



Projekt-Nr. 6175-202-KCK

Kling Consult GmbH

Burgauer Straße 30

86381 Krumbach

T +49 8282 / 994-0

kc@klingconsult.de

Baugrundgutachten

Erschließung Baugebiet „Bei den sechs Linden“, Altstadt

Markt Altstadt

Stand: 28. Juni 2024



Tragwerksplanung



Bauleitung



Architektur



Sachverständigenwesen



Baugrund



Generalplanung



Vermessung



Tiefbau



Raumordnung



SIGEKO

Auftraggeber: Markt Altstadt
Hindenburgstraße 1
89281 Altstadt

Erschließungsplanung: Kling Consult GmbH
Tiefbau
Hochfeldstraße 2
86159 Augsburg

**Felduntersuchungen /
Bodenmechanische
Laborversuche:** Kling Consult GmbH
Baugrundinstitut - Bodenmechanisches Labor
Burgauer Straße 30
86381 Krumbach

**Bodenmechanische
und hydrogeologische
Begutachtung:** Kling Consult GmbH
Baugrundinstitut
Burgauer Straße 30
86381 Krumbach

Anlagen:

- 1) Lageplan der Untersuchungsstellen, Maßstab 1:500
- 2) Geotechnischer Schnitt, Maßstab 1:100 (i.d.H.)
- 3) Schichtenverzeichnisse, Bohr- und Sondierprofile
- 4) Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
- 5) Statische Bodenkenngößen (Tabelle)
- 6) Homogenbereiche (Tabelle und Körnungsbänder)

Verteiler:

1) Markt Altstadt	1-fach / digital
2) KC 808, tr	digital
3) KC 202, ar	digital

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	4
1.1	Bauvorhaben und bestehendes Gelände	4
1.2	Vorgang und Auftrag	4
1.3	Unterlagen	5
1.4	Allgemeiner (hydro-) geologischer Überblick	5
2	Durchgeführte Untersuchungen	6
2.1	Vorbereitende Arbeiten	6
2.2	Felduntersuchungen	6
2.3	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	7
3	Ergebnisse der Untersuchungen und Untergrundbeurteilung	8
3.1	Untergrund nach den Bohr-, Sondier-, und Laborversuchsergebnissen	8
3.1.1	Auffüllungen und Deckschichten	8
3.1.2	Quartäre Kiese	9
3.1.3	Tertiäruntergrund (OSM)	12
3.2	Hydrogeologische Verhältnisse	13
3.3	Bodenkenngrößen	13
3.4	Homogenbereiche nach DIN 18300:2019	13
3.5	Erdbebenzone nach DIN EN 1998-1/NA	14
4	Bautechnische Folgerungen	15
4.1	Straßenbau	15
4.1.1	Frostsicherer Gesamtaufbau	15
4.1.2	Planum	15
4.2	Kanalbau	17
4.2.1	Gründung der Kanalrohre	17
4.2.2	Kanalgrabenverbau und Wasserhaltung	18
4.3	Versickerung	19
4.4	Weitere Entwurfs- und Ausführungshinweise	21
5	Schlussbemerkungen	22
6	Verfasser	22

1 Allgemeines

1.1 Bauvorhaben und bestehendes Gelände

Der Markt Altenstadt beabsichtigt im Ortsteil Illereichen die westliche Erweiterung des Baugebiets „Bei den sechs Linden“. Das Planungsgebiet befindet sich östlich der Rechbergstraße und umfasst die Grundstücke mit den Flur-Nrn. 646 und 698/1 der Gemarkung Altenstadt.

Das ca. 2,0 Hektar große Planungsgebiet wird derzeit landwirtschaftlich genutzt (Wiesen- und Ackerfläche) und schließt im Osten, Süden und Westen an den bebauten Ortsrand an. Nach Norden ist es von weiteren landwirtschaftlich genutzten Flächen umgeben. Im südlichen Teil befindet sich eine rund 800 m² mit Schotter abgedeckte Fläche, welche von einem bewachsenen, flachen Erdwall umgeben wird. Diese Fläche wurde vermutlich in der Vergangenheit als Lagerfläche genutzt. Insgesamt steigt die Fläche Richtung Südosten hin leicht an und liegt im Bereich der nach Höhe eingemessenen Untersuchungsstellen auf einer Höhe zwischen etwa 592,0 m NHN und 593,9 m NHN.

