



Projekt-Nr. 4000-202-KCK

Kling Consult GmbH

Burgauer Straße 30

86381 Krumbach

T +49 8282 / 994-0

kc@klingconsult.de

Baugrundgutachten

Baugrunduntersuchung Bebauungsplan Nord-Ost 1, Pfaffenhofen a. d. Roth

Markt Pfaffenhofen a. d. Roth

Stand: 8. Februar 2022



Tragwerksplanung



Architektur



Baugrund



Vermessung



Raumordnung



Bauleitung



Sachverständigenwesen



Generalplanung



Tiefbau



SIGEKO

Auftraggeber: Markt Pfaffenhofen a. d. Roth
Kirchplatz 6
89284 Pfaffenhofen a. d. Roth

Bebauungsplan: Kling Consult GmbH
Raumordnungsplanung
Burgauer Straße 30
86381 Krumbach

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

**Chemische
Laborversuche:** AGROLAB Labor GmbH
Dr.-Pauling-Straße 3
84079 Bruckberg

**Bodenmechanische
und hydrogeologische
Begutachtung:** Kling Consult GmbH
Baugrundinstitut
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 Bodenkenngößen (Tabelle)
- 7) Homogenbereiche (Tabelle und Körnungsbänder)

Verteiler:

1) Markt Pfaffenhofen a. d. Roth	1-fach / digital
2) KC 405, boz	digital
2) KC 202, ar	1-fach / 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	6
2	Durchgeführte Untersuchungen	7
2.1	Felduntersuchungen	7
2.2	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	7
2.3	Chemische Laboruntersuchungen	8
3	Ergebnisse der Untersuchungen und Untergrundbeurteilung	9
3.1	Untergrund nach den Bohr-, Sondier- und Laborversuchsergebnissen	9
3.1.1	Natürliche Deckschichten	9
3.1.2	Quartäre Kiese (Hochterrassenschotter)	11
3.1.3	Tertiäruntergrund (Obere Süßwassermolasse)	12
3.2	Hydrogeologische Verhältnisse	13
3.3	Bodenkenngrößen	13
3.4	Homogenbereiche nach DIN 18300:2019	14
3.5	Erdbebenzone nach DIN EN 1998-1/NA und DIN 4149:2005	15
4	Bautechnische Folgerungen	16
4.1	Kanal- und Leitungsbau	16
4.1.1	Gründung der Kanalrohre, Leitungen und Schächte	16
4.1.2	Kanalgrabenverbau und Wasserhaltung	17
4.2	Straßenbau	18
4.2.1	Frostsicherer Gesamtaufbau	18
4.2.2	Planum	19
4.3	Versickerung	21
4.4	Weitere Entwurfs- und Ausführungshinweise	23
5	Schlussbemerkungen	24
6	Verfasser	24

1 Allgemeines

1.1 Bauvorhaben und bestehendes Gelände

Der Markt Pfaffenhofen a. d. Roth (Landkreis Neu-Ulm) plant derzeit die Bebauung des Grundstücks mit der Flur-Nr. 206 auf der Gemarkung Pfaffenhofen a. d. Roth. Nach derzeitigem Planungsstand sollen auf dem Grundstück Wohngebäude errichtet werden. Detaillierte Planunterlagen zu den geplanten Erschließungs- bzw. Baumaßnahmen liegen aktuell jedoch noch nicht vor.

Das rund 1,88 Hektar große Planungsgebiet liegt am nördlichen Ortsrand von Pfaffenhofen a. d. Roth. Das Planungsgebiet grenzt nach Süden an den Ahornweg und ist nach Westen, Norden und Osten von landwirtschaftlich genutzten Flächen (Grünland) umgeben. Südwestlich des Planungsgebiets befinden sich bereits Wohnbebauungen. Im vorliegenden Fall fällt das derzeit landwirtschaftlich genutzte Gelände von Osten nach Westen ab und liegt auf einer Höhe zwischen etwa 492 mNN und 489 mNN.

1.2 Vorgang und Auftrag

Mit E-Mail vom 30. August 2021 erteilte der Markt Pfaffenhofen a. d. Roth dem Baugrundinstitut der Kling Consult GmbH (BIKC) den Auftrag zur Durchführung einer Baugrunduntersuchung und zur Erstellung eines Baugrundgutachtens entsprechend dem Angebot vom 1. Juni 2021, Angebots-Nr. 7394.

