Ingenieur - Hydro - Umwelt - Geologie

Gutachten·Planung·Beratung
Fachbauleitung

Dr. Fritz Krause
erdbaulabor

Geotechnisches Gutachten

Neubau Bürgercampus Ahlen
Westenmauer
59227 Ahlen

Projektbearbeiter: M.Sc. Geowiss. René Mommsen

Projekt-Nr.: 2021/14596 **Münster, 05.08.2021**

Erdbaulabor Dr. F. Krause BDB/VDI Ingenieurbüro für Erd- und Grundbau, Harkortstraße 14, 48163 Münster
Tel.: 0251/97135-0 Fax: 0251/97135-99 E-Mail: info@erdbaulabor-krause.de

INHALTSVERZEICHNIS

1 Auftrag und allgemeine Angaben zum Projekt 4

2 Durchführung der Untersuchungen 5

3 Morphologische Verhältnisse 8

4 Baugrundverhältnisse im Bereich des geplanten Bauvorhabens 8

4.1 Schichtenfolge 8
4.2 Grundwasser 10
4.3 Organoleptische Bewertungen 11
4.4 Bergbauliche Einwirkungen/Gefährdungspotenziale im Untergrund 11
4.5 Erdbebeneinwirkung 11

5 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen 12

5.1 Bewertungsgrundlagen 12
5.2 Bewertung hinsichtlich der Verwertung von Bodenaushub gemäß der LAGA-Richtlinie 2004 und der DepV 13
5.3 Hinweis zu den durchgeführten Untersuchungen 14

6 Grundwasserchemismus 15

7 Wasserhaltungsmaßnahmen 15

8 Maßnahmen zum Schutz des Bauwerkes gegen Grundwasser 16

9 Tragfähigkeit des Baugrundes und Baugrundverbesserungsmaßnahmen 16

10 Homogenbereiche, Bodenkennwerte, Bodenklassen, Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen 18

10.1 Homogenbereiche 18
10.2 Bodenkennwerte 19
10.3 Bodenklassen gem. VOB/DIN 18300, Bodengruppen gem. DIN 18196 und Frostempfindlichkeitsklassen gem. ZTV E-StB 17 23

11 Verwendung des Aushubmaterials 25

12 Gründungstechnische Folgerungen 26

12.1 Gründungsart, Gründungstiefe, Bodenersatz 26
12.2 Baugrubensicherung 26
12.3 Belastung des Baugrundes 27

13 Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten 27
14 Angaben zu bautechnischen Maßnahmen für die Außenanlagen..... 28
15 Versickerung von Niederschlagswasser 29
16 Allgemeine Angaben zum Geothermisches Potenzial 30
17 Hinweise auf weitere Untersuchungen..... 30
18 Schlusswort..... 30

1 Auftrag und allgemeine Angaben zum Projekt

Die Stadt Ahlen plant auf dem Gelände an der Westenmauer in 59227 Ahlen (s. Anlage 1.1) den Neubau des Bürgercampus Ahlen. Hierfür werden das bestehende Rathaus vollständig zurückgebaut und zwei neue Gebäude (Stadthaus und Bürgerforum) errichtet.

Das Erdbaulabor Dr. F. Krause wurde von der Stadt Ahlen, Zentrales Gebäudemanagement, Ostberg 4, 59229 Ahlen, beauftragt, für den geplanten Neubau des Bürgercampus Baugrunduntersuchungen durchzuführen und ein geotechnisches Gutachten auszuarbeiten.

Gemäß den zur Verfügung gestellten Planunterlagen wird das geplante Stadthaus vier- bis fünfgeschossig errichtet und teilunterkellert. Für das geplante Bürgerforum liegen zum jetzigen Zeitpunkt keine Planunterlagen vor. Nach Angaben der Assmann Münster GmbH, Mendelstraße 11, 48149 Münster, soll das Bürgerforum aller Wahrscheinlichkeit nach nicht unterkellert werden.

Es wird davon ausgegangen, dass die geplanten Gebäude auf bewehrten Sohlplatten in vom Tragwerksplaner noch anzugebenen Stärken gegründet werden.

Für die geplanten Gebäude werden folgende Planungshöhen angenommen:

	Stadthaus	**Bürgerforum**
OKFF EG	74,82 m ü. NHN	76,40 m ü. NHN
UK Sohle	74,52 m ü. NHN	76,10 m ü. NHN
UK Kellersohle	71,22 m ü. NHN	-

Die vorgenannten Gründungsebenen sind Grundlage der weiteren Ausführungen.

Konstruktions- und Ausführungspläne sowie Angaben zu ankommenden Lasten liegen dem Erdbaulabor Dr. F. Krause nicht vor.

2 Durchführung der Untersuchungen

Zur Erschließung der Untergrundverhältnisse und zur Ermittlung der Tragfähigkeit des Baugrundes wurden auf dem Baugelände zwischen dem 05.07. und dem 09.07.2021 insgesamt 18 Rammkernsondierbohrungen (RKS 1 bis RKS 17 und RKS 11a) und 18 schwere Rammsondierungen (DPH 1 bis DPH 17 und DPH 4a) niedergebracht.

Die Bohrung RKS 11 und die Rammsondierung DPH 4 mussten wegen Rammhindernissen bzw. der hohen Lagerungsdichte der Auffüllung eingestellt werden und wurden versetzt als RKS 11a und DPH 4a neu ausgeführt.

Die Bohrungen RKS 13 und RKS 17 wurden zu Grundwassermessstellen ausgebaut. Die jeweiligen Ausbauzeichnungen können den Anlagen 2.13 und 2.17 entnommen werden.

Ergänzend zu den Aufschlussbohrungen wurden auf dem Baugelände drei Baggerschürfe (S 1 bis S 3) zur genaueren Erkundung des oberflächennahen Bodenaufbaus durchgeführt. Die Aufschlusspunkte sind den Lageplänen (siehe Anlagen 1.2 und 1.3) zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen, der Rammsondierungen und der Schürfe wurden gemäß DIN 4023 und DIN EN ISO 22476-2 in Schichtenprofilen und Rammdiagrammen auf den Anlagen 2.1 bis 2.37, 2.11a und 2.24a dargestellt.

Auf Grundlage einer Interpolation der Ergebnisse der Aufschlussbohrungen sowie des vor Ort durchgeführten Aufmaßes wurden die schematischen geologischen Profilschnitte A - A´ bis C - C´ auf den Anlagen 3.1 und 3.2 konstruiert.

Aus den Bohrungen und Schürfen wurden 120 gestörte Bodenproben entnommen. Im Labor erfolgten die bodenphysikalische, bodenmechanische und organoleptische Ansprache der Bodenproben und, auch unter Beachtung der Ergebnisse der Rammsondierungen, die Abschätzung der für die erdstatischen Berechnungen erforderlichen Bodenkennwerte.

An charakteristischen Bodenproben wurden im bodenphysikalischen Labor die Korngrößenverteilungen gemäß DIN EN ISO 17892-4 bestimmt. Die Ergebnisse der bodenphysikalischen Laborversuche sind den Anlagen 4.1 bis 4.10 zu entnehmen.

