



**Planungs- und Ingenieurgesellschaft
für Bauwesen mbH
Baugrundinstitut nach DIN 1054**

**Burgauer Straße 30
86381 Krumbach**

Tel. 08282 994-0

Fax: 08282 994-110

E-Mail: kc@klingconsult.de

BAUGRUNDGUTACHTEN

BBP NR. 206

**„LAUTENWIRTSGÄSSCHEN“,
MINDELHEIM**

STADT MINDELHEIM

PROJEKT-NR. 10512 02

10. Oktober 2016

- Auftraggeber:** Stadt Mindelheim
Maximilianstraße 26
87719 Mindelheim
- Felduntersuchung:** Kling Consult
Planungs- und Ingenieurgesellschaft für Bauwesen mbH
Baugrundinstitut – Bodenmechanisches Labor
Burgauer Straße 30
86381 Krumbach
- Bodenmechanische
und hydrogeologische
Begutachtung:** Kling Consult
Planungs- und Ingenieurgesellschaft für Bauwesen mbH
Baugrundinstitut
Burgauer Straße 30
86381 Krumbach
- Chemische
Laboruntersuchungen:** AGROLAB Labor GmbH
Dr.-Pauling-Str. 3
84079 Bruckberg
- Anlagen:**
- 1) Lageplan der Untersuchungsstellen, Maßstab 1:1.000
 - 2) Geotechnischer Schnitt, Höhenmaßstab 1:100
 - 3) Schichtenverzeichnisse, Schurf- und Sondierprofile
 - 4) Versuchsauswertungen Sickerversuche
 - 5) Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
 - 6) Ergebnisse der chemischen Analysen
 - 7) Bemessungswerte des Sohlwiderstands nach DIN 1054
- Verteiler:**
- | | |
|---------------------|----------------|
| 1) Stadt Mindelheim | 3-fach/digital |
| 2) KC 02, bo | 1-fach |

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	4
1.1	Bauvorhaben und bestehendes Gelände	4
1.2	Vorgang und Auftrag	4
1.3	Unterlagen	5
1.4	Allgemeiner geologischer Überblick	5
2	Durchgeführte Untersuchungen	6
2.1	Felduntersuchungen	6
2.2	Laboruntersuchungen	7
2.2.1	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	7
3	Ergebnisse der Untersuchungen und Untergrundbeurteilung	8
3.1	Untergrund nach den Schurf-, Sondier- und Laborversuchsergebnissen	8
3.1.1	Deckschichten	8
3.1.2	Quartäre Kiese	10
3.1.3	Tertiäruntergrund (OSM)	13
3.2	Hydrogeologische Verhältnisse	13
3.3	Bodenkenngrößen	13
3.4	Bodenklassen nach DIN 18300	14
3.5	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015	15
3.6	Erdbebenzone nach DIN EN 1998-1/NA	16
4	Bautechnische Folgerungen	17
4.1	Tragfähige Gründungsböden	17
4.2	Bauwerksgründungen	17
4.2.1	Nicht unterkellerte Gebäude	17
4.2.2	Unterkellerte Gebäude	21
4.3	Baugrubenumschließung und Wasserhaltung	21
4.4	Gebäudeabdichtung	22
4.5	Verkehrsflächen	23
4.5.1	Frostsicherer Gesamtaufbau	23
4.5.2	Planum	23
4.6	Kanalbau	24
4.6.1	Gründung der Kanalrohre und Schächte	24
4.6.2	Kanalgrabenverbau und Wasserhaltung	24
4.7	Versickerung	25
4.8	Weitere Entwurfs- und Ausführungshinweise	27
5	Schlussbemerkungen	29
6	Verfasser	29

1 Allgemeines

1.1 Bauvorhaben und bestehendes Gelände

Die Stadt Mindelheim plant derzeit nördlich des Lautenwirtsgäßchens in Mindelheim auf den Flur-Nrn. 1713/3 und 1713/4 (Gemarkung Mindelheim) die Erschließung des Baugebiets "Lautenwirtsgäßchen". Die vorliegenden Planunterlagen sehen zur Bebauung zahlreiche Einzel-, Doppel- und Mehrfamilienhäuser vor, ferner ist im südwestlichen Bereich der Bau einer Kindertagesstätte sowie eines Funktionsgebäudes mit Saal und Büros geplant. Entsprechend dem Konzept „autofreies Wohnen“ sollen die PKW-Stellplätze in Tiefgaragen untergebracht werden.

Das derzeit als Sportplatz genutzte Planungsgebiet ist insgesamt relativ eben und liegt im Bereich der Untersuchungsstellen auf einer Höhe zwischen etwa 601,6 mNN und 602,1 mNN.

1.2 Vorgang und Auftrag

Mit Schreiben vom 8. August 2016 erteilte die Stadt Mindelheim dem Baugrundinstitut Kling Consult (BIKC) den Auftrag zur Durchführung einer Baugrunduntersuchung und zur Erstellung eines Baugrundgutachtens entsprechend dem Angebot vom 5. Juli 2016, Angebots-Nr. 02.16.187.

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 Gebäudegründung, zum Kanal- und Straßenbau, zur Versickerungsmöglichkeit von Niederschlagswasser im anstehenden Boden und zur Schadstoffbelastung der betroffenen Böden mit weiteren grundbautechnischen Hinweisen.

1.3 Unterlagen

- Geologische Übersichtskarte des Iller-Mindel-Gebietes, M 1:100.000, herausgegeben vom Bayer. Geol. Landesamt München, 1975
- GeoFachdatenAtlas (Bodeninformationssystem) Bayern (www.bis.bayern.de) des Bayerischen Landesamts für Umwelt (www.lfu.bayern.de) / Informationen der geologischen Karte 1:500.000 im Bereich Mindelheim
- Gewässerkundlicher Dienst Bayern (www.gkd.bayern.de) des Bayerischen Landesamts für Umwelt (www.lfu.bayern.de) / Informationen zu Grundwasserständen im Bereich Mindelheim und zur Grundwassermessstelle GN B1, Mindelheim
- Informationen des „Bayern-Atlas“ (www.geoportal.bayern.de/bayernatlas/), im Internet bereitgestellte Datenbank des bayerischen Staatsministeriums der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat
- Städtebaulicher Rahmenplan „Lautenwirtsgäßchen“, aufgestellt durch das Architekturbüro Reiser, München vom Juni 2016
- Ortseinsichtnahme eines Sachverständigen für Geotechnik vom 30. August 2016 mit Festlegung der Aufschlusspunkte und fachtechnischer Aufnahme von bauseits angelegten Baggerschürfen
- Schichtenverzeichnisse, entnommene Proben sowie zeichnerische Auftragung der Schurf- und Sondierprofile einschließlich Lageplan mit eingemessenen Untersuchungsstellen nach Lage und Höhe

1.4 Allgemeiner geologischer Überblick

Nach den Angaben der geologischen Karte und nach den Ergebnissen früherer Baugrunduntersuchungen in der näheren Umgebung stehen im Planungsgebiet unter geringmächtigen natürlichen Deckschichten mächtige quartäre Kiesschichten der jungpleistozänen Niederterrasse an. Der tiefere Untergrund wird von den jungtertiären Schichten der Oberen Süßwassermolasse (OSM) gebildet.

