

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



Geotechnisches Gutachten

**Umbau und Erweiterung der Grundschule Rinkerode
Mägdestiege
48317 Drensteinfurt**

Projektbearbeiter: Diplom-Geologe T. Freisfeld

Projekt-Nr.: 2024/15216

Münster, 23.05.2024

INHALTSVERZEICHNIS

1	Auftrag und allgemeine Angaben zum Projekt	4
2	Durchführung der Untersuchungen	4
3	Morphologische Verhältnisse	6
4	Baugrundverhältnisse	6
4.1	Schichtenfolge	6
4.2	Grundwasser	8
4.3	Gefährdungspotenziale im Untergrund	9
4.4	Erdbebeneinwirkung	10
5	Organoleptische Bewertungen	11
6	Ergebnisse der chemischen Untersuchungen	11
6.1	Bewertungsgrundlagen	11
6.2	Bewertung hinsichtlich der Verwertung/Entsorgung von Bodenaushub gemäß der EBV	15
6.3	Bewertung hinsichtlich der Vorsorgewerte der BBodSchV, Anlage 1, Tabellen 1 und 2	15
6.4	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	21
8.4	Wasserhaltungsmaßnahmen	23
8.5	Baugrubensicherung	23

8.6 Maßnahmen zum Schutz des Bauwerkes gegen Grundwasser	23
8.7 Belastung des Baugrundes, Setzungsverhalten und Grundbruch- sicherheit	24
9 Verwendung des Aushubmaterials	25
10 Angaben zu bautechnischen Maßnahmen für die Außenanlagen.....	26
11 Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten	28
12 Verdichtungsüberprüfung.....	28
13 Versickerung von Niederschlagswasser	29
14 Hinweise auf weitere Untersuchungen.....	29
15 Schlusswort.....	29

1 Auftrag und allgemeine Angaben zum Projekt

Das Erdbaulabor Dr. F. Krause wurde von der Stadt Drensteinfurt, Landsbergplatz 7, 48317 Drensteinfurt, beauftragt, im Zuge der Baumaßnahme „Umbau und Erweiterung der Grundschule Rinkerode, Mägdestiege (Gemarkung Rinkerode, Flur 007, Flurstücke 974, 1156 und 1413), 48317 Drensteinfurt-Rinkerode“ im Bereich des geplanten Neubaus Baugrunduntersuchungen durchzuführen und ein geotechnisches Gutachten auszuarbeiten.

Die Planung erfolgt durch die Fritzen + Müller-Giebeler Architekten BDA, Aegidiimarkt 6, 48143 Münster.

Konstruktions- und Ausführungspläne sowie Angaben zu ankommenden Lasten für den geplanten nicht unterkellerten Neubau liegen dem Erdbaulabor Dr. F. Krause Neubau nicht vor.

Für die weiteren Ausführungen wird angenommen, dass die Gründung des Gebäudes auf Einzel- und Streifenfundamenten mit einer bewehrten nicht lastabtragenden Bodenplatte (Betonsohle) erfolgt.

Die Fundamentabmessungen und die Stärke der Betonsohle sind noch vom Tragwerksplaner festzulegen.

Die Oberkante des fertigen Fußbodens (OKFF EG) wird ca. 0,1 m über der mittleren Geländeoberkante (GOK) bzw. bei ca. 57,70 m ü. NHN angeordnet. Die Gründungsebene der Betonsohle wird bei ca. 57,30 m ü. NHN und die frostfreie Gründungsebene der Fundamente bei ca. 56,80 m ü. NHN angenommen.

Die angenommenen Gründungsebenen sind Grundlage der weiteren Ausführungen.

2 Durchführung der Untersuchungen

Zur Erschließung der Baugrundverhältnisse und zur Ermittlung der Tragfähigkeit des Baugrundes wurden am 03.04.2024 auf dem Baugrundstück drei Rammkernsondierbohrungen (RKS 1 bis RKS 3) und drei leichte/mittelschwere Rammsondierungen (DPL/M 1 bis DPL/M 3, mittelschwere Rammsondierung mit der Sonde DPM-A) niedergebracht.

Die Aufschlusspunkte sind dem Lageplan (s. Anlage 1) zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen und der Rammsondierungen wurden gemäß DIN 4023 und DIN EN ISO 22476-2 in Schichtenprofilen und Rammdiagrammen auf den Anlagen 2.1 bis 2.6 dargestellt.

Aus den Bohrungen wurden 15 gestörte Bodenproben entnommen.

Im Labor erfolgten die bodenphysikalische, bodenmechanische und organoleptische Ansprache der Bodenproben und, 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 und die Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12 bestimmt. Die Ergebnisse der vorgenannten bodenphysikalischen Laborversuche sind den Anlagen 3.1 bis 3.4 zu entnehmen.

