



Projekt-Nr. 5666-405-KCK

Kling Consult GmbH

Burgauer Straße 30

86381 Krumbach

T +49 8282 / 994-0

kc@klingconsult.de

Baugrundgutachten

Bebauungsplan “Am Reschenberg - Erweiterung“, Krumbach

Stadt Krumbach

Stand: 24. Oktober 2023



Tragwerksplanung



Architektur



Baugrund



Vermessung



Raumordnung



Bauleitung



Sachverständigenwesen



Generalplanung



Tiefbau



SIGEKO

Auftraggeber:	Stadt Krumbach Nattenhauser Straße 5 86381 Krumbach
Bauleitplanung:	Kling Consult GmbH <i>Raumordnungsplanung</i> Burgauer Straße 30 86381 Krumbach
Felduntersuchungen / Bodenmechanische Laborversuche:	Kling Consult GmbH <i>Baugrundinstitut - 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 1:500
- 2) Geotechnische Schnitte, Maßstab 1:100 (i.d.H.)
- 3) Schichtenverzeichnisse, Bohr- und Sondierprofile
- 4) Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
- 5) Ergebnisse der chemischen Laborversuche
- 6) Statische Bodenkennwerte (Tabelle)
- 7) Homogenbereiche (Tabelle und Körnungsbänder)

Verteiler:

- | | |
|-------------------|----------------|
| 1) Stadt Krumbach | 1-fach/digital |
| 2) KC 405, fre | digital |
| 3) KC 202, ar | digital |

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	5
1.1	Bauvorhaben und bestehendes Gelände	5
1.2	Vorgang und Auftrag	5
1.3	Unterlagen	6
1.4	Allgemeiner (hydro-)geologischer Überblick	7
2	Durchgeführte Untersuchungen	8
2.1	Vorbereitende Arbeiten	8
2.2	Felduntersuchungen	8
2.3	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	9
2.4	Chemische Laboruntersuchungen	9
3	Ergebnisse der Untersuchungen und Untergrundbeurteilung	11
3.1	Untergrund nach den Bohr-, Sondier- und Laborversuchsergebnissen	11
3.1.1	Auffüllungen und natürliche Deckschichten	11
3.1.2	Quartäre Kiese und Sande	12
3.1.3	Tertiäruntergrund (OSM)	13
3.2	Umwelttechnische Untersuchungen	14
3.2.1	Allgemeines	14
3.2.2	Untersuchungsergebnisse der Auffüllungen und natürlichen Deckschichten	15
3.2.3	Untersuchungsergebnisse der quartären Kiese	15
3.3	Hydrogeologische Verhältnisse	16
3.4	Bodenkenngrößen	16
3.5	Homogenbereiche nach DIN 18300:2019	16
3.6	Erdbebenzone nach DIN EN 1998-1/NA	17
4	Bautechnische Folgerungen	18
4.1	Gebäudegründung	18
4.1.1	Allgemeine Bebaubarkeit	18
4.1.2	Bemessungswerte und weitere technische Details	20
4.2	Straßenbau	21
4.2.1	Frostsicherer Gesamtaufbau	21
4.2.2	Planum	22
4.3	Kanalbau	23
4.3.1	Gründung der Kanalrohre und Schächte	23
4.3.2	Kanalgrabenverbau und Wasserhaltung	24
4.4	Versickerung	25
4.5	Weitere Entwurfs- und Ausführungshinweise	28
5	Schlussbemerkungen	29
6	Verfasser	29

1 Allgemeines

1.1 Bauvorhaben und bestehendes Gelände

Die Stadt Krumbach beabsichtigt die südliche Erweiterung des neuen Baugebiets „Am Reschenberg“ im Südwesten des Stadtgebiets von Krumbach. Das aktuelle, rund 1,17 ha große Planungsgebiet liegt auf dem Grundstück mit der Flur-Nr. 813 der Gemarkung Krumbach und wird derzeit landwirtschaftlich (Wiesen- und Ackerfläche) genutzt. Südlich und westlich befinden sich weitere landwirtschaftlich genutzte Flächen. Im Osten verläuft die B 300 bzw. Babenhauser Straße. Das ursprüngliche Baugebiet „Am Reschenberg“ im Norden ist bereits erschlossen und wird derzeit mit Wohngebäuden bebaut. Insgesamt fällt die aktuell ergänzend überplante Fläche von Südwesten nach Nordosten um mehrere Meter ab und liegt im Bereich der Untersuchungsstellen auf einer Höhe zwischen rund 554,5 m NHN und 539,1 m NHN.

Nach derzeitigem Planungsstand sollen im Planungsgebiet Wohngebäude errichtet werden. Detaillierte Planunterlagen zu den erforderlichen Erschließungs- bzw. Baumaßnahmen liegen aktuell noch nicht vor. Bei der Bemessung des frostsicheren Gesamtaufbaus der Straßen wird im vorliegenden Baugrundgutachten die Belastungsklasse Bk 0,3 nach RStO 12 angenommen. Die Kanalsohlen werden in einer üblichen Tiefe zwischen 1,75 m und 2,5 m unter späterer GOK erwartet. Diese Annahmen sind jedoch im Zuge der weiteren Planung zu prüfen und ggf. anzupassen. Sofern der anstehende Untergrund ausreichend sickertauglich ist, soll das im Baugebiet anfallende Niederschlagswasser vor Ort versickert werden.

1.2 Vorgang und Auftrag

Mit Schreiben vom 13. Juni 2023 erteilte die Stadt Krumbach dem Baugrundinstitut der Kling Consult GmbH (BIKC) den Auftrag zur Durchführung einer Baugrunduntersuchung und zur Erstellung eines Baugrundgutachtens entsprechend der Position 3.7 des Angebots der Kling Consult GmbH vom 27. Januar 2023, Angebots-Nr. 9906-405.

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 potenziellen Schadstoffbelastung der angetroffenen Böden mit weiteren grundbautechnischen Hinweisen.

