

**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

**BÜRGER- UND VEREINS-
ZENTRUM, DENKLINGEN**

GEMEINDE DENKLINGEN

Auftraggeber: Gemeinde Denklingen
Hauptstraße 23
86920 Denklingen

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

Anlagen:

- 1) Lageplan der Untersuchungsstellen, Maßstab 1:2000
- 2) Geotechnische Schnitte, Maßstab 1:100
- 3) Schichtenverzeichnisse, Bohr- und Sondierprofile
- 4) Ergebnisse der Laborversuche
- 5) Bemessungswerte des Sohlwiderstands nach DIN 1054

Verteiler:

1) Gemeinde Denklingen	3-fach
3) KC 02, sc	1-fach

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	4
1.1	Bauvorhaben und bestehendes Gelände	4
1.2	Vorgang und Auftrag	4
1.3	Unterlagen	4
1.4	Allgemeiner geologischer Überblick	5
2	Durchgeführte Untersuchungen	6
2.1	Felduntersuchungen	6
2.2	Laboruntersuchungen	6
3	Ergebnisse der Untersuchungen und Untergrundbeurteilung	7
3.1	Untergrund nach den Bohr-, Sondier- und Laborversuchsergebnissen	7
3.1.1	Deckschichten	7
3.1.2	Quartäre Kiese	8
3.1.3	Tertiäruntergrund (OSM)	10
3.2	Hydrogeologische Verhältnisse	10
3.3	Bodenkenngrößen	11
3.4	Bodenklassen nach DIN 18300	12
3.5	Erdbebenzone nach DIN EN 1998-1/NA	12
4	Bautechnische Folgerungen	13
4.1	Tragfähige Gründungsböden	13
4.2	Bauwerksgründungen	13
4.2.1	Nicht unterkellerte Gebäude	13
4.2.2	Unterkellerte Gebäude	16
4.3	Verkehrsflächen	16
4.3.1	Frostsicherer Gesamtaufbau	16
4.3.2	Planum	17
4.4	Kanalbau	18
4.4.1	Gründung der Kanalrohre und Schächte	18
4.4.2	Kanalgrabenverbau und Wasserhaltung	18
4.5	Versickerung	19
4.6	Baugrubenumschließung und Wasserhaltung	21
4.7	Gebäudeabdichtung	21
4.8	Weitere Entwurfs- und Ausführungshinweise	22
5	Schlussbemerkungen	24
6	Verfasser	24

1 Allgemeines

1.1 Bauvorhaben und bestehendes Gelände

Die Gemeinde Denklingen (Landkreis Landsberg am Lech) plant derzeit am südöstlichen Ortsrand auf den Grundstücken mit den Flur-Nrn. 2835, 2836, 2856, 2856/1, 2857 und 2858 die Errichtung eines Bürger- und Vereinszentrums mit Sportplatz- und Parkflächen. Darüber hinaus werden für die Erschließung des Gebäudes Kanal- und Wasserleitungen verlegt. Genauere Planunterlagen zu den geplanten Baumaßnahmen liegen bisher jedoch nicht vor.

Das derzeit für landwirtschaftliche Zwecke genutzte Planungsgebiet steigt von Norden in Richtung Süden leicht an und liegt im Bereich der Untersuchungsstellen auf einer Höhe zwischen etwa 487,6 mNN und 492,2 mNN. Darüber hinaus steigt das Gelände direkt östlich des Planungsgebiets sehr stark an.

1.2 Vorgang und Auftrag

Mit E-Mail vom 29. Januar 2015 erteilte die Gemeinde Denklingen dem Baugrundinstitut Kling Consult (BIKC) den Auftrag zur Durchführung einer Baugrunduntersuchung und zur Erstellung eines Baugrundgutachtens entsprechend dem Angebot vom 12. Januar 2015, Angebots-Nr. 02.15.006.

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 Versickerung von Niederschlagswasser mit weiteren grundbautechnischen Hinweisen.

