

ukafacilities GmbH

***Neubau Verfügungsgebäude Pflege / Psychiatrie,
Kullenhofstraße, Aachen***

Baugrundgutachten (1.Bericht)

Projekt - Nr. 2170377BG_G02

Bonn, den 23.03.2020

Vera Döttling, M.Sc. Geow.

Inhaltsverzeichnis:

<u>1 Auftrag, Situation und Unterlagen</u>	1
1.1 Auftrag und Situation.....	1
1.2 Unterlagen	1
<u>2 Durchgeführte Untersuchungen</u>	3
<u>3 Untersuchungsergebnisse</u>	3
3.1 Topographie, Geologie und Tektonik/Erdbeben	3
3.1.1 Topographie.....	3
3.1.2 Geologie	4
3.1.3 Erdbeben und geotechnische Kategorie.....	4
3.2 Hydrogeologie	5
3.2.1 Gemessene Wasserstände (Bohrungen)	5
3.2.2 Recherchierte Wasserstände.....	5
3.2.3 Zusammenfassung der hydrogeologischen Situation	6
3.3 Schichtbeschreibung.....	7
3.3.1 Auffüllung.....	7
3.3.2 Decklehme.....	8
3.3.3 Verwitterungslehme, Felsverwitterungszone	9
3.3.4 Angewitterter Fels / Fels	12
3.4 Charakteristische Baugrundkennwerte und Bodenklassen.....	13
<u>4 Gründung</u>	16
4.1 Situation/ gepl. Maßnahme	16
4.2 Gründungstechnische Bewertung der Bodenverhältnisse (Tragfähigkeit)...	16
4.3 Gründungsempfehlungen.....	17
4.3.1 Allgemein	17
4.3.2 Flachgründung.....	17
4.3.3 Tiefgründung über Bohrpfähle	17
4.4 Vorbemessung Tiefgründung über Bohrpfähle im angewitterten Fels/ Fels	18
4.4.1 Spitzendruck, Mantelreibung und Einbindetiefe	18
4.4.2 Bettungsmodul	19
4.5 Bodenplatte	20
<u>5 Hinweise zur Bauausführung/Abdichtung</u>	20
5.1 Aushub und Bohrarbeiten	20
5.1.1 Aushub	20
5.1.2 Bohrarbeiten	21
5.2 Aushubsohle/ Baustraßen	21
5.3 Wiederverfüllung	22
5.4 Temporäre Böschungen	22
5.5 Wasserhaltung während der Bauzeit.....	23
5.6 Bodenaustausch und Bodenaufbau	23
<u>6 Abdichtung/ Drainage</u>	24
<u>7 Bewertung Bodenaushub</u>	25
<u>8 Sonstiges</u>	26
<u>9 Schlussbemerkung</u>	27

Anlagen

1 Auftrag, Situation und Unterlagen

1.1 Auftrag und Situation

Die ukafacilities GmbH erteilte dem Ingenieurbüro Kühn Geoconsulting GmbH den Auftrag, für das o.g. Bauvorhaben eine Baugrunduntersuchung durchzuführen und hierzu ein Baugrundgutachten zu erstellen. Im Jahr 2017 wurde durch die Kühn Geoconsulting GmbH bereits ein orientierendes Baugrundgutachten (2170377BG_G01) erstellt.

Das geplante Gebäude ist im Bereich des Universitätsklinikums Aachen, südlich der Kullenhofstraße, im Bereich des „Campus A“, lokalisiert. Es soll auf dem Baufeld errichtet werden, welches sich zwischen dem Gebäude „Gasthaus Uniklinik“ (Kullenhofstr. 54a) und dem Kreisel in der Kullenhofstraße erstreckt.

Das Gebäude soll laut der aktuellen Planung 5 Geschosse und ein Dachgeschoss erhalten und nicht unterkellert werden [U3].

Die Ausdehnung des geplanten Gebäudes beträgt insgesamt etwa 73 m x 45 m.

1.2 Unterlagen

Als Arbeitsgrundlage wurden uns folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt und zur Bearbeitung herangezogen:

[U 1] RDS Partner Planungsgesellschaft mbH, Hattingen
Lageplan (Vorabzug, 15.08.2019)
Maßstab 1:200
(per E-Mail erhalten: 07.11.2019)

[U 2] RDS Partner Planungsgesellschaft mbH, Hattingen
Etage E, Etage 1, Etage 2, Etage 3, Etage 4, Etage 5 (Vorabzug, 15.08.2019)
Maßstab 1:100
(per E-Mail erhalten: 07.11.2019)

[U 3] RDS Partner Planungsgesellschaft mbH, Hattingen
Schnitt A-A, Schnitt B-B, Schnitt C-C (Vorabzug, 15.08.2019)
Maßstab 1:100
(per E-Mail erhalten: 07.11.2019)

- [U 4] Kempen Krause Ingenieure GmbH, Aachen
Lageplan Entwässerung und Infrastruktur-Trassen (Entwurfsplanung)
(Vorabzug, 07.10.2019)
Maßstab 1.250
(per E-Mail erhalten: 12.12.2019)
- [U 5] Dipl.-Ing. H. Lenzke, Öffentl. best. Verm., Aachen
Bestandsplan UKA (Ausschnitt) (Ergänzter Kanalbestand) (14.05.2019)
Maßstab 1.250
(per E-Mail erhalten: 23.01.2020)
- [U 6] Kühn Geoconsulting GmbH, Bonn
Orientierendes Baugrundgutachten 2170377_BG_G01a (überarbeitete Version,
25.09.2019)

Weiterhin wurden berücksichtigt:

Bohrungen des Fremdgutachtens Kramm Ingenieure GmbH & Co. KG, Aachen (s. orientierendes Baugrundgutachten), sowie die topografischen, hydrologischen und geologischen Karten, Blatt 5202, Aachen; die Karte zur DIN 4149, „Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland“, 1:350.000 (06.2006) und ältere Projekte der Kühn Geoconsulting GmbH, die in der Umgebung des BV bereits durchgeführt wurden.

2 Durchgeführte Untersuchungen

Am 17.01.2020, 03.02.2020 und 04.02.2020 wurden 9 Rammkernbohrungen (RKS 10 – RKS 18, Ø 36 - 50 mm) mit Endtiefen von 6,10 m (RKS 11) bis 11,50 m (RKS 10) unter Gelände abgeteuft.

Zur Untersuchung der Lagerungsdichte wurden außerdem 4 schwere Rammsondierungen (DPH 10 – DPH 13) mit den Endtiefen von 6,10 m (DPH 11) bis 14,10 m (DPH 10) und eine leichte Rammsondierung (DPL 16; 6,40 m) durchgeführt.

Weiterhin werden für dieses Gutachten auch die Geländeuntersuchungen aus dem orientierenden Baugrundgutachten [U6] mit herangezogen.

Die Bohrpunkte wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Höhenbezug waren die Kanaldeckel KD1 (209,8 m ü. NHN, [U5]) und KD2 (210,8 m ü. NHN, [U5]) (Höhenunterschied DHHN92 – NHN $\approx$ + 2,0 – 3,0 cm).

Alle Maße und Höhen sind im Zuge der weiteren Planungen und vor Baubeginn bauseits verantwortlich zu überprüfen.

An den aus den Bohrungen gewonnenen Proben wurden 10 Wassergehaltsbestimmungen nach DIN 17 892-1 und 4 Bestimmungen der Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17 892-12 durchgeführt.

Alle Ergebnisse sind in den Anlagen 1 und 2 dargestellt.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Topographie, Geologie und Tektonik/Erdbeben

3.1.1 Topographie

Das Baugrundstück liegt in der Gemarkung Laurensberg in der Gemeinde Aachen. Die Geländeoberkante (GOK) des betreffenden Baugrundstücks liegt im Mittel bei etwa 210,00 m ü. NHN.

Zurzeit sind auf der betreffenden Fläche ein Parkplatz und Grünflächen vorhanden.

