



**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](mailto:kc@klingconsult.de)**

**BAUGRUNDGUTACHTEN**

**BEBAUUNGSPLAN**

**“ERWEITERUNG SÜDWEST II“,  
UNTERWIESENBACH**

**MATHIAS BIBERACHER**

**BAUUNTERNEHMEN GmbH**

**PROJEKT-NR. 10412 02**

**22. JUNI 2016**

<b>Auftraggeber:</b>	Mathias Biberacher Bauunternehmen GmbH Hauptstraße 53 86519 Wiesenbach
<b>Bebauungsplan:</b>	Kling Consult Planungs- und Ingenieurgesellschaft für Bauwesen mbH <i>Raumordnungsplanung</i> Burgauer Straße 30 86381 Krumbach
<b>Felduntersuchung:</b>	Kling Consult Planungs- und Ingenieurgesellschaft für Bauwesen mbH <i>Baugrundinstitut – Bodenmechanisches Labor</i> Burgauer Straße 30 86381 Krumbach
<b>Bodenmechanische und hydrogeologische Begutachtung:</b>	Kling Consult Planungs- und Ingenieurgesellschaft für Bauwesen mbH <i>Baugrundinstitut</i> Burgauer Straße 30 86381 Krumbach
<b>Anlagen:</b>	1) Lageplan der Untersuchungsstellen, Maßstab 1:500 2) Geotechnische Schnitte, Maßstab 1:100 (i.d.H.) 3) Schichtenverzeichnisse, Bohr- und Sondierprofile 4) Ergebnisse der Laborversuche
<b>Verteiler:</b>	1) Mathias Biberacher Bauunternehmen GmbH                      2-fach 2) KC 05, bec    1-fach 3) KC 02, sc    1-fach

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>4</b>
1.1	Bauvorhaben und bestehendes Gelände	4
1.2	Vorgang und Auftrag	4
1.3	Unterlagen	5
1.4	Allgemeiner geologischer Überblick	5
<b>2</b>	<b>Durchgeführte Untersuchungen</b>	<b>6</b>
2.1	Felduntersuchungen	6
2.2	Laboruntersuchungen	6
<b>3</b>	<b>Ergebnisse der Untersuchungen und Untergrundbeurteilung</b>	<b>8</b>
3.1	Untergrund nach den Bohr-, Sondier- und Laborversuchsergebnissen	8
3.1.1	Deckschichten und sehr stark verwitterte quartäre Kiese	8
3.1.2	Tertiäruntergrund (OSM)	12
3.2	Hydrogeologische Verhältnisse	13
3.2.1	Wasserstände	13
3.2.2	Aggressivität	14
3.3	Bodenkenngrößen	14
3.4	Bodenklassen nach DIN 18300:2012	15
3.5	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015	16
3.6	Erdbebenzone nach DIN EN 1998-1/NA	18
<b>4</b>	<b>Bautechnische Folgerungen</b>	<b>19</b>
4.1	Gründung des Hallenbauwerks	19
4.2	Baugrubenumschließung und Wasserhaltung	22
4.3	Gebäudeabdichtung	22
4.4	Verkehrsflächenbau	23
4.4.1	Frostsicherer Gesamtaufbau	23
4.4.2	Planum	23
4.5	Kanalbau	24
4.5.1	Gründung der Kanalrohre und Schächte	24
4.5.2	Kanalgrabenverbau und Wasserhaltung	26
4.6	Versickerung	27
4.7	Weitere Entwurfs- und Ausführungshinweise	28
<b>5</b>	<b>Schlussbemerkungen</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>Verfasser</b>	<b>29</b>

## **1 Allgemeines**

### **1.1 Bauvorhaben und bestehendes Gelände**

Die Mathias Biberachern Bauunternehmen GmbH plant derzeit am südwestlichen Ortsende von Unterwiesenbach - westlich der GZ 6 - auf einer Grundfläche von etwa 75 m x 65 m die Erschließung des Gewerbegebiets "Erweiterung Südwest II" (Teilfläche von Flur-Nr.: 247, Gemarkung: Unterwiesenbach). Hierfür wird vom Team Raumordnungsplanung von Kling Consult der Bebauungsplan erstellt. Detaillierte Planunterlagen zu den geplanten Baumaßnahmen stehen derzeit noch nicht zur Verfügung. Es wird deshalb im Weiteren davon ausgegangen, dass die erforderlichen Verkehrsflächen aufgrund des voraussichtlich vorhandenen, stärkeren Schwerverkehranteils zumindest in der Belastungsklasse Bk 3,2 nach RStO 12 ausgebaut werden. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass die erforderlichen Kanäle in einer maximalen Tiefe von etwa 2 m unter derzeitiger GOK zu liegen kommen. Sofern der anstehende Untergrund ausreichend sickerfähig ist und weitere Randbedingungen (Grundwasserstände etc.) gegeben sind, soll das anfallende Niederschlagswasser auch versickert werden. Darüber hinaus soll innerhalb des Baugebiets eine nicht unterkellerte, gewerblich genutzte Halle entstehen. Detaillierte Planunterlagen zu der geplanten Halle liegen jedoch ebenfalls noch nicht vor.

Das derzeit als Wiesen- und Ackerfläche genutzte Planungsgebiet fällt von Westen nach Osten ab und liegt im Bereich der Untersuchungsstellen auf einer Höhe zwischen etwa 500,3 mNN und 496,9 mNN.

### **1.2 Vorgang und Auftrag**

Mit E-Mail vom 30. April 2016 erteilte die Mathias Biberacher Bauunternehmen GmbH, vertreten durch Herrn Hermann Biberacher jun., dem Baugrundinstitut Kling Consult (BIKC) den Auftrag zur Durchführung einer Baugrunduntersuchung und zur Erstellung eines Baugrundgutachtens entsprechend dem Angebot vom 28. Januar 2016, Angebots-Nr. 02.16.021.

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 Gründung des Hallenbauwerks, zum Kanal- und Straßenbau, zur Versickerung von Niederschlagswasser und zur Schadstoffbelastung der angetroffenen 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
- Lageplan zum BBP "Erweiterung Südwest II", Unterwiesenbach, bereitgestellt durch die Mathias Biberacher Bauunternehmen GmbH im Mai 2016
- 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 und nach den aktuellen Baugrunduntersuchungen befindet sich das Planungsgebiet im Übergangsbereich zwischen anstehenden quartären Kiesen (mittelpleistozäne Hochterrassenschotter) und den jungtertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM), die im Allgemeinen von natürlichen Deckschichten unterschiedlicher Mächtigkeit überlagert werden.

