
Projekt **Neubau Frida Levy Gesamtschule, Essen**
 Bauteil: Interim-Schulgebäude

Bericht **Geotechnischer Bericht**

Interne Projektnummer 240490

Bearbeitung [REDACTED]

Umfang 34 Seiten
 zzgl. Anhänge gemäß Verzeichnis

Auftraggeber Stadt Essen
 Immobilienwirtschaft, Abt. 60-3-1
 Lindenallee 59-67
 45121 Essen

Auftragnehmer [REDACTED]
 [REDACTED]

 [REDACTED]
 [REDACTED]
 [REDACTED]
 [REDACTED]

Datum Index Datum
 - 24.07.2025

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 ALLGEMEINES	6
1.1 Vorgang, Veranlassung	6
1.2 Verwendete Unterlagen	6
2 GEPLANTES BAUVORHABEN	8
3 BAUGRUNDSTÜCK	9
3.1 Lage und Topografie	9
3.2 Vornutzung	10
3.3 Allgemeine geologische und hydrogeologische Einordnung	10
3.4 Allgemeine Gefährdungspotentiale des Standorts	12
3.5 Bodenmechanische Altuntersuchungen	13
3.6 Umwelttechnische Altuntersuchungen	14
4 BAUGRUNDERKUNDUNG	15
4.1 Felduntersuchungen	15
4.2 Grundwasserstände	15
4.3 Bodenmechanische Laborversuche	17
4.4 Umwelttechnische Laboruntersuchungen (Altlasten)	17
5 BAUGRUNDBESCHREIBUNG	19
5.1 Geländeoberflächen	19
5.2 Bodenschichten	19
5.3 Bodenmechanische Rechenwerte und bautechnische Klassifizierung	21
5.4 Homogenbereiche	23
5.5 Bemessungs-Grundwasserstände	23
5.6 Umwelttechnische Einstufung der Ausbaumaterialien	24
6 GRÜNDUNGSEMPFEHLUNGEN	27
6.1 Allgemeine Bedeutung der Gelände- und Baugrundsituation für das Bauvorhaben	27
6.2 Gründung der Gebäudelasten	27
6.3 Bemessung von Bodenplatten (Flächengründung)	28
6.4 Gebäudeabdichtung gegen den Baugrund	29
6.5 Versickerungsanlagen	30

7	HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG.....	30
7.1	Erdbau, Herrichten der Gründungsebenen	30
7.2	Baugrubensicherung	32
7.3	Wasserhaltung	33
7.4	Kampfmittel	33
8	WEITERES VORGEHEN, ABSCHLIEßENDE HINWEISE	33
8.1	Geotechnische Kategorie	33
8.2	Abschließende Hinweise	33

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage I Abbildungen

- Anlage I.1. Lageplan der Aufschlusspunkte, Plan-Nr. 240490_BG_P1_LP03
- Anlage I.2. Geotechnischer Schnitt N1, Plan-Nr. 240490_BG_P1_SC07
- Anlage I.3. Geotechnischer Schnitt N2, Plan-Nr. 240490_BG_P1_SC08

Anlage II Bodenmechanische Laborversuche

- Anlage II.1. Übersichtstabelle
- Anlage II.2. Versuchsprotokolle

Anlage III Umwelttechnische Laborversuche Boden (Altlasten)

- Anlage III.1. Einstufung der Böden nach EBV
- Anlage III.2. Einstufung der Böden nach DepV
Einstufung von teerhaltigem Straßenaufbruch und Ausbauasphalt nach RuVA-StB 01
- Anlage III.3. Ergebnisdatenblätter des Labors

Anlage IV Homogenbereiche nach VOB/C

- Anlage IV.1. Einteilung der Homogenbereiche
- Anlage IV.2. Schicht 1
- Anlage IV.3. Schicht 2
- Anlage IV.4. Schicht 3

Anlage V Fremdunterlagen

- Anlage V.1. Kampfmittelauskunft

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 1: Umwelttechnische Untersuchungen aus [6]: An Mischproben beteiligte Einzelproben aus Bohrungen im Bereich des Standortes Interim	14
Tabelle 2: Zusammenstellung der Bodenproben zur chemischen Untersuchung (Altlasten)	18
Tabelle 3: Zusammenstellung der Asphaltproben zur chemischen Untersuchung	18
Tabelle 4: Ergebnisse der chemischen Bodenuntersuchungen und Klassenzuordnung nach EBV (2021) und DepV	25
Tabelle 5: Ergebnisse der chemischen Untersuchung von teerhaltigem Straßenaufbruch und Ausbauasphalt nach RuVA-StB 01	26
Tabelle 6: Zuordnung der Bauaufgabe zur Geotechnischen Kategorie (GK) nach DIN 1054	33

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildung 1: Geplanter Neubau, [1]	8
Abbildung 2: Baufeld Bestandsschulhof, Blick von Südwest (01/2025)	9
Abbildung 3: links: Geplante Lage des Interimgebäudes im Luftbild [16] / rechts: Gebäudelage (grau) der historischen Nutzung "Walzwerk" mit Neubaufäche (rot umrandet).	10
Abbildung 4: Lage des Baufeldes in der Geologischen Kartierung, [15]	11
Abbildung 5: Mächtigkeit quartärer Deckschichten (hier: Löss) im Baufeld, Ing.-Geol Karte NRW	11
Abbildung 6: Lage des Baufeldes in der Starkregenkartierung, [16]	13
Abbildung 7: Lage bestehender (grün) und neuer (blau) Grundwassermesstellen	16
Abbildung 8: Grundwasserstände (Mergel)	16

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

GOK, GOF	Geländeoberkante, Geländeoberfläche
KRB, RKS	Kleinrammbohrung, Rammkernsondierung
DPH, -M, -L	Schwere Rammsondierung (Dynamic Probing – heavy, medium, light)
CPT	Drucksondierung (Cone Penetration Test)
ET	Endteufe
Kbf	kein Bohrfortschritt
OK	Oberkante
UK	Unterkante
UKF	Unterkante Fundamente / Gründungssohle
EAB	Empfehlungen des Arbeitskreis Baugruben
EAP	Empfehlungen des Arbeitskreis Pfähle
LAGA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (entfallen ab August 2023)
EBV	Ersatzbaustoffverordnung (ab August 2023)
ZTVE	Zusätzliche technische Vertragsbedingungen Erdbau im Straßenbau (ZTV E-StB)

1 ALLGEMEINES

1.1 Vorgang, Veranlassung

Die Stadt Essen als Bauherr plant den schrittweisen Rückbau und Neubau der Frida Levy-Gesamtschule. Die Generalplanung erfolgt durch [REDACTED]

Als vorgezogene Baumaßnahme wird ein temporäres Ausweich-Schulgebäude ("Interim") in Modulbauweise im Bereich des heutigen Schulhofs errichtet.

Unsere Gesellschaft wurde durch den Bauherrn mit der Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung beauftragt.

Mit dem vorliegenden Bericht werden die durchgeführten Feld- und Laborarbeiten abschließend dokumentiert, die bodenmechanischen Rechenwerte und Bemessungswerte festgelegt sowie die Gründungsempfehlung erläutert (Geotechnischer Bericht DIN 4020). Vorausgehende Berichte zu vergleichbaren Fragestellungen verlieren mit Vorliegen dieses Berichts ihre Gültigkeit.

Im vorliegenden Bericht werden zur Baugrundsituation nur die Geotechnischen Schnitte mitgereicht. Die Einzelprofile der Bodenaufschlüsse sowie die Schichtenverzeichnisse können dem Hauptbericht zum Schulgebäude entnommen werden.

1.2 Verwendete Unterlagen

Für die Bearbeitung lagen die folgenden Unterlagen vor:

Planungsunterlagen

- [1] [REDACTED], Zwischenstand LP3 erhalten mit email vom
07.07.2025
- [2] [REDACTED]: Lastangaben Interimsgebäude, via email vom
01.04.2025

Eigene Berichte

- [3] Frida Levy Schule, Interim-Schulgebäude, Vorabangaben zur Gründungssituation,
19.05.2025
- [4] Frida Levy Schule, Aufschlusskonzept Baugrunderkundung zur Bauwerksgründung,
21.03.2025
- [5] Frida Levy Schule, Geotechnischer Bericht Schulneubauten, in Bearbeitung

Berichte Dritter

- [6] [REDACTED]: Orientierende Boden- und Baugrunduntersuchung, 23.10.2020

- [7] [REDACTED]: Abschlussdokumentation Bergbauliche Erkundungsmaßnahme, 28.03.2022
- [8] Umweltamt Stadt Essen: Auskunft zur Lage von Grundwassermessstellen und historische Pegelmessungen