3.1.2 Geologie

Nach Darstellung der geologischen Karte 1:25 000, Blatt 5202 Aachen, steht im Untergrund Kreidemergel der Gülpener Kreide an. Sie bestehen i.d.R. aus geringer festen Mergel- und Kalkmergelsteinen mit festen Mergelkalkbänken. Rudimentär können darüber Reste der Orsbacher Feuersteinkreide vorliegen (Baugrundkarte 1: 25.000, Blatt Aachen NW (Prof. Dr. Schüteling; 1991). Der Fels/verwitterte Fels geht sukzessiv in die Felsverwitterungszone über, die durch Verwitterungsprozesse bis hin zur vollständigen Materialumwandlung gekennzeichnet ist. Über der Felsverwitterungszone folgen dann Verwitterungslehme, wobei auch hier ein fließender Übergang vorliegt. Die Verwitterungslehme bestehen aus einem kiesigen/steinigen Lehm und weisen eine überwiegend steife Konsistenz auf. Z.T. dominiert der Kies/Steinanteil. Über den Verwitterungslehm liegen Decklehme vor, die ebenfalls eine überwiegend steife Konsistenz aufweisen. Teilweise sind durch Umlagerungen und/oder Solifluktuationsprozesse Steine und Kiese enthalten. Darüber folgen aufgefüllte Böden, die zwischen ca. 0,70 m (RKS 10) und 3,20 m (RKS 11) unter Gelände reichen. In Teilbereichen der Auffüllung sind auch humose Bestandteile vorhanden.

Anmerkung:

Im Bereich der Fremdbohrung „RKB 13“ wurden die Lehme in der Tiefenlage zwischen 0,50 - 6,50 m u. GOK (bzw. bezogen auf NHN zwischen 208,84 m ü. NHN und 202,84 m ü. NHN) als Verwitterungslehme angesprochen. Nach den Ergebnissen unserer Geländearbeiten handelt es sich bei dem beschriebenen Boden im Bereich zwischen 0,50 – 4,60 m u. GOK wohl um Decklehme und darunter, bis 6,50 m u. GOK um Verwitterungslehme. Da diese Schichten jedoch im Fremdgutachten nicht getrennt beschrieben wurden, werden sie dort als „Decklehme“ zusammengefasst.

3.1.3 Erdbeben und geotechnische Kategorie

Nach der Karte zur DIN 4149 (Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland), Blatt NRW, im Maßstab 1:350 000 (Ausgabe 06.2006) liegt die Gemarkung Laurensberg, in der das untersuchte Gelände liegt, in der Erdbebenzone 3 und der Untergrundklasse R. Weiterhin ist aufgrund der o.g. Untergrundverhältnisse unter Berücksichtigung der DIN 4149, Abs. 5.2.3 (1) für die Deck- und Verwitterungslehme sowie die Felsverwitterungszone die Baugrundklasse C anzusetzen. Mit zunehmender Tiefe sind dann die Baugrundklassen B (mäßig verwittert) und A (unverwittert) anzusetzen, wobei hier eine Abgrenzung nach dem in DIN 4149 beschriebenen Verwitterungsgrad nur anhand von entsprechenden Großbohrungen möglich ist.

Auffüllungen lassen sich ohne weitere Untersuchungen hinsichtlich des Einflusses auf die Erdbebeneinwirkungen nicht in das Klassifizierungsschema der DIN 4149 einordnen.

Der geplante Neubau ist nach den uns vorliegenden, o.g. Unterlagen, sowie unter Berücksichtigung der Untergrundverhältnisse, der geotechnischen Kategorie 2 nach DIN 1054:2010-12 zuzuordnen.

3.2 Hydrogeologie

3.2.1 Gemessene Wasserstände (Bohrungen)

Im Bereich des Bauvorhabens ist mit Schichtwasser oberhalb der Felsverwitterungszone / Fels-Zone zu rechnen. Dies ist besonders bei langanhaltenden Starkniederschlägen in den aufgefüllten Böden bzw. in geringer bindigen Zwischenlagen zu erwarten.

Wie bereits bei den Geländeuntersuchungen 2017 wurde auch in den ergänzend durchgeführten Bohrungen in der Auffüllung, den Decklehm sowie den Verwitterungslehm z.T. feuchte bis klopfnasse Bereiche festgestellt.

3.2.2 Recherchierte Wasserstände

In der Grundwassergleichenkarte für den Grundwasserstand im Oktober 1973 (1:50 000, Blatt L5302 Aachen) wird ein Grundwasserstand von etwa 190,0 m ü. NN bis 195,0 m ü. NN angegeben. Damit ergibt sich mit einer mittleren GOK von 210,0 m ü. NN ein Flurabstand von ca. 15,0 m.

Laut LANUV liegen außerdem in näherer Umgebung des zu bebauenden Bereichs mehrere Grundwassermessstellen (GWM). So zeigt die etwa 70 m westlich vom Baufeld gelegene Messstelle „Aachen Klinikum 5“ (Geländeoberkante: 213,66 m ü. NHN, Messzeitraum 06.11.1978 – 15.10.2017, Turnus: halbjährlich, 827 Messwerte) einen maximalen Wasserstand von 186,00 m. ü. NHN (09.03.1999). Dies entspricht einem Flurabstand von ca. 28,0 m unter GOK. Die maximale Schwankungsbreite an dieser Messstelle beträgt etwa 7,00 m.

Die hydrogeologische Situation des Untergrundes am BV ist in etwa mit der in 70,0 m Entfernung liegenden Grundwassermessstelle vergleichbar, was auch die Schichtprofile

der hydrologischen Karte, Blatt 5202, Aachen, zeigen. Schlägt man die o.g. max. Schwankung der Grundwasserspiegelhöhe auf den Grundwasserstand von 195,0 m ü. NN der Grundwassergleichenkarte auf, so ergibt sich ein Mindestflurabstand von 8,00 m.

In größerer Entfernung zum Baufeld liegen weitere Grundwassermessstellen („Klinikum 1“, „Klinikum 4“, „Klinikum 6“ und „Klinikum 7“, deren Flurabstände und Grundwasserschwankungen sich ebenfalls in etwa in diesem Bereich bewegen.

Anmerkung:

Laut Angaben der LANUV liegt der Grundwasserhorizont in der Oberkreide. Diese Lage im Niveau der Festgesteinsbereiche (verwitterter Fels/ Fels) kann lokal zu variierenden Grundwasserhöhen führen, da in Festgesteinen der Grundwasserfluss an Klüfte oder Verwitterungshohlräume gebunden ist und sich das Wasser lokal oberhalb undurchlässigen Gesteins aufstauen kann.

3.2.3 Zusammenfassung der hydrogeologischen Situation

Bei den Geländearbeiten wurde deutlich, dass im Bereich des Bauvorhabens mit Schichtwasser zu rechnen ist.

Weiterhin zeigen die Recherchen, dass aufgrund des auch in unseren Untersuchungen angetroffenen verwitterten Felses bzw. angewitterten Felses im Untergrund die Grundwasserhöhe variiert, da das Grundwasser sich lokal über dem undurchlässigen Festgestein bzw. darüber liegendem Verwitterungslehm aufstauen kann.

Näherungsweise kann ein Flurabstand von etwa 8,00 m angenommen werden.

Nach momentanem Erkenntnisstand bleibt das Grundwasser damit ohne Einfluss auf das Bauwerk.

Bei einer Tiefgründung über Pfähle ist das Grundwasser jedoch beim Bohren zu berücksichtigen.

3.3 Schichtbeschreibung

3.3.1 Auffüllung

In allen durchgeführten Bohrungen wurde aufgefüllter Boden angetroffen.

Die Auffüllung reicht im Bereich des Baufeldes zwischen 0,50 m (Fremdbohrung RKB 13) und 3,20 m (RKS 11) unter GOK bzw. bezogen auf NHN bis zwischen 207,09 m ü. NHN (RKS 17) und 209,76 m ü. NHN (RKS 13).