Die mit den aktuellen Baugrunduntersuchungen aufgeschlossenen quartären Kiese sind überwiegend sehr stark verwittert, sodass sie meist in bindiger Ausbildung anstehen bzw. bindige Eigenschaften aufweisen. Aufgrund ähnlicher bodenmechanischer Eigenschaften werden die quartären Kiese im vorliegenden Baugrundgutachten den natürlichen Deckschichten zugeordnet.

## 2 Durchgeführte Untersuchungen

### 2.1 Felduntersuchungen

Am 31. Mai und 1. Juni 2016 wurden von einem Mitarbeiter des BIKC 5 Kleinrammbohrungen nach DIN EN 22475-1 (Rammkernsondierung RKS, Bohrdurchmesser 80/60 mm) und 5 Sondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN 22476-2 (DPH) abgeteuft. Mit den Kleinrammbohrungen wurden Tiefen zwischen etwa 3,0 m und 5,0 m, mit den Rammsondierungen Tiefen von 6,2 m und 8,0 m erreicht.

Die Lage der 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 Bohrergebnisse als Schichtenverzeichnisse nach DIN EN ISO 22475-1 sowie die Einzelprofilardarstellungen finden sich in Anlage 3.

Die Untersuchungspunkte wurden am 1. Juni 2016 durch einen Mitarbeiter des BIKC (Team Vermessung) per GPS-Vermessung nach Lage und Höhe eingemessen. Lage und Höhe der Untersuchungspunkte sind in den Anlagen 1 bis 3 eingetragen.

### 2.2 Laboruntersuchungen

Im bodenmechanischen Labor des BIKC wurden an 10 Bodenproben der Güteklasse 5 nach DIN EN ISO 22475-1 die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- 10 Bodenansprachen nach DIN EN ISO 22475-1/18196
- 6 Korngrößenverteilungen nach DIN 18123
- 4 Wassergehaltsbestimmungen nach DIN 18121
- 3 Bestimmungen der Zustandsgrenzen und Konsistenzermittlung nach DIN 18122

Darüber hinaus wurden insgesamt 2 Bodenmischproben aus den natürlichen Deckschichten und den sehr stark verwitterten quartären Kiesen zur analytischen Untersuchung hinsichtlich des potentiellen Schadstoffgehalts an das chemische Labor AGROLAB weitergeleitet.

Die im bodenmechanischen Labor des BIKC hergestellten Bodenmischproben (MP 1 und MP 2) setzen sich wie folgt zusammen:

#### Natürliche Deckschichten – MP 1

- RKS 1 / GP 1 / 0,2 – 0,9 m
- RKS 2 / GP 1 / 0,3 – 1,5 m
- RKS 2 / GP 2 / 1,5 – 2,2 m
- RKS 3 / GP 1 / 0,2 – 1,0 m
- RKS 3 / GP 2 / 1,0 – 2,1 m
- RKS 4 / GP 1 / 0,3 – 1,0 m
- RKS 5 / GP 1 / 0,3 – 1,5 m

#### Sehr stark verwitterte quartäre Kiese – MP 2

- RKS 1 / GP 2 / 0,9 – 1,5 m
- RKS 1 / GP 3 / 1,5 – 2,6 m
- RKS 2 / GP 3 / 2,2 – 2,7 m
- RKS 2 / GP 4 / 2,7 – 4,0 m
- RKS 2 / GP 5 / 4,0 – 4,3 m
- RKS 3 / GP 3 / 2,1 – 2,2 m
- RKS 4 / GP 2 / 1,0 – 1,8 m
- RKS 5 / GP 2 / 1,5 m – 2,8 m

Eine tabellarische Zusammenstellung der chemischen und 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 und sehr stark verwitterte quartäre Kiese**

In allen Kleinrammbohrungen wurden unterhalb einer geringmächtigen Mutterbodenlage natürliche Deckschichten aufgeschlossen, die bis in eine Tiefe zwischen etwa 0,9 m und 2,2 m unter Ansatzpunkt reichen. Die aufgeschlossenen Deckschichten setzen sich aus sandigen bis stark sandigen, überwiegend schwach tonigen bis tonigen und teils schwach kiesigen Schluffen in weicher bis steifer Konsistenz zusammen.

Unterhalb der Deckschichten wurden dann in allen Untersuchungsstellen sehr stark verwitterte quartäre Kiese angetroffen. Diese reichen im Bereich der Untersuchungsstellen bis in eine Tiefe zwischen etwa 2,2 m und 4,3 m unter GOK und setzen sich sehr unterschiedlich aus sandigen, schluffigen und schwach tonigen Kiesen, die bindige Eigenschaften aufweisen, bzw. aus sandigen, schwach tonigen Kies-Schluff-Gemischen bzw. aus kiesigen Sand-Schluff-Gemischen bzw. aus schluffigen bis stark schluffigen, schwach kiesigen bis kiesigen Sanden bzw. aus sandigen, schwach kiesigen und schwach tonigen Schluffen zusammen. Die bindig ausgebildeten sehr stark verwitterten quartären Kiese weisen eine meist weiche, in Teilbereichen auch steife oder breiig bis weiche Konsistenz auf.

Lediglich im Bereich von RKS 1 weisen die Kiese in einer Tiefe zwischen etwa 1,5 m und 2,6 m einen relativ geringeren Verwitterungsgrad auf und stehen dort als schluffige, stark sandige Kiese an.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen belegen die relativ niedrige Konsistenz der bindigen Deckschichten und der bindigen sehr stark verwitterten quartären Kiese bzw. belegen im Allgemeinen den hohen Verwitterungsgrad der quartären Kiese. Lokal höhere Schlagzahlen (z.B. DPH 1) sind auf geringer verwitterte quartäre Kiese mit einer annähernd mitteldichten bis mitteldichten Lagerungsdichte in diesen Bereichen zurückzuführen.

*Bodenmechanische Laborversuchsergebnisse:*

An einer Bodenprobe aus den Deckschichten wurde im bodenmechanischen Labor des BIKC die Korngrößenverteilung ermittelt. An 2 weiteren Bodenproben wurden die Zustandsgrenzen bestimmt und die Konsistenz ermittelt.

