von geringen Eindringwiderständen und einer entsprechend leichten Ramm- bzw. Rüttelbarkeit ausgegangen werden. Rammunterstützende Maßnahmen wie Vorbohren/Spülhilfe werden demnach nicht erforderlich.

Ergebnisse der chemischen Laborversuche:

An einer Bodenmischprobe (MP 1) aus den Deckschichten (Zusammensetzung siehe Anlage 5) wurden die nach der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) vorgegebenen Parameter in der Fraktion < 2 mm untersucht.

Die Bewertung der Laborergebnisse erfolgt gemäß den Anforderungen des in Bayern relevanten "Leitfadens für die Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen" (LVGBT) des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz. Bei der Bewertung wurde aufgrund der bindigen bzw. schlämmkornreichen Ausbildung der untersuchten Deckschichten die Bodenkategorie "Lehm/Schluff" zugrunde gelegt.

Alle im Feststoff und Eluat untersuchten Parameter der untersuchten Bodenmischprobe MP 1 waren im Hinblick auf die einstufigsrelevante Bodenkategorie "Lehm/ Schluff" als unauffällig zu bezeichnen. Das untersuchte Material kann demnach durchweg als Z 0-Material im Sinne des LVGBT eingestuft werden.

Wir empfehlen, die bei den Aushubarbeiten anfallenden Deckschichten in Haufwerken auf einer geeigneten Fläche zwischenzulagern, nach den einschlägigen Vorgaben (LAGA PN 98, Deponie-Info 3 des Bayerischen LfU bzw. des LfU-Merkblatts zu "Beprobung von Boden und Bauschutt") zu beproben sowie entsprechende chemische Laboruntersuchungen vornehmen zu lassen, um die rechtlichen Anforderungen zur Deponierung bzw. Verwertung dieser Böden erfüllen zu können. Der Untersuchungsumfang sollte den Vorgaben der LAGA zu den "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen – Technische Regeln" bzw. des LVGBT entsprechen.

Bei der Ausschreibung der gewerblichen Leistungen sollte die stoffliche Verwertung bzw. Deponierung der Deckschichten entsprechend den jeweiligen Zuordnungswerten der LAGA bzw. des LVGBT berücksichtigt werden. Dabei ist zu beachten, dass sich baubedingt z.B. durch die Beimengung von Zementbestandteilen bei der Herstellung von Verbau- oder Gründungselementen oder durch die Beimengung von Material aus Baustraßen etc. Veränderungen im Chemismus und den Zuordnungsklassen ergeben können.

3.1.2 Pleistozäne Moränenablagerungen

Unterhalb der Deckschichten wurden pleistozäne Moränenablagerungen (Geschiebemergel) erkundet. Diese weisen eine Mächtigkeiten von bis zu 3,2 m auf und liegen in Tiefen von zwischen 0,7 m und 1,0 m bis zwischen 2,3 m und 4,2 m unter GOK. Die Böden der Moränenablagerungen wurden überwiegend in schluffiger Ausbildung angetroffen und sind in diesem Fall als schwach bis stark kiesige, sandige bis schwach sandige, teilweise tonige Schluffe in steifer bis weicher Konsistenz anzusprechen. In den Bohrungen KRB 3 in einer Tiefe von 1,0 m bis 1,6 m unter GOK und KRB 4 in einer Tiefe von 1,0 m bis 2,6 m unter GOK wurde eine lediglich breiige Konsistenz erkundet. Darüber hinaus wurde in der Bohrung KRB 4 in einer Tiefe zwischen 2,6 m und 3,8 m unter GOK eine schwach schluffige, stark sandige Kieslage festgestellt.

Generell wird darauf hingewiesen, dass die Zusammensetzung der Moränenablagerungen erfahrungsgemäß kleinräumig stark wechselhaft ausgebildet ist. Die Bohrungen geben nur punktförmig Aufschluss über den anstehenden Baugrund. Es können bereichsweise vor allem auch ausgeprägt steinige Lagen anstehen.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen lassen auf eine zur Tiefe hin zunehmende Konsistenz bzw. zunehmende Mantelreibung am Sondiergestänge in den bindigen Moränenablagerungen schließen. Bei kiesiger Ausbildung deuten die Schlagzahlen auf eine mitteldichte bis dichte Lagerung (KRB 4 / DPH 3) hin.

Bodenmechanische Beurteilung:

Die bindigen Moränenablagerungen sind erfahrungsgemäß mäßig bis stark kompressibel und weisen eine geringe bis mittlere Scherfestigkeit auf. Sie sind gering bis mäßig tragfähig und zur Aufnahme von Bauwerkslasten nur bedingt geeignet. Die mitteldicht bis dicht gelagerten kiesigen (sandigen) Moränenablagerungen sind gering kompressibel und weisen eine hohe Scherfestigkeit auf. Sie sind tragfähig und zur Aufnahme von Bauwerkslasten geeignet, sofern sie horizontbeständig ausgebildet sind.