Die Auffüllung setzt sich aus teilweise feinsandigen, teils schwach bis stark kiesigen, sowie schwach bis stark tonigen Schluffen zusammen. Z.T. sind auch tonige Lagen vorhanden (RKS 11, RKS 14 - 18). Teilweise ist die Auffüllung steinig. In den oberen Bereichen wurden humose Bestandteile angetroffen. Fremd Beimengungen in der Auffüllung waren Ziegel, Beton, Bauschutt, Mergelbruchstücke, Mörtel, Basalt, Schotter, Feuerstein und Schlacke (RKS 14) vorgefunden. In der Fremdbohrung RKB 13 wurde die Auffüllung als kiesiger Sand angesprochen.

Die durchgeführten Untersuchungen wurden mit Ausnahme von RKS 10 und RKS 14 in Grünflächen abgeteuft. In den o.g. beiden Bohrungen wurde unter dem Verbundstein-Pflaster ein Unterbau (kiesig, sandig) bis etwa 0,40 m unter GOK festgestellt.

Auch die Fremdbohrung „RKB 13“ wurde laut Bohransprache im Bereich versiegelter Flächen abgeteuft.

Die bindigen Bereiche der Auffüllung haben zum Teil eine weich-steife, zum Teil eine steife, und teilweise auch eine halbfeste bis feste Konsistenz.

Die nichtbindigen Lagen der Auffüllung weisen überwiegend eine mitteldichte-dichte Lagerung auf. Teilweise wurden auch locker gelagerte Bereiche und dicht gelagerte Bereiche festgestellt.

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf Auffüllung

	bindig	nicht bindig
Raumgewicht (erdfeucht)	18,0 -	17,0 kN/m ³
Raumgewicht (unter Auftrieb)	8,0 -	7,0
Kohäsion	2,5 -	0,0
Reibungswinkel	27,5 -	32,5 °
Steifeziffer	5,0 -	18,0 MN/m ²

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche

Auffüllung

Raumgewicht	15,0	-	21,0	kN/m ³
Undrainierte Scherfestigkeit	50,0	-	>250,0	kN/m ²
Wassergehalte	10,0	-	30,0	%
Plastizitätszahl	10,0	-	20,0	%
Konsistenzzahl	0,5	-	>1,25	

3.3.2 Decklehme

Die Unterkante (UK) der Decklehme liegt im Bereich des Baufeldes zwischen 2,50 m (RKS 13) und 5,50 m (RKS 10) unter GOK bzw. bezogen auf NHN zwischen 203,36 m ü. NHN (RKS 10) und 208,06 m ü. NHN (RKS 13)¹.

Bei den Decklehmern handelt es sich um schwach tonige bis tonige Schluffe, z.T. auch mit stark tonigen Zwischenlagen. Teilweise sind durch Umlagerungen Feinsande enthalten. Im unteren Bereich der Decklehme kommen teilweise Kiesanteile hinzu, was darauf hinweist, dass das Material wahrscheinlich umgelagert wurde (Solifluktion).

Für eine Probe aus der RKS 2 wurde im Rahmen der orientierenden Untersuchung (2017) an stichprobenartig ausgewählten Proben natürliche Wassergehalte (n. DIN 18 121) zwischen 18,75% und 20,70% bestimmt.

Im Rahmen des vorliegenden Baugrundgutachtens wurden natürliche Wassergehalte zwischen 20,60 % und 21,70 % festgestellt.

Die Decklehme weisen eine überwiegend steife Konsistenz nach der Geländeansprache auf. Unter Schichtwassereinfluss wurden lokal auch weich-steife Bereiche festgestellt.

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf

Decklehme

Raumgewicht (erdfeucht)	19,0	-	20,0	kN/m ³
Raumgewicht (unter Auftrieb)	9,0	-	10,0	kN/m ³
Kohäsion	10,0	-	5,0	kN/m ²
Reibungswinkel	27,5	-	30,0	°
Steifeziffer	10,0	-	15,0	MN/m ²

¹ In der Fremdbohrung RKB 13 sind Decklehme nicht explizit getrennt von den Verwitterungslehmern angegeben. Daher werden sie für diesen Bereich dort insgesamt als „Decklehme“ oberhalb der Verwitterungszone zusammengefasst.

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche

Decklehme

Raumgewicht	18,0	-	21,0	kN/m ³
Undrainierte Scherfestigkeit	50,0	-	>200,0	kN/m ²
Wassergehalte	10,0	-	30,0	%
Plastizitätszahl	5,0	-	20,0	%
Konsistenzzahl	0,25	-	>1,25	

3.3.3 Verwitterungslehme, Felsverwitterungszone

Die OK der **Verwitterungslehme** wurde im Bereich des Baufeldes zwischen ca. 2,50 m (RKS 13) und 5,50 m (RKS 10) unter GOK erreicht² bzw. bezogen auf NHN zwischen 203,36 m ü. NHN (RKS 10) und 208,44 m ü. NHN (RKS 11).

Bei den Verwitterungslehmen handelt es sich um teilweise schwach sandige bis sandige, Tone, oder tonige, feinsandige Schluffe mit Bestandteilen in Kiesgröße. Dabei handelt es sich im oberen Bereiche um Feuersteine (Reste der Orsbacher Feuersteinkreide), während es sich im unteren Bereich um Mergel handelt, der damit den Übergangsbereich zur darunterliegenden Felsverwitterungszone darstellt.

Anmerkung:

Grundsätzlich geht der Verwitterungslehm im unteren Bereich in die unterlagernde Felsverwitterungszone über. Vor allem in RKS 1 ist eine genaue Abgrenzung nicht möglich, Die hier eingetragene Schichtgrenze ergibt sich durch die Interpolation der Schichtgrenzen der benachbarten Bohrungen (s. Anlage 2 (Profil 2)).

Für die Verwitterungslehme wurden folgende Fließ (w_L) - und Ausrollgrenzen (w_P) ermittelt:

Probe 13/5: w_L = 28,5 %; w_P = 20,4 % (leicht plastischer Ton)

Probe 16/7: w_L = 32,9 %; w_P = 19,9 % (leicht plastischer Ton)

Probe 17/8: w_L = 55,9 %; w_P = 28,4 % (ausgeprägt plastischer Ton)

Weiterhin wurde an insgesamt 8 Proben aus den Verwitterungslehme natürliche Wassergehalte zwischen 17,69% und 43,70% ermittelt.

² Siehe Fußnote 1), Abschnitt 3.3.2 Decklehme

Die **Felsverwitterungszone** wurde in allen Bohrungen mit Ausnahme von RKS 18 erreicht. Hier war keine eindeutige Abstufung zwischen dem Verwitterungslehm und der darunter liegenden OK des angewitterten Felses möglich. Die OK der Felsverwitterungszone liegt im Bereich des Baufeldes in Tiefen zwischen 4,20 m (RKS 10) und 9,70 m (RKS 10) unter GOK und bezogen auf NHN zwischen 199,16 m ü. NHN (RKS 10) und 207,44 m ü. NHN (RKS 11).

Im Bereich RKS 1 ist, wie bereits beschrieben, keine eindeutige Abgrenzung zu den darüber liegenden Verwitterungslehmen möglich. Es empfiehlt sich, für die stärker verwitterten Bereiche die Bodenkennwerte der Verwitterungslehme, und für die etwas schwächer verwitterten Lagen die Bodenkennwerte der Felsverwitterungszone anzusetzen.

Es handelt sich bei dem Gestein um Kreidemergel, und damit um kalkige Mergel mit festen Mergelkalkbänken. In der Felsverwitterungszone handelt es sich, insbesondere bei den hier auftretenden Kalkmergeln, um ein meist im oberen Bereich vollständig zersetztes Material, das daher nur noch die bodenmechanischen Eigenschaften eines Lockergesteins aufweist.