1.3 Unterlagen

- Geologische Übersichtskarte, Blatt CC 8726 Kempten (Allgäu), M 1:200.000, herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover 1983
- Lageplan zu den betreffenden Grundstücken bzw. des Planungsgebiets, bereitgestellt durch die Gemeinde Denklingen im Januar 2015

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (www.lfu.bayern.de), Bodeninformationssystem Bayern, Detailinformationen zu den Objekten 8031BG015056, 8031BG000009 und 8031BG015072
- Schichtenverzeichnisse, entnommene Proben sowie zeichnerische Auftragung der Bohr- und Sondierprofile einschließlich Lageplan mit eingemessenen Untersuchungsstellen nach Lage und Höhe

1.4 Allgemeiner geologischer Überblick

Nach den Angaben der geologischen Karte sind im Planungsgebiet quartäre Kiese (Niederterrassenschotter) zu erwarten, die von Deckschichten unterschiedlicher Mächtigkeit überlagert werden. Den tieferen Untergrund bilden die jungtertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM).

2 Durchgeführte Untersuchungen

2.1 Felduntersuchungen

Zwischen dem 10. und 12. Februar 2015 wurden von einem Mitarbeiter des BIKC 8 Kleinrammbohrungen nach DIN EN 22475-1 (Rammkernsondierung RKS, Bohrdurchmesser 80/60 mm) und 10 Sondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN 22476-2 (DPH) abgeteuft. Mit den Kleinrammbohrungen wurden Tiefen von 2,5 m bzw. 3,0 m, mit den Rammsondierungen Tiefen zwischen 3,0 m und 4,7 m erreicht.

Die Lage der flächig verteilten Untersuchungsstellen ist aus dem Lageplan in Anlage 1 ersichtlich. Die Sondierprofile sowie die Bohrprofile sind unter Berücksichtigung der Laborversuchsergebnisse in geotechnischen Schnitten in Anlage 2 graphisch dargestellt. Eine Zusammenstellung der Bohrerergebnisse als Schichtenverzeichnisse nach DIN EN ISO 22475-1 sowie die Einzelprofilbildungen finden sich in Anlage 3.

Die Untersuchungspunkte wurden am 12. Februar 2015 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

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 22475-1/18196
- 6 Korngrößenverteilungen nach DIN 18123

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

3 Ergebnisse der Untersuchungen und Untergrundbeurteilung

3.1 Untergrund nach den Bohr-, Sondier- und Laborversuchsergebnissen

3.1.1 Deckschichten

In den Kleinrammbohrungen RKS 1, RKS 2, RKS 4 und RKS 5 wurden unterhalb einer geringmächtigen Mutterbodenlage bis zu einer Tiefe zwischen 0,7 m und 1,0 m unter GOK natürliche anstehende Deckschichten aufgeschlossen. Die aufgeschlossenen Deckschichten setzen sich aus sandigen, teils schwach tonigen bis tonigen und teils schwach kiesigen Schluffen in steifer Konsistenz zusammen.

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

Bodenmechanische Beurteilung:

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

Die sehr frostempfindlichen (Frostempfindlichkeitsklasse F 3) und auch wasserempfindlichen (aufweichgefährdet) Deckschichten sind nach DIN 18130 als schwach durchlässig einzustufen.

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

Chemische Laboruntersuchungen hinsichtlich einer Verwertung/Entsorgung im Zuge der künftigen Baumaßnahmen wurden an den natürlichen Deckschichten auftragsgemäß nicht ausgeführt. Erfahrungsgemäß können diese Böden erhöhte Schadstoffgehalte aufweisen. Sofern derartige Böden bei den Aushubarbeiten anfallen, empfehlen wir daher, entsprechende chemische Laboruntersuchungen an diesen Böden vornehmen zu lassen, um die rechtlichen Anforderungen zur Deponierung bzw. Verwertung dieser Böden erfüllen zu können.

Der Untersuchungsumfang sollte den Vorgaben der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) zu den "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen – Technische Regeln" entsprechen.

Bei der Ausschreibung der gewerblichen Leistungen sollte zumindest als Bedarfsposition die stoffliche Verwertung bzw. Deponierung natürlicher Böden entsprechend den jeweiligen Zuordnungswerten der LAGA bzw. des Eckpunktepapiers zu „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ berücksichtigt werden.