2 Durchgeführte Untersuchungen

2.1 Felduntersuchungen

Am 30. August 2016 wurden im Bereich des Planungsgebiets bauseits 6 Baggerschürfe angelegt und von einem Sachverständigen für Geotechnik des BIKC fachtechnisch aufgenommen. Mit den Baggerschürfen wurden Tiefen von etwa 3,0 m und 4,5 m unter GOK erreicht.

Ergänzend hierzu wurden am 23. September 2016 von einem Mitarbeiter des BIKC insgesamt 4 Sondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN 22476-2 (DPH) abgeteuft, wobei aufgrund der hohen Lagerungsdichte der quartären Kiese und der damit einhergehenden sehr hohen Rammwiderstände lediglich Untersuchungstiefen zwischen 1,0 m und 1,8 m unter Ansatzpunkt erreicht wurden.

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

Wie mit dem Auftraggeber abgestimmt, wurde in zwei Schürfgruben (SCH 1 und SCH 4) zur Bestimmung der Durchlässigkeit und der Versickerungsfähigkeit des Untergrunds jeweils ein Sickerversuch durchgeführt. Die Protokolle inkl. Auswertung liegen in Anlage 4 bei.

Die Untersuchungspunkte wurden am 30. August 2016 nach Lage und Höhe von einem Mitarbeiter des BIKC eingemessen. Lage und Höhe der Untersuchungspunkte sind in den Anlagen 1 bis 3 eingetragen.

2.2 Laboruntersuchungen

2.2.1 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Im bodenmechanischen Labor des BIKC wurden an 3 Bodenproben der Güteklasse 3 nach DIN EN ISO 22475-1 die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- 9 Bodenansprachen nach DIN EN ISO 22475-1/18196
- 9 Korngrößenverteilungen nach DIN 18123
- 3 Bestimmungen der Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18130-1

Daneben wurden im bodenmechanischen Labor des BIKC 3 Bodenmischproben erstellt und an das chemische Labor AGROLAB weitergeleitet. Dort erfolgte eine chemische Untersuchung der Mischproben hinsichtlich der Entsorgung bzw. Verwertung der beim Aushub anfallenden Böden aus den natürlich anstehenden Deckschichten gemäß den Vorgaben der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Tab. II.1.2-2 & II.1.2-3 bzw. gemäß des in Bayern relevanten Eckpunktepapiers zu "Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen" des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit (EPP) in der Fraktion < 2 mm.

Eine tabellarische Zusammenstellung der bodenmechanischen Versuchsergebnisse findet sich in Anlage 5, die der chemischen Versuchsergebnisse in Anlage 6. Eine Beurteilung der Versuchsergebnisse erfolgt im 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.

3 Ergebnisse der Untersuchungen und Untergrundbeurteilung

3.1 Untergrund nach den Schurf-, Sondier- und Laborversuchsergebnissen

3.1.1 Deckschichten

Mit allen Baggerschürfen wurden unterhalb einer geringmächtigen Mutterbodenlage (i. W. schwach kiesige, schluffige Sande mit organischen Beimengungen), in der eingelagerte Ziegelreste auf anthropogene Einflüsse hindeuten, bis in eine Tiefe zwischen etwa 0,4 m und 0,8 m unter derzeitiger GOK natürliche Deckschichten angetroffen. Die aufgeschlossenen Deckschichten setzen sich im Bereich der direkten Bodenaufschlüsse aus schwach kiesigen, schluffigen bis stark schluffigen Sanden zusammen.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen lassen auf eine lockere Lagerung der nicht bindigen Deckschichten schließen.

Bodenmechanische Beurteilung:

Die aufgeschlossenen Deckschichten sind stark kompressibel und weisen eine insgesamt geringe Scherfestigkeit auf. Sie sind nicht tragfähig und ohne Zusatzmaßnahmen zur Aufnahme von Bauwerkslasten und den Lasten aus dem Straßen- und Kanalbau sowie aus der Straßennutzung nicht geeignet.

Die aufgeschlossenen Deckschichten sind durchweg sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 3) und auch wasserempfindlich (fließempfindlich, ggf. aufweichgefährdet). Nach DIN 18130 sind die sandigen Deckschichten als schwach durchlässig bis durchlässig, nicht auszuschließende bindigen Deckschichten generell als sehr schwach bis schwach durchlässig einzustufen.

Die aufgeschlossenen Deckschichten sind insgesamt schlecht bis nicht verdichtbar und für bautechnische Zwecke, wie z. B. Bauwerkshinterfüllungen, Bodenaustauschmaßnahmen etc., nicht geeignet. Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten kann in den Deckschichten von nur geringen Eindringwiderständen ausgegangen werden.

Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen:

An insgesamt drei Bodenproben aus den natürlichen Deckschichten wurden die nach Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (Tab. II.1.2-2 und Tab. II.1.2-3) vorgegebenen Parameter in der Fraktion < 2 mm untersucht. Hierzu wurden aus den entsprechenden Böden die Mischproben MP 1 (SCH 1 und SCH 3), MP 2 (SCH 2 und SCH 4) und MP 3 (SCH 5 und SCH 6) erstellt. Die Bewertung der Laborergebnisse erfolgt gemäß den Anforderungen des in Bayern relevanten Eckpunktepapiers zu „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit (EPP).

Die untersuchten Proben MP 1, MP 2 und MP 3 weisen im Feststoff jeweils einen, vermutlich zumindest teilweise geogen bedingten, leicht erhöhten Chrom-, Kupfer-, Nickel- und Zinkgehalt auf, die Probe MP 1 zusätzlich auch einen erhöhten Quecksilbergehalt. Die Gehalte liegen deutlich unter dem Z 0-Grenzwert der LAGA von 40 mg/kg. Bei einer Entsorgung in Bayern wird jedoch das EPP maßgebend. Bei Anwendung des Kriteriums „Lehm/Schluff“ liegt der jeweils nachgewiesene Gehalt deutlich unter dem Z 0-Grenzwert, in der nach der Bodenansprache anzuwendenden Kategorie „Sand“ wäre das untersuchte Material jedoch als Z 1.1-Material im Sinne des Eckpunktepapiers einzustufen.