Mit zunehmender Tiefe nimmt der Zersetzungsgrad weiter ab, wobei erfahrungsgemäß das Material, insbesondere entlang von Kluft- und Trennflächen, eine Mineralumwandlung erfahren hat und ein gelockertes Mineralgefüge und vollständige Auflockerung an den Trennflächen aufweisen kann.

Die **Verwitterungslehme** weisen nach den oben beschriebenen Laboruntersuchungen und gem. Geländeansprache überwiegend eine z.T steife, steif – halbfeste und halbfeste Konsistenz auf, die mit zunehmender Tiefe, mit dem Übergang in die **Felsverwitterungszone**, in den halbfesten-festen Bereich übergehen.

Dies bilden neben den Bohrwiderständen der Bohrungen selbst auch die Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen ab. Hier wurden Schlagzahlen von $n_{10}=10$ bis z.T. $n_{10}=20$ festgestellt, die in der Tendenz in größerer Tiefen im Bereich der Felsverwitterungszone dann weiter ansteigen. Entsprechend wurden in der leichten Rammsondierung DPL 16 in den Tiefenbereichen der Verwitterungslehme bzw. Felsverwitterungszone Schlagzahlen von $n_{10} \geq 40$ (mit zunehmender Tiefe weiter zunehmend) festgestellt.

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf:

Verwitterungslehme

Raumgewicht (erdfeucht)	19,0	-	21,0	kN/m ³
Raumgewicht (unter Auftrieb)	9,0	-	11,0	kN/m ³
Kohäsion	18,0	-	10,0	kN/m ²
Reibungswinkel	20,0	-	30,0	°
Steifeziffer	15,0	-	25,0	MN/m ²

Felsverwitterungszone

Raumgewicht (erdfeucht)	20,0	-	22,0	kN/m ³
Raumgewicht (unter Auftrieb)	11,0	-	13,0	kN/m ³
Kohäsion	25,0	-	15,0	kN/m ²
Reibungswinkel	28,0	-	30,0	°
Steifeziffer	20,0	-	40,0	MN/m ²

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche:

Verwitterungslehme

Raumgewicht	18,0	-	22,0	kN/m ³
Undrainierte Scherfestigkeit	50,0	-	>250,0	kN/m ²
Wassergehalte	20,0	-	40,0	%
Plastizitätszahl	15,0	-	35,0	%
Konsistenzzahl	0,25	-	>1,25	

Felsverwitterungszone

Raumgewicht	20,0	-	24,0	kN/m ³
Lagerungsdichte D	0,5	-	>0,8	
Verwitterungsgrad	VZ bis VE nach FGSV			

3.3.4 Angewitterter Fels / Fels

Die OK des **angewitterten Felses /Felses** wurde im Bereich des gepl. Gebäudes in den Bohrungen RKS 2, RKS11, RKS 13, RKS 15 und RKS 18 in einer Tiefe zwischen 5,70 m (RKS 18) und 7,30 m (RKS 15) unter GOK bzw. bezogen auf NHN zwischen 203,07 m ü. NHN (RKS 15) und 205,74 m ü. NHN (RKS 11) angetroffen. Für detaillierte Angaben sind Großbohrungen oder Schürfe erforderlich.

Bei der Betrachtung der Bohrprofile (Anlage 2) zeigt sich, wie bereits im orientierenden Baugrundgutachten vermutet, ein Abtauchen der OK des angewitterten Felses von West nach Ost.

Vollständig unverwitterter Fels wurde in den durchgeführten Bohrungen nicht angetroffen.

Anmerkungen:

An Kluffflächen kann die Zersetzung tiefer hinab reichen und härtere Mergelbänke können dagegen auch weiter ober auftreten. Daher kann der tatsächliche Verlauf der Schichtgrenzen von dem in den Profilen dargestellten abweichen. Aufgrund der Felszusammensetzung kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Rammkernbohrungen bedingt durch das Bohrverfahren mit Erreichen einer festeren Mergelkalkbank abgebrochen werden musste und darunter noch entfestigte Mergellagen folgen.

Im Kreidemergel können, bedingt durch Verkarstungsprozesse, auch röhrenförmige und lehmverfüllte „Schlotten“ auftreten, die tiefer in den Untergrund reichen. Werden diese festgestellt, so sind die weiteren Maßnahmen mit dem Gutachter abzustimmen. Eine Vorerkundung anhand von Bohrungen ist aufgrund der rel. kleinen Durchmesser (wenige Meter) nicht möglich, bzw. sehr aufwändig, und muss bei Bedarf anhand von geophysikalischen Untersuchungen erfolgen.

Um die bautechnischen Kennwerte zu ermitteln, sind im Vorfeld der Baumaßnahme weitere Untersuchungen (z.B. Schürfe, Großbohrungen) erforderlich.

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf (Ersatz-Kennwerte) angewitterter Fels / Fels

Raumgewicht (erdfeucht)	21,0	-	23,0	kN/m ³
Kohäsion ¹⁾	30,0	-	15,0	kN/m ²
Reibungswinkel ¹⁾	20,0	-	27,5	°
Steifeziffer	80,0	-	120,0	MN/m ²
		Fels		>150,0 MN/m ²

Anmerkungen: ¹⁾ Ersatzscherbeiwerte

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche:

angewitterter Fels/ Fels

Angabe der bautechnischen Kennwerte erst nach weiteren Untersuchungen (z.B. Schürfen, Großbohrungen) möglich.

3.4 Charakteristische Baugrundkennwerte und Bodenklassen

Folgende mittleren Baugrundkennwerte können zur Bemessung angesetzt werden:

Tab. 1: Charakteristische Baugrundkennwerte (n. DIN 1054:2010)

Bodenart	Wichte erdfeucht [kN/m³]	Wichte unter Auftrieb [kN/m³]	Kohäsion [kN/m²]	Rei- bungs- winkel [°]	Steife- modul [MN/m²]
Auffüllung	17,50	7,50	1,25	30,00	5,00 ¹⁾
Decklehme	19,50	9,50	7,50	28,75	12,50
Verwitterungslehme	20,00	10,00	14,00	25,00	20,00
Felsverwitterungszone	21,00	12,00	20,00	27,50	30,00
Angewitterter Fels / Fels	22,50	- -	22,50	27,50	100,00 Fels >150,0

Anm.: 1) Unterer Grenzwert wegen inhomogener Zusammensetzung angesetzt

Tab. 2: Bodenklassen (n. DIN 18 300:2012)

Bodenart	Bodenklassen (n. DIN 18 300:2012)
Auffüllung	ggf. Bkl. 1 (aufgefüllte Böden mit humoser Bodenbildung; (Grünfläche)) Bkl. 3 (Kiese, Sande) Bkl. 4 ¹⁾ (Schluffe) ggf. Bkl. 5-7 (für Steine, Bauschutt usw. in Abhängigkeit von Menge und Steingröße)
Decklehme	Bkl. 4 ¹⁾ ggf. Bkl. 3 (sandige Bestandteile)
Verwitterungslehme	Bkl. 4 ¹⁾ , Bkl. 5, ggf. Bkl. 5-7 (Stein-/Schotterlagen)
Felsverwitterungszone,	Bkl. 4 ¹⁾ (bindige Lagen/Klüfte), Bkl. 3 (kiesig-sandige Lagen), Bkl. 5-6 (Böden mit erhöhten Steinanteilen), Bkl. 6-7 (Steine-/ Blöcke)
angewitterter Fels bis Fels	Bkl. 6 (angewitterter Fels), Bkl. 7 (Fels)

Anm.: ¹⁾ Bkl. 4 Übergang in Bkl. 2 bei Vernässung möglich

Tab. 3: Bodenklassen (n. DIN 18 196)