3.1.2 Quartäre Kiese

Unterhalb der Deckschichten bzw. in den restlichen Untersuchungsstellen direkt unterhalb der relativ geringmächtigen Mutterbodenlage wurden bis zur jeweiligen Endteufe der Kleinrammbohrungen von 2,5 m bzw. 3,0 m quartäre Kiese (Niederterrassenschotter) aufgeschlossen. Die Kiese stehen in den oberen Lagen meist in stark verwitterter Form als schwach sandige bis überwiegend sandige, schluffige bis stark schluffige Kiese an. Die verwitterten Kiese weisen eine braun/graue Färbung auf. Unterhalb der verwitterten Bereiche wurden die Kiese in gering verwitterter Form (graue Färbung) als sandige, schwach schluffige bis schluffige Kiese aufgeschlossen. Aufgrund zunehmender Rammwiderstände waren höhere Aufschlusstiefen nicht möglich.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen lassen auf eine mitteldichte bis dichte Lagerung der quartären Kiese schließen.

Laborversuchsergebnisse:

An 6 Bodenproben aus den quartären Kiesen wurde im bodenmechanischen Labor des BIKC die Korngrößenverteilung ermittelt. Anhand der Körnungslinien wurde nach dem Berechnungsverfahren nach SEILER (1973) für den Kies die Durchlässigkeit abgeschätzt.

	RKS 1 3,0 m	RKS 3 2,5 m	RKS 4 1,7 m
Feinstkornanteil (< 0,002 mm)	< 5 %	< 5 %	< 5 %
Schlämmkornanteil (< 0,06 mm)	15 %	11 %	19 %
Sandkornanteil (0,06 – 2 mm)	21 %	24 %	13 %
Kieskornanteil (2 – 60 mm)	64 %	65 %	68 %
Steinanteil (> 60 mm)	-	-	-
Bodengruppe nach DIN 18196	GU*	GU	GU*
k-Wert nach SEILER [m/s]	$1,0 \times 10^{-3}$	$6,1 \times 10^{-3}$	$6,2 \times 10^{-4}$

	RKS 5 2,5 m	RKS 7 2,3 m	RKS 8 2,5 m
Feinstkornanteil (< 0,002 mm)	< 5 %	< 5 %	< 5 %
Schlämmkornanteil (< 0,06 mm)	12 %	11 %	13 %
Sandkornanteil (0,06 – 2 mm)	24 %	19 %	24 %
Kieskornanteil (2 – 60 mm)	64 %	70 %	63 %
Steinanteil (> 60 mm)	-	-	-
Bodengruppe nach DIN 18196	GU	GU	GU
k-Wert nach SEILER [m/s]	$3,9 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$3,6 \times 10^{-3}$

Bodenmechanische Beurteilung:

Die im oberflächennahen Bereich anstehenden, stark verwitterten Kiese sind mäßig kompressibel und weisen eine mittlere bis hohe Scherfestigkeit auf. Die gering verwitterten Kiese sind nur gering kompressibel und weisen eine hohe Scherfestigkeit auf. Die stark verwitterten Kiese sind mäßig tragfähig und zur Aufnahme von Bauwerkslasten bedingt geeignet. Die gering verwitterten Kiese sind gut tragfähig und zur Aufnahme von Bauwerkslasten geeignet.

Die Kiese sind je nach Schlämmkorngehalt gering bis mittel oder sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 2, F 3). In schlämmkornreicher, stark verwitterter Form sind die Kiese wasserempfindlich (aufweichgefährdet). Nach DIN 18130 werden die Kiese als stark bis sehr stark durchlässig eingestuft.

Die gering verwitterten Kiese sind gut verdichtbar und für bautechnische Zwecke, wie z.B. Bauwerkshinterfüllungen, Bodenaustauschmaßnahmen etc. geeignet. Die verwitterten Kiese sind aufgrund des meist hohen Schlämmkorngehalts nur mäßig bis schlecht verdichtbar und für bautechnische Zwecke nicht geeignet.

Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten muss in den Kiesen von hohen bis sehr hohen Eindringwiderständen und einer entsprechend schweren bis sehr schweren Ramm- bzw. Rüttelbarkeit ausgegangen werden. Es ist davon auszugehen, dass rammunterstützende Maßnahmen wie Vorbohren oder Spülhilfe erforderlich werden. Beim tieferen Einbringen von Profilen können ggf. auch Austauschbohrungen erforderlich werden. Größere Steineinlagerungen können generell nicht ausgeschlossen werden und ggf. Rammhindernisse darstellen.

3.1.3 Tertiäruntergrund (OSM)

Mit den Kleinrammbohrungen wurden die tiefer liegenden jungtertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) erwartungsgemäß nicht aufgeschlossen. Nach den Angaben des Bodeninformationssystems Bayern des Bayerischen Landesamts für Umwelt sind die Tertiärböden im Planungsgebiet in einer Tiefe von etwa 30 m unter GOK zu erwarten. Die Tertiärböden sind erfahrungsgemäß wechselnd schluffig-tonig-sandig ausgebildet und insgesamt gut tragfähig. Sie haben auf das geplante Bauvorhaben keine negativen Auswirkungen.

3.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Ein geschlossener Grundwasserspiegel wurde bei den Felduntersuchungen nicht angetroffen. Dieser ist im Planungsgebiet erst in größeren Tiefen zu erwarten.

Nach allgemeiner Erfahrung ist in den vorliegenden Böden jedoch 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 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 Wasser	unter Wasser	Anfangs- zustand Kohäsion undrännert c_u [kN/m ²]	Endzustand		
	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Reibungs- winkel φ' [°]		
Deckschichten schluffig, steif i. M.	18 – 20 19	8 – 10 9	20 – 40 30	0 0	22,5 – 27,5 25	3 – 6 4
Quartäre Kiese stark verwittert i. M.	19 – 21 20	10 – 12 11	- -	0 0	30 – 35 32,5	20 – 40 30
gering verwittert i. M.	20 – 22 21	11 – 13 12	- -	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 Wasserzutritt in breiigem Zustand auch	Klasse	2
Quartäre Kiese	Klasse	3 + 4
bei Grobeinlagerungen auch	Klasse	5

Zur Berücksichtigung erfahrungsgemäß nicht auszuschließender diagenetischer Verfestigungen oder Steineinlagerungen in den quartären Böden sowie auch von Bauschuttresten oder alten Fundamenten in ggf. vorhandenen Auffüllungen empfiehlt es sich, als Bedarfssposition vorsorglich jeweils auch höhere Bodenklassen bis Klasse 7 in die Ausschreibung mit aufzunehmen.

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass Bohrungen 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 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 gering verwitterten quartären Kiese herangezogen werden. Diese liegen im Planungsgebiet meist ab einer Tiefe zwischen rund 1,0 m bis 1,5 m unter GOK vor.

4.2 Bauwerksgründungen

Derzeit liegen noch keine Planungen zur künftigen Bebauung im Bereich des untersuchten Gebiets vor. Die nachfolgenden Angaben sind daher generell als allgemeine Empfehlungen und Schlussfolgerungen zu verstehen, deren Anwendbarkeit entsprechend den tatsächlichen Planungen 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

Bei einer Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten kommt die Gründungssohle von nicht unterkellerten Gebäuden bei einer frostfreien Gründung (1,2 m unter GOK) im gesamten Planungsgebiet meist bereits in den gut tragfähigen, gering verwitterten 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 sehr stark verwitterte Kiese anstehen, sind diese restlos zu entfernen und auszutauschen.

Da bei der geringen Mächtigkeit der nicht tragfähigen Deckschichten und gering tragfähigen, stark verwitterten Kiese auch unter der Bodenplatte ein vollständiger Bodenaustausch die bautechnisch günstigere und auch nicht unwirtschaftliche Maßnahme ist, empfiehlt sich folgendes Vorgehen.