1.3 Unterlagen

- [U1] Informationen des "Umwelt-Atlas" (www.umweltatlas.bayern.de), im Internet bereitgestellte Datenbank des Bayerischen Landesamts für Umwelt (www.lfu.bayern.de) / Kategorie „Geologie“: Informationen der geologischen Karte (M 1:25.000) im Bereich von Krumbach
- [U2] Diverse Informationen des „Bayern-Atlas“ (www.geoportal.bayern.de/bayernatlas/), im Internet bereitgestellte Datenbank des bayerischen Staatsministeriums der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat
- [U3] Baugrundgutachten „Bebauungsplan Nr. 77/Krumbach „Am Reschenberg“ mit FNP-Änderung, Krumbach“ BIKC-Gutachten vom 21. Februar 2020, Projekt-Nr. 2394-405-KCK
- [U4] Ergebnisse / Protokolle von bodenmechanischen Laboruntersuchungen, durchgeführt im bodenmechanischen Labor des BIKC, Krumbach
- [U5] Ergebnisse / Protokolle von chemischen Laboruntersuchungen, durchgeführt im chemischen Labor AGROLAB, Bruckberg
- [U6] Schichtenverzeichnisse, entnommene Proben sowie zeichnerische Auftragung der Bohr- und Sondierprofile einschließlich Lageplan mit eingemessenen Untersuchungsstellen nach Lage und Höhe
- [U7] Verfüll-Leitfaden zu den "Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen" (LVGBT) des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz in der Fassung vom 15. Juli 2021

- [U8] Mitteilung 20 (M20) der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) zu “Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen” – Technische Regeln – in der in Bayern anzuwendenden Fassung vom 6. November 1997
- [U9] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 9. Juli 2021
- [U10] Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung (EBV), zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) und zur Änderung der Deponieverordnung (DepV) und der Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) vom 9. Juli 2021
- [U11] Deponieverordnung (DepV) vom 27. April 2009, zuletzt geändert am 9. Juli 2021
- [U12] Arbeitshilfe “Umgang mit Bodenmaterial“ der Bayerischen Landesämter für Umwelt / Landwirtschaft, Stand Juli 2022

1.4 Allgemeiner (hydro-)geologischer Überblick

Nach den Angaben der geologischen Karte und nach den Ergebnissen von früheren und der aktuellen Baugrunduntersuchungen stehen im Planungsgebiet die jungtertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) an, die ggf. von anthropogenen Auffüllungen und natürlichen Deckschichten, in Teilbereichen des Planungsgebiets auch von quartären Kiesen (umgelagerte Deckenschottern) unterschiedlicher Mächtigkeit überlagert werden.

Ein geschlossenes Grundwasservorkommen wurde bei den Felduntersuchungen im Juli 2023 erwartungsgemäß nicht angetroffen. Dieser in im Planungsgebiet erst in größeren, für das Bauvorhaben nicht relevanten Tiefen zu erwarten.

2 Durchgeführte Untersuchungen

2.1 Vorbereitende Arbeiten

Im Vorfeld der feldtechnischen Untersuchungen zur Baugrunduntersuchung wurden die bei der Kling Consult GmbH vorhandenen Archivunterlagen, diverse im Internet vorhandene Informationen sowie die von der Kling Consult GmbH bei der Stadt und den Versorgern eingeholten Spartenpläne gesichtet und ausgewertet.

Mit der Bohranzeige nach § 49 WHG und Art. 30 BayWG des BIKC vom 15. Juni 2023 wurde dem Landratsamt Günzburg die Durchführung der geplanten Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen im Untersuchungsgebiet angezeigt. Mit Schreiben vom 20. Juni 2023 stimmte das Landratsamt Günzburg den Baugrundaufschlüssen unter Auflagen zu.

Die Untersuchungsstellen wurden im Vorfeld der Feldarbeiten von Mitarbeitern des BIKC per GPS-Vermessung nach Lage abgesteckt und nach Höhe eingemessen.

2.2 Felduntersuchungen

Am 10. und 11. Juli 2023 wurden von Mitarbeitern des BIKC insgesamt 6 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1 (KRB 1 bis KRB 6, Bohrdurchmesser 80/60 mm) und 4 Sondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 (DPH 1 bis DPH 4) abgeteuft. Mit den Kleinrammbohrungen wurden Tiefen zwischen etwa 3,5 m und 5,0 m unter Ansatzpunkt erreicht. Die Rammsondierungen wurden bis in Tiefen zwischen rund 8,8 m und 15,6 m unter Ansatzpunkt ausgeführt.

Im Zuge früherer Baugrunduntersuchungen wurden in der direkten Umgebung bzw. auch innerhalb des Untersuchungsgebiets die Kleinrammbohrungen KRB 2 (2019) und KRB 6 (2019) sowie die Rammsondierung DPH 3 (2019) ausgeführt. Die relevanten Ergebnisse dieser früheren Baugrunduntersuchungen dienen ebenfalls als Grundlage der vorliegenden Beurteilung.

Die Lage der Untersuchungsstellen ist aus dem Lageplan in Anlage 1 ersichtlich. Die Bohr- und Sondierprofile sind - unter Berücksichtigung der bodenmechanischen Laborversuche - in geotechnischen Schnitten in Anlage 2 graphisch dargestellt.

Eine Zusammenstellung der Bohrerergebnisse als Schichtenverzeichnisse nach DIN EN ISO 22475-1 sowie die EinzelprofilDarstellungen und Rammsondierdiagramme finden sich in Anlage 3.

Die Ansatzhöhe der Untersuchungspunkte ist in den Anlagen 2 und 3 eingetragen.

2.3 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Im bodenmechanischen Labor des BIKC wurden an 8 Bodenproben der Güteklasse 5 nach DIN EN ISO 22475-1 die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- 8 Bodenansprachen nach DIN EN ISO 14688, DIN 4023 und DIN 18196
- 7 Korngrößenverteilungen nach DIN EN ISO 17892-4
- 1 Wassergehaltsbestimmung nach DIN EN ISO 17892-1
- 1 Bestimmung der Zustandsgrenzen und Konsistenzermittlung nach DIN EN ISO 17892-12

Eine tabellarische Zusammenstellung der bodenmechanischen Versuchsergebnisse findet sich in Anlage 4. Die Ergebnisse der 2019 durchgeführten Laborversuche aus den Bodenproben der in Abschnitt 2.2 erwähnten Kleinrammbohrungen sind ebenfalls in der Zusammenstellung enthalten. Eine Beurteilung der Versuchsergebnisse erfolgt in Abschnitt 3.1. 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

Nach ergänzender organoleptischer Ansprache des Bohrguts durch einen Altlastensachverständigen des BIKC wurde die analytische Untersuchung von 3 hierfür zusammengestellten Bodenmischproben durch das chemische Labor AGROLAB, Bruckberg veranlasst:

- 3 Analysen gemäß dem Parameterumfang des LVGBT [U12] im Feststoff der Fraktion < 2 mm und im Eluat an Bodenmischproben

Die Zusammenstellung der Bodenmischproben, die Ergebnisse der chemischen Analytik und die weitere Beurteilung / Bewertung der Versuchsergebnisse können der Anlage 5 entnommen werden. Eine detaillierte Beurteilung erfolgt in Abschnitt 3.1. 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 Deponie-Info 3 des bayerischen LfU und den außerdem geltenden Vorschriften.