	RKS 2 1,5 m
Feinstkornanteil (< 0,002 mm)	4 %
Schlammkornanteil (< 0,06 mm)	66 %
Sandkornanteil (0,06 – 2 mm)	30 %
Kieskornanteil (2 – 60 mm)	4 %
Bodengruppe nach DIN 18196	-

	RKS 3 2,1 m	RKS 4 2,5 m
Natürlicher Wassergehalt	23 %	23 %
Fließgrenze	37 %	31 %
Ausrollgrenze	21 %	20 %
Plastizitätszahl	16 %	11 %
Konsistenzzahl	0,87	0,72
Bodengruppe nach DIN 18196	TM	TL

Darüber hinaus wurden an 2 Bodenproben aus den sehr stark verwitterten quartären Kiesen die Korngrößenverteilungen ermittelt. An einer weiteren Bodenprobe wurden die Zustandsgrenzen bestimmt und die Konsistenz ermittelt.

	RKS 1 2,6 m	RKS 5 2,8 m
Feinstkornanteil (< 0,002 mm)	3 %	4 %
Schlammkornanteil (< 0,06 mm)	17%	35 %
Sandkornanteil (0,06 – 2 mm)	32 %	40 %
Kieskornanteil (2 – 60 mm)	51 %	25 %
Steinanteil (> 60 mm)	-	-
Bodengruppe nach DIN 18196	GU	-

	RKS 2 4,0 m
Natürlicher Wassergehalt	24 %
Fließgrenze	31 %
Ausrollgrenze	21 %
Plastizitätszahl	10 %
Konsistenzzahl	0,70
Bodengruppe nach DIN 18196	TL

An einer weiteren Bodenprobe (RKS 4 / 1,0 – 1,8 m) aus den sehr stark verwitterten quartären Kiesen wurde der Wassergehalt zu rund 24 % bestimmt.

*Bodenmechanische Beurteilung:*

Die natürlichen Deckschichten und die sehr stark verwitterten quartären Kiese sind meist stark kompressibel und weisen eine überwiegend geringe Scherfestigkeit auf. Sie sind nur gering tragfähig und zur Aufnahme von Bauwerkslasten nicht geeignet.

Die aufgeschlossenen Deckschichten und die sehr stark verwitterten quartären Kiese sind sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 3) und meist auch wasserempfindlich (aufweichgefährdet, fließempfindlich). Nach DIN 18130 werden die Deckschichten und die sehr stark verwitterten quartären Kiese als sehr schwach durchlässig bis durchlässig eingestuft.

Die Deckschichten und die sehr stark verwitterten quartären Kiese sind insgesamt schlecht bis nicht verdichtbar und für bautechnische Zwecke, wie z.B. Bauwerkshinterfüllungen, Bodenaustauschmaßnahmen, etc. ungeeignet. Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten kann in den Deckschichten und den sehr stark verwitterten quartären Kiesen von meist geringen bis mittleren Eindringwiderständen und einer entsprechend leichten bis mittelschweren Ramm- bzw. Rüttelbarkeit ausgegangen werden. Größere Steineinlagerungen in den sehr stark verwitterten quartären Kiesen können ggf. Rammhindernisse darstellen.

*Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen:*

An einer Bodenmischprobe aus den natürlichen Deckschichten und einer Bodenmischprobe aus den sehr stark verwitterten quartären Kiesen (Zusammensetzung siehe Abschnitt 2.2) 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 Eckpunktepapiers zu „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“ des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit.

Die untersuchte **Bodenmischprobe MP 1** aus den natürlichen Deckschichten wies im Feststoff einen leicht erhöhten Nickelgehalt (23 mg/kg) auf. Weitere auffällige Werte im Feststoff und im Eluat wurden nicht festgestellt. Im Sinne des Eckpunktepapiers ist das Material für die Bodenkategorie „Lehm/Schluff“, in die die untersuchten schluffigen Deckschichten einzuordnen sind, jedoch noch als Z 0-Material zu klassifizieren.

Die **Bodenmischprobe MP 2**, die aus den sehr stark verwitterten quartären Kiesen gebildet wurde, wies im Feststoff einen leicht erhöhten Chrom- (32 mg/kg) und Nickelgehalt (30 mg/kg) auf. Weitere auffällige Werte im Feststoff und im Eluat wurden nicht festgestellt. Im Sinne des Eckpunktepapiers ist das Material für die Bodenkategorie „Lehm/Schluff“, in die die untersuchten sehr stark verwitterten quartären Kiese aufgrund des meist sehr hohen Schlämmkorngehalts u.E. einzustufen sind, jedoch ebenfalls noch als Z 0-Material zu klassifizieren.

Wir empfehlen, die bei den Aushubarbeiten anfallenden natürlichen Deckschichten und die sehr stark verwitterten quartären Kiese zu separieren, sie in Haufwerken nach LAGA PN 98 zwischenzulagern, 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 zunächst den Vorgaben der LAGA zu den „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen – Technische Regeln“ entsprechen.

Bei der Ausschreibung der gewerblichen Leistungen sollte die stoffliche Verwertung bzw. Deponierung der natürlichen Deckschichten und der sehr stark verwitterten quartären Kiese entsprechend den jeweiligen Zuordnungswerten der LAGA bzw. des Eckpunktepapiers berücksichtigt werden.

### 3.1.2 Tertiäruntergrund (OSM)

Unterhalb der sehr stark verwitterten quartären Kiese wurden in allen Kleinrammbohrungen bis zur Endteufe zwischen 3,0 m und 5,0 m die jungtertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) in Form von schwach schluffigen bis schluffigen Flinzsanden aufgeschlossen.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen lassen auf eine insgesamt mitteldichte Lagerung der Flinzsande schließen.

#### *Laborversuchsergebnisse:*

An 3 Bodenproben aus den Flinzsanden wurde im bodenmechanischen Labor des BIKC die jeweilige Korngrößenverteilung ermittelt. Anhand der Körnungslinien wurde nach dem Berechnungsverfahren von BEYER (1964) für Sand die Durchlässigkeit abgeschätzt.

	RKS 1 3,0 m	RKS 3 3,0 m	RKS 4 3,5 m
Feinstkornanteil (< 0,002 mm)	3 %	< 4 %	< 3 %
Schlammkornanteil (< 0,06 mm)	22 %	21 %	7 %
Sandkornanteil (0,06 – 2 mm)	78 %	79 %	93 %
Kieskornanteil (2 – 60 mm)	-	-	-
Bodengruppe nach DIN 18196	SU*	SU*	SU
k-Wert nach BEYER [m/s]	$7,0 \times 10^{-7}$	$1,6 \times 10^{-6}$	$7,4 \times 10^{-5}$

#### *Bodenmechanische Beurteilung:*

Die insgesamt mitteldicht gelagerten Flinzsande sind nur gering kompressibel und weisen eine hohe Scherfestigkeit auf. Sie sind tragfähig und zur Aufnahme von Bauwerkslasten geeignet.