Zur orientierenden Klärung der Wiederverwendung des anfallenden Mutterbodens und des Verwertungs- und Entsorgungspfades des abzufahrenden Bodens wurden die Mischproben MP 1 und MP 2 aus folgenden Bodenproben zusammengestellt:

Mischprobenbezeichnung	RKS	Teufe in m unter GOK
MP 1 (Auffüllung: Schluff-Sand-Schotter-Gemisch)	1	0,0 - 0,1 / 0,1 - 0,5
	2	0,08 - 0,18 / 0,18 - 0,48 / 0,48 - 0,75
	3	0,2 - 0,4 / 0,4 - 1,0
MP 2 (Mutterboden)	3	0,0 - 0,2

Die Mischprobe **MP 1** 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 4.1 (tabellarische Zusammenstellungen der Untersuchungsergebnisse) und 4.2 (Prüfbericht) zu entnehmen. Das Probenahme-Protokoll der Mischprobe MP 1 ist dem geotechnischen Gutachten als Anlage 4.3 beigelegt.

Die Mischprobe **MP 2** wurde in einem akkreditierten chemischen Laboratorium auf die Vorsorgewerte für Böden gemäß Anlage 1, Tabellen 1 und 2, der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) untersucht.

Die Ergebnisse der vorgenannten chemischen Untersuchungen sind den Anlagen 5.1, 5.2 (tabellarische Zusammenstellungen der Untersuchungsergebnisse) und 5.3 (Prüfbericht) zu entnehmen. Das Probenahme-Protokoll der Mischprobe MP 2 ist dem vorliegenden geotechnischen Gutachten als Anlage 5.4 beigefügt.

Die bei den bodenphysikalischen und chemischen 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

Bei dem ± ebenen Baugelände handelt es sich um eine z. T. mit Pflaster befestigte Schulhoffläche der Grundschule Rinkerode.

Als Höhenbezugspunkt für die Bohr- und Rammansatzpunkte wurde der im Lageplan (s. Anlage 1) eingezeichnete Kanaldeckel (KD) mit der Höhe 58,18 m ü. NHN gewählt.

Die Bodenaufschlusspunkte wurden auf diese NHN-Höhe bezogen.

Nach dem Höhennivellement der Bohr- und Rammansatzpunkte liegt eine maximale Höhendifferenz von ca. 0,35 m vor.

Das Gelände fällt von ca. 57,84 m ü. NHN (RKS 2) im Süden auf ca. 57,49 m ü. NHN (RKS 3) im Norden um diesen Betrag ab.

Danach liegt das Gelände im Mittel bei ca. 57,6 m ü. NHN.

4 Baugrundverhältnisse

4.1 Schichtenfolge

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 2.6):

bis ca. 0,48 m unter GOK

Oberflächenbefestigung aus Pflastersteinen (Stärke ca. 0,08 m) mit unterlagernder Splittbettung (bis ca. 0,18 m unter GOK) und Schottertragschicht. Der erdfeuchte Schotter ist mitteldicht bis dicht gelagert.

Die vorgenannte Oberflächenbefestigung wurde in der Bohrung RKS 2 angetroffen.

bis ca. 0,2 m unter GOK

aufgefüllter belebter humoser Oberboden (Mutterboden), erdfeucht.

Der aufgefüllte Mutterboden wurde nur in der Bohrung RKS 3 erbohrt.

bis ca. 0,5/1,0 m unter GOK

anthropogene Auffüllung, inhomogen zusammengesetzt aus mineralischem Boden (Schluff, sandig, teils schwach humos, und Sand, schluffig, kiesig), erdfeucht.

Die aufgefüllten Sande und Schluffe sind locker gelagert.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Zusammensetzung der Auffüllung sowohl horizontal als auch vertikal schnell wechseln kann.

bis ca. 1,0/1,4 m unter GOK

Verwitterungslehm des unterlagernden Kalkmergelsteins, im erdfeuchten bis feuchten Zustand und von einer weichplastischen, weichplastischen bis steifplastischen und steifplastischen Konsistenz.

Der Verwitterungslehm neigt in Oberflächennähe bei Austrocknung zur Volumenänderung, wobei lastunabhängige Schrumpfungssetzungen entstehen können.

**bis zur max. Aufschlusstiefe
von 1,3/1,7 m unter GOK**

Kalkmergelstein, stark verwittert bis verwittert, erdfeucht bis feucht.

Der stark verwitterte und verwitterte Kalkmergelstein liegt im halbfesten und halbfesten bis festen Zustand vor.

Gemäß der geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100.000, Blatt C 4310 Münster, ist der Kalkmergelstein in das Untere Obercampan, Stufe Campan der Serie Oberkreide, zu stellen.