Zur orientierenden Klärung des Verwertungs- und Entsorgungspfades des bei den Erdarbeiten anfallenden Bodenaushubs wurden acht Mischproben aus folgenden Bodenproben zusammengestellt:

Mischproben-bezeichnung	RKS/Schurf	Teufe in m unter GOK
MP 1 (nicht bindige aufgefüllte Böden)	1 3 4 5 6 17 S 2 S 3	0,1-1,1 / 1,1-2,5 0,0-0,4 / 0,4-1,3 / 1,3-2,1 / 2,1-3,2 1,3-2,0 0,2-2,3 / 2,3-2,7 0,3-2,6 0,4-0,8 / 0,8-1,9 0,08-0,11 / 0,11-0,6 / 0,6-1,2 0,08-0,11 / 0,11-0,8
MP 2 (bindige aufgefüllte Böden)	2 4 5 S 3	0,4-2,1 0,0-0,2 / 0,2-1,3 2,7-4,4 0,8-1,2
MP 3 (natürliche Böden)	1 2 3 4 5 6 17	2,5-3,6 / 3,6-4,2 2,1-2,6 / 2,6-3,8 / 3,8-4,3 3,2-4,4 / 4,4-4,5 2,8-4,0 4,4-4,6 / 4,6-4,8 2,6-4,2 / 4,2-4,8 / 4,8-5,2 1,9-2,5 / 2,5-3,3 / 3,3-4,5 / 4,8-5,2 / 5,2-6,7
MP 4 (nicht bindige aufgefüllte Böden)	7 8 9 10	0,2-2,1 0,04-0,08 / 0,08-0,7 / 0,-2,4 0,08-0,12 / 0,12-0,7 / 0,7-1,4 0,04-0,08 / 0,08-0,6 / 0,6-1,4
MP 5 (bindige aufgefüllte Böden)	8	2,4-3,5
MP 6 (nicht bindige aufgefüllte Böden)	11 11a 12 14 15 16 S 1	0,3-1,3 0,3-1,3 0,2-1,1 / 1,1-2,0 0,08-0,1 / 0,1-0,7 / 0,7-1,3 0,08-0,11 / 0,11-0,6 0,3-0,6 0,08-0,12 / 0,12-0,4 / 0,4-1,1

Mischproben-bezeichnung	RKS/Schurf	Teufe in m unter GOK
MP 7 (bindige aufgefüllte Böden)	13 15 16 S 1	0,3-2,1 0,6-1,6 0,6-1,3 1,1-1,2
MP 8 (natürliche Böden)	11a 12 13 14 15 16	1,3-1,9 / 1,9-2,1 2,0-4,4 2,1-4,0 1,3-1,6 / 1,6-1,7 1,6-1,8 / 1,8-1,9 1,3-1,6 / 1,6-1,9

Die vorgenannten Mischproben wurden in einem akkreditierten chemischen Laboratorium auf die Parameter der Tabellen II.1.2-2/4 und II.1.2-3/5 (Zuordnungswerte für die Verwendung in bodenähnlichen Anwendungen / für den eingeschränkten Einbau in technischen Bauwerken - Feststoffgehalte und Eluatkonzentrationen im Bodenmaterial) der LAGA-Richtlinie „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden)“, Stand 05.11.2004, sowie auf die fehlenden Parameter der Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) untersucht.

Ergänzend wurde die organoleptisch auffällige Probe der Bohrung RKS 4 von 2,0 bis 2,8 m unter GOK auf ihre Gehalte an Kohlenwasserstoffen (KW), leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffen (BTEX), polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen (LHKW) untersucht.

Aus der Grundwassermessstelle GWM 17 wurde die Wasserprobe WP 1 entnommen und auf ihre Beton-/Stahlaggressivität untersucht.

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sind den Anlagen 5.1 und 5.2 (tabellarische Zusammenstellungen der Untersuchungsergebnisse) und 6 (Prüfberichte) zu entnehmen. Die Probenahme-Protokolle sind dem geotechnischen Gutachten als Anlagen 7.1 bis 7.10 beigefügt.

Die bei den Laborversuchen nicht verbrauchten Bodenproben werden 6 Monate nach Abgabe des geotechnischen Gutachtens aufbewahrt und dann, falls vom Auftraggeber nicht anders bestimmt, verworfen.

3 Morphologische Verhältnisse

Auf dem ± ebenen Baugelände befindet sich zurzeit noch das Rathaus der Stadt Ahlen mit umliegenden Parkplatz- und Frei- bzw. Grünflächen.

Als Bezugshöhe für die Bohr- und Rammansatzpunkte wurde der im Lageplan (siehe Anlage 1.2) eingezeichnete Kanaldeckel (KD) mit der Höhe 74,4 m ü. NHN gewählt. Die Bohransatzpunkte wurden auf die vorgenannte NHN-Höhe bezogen.

Nach dem Höhennivellement der Bohr- und Rammansatzpunkte liegt auf dem Baugelände eine maximale Höhendifferenz von ca. 2,9 m vor. Das Gelände liegt im Mittel bei ca. 75,2 m ü. NHN und demnach ca. 0,8 m oberhalb der Bezugsebene.

4 Baugrundverhältnisse im Bereich des geplanten Bauvorhabens

4.1 Schichtenfolge

Die Aufschlussbohrungen und Schürfe haben eine relativ einheitliche Schichtenfolge erschlossen, die, auch unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Rammsondierungen, vereinfacht wie folgt beschrieben wird (s. dazu die Anlagen 2.1 bis 2.37, 2.11a und 2.24a sowie 3.1 und 3.2):

bis ca. 0,04/0,08 m unter GOK	**Oberflächenbefestigung** aus Pflastersteinen. Die Oberflächenbefestigung wurde nur im Bereich der Bohrungen RKS 8 bis RKS 10, RKS 14 und RKS 15 sowie im Bereich der Schürfe S 1 bis S 3 angetroffen.
bis ca. 0,2/0,4 m unter GOK	**aufgefüllter humoser Oberboden** (Mutterboden), erdfeucht. Der aufgefüllte Mutterboden wurde nur in den Bohrungen RKS 2, RKS 6, RKS 7, RKS 11, RKS 11a, RKS 12, RKS 13, RKS 16 und RKS 17 erbohrt.

bis ca. 1,3/4,4 m unter GOK bzw. bis zur max. Aufschlusstiefe von 1,2/1,4 m unter GOK (Bohrung RKS 11 und Schürfe S 1 bis S 3)	**anthropogene Auffüllung**, inhomogen zusammengesetzt aus Sand, Schluff und Ton mit stark variierenden Anteilen an Schotter, Splitt, Bauschutt und Ziegel- bzw. Holzresten, z. T. schwach humos bis humos, erdfeucht bis grundwasserführend und dann fließfähig. Die aufgefüllten Böden sind sehr locker bis mitteldicht gelagert. Hohe Schlagzahlen im Bereich der Auffüllung bei den Rammsondierungen sind i. d. R. auf Rammhindernisse (z. B. grober Bauschutt) zurückzuführen und nicht als Kriterium für die Bewertung der Lagerungsdichte geeignet.
bis ca. 3,3/6,7 m unter GOK	Wechsellagerung aus **Schluff**, schwach bis stark sandig, schwach bis stark tonig, z. T. schwach kiesig, überwiegend schwach bis stark humos, örtlich mit Sandlinsen durchsetzt, **Ton**, schluffig bis stark schluffig, kiesig, schwach bis stark sandig, **Sand**, schwach bis stark schluffig, schwach tonig, z. T. steinig, örtlich humos und **Kies**, sandig, tonig, schluffig, erdfeucht bis grundwasserführend und dann, in Abhängigkeit von der Korngrößenzusammensetzung, fließfähig. Die überwiegend locker gelagerten Böden der Wechsellagerung besitzen z. T. eine weichplastische bzw. eine weich- bis steifplastische Konsistenz.
bis ca. 4,4 m unter GOK	**Geschiebelehm** (verwitterte Grundmoräne, Gemisch aus Ton, Schluff und Sand, gering kiesig, gering steinig, mit ggf. auftretenden so genannten Findlingen in Blockgröße), erdfeucht.