Die Moränenablagerungen sind je nach Schlämmkorngehalt gering bis mittel oder sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 2, F 3) und in stark schlämmkornreicher oder bindiger Ausbildung auch wasserempfindlich (aufweichgefährdet). Nach DIN 18130 werden sie in kiesiger Ausbildung zwischen durchlässig und stark durchlässig eingestuft. Generell kann in sehr schlämmkornarmen Bereichen mit zusätzlich geringem Sandanteil auch eine sehr starke Durchlässigkeit vorliegen. In schluffiger Ausbildung sind die Moränenablagerungen als sehr schwach durchlässig einzustufen.

Die kiesigen Moränenablagerungen sind bei nicht zu hohem Schlämmkorngehalt gut verdichtbar und für bautechnische Zwecke, wie z.B. Bauwerkshinterfüllungen, Bodenaustauschmaßnahmen etc., geeignet. Die schlämmkornreichen bzw. bindigen Moränenablagerungen sind nur schlecht bis nicht verdichtbar und für bautechnische Zwecke ohne Zusatzmaßnahmen (z.B. Zugabe von hydraulischen Bindemitteln etc.) nicht geeignet.

Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten muss in den Moränenablagerungen von mittleren bis sehr hohen Eindringwiderständen und einer entsprechend mittelschweren bis sehr schweren Ramm- bzw. Rüttelbarkeit ausgegangen werden. Rammunterstützende Maßnahmen z.B. Vorbohren und/oder Spülhilfe, ggf. auch Austauschbohrungen werden zumindest beim tieferen Einbringen von beispielweise Stahlprofilen voraussichtlich erforderlich. Größere Stein- und Blockeinlagerungen können in Moränenböden zudem generell nicht ausgeschlossen werden und ggf. Rammhindernisse darstellen.

Ergebnisse der chemischen Laborversuche:

An einer Mischprobe (MP 2) aus den Moränenablagerungen (Zusammensetzung siehe Anlage 5) wurden ebenfalls die nach der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) vorgegebenen Parameter in der Fraktion < 2 mm untersucht. Die Bewertung der Laborergebnisse erfolgt gemäß den bereits in Abschnitt 3.1.1 genannten Richtlinien. Bei der Bewertung wurde aufgrund des hohen Schlämmkorngehalt die Bodenkategorie "Lehm/ Schluff" zugrunde gelegt. Die im Entsorgungs- bzw. Verwertungsfall anzuwendende Bodenkategorie bzw. die endgültige Deklaration kann erfahrungsgemäß jedoch erst nach genauer Bodenansprache im Rahmen einer Haufwerksbeprobung festgelegt werden.

Alle an der Bodenmischprobe MP 2 im Feststoff und Eluat untersuchten Parameter sind im Hinblick auf die Bodenkategorie "Lehm/Schluff" als unauffällig einzustufen. Das untersuchte Material kann somit als Z 0-Material eingestuft werden.

Hinsichtlich des weiteren Vorgehens mit den beim Aushub anfallenden Moränenablagerungen und der Ausschreibung der gewerblichen Leistungen wird auf die Hinweise und Empfehlungen aus Abschnitt 3.1.1 verwiesen.

3.1.3 Tertiäruntergrund (Obere Süßwassermolasse)

Unterhalb der Moränenablagerungen wurden ab einer Tiefe von 2,3 m bis 4.1 m unter GOK die tertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) angetroffen. Die maximale Endtiefe lag bei 4,4 m unter Ansatzpunkt. Die schwach bis stark schluffigen sowie vereinzelt tonigen und kiesigen Sande bzw. die vereinzelt auch durch Diagenese verfestigte Sande der OSM konnten damit nur in Stärken von wenigen Dezimetern direkt aufgeschlossen werden.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen lassen auf eine dichte bis sehr dichte Lagerung der OSM-Sande bzw. deren sandsteinartige Verfestigung schließen.

Die jungtertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) wurden mit den aktuell ausgeführten, unverrohrten Kleinrammbohrungen bis zur Endteufe erwartungsgemäß nicht durchteuft. Der Tertiäruntergrund setzt sich erfahrungsgemäß aus einer Wechsellaagerung aus sandig-schluffig-tonigen Böden zusammen und ist gut tragfähig. Er hat auf die geplanten Erschließungsmaßnahmen keine negativen Auswirkungen.

Potenzieller Schadstoffgehalt:

Chemische Laboruntersuchungen wurden an den erkundeten OSM-Böden aufgrund von geringen zu erwartenden Aushubkubaturen nicht ausgeführt. Derartige Böden können jedoch geogen bedingt erhöhte Schadstoffgehalte aufweisen.

Hinsichtlich des weiteren Vorgehens mit den beim Aushub aus den OSM-Schichten anfallenden Böden sowie bei der Ausschreibung der gewerblichen Leistungen wird auf die weiteren Hinweise und Empfehlungen in Abschnitt 3.1.1 verwiesen.

3.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Ein geschlossener Grundwasserspiegel wurden bei den aktuellen Baugrunduntersuchungen im Mai 2021, die in einem Zeitraum intensiver Niederschlagsereignisse ausgeführt wurden, nicht angetroffen.