Das im Entsorgungsfall anzuwendende Kriterium kann erst nach der genauen Bodenansprache im Rahmen einer Haufwerksbeprobung erfolgen.

Beim Aushub anfallende anthropogene Auffüllungen (z.B. Böden mit Fremdmaterialanteil) und Deckschichten sollten generell auf der Baustelle separiert, in Haufwerken zwischengelagert, nach LAGA PN 98 beprobt und hinsichtlich ihrer weiteren Verwendungsmöglichkeiten chemisch analysiert werden, um die rechtlichen Anforderungen zur Deponierung bzw. Verwertung dieser Böden erfüllen zu können. Der Untersuchungsumfang sollte zunächst den Vorgaben der LAGA zu den „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln“ bzw. dem Eckpunktepapier entsprechen. Die Haufwerksbeprobung sollte entsprechend den Anforderungen nach LAGA PN 98/Deponie-Info 3 erfolgen.

Bei der Ausschreibung der gewerblichen Leistungen sollte die stoffliche Verwertung bzw. Deponierung aufgefüllter und natürlicher Böden entsprechend den jeweiligen Zuordnungswerten der LAGA bzw. des Eckpunktepapiers berücksichtigt werden.

3.1.2 Quartäre Kiese

Unterhalb der natürlichen Deckschichten wurden in allen Untersuchungsstellen die quartären Kiesschichten erkundet, die geologisch der jungpleistozänen Niederterrasse zuzurechnen sind. Die quartären Kiese wurden im Untersuchungsgebiet überwiegend in Form von schwach steinigem, schwach sandigen bis sandigen Kiesen erkundet. Vereinzelt enthalten die Kiese nur geringe Sandanteile bzw. sind schwach schluffig ausgebildet. Lediglich im oberflächennahen Bereich bis in Tiefen von 0,8 m bis 1,2 m unter GOK enthalten die Kiese meist einen höheren Feinkornanteil, was auf Verwitterungseinflüsse zurückzuführen ist. In den Schurfprofilen zeigten sich auch verbreitet geringmächtige Rollkieslagen. Nach den Informationen des GeoFachdatenAtlas sind die Kiese im Planungsgebiet bis in Tiefen von rund 10 m bis 15 m unter GOK zu erwarten.

Die Eindringwiderstände der Rammsondierungen stiegen mit Erreichen der Kiesoberkante relativ schnell deutlich an und lassen auf eine mitteldichte bis meist dichte Lagerung der Kiese im oberen Bereich schließen. Aufgrund der Erkenntnisse aus der näheren und weiteren Umgebung kann im Raum Mindelheim davon ausgegangen werden, dass auch im tieferen Bereich von einer zumindest mitteldichten Lagerung der quartären Kiese ausgegangen werden kann.

Feldversuchsergebnisse:

Zur Beurteilung der Versickerungsfähigkeit wurde in den Baggerschürfen SCH 1 und SCH 4 jeweils ein Sickerversuch mit fallender Druckhöhe durchgeführt.

Die quartären Kiese können als Porengrundwasserleiter angenommen werden. Die Bestimmung der Durchlässigkeit erfolgte somit über das DARCY'sche Gesetz für laminare Strömungsverhältnisse.

Bei der Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwerts k nach DARCY in Anlehnung an das Merkblatt "Anforderungen an den Inhalt von Anträgen zur dezentralen Abwasserbeseitigung durch Versickerung von vorgereinigtem häuslichem Abwasser und Hinweise zur Erstellung der Antragsunterlagen" des Regierungspräsidiums Chemnitz wurde der mittlere k -Wert in SCH 1 mit $k = 3,9 \times 10^{-4}$ m/s und in SCH 4 mit $k = 7,9 \times 10^{-4}$ m/s berechnet.

Durch eine Überprüfung durch eine k-Wert-Ermittlung analog zur Auswertung als open-end-Test im Bohrloch mit fallender Druckhöhe wurden die Ergebnisse im Wesentlichen bestätigt. Die jeweiligen Versuchsauswertungen der Sickerversuche sind in Anlage 4 beigelegt.

Bodenmechanische Laborversuchsergebnisse:

An 9 Bodenproben aus den quartären Kiesen wurde im bodenmechanischen Labor des BIKC die jeweilige Korngrößenverteilung ermittelt. Anhand der Körnungslinien wurde nach dem Berechnungsverfahren nach SEILER (1973) die Durchlässigkeit abgeschätzt (siehe Anlage 5).

	SCH 1 3,5 m	SCH 2 3,0 m	SCH 3 0,8 m	SCH 4 1,0 m
Schlammkornanteil (< 0,06 mm)	3 %	3 %	5 %	13 %
Sandkornanteil (0,06 – 2 mm)	9 %	9 %	13 %	25 %
Kieskornanteil (2 – 60 mm)	88 %	66 %	82 %	62 %
Steinanteil (> 60 mm)	-	22 %	-	-
Bodengruppe nach DIN 18196	GI	GI	GI	GU
k-Wert nach SEILER [m/s]	$4,0 \times 10^{-2}$	$5,3 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	*)

	SCH 4 3,0 m	SCH 5 3,0 m	SCH 6 1,0 m	SCH 6 4,0 m
Schlammkornanteil (< 0,06 mm)	2 %	3 %	7 %	3 %
Sandkornanteil (0,06 – 2 mm)	9 %	5 %	13 %	8 %
Kieskornanteil (2 – 60 mm)	89 %	92 %	80 %	89 %
Steinanteil (> 60 mm)	-	-	-	-
Bodengruppe nach DIN 18196	GW	GW	GU	GI
k-Wert nach SEILER [m/s]	$3,6 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-1}$	*)	$1,1 \times 10^{-2}$

*) Die Durchlässigkeitsberechnung nach SEILER ist hier nicht möglich, da der Ungleichförmigkeitsgrad C_u jeweils außerhalb des zur Berechnung geforderten Bereichs von $17 < C_u \leq 100$ liegt.

Bei der labortechnischen Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit der quartären Kiese mit konstanter Druckhöhe nach DIN 18130-1 im bodenmechanischen Labor des BIKC wurde in SCH 1 (3,5 m) eine Durchlässigkeit von $1,3 \times 10^{-2}$ m/s bzw. $1,2 \times 10^{-2}$ m/s, in SCH 3 (3,3 m) eine Durchlässigkeit von $6,6 \times 10^{-3}$ m/s bzw. $1,8 \times 10^{-3}$ m/s und in SCH 4 eine Durchlässigkeit von $1,4 \times 10^{-2}$ m/s bzw. $8,6 \times 10^{-3}$ m/s bestimmt.