	Der lediglich in der Bohrung RKS 12 aufgeschlossene Geschiebelehm besitzt eine steifplastische Konsistenz.
bis ca. 5,2 m unter GOK	**Verwitterungslehm** des unterlagernden Mergelsteins, erdfeucht. Der steifplastische Verwitterungslehm wurde nur in der Bohrung RKS 6 erbohrt.
bis zur max. Aufschlusstiefe von 1,7/8,7 m unter GOK	**Mergelstein** (stark verwittert bis verwittert), erdfeucht. Der Mergelstein geht mit zunehmender Tiefe und abnehmendem Verwitterungsgrad von einer steifplastischen bis halbfesten Konsistenz in den halbfesten bis festen Zustand über. Gemäß der geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000, Blatt C 4310 Münster, ist der Mergelstein stratigraphisch den Vorhelm-Schichten (Oberes Campan, Oberkreide) zuzuordnen.

Die Aufschlussbohrungen bzw. Schürfe wurden beim Erreichen der Geräteauslastung bzw. der vorgesehenen Endtiefen in der Auffüllung (Bohrung RKS 11 und Schürfe S 1 bis S 3) und im Mergelstein (Bohrungen RKS 1 bis RKS 10, RS 11a und RKS 12 bis RKS 17), der noch bis in größeren Tiefen ansteht, eingestellt.

Unterhalb der Aufschlusstiefen der Bohrungen stehen geklüftete, geschichtete und in tieferen Schichten kluftgrundwasserführende Gesteine der Oberkreide in fester Zustandsform an.

4.2 Grundwasser

Das Grundwasser wurde im Zeitraum vom 05.07. bis zum 09.07.2021 in den Bohrungen RKS 1 bis RKS 8, RKS 10, RKS 13 und RKS 17 zwischen ca. 1,2 m und ca. 2,6 m unter GOK bzw. zwischen ca. 71,9 m ü. NHN und ca. 73,5 m ü. NHN angetroffen. Der mittlere Grundwasserstand lag bei ca. 72,9 m ü. NHN.

Der geschätzte maximale Grundwasserstand (Bemessungsgrundwasserstand) ist bei ca. 74,4 m ü. NHN in Ansatz zu bringen.

Der Wasserhaushalt der oberflächennah anstehenden Böden unterliegt unmittelbar den vor Ort stattfindenden Regenereignissen. In diesen Böden ist mit temporär aufstauendem Sickerwasser zu rechen. Nach langanhaltenden, starken Niederschlägen können somit die anstehenden Böden auch bis zur GOK im wassergesättigten Zustand vorliegen.

4.3 Organoleptische Bewertungen

Die Bodenproben wurden organoleptisch bewertet. Dabei wurde im untersuchten Bereich eine anthropogene Auffüllung in der im Kapitel 4.1 beschriebenen Zusammensetzung und Mächtigkeit festgestellt.

An den entnommenen Bodenproben wurde lediglich an der Bodenprobe der Bohrung RKS 4 aus 2,0 - 2,8 m unter GOK ein deutlicher Geruch nach Kohlenwasserstoff- und PAK-Verbindungen wahrgenommen. In den weiteren entnommenen Bodenproben wurde, bis auf die stark variierenden Anteile an Bauschutt und Ziegelresten in den Auffüllungen, kein weiterer organoleptisch positiver bzw. optisch oder geruchlich auffälliger Befund, der einen Hinweis auf eine Schadstoffbelastung gibt, festgestellt.

4.4 Bergbauliche Einwirkungen/Gefährdungspotenziale im Untergrund

Gemäß dem seitens der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung Bergbau und Energie in NRW, und des Geologischen Dienstes NRW zur Verfügung gestellten Internet-Auskunftssystem „Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen“ ist im Bereich des Baugrundstücks **(Kilometerquadrat 24260)** kein oberflächennaher Bergbau umgegangen. Es liegen keine Hinweise auf verlassene Tagesöffnungen vor und im Untergrund stehen keine Gesteine an, die zur Verkarstung oder Auslaugung neigen.

4.5 Erdbebeneinwirkung

Gemäß der DIN EN 1998-1 liegt das Baugrundstück in keiner Erdbebenzone.

5 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

5.1 Bewertungsgrundlagen

Die Bewertung der in den untersuchten Mischproben **MP 1 bis MP 8** sowie in der Einzelprobe **RKS 4 2,0 - 2,8 m** ermittelten Schadstoffgehalte erfolgt gemäß folgender Regel- und Tabellenwerke:

- Technische Regeln Boden der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden)“ **(LAGA-Richtlinie 2004**)
- Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - **DepV**)

Im Hinblick auf eine Verwertung bzw. Entsorgung von Bodenaushub werden in der **LAGA-Richtlinie 2004** folgende Zuordnungswerte als Obergrenzen der Einbauklassen unterschieden:

Zuordnungswert Z 0 uneingeschränkter Einbau von Bodenmaterial möglich.

Zuordnungswert Z 1 Die Zuordnungswerte Z 1 im Feststoff und Z 1.1 bzw. Z 1.2 im Eluat stellen die Obergrenze für den offenen Einbau von Bodenmaterial in technischen Bauwerken dar.
Im Eluat gelten grundsätzlich die Z 1.1-Werte. Darüber hinaus kann in hydrogeologisch günstigen Gebieten Bodenmaterial mit Eluatkonzentrationen bis zu den Zuordnungswerten Z 1.2 eingebaut werden. Hydrogeologisch günstig sind u. a. Standorte, bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch ausreichend mächtige Deckschichten mit hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt ist oder Standorte mit hohem Grundwasserflurabstand.

Zuordnungswert Z 2 Die Zuordnungswerte Z 2 stellen die Obergrenze für den Einbau von Bodenmaterial in technischen Bauwerken mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen dar. Dadurch soll der Transport von Inhaltsstoffen in den Untergrund und in das Grundwasser verhindert werden.

Die Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - **DepV**) unterscheidet zwischen den Deponieklassen DK 0, DK I, DK II und DK III.
Die Deponien der einzelnen Deponieklassen sind für Inertabfälle (DK 0), Abfälle (DK I und DK II) sowie nicht gefährliche und gefährliche Abfälle (DK III) zugelassen.

5.2 Bewertung hinsichtlich der Verwertung von Bodenaushub gemäß der LAGA-Richtlinie 2004 und der DepV

Gemäß den Ergebnissen der chemischen Untersuchungen (siehe Anlagen 5.1 und 6) sind die den Mischproben MP 1 bis MP 8 und der Einzelprobe RKS 4 2,0 - 2,8 m gemäß der LAGA-Richtlinie 2004 und der DepV wie folgt zu kategorisieren:

Mischprobe	Einstufung gem. LAGA 2004	Einstufung gem. DepV
MP 1	> Z 2	DK II
MP 2	> Z 2	> DK III
MP 3	Z 2	DK II
MP 4	> Z 2	DK III
MP 5	> Z 2	DK III
MP 6	> Z 2	DK III
MP 7	Z 2	DK II
MP 8	Z 2	DK III
RKS 4 2,0 - 2,8 m	> Z 2	DK I

Die den vorgenannten Mischproben entsprechenden Aushubböden sind gemäß ihrer Einstufung einer entsprechenden Verwertung/Entsorgung zuzuführen.