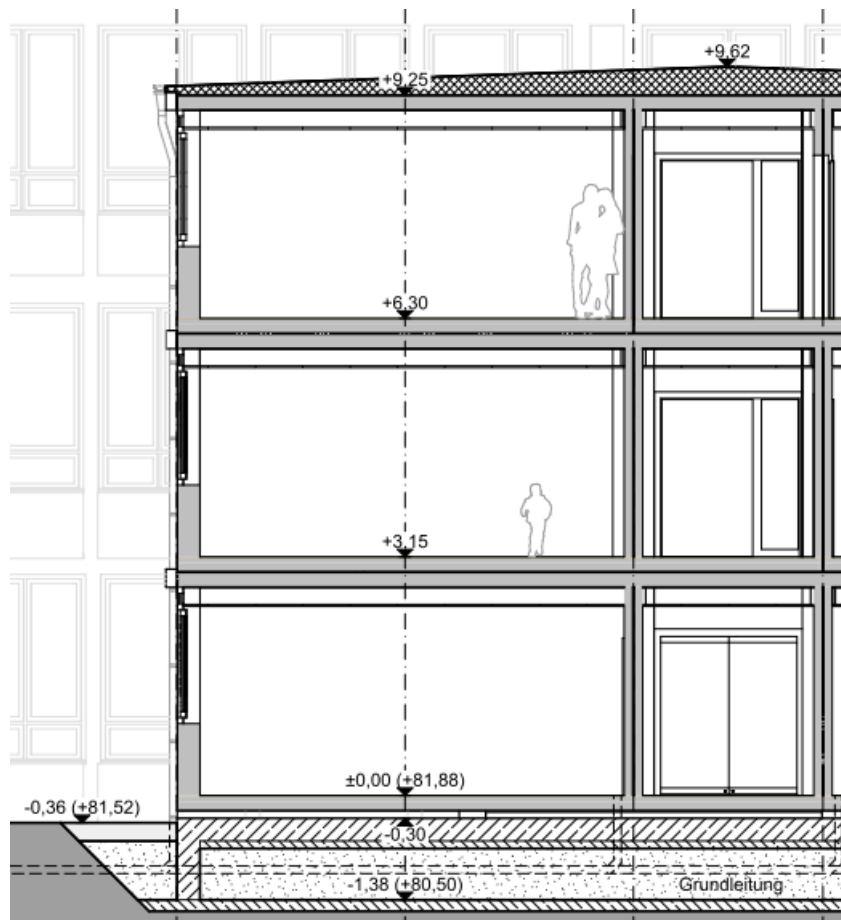
Regelwerke, Literatur mit besonderem Projektbezug

- [9] DIN EN 1997-1 in Verbindung mit DIN 1054 (aktuelle Fassung)
- [10] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik: Empfehlungen des Arbeitskreis Baugruben (EAB), 6. Auflage
- [11] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik: Empfehlungen des Arbeitskreis Pfähle (EAP), 2. Auflage 2012
- [12] DIN-Fachbericht 130: Wechselwirkung Boden-Bauwerk bei Flachgründungen
- [13] DIN 4149-2005: Bauen in deutschen Erdbebengebieten
- [14] Geologischer Dienst NRW: Allgemeine Gefährdungspotentiale des Untergrundes in NRW (Webdienst)
- [15] Geologischer Dienst NRW: WMS-Kartendienste (Webdienst)
- [16] Bezirksregierung Köln: Geoportal NRW (Webdienst)
- [17] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW: ELWAS WEB (Webdienst)
- [18] Regionalverband Ruhr: Geoportal.Ruhr Luftbilder NRW (Webdienst)
- [19] Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Internetpräsentation "Radioaktivität in der Umwelt > Radon", https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/karten/karten_node.html
- [20] Prof. Dr. F. Hollmann: Ausgasungsprognose CH₄ für die Stadtgebiete Dortmund und Bochum

2 GEPLANTES BAUVORHABEN

Als Interim-Schulgebäude ist ein 3-geschossiges, nichtunterkellertes Gebäude in Modulbauweise geplant. Dieses wird im bisherigen Schulhof plaziert und nach Fertigstellung des Schulneubaus wieder rückgebaut.

Abbildung 1: Geplanter Neubau, [1]



Gemäß dem vorliegenden Planungsentwurf [1] gelten die folgenden Projekthöhen:

GOK Bestand		ca. 81,3 bis 81,7 m NHN
OKFF EG	+/- 0,0 m	81,88 m NHN
Gründungsplanum	- 0,70 m	81,18 m NHN
Gründungspolster	- 1,53 m	80,35 m NHN

Die Gründung ist seitens der Tragwerksplanung als biegesteife Bodenplatte (Flächengründung) vorgesehen. Diese liegt auf einem Bodenaustausch / Gründungspolster auf, welches als Verlegehorizont für die Grundleitungen mitgenutzt wird.

Die Gründungslasten wurden vom Tragwerksplaner vorab in [2] als Stützen-Lastenplan (Grob-Lastüberschlag) in ca. nachfolgender Größenordnung angegeben:

3-geschoss. Modulgebäude:	Gesamtlast	$V_k = 23,5 \text{ MN}$
	mittlere Flächenlast:	$p_k \sim 25 \text{ kN/m}^2$
	Einzelstützen (EF)	$V_k = 21 \text{ bis } 460 \text{ kN}$
	mittlere Stützenlast	$V_k = 167 \text{ kN (arithm. Mittel)}$ $V_k = 164 \text{ kN (Median)}$
	Wandlasten (SF)	$V_k \text{ bis } \sim 120 \text{ kN/m}$

3 BAUGRUNDSTÜCK

3.1 Lage und Topografie

Das Baufeld liegt im bisherigen Schulhof / Innenhof der bestehenden Schulgebäude auf einem Niveau von ca. 81,3 bis 81,7 m NHN.

Das Gelände fällt übergeordnet von Südost (Hollestraße/Varnhorststraße) nach Nordwest (Varnhorststraße) von ca. 84,2 auf 76,3 m NHN ab.

Abbildung 2: Baufeld Bestandsschulhof, Blick von Südwest (01/2025)



3.2 Vornutzung

Im Baufeld bestehen nördlich angrenzend noch die Gebäude der alten Frida Levy-Schule. Der Bauplatz wird momentan überwiegend als Pausenhof / Schulhof genutzt und ist - abgesehen von einer Baumgruppe - mit Asphalt befestigt.

Am Südrand des Baufeld greift der Standort in die Rückbaubrache der ehemaligen VHS ein. Diese ist unbefestigt und zeigt wilden Aufwuchs.

Weiter zeitlich zurückliegend war die Fläche Teil eines Industriestandorts "Walzwerk".

Abbildung 3: links: Geplante Lage des Interimgebäudes im Luftbild [16] / rechts: Gebäudelage (grau) der historischen Nutzung "Walzwerk" mit Neubaufäche (rot umrandet).



3.3 Allgemeine geologische und hydrogeologische Einordnung

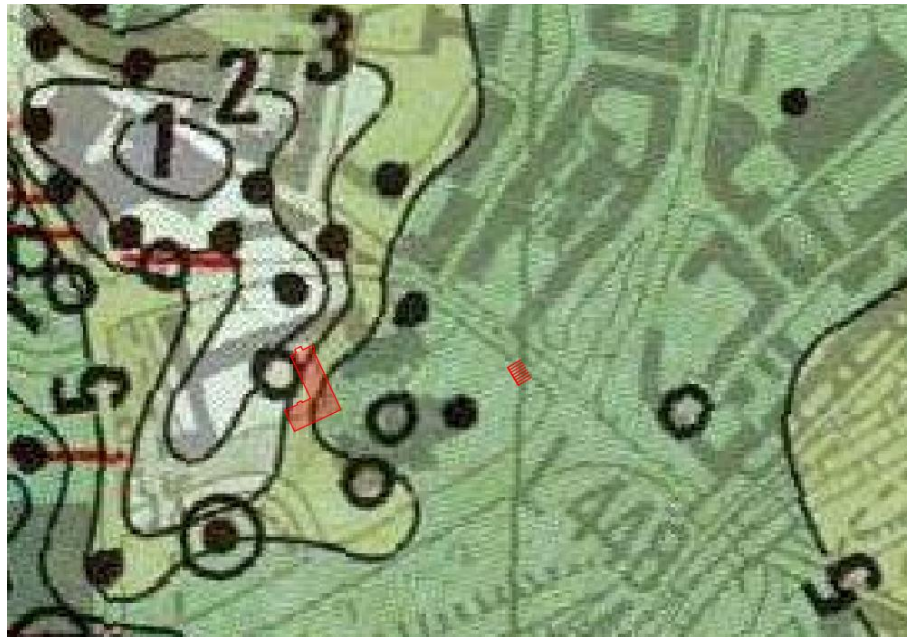
Das Baufeld liegt gemäß der Geologischen Kartierung [15] oberflächlich im Bereich von Lössböden. Diese werden von Mergel der Oberkreide und hierunter von Ton- und Schluffsteinen des kohleführenden Karbon unterlagert.

Abbildung 4: Lage des Baufeldes in der Geologischen Kartierung, [15]



Die Ingenieurgeologische Karte NRW weist die (ursprüngliche) Mächtigkeit der quartären Lockerböden (Löss) mit Mächtigkeiten von ca. 3 bis 4 m aus, Abbildung 5.

Abbildung 5: Mächtigkeit quartärer Deckschichten (hier: Löss) im Baufeld, Ing.-Geol Karte NRW



Ausweislich auf dem Gelände liegender Altbohrungen des geol. Dienstes NRW lag die Geländeoberfläche früher höher. Im Bereich des Interim liegt die Referenzbohrung DABO 114161 aus den 1970er Jahren mit einer Ansatzhöhe von 82,90 m NHN, was ca. 1,6 m oberhalb des aktuellen Geländeniveaus liegt.

Als nächstgelegener Vorfluter fließt die Berne in ca. 1000 m Entfernung in nördlicher Richtung.

Als Haupt-Grundwasserleiter ist das Festgestein der Mergel und Karbon als Kluftgrundwasserleiter zu erwarten. Auf der Oberseite des Mergels bildet sich niederschlagsabhängig zeitweise ein Stauwasserhorizont im Porenraum des Löss aus.

Eine Zuordnung zu Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebieten besteht nicht, [16].

3.4 Allgemeine Gefährdungspotentiale des Standorts

Erdbeben

Nach [13] ist das Baugrundstück *keiner* Erdbebenzone zugeordnet.

Altbergbau

Im Bereich des Baufeldes bestehen Grubengebäude des Steinkohlebergbaus, [7]. Im Rahmen des aktuellen Bauprojekts erfolgt eine Detailerkundung etwaiger Hohlräume und Sicherung dieser mittels Injektionen. Die Planung und Dokumentation dieser Maßnahme erfolgt durch [REDACTED]

Für die weiteren Betrachtung im Rahmen der Gründungsberatung werden daher keine Risiken aus bergbaulichen Tätigkeiten betrachtet.