3 Ergebnisse der Untersuchungen und Untergrundbeurteilung

3.1 Untergrund nach den Bohr-, Sondier- und Laborversuchsergebnissen

3.1.1 Auffüllungen und natürliche Deckschichten

Im Bereich von KRB 6 wurden unterhalb einer relativ geringmächtigen Oberbodenauflage bis in eine Tiefe von ca. 0,9 m unter Ansatzpunkt anthropogene Auffüllungen in Form von schwach kiesigen, stark schluffigen Sanden aufgeschlossen. Unterhalb den anthropogenen Auffüllungen bzw. unterhalb einer relativ geringmächtigen Mutter- bzw. Oberbodenauflage, in der teilweise enthaltene Ziegelreste auf die anthropogene Überprägung des Untersuchungsgebiets hindeuten, wurden mit allen Kleinrammbohrungen bis in Tiefen zwischen 1,5 m und 3,6 m unter GOK natürliche Deckschichten aufgeschlossen. Die aufgeschlossenen Deckschichten setzen sich im Hinblick auf ihre Korngrößenverteilung aus schwach bis stark schluffigen Sanden bzw. schwach tonigen bis tonigen, sandigen bis stark sandigen, teils schwach kiesigen bis kiesigen Schluffen in weicher bis halbfester Konsistenz zusammen. Hinsichtlich ihrer plastischen Eigenschaften sind die bindigen Deckschichten nach DIN EN ISO 14688-1 meist als leicht- bis mittelplastische Tone bzw. Sand-Ton-Gemische zu klassifizieren.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen lassen auf eine überwiegend lockere Lagerung der sandigen Auffüllungen und Deckschichten schließen bzw. belegen die geringe bis mäßige Konsistenz der bindigen Deckschichten.

Bodenmechanische Beurteilung:

Die weiteren Auffüllungen und Deckschichten sind mäßig bis stark kompressibel und weisen eine geringe Scherfestigkeit auf. Sie sind gering tragfähig und zur Aufnahme der Lasten aus dem Straßenbau und der Straßennutzung, dem Kanalbau sowie zur Aufnahme von Bauwerkslasten ohne Zusatzmaßnahmen nur bedingt bis nicht geeignet.

Die aufgeschlossenen Auffüllungen und Deckschichten sind je nach Schlämmerkorngehalt gering bis mittel oder sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 2, F 3) und darüber hinaus auch ausgeprägt wasserempfindlich (aufweichgefährdet, fließempfindlich).

Nach DIN 18130 sind sie überwiegend als sehr schwach bis schwach durchlässig einzustufen. Sande mit geringem Schlämmkorngehalt können jedoch auch höhere Durchlässigkeiten aufweisen.

Die Auffüllungen und Deckschichten sind insgesamt schlecht verdichtbar und für bautechnische Zwecke, wie z.B. Bauwerkshinterfüllungen, Bodenaustauschmaßnahmen etc., ohne Zusatzmaßnahmen (z.B. Zugabe von hydraulischen Bindemitteln) nicht geeignet. Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten kann in den Auffüllungen und Deckschichten von meist geringen Eindringwiderständen und einer entsprechend leichten Ramm- und Rüttelbarkeit ausgegangen werden. Größere Steineinlagerungen oder Beton- und andere Bauschuttreste können innerhalb der Auffüllungen jedoch generell nicht ausgeschlossen werden und ggf. Rammhindernisse darstellen.

3.1.2 Quartäre Kiese und Sande

Unterhalb der Deckschichten wurden im Bereich von KRB 5 sowie KRB 6 und damit ausschließlich im östlichen Bereich des geplanten Baugebiets bis in eine Tiefe von etwa 3,4 m (KRB 6) bzw. 2,7 m (KRB 5) unter GOK quartäre Kiese und Sande (umgelagerte Deckenschotter) in Form von schwach tonigen, schwach schluffigen, stark sandigen Kiesen bzw. schwach tonigen, schluffigen, kiesigen Sanden aufgeschlossen.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen lassen auf eine insgesamt annähernd mitteldichte Lagerung der quartären Kiese und Sande schließen.

Bodenmechanische Beurteilung:

Die aufgeschlossen quartären Kiese und Sande sind mäßig bis gering kompressibel und weisen eine mittlere bis hohe Scherfestigkeit auf. Sie sind tragfähig und zur Aufnahme der Lasten aus dem Straßenbau und der Straßennutzung, dem Kanalbau sowie zur Aufnahme von Bauwerkslasten geeignet.

Die aufgeschlossenen quartären Kiese und Sande sind als sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 3) und nach DIN 18130 als schwach durchlässig bis durchlässig einzustufen.

Die quartären Kiese und Sande sind aufgrund des relativ hohen Schlämmkorngehalts nur mäßig verdichtbar und für bautechnische Zwecke, wie z.B. Bauwerkshinterfüllungen, Bodenaustauschmaßnahmen etc., bedingt geeignet. Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten muss in den quartären Kiesen und Sanden von mittleren bis hohen Eindringwiderständen und einer entsprechend mittelschweren bis schweren Ramm- bzw. Rüttelbarkeit ausgegangen werden. Rammunterstützende Maßnahmen wie Vorbohren und/oder Spülhilfe werden voraussichtlich nicht erforderlich. Größere Steineinlagerungen können jedoch generell nicht ausgeschlossen werden und ggf. Rammhindernisse darstellen.

