

Ingenieur - Hydro - Umwelt -
Geologie
Gutachten·Planung·Beratung
Fachbauleitung



Geotechnisches Gutachten

**Sanierung, Umbau und Erweiterung der Selmigerheideschule
Auf der Horst 18
59077 Hamm**

Projektbearbeiter: Diplom-Geologe T. Freisfeld

Projekt-Nr.: 2024/15308

Münster, 16.01.2025

INHALTSVERZEICHNIS

1	Auftrag und allgemeine Angaben zum Projekt	4
2	Durchführung der Untersuchungen	5
3	Morphologische Verhältnisse	7
4	Baugrundverhältnisse	7
4.1	Schichtenfolge	7
4.2	Grundwasser	9
4.3	Gefährdungspotenziale im Untergrund	10
4.4	Erdbebeneinwirkung	11
5	Organoleptische Bewertungen	11
6	Ergebnisse der chemischen Untersuchungen	12
6.1	Bewertungsgrundlagen	12
6.2	Bewertung hinsichtlich der Verwertung/Entsorgung von Bodenaushub gemäß der EBV	15
6.3	Hinweise zu den durchgeführten Untersuchungen	16
7	Homogenbereiche, Bodenkennwerte, Bodenklassen, Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen	17
7.1	Homogenbereiche	17
7.2	Bodenkennwerte	18
7.3	Bodenklassen gem. VOB/DIN 18300, Bodengruppen gem. DIN 18196 und Frostempfindlichkeitsklassen gem. ZTV E-StB 17	19
8	Gründungstechnische Folgerungen	21
8.1	Gründungsart	21
8.2	Gründungstiefe	21
8.3	Tragfähigkeit des Baugrundes und Baugrundverbesserungsmaßnahmen 22	
8.4	Wasserhaltungsmaßnahmen	24
8.5	Baugrubensicherung	25
8.6	Maßnahmen zum Schutz des Bauwerkes gegen Grundwasser	26
8.7	Gasflächendränage/Methangasproblematik	27

8.8 Belastung des Baugrundes, Setzungsverhalten und Grundbruch- sicherheit	28
9 Verwendung des Aushubmaterials	30
10 Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten	31
11 Verdichtungsüberprüfung.....	32
12 Versickerung von Niederschlagswasser	32
13 Hinweise auf weitere Untersuchungen.....	32
14 Schlusswort.....	33

1 Auftrag und allgemeine Angaben zum Projekt

Im Zuge des Bauvorhabens: Sanierung, Umbau und Erweiterung der Selmigerheideschule, Auf der Horst 18, 59077 Hamm, ist nach einem Teilabriss des teilunterkellerten Bestandsgebäudes der Neubau eines zweigeschossigen nicht unterkellerten Neubaus geplant.

Die Gründung des Neubaus erfolgt gemäß den zur Verfügung gestellten Planunterlagen auf einer lastabtragenden Bodenplatte (Sohlplatte) mit umlaufenden Frostschränken. Die Frostschränken erfüllen die Funktion von Streifenfundamenten, wenn sie zum Lastabtrag herangezogen werden. Im Übergangsbereich zum unterkellerten Bestandsgebäude ist eine Abtreppung der Gründungsebene der Frostschränken bis auf das Gründungsniveau des unterkellerten Bestandsgebäude geplant.

Der Anlage 5 ist zu entnehmen, dass im Bereich der Achsen B-F/8 quadratische Sohlplattenverstärkungen vorgesehen sind.

Die geplante Fahrstuhlunterfahrt wird auf einer ca. 0,35 m bzw. einer ca. 0,5 m starken lastabtragenden Bodenplatte (Sohlplatte) gegründet, die bei der Variante A über Magerbeton bis auf die Gründungsebene des unterkellerten Bestandsgebäude tiefer geführt wird. Bei der Variante B reicht die Fahrstuhlunterfahrt bis unterhalb der vorhandenen Gründungsebene des unterkellerten Bestandsgebäude.

Die Oberkante des fertigen Fußbodens im Erdgeschoss (OKFF EG) wird bei ca. 0,3 m BP [Höhenbezugspunkt (BP) s. Kapitel 3] und im Übergangsbereich zum Bestandsgebäude niveaugleich an den Bestand bei ca. 1,02 m BP angeordnet. Die Kellerfußbodenoberkante (KFOK) des Bestandsgebäudes liegt bei ca. -1,7 m BP. Die Gründungsebene der Bestandsfundamente im wird mit ca. -2,1 m BP angegeben.

Die angenommene Gründungsebene der Sohlplatte des nicht unterkellerten Neubaus liegt bei ca. -0,15 m BP, im Bereich der quadratischen Sohlplattenverstärkungen bei ca. -0,4 m BP.

Die Gründungsebene der Frostschränken wird bei ca. 0,8 m unter der OKFF EG des Neubaus bzw. bei ca. -0,5 m BP liegen. Im Bereich des alten Arbeitsraumes bzw. im Übergangsbereich zum unterkellerten Bestandsgebäude liegt die Gründungsebene niveaugleich zur Gründungsebene der Bestandsfundamente bzw. bei ca. -2,1 m BP.

Die Gründungsebene der Sohlplatte der Fahrstuhlunterfahrt bei der Variante A wird mit ca. -1,3 m BP angegeben. Der geplante Magerbetonsockel wird auf der Höhe der Bestandsfundamente bei ca. -2,1 m BP angeordnet.

Bei der Variante B liegt die Gründungsebene der Sohlplatte der Fahrstuhlunterfahrt bei ca. -3,65 m BP (s. Anlage 5).

Die Fundamentabmessungen sowie die Stärken der Sohlplatten sind noch vom Tragwerksplaner festzulegen.

Die vorgenannten Gründungsebenen sind Grundlage der weiteren Ausführungen.

Angaben zu ankommenden Lasten liegen dem Erdbaulabor Dr. F. Krause nicht vor.

2 Durchführung der Untersuchungen

Zur Erschließung der Baugrundverhältnisse und zur Ermittlung der Tragfähigkeit des Baugrundes wurden am 02.12.2024 auf dem Baugrundstück sechs Rammkernsondierbohrungen (RKS 1 bis RKS 6) und acht leichte Rammsondierungen (DPL 1 bis DPL 6, DPL 1a und DPL 1b) niedergebracht.

Die Rammkernsondierbohrung RKS 2 sowie die Rammsondierung DPL 1 mussten aufgrund von Bohr- bzw. Rammhindernisse bzw. der hohen Lagerungsdichte der Auffüllung vor dem Erreichen der angestrebten Endteufe in den aufgefüllten Böden eingestellt werden.

Auch die versetzt neu ausgeführten Rammsondierungen DPL 1a und DPL 1b mussten aufgrund der o. g. Gründen vor dem Erreichen der angestrebten Endteufe in den aufgefüllten Böden eingestellt werden.

Die Bohrung RKS 3 wurden als temporäre Grundwassermessstelle ausgebaut.

Die Aufschlusspunkte sind der Grundrisszeichnung des Erdgeschosses (s. Anlage 1.2) zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen und die der Rammsondierungen, die Ausbaudaten der temporären Grundwassermessstelle, wurden gemäß DIN 4023 und DIN EN ISO 22476-2 in Schichtenprofilen und Rammdiagrammen auf den Anlagen 2.1 bis 2.10, 2.1.1, 2.1.2 und 2.3.1 dargestellt.

Aus den Bohrungen wurden 28 gestörte Bodenproben entnommen.

Im Labor erfolgte die bodenphysikalische, bodenmechanische und organoleptische Ansprache der Bodenproben und, unter Beachtung der Ergebnisse der

Rammsondierungen, die Abschätzung der für die erdstatischen Berechnungen erforderlichen Bodenkennwerte.

Zur orientierenden Klärung des Verwertungs- und Entsorgungspfades des abzufahrenden Bodens wurden die Mischproben **MP 1** bis **MP 4** aus folgenden Bodenproben zusammengestellt:

Mischproben- bezeichnung	RKS	Teufe in m unter GOK
MP 1 (Auffüllung: Schluff und Sand mit Bauschutt)	1 3 4	0,3 - 0,4 0,0 - 0,5 / 0,5 - 1,5 / 1,5 - 2,8 0,05 - 0,6
MP 2 (Auffüllung: Sand)	2 4	0,3 - 0,9 / 0,9 - 3,4 0,6 - 0,9
MP 3 (Auffüllung: Sand mit gerin- gen Bauschutt-Anteilen)	5 6	0,0 - 0,5 / 0,5 - 2,5 0,0 - 0,5 / 0,5 - 2,5
MP 4 (Löss und Lehm)	1 3 4 5 6	0,4 - 2,4 2,8 - 4,8 0,9 - 1,1 / 1,1 - 3,1 2,5 - 4,5 2,5 - 4,5

Die Mischproben **MP 1** bis **MP 4** wurde in einem akkreditierten chemischen Laboratorium auf die Parameter der Anlage 1, Tabelle 3, der Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung - EBV) untersucht.