Mit der Kleinrammbohrung KRB 4 wurde in einer Tiefe zwischen etwa 1,0 m und 3,8 m unter Ansatzpunkt jedoch ein Schichtwasserhorizont erbohrt. Die stark sandigen, schwach schluffigen Kiese im Tiefenbereich von 2,6 m bis 3,8 m und die darüber gelagerten stark sandigen, kiesige Schluffe im Tiefenbereich von 1,0 m bis 2,6 m wurden hier auch als wassergesättigtes Bohrgut zu Tage gefördert. Die Ausbreitung des Schichtwasserhorizontes liegt vermutlich linsenförmig vor und lässt sich nur durch weitere Untersuchungen genauer eingrenzen.

Nach allgemeiner Erfahrung und wie mit den Baugrunduntersuchungen verdeutlicht ist in den vorliegenden Böden je nach Jahreszeit und Witterung daher periodisch mit Sicker- und Schichtwasser zu rechnen, das sich vor bzw. auf weniger wasserdurchlässigen Schichten sammeln und aufstauen kann.

3.3 Bodenkenngrößen

Eine tabellarische Zusammenstellung der Bodengrößen ist in der Tabelle in **Anlage 6** auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse sowie auf Grundlage allgemeiner und örtlicher Erfahrung mit vergleichbaren Böden und geologischen Schichten erarbeitet. Die Werte gelten für die beschriebenen Hauptbodenschichten im ungestörten Lagerungsverband, d.h. ohne z.B. baubedingte Auflockerungen oder Vernässungen.

3.4 Homogenbereiche nach DIN 18300:2016

Nach den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) der VOB/C, Ausgabe 2019 ist der Baugrund in Homogenbereiche einzuteilen. Eine tabellarische Zusammenstellung der Homogenbereiche nach DIN 18300:2016 für die geotechnische Kategorie GK 2 ist in der Tabelle in **Anlage 7** auf Grundlage der aktuellen Untersuchungsergebnisse und allgemeiner und örtlicher Erfahrung mit vergleichbaren Böden und geologischen Schichten erarbeitet.

Die aufgeschlossenen Böden werden in die 3 nachfolgend aufgelisteten Homogenbereiche eingeteilt. Der Mutterboden ist separat nach DIN 18320:2019 zu erfassen.

- Homogenbereich A:
 - bindige Deckschichten
- Homogenbereich B:
 - B 1: bindige Moräneablagerungen
 - B 2: kiesige Moräneablagerungen
- Homogenbereich C:
 - Obere Süßwassermolasse (OSM)

Im Homogenbereich B werden die Parameter für bindige und kiesige Böden angegeben. Aus unserer Sicht empfiehlt es sich im Hinblick auf die zu erwartende Wechsellagerung jedoch, den Homogenbereich bei der Ausschreibung der gewerblichen Leistungen - u.a. auch aufgrund vergleichbarer Bearbeitbarkeit - als einen Homogenbereich B auszuschreiben, hier jedoch die Parameter für die unterschiedlichen Bodenarten anzugeben. Alternativ könnte jede beschriebene Bodenart im Homogenbereich B auch als ein separater Homogenbereich ausgeschrieben werden. Hier wird sich dann jedoch aufgrund der ausgeprägten Wechsellagerung, Mächtigkeit etc. eine Massenermittlung als schwierig gestalten.

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass Bohrungen und Sondierungen nur punktförmig über Baugrund und Homogenbereiche Aufschluss geben. Schichtverlauf und Schichtmächtigkeiten können naturgemäß variieren. Der genaue Umfang von Massen und dazugehörigen Homogenbereichen ergibt sich erst im Zuge der Erdarbeiten.

Es wird darauf hingewiesen, dass die in der angefügten Tabelle zu den jeweiligen Homogenbereichen angegebenen Bodenkennwerte jeweils nur auf die angetroffenen, von äußeren Einflüssen wie z.B. Wasserzutritt etc. unbeeinflussten Untergrundverhältnisse zutreffen.

3.5 Erdbebenzone nach DIN EN 1998-1/NA und DIN 4149:2005

Der Bebauungsbereich liegt der DIN EN 1998-1/NA und DIN 4149:2005 zufolge in der Erdbebenzone 1, in der gemäß dem zugrunde gelegten Gefährdungsniveau rechnerisch die Intensitäten $I \geq 6,5$ und $< 7,0$ zu erwarten sind. Der DIN EN 1998-1/NA zufolge sollte mit einem Bemessungswert der Bodenbeschleunigung von 0,4 m/s gerechnet werden. Das Planungsgebiet ist darüber hinaus der Untergrundklasse S zuzuordnen.

4 Bautechnische Folgerungen

Derzeit liegen noch keine Planungen zur künftigen Bebauung im Bereich des untersuchten Gebiets vor. Die nachfolgenden Angaben sind daher generell als allgemeine Empfehlungen und Schlussfolgerungen zu verstehen, deren Anwendbarkeit entsprechend den tatsächlichen Planungen und vor allem anhand detaillierter bauwerksbezogener Baugrunduntersuchungen durch einen Sachverständigen für Geotechnik zu überprüfen sind.

4.1 Allgemeine Bebaubarkeit (Wohngebäude)

In den folgenden Abschnitten werden Empfehlungen zur Gründung von unterkellerten und nicht unterkellerten Ein- bis Dreifamilienhäusern inkl. Garagen erarbeitet.