Nach derzeitigem Planungsstand sollen im Baugebiet überwiegend Wohngebäude in Form von Einzel-, Doppel-, Reihen- und Mehrparteienhäuser errichtet werden. Das Planungsgebiet soll von Westen über den Anschluss an die Rechbergstraße erschlossen werden. Bei der Bemessung des frostsicheren Gesamtaufbaus der Straßen soll nach Angaben des Teams Tiefbau der Kling Consult GmbH die Belastungsklasse Bk 1,0 nach RStO 12 zugrunde gelegt werden. Darüber hinaus sollen die Kanäle in einer Tiefe von nicht mehr als 3,5 m unter derzeitiger GOK zu liegen kommen.

Sofern der anstehende Untergrund ausreichend sickerfähig ist, soll das im Baugebiet anfallende Niederschlagswasser vor Ort über Rigolen versickert werden.

1.2 Vorgang und Auftrag

Mit Schreiben vom 23. Januar 2024 erteilte der Markt Altenstadt dem Baugrundinstitut Kling Consult (BIKC) den Auftrag zur Durchführung einer Baugrunduntersuchung und zur Erstellung eines Baugrundgutachtens entsprechend dem Angebot der Kling Consult GmbH vom 29. Juni 2023 (Akquise-Nr. 11395-202).

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 zum Straßen-, Kanal- und Leitungsbau, zur Versickerung von Niederschlagswasser mit weiteren grundbautechnischen Hinweisen und Empfehlungen.

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 Illereichen
- [U2] Diverse Informationen des „Bayern-Atlas“ (www.geoportal.bayern.de/bayernatlas/), im Internet bereitgestellte Datenbank des Bayerischen Staatsministeriums der Finanzen und für Heimat
- [U3] Planunterlagen (Lageplan – Ingenieurbauwerke) zum geplanten Bauvorhaben, aufgestellt durch die Tiefbau-Abteilung der KC am 6. Juli 2023
- [U4] Ergebnisse / Protokolle von bodenmechanischen Laboruntersuchungen, durchgeführt im bodenmechanischen Labor des BIKC, Krumbach
- [U5] Schichtenverzeichnisse, entnommene Proben sowie zeichnerische Auftragung der Bohr- und Sondierprofile einschließlich Lageplan mit eingemessenen Untersuchungsstellen nach Lage und Höhe

1.4 Allgemeiner (hydro-) geologischer Überblick

Nach den Angaben der geologischen Karte und nach den Ergebnissen der aktuellen Baugrunduntersuchungen stehen im Planungsgebiet quartäre Kiese (günzzeitliche Schmelzwasserschotter) an, die ggf. von anthropogenen Auffüllungen und natürlichen Deckschichten in unterschiedlicher Mächtigkeit überlagert werden. Den tieferen Untergrund bilden die jungtertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM). Nach der geologischen Karte stehen unterhalb der quartären Kiese dabei zunächst vorwiegend sandige OSM-Abfolgen an, die dann erst in größerer Tiefe von vorwiegend schluffig-tonigen Ablagerungen unterlagert werden.

Der geschlossene Grundwasserspiegel ist im Planungsgebiet erst in größeren, für die Bau- und Erschließungsmaßnahmen nicht relevanten Tiefen zu erwarten.

2 Durchgeführte Untersuchungen

2.1 Vorbereitende Arbeiten

Im Vorfeld der Feldarbeiten zur Baugrunduntersuchung wurden die bei der Kling Consult GmbH vorhandenen Archivunterlagen sowie diverse im Internet vorhandene Informationen und die von der Verwaltungsgemeinschaft Altenstadt zur Verfügung gestellten Spartenpläne gesichtet und ausgewertet.

Mit der Bohranzeige nach § 49 WHG und Art. 30 BayWG des BIKC vom 1. Februar 2024 wurde dem Landratsamt Neu-Ulm die Durchführung der geplanten Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde im Untersuchungsgebiet angezeigt. Mit Schreiben des Landratsamts Neu-Ulm vom 1. Februar 2024 wurde den Baugrundaufschlüssen unter Auflagen zugestimmt.