Die Ergebnisse und Abschlussbewertung der bergbaulichen Sicherungsmaßnahmen stehen ca. ab Frühjahr 2026 zur Verfügung. Sofern diese den Annahmen des vorliegenden Berichts entgegenstehen, ist eine Neubewertung und Fortschreibung der Gründungsberatung erforderlich.

Methanausgasung

Der chemische Abbau organischer Substanzen (hier: Steinkohle) geht einher mit der Entstehung von Methangas (CH_4). Methan ist ein ungiftiges, farbloses und geruchloses Gas. In Verbindung mit Luft kann es ein explosives Gemisch bei Methananteilen von 4,4 bis 16,5 Vol% bilden.

Im Baufeld sind nach [14] keine erhöhten Methanaustritte bekannt.

Radon

Nach der Zusammenstellung des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) zu den Einzelregelungen der Bundesländer [19], hat das Bundesland NRW *keine* Radon-Vorsorgegebiete ausgewiesen.

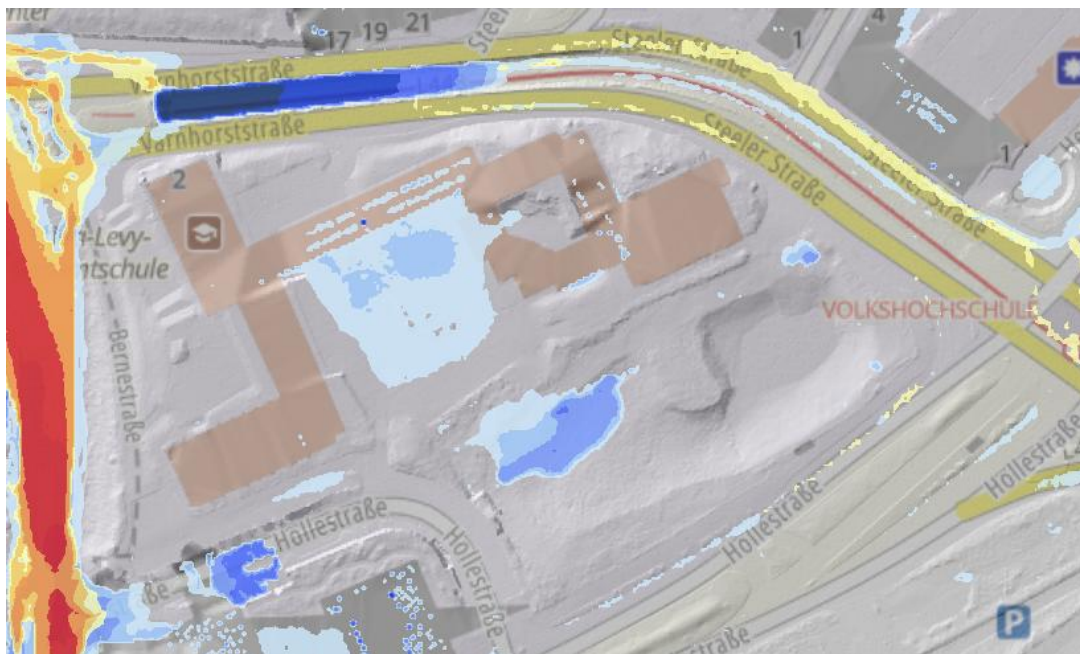
Eine deutschlandweite Kartierung der Erfahrungswerte für die Radongehalte in der Raumluft ist unter [19] verfügbar.

Starkregenrückstau

In der amtlichen Starkregenkartierung [16] werden mögliche Tagwasser-Rückstauszenarien infolge der lokalen Topografie (Mulden) und den Vorflutbedingungen beschrieben. Die Kartierung wird aus einem großflächigen Scan der Geländeoberfläche abgeleitet.

Innerhalb des Baufeldes bestehen derzeit mit dem Schulhof und der südlichen anschließenden Brache lokale Muldenlagen, die einen Tagwasseraufstau ermöglichen.

Abbildung 6: Lage des Baufeldes in der Starkregenkartierung, [16]



3.5 Bodenmechanische Altuntersuchungen

Für das Baufeld liegt mit [6] eine allgemeine, planungsunabhängige Standortvorerkundung mittels Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen vor. Die Erkundungstiefen reichen bis maximal 8 m u. GOK, wurden jedoch vielfach in geringeren Tiefen wegen zu großer Eindringwiderstände abgebrochen. Insgesamt wurde ein der geologischen Kartierung entsprechender Baugrundaufbau aus Auffüllungen, Lösslehm und Mergel angetroffen.

Weiterhin liegen auf dem Baufeld und im näheren Umfeld Kartierbohrungen des Geologischen Dienstes NRW aus den 1970er. Die hier ausgewiesenen Geländeoberflächen der Bohransatzpunkte weichen z.T. erheblich von den heutigen Geländehöhen ab.

Ausgewählte Bodenaufschlüsse aus beiden vorgenannten Quellen sind in den Geotechnischen Schnitten der Anlage I integriert und werden für die Bewertung der Gründungssituation mit berücksichtigt.

3.6 Umwelttechnische Altuntersuchungen

In [6] werden im Rahmen einer entwurfsunabhängigen Vorerkundung Mischproben der Auffüllungen (Schicht 1) und des Löss (Schicht 2) untersucht. Diese Mischprobenbildung ist dabei nicht auf die Gebäudestandorte / Baugruben der heutigen Planung abgestellt. Insofern bleibt ungewiss, ob die aus dem Standort des Interim verwendeten Einzelproben einen relevanten Beitrag zur umwelttechnischen Einstufung haben. Die Einstufung ist zudem nach der seinerzeit gültigen LAGA-Richtlinie erfolgt. Eine Umrechnung der damaligen chemischen Ergebnisse auf die heute gültige EBV ist wegen Änderungen in den Analyseverfahren nicht möglich.

Für Mischproben mit Verwendung von Einzelproben aus dem Bereich Schulhof wurden dabei die folgenden Einstufungen erzielt:

Tabelle 1: Umwelttechnische Untersuchungen aus [6]: An Mischproben beteiligte Einzelproben aus Bohrungen im Bereich des Standortes Interim

MP Proben-Nr. [6]	Bodenschicht	Enthaltener Bodenaufschluss aus [6]	Zuordnung nach LAGA und zugehöriger DepV	Einstufungskriterium nach LAGA
A3	1	13, 15	Z2	PAK
A3U	1	15, 16, 17	1) >Z2 2) >DK III	1) PAK 2) TOC
B3	2 & 3	15, 16, 17	Z0	

Aus dem Bereich des Schulhofes wurde zudem die Schwarzdecke aus den Aufschlüssen KRB 15, 16 und 17 analysiert. Dabei wurden PAK-Gehalte zwischen 1170 und 3690 mg/kg und B(a)P von 76 bis 210 mg/kg festgestellt, so dass eine Zuordnung zur Verwertungsklasse C nach RuVA-StB01 (2005) erfolgt ist.

4 BAUGRUNDERKUNDUNG

4.1 Felduntersuchungen

Für die weitere Gründungsberatung werden unsere eigenen Untersuchungen aus dem Frühjahr 2025 (Aufschlussnummern "100er", blaue Symbole in Anlage I.1) sowie die projektunabhängigen Altbohrungen aus [6] (Aufschlussnummern "1er", rote Symbole in Anlage I.1) zugrunde gelegt.

Details der aktuellen Erkundungsarbeiten können dem Bericht zum Schulneubau [5] entnommen werden.

Alle von uns durchgeführten Einmessungen dienen nur der geologischen Einordnung und können eine Toleranz ± 5 cm aufweisen. Von uns durchgeführte GPS-Messungen bestimmen die Höhenlage nur relativ zu dem vorgenannten Höhenfestpunkt und sind damit abhängig von dessen Richtigkeit.

Die Lage der Bohrungen und Sondierungen ist in der Anlage I.1 dargestellt. Eine zusammenfassende höhengerechte Darstellung der Aufschlussergebnisse als Geotechnischer Schnitt ist als Anlage I.2 bis Anlage I.3 beigelegt.

Die Darstellung der Schichtverläufe in den Geotechnischen Schnitten zwischen den punktuellen Baugrundaufschlüssen wurde durch Interpolation bzw. Abschätzung ermittelt. Die Lage der tatsächlichen Schichtgrenzen kann daher hier von dem dargestellten Schichtverlauf auch abweichen.

Im Rahmen unserer geologischen Standortbewertung werden die Höhenbezugssysteme „m ü. NN“ und „m NHN“ ohne Umrechnung verwendet. Die Differenzen betragen i.d.R. nur wenige Zentimeter und sind daher im Kontext geologischer Niveauangaben nicht relevant.

4.2 Grundwasserstände

Wasser im Baugrund wurde oberflächennah nur vereinzelt und in stark unterschiedlichen Niveaus angetroffen, so dass es sich mutmaßlich nur um sporadisch auftretendes Stau- und Schichtenwasser handelt. Wasserstände im Bereich der Lössschichten sind dabei nur als "Klopfnässe" (RKS 17/20 bei ca. 79,38 m NHN) erkennbar. Die sogenannte "Klopfnässe" weist auf einen Stauwasserstand / Porenwassersättigung in gering durchlässigen Böden hin, der zeitweise auch einen grundwasserartigen Charakter entwickeln kann.

Im Umfeld des Projektes liegen mehrere Mergel-Messstellen der Stadt Essen. Zusätzlich wurden zum Zeitpunkt der Berichtserstellung 2 weitere Mergel-Messstellen (BK 102, 104) im Baufeld errichtet, 2 Weitere (BK 101, 103 im Norden und Süden des gepl. Schulgebäudes) sind geplant,

Abbildung 7. Zu den städtischen Bestandspegeln liegen seitens des Umweltamtes Messungen aus verschiedenen Zeiträumen vor, für die neuen Pegel 102 und 103 bisher nur eigene Messungen aus Juni und Juli 2025.