Nach dem DWA-Arbeitsblatt A 138 vom April 2005 ist zur k-Wert-Bestimmung mittels Laborversuchen bei der Dimensionierung von Versickerungsanlagen für die Durchlässigkeit ein Korrekturfaktor von 0,2 anzusetzen. So ergibt sich bei einem aus den Laborversuchsergebnissen gemittelten k-Wert von $2,4 \times 10^{-2}$ m/s ein hierfür anzusetzender k-Wert von $5,0 \times 10^{-3}$ m/s.

Im Hinblick auf die geplante Versickerung von Oberflächenwasser wird im Folgenden von einem aus allen Auswertungen (Sicker- und Laborversuche) ableitbaren, auf der sicheren Seite liegendem mittleren k-Wert von $2,5 \times 10^{-4}$ m/s (Gebietskennwert) ausgegangen. Dieser Kennwert bezieht sich dabei jedoch ausschließlich auf die quartären Kiese im Untersuchungsgebiet. Grundsätzlich kann die Durchlässigkeit der im Untergrund anstehenden Schichten auf Grund wechselnder Feinkornanteile auf vergleichsweise kurzen Distanzen natürlichen Schwankungen unterworfen sein, so dass Abweichungen nach oben und unten möglich sind.

Bodenmechanische Beurteilung:

Die quartären Kiese sind nur sehr gering kompressibel und weisen eine sehr hohe Scherfestigkeit auf. Sie sind sehr gut tragfähig und zur Aufnahme von Lasten aus dem Straßen- und Kanalbau und der Straßennutzung sowie auch von hohen, konzentrierten Bauwerkslasten sehr gut geeignet.

Die Kiese sind meist nicht oder gering bis mittel frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 1 und F 2) und lokal, insbesondere im oberflächennahen Bereich, auch sehr frostempfindlich (F 3). Nach DIN 18130 werden die Kiese als stark bis sehr stark durchlässig eingestuft.

Die Kiese sind bei nicht zu hohem Schlämmkorngehalt gut verdichtbar und für bautechnische Zwecke, wie z.B. Bauwerkshinterfüllungen, Bodenaustauschmaßnahmen etc., gut geeignet. Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten muss in den meist dicht gelagerten Kiesen von sehr hohen Eindringwiderständen und einer entsprechend schweren bis sehr schweren Ramm- bzw. Rüttelbarkeit ausgegangen werden. Ein tieferes Einbringen von beispielsweise Spundbohlen oder Stahlträgern wird ohne rammunterstützende Maßnahmen (wie z.B. Vorbohren) kaum möglich sein.

3.1.3 Tertiäruntergrund (OSM)

Die in größerer Tiefe (etwa ab 14 m unter GOK) zu erwartenden Tertiärböden sind erfahrungsgemäß gut tragfähig und werden wegen ihrer Tiefenlage auf das jetzige Bauvorhaben keine negativen Auswirkungen zeigen.

3.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Der geschlossene Grundwasserspiegel innerhalb der quartären Kiese wurde mit den aktuell durchgeführten Untersuchungen erwartungsgemäß nicht angetroffen. Gemäß den Angaben aus dem Gewässerkundlichen Dienst des Bayerischen Landesamtes für Umwelt lagen zum Zeitpunkt der Untersuchungen Ende August 2016 hohe Grundwasserstände vor (LfU-Messstelle Mindelheim GN B1, Nr. 9279, ca. 350 m südwestlich des Untersuchungsgebietes). In der genannten Grundwassermessstelle ist ein langjähriger Mittelwasserstand von rund 595,7 mNN angegeben, bei höheren bis höchsten Wasserständen ist jedoch mit einem deutlichen Anstieg des geschlossenen Grundwasserspiegels zu rechnen. Der im Beobachtungszeitraum seit 1993 höchste in der Messstelle GN B1 gemessene Wasserstand lag bei rund 598,0 mNN, als mittleres höchstes Hochwasser ist im Hinblick auf eine geplante Versickerung von Oberflächenwasser eine Höhe von 597,5 mNN anzusetzen.

Aufgrund der anzunehmenden Grundwasserfließrichtung von Süd bzw. Südost nach Nord bzw. Nordwest können diese Wasserstände aus unserer Sicht auf das Untersuchungsgebiet übertragen werden, es sollte somit auf der sicheren Seite liegend von einem Bemessungswasserstand nicht unter 598,5 mNN ausgegangen werden.

Nach allgemeiner Erfahrung ist darüber hinaus in den vorliegenden Böden auch über dem jeweiligen Grundwasserspiegel je nach Jahreszeit und Witterung periodisch und lokal 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 Tabelle 1 auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse und der Angaben der DIN 1055 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.

Grundbruchnachweise sind mit den ungünstigsten Werten der Tabelle 1 durchzuführen. Setzungsberechnungen sollten, um einen Überblick über die Schwankungsbreite der wahrscheinlichen Setzungen und über mögliche Setzungsunterschiede zu erlangen, grundsätzlich mit beiden Grenzwerten der in Tabelle 1 dargestellten Bodenkenngrößen durchgeführt werden. Für weitere erdstatische Berechnungen können die angeführten Mittelwerte herangezogen werden. Abweichungen von den Tabellenwerten sollten mit dem Baugrundgutachter abgestimmt werden.

BODENART	WICHTE		SCHERPARAMETER			STEIFE- MODUL E_s [MN/m ²]
	über	unter	Anfangs- zustand Kohäsion undränniert c_u [kN/m ²]	Endzustand		
	Wasser γ [kN/m ³]	Wasser γ' [kN/m ³]		Kohäsion c' [kN/m ²]	Reibungs- winkel φ' [°]	
Deckschichten sandig, locker i. M.	18 – 20 19	9 – 11 10	- -	0 0	27,5 – 32,5 30	4 – 8 6
Quartäre Kiese mitteldicht-dicht i. M.	21 – 23 22	12 – 14 13	- -	0 0	35 – 40 37,5	80 – 120 100

Tabelle 1: Bodenkenngrößen

3.4 Bodenklassen nach DIN 18300

Mutterboden	Klasse	1
Deckschichten	Klasse	4
bei sandiger Ausbildung mit hohem Schlamm- korngehalt in fließendem Zustand auch	Klasse	2
Quartäre Kiese	Klasse	3 + 4
bei Grobeinlagerungen auch	Klasse	5

Zur Berücksichtigung erfahrungsgemäß nicht auszuschließender diagenetischer Verfestigungen oder Stein- und Blockeinlagerungen in den anstehenden Böden empfiehlt es sich vorsorglich jeweils auch höhere Bodenklassen bis Klasse 7 in die Ausschreibung mit aufzunehmen.