Die Ergebnisse der vorgenannten chemischen Untersuchungen sind den Anlagen 3.1 (tabellarische Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse) und 3.2 (Prüfberichte) zu entnehmen. Die Probenahme-Protokolle sind dem geotechnischen Gutachten als Anlagen 3.3 bis 3.6 beigelegt.

Die bei den vorgenannten chemischen Laborversuchen nicht verbrauchten Bodenproben werden 3 Monate nach Abgabe des geotechnischen Gutachtens aufbewahrt und dann, falls vom Auftraggeber nicht anders bestimmt, verworfen.

3 Morphologische Verhältnisse

Als Höhenbezugspunkt (BP) für die Bohr- und Rammansatzpunkte wurde der im Lageplan (s. Anlage 1.1) eingezeichnete Kanaldeckel (KD) mit der relativen Höhe von $\pm 0,0$ m gewählt.

Die Bodenaufschlusspunkte wurden auf diese relative Höhe bezogen.

Nach dem Höhennivellement der Bohr- und Rammansatzpunkte liegt eine maximale Höhendifferenz von ca. 0,55 m vor.

Danach liegt das Gelände im Mittel bei ca. 0,26 m über dem Höhenbezugspunkt bzw. bei ca. 0,26 m BP.

4 Baugrundverhältnisse

4.1 Schichtenfolge

Gemäß den Angaben der geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100.000, Blatt C 4310 Münster, stehen im Bereich des Baugrundstückes Windablagerungen der Weichsel-Kaltzeit (Serie Pleistozän, System Quartär) an. Zur Tiefe hin stehen die Festgesteine der Serie Oberkreide (Stufe Santon), Feinsandmergelsteine mit eingelagerten Kalksteinbänken, sowie Tonmergelsteine und Mergelsteine, an.

Die punktuellen Aufschlussbohrungen haben eine relativ einheitliche Schichtenfolge erschlossen, die, unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Rammsondierungen, vereinfacht wie folgt beschrieben wird (s. dazu die Anlagen 2.1 bis 2.10, 2.1.1, 2.1.2 und 2.3.1):

bis ca. 0,3 m unter GOK

Oberflächenbefestigung aus Schwarzdecke (Stärke ca. 0,05 m) mit unterlagernder Tragschicht aus einem schwach sandigen Kalkstein-Schotter, erdfeucht und dicht gelagert. Die Schwarzdecke wurde nur in den Bohrungen RKS 1 und RKS 2 erbohrt.

bis ca. 0,6 m unter GOK

Oberflächenbefestigung aus Waschbetonplatten (Stärke ca. 0,05 m) mit unterlagernder Tragschicht aus einem kiesigen Sand, der mit Bauschutt durchsetzt ist, erdfeucht und dicht gelagert. Die Waschbetonplatten wurden im Bereich der Bohrung RKS 4 vorgefunden.

**bis ca. 0,4/2,8 m unter GOK bzw.
bis zur max. Aufschlusstiefe
von 3,4 m unter GOK (RKS 2)**

anthropogene Auffüllung, inhomogen zusammengesetzt aus mineralischem Boden (Sand und Schluff, teils schwach tonig, schwach steinig, schwach humos, schwach kiesig), örtlich mit unterschiedlichen Massenanteilen an Bauschutt durchsetzt, erdfeucht.

Die aufgefüllten Böden sind überwiegend locker bis mitteldicht gelagert. Im Bereich der Bodenaufschlüsse RKS 2 und DPL 2 weisen die aufgefüllten Sande in einer Tiefenlage zwischen ca. 2,4 m und ca. 4,0 m unter GOK lediglich eine sehr lockere bis lockere Lagerungsdichte auf. Es wird darauf hingewiesen, dass die Zusammensetzung der Auffüllung sowohl horizontal als auch vertikal schnell wechseln kann.

Die Bohrung RKS 2 musste aufgrund eines Bohrhindernisses bei 3,4 m unter GOK in den aufgefüllten Böden eingestellt werden.

bis ca. 1,1 m unter GOK

Lehm (Sand, stark schluffig, schwach tonig), erdfeucht. Der in der Bohrung RKS 4 erbohrte Lehm besitzt im ungestörten Zustand eine steifplastische Konsistenz.

**bis zur max. Aufschlusstiefe
von 6,0 m unter GOK**

Löss (Schluff, schwach sandig, schwach tonig), erdfeucht bis grundwasserführend und dann fließfähig. Der locker bis mitteldicht und ab einer Tiefe von ca. 4,0 m unter GOK mitteldicht gelagerte Löss besitzt im ungestörten Zustand eine steifplastische Konsistenz.

Die Aufschlussbohrung RKS 2 musste aufgrund eines Bohrhindernisses bei 3,4 m unter GOK in den aufgefüllten Böden eingestellt werden. Die Bohrungen RKS 1 und RKS 3 bis RKS 6 wurden beim Erreichen der angestrebten Endteufe von 6,0 m unter GOK im Löss eingestellt.

4.2 Grundwasser

Gemäß dem seitens des Ministeriums für Umwelt, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen zur Verfügung gestellten Internet-Auskunftssystem „NRW Umweltdaten vor Ort (UvO)“ befindet sich das Baugrundstück außerhalb offiziell verzeichneter Überschwemmungsgebiete (HQ10 bis HQ500) und außerhalb existierender und geplanter Trinkwasser- bzw. Heilquellenschutzgebiete.

Das Grundwasser wurde im Zuge der Baugrunduntersuchungen am 02.12.2024 zwischen ca. 3,8 m unter GOK (RKS 1) und ca. 4,4 m unter GOK (RKS 6) bzw. zwischen ca. -3,4 m BP (RKS 4) und ca. -3,9 m BP (RKS 6) angetroffen. Der mittlere Grundwasserstand lag bei ca. -3,7 m BP.

Der geschätzte mittlere höchste Grundwasserstand (mHGW) ist ca. 0,5 m über dem mittleren Grundwasserstand vom 01.12.2024 bzw. bei ca. -3,2 m BP und der geschätzte maximale Grundwasserstand (Bemessungsgrundwasserstand HGW) bei ca. -2,7 m BP anzusetzen.

Es wird darauf hingewiesen, dass der Wasserhaushalt der auf dem Baugrundstück erbohrten bindigen Böden (Lehm und Löss) unmittelbar den vor Ort stattfindenden Regenereignissen unterliegt. In und oberhalb dieser Böden ist mit temporär aufstauendem Sickerwasser zu rechnen. Nach langanhaltenden, starken Niederschlägen können somit die bindigen Böden im wassergesättigten Zustand vorliegen.

4.3 Gefährdungspotenziale im Untergrund

Gemäß dem seitens der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6 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 Baugrundstückes 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.

Bei Bohrungen in die Festgesteine kann es jedoch zu Methanaustritten kommen.

Im tieferen Untergrund können unter bestimmten Voraussetzungen geogene, natürlich entstandene Gasgemische vorhanden sein. Mit geogenem Gas muss in den Teilen des Landes Nordrhein-Westfalen, in denen kohleführende Schichten auftreten, gerechnet werden. Die Kohle wurde vor Jahrtausenden durch die Umwandlung von pflanzlichem Material gebildet. Beim Inkohlungsprozess entstanden neben der Kohle auch große Mengen an Gas, das überwiegend in den feinen Kohlen-Poren gebunden wurde. Allerdings wurde mehr Gas gebildet, als von der Kohle absorbiert werden konnte. Aufgrund seiner geringen Dichte steigt das nicht gebundene Gas durch gasdurchlässige Schichten, an Klüften und Störungszonen, aber auch durch bergbaubedingte Hohlräume auf. Gering gasdurchlässige Gesteinsschichten hindern es am weiteren Aufstieg; es kann sich in unterschiedlich großen Mengen ansammeln und unter Umständen einen hohen Druck aufbauen.

Wird eine solche Schicht durchbohrt und die Gasansammlung angebohrt, kann dieses druckhaft gespannte Gas schlagartig in die Bohrung entweichen. Neben einer schlagartigen Belastung der Bohreinrichtung (z. B. für Geothermie-Bohrungen) kann es zur Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre kommen.