Die Flinzsande sind je nach Schlammkorngehalt und Ungleichförmigkeitszahl (U) sehr unterschiedlich zwischen nicht und sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 1 - F 3) einzustufen. Sie sind darüber hinaus ausgeprägt wasserempfindlich (fließempfindlich). Nach DIN 18130 werden die Sande als schwach durchlässig bis durchlässig eingestuft.

Die tertiären Sande sind wegen ihrer relativen Gleichkörnigkeit und des zumindest teilweise relativ hohen Schlammkorngehalts nur mäßig bis schlecht verdichtbar und für bautechnische Zwecke, wie z.B. Bauwerkshinterfüllungen, Bodenaustauschmaßnahmen, etc. nur bedingt geeignet bis ungeeignet. Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten muss in den Tertiärablagerungen von hohen bis sehr hohen Eindringwiderständen und einer entsprechend schweren bis sehr schweren Ramm- bzw. Rüttelbarkeit ausgegangen werden. Auch ist das Phänomen bekannt, dass die Tertiärsande sich während des Einrüttelns von Profilen so stark verdichten, dass kein tieferes Einbringen möglich ist. Darüber hinaus kann die hohe Mantelreibung bei - in den tieferen Lagen nicht auszuschließenden - bindigen Böden zu Schwierigkeiten beim Einbringen und Ziehen von Profilen führen. Es ist davon auszugehen, dass beim Einbringen von Profilen rammunterstützende Maßnahmen erforderlich werden. Generell sollte ein Einspülen der Spundbohlen vorgesehen werden. Im Bereich von Sandsteinlagen oder im Bereich von verfestigten bindigen Schichten kann zusätzlich ein Vorbohren erforderlich werden. Beim tieferen Einbringen können ggf. auch Austauschbohrungen erforderlich werden.

## **3.2 Hydrogeologische Verhältnisse**

### **3.2.1 Wasserstände**

Während der Feldarbeiten im Mai/Juni 2016 wurde der geschlossene, teilweise leicht gespannte Grundwasserspiegel des 1. Grundwasserstockwerks in den Bohr- und Sondierlöchern in einer Tiefe zwischen 0,7 m und 2,9 m (entsprechend einer Höhe zwischen rund 495,0 mNN und 497,5 mNN) und damit innerhalb der sehr stark verwitterten quartären Kiese oder den tertiären Flinzsanden eingemessen. In der Kleinrammbohrung RKS 1 wurde bis zur Endteufe auf rund 496,3 mNN kein Grundwasser angetroffen. In den Kleinrammbohrungen RKS 2 und RKS 4 kann aufgrund eines leichten Anstiegs des Grundwassers in den Bohrlöchern auf leicht gespannte Grundwasserverhältnisse unter den bindigen Deckschichten geschlossen werden. Bei den Messwerten in den Kleinrammbohrungen und Sondierlöchern handelt es sich jedoch nicht um ausgepegelte Ruhewasserstände.

Anhand der Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen kann somit von einem vermutlich stärkeren Grundwassergefälle von Südwesten nach Nordosten ausgegangen werden.

Langjährige Beobachtungsmessungen der Grundwasserstände zur Bestimmung des höchsten möglichen Grundwasserstandes liegen nicht vor. Die Baugrunduntersuchungen wurden zu einem Zeitpunkt allgemein leicht erhöhter Grundwasserstände ausgeführt. Je nach Jah-

reszeit und Witterung ist deshalb in Zeiten höherer und höchster Wasserstände von einem weiteren, deutlichen Spiegelanstieg ausgegangen werden. Dieser Anstieg wird im vorliegenden Fall zumindest im östlichen Bereich des Planungsgebiets bis nahe an die derzeitige GOK geschätzt. Im westlichen, höher gelegenen Bereich des Planungsgebiets ist dies nicht der Fall. Hier kann davon ausgegangen werden, dass selbst bei höchsten Wasserständen ein Anstieg bis zur derzeitigen GOK nicht möglich ist. Ob im Allgemeinen bei Hochwassersituationen Geländeüberflutungen möglich sind, ist mit den zuständigen Fachbehörden (WWA/LRA) abzustimmen.

Nach allgemeiner Erfahrung ist darüber hinaus in den vorliegenden Böden auch über dem geschlossenen 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.

### **3.2.2 Aggressivität**

Gerätebedingt konnte aus den Kleinrammbohrungen keine Wasserprobe nach DIN 4030 entnommen werden. Daher erfolgte auch keine chemische Grundwasseruntersuchung nach DIN 4030. Diese sollte aber für den Fall, dass Bauwerksteile in das höchste mögliche Grundwasser einbinden, nachgeholt werden.

### **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 <sup>2</sup> ]
	über Wasser	unter Wasser	Anfangs- zustand Kohäsion undrännert $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Endzustand		
	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Kohäsion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Reibungs- winkel $\varphi'$ [°]		
<b>Deckschichten und sehr stark verwitterte quartäre Kiese</b>						
schluffig i. M.	18 – 20 19	8 – 10 9	20 – 40 30	0 0	22,5 – 27,5 25	3 – 5 4
Schluff-Sand-Gemische und sandige Ausbildung i. M.	18 – 20 19	9 – 11 10	20* – 40* 30*	0 0	25 – 30 27,5	5 – 7 6
Schluff-Kies-Gemische i. M.	19 – 21 20	10 – 12 11	20 – 40 30	0 0	27,5 – 32,5 30	6 – 12 9
quartäre Kiese (geringer verwittert) i. M.	19 – 21 20	10 – 12 11	- -	0 0	30 – 35 32,5	20 – 40 30
<b>Tertiäruntergrund sandig</b> i. M.	20 – 22 21	11 – 13 12	- -	0 0	30 – 35 32,5	50 – 70 60

\*) gilt nur für Schluff-Sand-Gemische

**Tabelle 1:** Bodenkenngrößen

### 3.4 Bodenklassen nach DIN 18300:2012

<b>Mutterboden</b>	Klasse	1
<b>Deckschichten und sehr stark verwitterte quartäre Kiese</b>	Klasse	4
bei Wasserzutritt in breiigem oder fließendem Zustand auch	Klasse	2
bei Grobeinlagerungen auch	Klasse	5
<b>Flinzsande</b>	Klasse	4 + 3
bei Wasserzutritt und hohem Schlämmkorngehalt in fließendem Zustand	Klasse	2