Bodenart	Bodenklassen (n. DIN 18 196)
Auffüllung	A; [OH; UM, UL, TM, TL; ggf. GW, SW, GU, SU]
Decklehme	TL, UL, UM, TM, ggf SE+SU
Verwitterungslehme	UM, TM, TA/UA, GW, GU/GT, SU/ST
Felsverwitterungszone	GE ¹⁾ , GW ¹⁾ , GU ¹⁾ , UL/TL, UM/TM
angewitterter Fels bis Fels	

¹⁾ gilt nur für umgewandeltes Material mit Lockergesteinseigenschaften

Tab. 4: Frostepfindlichkeitsklassen (n. ZTVE-StB 17) und Verdichtbarkeitsklassen (n. ZTVE-StB 97/06) (Untergeordnete Klassen)

Bodenart	Frostepfindlichkeitsklassen n. ZTVE	Verdichtbarkeitsklassen n. ZTVE
Auffüllung	F3	V3
Decklehme	F3	V3
Verwitterungslehme	F3	V3
Felsverwitterungszone, angewitterter Fels bis Fels	<i>Material zerfällt bei Frost und Wasserzutritt</i>	

Tab. 5: Bohr- und Zusatzklassen (n. DIN 18 301:2012)

Bodenart	Bohrbarkeitsklassen (n. DIN 18 301:2012)	Zusatzklassen (n. DIN 18 301:2012)
Auffüllung	BB2-BB4 ¹⁾ , BN1-BN2, BO1	BS1-BS4
Decklehme	BB2-BB4 ¹⁾ , BN1-BN2;	BS1-BS2
Verwitterungslehme	BB2-BB4 ¹⁾ , BN1-BN2	BS1-BS4
Felsverwitterungszone	BB3 – BB4 ¹⁾ FV 1	BS1 – BS4 FD 1
angewitterter Fels bis Fels	FV1 – FV4	FD1 – FD4

Anm.: ¹⁾ Übergang bindiger/gemischtkörniger Böden in BB1 bei Durchnässung bzw. Wasserzutritt möglich

Homogenbereiche

Die im Ergänzungsband 2015 überarbeiteten DIN-Normen und die darin enthaltene Einteilung der Böden in Homogenbereiche können der Tabelle 6 entnommen werden. Dabei muss beachtet werden, dass die Einteilung aufgrund von Erfahrungswerten vorgenommen wurde. Die in der neuen DIN 18 300:2015 angegebenen Untersuchungen und die Laborversuche in statistisch ausreichender Anzahl wurden nur eingeschränkt durchgeführt. Gleiches gilt auch für die Einordnung der Auffüllung anhand von chemischen Analysen. Die Homogenbereiche für Aushubarbeiten (DIN 18 300) und Bohrarbeiten (DIN 18 301) können der Tabelle 6 entnommen werden.

Tab. 6: Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015 und nach DIN 18 301:2015

Homogenbereiche*¹ (n. DIN 18 300:2015)	Homogenbereiche*² (n. DIN 18 301:2015)
Homogenbereich A 1 (aufgefüllte Kiessande, Sande, aufgefüllte gemischtkörnige Böden + bindige Böden)	Homogenbereich B 1 (aufgefüllte Kiessande, Sande, aufgefüllte gemischtkörnige Böden + bindige Böden)
Homogenbereich A 2 (Steine, Blöcke in der Auffüllung)	Homogenbereich B 2 (Steine, Blöcke in der Auffüllung)
Homogenbereich A 3 (Decklehme, Verwitterungslehme, Kiessande, Sande und Kiese in den Decklehm/Verwitterungslehm)	Homogenbereich B 3 (Decklehme, Verwitterungslehme, Kiessande, Sande und Kiese in den Decklehm/Verwitterungslehm)
Homogenbereich A 4 (fließende Bodenarten* ³ , bindige Böden mit flüssiger bis breiiger Konsistenz [Auffüllung, Deckschichten])	Homogenbereich B 4 (fließende Bodenarten* ³ , bindige Böden mit flüssiger bis breiiger Konsistenz [Auffüllung, Deckschichten])
Homogenbereich A 5 (Felsverwitterungszone [halbfeste bis feste Konsistenz])	Homogenbereich B 5 (Felsverwitterungszone [halbfeste bis feste Konsistenz])
Homogenbereich A 6 (angewitterter Fels/Fels)	Homogenbereich B 6 (angewitterter Fels/Fels)

• *¹ Aushub mit Bagger (Homogenbereiche A1 – A6, A = Aushub)

• *² Bohrungen mit Drehbohranlage (Homogenbereiche B1 – B6, B = Bohren), auch für Bohrarbeiten beim Düsenstrahlverfahren

• *³ wurden hier nicht erbohrt, kann aber nach Wasserzutritt/Durchnässung nicht ausgeschlossen werden

• Gesonderte Homogenbereiche für belastete Böden sind nicht berücksichtigt u. sind getrennt auszuweisen

4 Gründung

4.1 Situation/ gepl. Maßnahme

Die aktuelle Geländeoberkante liegt zwischen etwa 211,64m ü. NHN (westlicher Bereich, RKS 11) und etwa 208,86 m ü. NHN (südöstlicher Bereich, RKS 10).

In [U3] ist für die OK FFB (Etage E) eine geplante Höhe von $\pm 0,00 = 210,15 \text{ m ü. NN}^3$ angegeben.

Unter den genannten Höhenangaben liegt die OK FFB in Teilbereichen oberhalb der aktuellen Geländeoberkante.

Nach den vorliegenden Unterlagen soll das Gebäude 5 Geschosse und ein Dachgeschoss erhalten. Eine Unterkellerung ist nicht vorgesehen.

4.2 Gründungstechnische Bewertung der Bodenverhältnisse (Tragfähigkeit)

Wie oben beschrieben, wurden in allen Bohrungen oberflächennahe Auffüllungen festgestellt. Diese weisen eine inhomogene Zusammensetzung und damit verbunden keine einheitliche und ausreichende Tragfähigkeit auf. Eine Gründung in der Auffüllung ist grundsätzlich nicht möglich, da bei niedrigen, zulässigen Sohldruckspannungen mit unkalkulierbaren Setzungsdifferenzen zu rechnen ist.

Die unter der Auffüllung angetroffenen Decklehme weisen eine geringe bis höchstens mittlere Tragfähigkeit auf, wobei bei den zu erwartenden Gebäudelasten (5 Vollgeschosse und ein Dachgeschoss) mit relativ hohen Setzungen und Setzungsdifferenzen gerechnet werden muss, die die Gebrauchstauglichkeit des Gebäudes beeinträchtigen können.

Im Bereich der Verwitterungslehme, übergehend in den Bereich der Felsverwitterungszone und den darunterliegenden angewitterten Fels ist eine mittlere bis, mit größerer Tiefe zunehmend höhere Tragfähigkeit zu erwarten.

³ (Höhenunterschied DHHN92 – NHN $\approx + 2,0 - 3,0 \text{ cm}$)

4.3 Gründungsempfehlungen

4.3.1 Allgemein

Generell hängen die erforderlichen Gründungsmaßnahmen von der Größe und Konstruktion der geplanten Bebauung und der daraus resultierenden Lastverteilung ab. Nach aktuellem Planungsstand ist keine Unterkellerung vorgesehen. Die Gründung muss frostfrei, d.h. mind. 0,80 m unter GOK erfolgen. Maßgebend für die Frostsicherheit ist die Geländehöhe im Endzustand. Damit liegt die Gründungssohle überwiegend im Niveau der Auffüllung, in Teilbereichen im Bereich der Decklehme und im südöstlichen Bereich (RKS 10) oberhalb der aktuellen Geländeoberkante.

4.3.2 Flachgründung

Unter den o.g. Höhenannahmen ergibt sich eine Gründungssohle von ca. 209,35 m ü. NN. Die Gründungssohle liegt damit überwiegend in der Auffüllung bzw. in einem Teilbereich in den darunterliegenden Decklehm.

Wie oben beschrieben, kann das gepl. Gebäude grundsätzlich nicht in den Auffüllungen gegründet werden.