3.1.3 Tertiäruntergrund (OSM)

Mit allen Kleinrammbohrungen wurden unterhalb der Deckschichten bzw. unterhalb der quartären Kiese bis zur Endteufe von 3,5 m bzw. 5,0 m die jungtertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) aufgeschlossen. Diese stehen dort als schwach bis lokal stark schluffige Sande (Flinzsande) an. Der Tertiäruntergrund liegt jedoch erfahrungsgemäß in einer Wechsellagerung aus sandig-schluffig-tonigen Böden vor. Bindige Lagen können daher nicht ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen lassen auf eine annähernd mitteldichte bis mitteldichte Lagerung der Flinzsande schließen. In den tieferen Lagen liegt nach den Ergebnissen der Rammsondierungen eine dichte Lagerung bzw. eine hohe Konsistenz bindiger Lagen vor.

Bodenmechanische Beurteilung:

Die aufgeschlossenen Flinzsande sind gering kompressibel und weisen eine hohe Scherfestigkeit auf. Sie sind tragfähig und zur Aufnahme der Lasten aus dem Straßenbau und der Straßennutzung, dem Kanalbau sowie zur Aufnahme von Bauwerkslasten geeignet.

Die aufgeschlossenen Flinzsande sind je nach Schlämmkorngehalt gering bis mittel oder sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 2, F 3) und darüber hinaus ausgeprägt wasserempfindlich (fließempfindlich). Nach DIN 18130 werden die Flinzsande als schwach durchlässig bis durchlässig eingestuft.

Die Flinzsande sind wegen ihrer relativen Gleichkörnigkeit meist nur mäßig verdichtbar und für bautechnische Zwecke, wie z.B. Bauwerkshinterfüllungen, Bodenaustauschmaßnahmen etc., nur bedingt geeignet. Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten muss in den Flinzsanden von mittleren bis hohen Eindringwiderständen und einer entsprechend mittelschweren bis schweren Ramm- bzw. Rüttelbarkeit ausgegangen werden. Auch ist das Phänomen bekannt, dass die Flinzsande sich während des Einrüttelns von Profilen (z.B. Spundwände) so stark verdichten können, dass kein tieferes Einbringen möglich ist. Es sollte daher davon ausgegangen werden, dass zumindest beim tieferen Einbringen von Profilen rammunterstützende Maßnahmen (z.B. Spülhilfe, Vorbohren) erforderlich werden. Diagenetische Verfestigungen oder größere bzw. mächtigere Sandsteinlagen können nicht ausgeschlossen werden und Rammhindernisse darstellen.

3.2 Umwelttechnische Untersuchungen

3.2.1 Allgemeines

Grundsätzlich sind die bei den Baumaßnahmen anfallenden Böden / Baustoffe in Haufwerken auf einer geeigneten Fläche zwischenzulagern, nach den einschlägigen Vorgaben (i.d.R. LAGA PN 98) zu beproben sowie auf den jeweiligen Entsorgungs- / Verwertungsweg abgestimmte, chemische Laboruntersuchungen ([U7] - [U10] bzw. [U12]) vornehmen zu lassen, um die rechtlichen Anforderungen zur Deponierung bzw. Verwertung oder Verwendung erfüllen zu können. Ggf. kann auch eine vorlaufende In-situ-Beprobung durchgeführt werden [U12].

Bei der Ausschreibung der gewerblichen Leistungen sollte die stoffliche Verwertung oder Verwendung bzw. Deponierung der Böden / Baustoffe entsprechend den jeweiligen Zuordnungswerten berücksichtigt werden. Es wird darauf hingewiesen, dass anstelle der bisherigen Regelungen der LAGA M20 [U8] zur Verwertung von bautechnisch geeignetem Bodenmaterial in technischen Bauwerken, ab August 2023 die Regelungen und Zuordnungswerte der EBV [U10] anzuwenden sind. Eine Verwertung in einer nach LVGBT [U7] zugelassenen Verwertungsstelle ist in Bayern derzeit weiterhin möglich, es gilt eine entsprechende Übergangsfrist.

Für Oberboden und kulturfähigen Unterboden gelten hinsichtlich der Verwertung oder Verwendung ggf. gesonderte Anforderungen [U9]. Je nach Größe des Bauvorhabens kann diesbezüglich ggf. die Erstellung eines Bodenschutzkonzeptes erforderlich werden.

Die Laborprotokolle zu den durchgeführten chemischen Untersuchungen mit Auswertetabellen sind in Anlage 5 beigefügt.

3.2.2 Untersuchungsergebnisse der Auffüllungen und natürlichen Deckschichten

An zwei Bodenmischproben (MP 1 und MP 2) aus den weiteren Auffüllungen und Deckschichten im nördlichen (MP 1) und südlichen (MP 2) Bereich des Untersuchungsgebiets wurden die nach LVGBT [U7] vorgegebenen Parameter in der Fraktion < 2 mm untersucht. Während bei einer Bewertung in der Kategorie „Lehm/Schluff“ der entsprechende Z 0-Grenzwert von 50 mg/kg noch eingehalten wird (Zuordnungsklasse Z 0), ist in der Kategorie „Sand“ eine Einstufung in die Einbauklasse Z 1.1 (Grenzwert hier 15 mg/kg erforderlich).

Bei der untersuchten Mischprobe MP 1 wurde vermutlich geogen bedingt ein erhöhter Nickelgehalt von 25 mg/kg nachgewiesen, weshalb das Material bei einer Einstufung in die Kategorie „Sand“ als Z 1.1-Material und bei „Lehm/Schluff“ als Z 0-Material zu klassifizieren ist. Die endgültige Deklaration nach Einstufung in die relevante Bodenkategorie kann erst im Rahmen einer Haufwerksdeklaration erfolgen.

Bei der Mischprobe MP 2 wurden erhöhte Kupfer- (26 mg/kg), Zink- (107 mg/kg) und Quecksilber-Gehalte (0,9 mg/kg) festgestellt. Insbesondere aufgrund des erhöhten Gehalts an Quecksilber wird in beiden Bodenkategorien der Z 0/Z 1.1-Grenzwert überschritten, woraus sich eine Bewertung als Z 1.1-Material ergibt. Es ist nicht auszuschließen, dass bereichsweise auch höhere Konzentrationen in den Böden mit entsprechend resultierender höherer Einstufung vorliegen kann. Daher ist auch hier die endgültige Deklaration im Zuge einer Haufwerksbeprobung festzulegen.