Gemäß den Angaben der Methanpotentialkarte der Stadt Hamm liegt das Baugrundstück im Bereich der Zone 3 der Methangasaustritte.

In der Zone 3 können aktuell Ausgasungen von Kohleflözgasen auftreten. Eine Freisetzung von Methan ist insbesondere dann möglich, wenn die abdichtenden Schichten des Quartärs (stark bindige Böden) sowie des Emscher Mergels (Verwitterungshorizont der Festgesteine) durchteuft werden.

Dem vorgenannten Internet-Auskunftssystem ist zu entnehmen, dass bisher im Bereich des Baugrundstückes keine punktuellen und flächenhaften Methanausgasungen nachgewiesen wurden.

Grundstücksbezogene Angaben zum Gefährdungspotenzial können kostenpflichtig bei der Bezirksregierung Arnsberg eingeholt werden.

4.4 Erdbebeneinwirkung

Gemäß der DIN EN 1998-1/NA beträgt im Bereich des Untersuchungsgrundstücks die spektrale Antwortbeschleunigung für eine Wiederkehrperiode T_{NCR} von 475 Jahren und für das Untergrundverhältnis A-R im Plateaubereich $S_{aP,R} \leq 0,3 \text{ m/s}^2$.

Für Beschleunigungen $S_{aP,R} < 0,6 \text{ m/s}^2$ ist für übliche Hochbauten aller Bedeutungskategorien für alle geologischen Untergrundklassen die Bedingung für **sehr geringe Seismizität** immer erfüllt.

In Fällen sehr geringer Seismizität brauchen die Regelungen der Normreihe DIN EN 1998 i. d. R. nicht berücksichtigt werden.

5 Organoleptische Bewertungen

Die entnommenen Bodenproben wurden organoleptisch bewertet. Dabei wurde im untersuchten Bereich eine anthropogene Auffüllung in einer Mächtigkeit von ca. 0,4/2,8 m bzw. bis zur maximalen Aufschlusstiefe von 3,4 m unter GOK (RKS 2) in der im Kap. 4.1 beschriebenen Zusammensetzung festgestellt.

An den entnommenen Bodenproben wurde, bis auf die unterschiedlichen Massenanteile an Bauschutt, kein weiterer organoleptisch positiver bzw. optisch oder geruchlich auffälliger Befund, der einen Hinweis auf eine Schadstoffbelastung gibt, festgestellt.

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 sind zur Klärung der weiteren Vorgehensweise ergänzende Untersuchungen erforderlich.

6 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

6.1 Bewertungsgrundlagen

Die Bewertung der in den untersuchten Mischproben MP 1 bis MP 4 ermittelten Schadstoffgehalte erfolgt gemäß der Verordnung über Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung – EBV).

Im Hinblick auf eine Verwertung bzw. Entsorgung von Bodenaushubmaterial werden in der Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke [**Ersatzbaustoffverordnung (EBV)**] folgende Klassen unterschieden:

Einbauklasse BM-0

Bei Einhaltung der Zuordnungswerte der Klasse BM-0 (Bodenmaterial bis 10 Vol.-% Fremdbestandteile) ist gemäß den Angaben der BBodSchV, § 8, ein uneingeschränkter Einbau von Bodenmaterial unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht möglich, wenn aufgrund von Herkunft und bisheriger Nutzung keine Hinweise auf weitere Belastungen der Materialien vorliegen. Für das Auf- oder Einbringen bedarf es keiner Erlaubnis nach § 8 Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes.

Einbauklasse BM-0*

Bei Einhaltung der Zuordnungswerte der Klasse BM-0* (Bodenmaterial bis 10 Vol.-% Fremdbestandteile) ist gemäß den Angaben der BBodSchV, § 8, ein uneingeschränkter Einbau von Bodenmaterial unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht möglich, wenn aufgrund von Herkunft und bisheriger Nutzung keine Hinweise auf weitere Belastungen der Materialien vorliegen. Für das Auf- oder Einbringen bedarf es keiner Erlaubnis nach § 8 Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes, wenn am Einbauort die Materialien, gemessen vom tiefsten Punkt der Auf- oder Einbringung, in einem Abstand von mindestens 1,5 m zum höchsten aus Messdaten ermittelten oder abgeleiteten sowie jeweils von nicht dauerhafter, künstlicher Grundwasserabsenkung unbeeinflussten Grundwasserstand auf- oder eingebracht werden und wenn

oberhalb der auf- oder eingebrachten Materialien eine mindestens 2 m mächtige durchwurzelbare Bodenschicht gemäß den Anforderungen der §§ 6 und 7 aufgebracht wird, soweit auf der betreffenden Fläche nicht ein technisches Bauwerk errichtet werden soll.

Die Einsatzmöglichkeiten des Bodenmaterials dieser Klasse in technischen Bauwerken können der EBV, Anlage 2, Tabelle 5: Bodenmaterial der Klasse 0* (BM-0*), F0* (BM-F0*) und Baggergut der Klassen 0* (BG-0*), F0* (BG-F0*), entnommen werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass das Auf- oder Einbringen von Bodenmaterialien der Klasse BM-0 in Wasserschutzgebieten der Zone I und Heilquellenschutzgebieten der Zone I unzulässig ist. Das Auf- oder Einbringen von Bodenmaterialien der Klasse BM-0* ist in Wasserschutzgebieten der Zonen I und II, Heilquellenschutzgebieten der Zonen I und II sowie in empfindlichen Gebieten, wie insbesondere Karstgebieten und Gebieten mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund, nicht zulässig.

Einbauklasse BM-F0*

Bodenmaterial bis 50 Vol.-% mineralische Fremdbestandteile. Die Einsatzmöglichkeiten des Bodenmaterials dieser Klasse in technischen Bauwerken können der EBV, Anlage 2, Tabelle 5: Bodenmaterial der Klassen 0* (BM-0*), F0* (BM-F0*) und Baggergut der Klassen 0* (BG-0*), F0* (BG-F0*), entnommen werden.

Einbauklasse BM-F1

Bodenmaterial bis 50 Vol.-% mineralische Fremdbestandteile. Die Einsatzmöglichkeiten des Bodenmaterials dieser Klasse in technischen Bauwerken können der EBV, Anlage 2, Tabelle 6: Bodenmaterial der Klasse F1 (BM-F1) und Baggergut der Klasse F1 (BG-F1), entnommen werden.

Einbauklasse BM-F2

Bodenmaterial bis 50 Vol.-% mineralische Fremdbestandteile. Die Einsatzmöglichkeiten des Bodenmaterials dieser Klasse in technischen Bauwerken können der EBV, Anlage 2, Tabelle 7: Bodenmaterial der Klasse F2 (BM-F2) und Baggergut der Klasse F2 (BG-F2), entnommen werden.

Einbauklasse BM-F3

Bodenmaterial bis 50 Vol.% mineralische Fremdbestandteile. Die Einsatzmöglichkeiten des Bodenmaterials dieser Klasse in technischen Bauwerken können der EBV, Anlage 2, Tabelle 8: Bodenmaterial der Klasse F3 (BM-F3) und Baggergut der Klasse F3 (BG-F3), entnommen werden.

Der Einbau der vorgenannten Klassen hat oberhalb der in den vorgenannten Tabellen vorgesehenen Grundwasserdeckschicht zu erfolgen. Die Bodenart der Grundwasserdeckschicht muss den Hauptgruppen der Bodenarten Sand, Lehm, Schluff oder Ton gemäß DIN 18196 als fein-, gemischt- oder grobkörniger Boden mit Ausnahme der Gruppen mit den Gruppensymbolen GE, GW, GI, GU und GT zuzuordnen sein.

Eine günstige Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht liegt vor, wenn am jeweiligen Einbauort die grundwasserfreie Sickerstrecke mehr als 1,5 m beträgt. Eine ungünstige Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht liegt vor, wenn bei Bodenmaterial der Klassen BM-0, BM-0*, BM-F0* und BM-F1 die grundwasserfreie Sickerstrecke mindestens 0,6 bis 1,5 m und bei allen anderen Klassen 1,0 bis 1,5 m beträgt.

Sofern nach Landesrecht besonders empfindliche Gebiete, wie insbesondere Karstgebiete oder Gebiete mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund, per Rechtsverordnung ausgewiesen sind, ist in diesen Gebieten der Einbau von Bodenmaterial der Klasse F3 - BM-F3 und Baggergut der Klasse F3 - BG-F3 in technischen Bauwerken unzulässig.