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

3.5 Homogenbereiche nach DIN 18300:2015

Die geplanten Kanalbaumaßnahmen sind in die geotechnische Kategorie GK 1 und GK 2 einzustufen. Eine tabellarische Zusammenstellung der Homogenbereiche ist in Tabelle 2 auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse und allgemeiner und örtlicher Erfahrung mit vergleichbaren Böden und geologischen Schichten erarbeitet. Die aufgeschlossenen Böden werden in die 2 Homogenbereiche A (Deckschichten) und B (quartäre Kiese) eingeteilt. Der Mutterboden ist dem Homogenbereich A (sandige Deckschichten) zuzuordnen. Hier ist jedoch mit einem erhöhten organischen Anteil zu rechnen.

Parameter	Kennwerte	
	A	B
Homogenbereich	A	B
Bodenschicht (Bezeichnung gemäß Gutachten)	Deckschichten, sandig	quartäre Kiese
Bodengruppe (DIN 18196)	SU, SU*	GE, GW, GI, GU
Korngrößenverteilung	n.b.	siehe Anlage 5.2.9
Anteil an Steinen [%]	0 – 10	0 – 25
Anteil an Blöcken und großen Blöcken [%]	0	0 – 5
Dichte [g/cm ³]	1,8 – 2,0	1,9 – 2,1
Undrained Scherfestigkeit [kN/m ²]	--	--
Wassergehalt [%]	n.b.	n.b.
Konsistenz	--	--
Konsistenzzahl I _c	--	--
Plastizität	--	--
Plastizitätszahl I _p	--	--
Durchlässigkeit [m/s]	< 1,0×10 ⁻⁵	1,0×10 ⁻⁵ - 2,0×10 ⁻¹
Lagerungsdichte I _D	< 0,35	> 0,35
Organischer Anteil [%]	0 – 10	0

n. b. = nicht bestimmt bzw. nicht bestimmbar

Tabelle 2: Homogenbereiche A und B

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass Schürfe und Sondierungen nur punktförmig über Baugrund und Bodenklassen 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 Tabelle 2 zu den jeweiligen Homogenbereichen angegebenen Bodenkennwerte jeweils nur auf die angetroffenen, von äußeren Einflüssen wie z.B. Wasserzutritt, etc. unbeeinflussten Untergrundverhältnisse zutreffen. Entsprechende Veränderungen der natürlichen Bodenverhältnisse sind bei Bauausführung zu vermeiden bzw. gehen zu Lasten des AN.

3.6 Erdbebenzone nach DIN EN 1998-1/NA

Der Bebauungsbereich liegt der DIN EN 1998-1/NA 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 nicht berücksichtigt werden.

4 Bautechnische Folgerungen

4.1 Tragfähige Gründungsböden

Als gut tragfähige Gründungsböden für konzentrierte Lastabtragungen können die quartären Kiese herangezogen werden. Diese liegen im Planungsgebiet meist ab einer Tiefe zwischen rund 0,4 m bis 0,8 m unter GOK vor.

4.2 Bauwerksgründungen

Derzeit liegen noch keine detaillierten Planungen zur künftigen Bebauung im Bereich des untersuchten Gebiets vor. Die nachfolgenden Angaben sind daher generell als allgemeine Empfehlungen und Schlussfolgerungen zu verstehen, deren Anwendbarkeit entsprechend den tatsächlichen Planungen zu überprüfen ist. Die jeweils erforderlichen Maßnahmen für die Bauwerksgründung sind generell im Einzelfall auf Grundlage genauerer Planungen und ggf. anhand detaillierter bauwerksbezogener Baugrunduntersuchungen durch einen Sachverständigen für Geotechnik festzulegen.

Nachfolgend wird generell zwischen nicht unterkellerten und unterkellerten Gebäuden unterschieden.

4.2.1 Nicht unterkellerte Gebäude

Einzel- und Streifenfundamente

Bei einer Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten kommt die Gründungssohle von nicht unterkellerten Gebäuden bei einer frostfreien Gründung (1,0 m unter GOK) im gesamten Planungsgebiet bereits in den gut tragfähigen, quartären Kiesen zu liegen. Eine Flachgründung auf Einzel- und Streifenfundamenten ist in diesen Böden nach einer intensiven Nachverdichtung der Aushubsohle ohne weitere Zusatzmaßnahmen möglich. Sollten in der Gründungsebene bereichsweise noch nicht tragfähige Deckschichten oder nicht gänzlich ausschließbare sehr stark verwitterte Kiese anstehen, sind diese restlos zu entfernen und auszutauschen.

Da bei der geringen Mächtigkeit der aufgeschlossenen, nicht tragfähigen Deckschichten auch unter den Bodenplatten ein vollständiger Bodenaustausch die bautechnisch günstigere und auch nicht unwirtschaftliche Maßnahme ist, empfiehlt sich folgendes Vorgehen.

Zunächst sollten die Deckschichten vollständig ausgehoben werden. Die so freigelegte Aushubsole in den quartären Kiesen wird flächig nachverdichtet. Sollten die Deckschichten bereichsweise bis unter die Gründungssole der Fundamente anstehen, ist der Fehlbetrag nach Aushub von diesen mit Bodenaustauschmaterial zu ersetzen. Nach Errichtung der Fundamente wird dazwischen ebenfalls der Bodenaustausch bis UK Bodenplatte eingebaut.

Als Bodenaustauschmaterial sollte 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 verdichtet werden. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Lastausbreitung sollte eine Verbreiterung des Austauschmaterials mit zunehmender Tiefe unter einem Winkel von 45° vorgenommen werden.

Der Bodenaustauschkörper ist so gut zu verdichten, dass auf dessen OK mittels statischer Plattendruckversuche nach DIN 18134 ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältnis von $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,5$ nachgewiesen werden kann.

Voraussetzung für die Gründung auf einem vollständigen Bodenaustausch ist jedoch die Sicherstellung einer ausreichenden Frostsicherheit unter der Bodenplatte durch eine umlaufende, ausreichend gedämmte Frostschräge, die bis 1,0 m unter GOK reicht. Alternativ zur umlaufenden Frostschräge kann ein Bodenaustausch bis rund 1,0 m unter GOK (bei beheizten Gebäuden in einem Randstreifen von 1,5 m ab Gebäudeaußenkante) mit frostsicherem Material der Bodengruppe GW nach DIN 18196 (Schlammkorngehalt < 5 %) ausgeführt werden. Hierbei gelten ebenso die obigen Hinweise zum Bodenaustausch.

Zur Bemessung der Einzel- und Streifenfundamente kann für Regelfälle nach DIN 1054:2010 der Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ nach Tabelle A 6.1 bzw. A 6.2 der DIN 1054:2010 (Anlage 7) ermittelt werden. Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Bemessungswerte des Sohlwiderstands, nicht um aufnehmbare Sohldrücke nach DIN 1054:2005 und nicht um zulässige Bodenpressungen nach DIN 1054:1976.