4.1.1 Tragfähiger Horizont

Als gut tragfähige Gründungsböden für den Lastabtrag können im vorliegenden Fall die Tertiärablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) herangezogen werden. Wegen der unterschiedlichen nach Südosten hin deutlich zunehmenden Mächtigkeit der überlagernden Moränenablagerungen sind diese gut tragfähigen Schichten im Planungsgebiet jedoch in variierender Tiefe zu erwarten. So liegt der gut tragfähige Horizont nach den Ergebnissen der aktuellen Baugrunduntersuchungen im nordwestlichen Bereich des Planungsgebiets zwischen rund 2,3 m und 2,6 m unter derzeitiger GOK. Im südöstlichen Bereich nimmt die Tiefe bis zum Erreichen des tragfähigen Horizonts mit dem ansteigenden Gelände stark zu, sodass im äußersten südöstlichen Bereich davon auszugehen ist, dass der tragfähige Horizont erst in einer Tiefe von ca. 4,2 m oder lokal auch noch tiefer (z.B. DPH 3) vorliegt.

4.1.2 Gebäudegründung von Ein- bis Dreifamilienhäusern (Allgemein)

Im Planungsgebiet werden voraussichtlich unterkellerte und nicht unterkellerte Gebäude vermutlich bevorzugt auf durchgehenden, elastisch gebetteten Bodenplatten (Plattengründung) errichtet. Die Gründungsebene von unterkellerten Gebäuden wird dabei in einer Tiefe von etwa 3,0 m unter GOK, die von nicht unterkellerten Gebäuden etwa auf Höhe der derzeitigen GOK angenommen.

Bei unterkellerten Gebäuden und Garagen kommt die angenommene Gründungsebene bei einer erwarteten Plattengründung im nordwestlichen Bereich des Baugebietes bereits in den tragfähigen Schichten der Oberen Süßwassermolasse zu liegen. Eine Flachgründung kann in diesem Fall ohne weitere Zusatzmaßnahmen ausgeführt werden.

Im südöstlichen Bereich kommt die Gründungsebene innerhalb der gering bis mäßig tragfähigen Moränenablagerungen zu liegen. Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen (KRB 4) beträgt die Restmächtigkeit der Moränenablagerungen in diesem Bebauungsbereich unterhalb der Gründungsebene dann bis zu etwa 1,2 m. Je nach Gebäudekonstruktionen ist dann bei einer Plattengründung ein Teilbodenaustausch bzw. ein vollständiger Bodenaustausch bis auf die tragfähigen Schichten der Oberen Süßwassermolasse (siehe nachfolgendes Kapitel) zu empfehlen. Innerhalb der OSM-Schichten oder einem vollständigem Bodenaustausch wäre auch eine Gründung über Einzel- oder Streifenfundamente denkbar

Bei nicht unterkellerten Gebäuden und Garagen kommt die Gründungsebene bei einer vermutlich bevorzugten Plattengründung innerhalb der gering tragfähigen Deckschichten zu liegen.

In den Bereichen, wo unterhalb der Gründungsebene sandige oder zumindest steif konsistente bindige Böden anstehen, wäre es unter Inkaufnahme von erhöhten Baugrundverformungen denkbar, nicht unterkellerte Wohngebäude und Garagen auf durchgehenden Bodenplatten auf einem mindestens 1,0 m mächtigen Teilbodenaustauschpaket „schwimmend“ zu gründen. Bei dieser Gründungsvariante ist dann jedoch die Sicherstellung einer frostsicheren Gründung zu berücksichtigen. Von einer Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten und damit von einer konzentrierten Lastabtragung in den Deckschichten und dann auch in den Moränenablagerungen sollte abgesehen werden. Bei weich konsistenten Böden unterhalb der Gründungsebene sollte die Möglichkeit einer „schwimmenden“ Gründung bei vorliegender Detailplanung genauer geprüft werden.

Bei einer „schwimmenden“ Gründung sind insbesondere bei hohen Restmächtigkeiten der Deckschichten und Moränenablagerungen jedoch erhöhte Setzungen und auch Setzungsdifferenzen zu erwarten. Durch den Einbau eines Teilbodenaustauschpakets können die Setzungen allerdings vergleichmäßig und geringfügig verringert werden. Die zu erwartenden Setzungen sollten bei vorliegenden Planunterlagen in jedem Fall rechnerisch abgeschätzt und durch den Tragwerksplaner auf Bauwerksverträglichkeit überprüft werden

(Nachweise der Gebrauchstauglichkeit). Es ist nach den vorliegenden Erkenntnissen nicht auszuschließen, dass zum Erreichen einer insgesamt setzungsarmen Konstruktion auch anderweitige Zusatzmaßnahmen (z.B. Tiefgründung über Brunnen, Rammpfähle aus duktilen Gussrohren etc.) zu empfehlen sind.