Die Aufschlussbohrungen wurden beim Erreichen der Geräteauslastung zwischen 1,3 m und 1,7 m unter GOK im stark verwitterten (RKS 2 und RKS 3) und verwitterten (RKS 1) Kalkmergelstein, der noch bis in größeren Tiefen ansteht, eingestellt.

Unterhalb der Aufschlusstiefen der Bohrungen stehen die geklüfteten, geschichteten und in tieferen Schichten die kluftgrundwasserführenden Gesteine der Oberkreide in fester Zustandsform an.

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.

Auf dem Baugrundstück wurden sehr schwach durchlässige bindige Böden (Verwitterungslehm und stark verwitterter Kalkmergelstein) angetroffen, die von sehr schwach durchlässigen Festgesteinen der Oberkreide (Kalkmergelstein) unterlagert werden. Die vorgenannten bindigen Böden werden von aufgefüllten Schluffen und Sanden sowie im Bereich der befestigten Außenanlagen von aufgefülltem Schotter überlagert (vgl. Kapitel 4.1).

Der Wasserhaushalt der vorgenannten Böden unterliegt unmittelbar den vor Ort stattfindenden Regenereignissen.

Nach langanhaltenden, starken Niederschlägen ist mit einem Aufstau oberhalb der sehr schwach durchlässigen bindigen Böden (Verwitterungslehm und stark verwitterter Kalkmergelstein) in den Auffüllungen ggf. bis zur GOK zu rechnen.

Der Kluftgrundwasserstand in den Festgesteinen konnte am 03.04.2024, aufgrund der geringen Eindringtiefe der Rammkernsondierbohrungen in den festen Fels, nicht festgestellt werden. Hierzu müsste eine Großbohrung bis in das unverwitterte Gebirge ausgeführt werden.

Der tiefer liegende Kluftgrundwasserspiegel hat für die Bebauung i. d. R. keine Bedeutung und kann somit vernachlässigt werden.

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 Baugrundstücks oberflächennaher Bergbau (ggf. Strontianit-Abbau) 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 Jahrmillionen 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.

Da im Zuge der Baumaßnahme der Felshorizont der Oberkreide tangiert wird, kann eine Gefährdung durch Methanaustritte nicht vollständig ausgeschlossen werden. Grundstücksbezogene Angaben zum Gefährdungspotenzial können kostenpflichtig bei der Bezirksregierung Arnsberg eingeholt werden.

Grundstücksbezogene Angaben zum Gefährdungspotenzial im Hinblick auf mögliche Methanaustritte können kostenpflichtig bei der Bezirksregierung Arnsberg eingeholt werden.

Im Hinblick auf mögliche bergbauliche Einwirkungen auf die Tagesoberfläche ist eine Recherche bei dem zuständigen Bergwerkseigentümer und der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6, Bergbau und Energie in Nordrhein-Westfalen, und ggf. eine Grubenbildeinsichtnahme bei der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6, Bergbau und Energie in Nordrhein-Westfalen, Dortmund, durchzuführen.

Sollte die Recherche ergeben, dass die Tagesoberfläche gefährdet ist, werden ggf. zusätzliche Erkundungsbohrungen (z. B. tiefe Aufschlussbohrungen) und eventuell auch eine Verpressung im Untergrund vorhandener Hohlräume oder Auflockerungszonen notwendig.

Im vorliegenden geotechnischen Gutachten wird auf ggf. erforderliche zusätzliche Maßnahmen infolge möglicher bergbaulicher Einwirkungen (Setzungen und Senkungen, die durch Nachbrüche und Nachverdichtungen der ggf. im Untergrund vorhandenen offenen Hohlräume, Verbruchzonen und/oder Auflockerungen entstehen) nicht eingegangen.

Bei den durchgeführten Aufschlussbohrungen wurden keine Hinweise auf tagesnahen Bergbau vorgefunden.

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 $S_{aP,R} \leq 0,2 \text{ m/s}^2$.

Für Beschleunigungen $S_{a,P,R} < 0,6 \text{ m/s}^2$ 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. 0,5/1,0 m in der im Kap. 4.1 beschriebenen Zusammensetzung festgestellt.

An den entnommenen Bodenproben wurde kein 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 ist das Erdbaulabor Dr. F. Krause unverzüglich zur Klärung der weiteren Vorgehensweise einzuschalten.

6 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

6.1 Bewertungsgrundlagen

Die Bewertung der in den untersuchten Mischproben MP 1 und MP 2 ermittelten Schadstoffgehalte erfolgt gemäß der Verordnung über Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung – EBV).