6.2 Bewertung hinsichtlich der Verwertung/Entsorgung von Bodenaushub gemäß der EBV

Gemäß den Ergebnissen der chemischen Untersuchungen (s. Anlagen 3.1 und 3.2) sind die den Mischproben **MP 1** bis **MP 4** entsprechenden Aushubböden in die folgenden Kategorien der EBV zu stellen:

Mischprobe	Einstufung gem. EBV	Einstufungsrelevanter Parameter
MP 1 (Auffüllung: Schluff und Sand mit Bauschutt)	BM-F1	elektrische Leitfähigkeit und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK ₁₅)
MP 2 (Auffüllung: Sand)	BM-F1	polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK ₁₅)
MP 3 (Auffüllung: Sand mit geringen Bauschutt-Anteilen)	>BM-F3	polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK ₁₆)
MP 4 (Löss und Lehm)	BM-0 ¹⁾	-
Feststoffparameter / Eluatparameter		

¹⁾ Gemäß § 8, Absatz 2, der BBodSchV ist eine schädliche Bodenveränderung im Sinne des § 6, Absatz 2, aufgrund von Schadstoffgehalten nicht zu besorgen, wenn die Materialien nach Anlage 1, Tabelle 3, der Ersatzbaustoffverordnung als Bodenmaterial der Klasse 0 (BM-0) klassifiziert werden können.

Die den vorgenannten Mischproben entsprechenden Aushubböden sind gemäß ihrer Einstufung einer entsprechenden Verwertung bzw. einer Entsorgungseinrichtung (Deponie; nur Aushubböden der Mischprobe MP 3) zuzuführen.

6.3 Hinweise zu den durchgeführten Untersuchungen

Es wird darauf hingewiesen, dass es sich bei den durchgeführten chemischen Analysen um eine orientierende Untersuchung handelt.

Die jeweiligen Kippstellen können zur Verwertung bzw. der Entsorgung des Bodenaushubmaterials über den Umfang der Parameter der Anlage 1, Tabelle 3, der Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken (Ersatzbaustoffverordnung - EBV) hinaus, ggf. noch weitere Untersuchungen, z. B. auf die Parameter der Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – **DepV**), anordnen.

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.

Des Weiteren wird aus umweltrelevanter Sicht darauf hingewiesen, dass der in der Mischprobe MP 3 festgestellte PAK₁₆-Gehalt im Feststoff im Bereich der Maßnahmenschwellenwerte der Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA-Liste) liegt. Des Weiteren überschreitet der in den Mischproben MP 1 bis MP 3 im Eluat gemessene PAK₁₅-Gehalt den Prüfwert der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser von 0,2 µg/l.

Somit besteht der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast.

Unter Berücksichtigung der erfahrungsgemäß nur geringen Löslichkeit der an die mineralischen Fremdbestandteile gebundenen Schadstoffe, der unterhalb der aufgefüllten Böden anstehenden schwach durchlässigen bindigen Böden (Löss), der i. d. R. ein hohes Rückhaltevermögen gegen Schadstoffe besitzt, des vorhandenen Grundwasserflurabstandes und der Oberflächenversiegelung des Grundstücks durch die geplante Bebauung, ist aus gutachterlicher Sicht von den in den Mischproben MP 1 bis MP 3 festgestellten Schadstoffen langfristig lediglich eine geringe Gefährdung hinsichtlich des Wirkungspfades Boden - Grundwasser abzuleiten.

Das Erdbaulabor Dr. F. Krause ist mit der Ausarbeitung des vorliegenden geotechnischen Gutachtens seiner Mitteilungspflicht gemäß § 2, Abs. 1, Landesbodenschutzgesetz (LBodSchG) des Landes Nordrhein-Westfalen vollumfänglich nachgekommen.

Wir weisen Sie hiermit darauf hin, dass Sie auf Grundlage des vorliegenden geotechnischen Gutachtens ebenfalls nach § 2 Abs. 1 LBodSchG verpflichtet sind, dem Grundstückseigentümer die festgestellten schädlichen Bodenveränderungen aufzuzeigen, damit dieser wiederum seinen Pflichten gemäß § 4 Abs. 3 BBodSchG (Verpflichtung zur Sanierung der schädlichen Bodenveränderung), nachkommen kann.

Es ist mit der zuständigen Behörde die weitere Vorgehensweise abzustimmen.

7 Homogenbereiche, Bodenkennwerte, Bodenklassen, Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen

7.1 Homogenbereiche

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

Homogenbereich 1 ₁	Auffüllung: Tragschichtmaterial der befestigten Oberflächen [TS]
Homogenbereich 1 ₂	Auffüllung: aufgefüllte Sande [S]
Homogenbereich 1 ₃	Auffüllung: aufgefüllte Schluffe [U]
Homogenbereich 2 ₁	Lehm (L)
Homogenbereich 2 ₂	Löss (U)

7.2 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:

Schicht	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	k_f [m/s]
BA	19,5	11,5	35,0	0	60	$> 1 \cdot 10^{-4}$
[TS]	19,5	11,5	35,0	0	60	ca. $1 \cdot 10^{-4}$
[S] _{slo-lo}	17,5	9,5	30,0	0	10	ca. $1 \cdot 10^{-6}$ bis ca. $5 \cdot 10^{-5}$ *3)
[S] _{lo-mi}	18,0	10,0	30,0	0	25	ca. $1 \cdot 10^{-6}$ bis ca. $5 \cdot 10^{-5}$ *3)
[S] _{verd. 100 % Pr.}	19,0	11,0	32,5	0	40	ca. $1 \cdot 10^{-6}$ bis ca. $5 \cdot 10^{-5}$ *3)
[U]	18,5	8,5	27,5	0	10	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$
L _{stf}	18,5	8,5	27,5	5*1)	20*2)	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$
U _{lo, stf}	18,0	8,0	27,5	5*1)	10*2)	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$
U _{mi, stf}	19,0	9,0	27,5	5*1)	15*2)	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$

BA [Material des bauzeitlichen Flächenfilters (Kiessand 0/32, Schotter 0/45) und/oder Bodenaustauschmaterial (Kiessand 0/32, Grubenkies, Schotter 0/45, Recycling)]

Stf steifplastisch

slo sehr locker gelagert

lo locker gelagert

mi mitteldicht gelagert

di dicht gelagert

*1) bei Wassersättigung und im gestörten Zustand gegen 0 kN/m² gehend

*2) im gestörten Zustand gegen 3 MN/m² gehend

*3) abhängig vom Feinkornanteil

Werden bei baugrundtechnischen Berechnungen von den vorgenannten Werten abweichende Bodenkennwerte in Ansatz gebracht, obliegt die Gewährleistung für die Abweichung dem jeweiligen Fachplaner.

7.3 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:

Auffüllung (Tragschichtmaterial bef. Außenanlagen: Kalkstein-Schotter)

(Homogenbereich 1₁)

Bodenklasse:	3 [bei grobstückigen Inhaltsstoffen, die durch das gewählte Aufschlussverfahren (Rammkernsondierbohrungen) nicht aufgeschlossen werden können (z. B. Grobschlag, grober Bauschutt), auch Klassen 5 bis 7]
Bodengruppen:	[GW], [GI]
Frostempfindlichkeitsklasse:	F 1 (nicht frostempfindlich)

Auffüllung (Tragschichtmaterial bef. Außenanlagen: Sand)

(Homogenbereich 1₁)

Bodenklasse:	3 [bei grobstückigen Inhaltsstoffen, die durch das gewählte Aufschlussverfahren (Rammkernsondierbohrungen) nicht aufgeschlossen werden können (z. B. Grobschlag, grober Bauschutt), auch Klassen 5 bis 7]
Bodengruppen:	[SW], [SI], [SE]
Frostempfindlichkeitsklasse:	F 1 (nicht frostempfindlich)

Auffüllung (Sand)

(Homogenbereich 1₂)

Bodenklassen:	3 und 4 [bei grobstückigen Inhaltsstoffen, die durch das gewählte Aufschlussverfahren (Rammkernsondierbohrungen) nicht aufgeschlossen werden können (z. B. Grobschlag, grober Bauschutt), auch Klassen 5 bis 7]
Bodengruppen:	[SU], [SU*]
Frostempfindlichkeitsklassen:	je nach Feinkornanteil und Ungleichförmigkeitszahl F 1 (nicht frostempfindlich; Boden- gruppe [SU]) und F 2 (gering bis mittel)

frostempfindlich; Bodengruppe [SU]) sowie
F 3 (sehr frostempfindlich; Bodengruppe
[SU*])