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 Kanal- und Straßenbau, zur Versickerung von Niederschlagswasser und zur potenziellen Schadstoffbelastung der angetroffenen Böden mit weiteren grundbautechnischen Hinweisen.

1.3 Unterlagen

- Geologische Übersichtskarte des Iller-Mindel-Gebietes, M 1:100.000, herausgegeben vom Bayerischen Geologischen Landesamt München, 1975
- Geologische Karte von Bayern, M 1:25.000, Blätter 7626 Ulm Südost (Neu-Ulm) und 7627 Ichenhausen, herausgegeben vom Bayerischen Landesamt für Umwelt, Augsburg 2010
- 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 Pfaffenhofen a. d. Roth
- Diverse Informationen des "Bayern-Atlas" (www.geoportal.bayern.de/bayernatlas/), im Internet bereitgestellte Datenbank des bayerischen Staatsministeriums der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat
- "Hydrogeologische Studie zum Tertiärgrundwasser in Bayerisch-Schwaben" vom 28. November 2016, erarbeitet von der HydroConsult GmbH, Augsburg (Projekt-Nr. PN 16-301) im Auftrag des WWA Donauwörth
- Baugrundgutachten "Neubau eines Mehrfamilienhauses, Pfaffenhofen a. d. Roth", BIKC-Gutachten vom 26. März 2021, Projekt-Nr. 3216-202-KCK
- 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 sowie im chemischen Labor AGROLAB, Bruckberg

1.4 Allgemeiner (hydro-)geologischer Überblick

Nach den Angaben der geologischen Karte, den Ergebnissen von früheren Baugrunderkundungen aus der näheren Umgebung sowie den Ergebnissen der aktuellen Baugrunduntersuchungen stehen im Planungsgebiet quartäre Kiese (Hochterrassenschotter) an, die von natürlichen Deckschichten (Talfüllungen, Hang-, Schwemmlehm) unterschiedlicher Mächtigkeit überlagert werden. Den tieferen Untergrund bilden die jungtertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM).

Während der Felduntersuchungen im November 2021 wurde der Grundwasserspiegel nicht angetroffen. Erfahrungsgemäß ist jedoch im Übergangsbereich der Hochterrassenschotter zur unterlagernden OSM ein Grundwasservorkommen ausgebildet.

2 Durchgeführte Untersuchungen

2.1 Felduntersuchungen

Am 4. und 8. November 2021 wurden von Mitarbeitern des BIKC im Planungsgebiet insgesamt 5 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1 (KRB 1 bis KRB 5, Schappendurchmesser 80/60 mm) und 5 Sondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 (DPH 1 bis DPH 5) abgeteuft. Die Kleinrammbohrungen wurden bis in Tiefen von 3,0 m bis 5,5 m und die Rammsondierungen bis in Tiefen von 3,5 m bis 7,9 m unter jeweiligem Ansatzpunkt ausgeführt.

Die Lage der Untersuchungsstellen ist aus dem Lageplan in Anlage 1 ersichtlich. Die Bohr- und Sondierprofile sind in geotechnischen Schnitten in Anlage 2 graphisch dargestellt. Eine Zusammenstellung der Bohrerergebnisse als Schichtenverzeichnisse nach DIN EN ISO 22475-1 sowie die entsprechenden Einzelprofildarstellungen und Rammsondierdiagramme finden sich in Anlage 3.

Die Untersuchungsstellen wurden am 4. November 2021 von Mitarbeitern des BIKC nach Lage und Höhe eingemessen. Als Höhenbezugspunkt diente dabei ein westlich vom Planungsgebiet auf dem Buchenweg vorhandener Kanaldeckel (Pfaf16900081), dessen Höhe mit 488,88 mNN angegeben ist.

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

2.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Im bodenmechanischen Labor des BIKC wurden an 6 Bodenproben der Güteklasse 5 nach DIN EN ISO 22475-1 die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- 6 Bodenansprachen nach DIN EN ISO 14688, DIN 4022 und DIN 18196
- 5 Korngrößenverteilungen nach DIN EN ISO 17892-4
- 1 Bestimmung der Zustandsgrenzen und Konsistenzermittlung nach DIN EN ISO 17892-12
- 1 Bestimmung des Wassergehalts nach DIN EN ISO 17892-1

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.