- Verordnung über Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung – EBV, Anlage 1, Tabelle 3: Materialwerte für Bodenmaterial und Baggergut; nur Mischprobe MP 1)
- Vorsorgewerte für Böden gemäß Anlage 1, Tabellen 1 und 2, der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV; Stand 16.07.2021; nur Mischprobe MP 2)

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.

Im Hinblick auf eine Wiederverwendung des anfallenden Mutterbodens werden die Vorsorgewerte für Böden gemäß Anlage 1, Tabellen 1 und 2, der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) herangezogen.

Zur Festlegung von Anforderungen an die Bewertung von Flächen mit der Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung werden in der auf dem Bundes-Bodenschutz-Gesetz (BBodSchG) basierenden Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 16.07.2021 Vorsorgewerte wie folgt definiert:

Vorsorgewerte: Bei Böden mit naturbedingt oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten besteht bei Überschreiten von Vorsorgewerten nach Anlage 1, Tabelle 1 oder 2 der BBodSchV, die Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen nur dann, wenn eine erhebliche Freisetzung von Schadstoffen oder zusätzliche Einträge durch die nach § 7 Satz 1 des BBodSchG Pflichten nachteilige Auswirkungen auf die Bodenfunktion erwarten lassen (§ 3 Absatz 2 der BBodSchV).

Die Einhaltung der Vorsorgewerte soll die Böden auch bei empfindlichen Nutzungen vor einer Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen durch zukünftige Einwirkungen schützen. Langfristiger Schutz hat zum Ziel, dass Böden vielfältig nutzbar erhalten bleiben. Schutzobjekt sind die natürlichen Bodenfunktionen.

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

Gemäß den Ergebnissen der chemischen Untersuchungen (s. Anlagen 4.1 und 4.2) sind die der Mischprobe **MP 1** entsprechenden Aushubböden in die folgende Kategorie der EBV zu stellen:

Mischprobe	Einstufung gem. EBV	Einstufungsrelevanter Parameter
MP 1 (Auffüllung: Schluff-Sand-Schotter-Gemisch)	BM-F3	PAK ₁₆
Feststoffparameter / Eluatparameter		

Die der vorgenannten Mischprobe entsprechenden Aushubböden sind gemäß ihrer Einstufung einer entsprechenden Verwertung zuzuführen.

6.3 Bewertung hinsichtlich der Vorsorgewerte der BBodSchV, Anlage 1, Tabellen 1 und 2

Die untersuchte Mischprobe **MP 2** setzt sich aus einem Schluff zusammen. Die Bewertung der chemischen Untersuchungsergebnisse erfolgt demnach für die Bodenarten Schluff/Lehm.

Die in der Mischprobe **MP 2** ermittelten Gehalte an Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Quecksilber (Hg), Thallium (Tl), Zink (Zn), polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), Benzo[a]pyren (B[a]p) und polychlorierten Biphenylen (PCB₆ + PCB 118) halten die jeweiligen Vorsorgewerte der BBodSchV ein (s. Anlagen 5.1 und 5.3). Nach den Ergebnissen der durchgeführten chemischen Untersuchungen kann der Mutterboden zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht wiederverwendet werden.

Auch die bei einer landwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Folgenutzung einzuhaltenden Vorsorgewerte (gemäß § 7, Absatz 3, der BBodSchV sind 70 % der Vorsorgewerte nach Anlage 1, Tabellen 1 und 2, einzuhalten) werden eingehalten (s. Anlage 5.2).

Nach den Ergebnissen der durchgeführten chemischen Untersuchungen kann der Mutterboden zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht auch bei einer landwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Folgenutzung wiederverwendet werden.

6.4 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 des Bodenaushubmaterials über den Umfang der Parameter der Anlage 1, Tabellen 1 und 2, der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV; nur Mutterboden) und 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 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.

Die ggf. erforderlichen ergänzenden 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.

Des Weiteren wird aus umweltrelevanter Sicht darauf hingewiesen, dass der in der Mischprobe MP 1 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.

Es wird darauf hingewiesen, dass der im Eluat gemessene PAK₁₅-Wert mit 0,148 µg/L unterhalb des Prüfwertes der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) für organische Stoffe für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser am Ort der Probenahme sowie unterhalb des Geringfügigkeitschwellenwertes der GFS-Liste liegt.

Der in der Mischprobe MP 1 ermittelte PAK-Gehalt ist möglicherweise an dem Schotter gebunden. Aus gutachterlicher Sicht ist eine Gefährdung bezüglich **des Wirkungspfades Boden - Grundwasser** nicht abzuleiten.

Es ist mit der zuständigen Umweltbehörde abzustimmen, ob ergänzende Untersuchungen durchzuführen sind.