Auffüllung (Schluff)

(Homogenbereich 1₃)

Bodenklasse:

4
[bei grobstückigen Inhaltsstoffen, die durch
das gewählte Aufschlussverfahren (Ramm-
kernsondierbohrungen) nicht aufgeschlos-
sen werden können (z. B. Grobschlag, gro-
ber Bauschutt), auch Klassen 5 bis 7; bei
Verschlammung, Wassersättigung bzw. ei-
ner Konsistenzzahl von $I_c \leq 0,5$: Klasse 2]
[UL], [TL]
F 3 (sehr frostempfindlich)

Bodengruppen:

Frostempfindlichkeitsklasse:

Lehm

(Homogenbereich 2₁)

Bodenklasse:

4
(bei Verschlammung, Wassersättigung
bzw. einer Konsistenzzahl von $I_c \leq 0,5$:
Klasse 2)
ST*, UL, TL
F 3 (sehr frostempfindlich)

Bodengruppen:

Frostempfindlichkeitsklasse:

Löss

(Homogenbereich 2₂)

Bodenklasse:

4
(bei Verschlammung, Wassersättigung
bzw. einer Konsistenzzahl von $I_c \leq 0,5$:
Klasse 2)
UL, TL
F 3 (sehr frostempfindlich)

Bodengruppen:

Frostempfindlichkeitsklasse:

8 Gründungstechnische Folgerungen

8.1 Gründungsart

Die Gründung des Neubaus erfolgt gemäß den zur Verfügung gestellten Planunterlagen auf einer lastabtragenden Bodenplatte (Sohlplatte) mit umlaufenden Frostschrzen. Die Frostschrzen erfüllen die Funktion von Streifenfundamenten, wenn sie zum Lastabtrag herangezogen werden. Im Übergangsbereich zum unterkellerten Bestandsgebäude ist eine Abtreppung der Gründungsebene der Frostschrzen bis auf das Gründungsniveau des unterkellerten Bestandsgebäude geplant.

Der Anlage 5 ist zu entnehmen, dass im Bereich der Achsen B-F/8 quadratische Sohlplattenverstärkungen vorgesehen sind.

Die geplante Fahrstuhlunterfahrt wird auf einer ca. 0,35 m bzw. auf einer ca. 0,5 m starken lastabtragenden Bodenplatte (Sohlplatte) gegründet, die bei der Variante A über Magerbeton bis auf die Gründungsebene des unterkellerten Bestandsgebäude tiefer geführt wird. Bei der Variante B reicht die Fahrstuhlunterfahrt bis unterhalb der vorhandenen Gründungsebene des unterkellerten Bestandsgebäude.

8.2 Gründungstiefe

Die angenommene Gründungsebene der Sohlplatte des nicht unterkellerten Neubaus liegt bei ca. -0,15 m BP, im Bereich der quadratischen Sohlplattenverstärkungen bei ca. -0,4 m BP.

Die Gründungsebene der Frostschrzen wird bei ca. 0,8 m unter der OKFF EG des Neubaus bzw. bei ca. -0,5 m BP liegen. Im Bereich des alten Arbeitsraumes bzw. im Übergangsbereich zum unterkellerten Bestandsgebäude liegt die Gründungsebene niveaugleich zur Gründungsebene der Bestandsfundamente bzw. bei ca. -2,1 m BP.

Im Übergangsbereich Keller/frostfreie Gründung sind die Frostschrzen unter 30° abzutrepfen bzw. so weit tiefer zu führen, dass der Winkel zwischen den Unterkanten zweier benachbarter Gründungskörper 30° nicht überschreitet.

Die Gründungsebene der Sohlplatte der Fahrstuhlunterfahrt bei der Variante A wird mit ca. -1,3 m BP angegeben. Der geplante Magerbetonsockel wird auf der Höhe der Bestandsfundamente bei ca. -2,1 m BP angeordnet.

Bei der Variante B liegt die Gründungsebene der Sohlplatte der Fahrstuhlunterfahrt bei ca. -3,65 m BP (s. Anlage 5).

8.3 Tragfähigkeit des Baugrundes und Baugrundverbesserungsmaßnahmen

Wie den Schichtenprofilen und den Rammdiagrammen auf den Anlagen 2.1 bis 2.10, 2.1.1, 2.1.2 und 2.3.1 zu entnehmen ist, wurden in den angenommenen Gründungsebenen der Sohlplatten und der Frostschrüzen (s. Kap. 8.2) unterschiedliche Baugrundverhältnisse angetroffen. In den angenommenen Gründungsebenen der Sohlplatte und der Frostschrüze stehen zum einen locker bis mitteldicht gelagerte aufgefüllte Böden (Sande und Schluffe), zum anderen bindige Böden (locker bis mitteldicht gelagerter steifplastischer Löss) an, die einen nicht ausreichend tragfähigen Baugrund darstellen.

In der Gründungsebene der Fundamente des unterkellerten Bestandsgebäude stehen i. d. R. mitteldicht gelagerte Löss mit einer steifplastischen Konsistenz an, der einen ausreichend tragfähigen Baugrund darstellt. Bis auf den ggf. erforderlichen Einbau eines bauzeitlichen Flächenfilters (s. Kap. 8.4), sind hier keine weiteren gründungstechnisch erforderlichen Maßnahmen zu erwarten.

Um ein ausreichend tragfähiges Gründungsplanum in allen Bereichen des Baufeldes gewährleisten und um unzulässige Setzungsdifferenzen vermeiden zu können, sind unter den Sohlplatten und den Frostschrüzen, außerhalb der erforderlichen Tieferführung der Fundamente im Übergangsbereich zum unterkellerten Bestandsgebäude, durch einen Bodenaustausch Tragschichten in Stärken zwischen ca. 0,5 m und ca. 1,0 m (s. u.) herzustellen.

In den Bereichen, dort wo in den Gründungsebenen der Sohlplatte und der Frostschrüzen locker bis mitteldicht gelagerte aufgefüllte Sande anstehen, ist unter den vorgenannten Gründungskörpern eine Tragschicht in einer Stärke von mindestens 1,0 m herzustellen.

Stehen bereits in der Gründungsebene natürlich gelagerte Böden (steifplastischer Löss) an, ist lediglich eine Tragschicht in einer Stärke von 0,5 m unter den vorgenannten Gründungskörpern herzustellen.

Dabei ist ein seitlicher Überstand unter einem Druckausbreitungswinkel von 45° einzuhalten.

Als Bodenaustauschmaterial ist nicht bindiges, stark wasserdurchlässiges und verdichtungsfähiges Lockergesteinsmaterial wie Kiessand 0/32, Grubenkies, Kalkstein-Schotter 0/45 bzw. eine äquivalente Mischung oder Bodenart zu verwenden.

Das empfohlene Bodenaustauschmaterial dient bei Bedarf in Verbindung mit Pumpensämpfen als bauzeitlicher Flächenfilter.

Die auszuhebenden aufgefüllten Sande können im erdfeuchten Zustand i. d. R. als Bodenaustauschmaterial wieder verwendet werden.

Werden unter den geplanten Sohlplatten und Frostschrüben die Aushubsande oder gleichkörnige Sande als Auffüllboden verwendet, ist unter den vorgenannten Gründungskörpern als oberste Lage eine mindestens 0,15 m starke Schicht aus Kiessand 0/32 oder Schotter 0/45 einzubauen, um die geforderten Verdichtungswerte erreichen zu können (s. u.).

Gegebenenfalls in den Aushubebenen anstehende vernässte, aufgeweichte und dann nicht ausreichend tragfähigen bindigen Böden sind vollständig bis auf den steifplastischen bindigen Boden auszuheben und durch Magerbeton zu ersetzen.

Das Bodenaustauschmaterial ist in Lagenstärken bis maximal 0,3 m einzubringen und mit geeigneten Verdichtungsgeräten 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 bei wassergesättigten bindigen Böden bzw. bei hohen Wassergehalten einen Porenwasserüberdruck im Boden bewirken, wodurch die Tragfähigkeit stark herabgesetzt wird (es entsteht ein so genannter „Matratzeneffekt“). **Das Befahren des bindigen Erdplanums mit schweren oder gummibereiften Baufahrzeugen ist zu unterlassen. Bei Bedarf sind Baust Straßen anzulegen.**

Bei Verdichtungsüberprüfungen durch Plattendruckversuche ist auf der Tragschicht, auch unter Berücksichtigung der für das Bodenaustausch- bzw. Bodenauffüllmaterial angesetzten Steifeiziffer von $E_s = 60 \text{ MN/m}^2$ (s. Kapitel 7.2), ein E_{v2} -Wert von mindestens 45 MPa zu erreichen.