2.3 Chemische Laboruntersuchungen

Zur ersten Einstufung möglicher Schadstoffbelastungen der anstehenden Deckschichten wurden nach ergänzender organoleptischer Ansprache des Bohrguts 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) in 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 evaluierten Verfüll-Leitfadens zu den "Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen" (LVGBT) des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz mit Stand 15. Juli 2021 beinhaltet. Gemäß LVGBT erfolgte die Feststoffanalytik in der Fraktion < 2 mm.

Die Zusammenstellung der Bodenmischproben, die Ergebnisse der chemischen Analytik 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 wurden mit der Kleinrammbohrung KRB 4 bis zur Endteufe von 5,5 m sowie mit den Kleinrammbohrungen KRB 1 bis KRB 3 und KRB 5 bis in Tiefen von 2,1 m bis 4,0 m jeweils unter Ansatzpunkt natürliche Deckschichten aufgeschlossen. Die Deckschichten setzen sich wechsellagernd aus Schluffen und Sanden zusammen. Die Sandschicht wurde dabei ab einer Tiefe von ca. 1,2 m unter Ansatzpunkt mit unterschiedlich großer Mächtigkeit von ca. 1,0 m bis 2,1 m erkundet. Die Deckschichten liegen im Hinblick auf ihre Korngrößenverteilung meist in Form von schwach tonigen bis tonigen, schwach sandigen bis stark sandigen, schwach kiesigen bis kiesigen Schluffen in weich-steifer bis halbfester Konsistenz bzw. in Form von schwach tonigen, schwach bis stark schluffigen, schwach kiesigen bis kiesigen Sanden vor.

Hinsichtlich ihrer plastischen Eigenschaften sind die bindigen Deckschichten nach DIN EN ISO 14688 voraussichtlich als leicht- bis mittelplastische Tone zu klassifizieren.

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

Bodenmechanische Beurteilung:

Die Deckschichten sind stark kompressibel und weisen eine geringe Scherfestigkeit auf. Sie sind nur gering tragfähig und zur Aufnahme der Lasten aus dem Straßenbau und der Straßennutzung sowie dem Kanal- und Leitungsbau ohne Zusatzmaßnahmen nicht geeignet.

Die aufgeschlossenen Deckschichten sind sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 3) und auch wasserempfindlich (aufweichgefährdet, fließempfindlich). Nach DIN 18130 sind sie meist als schwach durchlässig und teils als durchlässig einzustufen.

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

Chemische Laborversuchsergebnisse:

An zwei Bodenmischproben (MP 1, MP 2) aus den schluffigen (MP 1) und sandigen (MP 2) Deckschichten (Zusammensetzung siehe Anlage 4) 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 evaluierten Verfüll-Leitfadens zu den "Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen" (LVGBT) des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz.

Bei der Bewertung wurde für die Bodenmischprobe MP 1 die Bodenkategorie "Lehm/Schluff" und für die Bodenmischprobe MP 2 die Bodenkategorie "Sand" zugrunde gelegt. Alle im Feststoff und Eluat untersuchten Parameter der untersuchten Bodenmischproben MP 1 und MP 2 waren im Hinblick auf die jeweilige, einstufigsrelevante Bodenkategorie "Lehm/Schluff" und "Sand" als unauffällig zu bezeichnen. Die untersuchten Materialien können demnach als **Z 0-Material** im Sinne des LVGBT eingestuft werden.

Wir empfehlen, die bei den Aushubarbeiten anfallenden Böden separat in Haufwerken auf einer geeigneten Fläche zwischenzulagern, nach den einschlägigen Vorgaben (LAGA PN 98, der 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 Auffüllungen entsprechend den jeweiligen Zuordnungswerten der LAGA bzw. des LVGBT berücksichtigt werden.