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

2.2 Felduntersuchungen

Am 18. März und 7. Mai 2024 wurden von Mitarbeitern des BIKC insgesamt 5 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1 (KRB 1 bis KRB 5, Schappendurchmesser 80/60 mm) und 3 Sondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 (DPH 1 bis DPH 3) abgeteuft. Die Kleinrammbohrungen wurden bis in eine Tiefe von ca. 4,9 m und 5,5 m und die Rammsondierungen bis in Tiefen zwischen 8,5 m und 10,7 m unter Ansatzpunkt ausgeführt.

Die Lage der Untersuchungsstellen ist aus dem Lageplan in Anlage 1 ersichtlich. Die Bohr- und Sondierprofile sind - unter Berücksichtigung der bodenmechanischen Laborversuche - in einem geotechnischen Schnitt in Anlage 2 graphisch dargestellt. Eine Zusammenstellung der Bohrergergebnisse als Schichtenverzeichnisse nach DIN EN ISO 22475-1 sowie die Einzelprofildarstellungen und Rammsondierdiagramme finden sich in Anlage 3. Die Ansatzhöhen der Untersuchungspunkte sind in den Anlagen 2 und 3 eingetragen.

2.3 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Im bodenmechanischen Labor des BIKC wurden an 7 aktuell entnommenen Bodenproben der Güteklasse 5 nach DIN EN ISO 22475-1 die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- 7 Bodenansprachen nach DIN EN ISO 14688, DIN 4023 und DIN 18196
- 6 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 Laborversuchsergebnisse, die in die weitere Bewertung / Beurteilung - 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.

3 Ergebnisse der Untersuchungen und Untergrundbeurteilung

3.1 Untergrund nach den Bohr-, Sondier-, und Laborversuchsergebnissen

3.1.1 Auffüllungen und Deckschichten

Unterhalb einer geringmächtigen Oberbodenauflage (Mächtigkeit ca. 0,2 m) wurden mit den Kleinrammbohrungen KRB 1 und KRB 2 bis in eine Tiefe von 0,8 m unter GOK Auffüllungen in Form von stark schluffigen Sanden bzw. schwach schluffigen, stark sandigen Kiesen aufgeschlossen. Unterhalb der sandigen Auffüllungen bei KRB 1 sowie unterhalb einer geringmächtigen Mutterbodenauflage (Mächtigkeit ca. 0,2 m bzw. 0,3 m) im Bereich von KRB 3 und KRB 4 wurden bis in Tiefen zwischen ca. 1,7 m und 2,6 m unter GOK bindige Deckschichten erkundet. Im Hinblick auf ihre Korngrößenverteilung setzen sie sich aus schwach tonigen, sandigen bis stark sandigen, kiesigen Schluffen in weicher bis steifer Konsistenz zusammen. Die bindigen Deckschichten sind hinsichtlich ihrer plastischen Eigenschaften nach DIN EN ISO 14688-1 meist als leicht- bis mittelplastische Tone zu klassifizieren.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen lassen auf eine lockere Lagerung der Auffüllungen schließen bzw. belegen die geringe Konsistenz der bindigen Deckschichten.

Bodenmechanische Beurteilung:

Anhand der Bodenansprache ist die bodenmechanische Beurteilung (Kompressibilität, Scherfestigkeit, Durchlässigkeit etc.) für die aufgeschlossene Auffüllungen und Deckschichten in der unteren Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 1: Bodenmechanische Beurteilung der Auffüllungen und Deckschichten

Beurteilung	Auffüllungen	Deckschichten
Kompressibilität (Angabe gem. DIN 18196)	mäßig bis gering	stark bis mäßig
Scherfestigkeit (Angabe gem. DIN 18196)	mittel bis hoch	gering bis mittel
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 17	F 3 (sehr frostempfindlich), bei geringem Schlammkorngehalt auch F 2 (gering bis mittel frostempfindlich)	F 3 (sehr frostempfindlich)
Wasserempfindlichkeit	bei hohem Sandgehalt fließempfindlich	aufweichgefährdet