7 Homogenbereiche, Bodenkennwerte, Bodenklassen, Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen

7.1 Homogenbereiche

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

Homogenbereich O	aufgefüllter belebter humoser Oberboden (Mutterboden)
Homogenbereich 1 ₁	Auffüllung: Splitt und Schotter [A (Scho)]
Homogenbereich 1 ₂	Auffüllung: Sand [A (S)]
Homogenbereich 1 ₃	Auffüllung: Schluff [A (U)]
Homogenbereich 2	Verwitterungslehm (VL) und stark verwitterter Kalkmergelstein (KMst _{stww})
Homogenbereich 3	Kalkmergelstein, verwittert (KMst _{ww}) und schwach verwittert (nicht erbohrt; KMst _{svw})

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	$> 1 \cdot 10^{-4}$
A (Scho)	19,0	10,0	32,5	0	60	ca. $1 \cdot 10^{-4}$
A (S)	18,0	10,0	30,0	0	30	ca. $1 \cdot 10^{-5}$
A (U)	18,0	8,0	27,5	0	8 ^{*2)}	ca. $1 \cdot 10^{-7}$
VL _{wh}	18,5	8,5	25,0	0	5 ^{*2)}	$\leq 1 \cdot 10^{-9}$
VL _{wh-stf}	19,0	9,0	25,0	10 ^{*1)}	8 ^{*2)}	$\leq 1 \cdot 10^{-9}$
VL _{stf}	19,5	9,5	25,0	20 ^{*1)}	10 ^{*2)}	$\leq 1 \cdot 10^{-9}$
KMst _{stvw}	20,5	10,5	27,5	15 ^{*1)}	20 ^{*2)}	$\leq 1 \cdot 10^{-9}$
KMst _{vw}	22,5	12,5	32,5	≥ 10	60	$\leq 1 \cdot 10^{-9}$
KMst _{svw}	23,5	13,5	37,5	≥ 10	≥ 120	$\leq 1 \cdot 10^{-9}$ bis $\geq 1 \cdot 10^{-3}$ ^{*3)}

BA [Bodenaustausch- bzw. Bodenauffüllmaterial (Kiessand 0/32, Grubenkies, Schotter 0/45, Recycling)]

wh weichplastische Konsistenz

stf steifplastische Konsistenz

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

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

*3) stark vom Klüftungsgrad und der Ausbildung des Trennflächengefüges abhängig

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 [humoser Oberboden (Mutterboden)]

(Homogenbereich O)

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

Auffüllung (Splitt und 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 (Sand)

(Homogenbereich 1₂)

Bodenklasse: 4
[bei grobstückigen Inhaltsstoffen, die durch das gewählte Aufschlussverfahren (Rammkernsondierbohrungen) nicht aufgeschlossen werden können (z. B. Grobschlag, grober Bauschutt), auch Klassen 5 bis 7]
Bodengruppe: [SU*]
Frostempfindlichkeitsklasse: F 3 (sehr frostempfindlich)

Auffüllung (Schluff)

(Homogenbereich 1₃)

Bodenklasse:	4 [bei grobstückigen Inhaltsstoffen, die durch das gewählte Aufschlussverfahren (Rammkernsondierbohrungen) nicht aufgeschlossen werden können (z. B. Grobschlag, grober Bauschutt), auch Klassen 5 bis 7; bei Verschlämmung, Wassersättigung bzw. einer Konsistenzzahl von $I_c \leq 0,5$: Klasse 2]
Bodengruppen:	[UL], [TL]
Frostempfindlichkeitsklasse:	F 3 (sehr frostempfindlich)

Verwitterungslehm und stark verwitterter Kalkmergelstein

(Homogenbereich 2)

Bodenklassen:	4 und 5 (bei Verschlämmung, Wassersättigung bzw. einer Konsistenzzahl von $I_c \leq 0,5$: Klasse 2)
Bodengruppen:	TM (gemäß Anlagen 3.3 und 3.4), ggf. auch TA
Frostempfindlichkeitsklassen:	F 3 (sehr frostempfindlich); bei der Bodengruppe TA auch F 2 (gering bis mittel frostempfindlich)

Kalkmergelstein, verwittert und schwach verwittert (nicht erbohrt)

(Homogenbereich 3)

Bodenklassen:	6 und 7 verwitterter und schwach verwitterter Fels
Frostbeständigkeit:	i. d. R. nicht frostbeständig
Veränderlichkeit:	i. d. R. stark veränderlich (verwitterter Kalkmergelstein), mäßig bis nicht veränderlich (schwach verwitterter Kalkmergelstein)

8 Gründungstechnische Folgerungen

8.1 Gründungsart

Die Gründung des geplanten Gebäudes erfolgt auf Einzel- und Streifenfundamenten mit einer bewehrten nicht lastabtragenden Bodenplatte (Betonsohle). Die Fundamentabmessungen und die Stärke der Betonsohle sind noch vom Tragwerksplaner festzulegen.