3.1.2 Quartäre Kiese (Hochterrassenschotter)

Unterhalb der natürlichen Deckschichten wurde bei der Kleinrammbohrung KRB 3 bis zur Endteufe von 4,2 m unter GOK ein Schluff-Kies-Gemisch erkundet und bei drei Kleinrammbohrungen (KRB 1, KRB 2, KRB 5) wurde bis zur Endteufe von 3,0 m bis 4,5 m quartäre Kiese der Hochterrassenschotter aufgeschlossen. Im Bereich von KRB 2, KRB 3 und KRB 5 sind diese bis zur jeweiligen Endteufe (KRB 3, KRB 5) bzw. bis zu einer Tiefe von 2,8 m (KRB 2) stark verwittert und weisen daher einen hohen Schlämmkorngehalt sowie auch bindige Eigenschaften auf. Im Hinblick auf die Korngrößenverteilung setzen sich die stark verwitterten Kiese aus stark schluffigen sowie stark sandigen Kiesen bzw. auch aus sandigen Schluff-Kies-Gemischen zusammen. Die bindigen Anteile liegen in weicher bis steifer Konsistenz bei geringer Plastizität vor.

Unterhalb der verwitterten Kiese bzw. im Bereich von KRB 1 und KRB 5 auch direkt unterhalb der Deckschichten stehen die graubraun gefärbten quartären Kiese in gering verwitterter Ausbildung an. Diese sind als sandige bis stark sandige, schwach schluffige Kiese anzusprechen.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen lassen auf eine lockere bis annähernd mitteldichte Lagerung der stark verwitterten Kiese schließen bzw. belegen die geringe Konsistenz der bindigen Anteile. Die gering verwitterten Kiese weisen eine mitteldichte bis sehr dichte Lagerung auf.

Bodenmechanische Beurteilung:

Die schlämmkornreichen, stark verwitterten quartären Kiese sind mäßig kompressibel und weisen eine mittlere Scherfestigkeit auf. Sie sind mäßig tragfähig und zur Aufnahme von Lasten aus dem Straßenbau der Straßennutzung sowie dem Kanal- und Leitungsbau ohne Sondermaßnahmen nur bedingt bis nicht geeignet. Die schlämmkornarmen, gering verwitterten Kiese sind gering kompressibel und weisen eine hohe bis sehr hohe Scherfestigkeit auf. Sie sind gut tragfähig und zur Aufnahme von Lasten aus dem Straßenbau, der Straßennutzung sowie dem Kanal- und Leitungsbau geeignet.

Die aufgeschlossenen quartären Kiese sind je nach Schlämmkorngehalt als gering bis mittel oder sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 2, F 3) einzustufen. Die schlämmkornreichen Kiese sind darüber hinaus auch wasserempfindlich (aufweichgefährdet). Nach DIN 18130 werden die stark verwitterten Kiese als schwach durchlässig bis durchlässig und die gering verwitterten Kiese als durchlässig eingestuft.

Die stark verwitterten quartären Kiese sind nur schlecht verdichtbar und für bautechnische Zwecke, wie z.B. Bodenaustauschmaßnahmen, Bauwerkshinterfüllungen, etc., ohne Zusatzmaßnahmen (wie z.B. Zugabe von hydraulischen Bindemitteln) nicht geeignet. Die gering verwitterten Kiese sind bei nicht zu hohem Schlämmkornanteil gut verdichtbar und für bautechnische Zwecke gut geeignet. Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten muss in den quartären Kiesen von mittleren bis sehr hohen Eindringwiderständen und einer entsprechend mittelschweren bis sehr schweren Ramm- bzw. Rüttelbarkeit ausgegangen werden. Rammunterstützende Maßnahmen wie Vorbohren und/oder Spülhilfe werden innerhalb der gering verwitterten Kiese voraussichtlich erforderlich. Größere Steineinlagerungen können generell nicht ausgeschlossen werden und ggf. zusätzliche Rammhindernisse darstellen.

Potenzieller Schadstoffgehalt:

Chemische Laborversuche wurden an den quartären Kiesen aufgrund ihrer Tiefenlage und der organoleptischen Unauffälligkeit nicht durchgeführt.

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

3.1.3 Tertiäruntergrund (Obere Süßwassermolasse)

Die unterhalb der quartären Kiese anstehenden jungtertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) konnten mit den ausgeführten Kleinrammbohrungen nicht aufgeschlossen werden. Auch auf Grundlage von weiteren, uns vorliegenden Daten kann die zu erwartende OK des Tertiäruntergrunds nicht angegeben werden.

Erfahrungsgemäß setzt sich der Tertiäruntergrund wechsellagernd aus sandig-tonig-schluffigen Böden zusammen und ist gut tragfähig. Die Tertiärablagerungen haben daher keine negativen Auswirkungen auf das geplante Bauvorhaben.