3.2.3 Untersuchungsergebnisse der quartären Kiese

An einer Bodenmischprobe (MP 3) aus den quartären Kiesen wurden die nach LVGBT [U7] vorgegebenen Parameter in der Fraktion < 2 mm untersucht. Die Einstufung der Mischprobe MP 3 kann auch hier je nach Schlämmkorngehalt des tatsächlichen Aushubmaterials in die Kategorie „Sand“ sowie „Lehm/Schluff“ erfolgen.

Bei Einstufung des Materials in die Bodenkategorie „Lehm/Schluff“ wurde keine Überschreitung der Z 0-Zuordnungswerte des LVGBT festgestellt, weshalb es als Z 0-Material klassifiziert werden kann.

Hinzuweisen ist jedoch auf den nachgewiesenen, geogen bedingten Chrom-, Nickel- und Zinkgehalt, da der Z 0-/Z 1.1-Grenzwert für diese Parameter in der Kategorie „Sand“ überschritten wird und das Material daher als Z 1.1-Material einzustufen ist.

3.3 Hydrogeologische Verhältnisse

Ein geschlossener Grundwasserspiegel wurde bei den Felduntersuchungen im Juli 2023 erwartungsgemäß nicht angetroffen. Dieser ist im Planungsgebiet erst in größeren, für das Bauvorhaben nicht relevanten Tiefen zu erwarten.

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

3.4 Bodenkenngrößen

Eine tabellarische Zusammenstellung der Bodenkenngrößen 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.

3.5 Homogenbereiche nach DIN 18300:2019

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 18300:2019 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 nachfolgenden 3 Homogenbereiche eingeteilt:

- Homogenbereich A: Auffüllungen und Deckschichten (bindig, sandig)
- Homogenbereich B: Quartäre Kiese und Sande

- Homogenbereich C: Flinsande

Der Mutter- bzw. Oberboden ist separat nach DIN 18320 zu erfassen.

Grundsätzlich ist auch hier 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.

3.6 Erdbebenzone nach DIN EN 1998-1/NA

Der Bebauungsbereich liegt der DIN EN 1998-1/NA zufolge außerhalb von Erdbebenzonen, in denen gemäß dem zugrunde gelegten Gefährdungsniveau rechnerisch die Intensität 6 nicht erreicht wird. Der Lastfall Erdbeben muss nach den Ausführungen der DIN EN 1998-1/NA nicht berücksichtigt werden.

4 Bautechnische Folgerungen

4.1 Gebäudegründung

4.1.1 Allgemeine Bebaubarkeit

Derzeit liegen noch keine detaillierten Planungen zur künftigen Bebauung im Bereich des Planungsgebiets vor. Die nachfolgenden Angaben sind daher generell als allgemeine Empfehlungen und Schlussfolgerungen zu verstehen, deren Anwendbarkeit entsprechend den tatsächlichen Planungen zu überprüfen ist. Aufgrund der im Planungsgebiet mit den aktuell ausgeführten Felduntersuchungen angetroffenen, unterschiedlichen Baugrundverhältnisse empfiehlt es sich, die jeweils erforderlichen Maßnahmen für die Bauwerksgründung generell im Einzelfall auf Grundlage genauerer Planungen und anhand detaillierter bauwerksbezogener Baugrunduntersuchungen in Abstimmung mit einem Sachverständigen für Geotechnik festzulegen.

Für die Erarbeitung allgemeiner Empfehlungen und Schlussfolgerungen wird im Weiteren davon ausgegangen, dass im Baugebiet unterkellerte bzw. nicht unterkellerte Gebäude errichtet werden sollen. Die Gründungssohle 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.

Als gut tragfähige und gering kompressible Gründungsböden für Lastabtragungen können im vorliegenden Fall die jungtertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) herangezogen werden. Nach den Untersuchungsergebnissen steht die Oberkante des Tertiäruntergrunds in einer Tiefe zwischen etwa 1,5 m und 3,6 m unter GOK an.

Unter Inkaufnahme von erhöhten Setzungen und Setzungsdifferenzen ist bei nicht allzu hohen und flächigen Bauwerkslasten auch eine Gründung in den sandigen bzw. mindestens steif konsistenten bindigen Deckschichten und schlämmkornreichen quartären Kiesen möglich.

Bei **unterkellerten Wohngebäuden** kommt die Gründungsebene teils in den gering tragfähigen, sandigen Deckschichten, teils in den schlämmkornreichen quartären Kiesen und teils bereits in den tragfähigen Flinzsanden zu liegen.

Falls in der Gründungsebene die Deckschichten bzw. Quartärkiese anstehen, können die Wohngebäude flach auf einer durchgehenden und tragenden Bodenplatte (Plattengründung) ohne Zusatzmaßnahmen gegründet werden. Da bei einer Flachgründung innerhalb dieser Böden leicht erhöhte Setzungen und Setzungsdifferenzen zu erwarten sind, muss das Kellergeschoss dann jedoch als "biegesteifer Kasten" mit betonierten Außen- und Innenwänden, die monolithisch mit der Bodenplatte und der Decke über Kellergeschoss verbunden werden, ausgeführt werden. Die zu erwartenden Setzungen sollten im Zuge der Detailplanung rechnerisch ermittelt und auf Bauwerksverträglichkeit überprüft werden. Von einer Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten und damit von einer konzentrierten Lastabtragung innerhalb der natürlichen Deckschichten sollte generell abgesehen werden.

Falls in der Gründungsebene bereits die Flinsande anstehen, können die Wohngebäude nach einer statischen Nachverdichtung der Aushubsohle flach auf durchgehenden und tragenden Bodenplatten (Plattengründung) oder auf Einzel- und Streifenfundamenten ohne weitere Zusatzmaßnahmen gegründet werden.

Bei **nicht unterkellerten Wohngebäuden** kommt die Gründungsebene etwa auf Höhe der derzeitigen GOK und damit im gesamten Planungsgebiet durchweg innerhalb der gering tragfähigen Deckschichten zu liegen, die in diesem Fall eine Restmächtigkeit $\geq 1,5$ m aufweisen.