Zur Berücksichtigung erfahrungsgemäß nicht auszuschließender diagenetischer Verfestigungen oder Steineinlagerungen in den quartären und tertiären Böden empfiehlt es sich, als Bedarfsposition 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 Homogenbereiche nach DIN 18300:2015**

Eine tabellarische Zusammenstellung der Homogenbereiche für die geotechnischen Kategorien GK 2 und GK 3 ist in Tabelle 2 und Tabelle 3 auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse und allgemeiner und örtlicher Erfahrung mit vergleichbaren Böden und geologischen Schichten erarbeitet. Die aufgeschlossenen Böden werden in die 2 folgenden Homogenbereiche eingeteilt:

- Homogenbereich A / Natürliche Deckschichten und sehr stark verwitterte quartäre Kiese
- Homogenbereich B / Tertiäre Flinsande

Für den Homogenbereich A werden die Parameter für die schluffigen Deckschichten (A 1) und die sehr stark verwitterte quartäre Kiese (A 2) getrennt angegeben. Da die sehr stark verwitterten quartären Kiese überwiegend in bindiger Ausbildung bzw. mit bindigen Eigenschaften aufgeschlossenen wurden, wird die Lagerungsdichte für geringer verwitterte Kiese (z.B. RKS 1) in Klammern angegeben. Für die geringer verwitterten Kiese gelten dann die Angaben zur undrännierten Scherfestigkeit bzw. zur Konsistenz und Plastizität nicht.

Homogenbereich	A 1	A 2
<b>Bodenschicht (Bezeichnung gemäß Gutachten)</b>	<b>schluffige Deckschichten</b>	<b>sehr stark verwitterte quartäre Kiese</b>
<b>Bodengruppe (DIN 18196)</b>	<b>TL, TM, UL, UM</b>	<b>GU, GU* TL, TM, UL, UM</b>
Korngrößenverteilung (Körnungsbänder)	siehe Anlage 4.16	siehe Anlage 4.17
Anteil an Steinen [%]	0	0 - 5
Anteil an Blöcken [%]	0	0
Anteil an großen Blöcken [%]	0	0
Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	1,8 - 2,0	1,8 - 2,1
Undränierete Scherfestigkeit [kN/m <sup>2</sup> ]	20 - 40	20 - 40
Wassergehalt [%]	20 - 30	20 bis vollständig wassergesättigt
Konsistenz	weich bis steif	breiig bis steif
Konsistenzzahl I <sub>c</sub>	0,5 - 1,0	0,4 - 0,8
Plastizität	leicht bis mittel	leicht bis mittel
Plastizitätszahl I <sub>p</sub>	10 - 20	5 - 20
Durchlässigkeit [m/s]	1,0×10 <sup>-10</sup> - 5,0×10 <sup>-8</sup>	1,0×10 <sup>-9</sup> - 1,0×10 <sup>-4</sup>
Lagerungsdichte I <sub>b</sub>	--	(0,4 - 0,6)
Organischer Anteil [%]	0 - 5	0 - 5

**Tabelle 2:** Homogenbereich A 1 und A 2

Homogenbereich	B
Bodenschicht (Bezeichnung gemäß Gutachten)	Tertiäruntergrund Flinzsande
Bodengruppe (DIN 18196)	SU, SU*
Korngrößenverteilung	siehe Anlage 4.18
Anteil an Steinen [%]	0
Anteil an Blöcken [%]	0
Anteil an großen Blöcken [%]	0
Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	2,0 - 2,2
Undränierete Scherfestigkeit [kN/m <sup>2</sup> ]	--
Wassergehalt [%]	vollständig wassergesättigt
Konsistenz	--
Konsistenzzahl I <sub>c</sub>	--
Plastizität	--
Plastizitätszahl I <sub>p</sub>	--
Durchlässigkeit [m/s]	1,0×10 <sup>-7</sup> - 1,0×10 <sup>-4</sup>
Lagerungsdichte I <sub>D</sub>	0,40 – 0,90
Organischer Anteil [%]	0 - 5

**Tabelle 3:** Homogenbereich B

### 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 Gründung des Hallenbauwerks

Detaillierte Planunterlagen zum geplanten Hallenbauwerk liegen derzeit noch nicht vor. Es wird im Weiteren davon ausgegangen, dass es sich um eine nicht unterkellerte, gewerblich genutzte Halle handelt. Bei der Gründung von derartigen Hallen ist im Allgemeinen meist zwischen hochbelasteten Einzelbauteilen und dem Hallenfußboden zu unterscheiden.

Bei einer frostfreien Gründung (1,0 m unter GOK) liegt die Gründungsebene von hochbelasteten Bauteilen, wie z.B. Einzelfundamenten unter Hallenstützen, in den gering tragfähigen natürlichen Deckschichten oder in Teilbereichen in den ebenfalls gering tragfähigen sehr stark verwitterten quartären Kiesen. In diesen Böden ist eine Flachgründung nicht möglich. Um im vorliegenden Fall eine gleichmäßige und ausreichend tragfähige Gründung zu erhalten, empfiehlt sich eine Tiefgründung innerhalb der tragfähigen tertiären Flinzsande in Form einer Brunnengründung. Die Brunnen sollten dabei mindestens 0,3 m in die Flinzsande einbinden.

Bei der Herstellung der Brunnen sollte der Aushub des Bodens im Schachtgreiferverfahren erfolgen, wobei die Brunnenringe im Zuge des Aushubs nachgedrückt werden. Die Arbeiten sind so durchzuführen, dass kein seitlicher Bodenentzug bzw. -einbruch erfolgen kann. Um bei den teilweise leicht gespannten Grundwasserverhältnissen einen Sohlaufbruch vor allem im Gründungsbereich ausschließen zu können, müssen die Brunnen mit entsprechender Wasserauflast abgeteuft werden. Das heißt während der Aushubarbeiten unter dem Grundwasserspiegel ist ständig Wasser zuzugeben, so dass der Wasserspiegel im Brunnen stets über dem natürlichen Grundwasserspiegel liegt. Um keine Kolbenwirkung mit der Gefahr von Sohlaufbrüchen entstehen zu lassen, muss der Greifer deutlich kleiner sein als der Brunnen-durchmesser. Das Anheben des Greifers muss langsam erfolgen. Das Einbringen des Magerbetons muss im Kontraktorverfahren erfolgen. Aufgrund von wiederholt aufgetretenen Problemen bei der Ausführung der Brunnen empfiehlt sich grundsätzlich die Einweisung des ausführenden Personals durch einen Sachverständigen für Geotechnik im Zuge der beginnenden Arbeiten.