Die Werte der Tabelle A 6.1 gelten dabei für setzungsunempfindliche, die der Tabelle A 6.2 für setzungsempfindliche Bauwerke. Aufgrund der hohen Lagerungsdichte können die ermittelten Tabellenwerte um 20 % erhöht werden.

Je nach Tiefenlage der Gründungssohle und Breite der Fundamente ist jedoch zu prüfen, ob das Grundwasser bis in den Einflussbereich der Gründung ansteigen kann. Dies ist der Fall, wenn der Abstand der Gründungssohle zum Bemessungswasserspiegel geringer als die Fundamentbreite ist.

Wenn ein Anstieg des Grundwassers bis in den Einflussbereich der Gründung möglich ist, ist der Grundwasserabschlag entsprechend der DIN 1054 zu berücksichtigen (siehe Diagramm in Anlage 7). Bei Verwendung der Tabelle A 6.2 ist dann zu beachten, dass ggf. die verringerten Werte der Tabelle A 6.1 maßgebend werden.

Sollte ein Grundwasseranstieg über die Gründungssohle möglich sein, ist zu prüfen, ob die Abminderung um 40 % ausreichend ist. Dies ist der Fall, wenn die Einbindetiefe größer ist als die Fundamentbreite und mindestens 0,8 m beträgt. Ist dies nicht der Fall müssen die Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit nachgewiesen werden.

Bei Verwendung der Tabelle A 6.1 liegt beispielsweise bei einem 1,5 m breiten Streifenfundament mit einer Einbindung von 1,5 m der Bemessungswert des Sohlwiderstands – ohne Grundwasserabschlag – bei 760 kN/m². Bei Verwendung der Tabelle A 6.2 liegt der Bemessungswert des Sohlwiderstands für das gleiche Fundament bei 550 kN/m².

Bei Ausnutzung der Tabelle A 6.1 ist nach DIN 1054:2010 bei Fundamentbreiten bis 1,5 m ohne Grundwasserabschlag mit Setzungen in einer Größenordnung von etwa 2 cm zu rechnen, bei breiteren Fundamenten steigen die Setzungen ungefähr proportional zur Fundamentbreite an. Bei Anwendung der Tabelle A 6.2 ist bei Fundamentbreiten bis 1,5 m mit Setzungen von nicht mehr als 1 cm, bei Fundamenten bis zu einer Breite von 3 m von nicht mehr als 2 cm zu rechnen. Die Setzungen dürften jedoch in den quartären Kiesen relativ schnell nach dem Aufbringen der Last abklingen.

Durchgehende Bodenplatten (Plattengründung)

Alternativ zur Abtragung der Hauptlasten über Einzel- und Streifenfundamente könnten die nicht unterkellerten Gebäude im vorliegenden Fall auch flach in Form von elastisch gebetteten, durchgehenden Bodenplatten (Plattengründung) nach dem vollständigen Entfernen der nicht tragfähigen Böden und auf dem beschriebenen Bodenaustauschpaket gegründet werden.

Bei Wahl dieser Variante gelten die genannten Hinweise und Empfehlungen zum Bodenaustauschmaterial, dessen Einbau und Verdichtung sowie zur Bemessung der Bodenplatte entsprechend.

Voraussetzung für die Gründung der Bodenplatten auf einem vollständigen Bodenaustauschpaket ist jedoch die Sicherstellung einer ausreichenden Frostsicherheit (siehe oben).

Für die Bodenplatten wird die Bemessung nach einem Verfahren der elastischen Bettung zweckmäßig. Hierbei kommen das Bettungsmodulverfahren und das Steifemodulverfahren in Betracht. Es sollte bevorzugt das Steifemodulverfahren zur Anwendung kommen. Die der Berechnung zugrunde zu legenden Bodenkenngößen können der tabellarischen Zusammenstellung in Tabelle 1 entnommen werden. Bei einer Berechnung nach dem Bettungsmodulverfahren empfiehlt sich die Bestimmung der Bettungsmoduln auf Grundlage der genauen Plattenabmessungen und -belastungen mittels einer Setzungsberechnung. Zur Vorbemessung kann bei genanntem Vorgehen in der Fläche von einem Bettungsmodul von $k_S = 15 \text{ MN/m}^3$ ausgegangen werden.

4.2.2 Unterkellerte Gebäude

Bei unterkellerten Gebäuden kommt die Gründungssohle geschätzt rund 2,5 m bis 3,0 m unter derzeitiger GOK zu liegen, genaue Planungen liegen derzeit nicht vor. Die Gründungsebene liegt in diesem Fall somit voraussichtlich durchweg in den tragfähigen, quartären Kiesen. Eine Flachgründung ist in diesem Fall nach einer intensiven Nachverdichtung der Aushubsohlen ohne besondere Zusatzmaßnahmen möglich.

Unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes ist aufgrund der bei unterkellerten Gebäuden erforderlichen Gebäudeabdichtung bzw. WU-Konstruktion (siehe Abschnitt 4.4) die Gründung der Gebäude auf durchgehenden Bodenplatten zu empfehlen.

Es gelten die oben genannten Hinweise und Empfehlungen entsprechend.

4.3 Baugrubenumschließung und Wasserhaltung

Bei ausreichendem Platzangebot dürfen die für Baugruben nötigen Baugrubenböschungen oberhalb des GW-Spiegels gemäß DIN 4124 bei den vorliegenden Böden bis maximal 5 m Tiefe ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit nicht steiler als 45° angelegt werden. Die DIN 4124 schreibt geringere Böschungsneigungen vor, wenn besondere Einflüsse, wie z.B. Verkehrslasten, Bauwerklasten, Erschütterungen, Wasserzutritte, Störungen des Bodengefüges usw., die Standsicherheit gefährden. Im Zweifelsfall sollte die Standsicherheit durch einen Sachverständigen geprüft, oder aber die Böschung ausreichend abgeflacht oder verbaut werden.

Um mit den Aushubsohlen bei unterkellerten Gebäuden nicht ins Grundwasser einzubinden, sollten die Bauarbeiten generell zu Zeiten ähnlicher bzw. niedrigerer Grundwasserstände als zu Zeiten der Felduntersuchungen ausgeführt werden. Sollte dies der Fall sein, werden besondere Wasserhaltungsmaßnahmen voraussichtlich nicht erforderlich. Sollten zur Bauzeit höhere bzw. höchste Wasserstände vorliegen, sollte das weitere Vorgehen hinsichtlich Wasserhaltungs- und ggf. Verbaumaßnahmen mit einem Sachverständigen für Geotechnik abgestimmt werden. Alternativ sind Wartezeiten in Kauf zu nehmen.

Vorsorglich sollte zur Ableitung von Oberflächen- und Sickerwasser grundsätzlich eine Wasserhaltung mit gut ausgefiltertem Pumpensumpf und evtl. Dränleitungen vorgehalten werden.