Unter Inkaufnahme von erhöhten Baugrundverformungen wäre es bei nicht unterkellerten Wohngebäuden denkbar, diese auf einem mindestens 1,0 m mächtigen Teilbodenaustauschpaket "schwimmend" auf durchgehenden Bodenplatten zu gründen. Auch in diesem Fall sollte von einer konzentrierten Lastabtragung innerhalb der natürlichen Deckschichten abgesehen werden. Bei einer "schwimmenden" Gründung und insbesondere bei der hohen Restmächtigkeit der natürlichen Deckschichten sind jedoch erhöhte Setzungen und Setzungsdifferenzen zu erwarten. Durch den Einbau eines Teilbodenaustauschpakets können die Setzungen allerdings vergleichmäßig und geringfügig verringert werden. Diese sollten in jedem Fall rechnerisch abgeschätzt und durch den Tragwerksplaner auf Bauwerksverträglichkeit überprüft werden (Nachweise der Gebrauchstauglichkeit).

Um eine steife Gesamtkonstruktion zu erhalten, können Zusatzmaßnahmen, wie z.B. eine möglichst stark bewehrt und relativ dick bemessene Bodenplatte, erforderlich werden.

Darüber hinaus könnten die Innen- und Außenwände im Erdgeschoss in Stahlbetonbauweise hergestellt und monolithisch mit der Bodenplatte und der Decke verbunden werden, um so einen biegesteifen "Kasten" zu erhalten. Alternativ könnte unterhalb der Bodenplatte ein Balkenrost angeordnet werden. Derartige Zusatzmaßnahmen, welche die Gefahr von Risseschäden etc. deutlich verringern, sollten durch den Tragwerksplaner in Abstimmung mit dem Sachverständigen für Geotechnik festgelegt werden.

Sollten dann die zu erwartenden Lasten von den Deckschichten nicht aufgenommen werden können oder die rechnerisch zu erwartenden Setzungen zu hoch sein, werden zum Erreichen einer insgesamt relativ setzungsarmen Konstruktion Zusatzmaßnahmen (z.B. eine Tiefgründung über Magerbetonplomben, Rammpfählen aus duktilen Gussrohren etc.) erforderlich.

Im vorliegenden Fall ist aufgrund der hohen Wasserempfindlichkeit der Böden auch besonders darauf zu achten, dass während der Gründungsarbeiten kein Niederschlags- und/oder Sicker- und Schichtwasserzutritt zur Gründungsebene und damit kein Aufweichen der hier anstehenden Böden erfolgt. Die Aushubmaßnahmen sollten daher generell nur bei trockener Witterung ausgeführt werden.

4.1.2 Bemessungswerte und weitere technische Details

Da derzeit keine Planunterlagen zu Bauwerken vorliegen und auch aufgrund der im geplanten Baugebiet vorliegend, unterschiedlichen Baugrundverhältnissen, können im vorliegenden Fall keine allgemein gültigen Dimensionierungs- und Bemessungsangaben erarbeitet werden. 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 Gründungs- und Bodenaustauschmaßnahmen können für die einzelnen Bauwerke erst nach Vorliegen genauer Planunterlagen und nach einer bauwerksbezogenen Baugrunduntersuchung durch einen Sachverständigen für Geotechnik erarbeitet werden.

Hinweise und Empfehlungen zur Baugrubengestaltung, zu ggf. erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen sowie zur erforderlichen Gebäudeabdichtung sollten ebenfalls im Einzelfall auf Grundlage genauerer Planunterlagen und anhand detaillierter, bauwerksbezogener Baugrunduntersuchungen mit einem Sachverständigen für Geotechnik abgestimmt werden.

4.2 Straßenbau

4.2.1 Frostsicherer Gesamtaufbau

Detaillierte Informationen zum Straßenbau liegen derzeit ebenfalls noch nicht vor. Es wird im vorliegenden Fall angenommen, dass bei der Bemessung des frostsicheren Gesamtaufbaus der Erschließungsstraßen die Belastungsklasse Bk 0,3 (Wohnweg) bzw. Bk 1,0 nach RStO 12 zugrunde gelegt werden soll. Dies ist jedoch im Zuge weiterer Planungen zu prüfen und ggf. anzupassen. Im vorliegenden Fall muss aufgrund der im Planum anstehenden Deckschichten für die weitere Planung von sehr frostempfindlichen Böden (Frostempfindlichkeitsklasse F 3) im Planum ausgegangen werden.

In diesem Fall muss der frostsichere Gesamtaufbau (UK Frostschuttschicht bis OK Straßendecke) nach RStO 12 bei Zugrundelegung der Belastungsklasse Bk 0,3 in der Frosteinwirkungszone II eine Dicke von 60 cm (50+5+0+5+0+0) erhalten. Bei der Belastungsklasse Bk 1,0 wird eine Dicke des frostsicheren Gesamtaufbaus von 70 cm (60+5+0+5+0+0) erforderlich. Bei einem Bodenaustausch im Planum mit GU-Material (F 2) zur Stabilisierung (siehe Abschnitt 4.2.2) reduziert sich die Dicke des frostsicheren Oberbaus jeweils generell um 10 cm. Bei einer Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitung kann die Dicke des frostsicheren Gesamtaufbaus zusätzlich jeweils um 5 cm reduziert werden.

Bei Ausführung der Belastungsklasse Bk 0,3 ist der Straßenkörper 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 $E_{V2}/E_{V1} < 2,5$ nachgewiesen werden kann. Bei der Belastungsklasse Bk 1,0 wird ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältnis von $E_{V2}/E_{V1} < 2,2$ gefordert.

4.2.2 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 voraussichtlich 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, das lagenweise eingebaut und auf mindestens mitteldichte Lagerung im Sinne der DIN 1054 bzw. auf einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100 \%$ der einfachen Proctordichte 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 etwa 30 cm. Bei ausgesprochen weich konsistenten bindigen Böden können auch bis zu etwa 70 cm erforderlich werden. Die tatsächlich erforderliche Dicke des Teilbodenaustauschpakets sollte lokal an einem oder mehreren Testfeldern ermittelt werden. Zusätzlich empfiehlt sich bei geringer als steif konsistenten, bindigen Böden das Einlegen eines Geotextils in der Aushubsohle zur Trennung, da sonst eine Vermischung des Bodenaustauschmaterials mit den anstehenden Böden nicht zu vermeiden ist.