5.3 Hinweis zu den durchgeführten Untersuchungen

Gemäß den Angaben der Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) sind Überschreitungen bei den Parametern Glühverlust oder TOC mit Zustimmung der zuständigen Behörde zulässig, wenn die Überschreitungen durch elementaren Kohlenstoff verursacht werden oder wenn

a) der jeweilige Zuordnungswert für den DOC eingehalten wird,

b) die biologische Abbaubarkeit des Trockenrückstandes der Originalsubstanz von 5 mg/g (bestimmt als Atmungsaktivität - AT_4; nur für den pH-Bereich zwischen 6,8 und 8,2) oder von 20 l/kg (bestimmt als Gasbildungsrate - GB_{21}) unterschritten wird,

c) der Brennwert (H_o) von 6.000 kJ/kg TM nicht überschritten wird,

d) es sich bei Ablagerungen auf Deponien der Klasse 0 um Boden und Baggergut handelt und ein TOC von 6 Massenprozent nicht überschritten wird und

e) der Abfall nicht für den Bau der geologischen Barriere verwendet wird.

Es wird empfohlen, an den Rückstellproben der Mischproben **MP 1 bis MP 8** die vorgenannten Parameter nachuntersuchen zu lassen. Gegebenenfalls kann durch die Nachuntersuchungen eine Einstufung des den vorgenannten Proben entsprechenden Bodenaushubmaterials in die Deponieklasse DK 0 bzw. DK I erfolgen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die jeweiligen Kippstellen über den Umfang der durchgeführten Untersuchungen hinaus zur Verwertung ggf. noch weitere chemische Untersuchungen benötigen. Chemische Untersuchungen sind ggf. auch für die Verwertung des natürlichen Bodens durchzuführen.

Die chemischen Untersuchungen können bei einer zeitnahen Beauftragung an den Rückstellproben der Aufschlussbohrungen durchgeführt werden. Es wird in diesem Zusammenhang auf die im Kapitel 2 genannte Aufbewahrungszeit der entnommenen Bodenproben hingewiesen.

Es wird weiterhin darauf hingewiesen, dass es sich bei den durchgeführten chemischen Analysen um eine orientierende Untersuchung handelt. In der Regel nehmen Kippstellen nur Materialien an, bei denen die chemischen Untersuchungen bzw. die Probenentnahmen nicht länger als 6 Monate zurückliegen. Sollte die Verwertung zu einem späteren Zeitpunkt stattfinden, werden ggf. weitere Probenentnahmen und chemische Untersuchungen notwendig.

Generell ist bei Baumaßnahmen darauf zu achten, dass Nester mit Verunreinigungen oder auffällige Anschüttungen, die durch eine stichprobenartige Untersuchung nicht zu erfassen sind, erst bei den Erdarbeiten angetroffen werden können. Beim Antreffen derartiger Verunreinigungen ist das Erdbaulabor Dr. F. Krause unverzüglich zur Klärung der weiteren Vorgehensweise einzuschalten.

6 Grundwasserchemismus

Aus der Grundwassermessstelle RKS 17 wurde die Wasserprobe WP 1 entnommen und im Hinblick auf seine Beton-/Stahlaggressivität untersucht.

Gemäß den Ergebnissen der chemischen Untersuchungen (siehe Anlagen 5.2 und 6) ist das der Wasserprobe WP 1 entsprechende Grundwasser als nicht betonangreifend (Expositionsklasse <XA1) zu klassifizieren. Es besteht eine geringe Wahrscheinlichkeit für Mulden-/Lochkorrosion und eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion.

7 Wasserhaltungsmaßnahmen

Während der Gründungsarbeiten bzw. im Zuge der Ausschachtungsarbeiten für die **nicht unterkellerten Bauteile** ist nur das ggf. in geringer Menge anfallende Sicker- und Schichtwasser bzw. nur das Tageswasser abzuführen.

Die in den Aushubebenen anstehenden wasserempfindlichen bindigen Böden werden bei Regenfällen verschlammen, so dass zum Schutz des Aushubplanums vor Verschlammungen sofort nach Freilegung eines Teilbereiches der Aushubebene für die Sohlplatten das empfohlene Bodenaustauschmaterial (siehe Kapitel 9) anzudecken ist.

Zur Abführung des Niederschlags- und Sicker- bzw. Schichtwassers ist nur bei anhaltenden, starken Niederschlägen eine offene Wasserhaltung über das Bodenaustauschmaterial vorzuhalten.

Aufgrund der vorliegenden hydrogeologischen Verhältnisse ist für die **unterkellerten Bauteile** eine Wasserhaltung über Vakuumfilter (z. B. kiesummantelte Vakuumfilter bzw. OTO-Filter) oder Brunnen erforderlich. Die Filter werden mindestens 2,0 m unter der Aushubebene in den Baugrund eingeleitet und stehen maximal 1,5 m auseinander. Die Vorlaufzeit beträgt mindestens 48 Stunden.

Werden die anstehenden Böden über die Vakuumfilter- bzw. Brunnenanlage nur unvollkommen entwässert, ist ergänzend zur Wasserhaltung über die Vakuumfilter- bzw. Brunnenanlage eine offene Wasserhaltung über das empfohlene Bodenaustauschmaterial (s. Kapitel 9) vorzuhalten.

Es wird in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass ggf. unter umliegenden Gebäuden anstehende humose Böden oder organogene Böden durch die geschlossene Wasserhaltung über Vakuumfilter oder Brunnen entwässert werden können. Im schlimmsten Fall können durch die Entwässerung lastunabhängige Sackungen und dadurch Schäden an den umliegenden Gebäuden entstehen.

Es wird empfohlen, im Bereich der umliegenden Gebäude ebenfalls Erkundungsbohrungen durchzuführen, um ggf. vorhandene humose oder organogene Böden ausfindig zu machen und das Gefährdungspotential der Wasserhaltungsmaßnahmen für die umliegenden Gebäude abschätzen zu können. Gegebenenfalls ist dann ein wasserdichter Verbau mit einer geschlossenen Wasserhaltung innerhalb der Baugrube vorzusehen, um die Auswirkung der Wasserhaltungsmaßnahmen auf die umliegenden Gebäude zu minimieren.

8 Maßnahmen zum Schutz des Bauwerkes gegen Grundwasser

Aufgrund der angetroffenen hydrogeologischen und hydrologischen Gegebenheiten (s Kapitel 4.1 und 4.2) ist für das geplante Gebäude der Lastfall drückendes Wasser anzusetzen. Die Konstruktion aller erdberührenden Bauteile ist demnach in wasserundurchlässigem Beton (z. B. gemäß WU-Richtlinie, Beanspruchungsklasse 1) oder mit einer Abdichtung gegen drückendes Wasser auszuführen (z. B. gemäß der Wassereinwirkungsklasse W 2.1-E nach DIN 18533-1).

Der wasserundurchlässige Beton bzw. die Abdichtung gegen drückendes Wasser ist mindestens bis zum Bemessungswasserstand (s. Kapitel 4.2) hochzuziehen. Gegebenenfalls vorgesehene Lichtschächte oder Kellerzugänge von außen sind in die Gebäudeabdichtung mit einzubeziehen.

Bei der Bemessung der Sohlplatten bzw. der aufgehenden Kellerwände ist ein Wasserdruck von UK-Sohle bis zum Bemessungsgrundwasserstand von ca. 74,4 m ü. NHN (s. Kapitel 4.2) zu berücksichtigen.

9 Tragfähigkeit des Baugrundes und Baugrundverbesserungsmaßnahmen

Wie den Bohrprofilen und den Rammdiagrammen auf den Anlagen 2.1 bis 2.37, 2.11a und 2.24a sowie den schematischen geologischen Profilschnitten auf den Anlagen 3.1 und 3.2 zu entnehmen ist, stehen in den Gründungsebenen vorwiegend inhomogen zusammengesetzte aufgefüllte Böden an, die von gering tragfähigen natürlichen bindigen Böden unterlagert werden. Die vorgenannten Böden sind, auch unter Beachtung der zu erwartenden hohen Gebäudelasten, als nicht ausreichend tragfähig zu klassifizieren.