Abbildung 7: Lage bestehender (grün) und neuer (blau) Grundwassermessstellen

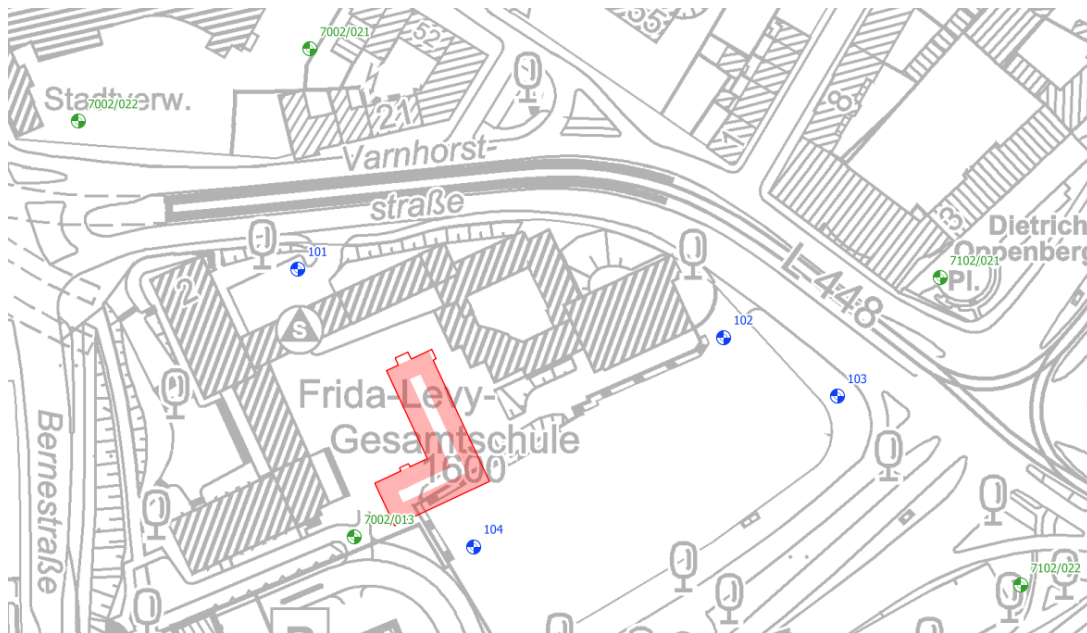
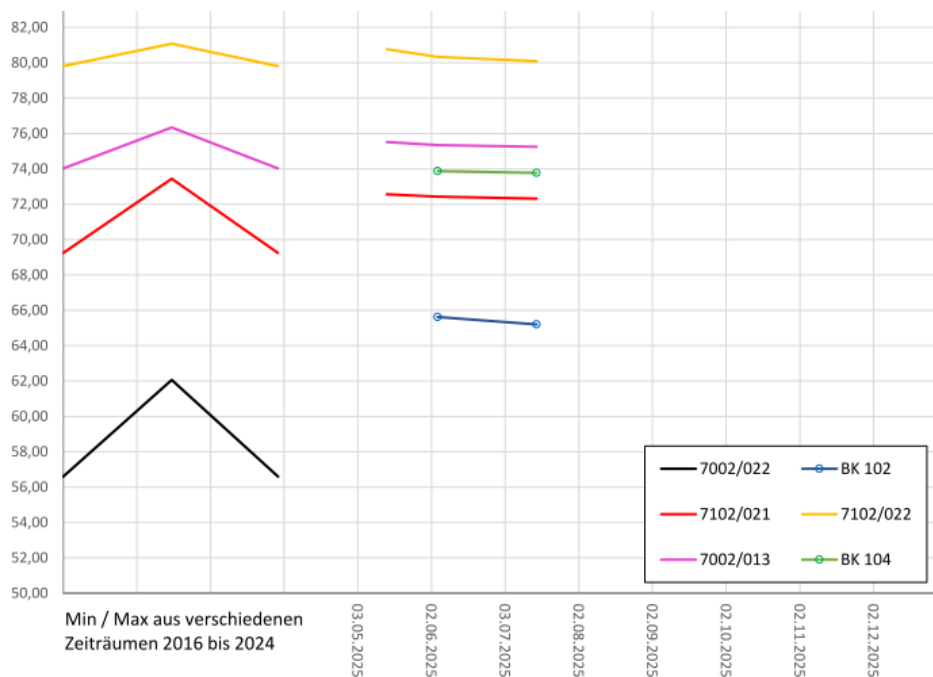


Abbildung 8: Grundwasserstände (Mergel)



Alle für den Bereich des Interim relevanten Messstellen, insbesondere BK 104 und der Bestandspegel 7002/013 zeigen Grundwasserstände $\ll 78$ m NHN, weshalb eine genauere Betrachtung für das nichtunterkellerte Bauteil "Interim" entfallen kann.

4.3 **Bodenmechanische Laborversuche**

An exemplarischen Bodenproben wurden in unserem Auftrag bodenmechanische Laborversuche zur Klassifikation der Böden durch [REDACTED] durchgeführt:

2 Stck	Bestimmung des Wassergehalts nach DIN EN ISO 17892-1
2 Stck	Bestimmung der Kornverteilung nach DIN EN ISO 17892-4
1 Stck	Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN EN ISO 17892-12
1 Stck	Bestimmung des Glühverlusts nach DIN EN 17685-1

Zusätzlich steht

1 Stck	Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN EN ISO 17892-12
--------	--

aus [6] zur Verfügung.

Eine Übersicht der Versuchsergebnisse ist als Anlage II.1 beigelegt. Die vollständigen Versuchsprotokolle können der Anlage II.2 entnommen werden.

4.4 **Umwelttechnische Laboruntersuchungen (Altlasten)**

Die Bewertung der umwelttechnischen Wiedereinbaufähigkeit / Verwertbarkeit von geringer belastetem Boden- und Bauschuttmaterial *außerhalb* des eigenen Grundstücks und Deponien erfolgt nach der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) als Teil der Mantelverordnung (MantelV) 2021¹.

Für eine Umlagerung von natürlichen Böden *innerhalb* des Baufeldes oder eine bodenartige Anwendung außerhalb des eigenen Grundstücks ist eine Verträglichkeitsprüfung gemäß der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) erforderlich („Gefährdungsabschätzung“).

Organoleptische Auffälligkeiten wurden an den gewonnenen Bodenproben der Bodenschichten 1 und 2 *nicht* festgestellt. Aus [6] sind im Bereich des Interim erhöhte PAK-Gehalte im Bereich der Auffüllungen bekannt, sodass neben 3 Mischproben, die nach dem Parameterpaket der

¹ Anwendung verbindlich seit 08/2023.

Ersatzbaustoffverordnung untersucht wurden, bei 2 dieser Proben zusätzlich der Untersuchungsumfang gemäß Deponieverordnung ergänzt wurde.

Im Einzelnen wurden die folgenden Proben zur chemischen Analyse an ein externes chemisches Labor überstellt:

Tabelle 2 Zusammenstellung der Bodenproben zur chemischen Untersuchung (Altlasten)

MP Proben-Nr.	Bodenschicht	Teilproben	Untersuchungsumfang
22	1	109/2, 119.1/2, 119.1/3, 119.2/2, 119.3/1, 120.1/2, 120.2/2, 124.1/2, 124.2/2, 125.1/2, 125.2/2	EBV BM 0* DepV
23	1	109/3, 119.3/3, 120.1/3, 120.2/3, 125.1/3, 125.2/3	EBV BM 0* DepV
24	2	109/4, 120.1/4, 120.2/4, 124.1/3, 124.2/3	EBV BM 0*

Zudem wird in Nordrhein-Westfalen die Wiederverwendung von teerhaltigem Straßenaufbruch und Ausbauasphalt gemäß den RuVA-StB 01 (Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen im Straßenbau) bewertet. Hierfür wurde folgende Asphaltprobe zur chemischen Analyse an ein externes chemisches Labor überstellt:

Tabelle 3 Zusammenstellung der Asphaltproben zur chemischen Untersuchung

MP Proben-Nr.	Bodenschicht	Teilproben	Untersuchungsumfang
21	-	109/1, 120.1/1, 120.2/1, 124.1/1, 124.2/1, 125.1/1, 125.2/1	RuVA-StB 01

Die Ergebnis-Laborprotokolle sowie eine tabellarische Übersicht der Probenergebnisse sind als Anlage III beigelegt. Die praktische Bedeutung für die Weiterverwendung der Böden wird in Kapitel 5.6 erläutert.

5 BAUGRUNDBESCHREIBUNG

5.1 Geländeoberflächen

Die Geländeoberfläche ist im Bereich des bestehenden Schulhofs mit Asphalt und zugehörigen Bettungsschichten befestigt. Die Asphaltschicht wurde mit Stärken von 10 bis 15 cm angetroffen. Hierunter folgen als Bettungsschichten kiesige Sande und Kiese mit Fremdstoffanteilen als Asche, Bergematerial und Bauschutt. Z.T. waren schwach schluffige und schluffige Anteile vorhanden, so dass die Kornverteilung *nicht* die Anforderungen einer Frostschutzschicht erfüllt.

Außerhalb des asphaltierten Schulhofes stehen an der verunkrauteten Brachfläche unmittelbar die Auffüllungen der Schicht 1 (KRB 119) an.

Innerhalb der Asphaltfläche besteht eine Baumgruppe in einer unbefestigten Baumscheibe. Hier ist entsprechend oberflächlich mit organisch durchsetztem Boden, tiefreichend durchwurzeltem Boden und (standorttypisch) mit Boden-Bauschuttgemischen zu rechnen (Bodenaufbau mit Bohrungen nicht erfasst).