8.2 Gründungstiefe

Die Gründungsebene der Betonsohle wird bei ca. 57,30 m ü. NHN und die frostfreie Gründungsebene der Fundamente bei ca. 56,80 m ü. NHN angenommen.

8.3 Tragfähigkeit des Baugrundes und Baugrundverbesserungsmaßnahmen

Wie den Schichtenprofilen und Rammdiagrammen auf den Anlagen 2.1 bis 2.6 zu entnehmen ist, wurden in der angenommenen Gründungsebene der Fundamente bei ca. 56,80 m ü. NHN bindige Böden (aufgefüllte Schluffe und Verwitterungslehm des unterlagernden Kalkmergelsteins) angetroffen.

Der Verwitterungslehm und der unterlagernde stark verwitterte Kalkmergelstein sind als schrumpfungsgefährdet einzustufen, d. h., dass sie auf Wasserentzug mit einer Volumenabnahme reagieren.

Zur Vermeidung von Schrumpfungssetzungen, die i. d. R. zu Gebäudeschäden führen, sind unter den Fundamenten die schrumpfungsgefährdeten bindigen Böden in der Breite der Fundamente vollständig bis auf den mindestens halbfesten bis festen, verwitterten Kalkmergelstein auszuheben und durch Magerbeton zu ersetzen.

Wie den Schichtenprofilen und Rammdiagrammen auf den Anlagen 2.1 bis 2.6 zu entnehmen ist, stehen die mindestens halbfesten bis festen verwitterten Kalkmergelsteine zwischen ca. 1,4 m und ca. 1,8 m unter GOK an.

Unter der Betonsohle ist durch einen Bodenaustausch oder durch eine Bodenauffüllung eine Tragschicht in einer Stärke von mindestens 0,3 m herzustellen. Gegebenenfalls in der Aushubebene anstehender stark vernässter und aufgeweichter bindiger Boden ist vollständig abzuschleifen und durch das empfohlene Bodenaustausch- bzw. Bodenauffüllmaterial zu ersetzen.

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

Das Bodenaustausch- bzw. Bodenauffüllmaterial dient bei Bedarf in Verbindung mit Pumpensämpfen als bauzeitlicher Flächenfilter.

Das Bodenaustauschmaterial ist in Lagenstärken bis maximal 0,3 m einzubringen und mit geeigneten Verdichtungsgeräten bis auf ca. 100 % der Proctor-dichte 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 Erdplanums mit schweren oder gummibereiften Baufahrzeugen ist zu unterlassen. Bei Bedarf sind Baustraßen 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 das Erdbaulabor Dr. F. Krause hingewiesen.

8.4 Wasserhaltungsmaßnahmen

Während der Gründungsarbeiten bzw. im Zuge der Ausschachtungsarbeiten ist das in sehr geringer Menge anfallende Sicker- und Schichtwasser bzw. nur das Tageswasser abzuführen.

Die in der Aushubebene der Tragschicht anstehenden wasserempfindlichen bindigen Böden werden bei Regenfällen verschlammten, so dass zum Schutz des Aushubplanums vor Verschlammungen sofort nach Freilegung eines Teilbereiches der Aushubebene für die Gründung der Sohlplatte das empfohlene Bodenaustauschmaterial anzudecken ist.

Zur Abführung des Niederschlags- und Sicker- bzw. Schichtwassers ist nur bei anhaltenden, starken Niederschlägen eine offene Wasserhaltung über das empfohlene Bodenaustausch- bzw. Bodenauffüllmaterial (Kiessand 0/32, Grubenkies, Kalkstein-Schotter 0/45 bzw. eine äquivalente Mischung oder Bodenart) vorzuhalten.

8.5 Baugrubensicherung

In der Regel können die Fundamentgruben bis zur vorgesehenen Aushubtiefe von ca. 1,4/1,8 m unter GOK senkrecht ausgeschachtet werden, wenn sofort nach dem Erreichen der erforderlichen Aushubtiefe der Magerbeton bis zur frostfreien Gründungsebene der Fundamente von ca. 0,8 m unter GOK eingebracht wird.

Eine Sicherung der Fundamentgruben, z. B. mit einem Verbau, ist nur dann erforderlich, wenn die anstehenden Böden nicht standfest sind bzw. bei Wassersättigung zum Fließen neigen oder wenn in der Grube Montagearbeiten stattfinden müssen.

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

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 Betonsohle sowie die ins Erdreich einbindenden Gebäudeteile der Lastfall drückendes Wasser anzusetzen. Die Betonsohle 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 Einbautiefe) auszuführen.