Zur Bemessung der Brunnen kann bei einer Einbindetiefe von mindestens 2,0 m und einem Brunnendurchmesser von bis zu 2,0 m von einem Bemessungswert des Sohlwiderstands von  $\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$  ausgegangen werden.

Bei dem angegebenen Wert handelt es sich um einen Bemessungswert des Sohlwiderstands, nicht um einen aufnehmbaren Sohldruck nach DIN 1054:2005 und nicht um eine zulässige Bodenpressung nach DIN 1054:1976.

Bei Ausnutzung des genannten Wertes ist mit Setzungen der Fundamente in einer Größenordnung von etwa 1 cm bis 2 cm zu rechnen. Die Setzungen dürften in den tertiären Sanden jedoch relativ schnell nach Aufbringen der Last abklingen.

Für die Gründung des Hallenfußbodens kommen im vorliegenden Fall mehrere Varianten in Betracht. Die Wahl ist anhand der Anforderungen an die Maßhaltigkeit zu treffen.

Bei hohen Anforderungen an die Maßhaltigkeit könnte der Hallenfußboden ebenfalls auf den genannten Brunnen, die bis in die tragfähigen Flinsande reichen, aufgelagert werden. Die Bodenplatte wäre dann zwischen den ggf. mit Kopfbalken verbundenen Auflagerpunkten als statisch freitragend zu bemessen. Die anstehenden gering tragfähigen Böden können bei dieser Variante so weitgehend im Untergrund belassen werden. Diese Variante stellt eine verformungsarme Konstruktion dar. Angesichts vermutlich höherer Spannweiten dürften jedoch, auf alle Fälle unterhalb der Bodenplatte zusätzliche Brunnen zur Auflagerung erforderlich werden.

Bei nicht zu hohen Anforderungen an die Maßhaltigkeit wäre im vorliegenden Fall auch eine „schwimmende“ Gründung des Hallenfußbodens auf einem Teilbodenaustauschpaket von 1,0 m Dicke innerhalb der gering tragfähigen Deckschichten und den sehr stark verwitterten quartären Kiesen denkbar.

Sofern die Frostsicherheit über eine umlaufende, ausreichend gedämmte Frostschräge gewährleistet wird, kann in diesem Fall als Bodenaustauschmaterial gut verdichtbares Ersatzmaterial, wie z.B. Kiessand der Bodengruppen GU (Schlammkorngehalt max. 10 %) oder GW nach DIN 18196 oder entsprechendes gebrochenes Schottermaterial, verwendet werden. Sofern keine Frostschräge vorgesehen wird, sollte generell frostsicheres Material der Bodengruppe GW nach DIN 18196 verwendet werden. Das Bodenaustauschmaterial sollte im Allgemeinen in Lagen von nicht über 25 cm Dicke 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

der Tiefe unter einem Winkel von 45° vorgenommen werden. Unter dem Bodenaustausch sollte zur Trennung von den dort anstehenden Böden und zur besseren Lastverteilung in der Aushubsohle ein geotextiles Trennvlies in Kombination mit einem knotensteifen Geogitter eingebaut werden.

Für eine optimale Verzahnung des Bodenersatzmaterials mit dem Geogitter, sollte dabei besonderes Augenmerk auf die optimale Kornabstufung des Bodenersatzmaterials für das jeweilige Geogitterprodukt gelegt werden.

Die Bodenaustauschmaßnahmen sollten nur bei trockener Witterung ausgeführt werden, um ein weiteres Aufweichen der Aushubsohle zu vermeiden. Jeglicher Wasserzutritt zur Aushubsohle sollte vermieden werden. Aus diesem Grund können in Teilbereichen ggf. Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich werden (siehe Abschnitt 4.2). Das Bodenersatzmaterial sollte auch aus diesem Grund unmittelbar nach den Aushubarbeiten eingebaut werden.

Das Bodenaustauschmaterial 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  $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$  nachgewiesen werden kann.

Für die Gründung des Hallenfußbodens auf dem Teilbodenaustauschpaket 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 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 Setzungsberechnung. Zur Vorbemessung kann bei genanntem Vorgehen (Teilbodenaustauschpaket) von einem Bettungsmodul von  $k_s = 3 \text{ MN/m}^3$  ausgegangen werden.

Bei Wahl dieser Variante ist zwischen den Fundamenten und der Bodenplatte mit Setzungsdifferenzen zu rechnen, die dann konstruktiv aufgenommen werden müssen und zu keinen Schäden führen dürfen. Die Gesamtsetzungen der Bodenplatte werden im vorliegenden Fall mit etwa 3 - 4 cm bei Setzungsdifferenzen zwischen Bodenplatte und Fundamente von etwa 2 cm abgeschätzt. Die angegebenen Werte sind selbstverständlich abhängig von der Belastung (Bodenpressungen), wurden aber anhand von vergleichbaren Bauvorhaben mit ähnlichen Untergrundverhältnissen abgeschätzt. Nach Kenntnis der Bodenpressungen empfiehlt

es sich - auch zur Bestimmung des maßgebenden Bettungsmoduls - die Setzungen rechnerisch zu ermitteln und auf Bauwerksverträglichkeit zu prüfen.

## 4.2 Baugrubenumschließung und Wasserhaltung

Bei Ausführung der Gründung entsprechend den Empfehlungen aus Abschnitt 4.1 wird eine Baugrube mit nur relativ geringer Tiefe erforderlich. Bei ausreichendem Platzangebot dürfen die für diese Baugrube 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 werden für die Gründungsarbeiten am Hallenbauwerk voraussichtlich nicht erforderlich. Vorsorglich sollte jedoch zur Ableitung von Oberflächen- und Sickerwasser eine Wasserhaltung mit gut ausgefiltertem Pumpensumpf und evtl. Dränleitungen mit ausgeschrieben und auch vorgehalten werden.

## 4.3 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 weisen die unterhalb der Aushubsohle anstehenden Böden durchweg eine Durchlässigkeit  $k < 1 \times 10^{-4}$  m/s auf. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass das Grundwasser zumindest im östlichen Bereich des Planungsgebiets bis nahe an die Geländeoberkante ansteigen kann. Aus diesem Grund sollten alle unter das künftige Gelände einbindenden Bauteile als WU-Konstruktion ausgebildet bzw. nach DIN 18195-6 gegen drückendes Wasser abgedichtet werden.