Um homogene Gründungsverhältnisse gewährleisten zu können, wird für die geplanten Gebäude eine Gründung auf Pfählen empfohlen.

Für die Ausführung der empfohlenen Gründungsart sind die Angaben der DIN 1054 und der EA-Pfähle: Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ maßgebend.

Gemäß der EA-Pfähle gelten die Pfahlspitzenwiderstands- und Pfahlmantelreibungswerte nur für Pfähle, die mindestens 2,5 m in eine tragfähige Schicht (hier verwitterter bis schwach verwitterter Mergelstein) einbinden und unter deren Pfahlfußfläche die Mächtigkeit der tragfähigen Schicht mindestens 1,5 m beträgt. Für Verdrängungspfähle werden keine Mindesteinbindetiefen in eine tragfähige Schicht angegeben. Es wird empfohlen, die Verdrängungspfähle, wie es bei Bohrpfählen vorgeschrieben wird, mindestens 2,5 m in den verwitterten Mergelstein einbinden zu lassen.

Der für eine Pfahlgründung ausreichend tragfähige Baugrund (verwitterter fester Mergelstein) steht gemäß den Ergebnissen der durchgeführten Bohrungen und Rammsondierungen etwa ab den maximalen Aufschlusstiefen der Bohrungen zwischen ca. 1,7/8,7 m unter GOK an.

Die Anzahl und die Anordnung der Pfähle sind nach dem Vorliegen der Lastpläne bzw. der Sohldruckverteilung durch den Spezialtiefbauer festzulegen. Die Angaben des Spezialtiefbauers zur Pfahlgründung sind zu beachten.

Unter den **Sohlplatten** der geplanten Gebäude ist eine Tragschicht in einer Stärke von mindestens 0,5 m aus nicht bindigem, wasserdurchlässigem und verdichtungsfähigem Lockergesteinsmaterial wie Kiessand 0/32, Grubenkies, Kalkstein-Schotter 0/45 bzw. einer äquivalenten Mischung oder Bodenart herzustellen. Dabei ist ein seitlicher Überstand unter einem Druckausbreitungswinkel von 45° einzuhalten.

Das Bodenaustauschmaterial dient dann bei Bedarf in Verbindung mit einem Pumpensumpf als bauzeitlicher Flächenfilter (s. Kapitel 7).

Das Bodenaustauschmaterial ist in Lagenstärken bis maximal 0,3 m einzubringen und mit einem geeigneten Verdichtungsgerät bis auf ca. 100 % der Proctordichte zu verdichten.

Werden bei den Verdichtungsarbeiten für die Tragschichten dynamisch wirkende Verdichtungsgeräte verwendet, ist deren Eindringtiefe so zu wählen, dass ggf. unterlagernde wassergesättigte bindige Böden nicht dynamisch beansprucht werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass dynamische Beanspruchungen bindiger Böden bei hohen Wassergehalten einen Porenwasserüberdruck im Boden bewirken, wodurch die Tragfähigkeit stark herabgesetzt wird (es entsteht ein so genannter „Matratzeneffekt“).

Es wird in diesem Zusammenhang auf die Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten durch das Erdbaulabor Dr. F. Krause hingewiesen.

Sollte auf dem Baugrundstück der Einbau von Recyclingbaustoffen vorgesehen sein, ist dies im Vorfeld der Baumaßnahme mit den zuständigen Genehmigungsbehörden abzustimmen.

10 Homogenbereiche, Bodenkennwerte, Bodenklassen, Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen

10.1 Homogenbereiche

Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen sind die angetroffenen Böden in folgende Homogenbereiche zu unterteilen:

Homogenbereich A	aufgefüllter humoser Oberboden
Homogenbereich B1	nicht bindige aufgefüllte Böden
Homogenbereich B2	bindige aufgefüllte Böden
Homogenbereich C	Schluff
Homogenbereich D	Ton
Homogenbereich E	Sand/Kies
Homogenbereich F	Geschiebelehm
Homogenbereich G	Verwitterungslehm, stark verwitterter Mergelstein
Homogenbereich H	verwitterter Mergelstein, schwach bis unverwitterter Mergelstein

10.2 Bodenkennwerte

Die für die erdstatischen Berechnungen erforderlichen Bodenkennwerte sind, unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Rammsondierungen, als charakteristische Mittelwerte geschätzt, wie folgt in Ansatz zu bringen:

<u>Bodenaustauschmaterial (Kiessand 0/32, Grubenkies, Schotter 0/45)</u>

Wichte γ	:	19,5	kN/m^3
(unter Auftrieb γ'	:	11,5	kN/m^3)
Reibungswinkel φ'	:	35,0	°
Kohäsion c´	:	0	kN/m^2
Steifeziffer E_s	:	60	MN/m^2
Durchlässigkeits-beiwert k_f	:	> 1 · 10^{-4}	m/s
Proctordichte D_{Pr}	:	100	%

<u>Nicht bindige aufgefüllte Böden (Homogenbereich B1)</u>

Wichte γ	:	18,0	kN/m^3
(unter Auftrieb γ'	:	10,0	kN/m^3)
Reibungswinkel φ'	:	30,0	°
Kohäsion c´	:	0	kN/m^2
Steifeziffer E_s	:	15	MN/m^2
Durchlässigkeits-beiwert k_f	:	ca. 1 · 10^{-6}	m/s

<u>Bindige aufgefüllte Böden (Homogenbereich B2)</u>

Wichte γ	:	18,0	kN/m^3
(unter Auftrieb γ'	:	8,0	kN/m^3)
Reibungswinkel φ'	:	25,0	°
Kohäsion c´	:	0	kN/m^2
Steifeziffer E_s	:	5	MN/m^2
Durchlässigkeits-beiwert k	:	ca. 1 · 10^{-8}	m/s

Schluff (Homogenbereich C)

Wichte γ	:	19,0	kN/m^3	
(unter Auftrieb γ'	:	9,0	kN/m^3)	
Reibungswinkel φ'	:	27,5	°	
Kohäsion c´	:	4	kN/m^2	(bei Wassersättigung und im gestörten Zustand gegen 0 kN/m^2 gehend)
Steifeziffer E_s	:	8	MN/m^2	
Bruchwert der Pfahl-mantelreibung $q_{s,k}$	:	0,01	MN/m^2	(gemäß Tab. 5.15 der EA-Pfähle)
Durchlässigkeits-beiwert k	:	ca. $1 \cdot 10^{-7}$	m/s	

Ton (Homogenbereich D)

Wichte γ	:	19,0	kN/m^3	
(unter Auftrieb γ'	:	9,0	kN/m^3)	
Reibungswinkel φ'	:	22,5	°	
Kohäsion c´	:	15	kN/m^2	(bei Wassersättigung und im gestörten Zustand gegen 0 kN/m^2 gehend)
Steifeziffer E_s	:	6	MN/m^2	
Bruchwert der Pfahl-mantelreibung $q_{s,k}$	:	0,01	MN/m^2	(gemäß Tab. 5.15 der EA-Pfähle)
Durchlässigkeits-beiwert k	:	ca. $1 \cdot 10^{-8}$	m/s	

Sand/Kies (Homogenbereich E)