Bei einem vollflächigen Aushub der Deckschichten und der stark verwitterten Kiese bis auf die planmäßige Gründungssohle der Fundamente wird die Aushubsohle in großen Bereichen bereits in den gering verwitterten Kiesen liegen. In Bereichen, wo noch Reste der Deckschichten bzw. der stark verwitterten Kiese anstehen, werden diese ebenfalls flächig ausgebaut. Die so freigelegte Aushubsohle in den gering verwitterten quartären Kiesen wird flächig nachverdichtet und anschließend wird das Bodenaustauschmaterial bis zur Gründungssohle der Fundamente eingebaut. 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 1,2 m unter GOK reicht. Alternativ zur umlaufenden Frostschräge kann ein Bodenaustausch bis rund 1,2 m unter GOK 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 5) ermittelt werden. Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Bemessungswerte des Sohlwiderstands, nicht um aufnehmbare Sohlrücke 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

Da aufgrund der vorliegenden Verhältnisse davon ausgegangen werden kann, dass das Grundwasser nicht bis in den Einflussbereich der Gründung ansteigen kann, ist die Berücksichtigung eines Grundwasserabschlags nicht erforderlich.

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 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 mit Setzungen in einer Größenordnung von etwa 2 cm zu rechnen, bei breiteren Fundamenten steigen die Setzungen ungefähr proportional zur Fundamentbreite. 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.

Von einer Erhöhung der Tabellenwerte für dichte Lagerung sollte abgesehen werden, da die quartären Kiese mit den durchgeführten Untersuchungen nur in relativ geringer Mächtigkeit aufgeschlossen wurden und ggf. tiefer liegende Lockerzonen nicht ausgeschlossen werden können.

Für die Bodenplatten wird die Bemessung nach einem Verfahren der elastischen Bettung zweckmäßig. Hierbei kommen das Bettungsmodulverfahren und das Steifemodulverfahren in Betracht. Da beim Bettungsmodulverfahren u.a. die sich ergebende Setzungsmulde nicht vollständig nachgebildet wird, sollte bevorzugt das Steifemodulverfahren zur Anwendung kommen. Die der Berechnung zugrunde zu legenden Bodenkenngrößen 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 Setzungsrechnung. Zur Vorbemessung kann bei genanntem Vorgehen in der Fläche von einem Bettungsmodul von $k_S = 15 \text{ MN/m}^3$ ausgegangen werden.

Alternativ zu einer Gründung der Bodenplatten auf einem vollständigen Bodenaustausch könnten die Bodenplatten zwischen den Auflagerpunkten, die in der Regel mit Kopfbalken verbunden werden, freitragend ausgeführt werden. Die nicht tragfähigen Deckschichten und gering tragfähigen stark verwitterten Kiese können in diesem Fall im Untergrund verbleiben.

Bei nicht auszuschließenden hohen Spannweiten werden dann unter der Bodenplatte voraussichtlich zusätzliche Fundamente erforderlich werden, sodass die Wirtschaftlichkeit der freitragenden Bodenplatte In Frage gestellt ist.

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. Die Gründungsebene liegt in diesem Fall somit voraussichtlich durchweg in den tragfähigen, gering verwitterten quartären Kiesen. Eine Flachgründung ist in diesem Fall ohne besondere Zusatzmaßnahmen möglich.

Es gelten die oben genannten Hinweise und Empfehlungen entsprechend.

4.3 Verkehrsflächen

4.3.1 Frostsicherer Gesamtaufbau

Derzeit liegen noch keine Planunterlagen zu den geplanten Verkehrswegen und Parkflächen vor. Es wird im Weiteren davon ausgegangen, dass für die zur Erschließung der Grundstücke erforderlichen Straßen die Belastungsklassen 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.

Wegen der durchweg sehr frostempfindlichen (F 3) Böden im Planum (Deckschichten, stark verwitterte Kiese) muss nach RStO 12 der frostsichere Gesamtaufbau (UK Frostschuttschicht bis OK Straßen- bzw. Parkplatzdecke) bei Zugrundelegung der Belastungsklasse Bk 0,3 in der Frosteinwirkungszone III eine Dicke von 65 cm (50+15+0+0+0+0) erhalten. Je nach Entwässerung der Fahrbahn bzw. Ausführung der Randbereiche sind Abschläge für die Dicke des frostsicheren Oberbaus möglich.