Beurteilung	Auffüllungen	Deckschichten
Durchlässigkeit (Angabe abgeschätzt gem. DIN 18130)	schwach durchlässig bis durchlässig	sehr schwach bis schwach durchlässig
Verdichtbarkeit (Angabe abgeschätzt gem. DIN 18196) und Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke wie z.B. Bodenaustauschmaßnahmen, Bauwerkshinterfüllung etc.	<p>bei geringem Schlämmkorngehalt ohne Zusatzmaßnahmen (z.B. Zugabe von hydraulischen Bindemitteln) verdichtbar und für bautechnische Zwecke grundsätzlich geeignet</p> <p>bei hohem Schlämmkorngehalt ohne Zusatzmaßnahmen voraussichtlich nicht verdichtbar und für bautechnische Zwecke nicht bzw. bedingt geeignet</p>	<p>bei geringer als steif konsistente Böden ohne Zusatzmaßnahmen (z.B. Zugabe von hydraulischen Bindemitteln) schlecht bis nicht verdichtbar und für bautechnische Zwecke nicht geeignet</p> <p>bei steifer bis halbfester Konsistenz voraussichtlich gut verdichtbar und für bautechnische Zwecke wenig hochwertige Zwecke geeignet bzw. bedingt geeignet</p>

Die sandigen Auffüllungen und bindigen Deckschichten sind gering tragfähig und zur Aufnahme der Lasten aus dem Straßenbau, der Straßennutzung sowie dem Leitungs- und Kanalbau ohne Zusatzmaßnahmen nicht geeignet. Die kiesigen Auffüllungen sind aufgrund der unterlagernden quartären Kiese bedingt tragfähig und zur Aufnahme der Lasten aus dem Straßenbau und der Straßennutzung geeignet. Eine Gründung der Kanäle innerhalb der kiesigen Auffüllungen kommt aufgrund ihrer Höhenlage im vorliegenden Fall nicht in Betracht.

Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten kann in den Auffüllungen und Deckschichten von geringen Eindringwiderständen und einer entsprechend leichten Ramm- bzw. Rüttelbarkeit ausgegangen werden. Rammunterstützende Maßnahmen wie Vorbohren und / oder Spülhilfe werden nicht erforderlich. Größere Steineinlagerungen, Bauschuttreste etc. können innerhalb der anstehenden Auffüllungen generell nicht ausgeschlossen werden und ggf. Rammhindernisse darstellen.

3.1.2 Quartäre Kiese

Unterhalb der kiesigen Auffüllungen bei KRB 2 sowie der Deckschichten bei KRB 1, KRB 3 und KRB 4 und unterhalb einer geringmächtigen Oberbodenauflage bei KRB 5 (Mächtigkeit ca. 0,4 m) wurden mit allen Kleinrammbohrungen die quartären Kiese bis in Tiefen zwischen ca. 3,6 m und 4,7 m unter GOK bzw. bis zur Endteufe von 5,5 m (KRB 1 und KRB 5) aufgeschlossen. Diese sind überwiegend stark verwittert und setzen

sich hier aus schwach tonigen bis tonigen, sandigen bis stark sandigen, schwach kiesigen bis kiesigen Schluffen bzw. schwach tonigen, schwach schluffigen bis schluffigen, sandigen Kiesen und lokal auch aus schwach tonigen, sandigen Schluff-Kies-Gemischen zusammen. Lokal (KRB 1) stehen sie auch in Form von schwach schluffigen, kiesigen Sanden an. Die verwitterten Kiese liegen in der Regel in einer dunkelbraunen bzw. rostbraunen Färbung vor. In bindiger Ausbildung sind sie in weicher bis steifer, lokal auch steifer bis halbfester Konsistenz vorzufinden und hinsichtlich ihrer plastischen Eigenschaften nach DIN EN ISO 14688-1 meist als leicht- bis mittelplastische Tone zu klassifizieren. Lokal (KRB 5) weisen die quartären Kiese auch einen geringen Verwitterungsgrad auf und wurden in Form von schwach schluffigen, sandigen Kiesen in graubrauner Färbung erkundet.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen belegen die insgesamt geringe Konsistenz der stark verwitterten Kiese in bindiger Ausbildung bzw. lassen auf eine lockere Lagerung schließen. Mit den Rammsondierungen wurden die gering verwitterten Kiese nicht erkundet, weshalb zur Lagerungsdichte dieser Kiese keine Aussagen gemacht werden können.