4.1.3 Anforderungen und Einbau Bodenaustauschmaterial

Als Bodenaustauschmaterial sollte gut verdichtbares Ersatzmaterial, wie z.B. Kiessand der Bodengruppen GU (Schlammkorngehalt < 10 %) oder GW nach DIN 18196 oder entsprechendes gebrochenes Schottermaterial, verwendet werden. Sofern die Frostsicherheit unter beheizten, nicht unterkellerten Wohngebäuden nicht durch eine umlaufende, ausreichend gedämmte Frostschräge sichergestellt werden, sollte der Bodenaustausch zumindest in den Randbereichen bis rund 1,2 m unter späterer GOK mit frostsicherem Material der Bodengruppe GW nach DIN 18196 (Schlammkorngehalt < 5 %) ausgeführt werden. Unter unbeheizten Garagen sollte der Bodenaustausch generell mit frostsicherem Material und zumindest in den Randbereichen bis in eine Tiefe von rund 1,2 m unter GOK durchgeführt werden.

Die Aushub- und Bodenaustauscharbeiten sollten aufgrund der ausgeprägten Wasserempfindlichkeit der anstehenden Böden nur bei trockener Witterung durchgeführt werden. Zudem wird ein abschnittsweiser Aushub empfohlen, der im letzten 0,5 m - Bereich vor Kopf mit glatter Schneide erfolgt. Ein nochmaliges Befahren der Aushubsohle in den Deckschichten durch Baugeräte sowie jeglicher Wasserzutritt muss vermieden werden. Sollten in der Aushubsohle wider Erwarten weichkonsistente bindige oder stark organische Böden etc. angetroffen werden, sind diese vollständig zu entfernen und zu ersetzen.

Das Bodenaustauschmaterial sollte in Lagen von nicht über 25 cm Dicke eingebracht und auf mindestens mitteldichte Lagerung im Sinne der DIN 1054 verdichtet werden. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Lastausbreitung sollte eine Verbreiterung des Austauschmaterials mit zunehmender Tiefe unter einem Winkel von 45° vorgenommen werden.

Das Bodenaustauschmaterial ist so gut zu verdichten, dass auf dessen OK mittels statischer Plattendruckversuche nach DIN 18134 ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältnis von $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$ nachgewiesen werden kann. Bei Austauschmächtigkeiten < 0,8 m sollte die Verdichtungsprüfung in Abstimmung mit einem Sachverständigen für Geotechnik erfolgen.

4.1.4 Bemessungswerte und weitere technische Details

Detaillierte Angaben zu Bemessungswerten des Sohlwiderstands zur Bemessung von Einzel- und Streifenfundamenten, zu Bettungsmoduln zur Bemessung von elastisch gebetteten Bodenplatten sowie auch weitere Hinweise und Empfehlungen (technische Details) zu den oben empfohlenen Gründungsmaßnahmen können für die einzelnen Bauwerke erst nach Vorliegen genauer Planunterlagen und nach einer bauwerksbezogenen Baugrunduntersuchung durch einen Sachverständigen für Geotechnik erarbeitet werden.

4.2 Straßenbau

4.2.1 Allgemeines

Zur Erschließung der Grundstücke müssen Straßenbaumaßnahmen durchgeführt werden. Hierzu ist derzeit eine von Nordwesten nach Südosten verlaufende Erschließungsstraße vorgesehen. Aufgrund der geplanten künftigen Nutzung der Flächen als Wohngebiet kann bei der Bemessung des frostsicheren Gesamtaufbaus der Verkehrsflächen voraussichtlich die Belastungsklasse Bk 0,3 oder Bk 1,0 nach RStO 12 zugrunde gelegt werden.

4.2.2 Frostsicherer Gesamtaufbau

Im Planum liegen im gesamten Planungsgebiet bindige Deckschichten und Moränenablagerungen vor, die als sehr frostempfindliche (F 3) Böden einzustufen sind. Nach RStO 12 muss somit der frostsichere Gesamtaufbau (UK Frostschuttschicht bis OK Straßendecke) bei Zugrundelegung der Belastungsklasse Bk 0,3 in der Frosteinwirkungszone II eine Dicke von 60 cm (50+5+0+5+0+0) aufweisen. In der Belastungsklasse Bk 1,0 wird ein frostsicherer Gesamtaufbau von 70 cm erforderlich.

Es sollten jedoch auch die Anhaltswerte für die aus Tragfähigkeitsgründen erforderlichen Schichtdicken von Tragschichten ohne Bindemittel gemäß Tabelle 8 der RStO 12 berücksichtigt werden. Bei einem Verformungsmodul im Planum von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ und einer Frostschuttschicht aus überwiegend unebrochenem Material werden im vorliegenden Fall beispielsweise mindestens 25 cm empfohlen.

Der Straßenkörper ist bei einer Asphaltbauweise nach Tafel 1 der RStO 12 in der Belastungsklasse Bk 0,3 so gut zu verdichten, dass auf OK Frostschuttschicht mittels statischer Plattendruckversuche nach DIN 18134 ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältnis von $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$ nachgewiesen werden kann. In der Belastungsklasse Bk 1,0 ist auf der OK mittels statischer Plattendruckversuche nach DIN 18134 ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältnis von $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2$ nachzuweisen.

4.2.3 Planum

Das Planum (UK Frostschuttschicht) muss so tragfähig sein, dass ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden kann. Dies ist bei den vorliegenden Untergrundverhältnissen - bindige Deckschichten oder Moränenablagerungen im Planum - nicht ohne weitere Sondermaßnahmen möglich, so dass eine Stabilisierung des Planums erforderlich wird.