4.4 Gebäudeabdichtung

Sämtliche unter das zukünftige Gelände einbindenden Bauteile müssen ausreichend abgedichtet werden. Nach DIN 18195-1 ist auch oberhalb des geschlossenen Grundwasserspiegels eine Abdichtung nach DIN 18195-6 (drückendes Wasser) erforderlich, wenn der Untergrund aus weniger durchlässigem Boden ($k < 1 \times 10^{-4}$ m/s) besteht, da ein Aufstauen des Grundwassers nicht ausgeschlossen werden kann. Lediglich bei der Anordnung einer Dränung nach DIN 4095 ist dann eine Abdichtung nach DIN 18195-4 (Erdfeuchte, Sickerwasser) ausreichend.

Im vorliegenden Fall kann bei nicht unterkellerten Gebäuden - deren Bauteile über dem Bemessungswasserstand liegen - und einem vollständigen Bodenaustausch bis auf die schlämmkornarmen quartären Kiese, bei einer Durchlässigkeit des Bodenaustauschmaterials von $k > 1 \times 10^{-4}$ m/s, die Abdichtung des Gebäudes nach DIN 18195-4 gegen Erdfeuchte, Sickerwasser erfolgen. Es sind keine weiteren Maßnahmen (Dränage etc.) erforderlich. Sollte das Bodenaustauschmaterial eine Durchlässigkeit $k < 1 \times 10^{-4}$ m/s aufweisen, ist die Anordnung einer Dränage nach DIN 4095 erforderlich, um die Abdichtung nach DIN 18195-4 ausführen zu können. Alternativ sind alle Bauteile nach DIN 18195-6 gegen drückendes Wasser abzudichten oder als WU-Konstruktion auszubilden.

Die Dränschicht ist generell filterstabil auszubilden und mit ausreichender Vorflut zu versehen, damit das ggf. anfallende Wasser abgeleitet werden kann. Besonderes Augenmerk ist auch auf die korrekte Hinterfüllung der Bauwerksteile zu legen. Bei der Ausführung der Dränschicht sind die Hinweise der DIN 4095 zu beachten.

Bei unterkellerten Gebäuden und Bauteilen, die in den Bemessungswasserstand einbinden, wird in jedem Fall eine Abdichtung gegen drückendes Wasser nach DIN 18195-6 oder eine WU-Konstruktion erforderlich.

4.5 Verkehrsflächen

4.5.1 Frostsicherer Gesamtaufbau

Derzeit liegen noch keine detaillierten Planunterlagen zu den geplanten Verkehrswegen und Parkflächen vor. Es wird im Weiteren davon ausgegangen, dass für die zur Erschließung der Grundstücke erforderlichen Straßen die Belastungsklasse Bk 0,3 (Wohnweg) nach RStO 12 zugrundegelegt wird. Bei den geplanten Parkflächen (Abstellflächen) wird davon ausgegangen, dass diese nur von PKWs genutzt werden und nur ein Befahren durch den Unterhaltsdienst erfolgt. Die Parkflächen können in diesem Fall ebenfalls in der Belastungsklasse Bk 0,3 ausgeführt werden. Die genannten Annahmen sind im Zuge der weiteren Planung zu prüfen und ggf. anzupassen.

Auf der sicheren Seite liegend sollte für die weitere Planung von durchweg sehr frostempfindlichen Böden (Deckschichten, Kiese mit hohem Feinkorngehalt) im Planum ausgegangen werden. Bei F 3-Böden im Planum muss nach RStO 12 der frostsichere Gesamtaufbau (UK Frostschutzschicht bis OK Straßen- bzw. Parkplatzdecke) bei Zugrundelegung der Belastungsklasse Bk 0,3 in der Frosteinwirkungszone II eine Dicke von 55 cm (50+5+0+0+0+0) erhalten. Je nach Entwässerung der Fahrbahn bzw. Ausführung der Randbereiche sind Abschläge für die Dicke des frostsicheren Oberbaus möglich. In Abhängigkeit der zukünftigen Gradienten ist nicht auszuschließen, dass im Planum über größere Bereiche auch gering bis mittel frostempfindliche feinkornarme Kiese (F 2) anstehen. Bei entsprechendem Nachweis kann die Dicke des frostsicheren Oberbaus auf 45 cm reduziert werden. Dies gilt auch bei einem Bodenaustausch im Planum mit GU-Material (F 2).

Der Straßenkörper ist so gut zu verdichten, dass auf OK Frostschutzschicht 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.

4.5.2 Planum

Das Planum (UK Frostschutzschicht) 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 (nicht tragfähige Deckschichten) nicht ohne weitere Sondermaßnahmen möglich, so dass eine Stabilisierung des Planums erforderlich wird.

Zur Stabilisierung des Planums empfiehlt sich aufgrund der relativ geringmächtigen Deckschichten ein vollständiger Austausch von diesen bis zu den tragfähigen quartären Kiesen mit kiesigem Material der Bodengruppen GU (Schlammkorngelalt 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.

4.6 Kanalbau

4.6.1 Gründung der Kanalrohre und Schächte

Derzeit liegen noch keine Planunterlagen für die erforderlichen Kanäle vor. Es wird davon ausgegangen, dass die Kanalsole in üblicher Tiefe von rund 2 m bis 3 m unter derzeitigem Gelände zu liegen kommt. Die Aushubsole liegt somit voraussichtlich durchweg in den gut tragfähigen, quartären Kiesen. Der Kanal kann nach einer intensiven Nachverdichtung (Wasser > 0,5 m unter Verdichtungsplanum) somit direkt in der Rohrbettung (ca. 15 cm bis 20 cm dickes Kiesbett) gegründet werden.

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

4.6.2 Kanalgrabenverbau und Wasserhaltung

Je nach erforderlicher Rohrbettung wird der Kanalgraben eine Tiefe zwischen etwa 2,2 m und 3,2 m erreichen. Da der Kanalgraben voraussichtlich nicht dicht an angrenzender Bebauung vorbei geführt 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.

Sollten im Planum nach Aushub der Deckschichten bis in erforderliche Tiefe bereits die quartären Kiese anstehen, sollte nach gründlicher Nachverdichtung ein Verformungsmodul von $E_{V2} = 45 \text{ MN/m}^2$ ohne weitere Zusatzmaßnahme erreichbar sein.