Bodenmechanische Beurteilung:

Anhand der Bodenansprache und der Ergebnisse der ausgeführten bodenmechanischen Laborversuche (siehe Anlage 4) ist die bodenmechanische Beurteilung (Kompressibilität, Scherfestigkeit, Durchlässigkeit etc.) für die aufgeschlossene quartären Kiese in der unteren Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 2: Bodenmechanische Beurteilung der quartären Kiese

Beurteilung	Stark verwitterte quartäre Kiese	Gering verwitterte quartäre Kiese
Kompressibilität (Angabe gem. DIN 18196)	stark bis mäßig	gering
Scherfestigkeit (Angabe gem. DIN 18196)	gering bis mittel	hoch
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 17	F 3 (sehr frostempfindlich)	F 2 (gering bis mittel frostempfindlich)
Wasserempfindlichkeit	aufweichgefährdet, fließempfindlich	--
Durchlässigkeit (Angabe abgeschätzt gem. DIN 18130)	sehr schwach durchlässig bis durchlässig	stark durchlässig
Verdichtbarkeit (Angabe abgeschätzt gem. DIN 18196) und Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke wie z.B. Bodenaustauschmaßnahmen, Bauwerkshinterfüllung etc.	wenn auch abhängig vom Wassergehalt, Schlammkorngehalt etc. ohne Zusatzmaßnahmen (z.B. Zugabe von hydraulischen Bindemitteln) voraussichtlich schlecht bzw. nicht verdichtbar und für bautechnische Zwecke grundsätzlich ungeeignet	wenn auch abhängig von der Kornabstufung etc. meist gut verdichtbar und für bautechnische Zwecke geeignet

Die stark verwitterten quartären Kiese sind insgesamt gering bis allenfalls mäßig tragfähig und zur Aufnahme der Lasten aus dem Straßenbau, der Straßennutzung sowie dem Kanal- und Leitungsbau bedingt geeignet. Die gering verwitterten quartären Kiese sind gut tragfähig und zur Aufnahme der oben genannten Lasten geeignet.

In den Bereichen, in denen die Kiese stark verwittert und / oder in bindiger Ausbildung vorliegen oder eine lockere bis annähernd mitteldichte Lagerung aufweisen, kann von geringen bis mittleren Eindringwiderständen und einer entsprechend leichten bis mittelschweren Ramm- bzw. Rüttelbarkeit ausgegangen werden, während in Bereichen mit einer mitteldichten Lagerung mit hohen bis sehr hohen Eindringwiderständen und einer entsprechend schweren bis sehr schweren Ramm bzw. Rüttelbarkeit gerechnet werden muss. Rammunterstützende Maßnahmen wie Vorbohren und / oder Spülhilfe können in den mitteldicht gelagerten Kiesen erforderlich werden. Größere Steineinlagerungen in den quartären Kiesen können generell nicht ausgeschlossen werden und ggf. Rammhindernisse darstellen.

3.1.3 Tertiäruntergrund (OSM)

Mit den Kleinrammbohrungen KRB 2 bis KRB 4 wurden bis zur Endteufe von ca. 4,9 m bzw. 5,5 m die jungtertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) aufgeschlossen. Diese stehen meist als schwach schluffige Sande an.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen lassen auf eine annähernd mitteldichte bis mitteldichte Lagerung der sandigen Tertiärböden schließen.

Bodenmechanische Beurteilung:

Anhand der Bodenansprache und der Ergebnisse der ausgeführten bodenmechanischen Laborversuche (siehe Anlage 4) ist die bodenmechanische Beurteilung (Kompressibilität, Scherfestigkeit, Durchlässigkeit etc.) für die Tertiärböden in der unteren Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 3: Bodenmechanische Beurteilung der Tertiärböden

Beurteilung	Tertiärböden (OSM)
Kompressibilität (Angabe gem. DIN 18196)	gering
Scherfestigkeit (Angabe gem. DIN 18196)	hoch
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 17	F 2 (gering bis mittel frostempfindlich)
Wasserempfindlichkeit	fließempfindlich
Durchlässigkeit (Angabe abgeschätzt gem. DIN 18130)	durchlässig
Verdichtbarkeit (Angabe abgeschätzt gem. DIN 18196) und Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke wie z.B. Bodenaustauschmaßnahmen, Bauwerkshinterfüllung etc.	wenn auch Abhängigkeit von der Kornabstufung und des Schluffanteils voraussichtlich mäßig verdichtbar und für bautechnische Zwecke teilweise geeignet

Die aufgeschlossenen Tertiärablagerungen sind tragfähig und zur Aufnahme der Lasten aus dem Straßenbau, der Straßennutzung sowie dem Kanal- und Leitungsbau geeignet.

Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten muss im Tertiäruntergrund von hohen bis sehr hohen Eindringwiderständen und einer entsprechenden schweren bis sehr schweren Ramm- bzw. Rüttelbarkeit ausgegangen werden. Sandschichten innerhalb der OSM können sich während des Einrüttelns von Stahlprofilen etc. so stark

verdichten, dass kein tieferes Einbringen von diesen möglich ist. Es ist davon auszugehen, dass beim Einbringen von Profilen etc. in die OSM-Schichten rammunterstützende Maßnahmen (z.B. Vorbohren / Spülhilfe) erforderlich werden. Darüber hinaus können diagenetische Verfestigungen generell nicht ausgeschlossen werden und ggf. Rammhindernisse darstellen. Beim erforderlichen tieferen Einbringen von Profilen etc. können ggf. auch Austauschbohrungen erforderlich werden.

3.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Ein geschlossener Grundwasserspiegel wurde bei den Felduntersuchungen im März 2024 bis zur jeweiligen Endteufe von 4,9 m bzw. 5,5 m nicht angetroffen. Dieser ist im vorliegenden Fall in Tiefen zu erwarten, die für die geplanten Baumaßnahmen nicht relevant sind.

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

3.3 Bodenkenngrößen

Eine tabellarische Zusammenstellung der Bodenkenngrößen ist in der Tabelle in Anlage 5 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 18300:2019

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 6 des vorliegenden Baugrundgutachtens auf Grundlage der aktuellen Untersuchungsergebnisse und allgemeiner und örtlicher Erfahrung mit vergleichbaren Böden und geologischen Schichten erarbeitet.

Die aufgeschlossenen Böden werden in die 3 nachfolgenden Homogenbereiche eingeteilt.

- Homogenbereich A:
Auffüllungen, Deckschichten sowie stark verwitterte quartäre Kiese
- Homogenbereich B:
Gering verwitterte quartäre Kiese
- Homogenbereich C:
Sandiger Tertiäruntergrund

Der Ober- bzw. Mutterboden ist separat nach DIN 18320:2019 zu erfassen.

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass Schürfe 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.

3.5 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 Straßenbau

4.1.1 Frostsicherer Gesamtaufbau

Nach den Informationen des Teams Tiefbau der Kling Consult GmbH soll bei der Bemessung des frostsicheren Gesamtaufbaus der geplanten Erschließungsstraßen die Belastungsklasse Bk 1,0 nach RStO zugrunde gelegt werden. Das Planungsgebiet liegt in der Frosteinwirkungszone II.

Auf Grundlage der Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen stehen im Planum hauptsächlich sehr frostempfindliche Böden (schlammkornreiche Auffüllungen bzw. Deckschicht sowie stark verwitterte quartäre Kiese, Frostempfindlichkeit F 3) bzw. lokal gering bis mittel frostempfindliche Böden (kiesige Auffüllungen, F 2-Böden) an.

Bei im Planum anstehenden F 3-Böden muss der frostsichere Gesamtaufbau (UK Frostschuttschicht bis OK Straßendecke) nach RStO 12 bei Zugrundelegung der Belastungsklasse Bk 1,0 in der Frosteinwirkungszone II eine Dicke von 70 cm (60+5+0+5+0+0) erhalten. Bei im Planum anstehenden F 2-Böden (z.B. KRB 2) oder bei Anordnung eines Bodenaustauschs mit GU-Material (F 2) bzw. bei einer qualifizierten Bodenverbesserung im Planum zur Stabilisierung (siehe Abschnitt 4.1.2) reduziert sich die Dicke des frostsicheren Gesamtaufbaus jeweils um 10 cm. Bei einer Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen kann die Dicke des frostsicheren Gesamtaufbaus zusätzlich jeweils um 5 cm reduziert werden.

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

4.1.2 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 im Baugebiet im Planum anstehenden Böden überwiegend nicht ohne weitere Sondermaßnahmen möglich, sodass eine Stabilisierung des Planums erforderlich wird.

Bei im Planum anstehenden kiesigen Auffüllungen (KRB 2) mit einer Restmächtigkeit von mind. 30 cm wird der geforderte Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht, weshalb hier keine Planumsstabilisierungsmaßnahmen notwendig sind.

Bei wenig tragfähigem Planum empfiehlt sich ein flächiger Teilbodenaustausch mit kiesigem Material der Bodengruppe GU (Schlammkorngehalt max. 10 %) oder GW nach DIN 18196, das lagenweise eingebaut und auf mindestens mitteldichte Lagerung im Sinne der DIN 1054 bzw. auf einen 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. 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.