Da aufgrund der vorliegenden Planunterlagen des 5-geschossigen Gebäudes relativ hohe Lasten zu erwarten sind, ist eine Gründung in den Decklehm aufgrund ihres Trag-/Setzungsverhaltens ebenfalls nicht zu empfehlen.

Aufgrund der stark wechselnden Dicke und Zusammensetzung der Decklehme, der Verwitterungslehme, und auch der Felsverwitterungszone, werden für den Neubau erst mit Erreichen des angewitterten Felses einheitliche Gründungsverhältnisse sichergestellt.

4.3.3 Tiefgründung über Bohrpfähle

Aufgrund der Tiefenlage der OK angewitterter Fels/Fels von ca. 203,07 - 205,74 m ü. NHN bzw. ca. 3,60- 6,30 m unter Gründungssohle (ca. 209,35 m ü. NN) muss daher eine Tiefgründung über Bohrpfähle (n. DIN EN 1536) erfolgen. Eine Fundamentvertiefung über Brunnen/ Beton oder ein Bodenaustausch ist wirtschaftlich aber auch aushubtechnisch nicht darstellbar.

Angaben zur Vorbemessung einer Tiefgründung über Bohrpfähle (n. Din EN 1536) erfolgen unter Abs. 4.4.

4.4 Vorbemessung Tiefgründung über Bohrpfähle im angewitterten Fels/ Fels

4.4.1 Spitzendruck, Mantelreibung und Einbindetiefe

Die Pfähle dürfen bei einer Bemessung nach DIN 1054:2010/ DIN EN 1536/ EA Pfähle (2012) eine Mindestlänge von 5,0 m bzw. den 5-fachen Pfahldurchmesser n. DIN EN 1536 nicht unterschreiten. Weiterhin sind Mindesteinbindetiefen von 2,50 m im tragfähigen Boden (angewitterter Fels/Fels mit $q_{u,k} < 5,0 \text{ MN/m}^2$: Einbindetiefe $\geq 2,50 \text{ m}$) einzuhalten.

Für die Gründung im angewitterten Fels/ Fels muss eine Bemessung der Bohrpfähle gem. DIN 1054:2010-12 und der EA-Pfähle (Empfehlungen des Arbeitskreises – Pfähle, 2012) erfolgen. Für die Bemessung müssen im Vorfeld i.d.R. Probepfähle und Probelastungen nach DIN EN 1997-1 (Ausgabe 2009-09) bzw. der EA-Pfähle vorgenommen werden, sofern darauf verzichtet wird, müssen auf der sicheren Seite liegend Erfahrungswerte verwendet werden.

Da keine Angaben zum angewitterten Fels/Fels aus dem Baufeld oder auch aus den angrenzenden Bauvorhaben vorliegen, müssen Großbohrungen (ca. 4 Bohrungen à ca. 20,0 m) sowie ergänzende schwere Rammsondierungen und an den Bodenproben Untersuchungen zur Druckfestigkeit des Felses erfolgen.

Zur ersten Vorbemessung können für den vertikalen Lastabtrag zunächst die Erfahrungswerte gem. EA-Pfähle angesetzt werden. Bei der Planung, Herstellung und Ausführung der Pfähle sind die DIN EN 1536 und die DIN 1054:2010/ EC 7 zu beachten.

Tab. 7: Erfahrungswerte char. Pfahlspitzendruck und char. Pfahlmantelreibung für Bohrpfähle in Fels (gem. EA-Pfähle(2012), Tab. 5.16)

Einaxiale Druckfestigkeit $q_{u,k} = 0,5 \text{ MN/m}^2$	Bruchwert $q_{b,k}$ des Pfahlspitzendrucks [kN/m ²]	Bruchwert $q_{s,k}$ des Pfahlmantelreibung [kN/m ²]
0,00 bis 2,5 m u. OK angew. Fels	1.500,0	70,0
> 2,5 m u. OK angew. Fels	2.000,0	160,0

4.4.2 Bettungsmodul

Da für die Bemessung/Berechnung der Gründung ein Bettungsmodul erforderlich wird, kann für horizontale Verschiebungen (zur Ermittlung der Biegemomente) der Bettungsmodul unter Ansatz und Beachtung der DIN 1054/2010 angesetzt werden.

Da die Bettungsmoduli vom Pfahldurchmesser abhängen, und diese noch nicht feststehen, können zur Berechnung die unter Abschnitt 3.4, Tabelle 1 dargestellten mittleren Steifemoduli verwendet werden.

$$k_s = E_s / D \text{ [MN/m}^3\text{]}$$

E_s = Steifemodul [MN/m²], gem. Abschnitt 3.3

D = Pfahlschaftdurchmesser in [m]; bei $D > 1,0 \text{ m}$ darf mit $D = 1,0 \text{ m}$ gerechnet werden

Hierzu ist Abschnitt 8.4.5 der DIN 1054 zu berücksichtigen.

Gem. PLACZEK (Bautechnik 11/1986) kann bis in eine Tiefe von 2,0 m ein hyperbolischer Anstieg des Bettungsmoduls und darunter ein konstanter Bettungsmodul angenommen werden. Dies ergaben Pfahlprobelastungen (Messungen der horizontalen Verschiebungen mit einem Inklinometer) sowie Nachrechnungen an einem elastisch gebetteten Durchlaufträger. Allerdings weist PLACZEK darauf hin, dass zwischen gemessener (elastische Berechnungsansätze) und berechneter Pfahlkopfverschiebung große Differenzen bestehen. Aufgrund der elastischen Berechnungsansätze sind die berechneten Pfahlkopfverschiebungen jedoch stets größer als die gemessenen.

4.5 Bodenplatte

Wie in Abs. 4.3 beschrieben liegt UK Bodenplatte überwiegend im Niveau der Auffüllung, in Teilbereichen im Bereich der Decklehme und im südöstlichen Bereich (RKS 10) oberhalb der aktuellen Geländeoberkante.

Weiterhin ist im Bereich der aktuell vorhandenen Grünstreifen (aufgefüllter) humoser Oberboden zu erwarten. Dieser muss vollständig abgezogen werden.

Als Unterbau unter der Bodenplatte empfehlen wir, eine Ausgleichsschicht von 0,40 m – 0,50 m Dicke aus qualifiziertem Material einzubringen.

Beachten Sie hierzu bitte Abschnitt 5.6.

In Bereichen, wo auf der Bodenplatte größere Lasten zu erwarten sind, ist diese Ausgleichsschicht entsprechend zu verstärken.

5 Hinweise zur Bauausführung/Abdichtung

5.1 Aushub und Bohrarbeiten

5.1.1 Aushub

Die Bodenklassen des beim Aushub anfallenden Bodenmaterials sind in Tab. 2 zusammengestellt. Vernässen die bindigen Böden beim Aushub, so gehen sie in die Bodenklasse 2 über. Alle Angaben zu den Bodenklassen beziehen sich auf die DIN 18 300.

Wir möchten darauf hinweisen, dass die Angaben zur DIN 18 300, zur DIN 18 301 und zur DIN 18 304 auf dem Stand der VOB 2012 basieren.

Das Entfernen ggf. vorhandener alter Kanäle, Schächte usw. wird durch das Klassifizierungsschema der DIN 18 300-2012 nicht erfasst.

Angaben zu den Homogenbereichen nach VOB/C – 2015 können dem Abschnitt 3.4, Tabelle 6 entnommen werden.

5.1.2 Bohrarbeiten

Da die DIN 18 300 für Bohrarbeiten nicht gilt, sind auch die die Bodenklassen entsprechend DIN 18 301 (Tab. 5 bzw. Tab.6 (Homogenbereiche (Bohrungen)) zu beachten

Beim Bohren müssen glatte, verschmierte Bohrlochwandungen unbedingt vermieden werden, da ansonsten eine genügende Mantelreibung zwischen Zement oder Beton/Gebirge nicht mehr gewährleistet ist. Vom Anbieter sind entsprechende Bohrverfahren etc. im Angebot zu benennen. Es muss verrohrt gebohrt werden, da die Kluftgrundwasserleitern in den Mergeln gespannt sein können und unter Umständen nicht unerhebliche Mengen Wasser eintreten können. Die DIN EN 1536 ist bei der Ausführung/ Planung der Pfähle zu beachten.