Wichte γ	:	18,0	kN/m^3	
(unter Auftrieb γ'	:	10,0	kN/m^3)	
Reibungswinkel φ'	:	32,5	°	
Kohäsion c´	:	0	kN/m^2	
Steifeziffer E_s	:	20	MN/m^2	
Bruchwert der Pfahl-mantelreibung $q_{s,k}$	:	0,02	MN/m^2	(gemäß Tab. 5.13 der EA-Pfähle)
Durchlässigkeits-beiwert k	:	ca. $1 \cdot 10^{-5}$	m/s	

Geschiebelehm (Homogenbereich F)

Wichte γ	:	19,5	kN/m³	
(unter Auftrieb γ'	:	9,5	kN/m³)	
Reibungswinkel φ'	:	27,5	°	
Kohäsion c´	:	15	kN/m²	
Steifeziffer E_S	:	15	MN/m²	
Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$	:	0,02	MN/m²	(gemäß Tab. 5.15 der EA-Pfähle)
Durchlässigkeitsbeiwert k	:	$< 1 \cdot 10^{-8}$	m/s	

Verwitterungslehm (Homogenbereich G)

Wichte γ	:	19,5	kN/m³	
(unter Auftrieb γ'	:	9,5	kN/m³)	
Reibungswinkel φ'	:	25,0	°	
Kohäsion c´	:	15	kN/m²	
Steifeziffer E_S	:	10	MN/m²	
Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$	:	0,02	MN/m²	(gemäß Tab. 5.15 der EA-Pfähle)
Durchlässigkeitsbeiwert k	:	$< 1 \cdot 10^{-8}$	m/s	

Stark verwitterter Mergelstein (Homogenbereich G)

Wichte γ	:	20,5	kN/m³	
(unter Auftrieb γ'	:	10,5	kN/m³)	
Reibungswinkel φ'	:	27,5	°	
Kohäsion c´	:	20	kN/m²	
Steifeziffer E_S	:	20	MN/m²	
Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$	:	0,03	MN/m²	(gemäß Tab. 5.15 der EA-Pfähle)
Durchlässigkeitsbeiwert k	:	$< 1 \cdot 10^{-9}$	m/s	

Verwitterter Mergelstein (Homogenbereich H)

Wichte γ	:	22,5	kN/m^3	
(unter Auftrieb γ'	:	12,5	kN/m^3)	
Reibungswinkel φ'	:	32,5	°	
Kohäsion c´	:	15	kN/m^2	
Steifeziffer E_S	:	60	MN/m^2	
Bruchwert der Pfahl-mantelreibung $q_{s,k}$	:	0,3	MN/m^2	(gemäß Tab. 5.17 der EA-Pfähle)
Bruchwert des Pfahl-spitzendrucks $q_{b,k}$	:	3,0	MN/m^2	(gemäß Tab. 5.17 der EA-Pfähle)
Durchlässigkeits-beiwert k	:	$< 1 \cdot 10^{-9}$	m/s	

Schwach bis unverwitterter Mergelstein (Homogenbereich H)

Wichte γ	:	23,5	kN/m^3	
(unter Auftrieb γ'	:	13,5	kN/m^3)	
Reibungswinkel φ'	:	35,0	°	
Kohäsion c´	:	15	kN/m^2	
Steifeziffer E_S	:	100	MN/m^2	
Bruchwert der Pfahl-mantelreibung $q_{s,k}$	:	0,6	MN/m^2	(gemäß Tab. 5.17 der EA-Pfähle)
Bruchwert des Pfahl-spitzendrucks $q_{b,k}$	:	6,0	MN/m^2	(gemäß Tab. 5.17 der EA-Pfähle)
Durchlässigkeits-beiwert k	:	$< 1 \cdot 10^{-9}$	m/s	

10.3 Bodenklassen gem. VOB/DIN 18300, Bodengruppen gem. DIN 18196 und Frostempfindlichkeitsklassen gem. ZTV E-StB 17

Für die Ausschreibung der Erdarbeiten sind die angetroffenen Bodenarten wie folgt zu klassifizieren und in folgende Bodengruppen einzuordnen:

Aufgefüllter humoser Oberboden
(Homogenbereich A)

Bodenklasse:	1
Bodengruppen:	[OH]/[OU]

Nicht bindige aufgefüllte Böden
(Homogenbereich B1)

Bodenklassen:	3 und 4 [bei grobstückigen Inhaltsstoffen, die durch das gewählte Aufschlussverfahren nicht aufgeschlossen werden können (z. B. grober Bauschutt), auch Klassen 5 bis 7]
Bodengruppen:	[GU]/[GU*]/[GW]/[GI]/[SU]/[SU*]/[SW]/[Si]
Frostempfindlichkeitsklassen:	F 1 (nicht frostempfindlich) bis F 3 (sehr frostempfindlich)

Bindige aufgefüllte Böden
(Homogenbereich B2)

Bodenklasse:	4 [bei grobstückigen Inhaltsstoffen, die durch das gewählte Aufschlussverfahren nicht aufgeschlossen werden können (z. B. grober Bauschutt), auch Klassen 5 bis 7]
Bodengruppen:	[UL]/[UM]/[TL]/[TM]
Frostempfindlichkeitsklasse:	F 3 (sehr frostempfindlich)

Schluff
(Homogenbereich C)

Bodenklasse:	4 (bei Verschlammungen, Wassersättigung bzw. einer Konsistenzzahl von $I_c \leq 0{,}5$: Klasse 2)
Bodengruppen:	UL/UM/TL/TM
Frostempfindlichkeitsklasse:	F 3 (sehr frostempfindlich)

Ton
(Homogenbereich D)

Bodenklassen:	4 und 5 (bei Verschlammungen, Wassersättigung bzw. einer Konsistenzzahl von $I_c \leq 0,5$: Klasse 2)
Bodengruppen:	TL/TM/TA
Frostempfindlichkeitsklassen:	F 3 (sehr frostempfindlich), bei der Bodengruppe TA auch F 2 (gering bis mittel frostempfindlich)

Sand / Kies
(Homogenbereich E)

Bodenklasse:	4
Bodengruppen:	SU*/ST*/GU*/GT*
Frostempfindlichkeitsklasse:	F 3 (sehr frostempfindlich)

Geschiebelehm
(Homogenbereich F)

Bodenklassen:	4 und 5 (bei Verschlammungen, Wassersättigung bzw. einer Konsistenzzahl von $I_c \leq 0,5$: Klasse 2; bei ggf. auftretenden Findlingen in Blockgröße auch Klassen 6 und 7)
Bodengruppen:	TL/TM/TA/ST*
Frostempfindlichkeitsklassen:	F 3 (sehr frostempfindlich), bei der Bodengruppe TA auch F 2 (gering bis mittel frostempfindlich)

Verwitterungslehm / stark verwitterter Mergelstein
(Homogenbereich G)

Bodenklassen:	4 und 5 (bei Verschlammungen, Wassersättigung bzw. einer Konsistenzzahl von $I_c \leq 0,5$: Klasse 2)
Bodengruppen:	TM/TA
Frostempfindlichkeitsklassen:	F 3 (sehr frostempfindlich), bei der Bodengruppe TA auch F 2 (gering bis mittel frostempfindlich)

Verwitterter / schwach bis unverwitterter Mergelstein
(Homogenbereich H)

Bodenklassen:	6 und 7 (verwitterter bis unverwitterter Fels)
Frostbeständigkeit:	gering

11 Verwendung des Aushubmaterials

Die anfallenden aufgefüllten Böden sind aufgrund der Ergebnisse der chemischen Untersuchungen abzufahren. Die Verwertung der natürlichen Böden ist aus umweltrelevanter Sicht mit der zuständigen Behörde abzustimmen (siehe Kapitel 5.2).