Der geforderte Verdichtungswert ist nachzuweisen.

Es wird empfohlen, Testfelder anzulegen und auf diesen Plattendruckversuche durchzuführen, um anhand der Messergebnisse die Mächtigkeit der Tragschicht festzulegen bzw. zu optimieren.

Sollte auf dem Baugrundstück der Einbau von Recyclingbaustoffen vorgesehen sein, ist dies unter Beachtung der Verordnung über Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung - EBV) durchzuführen bzw. im Vorfeld der Baumaßnahme mit den zuständigen Genehmigungsbehörden abzustimmen.

Bezüglich der gründungstechnisch erforderlichen Maßnahmen und der geforderten Verdichtungsnachweise wird auf die Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten durch einen Baugrundsachverständigen hingewiesen.

8.4 Wasserhaltungsmaßnahmen

Die örtlich in der Abtragsebene bzw. in den Gründungsebenen anstehenden wasserempfindlichen bindigen Böden werden bei Regenfällen verschlammten, so dass zum Schutz des Erdplanums vor Verschlammungen sofort nach Freilegung der Aushubebene für die Gründung der Sohlplatten und der Frostschrägen das empfohlene Bodenaustauschmaterial anzudecken ist.

Eine offene Wasserhaltung über einen bauzeitlichen Kiessand- oder Schotterflächenfilter (Kiessand 0/32 bzw. Kalkstein-Schotter 0/45, Stärke ca. 0,15 m bis ca. 0,3 m) ist nur zur Abführung des Niederschlagswassers bei anhaltenden, starken Niederschlägen vorzuhalten.

Es wird darauf hingewiesen, dass der Wasserhaushalt der auf dem Baugrundstück erbohrten bindigen Böden (Lehm und Löss) unmittelbar den vor Ort stattfindenden Regenereignissen unterliegt. In und oberhalb dieser Böden ist mit temporär aufstauendem Sickerwasser zu rechnen. Nach langanhaltenden, starken Niederschlägen können somit die bindigen Böden im wassergesättigten Zustand vorliegen. Im wassergesättigten Zustand sind die bindigen Böden fließfähig.

Liegen ggf. die auf dem Baugrundstück erbohrten bindigen Böden nach langanhaltenden Regenfällen im wassergesättigten und dann im fließfähigen Zustand vor, ist ggf. vor den Aushubarbeiten zur Gewährleistung der Standsicherheiten der Böschungen eine Entwässerung der bindigen Böden mittels einer Vakuumfilterbrunnenanlage (z. B. kiesummantelte Vakuumfilter bzw. OTO-Filter) erforderlich. Alternativ zur vorgenannten geschlossenen Wasserhaltung ist ein Baugrubenverbau vorzusehen (vgl. Kap. 8.5).

Es wird empfohlen, unmittelbar vor Beginn der Neubaumaßnahmen an verschiedenen Stellen Baggerschürfe anzulegen bzw. ergänzende Aufschlussbohrungen abzuteufen, um die Grundwasserstände zum Zeitpunkt der Bauarbeiten und die Standfestigkeit der anstehenden Böden zu erkunden.

8.5 Baugrubensicherung

Die Aushubarbeiten können bis zu einer Tiefe von $t = 1,25$ m senkrecht ausgeführt werden. Bei einer tieferen Ausschachtung können die Baugrubenwände, ggf. im Schutze einer geschlossenen Wasserhaltung (s. Kap. 8.4) in den Sanden und in weich- bis steifplastischen bindigen Böden bis 45° und in mindestens steifplastischen bindigen Böden bis 60° abgeböscht werden. Die Böschungen sind bei Bedarf gegen Erosionen durch Folienabdeckung/Gewebeplanen zu schützen.

In den Bereichen, in denen keine Böschungen angelegt werden können (z. B. kein ausreichender Abstand zur Nachbarbebauung oder Straßen; anstehende vernässte und dann fließfähige Böden), ist ein **Baugrubenverbau**, der statisch nachzuweisen ist, vorzusehen.

Sollte ein Verbau zur Ausführung kommen, ist dafür Sorge zu tragen, dass die umliegenden Böden beim Einbau der Verbauträger nicht in ihrer natürlichen Lagerung gestört (z. B. durch Konsistenzänderung, Massenverlust, Nachsackungen, Einregelung etc.) und dadurch in ihrer Tragfähigkeit herabgesetzt werden. Der Verbau ist möglichst erschütterungsarm ein- und auszubauen. Die Träger des Verbaus sind so in den Untergrund einzubringen, dass der Baugrund unter den Bestandsgebäuden nicht aufgelockert und in seiner Tragfähigkeit nicht herabgesetzt wird.

Die Auswirkungen von möglicherweise auftretenden Erschütterungen beim Ein- und Ausbau des Verbaus auf die umgebende Bebauung sind zu berücksichtigen.

Es wird empfohlen, eine Beweissicherung an den umliegenden Bestandsgebäuden durchzuführen.

Für die Ausführung der Baugruben und Verbaumaßnahmen gelten die Vorgaben der DIN 4124 und der EAB: Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugrube“.

Im Übergangsbereich zum Bestand sind die Aushubbegrenzungen gemäß DIN 4123 zu beachten. Die erforderlichen Unterfangungsarbeiten sind gemäß DIN 4123 auszuführen.

8.6 Maßnahmen zum Schutz des Bauwerkes gegen Grundwasser

Aufgrund der angetroffenen geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten (s. Kapitel 4.1 und 4.2) ist für die Sohlplatten sowie die ins Erdreich einbindenden Gebäudeteile der Lastfall drückendes Wasser anzusetzen. Die Sohlplatten sowie die erdberührenden Bauteile sind demnach mit wasserundurchlässigem Beton (gemäß WU-Richtlinie, Beanspruchungsklasse 1) oder mit einer Abdichtung gegen drückendes Wasser (z. B. gemäß der DIN 18533-1, Einwirkungsklasse W2.1-E; mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe) auszuführen.

Der wasserundurchlässige Beton bzw. die Abdichtung gegen drückendes Wasser ist mindestens bis zur zukünftigen GOK hochzuziehen.

Der Lastfall Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser kann für den geplanten nichtunterkellerten Neubau nur dann angesetzt werden, wenn zur Verhinderung eines Aufstaus von Sicker- und Schichtwasser eine auf Dauer funktionsfähige Dränage gemäß DIN 4095 verlegt wird. Zur Festlegung der erdseitigen Einwirkung auf die Abdichtungsschicht gilt dann die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E gemäß der DIN 18533-1 bzw. die Beanspruchungsklasse 2 gemäß der WU-Richtlinie.

Das Dränage-System verhindert einen Aufstau von Sickerwasser durch Niederschläge in den Arbeitsräumen und verändert nicht die Grundwasserverhältnisse im Bereich der Bebauung. Eine Abführung der ggf. in den Arbeitsräumen anfallenden Sickerwässer hat keine nachteilige Auswirkung auf die hydrogeologischen Verhältnisse in der Umgebung.

Das Gelände ist vom Gebäude aus mit einem Gefälle so anzulegen, dass anfallendes Oberflächen- und Tageswasser vom Bauwerk weggeführt wird.

Die Arbeitsräume der Fundament- bzw. Frostschrüengruben sind bei einer Ausführung einer auf Dauer funktionsfähigen Dränage mit einem nicht bindigen (Feinkornanteil < 5 M.-%) und stark durchlässigen Lockergesteinsmaterial (Durchlässigkeitsbeiwert $k_f > 1 \cdot 10^{-4}$ m/s) so zu verfüllen, dass eine Stauwasserbildung im Arbeitsraum oberhalb der Dränung vermieden wird.

Alternativ zur Arbeitsraumverfüllung mit nicht bindigem Lockergesteinsmaterial können Kiessandsickerschlitze oder Dränplatten vorgesehen werden.

Insbesondere sind Verschlammungen oder Ablagerungen von Baustellenresten zu vermeiden und ggf. zu entfernen.