3.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Ein geschlossener Grundwasserspiegel wurde bei den Felduntersuchungen im November 2021 bis zur jeweiligen Bohrendtiefe von 3,0 m bis 5,5 m nicht angetroffen. Erfahrungsgemäß muss jedoch damit gerechnet werden, dass im Übergangsbereich der Hochterrassenschotter zur unterlagernden OSM ein Grundwasservorkommen (auf den grundwasserhemmenden OSM-Schichten abfließendes "Hangwasser" oder ggf. auch aus der OSM infiltrierendes Grundwasser) ausgebildet ist. Da zu diesem erwarteten Grundwasservorkommen auch aus der näheren Umgebung keine Daten vorliegen, sind hierzu jedoch keine weiteren Angaben möglich.

Nach den Daten der "Hydrogeologischen Studie zum Tertiärgrundwasser in Bayerisch-Schwaben" von der HydroConsult GmbH, Augsburg ist der geschlossene Grundwasserspiegel des im Tertiäruntergrund ausgebildeten 1. Hauptgrundwasserstockwerks (HGW 1) im Planungsgebiet auf einer Höhe zwischen ca. 482 mNN und 484 mNN zu erwarten.

Nach allgemeiner Erfahrung ist in den vorliegenden Böden auch über dem Grundwasserspiegel je nach Jahreszeit und Witterung periodisch mit Sicker- und Schichtwasser zu rechnen, das sich vor bzw. auf weniger wasserdurchlässigen Schichten sammeln und aufstauen kann. Dies gilt beispielsweise für die sandigen Einschaltungen innerhalb der bindigen Deckschichten.

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 18300:2019

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, in die das Bauvorhaben aufgrund der vorliegenden Baugrundverhältnisse sowie der geplanten Baumaßnahmen einzustufen ist, 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 B 1:
Schluffige Deckschichten
- Homogenbereich B 2:
Sandige Deckschichten
- Homogenbereich B 3:
Quartäre Kiese

Im vorliegenden Fall können die Homogenbereiche B 1 und B 2 aufgrund der feinen Wechsellagerung der bindigen und sandigen Deckschichten sowie der vergleichbaren Bearbeitbarkeit dieser Böden auch als ein Homogenbereich zusammengefasst werden. 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 außerhalb von Erdbebenzonen, wo 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 und DIN 4149:2005 nicht berücksichtigt werden.

4 Bautechnische Folgerungen

4.1 Kanal- und Leitungsbau

4.1.1 Gründung der Kanalrohre, Leitungen und Schächte

Derzeit liegen noch keine Planunterlagen für die erforderlichen Kanäle und Leitungen vor. Die Kanäle werden voraussichtlich in einer Tiefe zwischen etwa 2,0 m und 3,0 m unter derzeitiger GOK und die Leitungen in einer Tiefe zwischen etwa 1,0 m und 1,5 m zu liegen kommen. Die Kanäle und Leitungen liegen somit hauptsächlich in den gering tragfähigen Deckschichten, lediglich im Bereich von KRB 2 voraussichtlich bereits in den mäßig tragfähigen, stark verwitterten quartären Kiesen.

In den Bereichen, in denen die Kanalsohle in den gering verwitterten, schlämmkornarmen quartären Kiesen zu liegen kommt, kann der Kanal nach einer statischen Nachverdichtung der Aushubsohle direkt in der Rohrbettung gegründet werden.