5.2 Bodenschichten

Die in der Tiefe erbohrten Böden können auf Basis der Erkundungsergebnisse, der allgemeinen Geologie und der in Bezug genommenen Planung für bautechnische Zwecke mit dem folgenden ingenieurmäßigen Schichtenmodell idealisiert werden:

Schicht 1: Auffüllungen

Unterhalb der als Bettungsschicht aufliegenden Böden (s.o.) stehen aufgefüllte Böden als umgelagerter Löss (KRB 109), umgelagerter Mergel (KRB 125), kiesiger Sand (KRB 119) sowie kiesiger, toniger Schluff (KRB 119) an. Als Fremdbestandteile wurden Bauschutt, Schlacke, Asche und Bergematerial enthalten.

Die bei KRB 119 obere, nichtbindige Auffüllung ergab im Laborversuch granulometrisch einen sandigen, schluffigen Kies. Aufgrund der auffälligen dunkelbraun-schwarzen Färbung wurde zusätzlich der Glühverlust bestimmt und ergab einen organischen Massenanteil von 5% (mittel bis stark organisch).

Anthropogene Ablagerungen haben eine oft kleinräumig stark wechselnde Zusammensetzung. Möglicherweise enthalten die Auffüllungen daher noch weitere mineralische und nichtmineralische Fremdbestandteile, die in den Bohrungen bisher nicht enthalten waren.

Die Schichtmächtigkeit variiert im Schulhofbereich zwischen 0 (KRB 124) und 1,9 m (DABO 114161). Im Bereich der Brachfläche (KRB 119) reichen die Auffüllungen bis 2,8 m u. GOK.

Die Konsistenz der bindigen Böden wurde im Feld als steif bis halbfest angesprochen. Die Rammsondierung erreichte hier i.M. Schlagzahlen von ca. $N_{10} = 2$ bis 4, was für die festgestellte Konsistenz etwas zu gering ist und auf eine nur mäßige Verdichtungsqualität hinweist.

Im Bereich der nichtbindigen Böden erreicht die Rammsondierungen Schlagzahlen ca. zwischen $N_{10} = 5$ bis 15, was eine lockere bis mitteldichte Lagerung erwarten lässt.

Im Bereich der Brachfläche (DPH 119) wurde i.M. mit $N_{10} = 8$ bis 15 eine knapp mitteldichte Lagerung angetroffen. Dabei musste die DPH 119 jedoch drei Mal versetzt werden, um überhaupt in den Boden eindringen zu können. Bei den ersten beiden Versuchen ging die Rammsonde auf den ersten 40 cm mit Schlagzahlen $N_{10} > 100$ fest und wurde abgebrochen. Entsprechende Befunde ergeben sich auch aus [6] für die DPH 26 und DPH 30. Es besteht also zumindest im Bereich der Brachfläche eine sehr stark verdichtete bzw. hydraulisch schwach gebundener oberer Schichthorizont und ein stark wechselhafte (und z.T. sehr hohe) Festigkeit.

Nur punktuelle Spitzenwerte der Rammsondierung (z.B. DPH 119) innerhalb der Auffüllung sind auf grobkörnige Einlagerungen zurückzuführen und stellen keine verbesserte Lagerungsdichte dar.

Schicht 2: Löss

Als oberste natürliche Bodenschicht folgen im Bereich des Schulhofes Restmächtigkeiten des Löss / Lösslehms, als schwach feinsandiger bis feinsandiger, schwach toniger Schluff. Die exemplarische Bestimmung der Kornverteilung im Laborversuch ergab einen Gesamt-Feinkorngehalt von rd. 80% bei rd. 10% Tonanteil.

Die Schichtmächtigkeit variiert zwischen ca. 0,80 und 2,40 m. Ihre Schichtunterkante wurde bei ca. 2,90 bis 3,60 m u. GOK erreicht, was einem Niveau von ca. 78 bis 78,5 m NHN entspricht. Nur bei der CPT 110 erfolgte der Übergang in den Mergel erst bei ca. 77,5 m NHN.

Außerhalb des Schulhofes (KRB 119) wurde die Schicht nicht mehr angetroffen und wurde offenbar im Zuge der zurückliegenden Grundstücksnutzung mit ähnlicher Unterseite durch die Auffüllungen der Schicht 1 ersetzt.

Die Konsistenz der Böden wurde im Feld überwiegend als steif angesprochen. Die exemplarische Feststellung der Konsistenz im Laborversuch an einer typischen Bodenprobe hat für einen Wassergehalt von $w_n = 24 \%$ eine halbfeste Konsistenz ergeben.

In der CPT 110 sowie in der KRB 17 zeigen sich in der unteren Schichthälfte auch nur weich-bis-steife Konsistenzen. Bei der KRB 17 geht der Befund mit schichtweiser Klopfnässe einher, so dass die geringe Konsistenz des Bohrgutes vermutlich erst durch die Rammbohrung entstanden ist. Bei der CPT wird kein Bodematerial gefördert, weshalb hier tatsächlich in-situ eine geringe Konsistenz

bei hohem Tongehalt ($R_f = 5,6$) zu erwarten ist. Die Sondierung CPT 110 liegt jedoch abseits des konkreten Baufensters.

Die Rammsondierungen erreichten ansonsten in der Schicht i.M. Schlagzahlen von ca. $N_{10} = 2$ bis 4, was für einen Löss typisch ist und eben einen geringen Verdichtungszustand anzeigt.

Schicht 3: Mergel

Unterhalb des Löss bzw. den Auffüllungen folgt der Verwitterungshorizont des Mergels. Dieser wurde überwiegend als bindiger Boden mit unterschiedlichen Ton- und Schluffanteilen angetroffen. Hierin eingeschaltet sind Schotterbänke bzw. verlehnte Kiese, die dann Schichtwasser führen können.

Die Schichtoberkante wird ab ca. 1,4 bis 3,0 m u. GOK erreicht, was einem Niveau von 80 bis 78 m NHN entspricht. Die Schichtunterkante wurde mit den Bohrtiefen nicht mehr erreicht.

Die Konsistenz der Böden wurde im Feld überwiegend als steif bis halbfest, teilweise auch fest (KRB 119) und nur in der KRB 109 als weich-bis-steif angesprochen. Die Rammsondierung bleibt hier unauffällig, so dass die geringe Konsistenz des Bohrgutes vermutlich erst durch das rammende Bohrverfahren und die Anwesenheit von Schichtenwasser entstanden ist.

Die Rammsondierungen erreichen an der Schichtoberseite häufig Schlagzahlen von ca. $N_{10} = 3$ bis 5, was plausibel zu Handansprache der Konsistenz ist. Ca. ab 2 bis 3 Meter unterhalb der Schichtoberkante nehmen die Rammwiderstände zu ($q_c = 5$ bis > 10 MPa, $N_{10} > 10$) und zeigen damit festere Konsistenzen bzw. kiesig-verlehnte Zwischenlagen an.

Im übrigen Baufeld (Schulneubauten) erfolgt in [5] eine Unterteilung in die Schichthorizonte 3a bis 3c für Tiefenhorizonte mit stark aufgeweichten oder verfestigten Mergelböden. Für das Interim und seinen Lasteintrag erfolgt hier zusammenfassend eine projektbezogene, vereinfachte Einteilung als "Schicht 3".

Unterhalb der erreichten Erkundungsendtiefe ist im Weiteren der Übergang in die festeren Schichten des Grünsandmergels zu erwarten, der sich im Baufeld als sehr mürber Sandstein bzw. sandiger Ton fester Konsistenz darstellt (Schicht 3c s. [5]).

5.3 Bodenmechanische Rechenwerte und bautechnische Klassifizierung

Zur Durchführung bodenmechanischer Berechnungen nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN 1054 können für die idealisierte Schichteneinteilung und die hier behandelte Bauaufgabe die nachfolgenden charakteristischen bodenmechanischen Kennwerte angesetzt werden. Diese stellen definitionsgemäß vorsichtig geschätzte Mittelwerte dar.

() Angaben in Klammern = mögliche, nicht dominante Zuordnung

Schicht 1: Auffüllungen

Bodenarten:		S, g / G, s (u'-u) / U, s, g'
		Fremdstoffe: Schlacke, Asche, Bauschutt, Bergematerial, org. Bestandteile
Wichte	γ / γ'	17 bis 21 / - kN/m ³
Scherfestigkeit	$\varphi_{\text{pers,k}} / c_k$	30° / 0 kN/m ²
Steifigkeit	E_s	8 bis 40 MN/m ² nach örtlichem Sondierbefund ansetzen, Mittelwertansatz nicht angemessen.
Wasserdurchlässigkeit	k_f	stark wechselnd
Bodengruppe	DIN 18196	SW, SU, ST, SU*, ST*, GW, GU, GU*, UL, TL, TM
Frostsicherheit	ZTVE-StB	F1, F2, F3
Bodengruppe	DWA	G1, G2, G3, G4
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A	V1, V2, V3

Schicht 2: Löss/Lösslehm

Bodenarten:		U, fs'-fs*, t'
Wichte	γ / γ'	18 bis 20 / 9 bis 10 kN/m ³
Scherfestigkeit	φ_k / c_k	27,5° / 5 kN/m ²
Steifigkeit	E_s	5 MN/m ² für CPT 110, < 78,6 mNHN
Wasserdurchlässigkeit	k_f	10 bis 14 MN/m ² < 10 ⁻⁶ m/s
Bodengruppe	DIN 18196	SU*, ST*, UL, TL, TM
Frostsicherheit	ZTVE-StB	F2, F3
Bodengruppe	DWA	G3, G4
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A	V2, V3

Schicht 3: Mergel, Verwitterungszone

Bodenarten:		T+U, s* / S, u-u*, t'-t / G, u*, s, t
Wichte	γ / γ'	19 bis 21 / 10 bis 11 kN/m ³
Scherfestigkeit	φ_k / c_k	25° / 10 bis 15 kN/m ²
Steifigkeit	E_s	10 bis 15 MN/m ²

Wasserdurchlässigkeit	k_f	$< 10^{-6}$ m/s Kluftgrundwasserleiter! Lokal stark erhöhte Wasserwegsamkeiten möglich
Bodengruppe	DIN 18196	SU*, ST*, GU, GU*, UL, TL, TM, TA
Frostsicherheit	ZTVE-StB	F2, F3
Bodengruppe	DWA	G3, G4
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A	V2, V3

5.4 Homogenbereiche

Die für die Ausschreibung der Tiefbauleistung mit Homogenbereichen nach VOB/C anzunehmenden Bodeneigenschaften (Leitparameter nach BAW-Merkblatt) sowie ein Konzept zur Gliederung in Homogenbereiche sind in der Anlage IV angegeben. Die Angaben gelten generell für den Zustand vor dem Lösen bzw. vor sonstigen störenden Eingriffen wie z.B. Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten.