Bohrarbeiten bei Vorkommen von Hindernissen

Beim Bohren in der Auffüllung und in der Zone des angewitterten Felses und der Fels-Zone können Steine und Blöcke vorkommen. Daher sind Meißelarbeiten bei Ausführung der Bohrarbeiten einzuplanen und in der Ausschreibung zu berücksichtigen.

Bohren im Schicht-/Grundwasser

Da im Schicht- und ggf. Grundwasser gebohrt werden wird, ist Abschnitt 6.2.2 der DIN EN 1536 zu beachten. Die Verrohrung muss immer dem Bohrfortschritt vorausseilen, damit ein Eintreiben von Bodenteilchen verhindert wird, wobei im Bohrrohr ein ständiger Wasserüberdruck aufrechtzuerhalten ist. Mit ausfließenden Feinkornmaterial und Wasserzutritten im Bereich der Felsklüfte muss gerechnet werden.

Das Ziehen des Förderwerkzeugs (Bohrgreifer oder -schnecke/-schappe) hat ohne Sog zu erfolgen, da sonst ein Eintreiben von Bodenteilchen, möglich ist.

5.2 Aushubsohle/ Baustraßen

Die gemischtkörnigen Auffüllungen und die Decklehme sind stark frost- und feuchtigkeitsempfindlich. Bei Zutritt von Wasser, Auffrieren und/oder Befahren mit Geräten weichen sie tiefgründig auf und lassen sich dann nicht mehr bearbeiten.

Alle Maßnahmen zum Schutz des Planums bzw. der Aushubsohle gegen Oberflächenwasser sind gemäß VOB unbedingt zu beachten. Werden die o.g. Vorgehensweisen nicht

eingehalten oder nicht rechtzeitig ausgeführt, so können die bindigen Böden in Bodenklasse 2 (n. DIN 18 300-2012) übergehen, was zu entsprechenden Mehrkosten führt.

Aufgrund der vorliegenden Bodenverhältnisse müssen für die Dauer der Bauzeit entsprechende Baustraßen angelegt werden. Beim Einsatz der Drehbohranlagen (Gew. $\geq 80,0$ to) sind die Baustraßen von 0,50 m auf 0,80 m zu verdicken. Der Untergrund hat als F 2/3-Boden keine ausreichende Tragfähigkeit.

5.3 Wiederverfüllung

Bei den Planungen ist zu berücksichtigen, dass die nichtbindigen Bereiche der Auffüllung (in unseren Geländeuntersuchungen nur untergeordnet angetroffen) sich grundsätzlich zwar zur Wiederverfüllung eignen. Sie lassen sich allerdings nur schwer separieren. Zusätzlich muss die umwelttechnische Eignung nachgewiesen und eine entsprechende Genehmigung eingeholt werden.

Die bindigen/gemischtkörnigen Bereiche der Auffüllung sowie die Decklehme und die Verwitterungslehme lassen sie sich nicht ausreichend verdichten und sind zur Wiederverfüllung allenfalls auf später unbelasteten, d.h. nicht bebauten Flächen geeignet.

5.4 Temporäre Böschungen

Generell kann unter Beachtung der DIN 4124 in der Auffüllung und in Decklehen von weich-steifer Konsistenz mit 45° und in den steifen bzw. steif-halbfesten Deck- und Verwitterungslehen mit 60° geböscht werden. In der Auffüllung können sich in Bereichen mit verminderter Scherfestigkeit auch flachere Böschungswinkel einstellen. Nach DIN 4124 kann bis zu einer Tiefe von 1,25 senkrecht geböscht werden. Allerdings muss dann mit Mehrausbruch gerechnet werden.

Diese Angaben gelten nur für Bodenmaterial im erdfeuchten Zustand und Böschungshöhen von maximal 5,0 m, sofern im Bereich der Böschungskrone keine Lasteintragung (Hausfundamente, Verkehrslasten etc.) stattfindet. Bei höheren Böschungen muss die Standsicherheit rechnerisch nachgewiesen werden. Die Böschungen sind gegen Erosion durch Oberflächenwasser zu schützen.

Eine abschließende Bewertung bezüglich der Standsicherheitssituation der Baugrube kann erst nach Vorlage aller Bauunterlagen nach DIN 4124, Abschnitt 3 (z.B. Schalplan, Leitungen, Abstand angrenzender Bauwerke etc.) erfolgen. Ergeben sich allerdings Böschungshöhen über 5,0 m, so muss in jedem Fall eine Standsicherheitsberechnung nach DIN 4084 erfolgen, wobei sich meist flachere Böschungswinkel als die o. g. ergeben.

5.5 Wasserhaltung während der Bauzeit

In Teilen des Planums/Aushubsohle reicht die Durchlässigkeit der in der Aushubsohle anstehenden Böden insbesondere bei starken, lang anhaltenden Niederschlägen nicht ausreichend, um zufließendes Oberflächen- und/oder Schichtwasser versickern zu lassen. Weiterhin kann der Zutritt von Stau-/Schichtwasser nicht ausgeschlossen werden.

Zulaufendes Wasser muss deshalb abgepumpt werden (offene Wasserhaltung), da die Baugruben und Gräben ansonsten zeitweise voll Wasser stehen werden und die Sohle aufweicht. Die Wasserhaltung muss auch während der Arbeitspausen (nachts, Wochenende) funktionstüchtig gehalten werden. Vernässte Flächen müssen vor der weiteren Bearbeitung trockengelegt werden. Zur Ableitung des Wassers muss eine ausreichende Vorflut vorhanden sein.

5.6 Bodenaustausch und Bodenaufbau

Wie oben beschrieben, liegt die UK Bodenplatte z.T. oberhalb der aktuellen Geländeoberkante, bzw. teilweise in der Auffüllung oder den Decklehen. Wo (aufgefüllter) humoser Oberboden vorhanden ist, ist dieser zunächst abzuziehen. Dann ist ein Bodenaufbau bzw. – austausch einzubringen. Hierzu ist folgendes zu beachten:

Es ist gut verdichtbares und abgestuftes Material (Kiessand oder Naturhartschotter 0/45 oder 0/56 mit Frostschutzqualität nach ZTV-SoB-StB 04/07 bzw. 09) einzusetzen.

Falls Beton-Recycling-Material/BRM-Material (Eignung muss mit Prüfzeugnis zur Kornverteilung, Verwitterungs- und Volumenbeständigkeit etc. nachgewiesen werden) eingesetzt werden soll, ist eine wasserrechtliche Genehmigung bei den zuständigen Umweltbehörden hierfür einzuholen. Weiterhin muss das Material auf eine entsprechende, verdichtungsfähige und abgestufte Körnung heruntergebrochen worden sein. Wird eine Drainage eingebaut, so kann kein RCL-Material verwendet werden.

Das Material ist lagenweise einzubauen und mit geeignetem Gerät auf 100% der einfachen Proctordichte zu verdichten. Eine ausreichende Verdichtung ist nachzuweisen. Der Bodenaustausch ist mit einem Lastabstrahlwinkel von 45° einzubauen.

Zwischen Bodenaustausch und dem anstehenden Boden ist ein Geotextil der Geotextilrobustheitsklasse ≥ 4 nach Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus (M Geok E) zu verlegen.

Der Verdichtungserfolg ist bei flächigem Bodenaustausch mittels Lastplattendruckversuchen (n. DIN 18 134) und bei Verfüllung von Arbeitsräumen oder generell von tiefer reichender Verfüllung mittels Rammsondierungen nachzuweisen. Das Ausmaß der Prüfungen ist mit dem geotechnischen Sachverständigen abzustimmen.