Um eine ausreichend tragfähige Gründungssohle für die **Kanäle** zu erhalten und damit größere Setzungen und Setzungsdifferenzen zu vermeiden bzw. die entstehenden Setzungen vergleichmäßigen zu können, empfiehlt es sich unterhalb der Rohrbettung (ca. 15 cm bis 20 cm dickes Kies- oder Sandbett), wenn die Deckschichten angetroffen werden, eine rund 40 cm dicke Schicht aus gut verdichtbarem Kies-Sand-Material einzubauen. Falls die stark verwitterten, schlämmkornreichen quartären Kiese anstehen, kann eine rund 20 cm dicke Kies-Sand-Schicht eingebaut werden. Im Bereich von Schächten sollte generell eine 50 cm dicke Schicht aus entsprechendem Material eingebaut werden. Sollten in der Aushubsohle ausgesprochen weiche bindige Schichten angetroffen werden, so sind diese restlos zu entfernen und ebenfalls durch kiesiges Material zu ersetzen. Die **Wasser- und Stromleitungen etc.** können direkt in der Bettung gegründet werden, da in diesem Fall Setzungen und Setzungsdifferenzen voraussichtlich in Kauf genommen werden können bzw. zu keinen Schäden führen werden. Dies ist jedoch im Zuge der weiteren Planungen zu prüfen und ggf. anzupassen. Sollte es sich um verformungsempfindliche Bauteile handeln, ist analog zum Kanalbau zu verfahren. Bei geringer als steif konsistenten bindigen Böden empfiehlt sich zusätzlich das Einlegen eines geotextilen Filtervlieses zur Trennung, das seitlich mit hochgezogen werden sollte, um ein seitliches Verdrücken des Graben-Verfüllmaterials zu verhindern.

Als Bodenaustauschmaterial unter den Rohren und Schächten sollte hier gut verdichtbares Ersatzmaterial wie z.B. Kiessand der Bodengruppe GU (Schlammkorngelalt 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 verdichtet werden.

Grundsätzlich ergibt sich die Art und der Umfang der erforderlichen Bodenaustauschmaßnahmen erst im Zuge der Baumaßnahme und ist stark abhängig von der gewählten Bauweise sowie den jeweiligen Witterungsverhältnissen. Während der Bodenaustauschmaßnahmen ist besonders darauf zu achten, dass kein Zutritt von Niederschlags- und/oder Sicker- und Schichtwasser zur Aushubsohle in wasserempfindlichen Böden 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 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.

4.1.2 Kanalgrabenverbau und Wasserhaltung

Unter Berücksichtigung der in Abschnitt 4.1.1 genannten Hinweise und Empfehlungen ist davon auszugehen, dass der Kanalgraben eine Tiefe zwischen etwa 2,4 m und 3,4 m erreichen wird.

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.

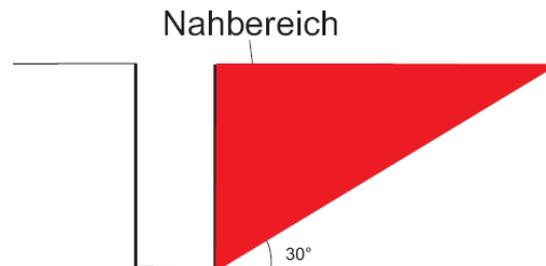


Abb. 1: Nahbereich von Gruben und Gräben

Falls doch bereits vorhandene Fundamente im Nahbereich liegen, wäre 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.

4.2 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 Erschließungsstraße die Belastungsklasse Bk 0,3 oder Bk 1,0 (Wohnweg, Wohnstraße) nach RStO 12 zugrunde gelegt werden soll. Dies ist jedoch im Zuge weiterer Planungen zu prüfen und ggf. anzupassen.

Im Planum stehen sehr frostempfindliche (Frostempfindlichkeitsklasse F 3) Böden an. In diesem Fall muss der frostsichere Gesamtaufbau (UK Frostschutzschicht bis OK Straßendecke) nach RStO 12 somit bei Zugrundelegung der Belastungsklasse Bk 0,3 in der Frosteinwirkungszone II eine Dicke von 55 cm (50+5+0+0+0+0) erhalten.

Bei der Belastungsklasse Bk 1,0 wird eine Dicke des frostsicheren Gesamtaufbaus von 65 cm (60+5+0+0+0+0) erforderlich. Bei einem Bodenaustausch im Planum mit GU-Material (F 2) bzw. einer qualifizierten Bodenverbesserung zur Stabilisierung (siehe Abschnitt 4.2.2) reduziert sich die Dicke des frostsicheren Oberbaus jeweils um 10 cm. Bei einer Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitung kann die Dicke des frostsicheren Gesamtaufbaus zusätzlich um 5 cm reduziert werden.

Im vorliegenden Fall sollten generell 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 ungebrochenem Material werden im vorliegenden Fall beispielsweise mindestens 25 cm (Bk 0,3) bzw. 35 cm (Bk 1,0) empfohlen.