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

8.7 Belastung des Baugrundes, Setzungsverhalten und Grundbruchsicherheit

Bei der empfohlenen Gründungsart (Tieferführung der Fundamente mittels Magerbeton bis auf den mindestens halbfesten bis festen, verwitterten Kalkmergelstein; s. Kapitel 8.3) ist für die Gründung des geplanten Schulgebäudes unter Beachtung der zulässigen Setzungsdifferenzen von $\Delta S = 1,0$ cm auf 5,0 m bzw. der noch zulässigen Winkelverdrehung von $\alpha_{krit} = 1/500$ und der Grundbruchsicherheit [Ausnutzungsgrad μ (parallel zu b) $\leq 1,0$; Teilsicherheit $\gamma_{R;V} \geq 1,4$] eine charakteristische Sohldruckspannung in der Lasteintragsfläche (Unterkante Fundament) bis zu ca. $\sigma_{vorh} = 500$ kN/m² bzw. ein Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes von ca. $\sigma_{R,d} = 700$ kN/m² zulässig.

Die Setzungen der Fundamente werden bei der vorgenannten Belastung geschätzt ca. $S_g = 1,0$ cm nicht überschreiten, so dass für die Bemessung der Fundamente ein Bettungsmodul von ca. $k_s = 50$ MN/m³ in Ansatz gebracht werden kann.

Die Mindestbreite der Fundamente beträgt $b = 0,5$ m.

Die frostfreie Mindesteinbindetiefe der Fundamente von $t = 0,8$ m darf nicht unterschritten werden.

Die Setzungen werden bei der vorgenannten Belastung und der angegebenen Mindestbreite der Fundamente geschätzt $S_g = 1,0$ cm nicht überschreiten. Setzungsdifferenzen sind bei der empfohlenen Gründungsart und bei annähernd gleichmäßig zu erwartender Lastverteilung nicht zu erwarten, so dass die geforderte Winkelverdrehung von $\alpha_{krit} = 1/500$ und die Grundbruchsicherheit [Ausnutzungsgrad μ (parallel zu b) $\leq 1,0$; Teilsicherheit $\gamma_{R;V} \geq 1,4$] eingehalten werden.

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

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) und der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV; hier Mutterboden) bzw. in Abstimmung mit der zuständigen Behörde zu erfolgen.

Aus bodenmechanischer Sicht können die bei den Aushubarbeiten anfallenden aufgefüllten Sande und Schotter als Füll- bzw. Auffüllmaterial, z. B. für Geländeprofilierungen, wieder verwendet werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die anfallenden schluffigen Sande nur im Bereich ihres optimalen Wassergehaltes und bei fehlenden Niederschlägen einbau- und verdichtungsfähig sind.

Die bei den Aushubarbeiten anfallenden bindigen Böden (aufgefüllter Schluff, Verwitterungslehm und stark verwitterter Kalkmergelstein) sind nur im Bereich ihres optimalen Wassergehaltes und bei fehlenden Niederschlägen einbau- und verdichtungsfähig. Die Aushubböden sind somit als Füll- bzw. Auffüllmaterial, z. B. für Geländeprofilierungen, nur bedingt verwendbar und sollten vornehmlich nur in den Bereichen eingebaut werden, die nicht überbaut werden.

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

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

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.

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

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.

Im Zuge der Gründungsarbeiten fällt neben den vorgenannten 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*“.

10 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 gem. ZTV E-StB 17, Tabelle 3, in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (sehr frostempfindlich) zu stellen.

Die Stärke und der Aufbau des Flächenoberbaus der geplanten befestigten Außenanlagen richten sich nach der vom Planer festzulegenden Belastungsklasse, 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 20 maßgebend.

Da im Untergrund Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 anstehen und unter Berücksichtigung der ungünstigen Wasserverhältnisse nach RStO 12, 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.

Bei einer Entwässerung der Fahrbahn und der Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen können die vorgenannten Mindestdicken des frostsicheren Straßenaufbaus um 0,05 m reduziert werden.

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

Der auf dem Erdplanum geforderte E_{v2} -Wert von ≥ 45 MPa kann auf den anstehenden bindigen Böden auch durch eine Nachverdichtung nicht erreicht werden. Eine Bodenverbesserung unter der Frostschutzschicht ist somit vorzusehen. Es ist festzulegen, ob unter der Frostschutzschicht ein Bodenaustausch 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-Zement-Mischbinder) vorzuziehen ist.

Der Bodenaustausch erfolgt gegen nicht bindige, verdichtungsfähige, wasser-durchlässige und umweltverträgliche Lockergesteine.