Auch beim Straßenbau 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 anstehenden wasserempfindlichen Böden vermieden wird. Die Aushub- und Bodenaustauschmaßnahmen sollten daher generell nur bei trockener Witterung ausgeführt werden. Das Bodenersatzmaterial sollte unmittelbar nach den Aushubarbeiten eingebaut werden. Ggf. ist abschnittsweise vorzugehen. Nach dem Aushub sollten die Aushubsohlen statisch nachverdichtet werden.

Alternativ zum genannten Bodenaustausch ist in diesen Böden auch eine qualifizierte Bodenverbesserung mit Bindemittel (Kalk / Zement) möglich. Dazu wird das Bindemittel flächig etwa 30 cm bis 50 cm tief in das Planum eingefräst. Je nach Bindemittel und Konsistenz der Böden kann meist von einem Bindemittelanteil von etwa 2 bis 6 Gew.-% ausgegangen werden.

Die genaue Bindemittelmenge ist im Zuge einer Eignungsprüfung festzulegen. 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 bei einer Bodenverbesserung die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 zugrunde legen zu können (siehe Abschnitt 4.2.1), sind die Anforderungen an eine qualifizierte Bodenverbesserung nach ZTV E-StB 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 Kanalbau

4.3.1 Gründung der Kanalrohre und Schächte

Detaillierte Planunterlagen zu den Kanalbaumaßnahmen liegen derzeit ebenfalls nicht vor. Erfahrungsgemäß werden die Kanal- und Schachtsohlen in Tiefenlagen zwischen 1,75 m und 2,5 m unter GOK erwartet. Im Planungsgebiet liegen unterhalb der Kanal- und Schachtsohlen dann teils Deckschichten, teils quartäre Kiese und teils die Flinsande vor.

Bei in der Kanalsole anstehenden Flinsanden kann der Kanal – nach einer sorgfältigen Nachverdichtung der Aushubsole – ohne weitere Maßnahmen direkt in der Rohrbettung (ca. 15 cm bis 20 cm dickes Kies- oder Sandbett) gegründet werden. Um in den quartären Kiesen eine ausreichend tragfähige Gründungssole zu erhalten und damit erhöhte Setzungen und Setzungsdifferenzen zu verringern, empfiehlt es sich in diesem Fall, unterhalb der Rohrbettung ein Teilbodenaustausch von ca. 20 cm und bei Schächten von ca. 50 cm durchzuführen. Falls bei den Aushubarbeiten bereits die Flinsande erreicht werden, kann der Aushub eingestellt werden. Falls in der Kanalsole Deckschichten anstehen, sollte zur Vergleichmäßigung der entstehenden Setzungen unterhalb der Rohrbettung ein Kiespaket mit einer Dicke von rund 30 cm und bei Schächten von rund 60 cm eingebaut werden.

Bei geringer als steif konsistenten bindigen Böden empfiehlt sich auch zusätzlich das Einlegen eines geotextilen Vlieses zur Trennung, das seitlich mit hochgezogen werden sollte, um ein seitliches Verdrücken des Graben-Verfüllmaterials zu verhindern.

Sollen in der Kanalsohle in Teilbereichen wider Erwarten bereits die tragfähigen Böden (Flinzsande) anstehen, kann der Kanal direkt in der Rohrbettung gegründet werden.

Vor dem Einbau der Rohrbettung bzw. des Bodenaustauschmaterials sollte die Ausgrabsohle generell statisch nachverdichtet werden.

Als Bodenaustauschmaterial unter den Rohren und Schächten sollte auch hier gut verdichtbares Ersatzmaterial, wie z.B. Kiessand der Bodengruppen GU (Schlammkorngehalt max. 10 %) oder GW nach DIN 18196 oder entsprechendes gebrochenes Schottermaterial, 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 bzw. auf einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100$ % der einfachen Proctordichte verdichtet werden.

Grundsätzlich ergibt sich die Art und Umfang der erforderlichen Bodenaustauschmaßnahmen erst im Zuge der Baumaßnahme und ist auch stark abhängig von den jeweiligen Witterungsverhältnissen sowie der gewählten Bauweise. Um ein Aufweichen der Ausgrabsohle zu vermeiden, sollten die Bodenaustauschmaßnahmen nur bei trockener Witterung ausgeführt werden. Es ist abschnittsweise vorzusehen. Jegliche Wasserzutritte müssen vermeiden werden. Zur weitestmöglichen Vermeidung von Störungen mit Vernäsung, 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 nicht auszuschließende 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.

4.3.2 Kanalgrabenverbau und Wasserhaltung

Unter Berücksichtigung der in Abschnitt 4.3.1 genannten Hinweise und Empfehlungen wird der Kanalgraben eine Tiefe zwischen etwa 2,3 m und 3,3 m erreichen.

Da der Kanalgraben - sofern die Kanalbauarbeiten vor den Hochbauarbeiten durchgeführt werden - voraussichtlich nicht an dicht angrenzender Bebauung vorbeigeführt wird, kann der Kanalgrabenverbau mittels Systemplatten erfolgen. Als dicht angrenzend ist die Bebauung dann einzustufen, wenn deren Fundamente im nachfolgend dargestellten Nahbereich zu liegen kommen.

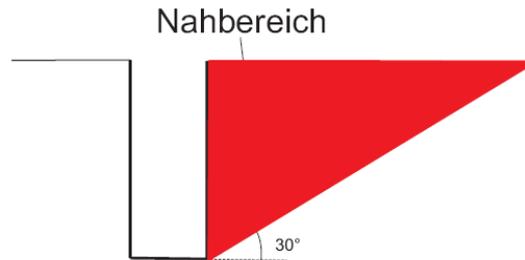


Abbildung 1: Prinzipschnitt Kanalgraben

Falls doch Fundamente im Nahbereich liegen, wären ein verformungsarmer Verbau anzuordnen oder andere Sondermaßnahmen zu ergreifen. Wegen der dabei anfallenden sehr hohen Kosten ist in diesem Fall zu prüfen, ob eine Verlegung des Kanals in seiner Lage und Tiefe möglich ist.