Bei einem Straßenkörper ist in 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 $E_{V2}/E_{V1} < 2,3$ 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 – vorwiegend bindige Deckschichten im Planum – nicht ohne weitere Sondermaßnahmen möglich, so dass eine Stabilisierung des Planums erforderlich wird.

Hierzu empfiehlt sich ein flächiger Teilbodenaustausch mit kiesigem Material der Bodenklasse GU (Schlammkorngehalt max. 10 %) oder GW nach DIN 18196, 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. 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 Bodenaustauschmaterials unter dem Planum liegt im vorliegenden Fall bei den anstehenden Deckschichten voraussichtlich bei etwa 40 cm. Bei ausgesprochen weich oder auch breiig 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.

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 meist anstehenden, wasserempfindlichen Böden vermieden wird. Die Aushub- und Bodenaustauschmaßnahmen sollten deshalb generell nur bei trockener Witterung ausgeführt werden. Das Bodenaustauschmaterial sollte unmittelbar nach den Aushubarbeiten eingebaut werden, ggf. ist abschnittsweise vorzugehen. Nach dem Aushub sollten die Aushubsohlen zunächst gründlich 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 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 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.

Der anhand einer Sieblinienauswertung nach USBR für die gering verwitterten quartären Kiese abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwert beträgt $5,8 \times 10^{-5}$ m/s. Unter Berücksichtigung des nach DWA-Arbeitsblatt A 138 anzusetzenden Korrekturwertes (0,2) liegt die Durchlässigkeit der Kiese bei ca. $1,16 \times 10^{-5}$ m/s. Damit sind die gering verwitterten, graubraun gefärbten quartären Kiese als geeignet zur Versickerung von Niederschlagswasser einzustufen. Zur Bemessung jeglicher Versickerungseinrichtungen in diesen gering verwitterten Kiesen sollte von einem Vorbemessungswert der Durchlässigkeit von $k_f = 1 \times 10^{-5}$ m/s ausgegangen werden.

Aufgrund der unterschiedlich hohen Schlämmkorngehalte der quartären Kiese und der heterogenen Bodenverhältnisse wird dringend empfohlen, im Bereich der geplanten Versickerungseinrichtungen – sobald die endgültige Lage der Einrichtungen im Planungsgebiet festgelegt wurden – an diesen Stellen In-situ-Sickerversuche etc. durchzuführen, um so einen endgültigen Bemessungswert festlegen zu können. Generell empfiehlt sich die Abnahme der Aushubsole von Versickerungseinrichtungen durch einen Sachverständigen für Geotechnik.

Die anstehenden Deckschichten sowie die stark verwitterten, schlämmkornreichen quartären Kiese sind zur Versickerung von Niederschlagswasser generell nicht geeignet.

Sollten im Bereich künftig erstellter Sickeranlagen an deren UK noch Reste der Deckschichten oder der stark verwitterten, schlämmkornreichen Kiese anstehen, so sind diese bis zum Erreichen der gering verwitterten schlämmkornarmen quartären Kiese restlos zu entfernen und durch stark durchlässiges Material (1×10^{-3} m/s $>$ k_f $>$ 1×10^{-4} m/s) zu ersetzen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Seitenflächen der Versickerungseinrichtungen dann voraussichtlich als nicht sickerfähig eingestuft werden müssen.

Sofern sich die UK der Versickerungsanlage an der OK der quartären Kiese oder höher befindet, kann unabhängig davon, dass kein detaillierter MHGW aufgrund fehlender Langzeitmessungen etc. ermittelt werden konnte, davon ausgegangen werden, dass die geforderten Mindestabstände der UK von Versickerungseinrichtungen zum MHGW (mind. 1,0 m bei Rigolen, mind. 1,5 m bei Sickerschächten) nach DWA-A 138 eingehalten werden.

Hinsichtlich ggf. notwendiger Vorbehandlungsmaßnahmen zur Versickerung bzw. zum Ableiten der Niederschlagsabflüsse ist das DWA M 153 "Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser" von 2007, korrigierte Fassung von 2020, 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 in der Regel nicht erlaubnisfrei.

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 Hinweise und Empfehlungen zum Kanal- und Straßenbau sowie 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 Bauvorhaben sollte 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, 8. Februar 2022



Dipl.-Gepl. Dr. Armin Hagemeyer

(Projektmitarbeiter)



M.Sc. Dolunay Arman

(Projektleiterin)

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