Die beim Aushub anfallenden gemischtkörnigen und bindigen aufgefüllten Böden sind nur im Bereich ihres optimalen Wassergehaltes und bei fehlenden Niederschlägen einbau- und verdichtungsfähig. Die Aushubböden sind somit als Füll- bzw. Auffüllmaterial nur bedingt verwendbar und nur in Bereichen außerhalb des Gebäudes einzubauen, die nicht überbaut werden.

Der zum Wiedereinbau vorgesehene Boden ist durch Folienabdeckungen gegen Witterungseinflüsse zu schützen und im Zuge der Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten auf seine Verwendung als Füllboden zu prüfen.

Alternativ zum Aushubboden sind Sande, Grubenkiese oder Kiessande mit maximal bindigen Bestandteilen bis 15 % einzubauen und zu verdichten.

Das für die Verfüllung der Arbeitsräume vorgesehene Material ist in Lagenstärken bis maximal 0,3 m einzubringen und mittels geeigneter Verdichtungsgeräte bis auf ca. 97 % bis 100 % der Proctordichte zu verdichten.

Im Zuge der Gründungsarbeiten fällt neben den o. g. Böden auch aufgefüllter humoser Oberboden (Mutterboden) an. Es wird an dieser Stelle auf den § 202, Schutz des Mutterbodens, des Baugesetzbuches hingewiesen. Danach ist *„Mutterboden, der bei der Errichtung und Änderung baulicher Anlagen sowie bei wesentlichen anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben wird, … in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen“*.

12 Gründungstechnische Folgerungen

12.1 Gründungsart, Gründungstiefe, Bodenersatz

Um homogene Gründungsverhältnisse gewährleisten zu können, wird für die geplanten Gebäude eine Gründung auf Pfählen empfohlen.

Dabei sind die Gebäudelasten über Balkenroste auf die Pfähle zu übertragen. Die Stärke des Balkenrostes ist vom Tragwerksplaner noch anzugeben.

Die Anzahl und die Anordnung der Pfähle sind nach dem Vorliegen der Lastpläne bzw. der Sohldruckverteilung durch den Spezialtiefbauer festzulegen. Die Angaben des Spezialtiefbauers zur Pfahlgründung sind zu beachten.

Unter den Sohlplatten der geplanten Gebäude ist eine Tragschicht in einer Stärke von mindestens 0,5 m aus nicht bindigem, wasserdurchlässigem und verdichtungsfähigem Lockergesteinsmaterial wie Kiessand 0/32, Grubenkies, Kalkstein-Schotter 0/45 bzw. einer äquivalenten Mischung oder Bodenart herzustellen.

12.2 Baugrubensicherung

Die Baugrubenwände können in den aufgefüllten Böden, den Sanden/Kiesen und in den natürlich gelagerten weichplastischen bindigen Böden bis 45° und in den mindestens steifplastischen bindigen Böden bis 60° abgeböscht werden. Die Böschungen sind gegen Erosionen durch Folienabdeckung zu schützen.

In den Bereichen, in denen keine Böschungen angelegt werden können, ist ein Baugrubenverbau (z. B. Trägerbohlwandverbau), der statisch nachzuweisen ist, vorzusehen.

Für die Ausführung der Baugruben und Verbaumaßnahmen gelten die Vorgaben der DIN 4124. Im Übergangsbereich zur Bestandsbebauung sind die Aushubbegrenzungen gemäß DIN 4123 zu beachten.

Werden Rückverankerung erforderlich (z. B. zur Gewährleistung der Auftriebssicherheit der Kellersohle bzw. für den Baugrubenverbau), sind die Verpressstrecken der Anker im mindestens halbfesten Mergelstein anzuordnen.

Bei einer Krafteintragungslänge von mindestens l_0 = 5,0 m in den halbfesten bis festen Mergelstein kann nach *OSTERMAYER* für die Vorbemessung erfahrungsgemäß ein charakteristischer Mantelreibungswert von $\tau_m \approx 200$ kN/m² in Ansatz gebracht werden. **Die endgültigen Bemessungswerte sind mittels Probebelastungen festzulegen.**

12.3 Belastung des Baugrundes

Für die Bemessung von Bohrpfählen können bei der geforderten Einbindung von mindestens 2,5 m in den ausreichend tragfähigen, **verwitterten Mergelstein** gemäß Tabelle 5.17 der EA-Pfähle ein Pfahlspitzenwiderstand (Bruchwert) von $q_{b,k}$ = 3,0 MN/m^2 und eine Mantelreibung (Bruchwert) von $q_{s,k}$ = 0,3 MN/m^2 in Ansatz gebracht werden.

Bei einer Anordnung der Bohrpfähle im **schwach bis unverwitterten Mergelstein** können gemäß Tabelle 5.17 der EA-Pfähle ein Pfahlspitzenwiderstand (Bruchwert) von $q_{b,k}$ = 6,0 MN/m^2 und eine Mantelreibung (Bruchwert) von $q_{s,k}$ = 0,6 MN/m^2 in Ansatz gebracht werden.

Die genaue Tiefenlage des schwach bis unverwitterten Mergelsteins ist noch über Großbohrungen oder über Drucksondierungen genau zu bestimmen.

Die Anzahl und die Anordnung der Pfähle sind auf der Grundlage der Lastpläne bzw. der Sohldruckverteilung durch den Spezialtiefbauer festzulegen.
Die Angaben des Spezialtiefbauers zur Pfahlgründung sind zu beachten.

Es wird darauf hingewiesen, dass die vorgenannten charakteristischen Pfahlspitzendruckwerte sowie die charakteristischen Pfahlmantelreibungswerte nur im Rahmen einer Vorbemessung verwendet werden dürfen.

Es wird empfohlen, Probebelastungen durchzuführen.

13 Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten

Nach Freilegung der Baugrube oder auch während der Ausschachtungsarbeiten ist der Gutachter zu einer abschließenden Baugrundbeurteilung aufzufordern.

Es erfolgt ein Vergleich der Baugrundverhältnisse zu denen, die dem vorliegenden geotechnischen Gutachten zugrunde gelegt wurden.

Im Zuge der Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten erfolgen die endgültigen Angaben zur bauzeitlichen Wasserhaltung, zu den Bodenaustauscharbeiten, zur Baugrubensicherung und zur Gründung.

Darüber hinaus kann im Rahmen der Qualitätssicherung im Zuge der Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten eine Überprüfung der dem vorliegenden geotechnischen Gutachten zugrunde gelegten, geschätzten Bodenkennwerte erfolgen.

Nach Fertigstellung des ersten Bohrpfahles ist das Bohrgut aus der Pfahlaufstandsfläche vom Gutachter abnehmen zu lassen. Wird bei der Herstellung der Pfähle kein Bohrgut gefördert, sind dem Gutachter zur Prüfung der ausreichenden Tragfähigkeit der Böden in der Pfahlaufstandsfläche nach Fertigstellung der Pfähle unverzüglich die Herstellungsprotokolle zur Verfügung zu stellen.

14 Angaben zu bautechnischen Maßnahmen für die Außenanlagen

Das Baugelände gehört gemäß RStO 12 der Frosteinwirkungszone I der Bundesrepublik Deutschland an.

Die im oberflächennahen Bereich anstehenden Böden sind entsprechend der ZTV E-StB 17 in die Frostempfindlichkeitsklassen F 1 (nicht frostempfindlich) bis F 3 (sehr frostempfindlich) zu stellen.