Bei einer Bodenverbesserung mit hydraulischen Bindemitteln ist die tatsächliche Bindemittelzugabemenge (ca. 2 - 6 M.-%, mindestens 3 M.-% bei einer qualifizierten Bodenverbesserung) von den Witterungsverhältnissen und vom aktuellen Wassergehalt der anstehenden Böden abhängig und zeitnah zu den Erdarbeiten durch Feldversuche zu bestimmen.

Für die Durchführung der Bodenverbesserung sind die Angaben des „Merkblattes über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, maßgebend.

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.

Bei einer Entwässerung der Fahrbahn und der Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen können die vorgenannten Mindestdicken des frostsicheren Straßenaufbaus um 0,05 m reduziert werden.

Die erforderlichen bautechnischen Maßnahmen sind ggf. durch Probeverdichtungen festzulegen. In diesem Zusammenhang wird auch 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 Drägen zu verlegen. Das anfallende Wasser ist dann kontrolliert in eine geeignete Vorflut bzw. in die Kanalisation abzuführen.

11 Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten

Die durchgeführten Bohrungen stellen lediglich punktuelle und keine flächen-deckenden Aufschlüsse dar. Aus diesem Grund ist nach Freilegung der Baugrubensohle 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 ggf. erforderlichen bauzeitlichen Wasserhaltung, zur ggf. erforderlichen 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.

12 Verdichtungsüberprüfung

Nach Fertigstellung des unterhalb der Betonsohle erforderlichen Bodenaustausches bzw. der Bodenauffüllung und der Verdichtungsarbeiten ist eine Überprüfung der geforderten Verdichtungswerte durchzuführen (s. Kapitel 8.3).

Die Verdichtungsüberprüfung erfolgt durch Rammsondierungen und Plattendruckversuche.

Die zum Nachweis der geforderten Verdichtung erforderlichen Untersuchungen können vom Erdbaulabor Dr. F. Krause ausgeführt werden.

13 Versickerung von Niederschlagswasser

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

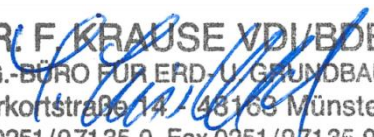
14 Hinweise auf weitere Untersuchungen

Der Gutachter 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.

15 Schlusswort

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

Münster, den 23. Mai 2024


DR. F. KRAUSE VDI/BDB
ING.-BÜRO FÜR ERD- U. GRUNDBAU
Harkortstraße 14 · 48169 Münster
☎ 0251/97135-0, Fax 0251/97135-99



i. A. Diplom-Geologe T. Freisfeld

Fiet Krause
Inhaber

Planunterlagen:

- Nr. 1 Piktogramm Eingangsbereich, ohne Maßstabsangabe (Stand 19.02.2024; Verfasser: Fritzen + Müller-Giebeler Architekten BDA, Aegidiimarkt 6, 48143 Münster)
- Nr. 2 Lageplan, 1 : 1.000 (Stand 13.05.2014; Projekt-Nr.: 08068, Blatt 2; Verfasser: Gnegel GmbH, Osttor 43, 48324 Sendenhorst)
- Nr. 3 Internetportal: Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen (Quelle: www.gdu.nrw.de, Zugriffsdatum: 30.04.2024)
- Nr. 4 Internetportal: NRW Umweltdaten vor Ort (UvO), Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Quelle: www.uvo.nrw.de, Zugriffsdatum: 30.04.2024)
- Nr. 5 Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100.000, Blatt C 4310 Münster
- Nr. 6 Archivunterlagen

Anlagen:

- Nr. 1 Lageplan, 1 : 500, mit eingetragenen Bodenaufschlusspunkten und eingetragendem Höhenbezugspunkt
- Nr. 2 Schichtenprofile gemäß DIN 4023 und Rammdiagramme gemäß DIN EN ISO 22476-2, 1 : 50 (Anlagen 2.1 bis 2.6)
- Nr. 3 Ergebnisse der bodenphysikalischen Laborversuche (Anlagen 3.1 bis 3.4)
- Nr. 4 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen auf die Parameter der Ersatzbaustoffverordnung - EBV (hier Boden): Tabellarische Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse (Anlage 4.1, 2 Seiten), Prüfbericht-Nr.: 2024P220636 / 1 (Anlage 4.2, 4 Seiten) sowie Probenahme-Protokoll (Anlage 4.3)

- Nr. 5 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen auf die Parameter der Vorsorgewerte für Böden gemäß der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV):
Tabellarische Zusammenstellungen der Untersuchungsergebnisse (Anlagen 5.1 und 5.2), Prüfbericht-Nr.: 2024P220637 / 1 (Anlage 5.3, 2 Seiten) und Probenahme-Protokoll (Anlage 5.4)

Verteiler:

Fritzen + Müller-Giebeler Architekten BDA, Frau Toker, Aegidiimarkt 6,
48143 Münster