## 4.4 Verkehrsflächenbau

### 4.4.1 Frostsicherer Gesamtaufbau

Planunterlagen zu den geplanten Verkehrsflächen liegen derzeit nicht vor. Es wird deshalb im Weiteren davon ausgegangen, dass die erforderlichen Verkehrsflächen aufgrund des voraussichtlich vorhandenen, stärkeren Schwerverkehranteils zumindest in der Belastungsklasse Bk 3,2 nach RStO 12 ausgebaut werden.

Wegen der durchweg sehr frostempfindlichen (F 3) Böden im Planum (Deckschichten) muss nach RStO 12 der frostsichere Gesamtaufbau (UK Frostschutzschicht bis OK Straßendecke) bei Zugrundelegung der Belastungsklasse Bk 3,2 in der Frosteinwirkungszone II eine Dicke von 70 cm (60+5+0+5+0+0) erhalten. Bei einem Bodenaustausch im Planum mit GU-Material (F 2) reduziert sich die Dicke des frostsicheren Oberbaus generell um 10 cm. Je nach Ausführung der Straßenrandbereiche bzw. Entwässerung der Fahrbahn sind Abschläge für die Dicke des frostsicheren Oberbaus möglich.

Der Straßenkörper ist bei Verkehrsflächen, die in der Belastungsklasse Bk 3,2 bemessen wurden, so gut zu verdichten, dass auf OK Frostschutzschicht mittels statischer Plattendruckversuche nach DIN 18134 ein Verformungsmodul von  $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$  bei einem Verhältnis von  $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2$  nachgewiesen werden kann.

### 4.4.2 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 voraussichtlich nicht ohne weitere Sondermaßnahmen möglich, so dass eine Stabilisierung des Planums erforderlich wird.

Zur Stabilisierung des Planums empfiehlt sich ein flächiger Teilbodenaustausch mit kiesigem Material der Bodengruppen GU (Schlammkorngehalt max. 10 %) oder GW nach DIN 18196 oder mit entsprechend gebrochenem Schottermaterial, 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  $45^\circ$  vorgenommen werden. Zusätzlich empfiehlt sich bei den anstehenden Böden das Einlegen eines Geotextils in der Aushubsohle zur Trennung, da sonst eine Vermischung des Bodenaustauschmaterials mit den anstehenden Böden nicht zu vermeiden ist.

Die erfahrungsgemäß erforderliche Dicke des Bodenaustauschs unter dem Planum liegt im vorliegenden Fall bei den meist weich bis steif konsistenten Böden voraussichtlich bei etwa 40 cm. Bei ausgesprochen weichen Böden können auch bis zu etwa 70 cm erforderlich werden. Die tatsächlich erforderliche Dicke sollte lokal an einem Testfeld ermittelt werden.

Die Bodenaustauschmaßnahmen sollten nur bei trockener Witterung ausgeführt werden, um ein weiteres Aufweichen der Aushubsohle zu vermeiden. Jeglicher Wasserzutritt zur Aushubsohle sollte vermieden werden. Das Bodenersatzmaterial sollte auch aus diesem Grund unmittelbar nach den Aushubarbeiten eingebaut werden.

Alternativ zum genannten Bodenaustausch 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 Bindemittelart und die Bindemittelmenge sind 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  $\geq 3$  M.-%, einaxiale Druckfestigkeit nach 28 Tagen  $\geq 0,5$  N/mm<sup>2</sup>). 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/m<sup>2</sup> nachgewiesen werden.

## **4.5 Kanalbau**

### **4.5.1 Gründung der Kanalrohre und Schächte**

Detaillierte Planunterlagen zu den erforderlichen Kanälen liegen derzeit nicht vor. Aufgrund der vorherrschenden Grundwasserverhältnisse wird im vorliegenden Fall empfohlen, die Kanäle in möglichst geringer Tiefe zu verlegen. Es wird somit im Weiteren davon ausgegangen, dass die erforderlichen Kanäle in einer Tiefe von max. 2 m unter derzeitiger GOK zu liegen kommen.

Die Aushubsohle liegt in diesem Fall somit in den gering tragfähigen Deckschichten und sehr stark verwitterten Kiesen, in denen eine Gründung der Kanalrohre und Schächte nicht ohne Zusatzmaßnahmen möglich ist.

Zur Vergleichmäßigung der entstehenden Setzungen sollte deshalb unterhalb der Rohrbettung (ca. 15 cm bis 20 cm dickes Kiesbett) eine rund 40 cm dicke Kiesschicht eingebaut werden. Sollten in der Aushubsohle ausgesprochen weiche oder breiige bindige Schichten angetroffen werden, so sind diese restlos zu entfernen und ebenfalls durch kiesiges Material zu ersetzen. Sollten in Teilbereichen die tragfähigen Flinzsande schon mit einem Bodenaustausch geringerer Dicke erreicht werden (z.B. ggf. im Bereich von RKS 3) oder sollte die Aushubsohle in geringer verwitterten Kiesen liegen (z.B. ggf. RKS 1), wird keine weitere Vertiefung erforderlich.

Bei den vorliegenden Untergrundverhältnissen 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. Grundsätzlich ergibt sich die Art und der Umfang von notwendigen Bodenaustauschmaßnahmen erst im Zuge der Baumaßnahme und ist auch stark abhängig von den jeweiligen Witterungsverhältnissen sowie der gewählten Bauweise.

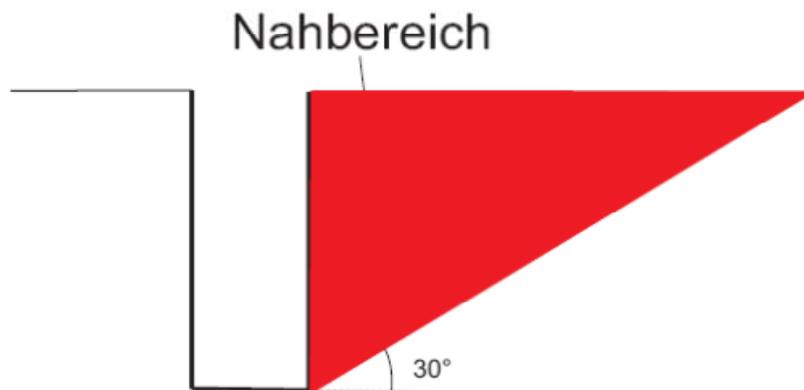
Generell sollten die Bodenaustauscharbeiten auch hier nur bei trockener Witterung ausgeführt werden, um ein weiteres Aufweichen der Aushubsohle zu vermeiden. Jeglicher Wasserzutritt zur Aushubsohle sollte vermieden werden. Das Bodenersatzmaterial sollte auch aus diesem Grund unmittelbar nach den Aushubarbeiten eingebaut werden. Es sollte in möglichst kurzen Abschnitten vorgegangen werden.