Die erfahrungsgemäß erforderliche Dicke des Bodenaustauschs unter dem Planum liegt im vorliegenden Fall bei den anstehenden Deckschichten bzw. stark verwitterten quaritären Kiesen voraussichtlich bei etwa 30 cm bis 40 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.

Es ist besonders daraus 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. Nach dem Aushub sollten die Aushubsohlen statisch nachverdichtet werden. Das Bodenersatzmaterial sollte unmittelbar nach den Aushubarbeiten eingebaut werden. Ggf. ist abschnittsweise vorzugehen.

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 dabei 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 die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 zugrunde legen zu können (siehe Abschnitt 4.1.1), 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.

4.2 Kanalbau

4.2.1 Gründung der Kanalrohre

Detaillierte Planunterlagen zu den Kanalbaumaßnahmen liegen derzeit nicht vor. Nach Angaben des Teams Tiefbau der Kling Consult GmbH sollen die Kanalrohre und Schächte in einer Tiefe von nicht mehr als 3,5 m unter GOK zu liegen kommen. Im Planungsgebiet liegen unterhalb der Kanal- und Schachtsohlen dann bereichsweise bzw. je nach Tiefenlage Deckschichten oder teils stark verwitterte bzw. gering verwitterte Kiese vor.

Bei in der Kanalsole anstehenden gering verwitterten quartären Kiese 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 stark verwitterten quartären Kiesen bzw. Deckschichten 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. 30 cm bzw. 40 cm und bei Schächten von ca. 50 cm bzw. 60 cm durchzuführen. Falls bei den Aushubarbeiten bereits die gering verwitterten quartären Kiese oder die sandigen Tertiärböden erreicht werden, kann der Aushub eingestellt werden.

Bei geringer als steif konsistenten bindigen Böden empfiehlt sich unterhalb einer mindestens 40 cm mächtigen Kies-Sand-Schicht zusätzlich das Einlegen eines geotextilen Vlieses zur Trennung, das seitlich mit hochgezogen werden sollte, um ein seitliches Verdrücken des Graben-Verfüllmaterials zu verhindern.

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

Als Bodenaustauschmaterial unter den Rohren sollte gut verdichtbares Ersatzmaterial, wie z.B. Kiessand der Bodengruppen GU (Schlammkorngehalt max. 10 %) oder GW nach DIN 18196, verwendet werden. Es sollte lagenweise 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 Aushubsohle 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 Verässung, 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 ZTV A-StB 12 bzw. ZTV E-StB 17 erfolgen. Auf eine ordnungsgemäße Verfüllung und Verdichtung des hinterfüllten Bodenmaterials einschließlich der durchzuführenden Verdichtungskontrollen ist zu achten.

4.2.2 Kanalgrabenverbau und Wasserhaltung

Unter Berücksichtigung der in Abschnitt 4.2.1 genannten Hinweise und Empfehlungen werden die Kanal- und Wasserleitungsgräben eine Tiefe von bis zu 4,3 m erreichen.

Da der Kanalgraben 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.

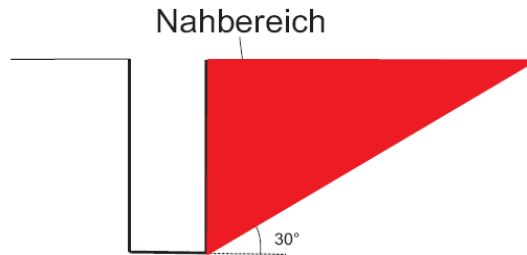


Abbildung 1: Prinzipschnitt Kanalgraben

Falls doch Fundamente im Nahbereich liegen, wäre ein verformungsarmer Verbau anzuordnen oder andere Sondermaßnahmen zu ergreifen. Wegen der dabei anfallenden 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.