Zur Stabilisierung des Planums empfiehlt sich ein flächiger Teilbodenaustausch mit kiesigem Material der Bodengruppen GU (Schlammkorngehalt max. 10 %) oder GW nach DIN 18196 bzw. entsprechendes Schottermaterial, das lagenweise eingebaut und auf mindestens mitteldichte Lagerung im Sinne der DIN 1054 verdichtet werden muss. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Lastausbreitung sollte eine Verbreiterung des Austauschmaterials mit zunehmender Tiefe unter einem Winkel von 45° vorgenommen werden. Die erfahrungsgemäß erforderliche Dicke des Bodenaustauschs unter dem Planum liegt im vorliegenden Fall bei den anstehenden Böden voraussichtlich bei 40 cm. Bei ausgesprochen weich konsistenten bindigen Böden können lokal auch bis zu etwa 70 cm erforderlich werden. Bei geringer als steif konsistenten, bindigen Böden empfiehlt zudem sich das Einlegen eines Geotextils in der Aushubsohle zur Trennung, da sonst eine Vermischung des Bodenaustauschmaterials mit den anstehenden Böden nicht zu vermeiden ist. Durch den Einsatz von Geogittern zur Bewehrung kann der Gesamtaufbau unter den Verkehrsflächen erfahrungsgemäß auch etwas reduziert werden. Die tatsächlich erforderliche Dicke des Teilbodenaustauschpakets sollte lokal an einem oder mehreren Testfeldern ermittelt werden.

Im vorliegenden Fall ist besonders darauf zu achten, dass während der Bodenaustauscharbeiten kein Zutritt von Niederschlags- und/oder Sicker- und Schichtwasser zur Aushubsohle erfolgt und damit ein Aufweichen der dort meist anstehenden, wasserempfindlichen Böden (natürliche Deckschichten) vermieden wird. Die Aushub- und Bodenaustauschmaßnahmen sollten deshalb generell nur bei trockener Witterung ausgeführt werden. Nach dem Aushub sollte die Aushubsohle gründlich statisch nachverdichtet werden. Das Bodenersatzmaterial sollte unmittelbar nach den Aushubarbeiten eingebaut werden. Es ist abschnittsweise vorzugehen.

Alternativ zum genannten Bodenaustausch ist auch eine Bodenverbesserung oder eine qualifizierte Bodenverbesserung der bindigen Deckschichten und Moränenablagerungen mit hydraulischem Bindemittel (Kalk/Zement) denkbar. Bei einer Bodenverbesserung bzw. einer qualifizierten Bodenverbesserung wird das Bindemittel flächig etwa 30 cm bis 50 cm tief in das Planum eingefräst.

Je nach Bindemittel bzw. Zusammensetzung und Eigenschaften der Böden kann meist von einem Bindemittelanteil von etwa 2 bis 6 Gew.-% ausgegangen werden. Die genaue Bindemittelmenge ist im Zuge einer Eignungsprüfung festzulegen. Hier müssen dann weitere Baggerschürfe zur Gewinnung von ausreichend Probenmaterial zur Durchführung der Eignungsprüfung ausgeführt werden. Aufgrund der Vielzahl der auf dem Markt befindlichen Bindemittel und Bindemittelgemische empfiehlt sich darüber hinaus grundsätzlich die Anlage eines Testfeldes.

Um bei der Bemessung des frostsicheren Gesamtaufbaus die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 zugrunde legen zu können (siehe Abschnitt 4.2.1), sind die Anforderungen an eine qualifizierte Bodenverbesserung nach ZTV E-17 zu erfüllen (Bindemittelgehalt ≥ 3 M.-%, einaxiale Druckfestigkeit nach 28 Tagen $\geq 0,5$ N/mm²). Die Dicke der verbesserten Schicht muss darüber hinaus mindestens 25 cm betragen und auf dem Planum muss nach Durchführung einer solchen qualifizierten Bodenverbesserung ein Verformungsmodul von $E_{V2} > 70$ MN/m² nachgewiesen werden.

4.3 Kanal- und Leitungsbau

4.3.1 Gründung der Kanalrohre und Schächte

Zur Erschließung der Grundstücke müssen Kanalbaumaßnahmen durchgeführt werden. Die Sohlen der Schächte und Kanäle (Rohleitungen) werden in üblichen Tiefen zwischen 2 m und 3 m unter GOK erwartet. Die Gründungssohlen der Rohre und Schächte liegen damit überwiegend innerhalb der gering bis mäßig tragfähigen, bindigen Moränenablagerungen. Im südöstlichen Bereich des Planungsgebiets wird die Gründungsebene zudem im Bereich der zum Zeitpunkt der Aufschlussarbeiten wassergesättigten stark sandigen Kiese zu liegen kommen.