6 Abdichtung/ Drainage

Wie unter Abschnitt 4 beschrieben, wird das geplante Gebäude nicht unterkellert. Jedoch ist eine leichte Geländeneigung von West nach Ost vorhanden. Dadurch wird das Gebäude voraussichtlich auf der Westseite (im dm-Bereich) in den Untergrund einbinden.

Bei den Planungen muss nach DIN 18195/DIN 18533 berücksichtigt werden, dass auf jeden Fall Bodenfeuchte, z.T. auch Schichtwasser (klopfnasse Bereiche) auftritt. Weiter treten bindige Auffüllungen und Deckschichten auf, die geringere Durchlässigkeiten ($k_f < 10^{-6}$ m/s) aufweisen. Daher muss damit gerechnet werden, dass sich versickerndes Oberflächen- und Sickerwasser zeitweise aufstauen kann. Bereichsweise bzw. temporär tritt Stau-/Schichtwasser auf.

Eine Abdichtung der erdberührten Bauteile gegen Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser nach Teil 4 der DIN 18195 ist aus den o.g. Gründen nur in Verbindung mit dem Einbau einer Drainage nach DIN 4095 ausreichend (**entspricht DIN 18 533 –1, Wassereinwirkungsklasse W1.2-E**). Für das anfallende Dränwasser ist eine ausreichende und sichere Vorflut zu schaffen.

Alle unter die Drainage reichenden Bauteile (z.B. Pumpenschächte u.ä.) müssen wasserdicht und auftriebssicher ausgebildet werden.

Kann oder darf aus genehmigungstechnischen Gründen eine Dränage nach DIN 4095 und damit die o.g Abdichtung nach Teil 4 der DIN 18 195 nicht hergestellt werden, so kann alternativ nach Teil 6, Abs. 9, der DIN 18 195 eine Abdichtung gegen zeitweise aufstauendes Sickerwasser (bei Einbautiefen bis max. 3 m) oder eine höherwertige Abdichtung bzw. eine entsprechende betontechnologische Ausbildung der erdberührten Bauteile erfolgen (**entspricht nach DIN 18 533 –1, der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E**).

Bei der Herstellung eines wasserundurchlässigen Bauwerks aus Beton muss hier gem. der DAfStb-Richtlinie (Dez. 2017) die Beanspruchungsklasse 1 für ständig und zeitweise drückendes Wasser berücksichtigt werden. Die Beanspruchungsklasse 2 kann nur für Bauteile angesetzt werden, auf die lediglich das feuchte Erdreich oder nichtstauendes Sickerwasser einwirkt, was hier nur in Zusammenhang mit einer dauerhaft rückstau-freien Drainage nach DIN 4095 gegeben ist. Weiterhin sind bauseits bzw. durch den Fachplaner die Nutzungsklassen gem. Abs. 5.3 zu berücksichtigen.

Die die Gebäude umgebenden Flächen müssen mit Gegengefälle angelegt werden, damit der Zufluss von Oberflächenwasser zum Gebäude ausgeschlossen wird. Weiterhin müssen Lichtschächte einen ausreichenden Überstand über das Gelände aufweisen und für das Regenwasser eine ausreichende Ableitung sichergestellt werden.

7 Bewertung Bodenaushub

Im Bereich der geplanten Baumaßnahme wurde aufgefülltes Material (siehe Abschnitt 3.3.1) mit anthropogenen Anteilen erbohrt. Da es sich nicht um den natürlich anstehenden Boden handelt, ist eine zusätzliche, abfallbezogene Untersuchung zur Überprüfung der Möglichkeiten zur Verwertung/Entsorgung erforderlich.

Grundsätzlich wird das Auffüllungsmaterial nach Aushub im Sinne des Abfall- und Kreislaufwirtschaftsgesetzes zu Abfall und/oder Reststoff, der ordnungsgemäß zu verwerten bzw. zu entsorgen ist. Für die erforderlichen Verwertungs- und Entsorgungsmaßnahmen ist das aufgefüllte Aushubmaterial durch entsprechende Analysen zu deklarieren.

Entsprechende Analysen wurden in Absprache mit dem Auftraggeber bereits veranlasst. Nach Ergebnisvorlage der Analysen wird ein entsprechender Bericht zur Deklaration der Auffüllung durch die Kühn Geoconsulting GmbH erstellt (2170377_AL_G01).

Auffüllungen weisen häufig eine inhomogene, kleinräumig wechselnde Zusammensetzung auf. Sollte beim Aushub aufgefülltes Material auftreten, so ist dieses separat gesichert (z. B. in wasserdichten Containern) zu lagern. Für die weiteren erforderlichen Maßnahmen zum fachgerechten Handling der vorgefundenen Situation ist die Kühn Geoconsulting GmbH hinzuzuziehen. Die Aushubarbeiten sind jeweils zu unterbrechen, damit keine Folgeschäden (z.B. Vermischung unterschiedlich belasteter Belastungschargen) verursacht werden.

8 Sonstiges

Es ist generell eine Untersuchung zur Feststellung der Kampfmittelfreiheit notwendig. Ein Antrag auf Überprüfung eines Grundstücks auf mögliche Kampfmittel ist vom Eigentümer oder deren Vertretungen über die örtlich zuständigen Ordnungsbehörden zu stellen. Der Antrag sollte aufgrund der Bearbeitungsdauer (evtl. mehrere Monate) mit ausreichend Vorlauf gestellt werden.

Ggf. ist auch eine Anfrage beim Bodendenkmalamt erforderlich. Auch hier muss ggf. mit einer längeren Bearbeitungsdauer sowie zusätzlichen Kosten gerechnet werden.

Wir empfehlen, wie oben beschrieben, im Vorfeld der Baumaßnahme zur Erkundung der Beschaffenheit des verwitterten und angewitterten Felses sowie des Felses ca. 4 Großbohrungen (Erkundungstiefen ca. 20,0 m) durchzuführen.

9 Schlussbemerkung

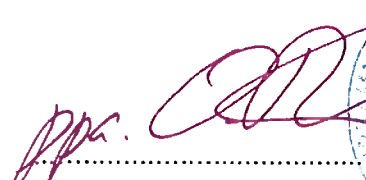
Die Beschreibung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse beruht auf punktuellen Aufschlüssen, zwischen denen linear interpoliert wurde. Abweichungen von den hier beschriebenen Verhältnissen sind zwischen den Bohr-/Rammansatzpunkten möglich.

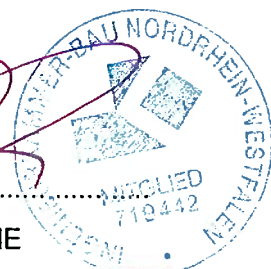
Dem Baugrundgutachter muss Gelegenheit zur Überprüfung des Baugrunds (Gründungssohlen, Böschungen etc.) während der Aushubarbeiten gegeben werden.

Die Einteilung der Schichten und Bodenklassen fand nach der VOB/DIN 18 300 (2012) und 18 301(2006) statt. Außerdem wurde eine Einteilung in Homogenbereiche (DIN 18 300/2015) dargestellt. Da nach der VOB, Ergänzungsband 2015, hierfür ein höherer Untersuchungsaufwand vorgegeben ist, kann die Einteilung in Homogenbereiche nur näherungsweise erfolgen.

Bonn, den 23. März 2020

Kühn Geoconsulting GmbH


Dipl.-Geol. DIRK BLUME
Prokurist




VERA DÖTTLING, M.Sc. Geow.
Projektleitung, Baugrund

Anlagen: 1) Lageplan, 2) Bohrprofile

Ø ukafacilities GmbH
z.Hd. Franziska Marsch
Schneebergweg 51
52074 Aachen

vorab per E-Mail: franziska.marsch@ukafacilities.de