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

Die anstehenden Deckschichten sowie stark verwitterten quartären Kiese sind aufgrund ihrer geringen Durchlässigkeit als nicht versickerungsfähig einzustufen. Die im Bereich von KRB 1 innerhalb der stark verwitterten Kiese erkundete Sandlinse weist zwar gemäß der Sieblinienauswertung nach Seiler einen Durchlässigkeitsbeiwert k_f von $1,9 \times 10^{-5}$ m/s auf, was unter Berücksichtigung des nach DWA anzusetzenden Korrekturwerts (0,2) $3,8 \times 10^{-6}$ m/s beträgt, ist allerdings aufgrund ihrer relativ geringen Mächtigkeit und unbekanntem räumlichen Ausbildung insgesamt zur Versickerung nicht zu empfehlen. Selbiges gilt auch für das aus KRB 2 untersuchte Kiesmaterial aus einer Tiefe von 1,2 m, für das rechnerisch mit dem Korrekturwert ein Durchlässigkeitsbeiwert k_f von $1,8 \times 10^{-5}$ m/s ermittelt wurde.

Eine rechnerische Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwerts für das schlämmkornarme Kiesmaterial aus KRB 5 ist mit den gängigen Methoden nicht möglich. Erfahrungsgemäß kann bei derartigen Kiesen jedoch von einer Durchlässigkeit im Bereich zwischen ca. $k_f \sim 1,0 \times 10^{-3}$ m/s bis $k_f \sim 1,0 \times 10^{-4}$ m/s ausgegangen werden. Die Durchlässigkeit in diesen Bereichen kann im Bedarfsfall durch weiterführende Versickerungsversuche bestimmt werden. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass das schlämmkornarme Kiesmaterial lediglich mit einer Kleinrammbohrung aufgeschlossen wurde und auch hier die räumliche Ausbildung nicht bekannt ist, weshalb in diesem Bereich weitere ergänzende Untersuchungen durchgeführt werden müssen, um den voraussichtlich sickerfähigen Bereich eingrenzen zu können.

Für die sandigen Tertiärböden wurden im bodenmechanischen Labor des BIKC an insgesamt 2 Bodenproben folgende Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt:

Tabelle 4: k_f -Wert der sandigen Tertiärböden anhand Korngrößenverteilung nach Seiler

untersuchte Bodenschicht (Kleinrammbohrung/Tiefe)	Durchlässigkeit k_f nach Seiler (1973)	
		mit Korrekturbeiwert ¹⁾
f+mS,u' (SU) KRB 3/4,1 – 5,5 m	4,2 × 10 ⁻⁶ m/s 5,2 × 10 ⁻⁶ m/s ²⁾	8,4 × 10⁻⁷ m/s 1,0 × 10⁻⁶ m/s ²⁾
f+mS,u' (SU) KRB 4/3,6 – 4,9 m	1,2 × 10 ⁻⁵ m/s 9,7 × 10 ⁻⁶ m/s ²⁾	2,4 × 10⁻⁶ m/s 1,9 × 10⁻⁶ m/s ²⁾

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

²⁾ Durchlässigkeitsbeiwert k_f nach Beyer

Die anhand der Sieblinienauswertungen für die sandigen Tertiärböden ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte weisen bei beiden Bodenproben nach der Sieblinienauswertung nach Beyer eine zur Versickerung von Niederschlagswasser noch brauchbare, jedoch insgesamt geringe und im Grenzbereich der Anwendung gem. der Vorgaben der DWA-A138 liegende Durchlässigkeit auf. Allerdings sind die nach der Sieblinienauswertung nach Seiler mit KRB 3 aufgeschlossenen sandigen Böden mit einem k_f -Wert von $8,4 \times 10^{-7}$ m/s im äußeren Grenzbereich von 1×10^{-6} m/s und somit nicht ausreichend durchlässig. Aufgrund der großen Tiefenlage der sandigen Schichten, der insgesamt im Grenzbereich liegenden Durchlässigkeitsbeiwerte und der Tatsache, dass die Sieblinienauswertungen lediglich eine Abschätzung über die tatsächliche Durchlässigkeit der Böden liefern, sollte von einer Versickerung im sandigen Tertiäruntergrund abgesehen werden, solange keine in-situ Versuche (z.B. Sickerversuche) zur genauen Bestimmung der k_f -Werte vorgenommen werden.

4.4 Weitere Entwurfs- und Ausführungshinweise

Hinterfüllung

Die Hinterfüllung und Überschüttung von Bauwerken sollte nach den Anforderungen der ZTV E-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 Bodenkenngrößen. Darüber hinaus werden Vorschläge 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 und die jeweils erforderlichen Schlüsse zu ziehen.

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, 28. Juni 2024

M.Sc. Dolunay Arman
(Projektleiterin)

M.Sc. Marc Rück
(Projektmitarbeiter)

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