Die Stärke und der Aufbau des Umfahrten- und Flächenoberbaus richten sich nach der vom Planer festzulegenden Bauklasse, der Ausführung der Tragschicht und der Art der Fahrbahndecke. Für die Herstellung der Außenanlagen sind für den Planer und die ausführende Firma die RStO 12, die ZTV E-StB 17 sowie die ZTV SoB-StB 04 maßgebend.

Davon ausgehend, dass im Untergrund Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 anstehen und unter Beachtung der ungünstigen hydrogeologischen und hydrologischen Verhältnisse, beträgt die **Mindestdicke** des frostsicheren Straßenaufbaus gemäß den Tabellen 6 und 7 der RStO 12 für die

	Belastungsklassen Bk3,2 bis Bk1,0	0,65 m
und für die	Belastungsklasse Bk0,3	0,55 m.

Um die Tragfähigkeitswerte gemäß ZTV E-StB 17 bzw. der RStO 12 erreichen zu können, ist gemäß Tabelle 8 der RStO 12 auf dem Planum der befestigten Außenanlagen ein E_{v2}-Wert von $\geq$ 45 MPa nachzuweisen.

Wird der auf dem Erdplanum geforderte E_{v2}-Wert von $\geq$ 45 MPa nicht erreicht, ist unter der Frostschutzschicht eine Bodenverbesserung vorzusehen. Es ist festzulegen, ob ein Bodenaustausch unter der Frostschutzschicht in Stärken von ca. 0,2 m bis ca. 0,3 m mit ggf. unterlagerndem Geogitter oder eine Bodenverbesserung durch die Zugabe von hydraulischen Bindemitteln (z. B. Kalk oder Kalk-Zement-Mischbinder) vorzuziehen ist.

Der Bodenaustausch erfolgt gegen nicht bindige, verdichtungsfähige, wasserdurchlässige und umweltverträgliche Lockergesteine.

Bei einer Bodenverbesserung mit hydraulischen Bindemitteln ist die Bindemittelzugabemenge (geschätzt ca. 2 - 6 M-%) vom aktuellen Wassergehalt abhängig. Die tatsächliche Zugabemenge ist je nach Witterungsverhältnissen und aktuellem Wassergehalt der anstehenden Böden zeitnah durch Feldversuche zu bestimmen.

Das hydraulische Bindemittel ist maschinell so in den Boden einzuarbeiten, dass die Stärke der verbesserten Bodenschicht nach den Verdichtungsarbeiten mindestens 0,3 m beträgt.

Durch das Einfräsen von hydraulischen Bindemitteln kann gleichzeitig die Frostempfindlichkeit der anstehenden bindigen Böden so weit verbessert werden, dass der Boden in die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 (gering bis mittel frostempfindlich) einzustufen ist. Auf dem verbesserten Erdplanum ist dann ein E_{v2}-Wert von mindestens 70 MPa nachzuweisen (so genannte qualifizierte Bodenverbesserung).

Wird eine qualifizierte Bodenverbesserung ausgeführt, beträgt die **Mindestdicke** des frostsicheren Straßenaufbaus gemäß den Tabellen 6 und 7 der RStO 12 für die

	Belastungsklassen Bk3,2 bis Bk1,0	0,55 m
und für die	Belastungsklasse Bk0,3	0,45 m.

Die erforderlichen bautechnischen Maßnahmen sind ggf. durch Probeverdichtungen festzulegen. In diesem Zusammenhang wird auf die Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten durch das Erdbaulabor Dr. F. Krause hingewiesen.

Da der Untergrund im Bereich der befestigten Außenanlagen, auch bei einer Bodenverbesserung mit einem hydraulischen Bindemittel, aus gering durchlässigen, bindigen Böden besteht, sind die Außenanlagen zur Verhinderung eines Aufstaus von Sicker- und Schicht- bzw. Oberflächenwasser an der Unterkante der Frostschutzschicht zu dränieren.

Das Erdplanum ist mit einem Gefälle anzulegen. An den Tiefpunkten sind Dränagen zu verlegen. Das anfallende Wasser ist dann kontrolliert in eine geeignete Vorflut bzw. in die Kanalisation abzuführen.

15 Versickerung von Niederschlagswasser

Die Versickerung von Niederschlagswasser ist, unter Beachtung der hydrogeologischen Gegebenheiten und im Hinblick auf die Angaben im DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-A 138, nicht möglich.

16 Allgemeine Angaben zum Geothermisches Potenzial

Gemäß dem seitens des Geologischen Dienstes NRW zur Verfügung gestellten Internet-Auskunftssystem „Geothermie in NRW - Standortcheck“ ist auf dem Baugelände bei einer Nutzungstiefe von Erdwärmesonden in einer Tiefe von ca. 1,2 bis 1,5 m unter GOK mit einer mittleren geothermischen Ergiebigkeit zu rechnen.

Für Erdwärmesonden (Sondenlängen von 40 bis 100 m) wird für das Baugrundstück auf eine mittlere geothermische Ergiebigkeit (Klasse 3b) hingewiesen.

Gemäß dem vorgenannten Internet-Auskunftssystem liegt das Baugrundstück außerhalb von Wasserschutz- bzw. Heilquellenschutzgebieten.

Genauere Angaben zur geothermischen Ergiebigkeit können standortspezifisch nur auf Grundlage von direkten Untersuchungen (z. B. Geothermal-Response-Test) gemacht werden.

17 Hinweise auf weitere Untersuchungen

Der Gutachter ist über die Fertigstellung weiterer oder geänderter Planunterlagen, die aus baugrundtechnischer Sicht relevant sind, zu informieren. Gegebenenfalls wird ein Nachtrag zum geotechnischen Gutachten notwendig.

18 Schlusswort

Der Gutachter ist zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern, wenn sich Fragen ergeben, die im vorliegenden geotechnischen Gutachten nicht erörtert wurden.

Münster, den 5. August 2021

i.A. M.Sc. Geowiss. René Mommsen

Fiet Krause
Inhaber

Planunterlagen:

Nr. 1 Lageplan, 1:500 (Quelle: Vermessungsbüro Dr.-Ing. Benedikt Frielinghaus, Michaelstraße 16, 59227 Ahlen; Stand: 28.07.2020)

Nr. 2 Grundrisse Stadthaus (EG, UG), 1:100 (Quelle: Gerber Architekten GmbH, Tönnishof 9 - 13, 44149 Dortmund; Stand: 16.07.2021)

Nr. 3 Archivunterlagen

Anlagen:

Nr. 1 Übersichtsplan, 1:1.750 (Anlage 1.1) und
Lagepläne, 1:500, mit eingetragenen Bodenaufschlusspunkten und eingetragenem Bezugspunkt (Anlagen 1.2 und 1.3)

Nr. 2 Schichtenprofile gemäß DIN 4023 und Rammdiagramme gemäß DIN EN ISO 22476-2, 1:50 (Anlagen 2.1 bis 2.37, 2.11a und 2.24a)

Nr. 3 Schematische geologische Profilschnitte (A-A‘ bis C-C‘), 1:250/100 (Anlagen 3.1 und 3.2)

Nr. 4 Ergebnisse der bodenphysikalischen Laborversuche (Anlagen 4.1 bis 4.10)

Nr. 5 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der chemischen Untersuchungen [Anlagen 5.1 (4 Seiten) und 5.2 (2 Seiten)]

Nr. 6 Prüfberichte (27 Seiten)

Nr. 7 Probenahme-Protokolle (Anlagen 7.1 bis 7.10)

Verteiler:

Stadt Ahlen, Zentrales Gebäudemanagement, Herrn Hintemann, Ostberg 4, 59229 Ahlen (2-fach)