Oberböden und Geländebefestigungen mit ihren Bettungsschichten werden *nicht* nach DIN 18300 als Homogenbereich eingeordnet. Sie müssen bei der Ausschreibung gesondert berücksichtigt werden. Für Landschaftsbauarbeiten sind Böden im Rahmen einer Ausschreibung zusätzlich nach DIN 18915 einzuteilen.

5.5 Bemessungs-Grundwasserstände

Grundwasser bzw. nasse Bodenhorizonte treten innerhalb der Schicht 2 als jahreszeitlich und niederschlagsabhängiger Stauwasserhorizont / Porengrundwasserleiter sowie innerhalb der Schicht 3 als Kluftgrundwasser in stärker sandig-kiesigen oder steinigen Zwischenlagen auf.

Für die Teilbaumaßnahme Interim werden die folgenden charakteristischen Wasserstände zur Berücksichtigung in der Planung empfohlen:

max-GW = 78,0 m NHN2016 (keine Überschreitung erwartet)

Bau-GW = 76,5 m NHN2016 (im Jahreszyklus selten überschritten)

Der höchste charakteristische Grundwasserstand (max-GW) ist für Standsicherheitsnachweise des Gebäudes im Endzustand sowie die Abdichtung zugrunde zu legen. Der höchste regelmäßige Grundwasserstand (Bau-GW) kann vorübergehenden Bauzuständen (z.B. Baugrube, Rohbau) als Bemessungswasserstand zugrunde gelegt werden, wenn durch Überwachungsmaßnahmen und / oder entsprechende konstruktive Sicherheiten (Überlaufkanten) ein höherer Grundwasserstand für

die Standsicherheit unkritisch bleibt und hieraus entstehende baubetriebliche Erschwernisse toleriert werden.

Darüber hinaus kann es niederschlagsabhängig in der Bodenschicht 2 zu vorübergehender Stau-/Schichtwasserbildung kommen, die für die Gebäudeabdichtung zu berücksichtigen sind. I.d.R. ist im Zeitraum Dezember bis Mai mit dem verstärkten Auftreten von Stauwasserbildungen zu rechnen, die auch nur lokal auftreten können.

Ergänzend zu den vorgenannten Grundwasserständen ist für die Gebäudeabdichtung grundsätzlich auch das Risiko eines oberflächigen Tagwasseraufstaus infolge Starkregenereignissen zu beachten, vgl. Kap. 3.4.

5.6 Umwelttechnische Einstufung der Ausbaumaterialien

Bewertung von Bodenmaterial nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV)

Die Ersatzbaustoffverordnung (EBV) unterteilt Böden und Ersatzbaustoffe / RC-Material anhand ihrer chemischen Inhaltsstoffe in die Klassen 0 bis 3 zunehmender Umweltrelevanz. Für natürliches Bodenmaterial (Materialklasse 'BM') wird zusätzlich nach dem Gehalt mineralischer Fremdbestandteile in die Klassen BM ($\leq 10\%$ Fremdbestandteile) und BM-F ($\leq 50\%$ Fremdbestandteile) unterschieden. Böden mit Fremdstoffanteilen $> 50\%$ sind nach EBV als RC-Ersatzbaustoff zu behandeln.

Die chemischen Materialwerte für Böden und Ersatzbaustoffe (RC, Ziegel, Gleisschotter, etc.) sind in der EBV, Anlage 1, Tabellen 1 bis 3 geregelt. Die umwelttechnisch zulässigen Verwertungsmöglichkeiten für das Material ergeben sich dann

- für die Materialklasse BM 0 als *bodenartige Anwendung* nach Maßgabe der Bundesbodenschutzverordnung (frei verwertbar bzw. weitergehende Untersuchungsparameter je nach Nutzungsart erforderlich)
- für die Materialklassen BM 1 bis 3, RC und BM-F nach den in der EBV, Anlage 2 definierten zulässigen Einbaubedingungen in *technische Bauwerke*
- bei Überschreitung der Grenzwerte für die Materialklasse RC3, BM/BM-F3 nach der Deponieverordnung DepV

Der Einbau von Ersatzbaustoffen nach EBV in Wasser- oder Heilquellenschutzgebiete oder der Einbau der Klassen BM3/F3, BG3/F3 und RC3 ab 250 m³ Einbauvolumen sind mit einem Vorlauf von mind. 4 Wochen der Umweltbehörde anzuzeigen.

Die detaillierte Zuordnung der Analysenergebnisse zu den Grenzwerten der Materialklassen gem. EBV und DepV sind in der Anlage III.1 und Anlage III.2 tabellarisch zusammengestellt. Zusammenfassend ergibt sich die Einstufung der untersuchten Bodenproben gemäß nachfolgender Tabelle:

Tabelle 4 Ergebnisse der chemischen Bodenuntersuchungen und Klassenzuordnung nach EBV (2021) und DepV

MP Proben-Nr.	Bodenschicht	Zuordnung nach EBV / DepV	Zuordnungskriterium	Entsorgung / Verwertung nach
22	1	über BM-F3 BG-F3 / über DK III	TOC, PAK / PAK	DepV
23	1	über BM-F3 BG-F3 / DK II	PAK / Glühverlust, TOC	DepV
24	2	BM-0 BG-0	-	EBV, Anlage 2 / Tab. 5

Zuordnungen aufgrund eines erhöhten TOC Gehalts können ggf. nach einer Nachanalyse des abbaubaren und elementaren Kohlenstoffanteils (ROC) herabgestuft werden.

Die hier getroffene Zuordnung hat nur einen orientierenden Charakter zur Erstellung von Kosten- und Verwertungsplänen. Im Rahmen des Bodenaushubs sind i.d.R. aktuelle Analysen (jünger als 6 Monate) und eine an der Entsorgungskubatur orientierte Analysenanzahl bei der Entsorgungsstelle vorzulegen. Diese Abfuhranalytik kann baubegleitend oder (in Abstimmung mit dem Umweltamt) vorab in einer rasterförmigen Bodenbeprobung erfolgen.

Die in der EBV, Anlage 2, getroffenen Vorgaben zur zulässigen Verwertung mineralischer Reststoffe in technischen Bauwerken betrachten die Einbaumöglichkeit nur aus umwelttechnischer Sicht und implizieren keine bautechnische / bodenmechanische Eignung.

Für eine Verwertung von Böden der Materialklasse BM-0 / 0* in *bodenartigen Anwendungsfällen* sind nach Maßgabe der Bundesbodenschutzverordnung weitergehende chemische Parameter zu untersuchen und bzgl. den Wirkungspfaden zu bewerten („Gefährdungsabschätzung“).

Bewertung von teerhaltigem Straßenaufbruch und Ausbauasphalt nach RuVA-StB 01

Unter Ausbauasphalt wird gem. RuVA-StB 01 ausgebauter bituminös gebundener Straßenaufbruch verstanden, der nicht oder maximal mit 25 mg/kg PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) und 0,1 mg/l Phenolindex im Eluat belastet ist (Verwertungsklasse A).

Straßenausbaustoffe mit teer-/pechtypischen Bestandteilen werden wie folgt unterteilt:

- Verwertungsklasse B: > 25 mg/kg PAK nach EPA; ≤ 0,1 mg/l Phenolindex
- Verwertungsklasse C: > 0,1 mg/l Phenolindex; PAK nach EPA ist anzugeben

Das für Straßenausbaustoffe maßgebliche Kriterium für die Gefährlichkeitseinstufung ist das Gefährlichkeitsmerkmal HP 7 (karzinogen), das durch den Summenparameter PAK wie folgt spezifiziert wird:

- > 1000 mg/kg PAK (Summe PAK16 nach EPA) und/oder
- > 50 mg/kg Benzo(a)pyren (Einzelparameter)

Sollten Überschreitungen der o. g. Grenzwerte festgestellt werden, ist die Abfallschlüsselnummer 170301* (kohlenteerhaltige Bitumengemische) zu verwenden. Liegt keine Überschreitung der o. g. Parameter vor, sind die Straßenausbaustoffe als nicht gefährlich mit der Abfallschlüsselnummer 170302 einzustufen.

Die detaillierte Zuordnung der Analysenergebnisse zu den Grenzwerten der Materialklassen gem. RuVA-StB 01 sind in der 0 tabellarisch zusammengestellt. Zusammenfassend ergibt sich die Einstufung der untersuchten Bodenproben gemäß nachfolgender Tabelle:

Tabelle 5 Ergebnisse der chemischen Untersuchung von teerhaltigem Straßenaufbruch und Ausbaupasphalt nach RuVA-StB 01

MP Proben-Nr.	Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01	Zuordnungskriterium
21	B	PAK (540 mg/kg)

6 GRÜNDUNGSEMPFEHLUNGEN

6.1 Allgemeine Bedeutung der Gelände- und Baugrundsituation für das Bauvorhaben

Der geplante nichtunterkellerte Neubau wird mit seinem konstruktiv geplanten Gründungspolster im Bereich der Schichten 1 und 2 liegen. Durch das geplante Überbauen ohne Unterkellerung, entfällt eine (günstig wirkende) Aushubentlastung.