Aus gutachterlicher Sicht können für die Gebäudeteile, die mindestens 0,5 m oberhalb der zukünftigen Geländeoberkante liegen, für die Abdichtung der Lastfall Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser (z. B. gemäß der

Wassereinwirkungsklasse W1.1-E nach DIN 18533-1; gemäß WU-Richtlinie, Beanspruchungsklasse 2) angesetzt werden, wenn unter der Sohlplatte eine Tragschicht aus einem nicht bindigen (Feinkornanteil < 5 M.-%), stark durchlässigen (Durchlässigkeitsbeiwert $k_f > 1 \cdot 10^{-4}$ m/s) und kapillARBrechenden Lockergesteinsmaterial wie Kiessand 0/32, Kalkstein-Schotter 0/45 bzw. eine äquivalente Mischung oder Bodenart, in einer Stärke von mindestens 0,15 m eingebaut wird.

8.7 Gasflächendrnage/Methangasproblematik

Gemäß den Angaben der Methanpotentialkarte der Stadt Hamm liegt das Baugrundstück im Bereich der Zone 3 der Methangasaustritte.

In der Zone 3 können aktuell Ausgasungen von Kohleflzgasen auftreten. Eine Freisetzung von Methan ist insbesondere dann möglich, wenn die abdichtenden Schichten des Quartärs (stark bindige Böden) sowie des Emscher Mergels (Verwitterungshorizont der Festgesteine) durchteuft werden.

Dem Internet-Auskunftssystem des geologischen Dienstes NRW „Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen“ ist zu entnehmen, dass bisher im Bereich des Baugrundstückes keine punktuellen und flächenhaften Methanausgasungen nachgewiesen wurden.

Ausgehend davon, dass im Zuge der Gründungsarbeiten die abdichtenden Schichten der zur Tiefe hin anstehenden Festgesteine (Feinsandmergelsteine der Stufe Santon der Serie Oberkreide) nicht durchteuft werden und unter Berücksichtigung den aus dem vorgenannten Internet-Auskunftssystem zu entnehmenden Angaben bezüglich Methanausgasungen, sind i. d. R. keine bautechnischen Maßnahmen, wie zum Beispiel eine flächige Gasdrnage unter Neubauten oder eine Abführung von aufsteigendem Gas mittels Rigolen, Dränplatten oder Entgasungsleitungen, notwendig.

Die weitere Vorgehensweise ist mit der zuständigen Behörde abzustimmen.

8.8 Belastung des Baugrundes, Setzungsverhalten und Grundbruch-sicherheit

Für die Bemessung der **Sohlplatte** des nicht unterkellerten Neubaus ist ein Bettungsmodul von $k_s = 7,0 \text{ MN/m}^3$ in Ansatz zu bringen.

Die Berechnung des Bettungsmoduls erfolgte unter Zugrundelegung einer unter der Sohlplatte in einer Breite von ca. $b = 1,25 \text{ m}$ wirkenden charakteristischen Streifenlast von ca. $R = 250 \text{ kN/m}$, das entspricht einer resultierenden charakteristischen Sohldruckbeanspruchung von ca. $\sigma_{\text{vorh}} = 200 \text{ kN/m}^2$ bzw. einem Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes von ca. $\sigma_{R,d} = 280 \text{ kN/m}^2$, und der daraus rechnerisch ermittelten Setzung von $S_g = 2,86 \text{ cm}$ (s. Anlage 6.2).

Unter Beachtung der zulässigen Setzungen von $S_g = 3,0 \text{ cm}$, der zulässigen Setzungsdifferenzen von $\Delta S = 1,0 \text{ cm}$ auf $5,0 \text{ m}$ bzw. der noch zulässigen Winkelverdrehung von $\alpha_{\text{krit}} = 1/500$ und der Grundbruchsicherheit [Ausnutzungsgrad μ (parallel zu b) $\leq 1,0$; Teilsicherheit $\gamma_{R,v} \geq 1,4$] sind folgende Bemessungswerte des Sohldruckwiderstandes ($\sigma_{R,d}$) anzusetzen bzw. unter Berücksichtigung der Gesamtsicherheit folgende charakteristische Sohldruckspannungen ($\sigma_{\text{zul.}}$) in der Lasteintragsfläche (Unterkannte Fundament) zulässig:

quadratische Verstärkungen in der Sohlplatte (Seitenverhältnis $a/b = 1$)

Breite b (m)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ (kN/m ²)	315	349	377	303	258	201	172
Zul. Sohldruck $\sigma_{\text{zul.}}$ (kN/m ²)	231	256	276	222	189	147	126
Gesamtsetzungen S_g (cm)	1,2	2,1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Bettungsmodul k_s (MN/m ³)	19,8	12,5	9,2	7,4	6,3	4,9	4,2

Zwischenwerte sind entsprechend den Darstellungen auf den Anlagen 6.3 und 6.4 geradlinig zu interpolieren.

Die Mindestbreite der quadratischen Verstärkungen innerhalb der Sohlplatte beträgt $b = 1,0 \text{ m}$. Die Mindesteinbindetiefe der Sohlplatte im Bereich der quadratischen Verstärkungen von $t = 0,45 \text{ m}$ darf nicht unterschritten werden.

Frostschürzen (Streifenfundamente)

Fundamentbreite b (m)	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ (kN/m²)	347	334	337	343	362	340	299	258
Zul. Sohldruck σ_{zul} (kN/m²)	254	245	247	251	265	249	219	189
Gesamtsetzungen S_g (cm)	1,2	1,4	1,7	2,1	2,7	3,0	3,0	3,0
Bettungsmodul k_s (MN/m³)	22,0	17,1	14,2	12,2	9,8	8,3	7,3	6,3

Zwischenwerte sind entsprechend den Darstellungen auf den Anlagen 6.5 und 6.6 geradlinig zu interpolieren.

Die Mindestbreite der Fundamente (Frostschürze) beträgt $b = 0,3$ m. Die frostfreie Mindesteinbindetiefe der Fundamente (Frostschürze) von $t = 0,8$ m darf nicht unterschritten werden.

Frostschürzen (Streifenfundamente) im Kellergeschoss

Fundamentbreite b (m)	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ (kN/m²)	468	479	490	501	489	423	382	339
Zul. Sohldruck σ_{zul} (kN/m²)	343	351	359	367	358	310	280	248
Gesamtsetzungen S_g (cm)	1,3	1,7	2,1	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0
Bettungsmodul k_s (MN/m³)	25,8	20,4	17,0	14,7	11,9	10,3	9,3	8,3

Zwischenwerte sind entsprechend den Darstellungen auf der Anlage 6.7 geradlinig zu interpolieren.

Die Mindestbreite der Fundamente (Frostschürze) beträgt $b = 0,3$ m. Die Mindesteinbindetiefe der Fundamente (Frostschürze) von $t = 0,8$ m darf nicht unterschritten werden.

Für die Bemessung der **Sohlplatte** der Fahrstuhlunterfahrt ist ein Bettungsmodul von $k_s = 9,4$ MN/m³ in Ansatz zu bringen.

Die Berechnung des Bettungsmoduls erfolgte unter Zugrundelegung einer unter der Sohlplatte gleichmäßig wirkenden resultierenden charakteristischen Sohl-druckbeanspruchung von ca. $\sigma_{vorh} = 200$ kN/m² bzw. eines Bemessungswertes des Sohldruckwiderstandes von ca. $\sigma_{R,d} = 280$ kN/m² und der daraus rechnerisch ermittelten Setzung von $S_g = 2,13$ cm (s. Anlage 6.8).

Die Setzungen werden bei den vorgenannten Belastungen und den dazugehörigen Fundamentabmessungen bzw. der angenommenen Lastverteilung innerhalb der Sohlplatten gemäß den durchgeführten Setzungsberechnungen auf den Anlagen 6.1 bis 6.8 rechnerisch $S_g = 2,12 \text{ cm}$ bis $S_g = 2,86 \text{ cm}$ (Sohlplatte des nicht unterkellerten Neubaus), $S_g = 2,13 \text{ cm}$ (Sohlplatte Fahrstuhlunterfahrt) und $S_g = 3,0 \text{ cm}$ (Frostschürzen) nicht überschreiten.

Die Setzungsdifferenzen, die sich durch die unterschiedlichen Baugrundverhältnisse ergeben, betragen nach den überschlägigen Setzungsberechnungen bei annähernd gleichmäßig zu erwartender Lastverteilung nur wenige Millimeter und können vernachlässigt werden.

Unzulässige Setzungen und Setzungsdifferenzen sind somit nicht zu erwarten.

Nach Fertigstellung des Last- und Fundamentplanes ist eine Überprüfung des Setzungsverhaltens vorzunehmen.