Als Bodenaustauschmaterial unter den Rohren und Schächten sollte auch hier gut verdichtbares Ersatzmaterial, wie z.B. Kiessand der Bodengruppen GU (Schlammkorngehalt max. 10 %) oder GW nach DIN 18196 oder entsprechend 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.

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

#### 4.5.2 Kanalgrabenverbau und Wasserhaltung

Je nach erforderlicher Bodenaustauschdicke wird der Kanalgraben eine Tiefe von bis zu etwa 2,5 m erreichen. Da der Kanalgraben nach der vorliegenden Planung voraussichtlich nicht dicht 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 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.

Durch die Aushubarbeiten für den Kanalbau wird voraussichtlich der Grundwasserspiegel in Teilbereichen (z.B. ggf. RKS 2, RKS 4) angeschnitten. Das bedeutet, dass für die Kanalbauarbeiten Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich werden. Sollte die Aushubsohle noch in den sehr schwach bis schwach durchlässigen Deckschichten oder den bindigen, sehr stark verwitterten quartären Kiesen liegen, kann die Wasserhaltung in Form einer offenen Wasserhaltung mittels ausgefilterten Dränleitungen und ggf. Pumpensümpfen erfolgen. Der Wasserandrang zur Baugrube wird in diesen Böden relativ gering sein.

Werden jedoch in Teilbereichen bereits die tertiären Sande oder auch sandig ausgebildete sehr stark verwitterte Kiese (z. B. RKS 4) angeschnitten, wird aufgrund der ausgeprägten Fließempfindlichkeit der Sande in diesen Bereichen eine Wasserhaltung mittels Vakuumlän-

zen erforderlich. Diese sollte in jedem Fall mit ausgeschrieben und auf der Baustelle vorgehalten werden.

Die Dränleitungen und Pumpensümpfe sind grundsätzlich filterstabil auszubilden, um eine innere Erosion in den umgebenden Böden zu vermeiden.

Absenkungen des Grundwasserspiegels über das Maß der natürlichen Schwankungen führen innerhalb des Absenktrichters im Allgemeinen infolge Auftriebsverlust zu zusätzlichen Belastungen des Baugrunds und damit zu Setzungen, die in eventuellen Bereichen leicht zusammendrückbarer bindiger Böden beachtliche und unzulässig große Werte annehmen können, so dass ggf. Abhilfemaßnahmen zu entwerfen sind. Generell ist sicherzustellen, dass alle im Einflussbereich der Wasserhaltungsmaßnahmen liegenden Bauwerke ausreichend gegründet sind und somit durch die Arbeiten keine Schäden zu erwarten sind.

Sämtliche Wasserhaltungsmaßnahmen bedürfen einer wasserrechtlichen Genehmigung.

In allen Bauzuständen und im Endzustand ist auf eine ausreichende Sicherheit gegen Aufschwimmen (auch der Deckschichten), hydraulischen Grundbruch, Sohlaufbruch und Erosionsgrundbruch zu achten.

Die Hinterfüllung und Verdichtung von Bodenmaterial in den Kanalgräben sollte nach der ZTVA-StB 12 bzw. ZTVE-StB 09 erfolgen. Auf eine ordnungsgemäße Verfüllung und Verdichtung des hinterfüllten Bodenmaterials einschließlich der durchzuführenden Verdichtungskontrollen ist zu achten.

## 4.6 Versickerung

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

Die anstehenden natürlichen Deckschichten und die sehr stark verwitterten quartären Kiese sind aufgrund einer überwiegend zu geringen Durchlässigkeit ( $k_f < 1 \times 10^{-6}$  m/s) zur Versickerung von Niederschlagswasser generell nicht geeignet.

Die anhand der Sieblinienauswertungen nach BEYER (1964) für die tertiären Sande bestimmten Durchlässigkeitsbeiwerte liegen zwischen  $7,4 \times 10^{-5}$  m/s und  $7,0 \times 10^{-7}$  m/s. Unter Berück-

sichtigung des nach DWA-A 138 anzusetzenden Korrekturwertes (0,2) für die Bemessung von Versickerungseinrichtungen, liegt die Durchlässigkeit der Sande zwischen rund  $1,5 \times 10^{-5}$  m/s und  $1,5 \times 10^{-7}$  m/s. Da somit die überwiegende Anzahl der Einzelwerte unter dem nach DWA-A 138 geforderten Grenzwert ( $k_f < 1 \times 10^{-6}$  m/s) liegt, sollte im Planungsgebiet von einer Versickerung von Niederschlagswasser abgesehen werden.

Darüber hinaus können – wie mit den Ergebnissen der Felduntersuchungen verdeutlicht – die nach DWA A 138 geforderten Sohlabstände einer Versickerungsanlage zum MHGW zumindest im östlichen Bereich des Planungsgebiets in keinem Fall eingehalten werden.

#### **4.7 Weitere Entwurfs- und Ausführungshinweise**

##### *Auftriebssicherheit*

Für in das Grundwasser einbindende Bauteile ist auf eine ausreichende Auftriebssicherung während aller Bauzustände sowie im Endzustand zu achten. Hinweise zu den Grundwasserständen wurden in Abschnitt 3.2 gegeben.

##### *Frostsicherheit*

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

##### *Hinterfüllung*

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

##### *Sicherheitsmaßnahmen*

Bei allen Erdarbeiten und grundbaulichen Maßnahmen sind die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften zu beachten, vor allem die Sicherheitsvorschriften der Bauberufsgenossenschaft und die Ausführungen der DIN 4124.

## 5 Schlussbemerkungen

Das vorliegende Baugrundgutachten beschreibt und beurteilt die angetroffenen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse, nimmt die geologischen, bodenmechanischen und bautechnischen Klassifizierungen vor und erarbeitet die für die erdstatischen Berechnungen erforderlichen Bodenkenngrößen. Darüber hinaus werden Vorschläge zur Gründung des Hallenbauwerks, zum Verkehrsflächenbau, zum Kanalbau und zur Versickerung von Niederschlagswasser mit Empfehlungen zur Planung und Bauausführung gegeben. Damit sind von den am Bau Beteiligten die Ergebnisse der Baugrunderkundung in die weitere Planung einzuarbeiten.

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, 22. Juni 2016



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

Dipl.-Geol. Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Kraus

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.