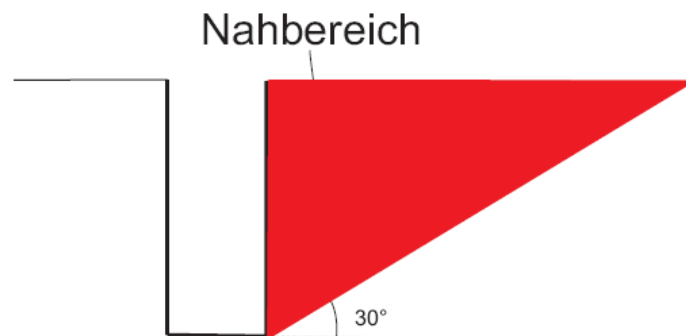


Abbildung 1: Prinzipschnitt Kanalgraben

Falls doch Fundamente im Nahbereich liegen, wären ein verformungsarmer Verbau (z.B. eine Bohrpfahlwand) anzuordnen oder andere Sondermaßnahmen (z.B. HDI-Unterfangung) 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.

Um mit der Aushubsole der Kanäle nicht ins Grundwasser einzubinden, sollten die Bauarbeiten generell zu Zeiten ähnlicher bzw. niedrigerer Grundwasserstände als zu Zeiten der Felduntersuchungen ausgeführt werden. Sollte dies der Fall sein, werden besondere Wasserhaltungsmaßnahmen voraussichtlich nicht erforderlich. Sollten zur Bauzeit höhere bzw. höchste Wasserstände vorliegen, sollte das weitere Vorgehen hinsichtlich Wasserhaltungs- und ggf. Verbaumaßnahmen mit einem Sachverständigen für Geotechnik abgestimmt werden. Alternativ sind Wartezeiten in Kauf zu nehmen.

Vorsorglich sollte zur Ableitung von Oberflächen- und Sickerwasser grundsätzlich eine Wasserhaltung mit gut ausgefiltertem Pumpensumpf und evtl. Dränleitungen vorgehalten werden.

4.7 Versickerung

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

Planungen hinsichtlich der Lage bzw. Ausführung von Versickerungseinrichtungen liegen derzeit noch nicht vor. Grundsätzlich kann unter Berücksichtigung der hinsichtlich der Versickerung durchgeführten Feld- und Laborversuche für das Planungsgebiet ein auf der sicheren Seite liegender mittlerer k-Wert von $2,5 \times 10^{-4}$ m/s (Gebietskennwert) angenommen werden.

Die für die quartären Kiese anhand der Sieblinienauswertungen nach SEILER (1973) bzw. aus der Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18130-1 bestimmten Durchlässigkeitsbeiwerte ergaben allerdings nach Korrektur gem. DWA-Merkblatt für die anzusetzende Durchlässigkeit einen Mittelwert von $k = 5,0 \times 10^{-3}$ m/s.

Die anstehenden gering verwitterten Kiese weisen damit zumindest bereichsweise zu hohe Durchlässigkeiten auf. In Abhängigkeit der Lage der zu planenden Versickerungseinrichtungen ist daher eine Einzelfallprüfung erforderlich. Bei zu hohen Durchlässigkeiten ist ggf. unterhalb der Sohle von Versickerungseinrichtungen eine 0,5 m starke Schicht an geeignetem Bodenmaterial (1×10^{-3} m/s $\geq k \geq 1 \times 10^{-5}$ m/s) einzubauen. Der zur Bemessung von Versickerungseinrichtungen erforderliche k - Wert hängt dann auch von dem unterhalb der Sohle eingebautem Material ab.

Die oberflächlich anstehenden bindigen Deckschichten und schlämmkornreichen Kiese sind generell nicht zur Versickerung von Niederschlagswasser geeignet.

Sollten im Bereich künftig erstellter Sickeranlagen an deren UK bindige Lagen der Deckschichten oder der stark verwitterten Kiese anstehen, so sind diese bis zum Erreichen der schlämmkornarmen, gering verwitterten Kiese restlos zu entfernen und durch stark durchlässiges Material (1×10^{-3} m/s $\geq k \geq 1 \times 10^{-5}$ m/s) zu ersetzen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Seitenflächen der Versickerungseinrichtungen dann voraussichtlich als nicht sickerfähig eingestuft werden müssen.

Hinsichtlich ggf. notwendiger Vorbehandlungsmaßnahmen zur Versickerung bzw. zum Ableiten der Niederschlagsabflüsse ist das DWA-Merkblatt 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.

4.8 Weitere Entwurfs- und Ausführungshinweise

Bewegungsfugen

Zur Vermeidung von Rissbildungen infolge unterschiedlicher Baugrundverformungen sind Bewegungsfugen (auch Setzungsfugen) mit ausreichender Fugenbreite zwischen unterschiedlich hoch belasteten, unterschiedlich tief gegründeten oder voneinander abgefugten bzw. separat gegründeten Baukörpern vorzusehen, wenn nicht die ansonsten möglichen Zwängungsspannungen und Kräfteumlagerungen durch ausreichende Dimensionierung schadlos aufgenommen werden.

Fundamentabtreppung

Bei evtl. unterschiedlich tief gegründeten Fundamenten ist auf die Einhaltung eines Lastausbreitungswinkels von 30° gegen die Horizontale zu achten, sofern nicht der Lasteinfluss höherer Fundamente auf tiefere Bauteile statisch berücksichtigt wird.

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.

Bauablauf

Tiefer reichende Baugruben sollten zur Risikobegrenzung vor Herstellung benachbarter höher liegender Bauwerksgründungen soweit wieder verfüllt sein, dass negative Einflüsse auf die höher liegenden Baukörper nicht möglich sind. Wiederverfüllungen, auf bzw. in denen Baukörper zu gründen sind, sind ausreichend zu verdichten und mittels Dichtekontrollen zu überprüfen.

Hinterfüllung

Die Hinterfüllung und Überschüttung von Bauwerken sollte nach den Anforderungen der ZTVE-StB 09 erfolgen. Auf einen ordnungsgemäßen Einbau und eine ausreichende Verdichtung des hinterfüllten Bodenmaterials ($D_{Pr} \geq 100 \%$) einschließlich der durchzuführenden Verdichtungskontrollen ist zu achten.

Erddruck auf Außenwände

Bei lagenweisem Einbau und ordnungsgemäßer Verdichtung von gut verdichtbarem Kies-Sand-Material sind für die Bemessung der Bauwerksaußenwände folgende Erddruckannahmen anzusetzen:

$$\begin{aligned}\gamma/\gamma' &= 22/13 \text{ kN/m}^3 \\ \varphi' &= 37,5^\circ \\ c' &= 0\end{aligned}$$

Es gilt im Allgemeinen der Erddruck E_0 .

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 zur Bauwerksgründung, zum Kanal- und Straßenbau, 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 Bauvorhaben sollte eine detaillierte, projektspezifische, ergänzende Baugrunduntersuchung 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, 10. Oktober 2016


Dipl.-Geol. Martin Bosch


M.Sc. (TUM) Ulrich Schorer

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