Die Frostschürzen sowie die quadratischen Verstärkungen innerhalb der Sohlplatte des nicht unterkellerten Neubaus (Fundamente) sowie die Sohlplatten besitzen bei den vorgenannten Belastungen und den dazugehörigen Abmessungen bzw. bei der vorgenannten Lastverteilung innerhalb der Sohlplatten eine ausreichende Grundbruchsicherheit [Ausnutzungsgrad μ (parallel zu b) $\leq 1,0$; Teilsicherheit $\gamma_{R,v} \geq 1,4$].

9 Verwendung des Aushubmaterials

Die Verwertung der beim Aushub anfallenden Böden hat unter Beachtung der Verordnung über Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung – EBV) bzw. in Abstimmung mit der zuständigen Behörde zu erfolgen.

Aus bodenmechanischer Sicht können die bei den Aushubarbeiten überwiegend anfallenden gemischtkörnigen sowie bindigen Böden nur im Bereich ihres optimalen Wassergehaltes und bei fehlenden Niederschlägen eingebaut und verdichtet werden. Die bei den Aushubarbeiten anfallenden Sande können somit im erdfeuchten Zustand als Bodenaustauschmaterial unter der Sohlplatte des nicht unterkellerten Neubaus, den Frostschürzen und den quadratischen Verstärkungen innerhalb der Sohlplatte i. d. R. wieder verwendet werden (vgl. Kap. 8.3).

Vernässte und dann nicht verdichtungsfähige Sande sind abzufahren. Auch die im Zuge der Gründungsarbeiten anfallenden bindigen Aushubböden sind

abzufahren und sind als Füll- bzw. Auffüllmaterial, z. B. für Geländeprofilierungen, nur bedingt verwendbar und sollten vornehmlich nur in den Bereichen wieder eingebaut werden, die nicht überbaut werden.

Kommt eine Dränage gemäß DIN 4095 zur Ausführung (s. Kapitel 8.6), können die Aushubböden nur in Verbindung mit Dränplatten oder Kiessandsickerschlitzen als Füllmaterial in den Arbeitsräumen wiederverwendet werden.

Ist der Aushubboden zu nass bzw. liegen entsprechend ungünstige Witterungsbedingungen für den Einbau vor, sind alternativ zum Aushubboden Sande, Grubenkiese oder Kiessande mit maximal bindigen Bestandteilen bis 15 % (ohne Dränage) bzw. 5 % (mit Dränage) einzubauen und zu verdichten.

Das Aushubmaterial ist im Zuge der Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten auf seine Verwendung als Füllboden zu prüfen.

Der zum Wiedereinbau vorgesehene Boden ist durch Folienabdeckungen gegen Witterungseinflüsse zu schützen.

Der für die Verfüllung der Arbeitsräume vorgesehene Boden ist in Lagenstärken bis maximal 0,3 m einzubringen und mittels geeigneter Verdichtungsgeräte bis auf ca. 98 % bis 100 % der Proctordichte zu verdichten.

In den Bereichen, in denen ein frostsicherer Unterbau erforderlich ist, z. B. Gehwege, Parkplatzflächen oder Zuwegungen, darf der Aushubboden nur bis maximal zur Unterkante des frostsicheren Oberbaus eingebaut und entsprechend verdichtet werden.

In den Bereichen, in denen geringe Sackungen erfolgen können (Rasen, Blumenbeete usw.), ist eine hohlraumarme Verfüllung vorzusehen.

Gegebenenfalls bei den Gründungsarbeiten anfallender humoser Oberboden (Mutterboden) ist gemäß § 202 des Baugesetzbuches (Schutz des Mutterbodens) *„in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen“*.

10 Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten

Die durchgeführten Bohrungen stellen lediglich punktuelle und keine flächendeckenden Aufschlüsse dar. Aus diesem Grund ist nach Freilegung der Planumsebene bzw. der Fundamentgruben oder auch während der Ausschachtungsarbeiten eine abschließende Baugrundbeurteilung erforderlich.

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

Im Zuge der Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten werden die erforderlichen Bodenaustauscharbeiten exakt festgelegt und es erfolgen die endgültigen Angaben zur bauzeitlichen Wasserhaltung, zur Baugrubensicherung, zur gegebenenfalls erforderlichen Unterfangung 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.

11 Verdichtungsüberprüfung

Nach Fertigstellung des erforderlichen Bodenaustausches und der Verdichtungsarbeiten ist eine Überprüfung der geforderten Verdichtungswerte durchzuführen.

Die Verdichtungsüberprüfung erfolgt durch Rammsondierungen, Plattendruckversuche oder gegebenenfalls durch Raumgewichtsbestimmungen in Verbindung mit den im Labor ermittelten Proctorwerten.

12 Versickerung von Niederschlagswasser

Die Versickerung von Niederschlagswasser ist auf dem Baugrundstück, unter Beachtung der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten (anstehende schwach durchlässige bindige Böden) und im Hinblick auf die Angaben im DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-A 138, nicht möglich.

13 Hinweise auf weitere Untersuchungen

Das Erdbaulabor Dr. F. Krause ist über die Fertigstellung weiterer oder geänderter Planunterlagen, die aus baugrundtechnischer Sicht relevant sind, in Kenntnis zu setzen. Gegebenenfalls wird ein Nachtrag zum vorliegenden geotechnischen Gutachten erforderlich.

14 Schlusswort

Das Erdbaulabor Dr. F. Krause ist zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern, wenn sich Fragen ergeben, die im vorliegenden geotechnischen Gutachten nicht erörtert wurden.

Münster, den 16. Januar 2025

DR. F. KRAUSE VDI/BOB
ING.-BÜRO FÜR ERD- U. GRUNDBAU
Harkortstraße 14 · 48168 Münster
☎ 0251/97135-0, Fax 0251/97135-99

i. A. Diplom-Geologe T. Freisfeld

Fiet Krause
Inhaber

Planunterlagen:

- Nr. 1 Übersichtplan (Luftbild) Bauteile, ohne Maßstab (Stand 05.09.2024)
- Nr. 2 Lageplan, 1 : 500 (Stand 05.09.2024)
- Nr. 3 Nord-, Süd-, West- und Ost-Ansichten, 1 : 200 (Stand 05.09.2024)
- Nr. 4 Lagepläne mit eingetragenen Baustufen, ohne Maßstab
(Stand 05.09.2024)
- Nr. 5 Grundriss Unter-, Erd- und Obergeschoss, 1 : 200 (Stand 05.09.2024)
- Nr. 6 Schnitte A - A und B - B, 1 : 200 (Stand 05.09.2024)
- Nr. 7 Positionsplan Gründung (Stand 12.11.2024; Verfasser: LOPES &
ALBERS Beratende Ingenieure PartG mbB, Münsterstraße 105, 48268
Greven)
- Nr. 8 Internetportal: Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-
Westfalen (Quelle: www.gdu.nrw.de, Zugriffsdatum: 07.10.2024)

- Nr. 9 Internetportal: NRW Umweltdaten vor Ort (UvO),
Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen (Quelle: www.uvo.nrw.de, Zugriffsda-
tum: 07.10.2024)
- Nr. 10 Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000,
Blatt C 4310 Münster
- Nr. 11 Methanpotentialkarte der Stadt Hamm (Quelle: Geodaten Stadt Hamm,
Vermessungs- und Katasteramt, 2016)
- Nr. 12 Archivunterlagen

Anlagen:

- Nr. 1 Übersichtslageplan mit eingetragenem Höhenbezugspunkt, 1 : 750
(Anlage 1.1) und
Grundriss Erdgeschoss mit eingetragenem Bodenaufschlusspunkten,
1 : 400 (Anlage 1.2)
- Nr. 2 Schichtenprofile gemäß DIN 4023 und Rammdiagramme gemäß
DIN EN ISO 22476-2, 1 : 50 (Anlagen 2.1 bis 2.10, 2.1.1, 2.1.2 und 2.3.1)
- Nr. 3 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen auf die Parameter der Er-
satzbaustoffverordnung - EBV: Tabellarische Zusammenstellung der Un-
tersuchungsergebnisse (Anlage 3.1, 2 Seiten), Prüfbericht-Nrn.:
2024P253408 / 1 bis 2024P253411 (Anlage 3.2, 14 Seiten) sowie Pro-
benahme-Protokolle (Anlagen 3.3 bis 3.6)
- Nr. 4 Süd-Ansicht sowie Schnitte A - A und B - B, 1 : 250
- Nr. 5 Positionsplan Gründung
- Nr. 6 Ergebnisse der Setzungsberechnungen (Anlagen 6.1 bis 6 8)

Verteiler:

Stadt Hamm, Immobilienmanagement 65.2, Frau Kühlmann-Rakers,
Gustav-Heinemann-Straße 10, 59065 Hamm