Besondere Wasserhaltungsmaßnahmen sind zur Ausführung des Kanalbaus voraussichtlich nicht erforderlich. Vorsorglich sollte jedoch zur Ableitung von Oberflächen- und Sickerwasser eine Wasserhaltung mit gut ausgefiltertem Pumpensumpf und evtl. Dränleitungen vorgehalten werden.

4.4 Versickerung

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 Sickererraum nicht gewährleistet, bei Werten von $k_f < 1 \times 10^{-6}$ m/s wird die Versickerungsanlage zu lange eingestaut.

Von einer Versickerung in die oberflächennah anstehenden natürlichen Deckschichten und quartären Kiesen ist aufgrund der Inhomogenität, oftmals höheren Feinkorngehalte und der hängigen Lage (ggf. Ausbildung von Schichtwasserhorizonten etc.) generell abzuraten bzw. bei Bedarf eine Einzelbetrachtung anzuraten.

Die aufgeschlossenen Flinzsande weisen folgende Durchlässigkeiten auf:

Tabelle 1: Durchlässigkeitsbeiwert k_f der quartären Kiese und Flinzsande

untersuchte Bodenschicht (Bohrung/Tiefe)	Durchlässigkeit k_f	
		mit Korrekturbeiwert ¹⁾
f+mS,u' (SU) KRB 3/2,9 – 4,5 m	$2,4 \times 10^{-5} \text{ m/s } ^{2)}$	$4,8 \times 10^{-6} \text{ m/s } ^{2)}$
mS,u' (SU) KRB 5/3,5 – 5,0 m	$2,9 \times 10^{-5} \text{ m/s } ^{2)}$	$1,3 \times 10^{-6} \text{ m/s } ^{2)}$
S,u' (SU) KRB 6 (2019)/4,5 m	$8,2 \times 10^{-5} \text{ m/s } ^{2)}$	$1,6 \times 10^{-5} \text{ m/s } ^{2)}$

¹⁾ Durchlässigkeitsbeiwert unter Berücksichtigung des nach DWA-A-138 bei Ergebnissen aus Laborversuchen anzusetzenden Korrekturbeiwertes von 0,2

²⁾ Durchlässigkeitsbeiwert nach Beyer

Die anhand der Sieblinienauswertungen für die Flinzsande ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte weisen bei geringem Schlämmkorngehalt der Flinzsande (Bodengruppe SU) eine zur Versickerung von Niederschlagswasser noch brauchbare, jedoch geringe Durchlässigkeit auf.

Im vorliegenden Fall kann für die Vorbemessung von Versickerungseinrichtungen in den Flinzsanden ein auf der sicheren Seite liegender Durchlässigkeitsbeiwert k_f von $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ angesetzt werden. Dieser Wert sollte dann im Zuge konkreter Planungen bzw. für Einzelbauvorhaben z.B. mittels Sickerversuchen evaluiert werden.

An der UK von geplanten Versickerungsanlagen anstehende bindige und schlämmkornreiche sandige Deckschichten sind in jedem Fall restlos zu entfernen und durch durchlässiges Material ($1 \times 10^{-3} > k_f > 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$) zu ersetzen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Seitenflächen der Versickerungseinrichtungen in diesen tiefen Bereichen dann als nicht sickerfähig eingestuft werden müssen.

Im Hinblick auf die im Planungsgebiet zu erwartenden Grundwasserverhältnisse werden die hinsichtlich der nach DWA-Arbeitsblatt A138 geforderten Sohlabstände der Versickerungsanlage zum mittleren höchsten Grundwasserspiegel (MHGW) im vorliegenden Fall eingehalten.

Hinsichtlich ggf. notwendiger Vorbehandlungsmaßnahmen zur Versickerung bzw. zum Ableiten der Niederschlagsabflüsse ist das DWA M 153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“ von 2007, korrigierte Version von 2012 zu beachten. Um einem Versagen der einzelnen Versickerungsanlagen vorzubeugen, empfiehlt es sich jeweils einen Notüberlauf (z. B. Kanal, Vorflut) vorzusehen.

Gemäß der „Verordnung über die erlaubnisfreie schadlose Versickerung von gesammeltem Niederschlagswasser (Niederschlagswasser-Freistellungsverordnung-NwFreiV)“ vom Oktober 2008 des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz kann anfallendes Niederschlagswasser erlaubnisfrei versickert werden, wenn u. a.:

- an eine Versickerungsanlage höchstens 1.000 m² befestigte Fläche angeschlossen werden
- angeschlossene, mit Kupfer-, Zink- oder Bleiblech gedeckte Dachflächen eine Größe von weniger als 50 m² aufweisen
- außerhalb von Wasserschutz- und Heilquellenschutzgebieten und von Altlasten und Altlastenverdachtsflächen versickert wird
- auf den angeschlossenen Flächen nicht regelmäßig mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird

Die Einleitung in Oberflächengewässer (z. B. Gräben) ist gem. den „Technischen Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in oberirdische Gewässer (TREN OG)“ des BayStMLU nicht erlaubnisfrei.

4.5 Weitere Entwurfs- und Ausführungshinweise

Frostsicherheit

Als Mindestgründungstiefe für alle Bauteile sollte aus Frostsicherheitsgründen 1,0 m unter späterer GOK eingehalten werden. Beim Bauen in kalter Jahreszeit sind Maßnahmen gegen das Eindringen des Frostes in den frostgefährdeten Gründungsbereich zu treffen.

Hinterfüllung

Die Hinterfüllung und Überschüttung von Bauwerken sollte nach den Anforderungen der ZTVE-StB 17 erfolgen. Auf einen ordnungsgemäßen Einbau und eine ausreichende Verdichtung des hinterfüllten Bodenmaterials ($D_{Pr} \geq 100 \%$) einschließlich der durchzuführenden Verdichtungskontrollen ist zu achten.

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 Vorschläge zur allgemeinen Bebaubarkeit, zum Straßen- und Kanalbau, zur Schadstoffbelastung der angetroffenen Böden, 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 und die jeweils erforderlichen Schlüsse zu ziehen.

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, 24. Oktober 2023

M. Sc. Dolunay Arman
(Projektleiterin)

Dipl.-Geol. Martin Bosch
(Projektmitarbeiter)

Die Veröffentlichung des Gutachtens einschließlich aller Anlagen bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung der Kling Consult GmbH.