Um eine ausreichend tragfähige Gründungssohle bei einer innerhalb der bindigen Moränenablagerungen liegenden Aushubsohle zu erhalten und damit größere Setzungen und Setzungsdifferenzen vermeiden bzw. die entstehenden Setzungen vergleich mäßigen zu können, empfiehlt es sich unterhalb der Rohrbettung eine rund 30 cm dicke Schicht aus gut verdichtbarem Kies-Sand-Material einzubauen. Im Bereich von Schächten sollte ebenfalls eine insgesamt 30 cm dicke Schicht aus entsprechendem Material eingebaut werden. Bei geringer als steif konsistenten, bindigen Böden empfiehlt zudem sich das Einlegen eines Geotextils in der Aushubsohle zur Trennung, das seitlich mit hochgezogen werden sollte, um ein seitliches Verdrücken des Graben-Verfüllmaterials zu verhindern. Sollten in der Aushubsohle ausgesprochen weiche bindige Schichten angetroffen werden, so sind diese restlos zu entfernen und ebenfalls durch kiesiges Material zu ersetzen.

Liegt die Aushubsohle im südöstlichen Bereich des Planungsgebietes innerhalb der stark sandigen Kiese, kann die Rohrbettung nach Ertüchtigung des Planums (Nachverdichtung) eingebaut werden.

Aufgrund des heterogenen Aufbaus des Untergrundes sind aus gutachterlicher Sicht die genannten Teilbodenaustauscharbeiten durchzuführen. Der erforderliche Umfang ist anhand der Zusammensetzung und Eigenschaften der Böden während der Baumaßnahmen zu wählen. Es wird empfohlen, generell einen Sachverständigen für Geotechnik hinzuzuziehen.

Als Bodenaustauschmaterial unter den Rohren und Schächten sollte ebenfalls gut verdichtbares Ersatzmaterial, wie z.B. Kiessand der Bodengruppen GU (Schlammkorngelalt max. 10 %) oder GW nach DIN 18196 verwendet werden. Es sollte in Lagen von nicht über 25 cm Dicke unter sorgfältiger Verdichtung eingebracht und auf mindestens mitteldichte Lagerung im Sinne der DIN 1054 verdichtet werden.

Auch im Fall des Kanalbaus ist besonders darauf zu achten, dass während der Bodenaustauscharbeiten kein Zutritt von Niederschlags- und/oder Sicker- und Schichtwasser zur Aushubsole in wasserempfindlichen Böden (Deckschichten sowie Moränenablagerungen) erfolgt und damit ein Aufweichen der dort anstehenden Böden vermieden wird. Die Aushub- und Bodenaustauschmaßnahmen sollten deshalb generell nur bei trockener Witterung ausgeführt werden. Das Bodenersatzmaterial sollte unmittelbar nach den Aushubarbeiten eingebaut werden. Zur weitestmöglichen Vermeidung von Vernässung, Aufweichung und Tragfähigkeitsverlust der Gründungssohlen wird ein Vorgehen in möglichst kurzen Kanalabschnitten empfohlen.

Die Anschlüsse der Rohrleitungen an die Schachtbauwerke sind möglichst flexibel auszubilden, um Setzungsdifferenzen zwischen Rohr und Schacht möglichst schadlos aufnehmen zu können.

Die Hinterfüllung und Verdichtung von Bodenmaterial in den Kanalgräben sollte nach der ZTVA-StB 12 bzw. ZTVE-StB 17 erfolgen. Auf eine ordnungsgemäße Verfüllung und Verdichtung des hinterfüllten Bodenmaterials einschließlich der durchzuführenden Verdichtungskontrollen ist zu achten.

Im südöstlichen Bereich des Planungsgebietes kommt die Aushubsole der Kanalgräben innerhalb des Schichtwasserhorizontes (siehe Kapitel 3.2) zu liegen. In diesem Fall werden für die Bauarbeiten Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich (siehe Abschnitt 4.3.3).

4.3.2 Grabenverbau und Wasserhaltung

Unter Berücksichtigung des Teilbodenaustauschs erreichen die Kanalgräben bei den angenommenen Kanalsohlen voraussichtlich eine Tiefe von maximal etwa 3,0 m. Bis zu einer Grabentiefe von in der Regel 4,0 m kann der Kanalgrabenverbau mittels Systemplatten erfolgen. In Bereichen, wo Tiefen > 4,0 m realisiert werden müssen, ist ggf. ein Gleitschienenverbau einzusetzen.

Dies gilt jedoch nur dann, wenn der Kanal nicht an dicht angrenzender Bebauung vorbeigeführt wird. Dies dürfte im vorliegenden Fall zutreffen, da sämtliche Erschließungsmaßnahmen voraussichtlich vor den Hochbauarbeiten durchgeführt werden. Als dicht angrenzend ist die Bebauung dann einzustufen, wenn deren Fundamente etc. im nachfolgend dargestellten Nahbereich zu liegen kommen.

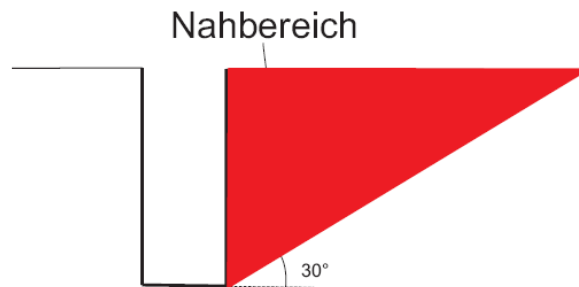


Abb. 1: Prinzipschnitt Kanalgraben

Die Gräben dürften beim Einsatz von Systemplatten bis 4 m Tiefe kurzfristig ausreichend standsicher sein. Das Grabenverbaugerät ist unmittelbar nach dem Aushub eines Abschnitts einzustellen. Die Gräben dürfen vor dem Einstellen der Systemplatten in keinem Fall betreten werden. Sollten die Gräben kurzfristig nicht ausreichend standsicher sein ist generell auf einen Gleitschienenverbau umzustellen.