Die Schicht 1 (Auffüllungen) weist wechselhafte, mäßige bis gute Gründungseigenschaften auf. Durch die unterschiedlichen Bodenfestigkeiten und unterschiedlichen Schichtdicken sind Setzungsunterschiede auch bei gleichmäßiger Belastung zu erwarten.

Die Schichten 2 und Schicht 3 bieten nur geringe bis mäßige Steifigkeiten und erzeugen unter hohen Punktlasten größere Setzungsmaße.

Die Setzungen in der Schichten 2 und 3 laufen dem Zeitpunkt der Lastaufbringung zeitlich hinterher und werde erst nach ein paar Monaten vollständig abgeschlossen sein.

Die Bodenschicht 2 kann an ihrer Basis im Jahreszyklus zeitweise Stauwasser führen und weicht dann bei Erdbauarbeiten mit der Aushubentlastung schnell auf.

Der höchste anzunehmende längerfristige Grundwasserstand steht erst in größerer Tiefe unter dem Gebäude an und ist für die Bauausführung nicht relevant.

6.2 Gründung der Gebäudelasten

Die Gründungssohle wird wechselhaft in der Schicht 1 (z.B. KRB 19) oder in der Schicht 2 (z.B. KRB 124) liegen. Diese erzeugen relevante Setzungen und Setzungsunterschiede auch bei gleichmäßigen Gebäudelasten.

Aus dem mittleren Flächengewicht sind in der Baugrundsituation bei *ideal gleichmäßiger Lastverteilung* insgesamt flächenhafte Setzungsmaße von rd. 5 bis 18 mm zu erwarten. Punktuelle Lastkonzentrationen erzeugen jedoch deutlich größere als die vorgenannten Setzungsmaße.

Die Flachgründung des Bauwerks setzt daher voraus, dass zur Verbesserung der Lastverteilung und Vergleichmäßigung der Setzungsmaße ein verdichtet eingebauter Bodenaustausch (Gründungspolster) hergestellt wird. Hierauf sollte die Lasteinleitung bevorzugt als biegesteife Bodenplatte erfolgen. Die vorliegende Planung [1] wird daher aus bodengutachterlicher Sicht als Vorzugslösung bestätigt.

Für eine Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten müssen ansonsten zur Begrenzung der Setzungsunterschiede einzelne Gründungspolster unterschiedlicher Mächtigkeit hergestellt werden. Trotzdem wird es dann zu erhöhten Setzungsdifferenzen gegenüber einer Flächengründung kommen. Zudem sehen wir damit einhergehenden kleinteiligen Erdarbeiten in den wasserempfindlichen Böden als nachteilig an, weshalb wir von einer Gründung auf Punktfundamenten eher abraten.

Die Aushubsohle in der Schicht 1 und 2 ist *bei trockener Witterung* rückschreitend mit der glatten Baggerschneide freizulegen und darf nicht befahren werden. Das Aushubplanum ist hiernach dynamisch mit handgeführten Geräten konstruktiv nachzuverdichten. Hierauf kann dann der Aufbau des Gründungspolsters erfolgen.

Gründungspolster sind gemäß den Empfehlungen in Kap. 7.1 herzustellen und sollten durch geeignete Wahl der Schüttstoffe eine Eigensteifigkeit von $E_s \geq 40 \text{ MPa}$ erreichen, wobei grundsätzlich eine Verdichtung von $D_{Pr} \geq 98\%$ nachzuweisen ist. Bei Einbau geringer-steifer Erdstoffe sind die vorgenannten Angaben zur Polsterstärke neu zu bewerten.

Die Frostsicherheit der Gründung / Bodenplatte ist für eine Frosteindringtiefe von 80 cm auszulegen. Bodenplatten unter frostfreien Gebäudeteilen werden hierzu i.d.R. mit einer entsprechend tiefreichenden, umlaufenden Frostschräge gesichert. Für Plattenbereiche, deren Oberseite den Außentemperaturen frei ausgesetzt sind, ist eine frostsichere Gründung auf ganzer Grundfläche durch einen frostsicheren Unterbau (Frostschutzmaterial) herzustellen.

6.3 Bemessung von Bodenplatten (Flächengründung)

Für die Bemessung des Stahlbetonquerschnitts der tragenden Bodenplatte kann vereinfachend das Bettungsmodulverfahren angewendet werden.

Erfahrungsgemäß kann der mittlere Bettungsmodul mit der Vorbereitung der Gründungssohle entsprechend Kapitel 6.2 für die Lastgröße, Lastfläche und Baugrundsituation in einer Größenordnung von

$$k_s = 3 \text{ MN/m}^3$$

angesetzt werden.

Für eine genauere Verteilung der Setzungsmaße / Bettungsziffern unter einer Flächengründung muss eine konkrete Setzungsberechnung auf Basis einer ersten Sohlspannungsverteilung durchgeführt werden. Hiermit könnten dann bereichsweise abgestufte Bettungsmodule zur Optimierung der Plattenbewehrung und eine genauere Setzungsverteilung ermittelt werden.

Ohne detaillierte Setzungsberechnung kann überschlägig zunächst unter hohen Punktlasten sowie unter Linienlasten am Plattenrand auf einer Grundrissfläche entsprechend dem Durchstanzkörper ("Durchstanzkegel") der Stahlbetonbemessung der o.g. Bettungsmodul verdoppelt angesetzt werden.

Bei Einbau einer Wärmedämmung unterhalb der Bodenplatte werden ggfs. abweichende Bettungsmodul maßgebend. Dieses ist im Einzelfall und nach Festliegen des Dämmproduktes zu überprüfen.

Die mittleren flächigen Setzungsmaße der Bodenplatte werden ca. zwischen 10 mm bis 20 mm liegen. Diese absoluten Größen sind i.d.R. für Stahlbetonbauwerke verträglich (vgl. DIN EN 1997-1/Anhang H). Die genauen Setzungsmaße und Setzungsunterschiede für das hier geplante Gebäude ergeben sich endgültig erst aus der berechneten Verformung der Bettungsmodulberechnung und sind in diesem Zusammenhang abschließend nochmals durch den Tragwerksplaner zu bewerten.

6.4 Gebäudeabdichtung gegen den Baugrund

Für die vorausgesetzte Höhenlage des Gebäudes (vgl. Kap. 2) entsteht *keine* Beanspruchung durch einen dauerhaften Grundwasserstand (unterste Abdichtungsebene $\geq$ max-GW + 50 cm).

Für Bodenplatten / Abdichtungsebenen in Höhe der GOK auf einer kapillarbrechenden Schicht (DIN 4095, $d \geq 20$ cm) ist im Allgemeinen eine Abdichtung nach DIN 18533-1 Fall W1.E (vormals DIN 18195/4) bzw. die Beanspruchungsklasse 2 (Stahlbeton) vorzusehen.

Sofern die auf der Bodenplatte aufstehenden Fertigteil-Raummodule eine eigene Sohlen-Abdichtung haben, bestehen die vorgenannten, allgemeinen Anforderungen aus den Regelwerken zur Gebäudeabdichtung für die Gründungsplatte vermutlich nicht. Es ist jedoch zu beachten, dass ggf. freiliegende Plattenbereiche bei Starkregen aufstehende Stauwasserflächen ausbilden können bzw. in Setzungsmulden der Aufstellebene / Gründungsplatte ein Tagwasserstau (Pfützenbildung) entstehen kann.

Für den projektierten Aufbau des Gründungspolsters (Abbildung 1) mit einem Unterbeton wird empfohlen, planmäßig eine Stauwasser-Entlastung des Gründungspolsters durch Sickeröffnungen vorzusehen sowie einem Tagwassereintrag in die Polsterschicht aktiv entgegenzuwirken (bindige Verfüllung der Arbeitsräume, keine Versickerung von Tagwasser innerhalb der Aufstellebene). Eine Aufsättigung von Stauwasser innerhalb des Gründungspolsters ist dauerhaft zu vermeiden.

6.5 Versickerungsanlagen

Gemäß Arbeitsblatt DWA – A 138 sollten Böden für die Anwendung des einfachen Bemessungsverfahrens eine Wasserdurchlässigkeit zwischen $k_f = 1e-3$ und $1e-6$ m/s aufweisen. Zudem darf die Versickerung nur in organoleptisch unbelasteten Böden erfolgen.

Die vorgenannten Rahmenbedingungen sind im gesamten Baufeld des Schulneubaus in der einen oder anderen Art nicht erfüllt. Eine Planungs- oder Genehmigungsfähigkeit einer Versickerungsanlage sehen wir daher im Rahmen der technischen Regelwerke nicht gegeben.

7 HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG

7.1 Erdbau, Herrichten der Gründungsebenen

Die Böden der Schicht 2 und 3 sind stark witterungs-, bewegungs- und frostempfindlich. Aushubarbeiten bei Niederschlägen führen dann zu einer schnellen Konsistenzverschlechterung der Böden (breiig-weich), die eine bautechnische Wiederverwendung ausschließen kann. Es wird empfohlen, die Erdarbeiten bei starken Niederschlägen zu unterbrechen und Aushubflächen stauwasserfrei zu halten. Bei länger anhaltenden Niederschlägen kann ein Befahren oder Bearbeiten des Bodens auch gänzlich unmöglich werden.

Aushubmassen sind bei einer Zwischenlagerung auf der Baustelle geordnet aufzuhalten und vor der Witterung durch Planieren der Oberfläche mit geeigneten Gefällen zu schützen. Einmal aufgeweichte Böden können nicht mehr verdichtet eingebaut werden, bzw. können dann nur noch nach einer Konditionierung mit Kalk oder Zement verwertbar sein.