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

4.3.2 Planum

Das Planum (UK Frostschuttschicht) muss so tragfähig sein, dass ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden kann. In Bereichen, wo im Planum die bindigen Deckschichten oder die stark verwitterten Kiese anstehen, ist dies voraussichtlich nicht ohne weitere Sondermaßnahmen möglich, so dass eine Stabilisierung des Planums erforderlich wird. Sollten in Teilbereichen bereits die weniger verwitterten Kiese anstehen, kann der geforderte $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nach einer intensiven Nachverdichtung der Aushubsohle voraussichtlich ohne weitere Zusatzmaßnahmen erreicht werden.

Zur Stabilisierung des Planums empfiehlt sich ein flächiger Teilbodenaustausch mit kiesigem Material der Bodengruppen GU (Schlammkorngehalt max. 10 %) oder GW nach DIN 18196, das lagenweise eingebaut und auf mindestens mitteldichte Lagerung im Sinne der DIN 1054 verdichtet werden muss. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Lastausbreitung sollte eine Verbreiterung des Austauschmaterials mit zunehmender Tiefe unter einem Winkel von 45° vorgenommen werden.

Die erfahrungsgemäß erforderliche Dicke des Bodenaustauschs unter dem Planum liegt im vorliegenden Fall bei den stark verwitterten Kiesen voraussichtlich bei etwa 20 cm, bei den steif konsistenten bindigen Deckschichten bei etwa 40 cm. Sollten im Planum nicht ange-troffene, jedoch auch nicht gänzlich auszuschließende, ausgesprochen weiche bindige Böden anstehen, können auch bis zu etwa 70 cm erforderlich werden. Im vorliegenden Fall werden bei bindigen Deckschichten im Planum, die stark verwitterten Kiese bei einer Austauschdicke von 40 cm zumindest bereichsweise schon früher erreicht. Sollte die Austauschdicke in diesem Fall bereits min. 20 cm betragen, kann die Bodenaustauschdicke in diesen Bereichen auf den jeweiligen Wert reduziert werden. Zusätzlich empfiehlt sich zur Trennung des Bodenaustauschmaterials von den unterlagernden schlammkornreichen, stark verwitterten Kiesen und der ggf. bereichsweise noch vorhandenen bindigen Deckschichten das Einlegen eines Geotextils in der Aushubsohle, da sonst eine Vermischung des Bodenaustauschmaterials mit den anstehenden Böden nicht zu vermeiden ist. Um ein Aufweichen der Aushubsohle zu vermeiden, ist das Bodenaustauschmaterial unverzüglich nach dem Aushub einzubauen.

Alternativ zum genannten Teilbodenaustausch ist auch eine Bodenverbesserung oder eine qualifizierte Bodenverbesserung mit Bindemittel (Kalk/Zement) denkbar. Bei einer Bodenverbesserung bzw. einer qualifizierten Bodenverbesserung wird das Bindemittel flächig etwa 30 cm bis 50 cm tief in das Planum eingefräst. Je nach Bindemittel 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, sind die Anforderungen an eine qualifizierte Bodenverbesserung nach ZTV E-09 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.

4.4 Kanalbau

4.4.1 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, gering verwitterten quartären Kiesen. Der Kanal kann nach einer intensiven Nachverdichtung 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.

4.4.2 Kanalgrabenverbau und Wasserhaltung

Je nach erforderlicher Rohrbettung wird der Kanalgraben eine Tiefe zwischen etwa 2,5 m und 3,5 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.