Zur Ableitung von Oberflächen- sowie Schicht- und Sickerwasser sollte in der Grabensohle generell eine offene Wasserhaltung mit gut ausgefilterten Pumpensämpfen und Dränleitungen vorgehalten werden.

Die Pumpensämpfe und Dränleitungen sind grundsätzlich filterstabil auszubilden, um eine innere Erosion in den umgebenden Böden zu vermeiden. Sämtliche Wasserhaltungsmaßnahmen bedürfen einer wasserrechtlichen Genehmigung.

In Teilbereichen (KRB 4) des Planungsgebietes wird auch mit ergiebigen Schichtgrundwasservorkommen zu rechnen sein. Die ist dann vor allem in den stark sandigen Kiesen der Fall. Das hier anfallende Schichtwasser sollte in den Kanalgräben jedoch ebenfalls mittels einer offenen Wasserhaltung mit Pumpensämpfen bzw. perforierten Schachtbrunnen und ggf. dazwischen liegenden Dränageleitungen gefasst werden können. Im Zuge der weiteren Planungen sollte durch ergänzende Untersuchungen (z.B. Baggerschürfe) geprüft werden, wo und welche Wasserhaltungsmaßnahmen im Einzelnen bei der Herstellung der Kanäle erforderlich werden.

4.4 Versickerung von Niederschlagswasser

Als Grenzwerte für die Versickerung von Niederschlagswasser gelten nach dem DWA-Arbeitsblatt A 138 vom April 2005 Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f = 1 \times 10^{-3}$ m/s und $k_f = 1 \times 10^{-6}$ m/s. Bei k_f -Werten $\geq 1 \times 10^{-3}$ m/s ist eine ausreichende Aufenthaltszeit im Sickerraum nicht gewährleistet, bei Werten von $k_f < 1 \times 10^{-6}$ m/s wird die Versickerungsanlage zu lange eingestaut.

Die anstehenden bindigen Deckschichten und Moränenablagerungen sowie die schlammkornreichen tertiären Sande sind zur Versickerung von Niederschlagswasser generell nicht geeignet. Auch unter Berücksichtigung der morphologischen Situation des Geländes kann im Baugebiet somit keine Versickerung durchgeführt werden.

4.5 Weitere Entwurfs- und Ausführungshinweise

Frostsicherheit

Als Mindestgründungstiefe für alle Bauteile sollte aus Frostsicherheitsgründen 1,2 m unter späterer GOK eingehalten werden. Beim Bauen in kalter Jahreszeit sind Maßnahmen gegen das Eindringen des Frostes in den frostgefährdeten Gründungsbereich zu treffen.

Auftriebssicherheit

Für die in das Schichtwasser einbindende Bauteile ist auf eine ausreichende Auftriebssicherung während aller Bauzustände sowie im Endzustand zu achten. Hinweise zu den Grundwasserständen wurden in Abschnitt 3.2 gegeben.

Sicherheitsmaßnahmen

Bei allen Erdarbeiten und grundbaulichen Maßnahmen sind die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften zu beachten, vor allem die Sicherheitsvorschriften der Bauberufsgenossenschaft und die Ausführungen der DIN 4124.

5 Schlussbemerkungen

Das vorliegende Baugrundgutachten beschreibt und beurteilt die angetroffenen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse, nimmt die geologischen, bodenmechanischen und bautechnischen Klassifizierungen vor und erarbeitet die für die erdstatischen Berechnungen erforderlichen Bodenkenngößen. Darüber hinaus werden Hinweise und Empfehlungen zur allgemeinen Bebaubarkeit, zum Straßen- und Kanalbau, zur Versickerung von Niederschlagswasser und Empfehlungen zur Planung und Bauausführung gegeben. Damit sind von den am Bau Beteiligten die Ergebnisse der Baugrunderkundung in die weitere Planung einzuarbeiten.

Bei konkreten Hochbauvorhaben muss eine detaillierte, projektspezifische Bewertung durch einen Sachverständigen für Geotechnik und ergänzende Baugrunduntersuchungen ausgeführt werden. Die vorliegenden Ergebnisse können dabei zur Gesamtbeurteilung herangezogen werden.

Bei der Bauausführung empfiehlt sich dringend eine sorgfältige Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten mit Vergleich der angetroffenen Böden mit den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung, da Abweichungen des Untergrunds zu den Untersuchungsstellen nicht auszuschließen sind.

6 Verfasser

Baugrundinstitut Kling Consult

Krumbach, 08. Juli 2021



M.Sc. Geow. Marc Rück
(Projektleiter)



Dipl.-Geol. Jan Peter Burghard
(Projektmitarbeiter)

Die Veröffentlichung des Gutachtens einschließlich aller Anlagen, auch gekürzt oder auszugsweise für Zwecke von Projekten dritter, bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung der Kling Consult GmbH.