Oberhalb der Endaushubsohle ist zunächst eine Schutzschicht von ca. 30 bis 50 cm zu belassen und diese erst unmittelbar vor Herstellung des Unterbetons / abzuziehen. Der Einbau des Bodenaustauschs / Gründungspolsters kann bei geringem Niederschlag noch kleinflächig abschnittsweise erfolgen. Ansonsten sind die Erdbauarbeiten Niederschlägen einzustellen und eine Schutzschicht zu belassen. Ein Offenstehen des Erdplanums über Nacht oder arbeitsfreie Zeiten (Wochenende, Feiertag) ist zu vermeiden.

Eine Auflockerung des Endaushubplanums ist durch rückschreitendes Arbeiten mit der glatten Baggerschneide bestmöglich zu vermeiden. Eine dennoch erforderliche Rückverdichtung kann nur bei trockener Witterung und höchstens erdfeuchten Böden mit kleinen handgeführten Geräten erfolgen.

Bei Durchführung der Baumaßnahme im Winter ist durch die Schutzschicht auch das Auffrieren der Gründungssohle zu verhindern.

Ein Endaushubplanum in der Schicht 2 und 3 kann mit einer weichen Konsistenz anstehen. Für den Aufbau des Gründungspolsters wird dann zunächst das Eindrücken von Grobschlag oder die Verfestigung des Planums mit Mischbinder erforderlich.

Nach Freilegen des Endaushubplanums (Erdplanum) und vor dem Überbauen mit dem Unterbeton / Gründungspolster ist die Übereinstimmung der flächigen Baugrundverhältnisse mit den aus der Baugrunderkundung vorausgesetzten Eigenschaften zu überprüfen („Sohlabnahme“ s. DIN EN 1997-1/4.3, DIN EN 1997-2/2.5(2)).

Materialien für einen Bodenaustausch (Boden-/Gründungspolster) bzw. Tragschichten sollten aus frostsicheren und raumbeständigen Materialgemischen, z.B. gebrochenem Hartgestein oder Recyclingmaterial, der Körnungslinie 0/45 oder 0/56 (abschlammbare Bestandteile < 5%, Bodengruppen SW, GW) bestehen. Sofern keine Anforderungen an die Frostsicherheit des Materials bestehen, können auch Böden der Bodengruppe SU und GU verwendet werden.

Im Bereich von Grundleitungen wird dann ein nochmaliger nachträglicher Austausch gegen Bettungssand zur Einhaltung des zulässigen Größtkorns zum Schutz der Rohrleitungen erforderlich.

Das Gründungspolster unter der tragenden Bodenplatten ist mit einem konstruktiven seitlichen Überstand von ca. 30 cm herzustellen und zur Berücksichtigung der Lastausbreitung in die Tiefe mit ca. 1:1 zu verbreitern.

Die Verdichtung aller Schüttstoffe sollte bei ihrem optimalen Wassergehalt erfolgen und muss in allen Schüttlagen eine mindestens mitteldichte Lagerung ($D_{Pr} \geq 98 \%$, bzw. entsprechende E_{V2} -Werte nach Tab. 10, ZTVE-StB 17), erreichen.

Für die Verwendung von Böden- oder RC-Baustoffen (Materialklassen BM, RC) in technischen Bauwerken (hier: Gründungspolster, Bodenaustausch) sind die zulässigen Materialklassen nach EBV Anlage 2 zu beachten. Der Einbau außerhalb von Wasser- oder Heilquellenschutzgebieten (vgl. Kap. 3.3) darf dann ohne weitere behördliche Genehmigung erfolgen. Nur der Einbau von Baustoffen der Klasse BM-3/BM-F3 und RC-3 ist ab einem Gesamt-Einbauvolumen > 250 m³ der Umweltbehörde mit einem Vorlauf von mind. 4 Wochen anzuzeigen (EBV §22(1)).

Die Aushubböden der Schicht 1 aus dem Bereich des Schulhofs sind aus umwelttechnischer Sicht für einen Wiedereinbau *nicht* geeignet. Das im Bereich der ehem. VHS verfüllte RC-Material ([5] Bodenschicht 4) ist aus bodenmechanischer und umwelttechnischer Sicht für den Einbau als Gründungspolster voraussichtlich (Zwischenstand der Laborergebnisse zu [5], Feinkornanteil nach Mischproben in [6] < 5%) geeignet.

Die Verdichtung aller Schüttstoffe muss in allen Schüttlagen eine mindestens mitteldichte Lagerung ($D_{Pr} \geq 98 \%$, bzw. entsprechende E_{V2} -Werte nach Tab. 10, ZTVE-StB 17), erreichen. Die Schütthöhe ist der Einwirkungstiefe des eingesetzten Verdichtungsgerätes anzupassen; sie sollte jedoch nicht größer als 0,40 m sein. Der Verdichtungserfolg ist mit Feldversuchen (z.B. Plattendruckversuchen, Densitometerversuchen) zu überprüfen.

Es wird die Durchführung einer Eigen- und Fremdüberwachung empfohlen. Erstere ist i.S. der VOB/C eine Zusatzleistung und explizit zu beauftragen. Eine gutachterliche Begleitung und Abnahme der Verdichtungsarbeiten werden empfohlen.

Bei Antreffen alter Bauwerksstrukturen in der Gründungssohle sind diese zu entfernen oder tief liegend abzutrennen. Es wird empfohlen, die Entfernung bzw. Abtrenntiefe mit dem zuständigen Statiker und geotechnischen Fachplaner abzustimmen. Für die Auffüllung dieser Ausbau- bzw. Abtrennbereiche ist verdichtungsfähiges, frostsicheres Material entsprechend einem Gründungspolster zu verwenden. Das Vorhandensein damit einhergehender unverdichteter Arbeitsräume ist vor Ort zu prüfen und Auffüllungen im Zweifelsfall auszuräumen.

Beim Antreffen von Leitungen ist zu prüfen, ob diese überbaut oder verfüllt bzw. verpresst werden können. Verbleibende Altfundamente bzw. Leitungen sollten i.d.R. mit einer mindestens 0,5 m mächtigen Tragschicht überbaut werden, um eine „Schneidenlagerung“ des neuen Bauwerks zu vermeiden.

7.2 Baugrubensicherung

Ungestützte senkrechte Abgrabungen als betretbare Arbeitsräume dürfen aus Arbeitsschutzgründen nach DIN 4124 nur neben unbelasteten Flächen und bis 1,25 m u. GOK erfolgen.

Temporäre Böschungen bis 5 m Höhe ohne Grundwassereinfluss können abseits von Gebäudeeinflüssen nach den Maßgaben der DIN 4124 ohne statischen Nachweis hergestellt werden. Für die hier anstehenden Böden können dabei die folgenden Böschungswinkel realisiert werden:

Schicht 1	$\beta \leq 45^\circ$
Schicht 2 und 3	$\beta \leq 60^\circ$

7.3 Wasserhaltung

Die erwarteten Aushubtiefen (s. Kap. 2) liegen oberhalb des höchsten Grundwasserstandes max-GW (s. Kap. 5.5).

In den Böden der Schicht 1 und 2 ist auch oberhalb von max-GW niederschlagsabhängig mit dem Zulauf von Schichtenwasser bzw. Staunässe nach Niederschlägen auf Zwischenaushubebenen zu rechnen. Eine geordnete Tagwasserhaltung ist einzurichten und zu betreiben.

7.4 Kampfmittel

Zur Kampfmittelgefährdung auf dem Grundstück liegt eine Stellungnahme des Ordnungsamtes vor, die diesem Bericht als Anlage V.1 beiliegt.

8 WEITERES VORGEHEN, ABSCHLIEßENDE HINWEISE

8.1 Geotechnische Kategorie

Nach DIN 1054 ist die Bauplanung einer Geotechnischen Kategorie ("GK") zuzuordnen, die den Schwierigkeitsgrad der Bauwerk-Boden-Interaktion in die Stufen 1 (gering) bis 3 (schwierig) einteilt. Aus der Zuordnung ergeben sich weitergehende Planungs- und Überwachungsanforderungen gemäß DIN 1054/2.8 und /4. Die hier in Bezug genommene Planung ist nach DIN 1054/Anhang AA.1 wie folgt einzuordnen:

Tabelle 6: Zuordnung der Bauaufgabe zur Geotechnischen Kategorie (GK) nach DIN 1054

Bauteil	GK	Merkmal
Bodenplatte, Flächengründung	2	Üblicher Geschossbau > 2 Etagen
Baugrube	1	Aushubtiefe < 2 m abseits von Gebäudelasten Regelböschungen nach DIN 4124 oberhalb des Grundwassers Grundwasserdruckhöhe unterhalb der Aushubsohle

8.2 Abschließende Hinweise

Baugrundbeschreibungen basieren zwangsläufig auf punktförmigen Aufschlüssen (Stichtags-Stichproben), Interpolationen und Mittelwertbildungen, sodass Abweichungen von den beschriebenen Verhältnissen nicht ausgeschlossen sind. In diesem Fall behält [REDACTED] eine Anpassung der Empfehlungen und Bemessungswerte vor.

Die gewonnenen Bodenproben werden routinemäßig für 3 Monate eingelagert und hiernach ohne weitere Rücksprache entsorgt.

Projekt Frida Levy Gesamtschule, Essen
AG Stadt Essen Immobilienwirtschaft

Projekt-Nr 240490

Geotechnischer Bericht Bauteil Interim, 24.07.2025

Sämtliche im Bericht genannten Höhen und Höhenbezüge sind im Zuge der Baumaßnahme in der Örtlichkeit zu prüfen. Bei Unstimmigkeiten mit dem vorliegenden Bericht [REDACTED] um unverzügliche Benachrichtigung.

Der Bericht gilt für das benannte Objekt im Zusammenhang mit den Projektdaten. Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse und Empfehlungen auf andere Planungen ist ohne Zustimmung [REDACTED] nicht zulässig. [REDACTED] übernimmt keine Haftung gegenüber Dritten, die Kenntnisse aus diesem Bericht für eigene Zwecke weiterverwenden.

[REDACTED]

[REDACTED]