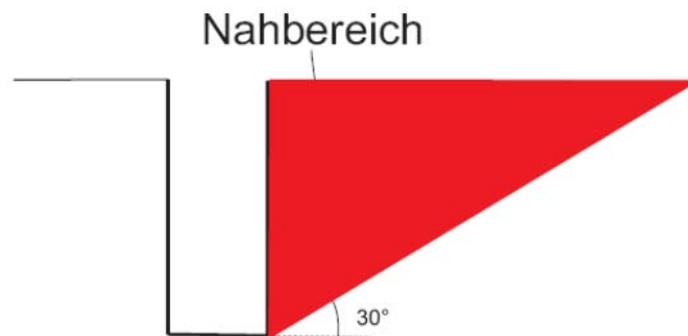


Abbildung 1: Prinzipschnitt Kanalgraben

Falls doch Fundamente im Nahbereich liegen, wären ein verformungsarmer Verbau (z.B. eine Bohrpfehlwand) 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.

Besondere Wasserhaltungsmaßnahmen werden voraussichtlich nicht erforderlich werden. Zur Ableitung von Oberflächen- sowie Schicht- und Sickerwasser ist jedoch in der Grabensohle eine offene Wasserhaltung mit gut ausgefilterten Pumpensämpfen und Dränleitungen vorzuhalten.

4.5 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 anhand der Sieblinienauswertungen nach SEILER (1973) für die gering verwitterten, quaritären Kiese bestimmten Durchlässigkeitsbeiwerte liegen zwischen $1,1 \times 10^{-2}$ m/s und $6,2 \times 10^{-4}$ m/s. Die anstehenden gering verwitterten Kiese weisen damit eine überwiegend zu hohe Durchlässigkeit auf. Unterhalb der Sohle von Versickerungseinrichtungen ist deshalb eine 0,5 m starke Schicht an geeignetem Bodenmaterial (1×10^{-3} m/s $\geq k_f \geq 1 \times 10^{-5}$ m/s) einzubauen.

Der zur Bemessung von Versickerungseinrichtungen erforderliche k_f - Wert hängt dann auch von dem unterhalb der Sohle eingebautem Material ab.

Die oberflächlich anstehenden bindigen Deckschichten und stark verwitterten, schlämmkornreichen Kiesen 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 ($1 \times 10^{-3} \text{ m/s} \geq k_f \geq 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$) 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 ATV-DVWK-Regelwerk M 153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“ vom Februar 2000 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.

4.6 Baugrubenumschließung und Wasserhaltung

Bei ausreichendem Platzangebot dürfen die für Baugruben nötigen Baugrubenböschungen 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, Bauwerkslasten, 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.

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

4.7 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 (Sicker- und Schichtwasser) 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 nicht ausgeschlossen werden, dass die unterhalb der Gründungssole anstehenden Kiese zumindest teilweise eine Durchlässigkeit von $k < 1 \times 10^{-4}$ m/s aufweisen. Um die Abdichtung nach DIN 18195-4 gegen Erdfeuchte und Sickerwasser ausführen zu können, wird somit die Anordnung einer Dränschicht nach DIN 4095 erforderlich. 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 und der Hinterfüllung unterkellerten Gebäude sind die Hinweise der DIN 4095 zu beachten.

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 1,2 m unter späterer GOK eingehalten werden. Beim Bauen in kalter Jahreszeit sind Maßnahmen gegen das Eindringen des Frostes in den frostgefährdeten Gründungsbereich zu treffen.

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 Erdruchdruck 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 Bodenkenngößen. Darüber hinaus werden Vorschläge zur Bauwerksgründung, zum Kanal- und Straßenbau, 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.

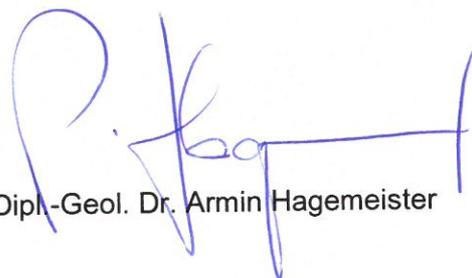
Bei der Bauausführung empfiehlt sich dringend eine sorgfältige Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten mit Vergleich der angetroffenen Böden mit den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung, da Abweichungen des Untergrunds zu den Untersuchungsstellen nicht auszuschließen sind.

6 Verfasser

Baugrundinstitut Kling Consult
Krumbach, 20. Februar 2015



M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Daniel Schnatterer



Dipl.-Geol. Dr. Armin Hagemeister

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