ERDBAULABOR SCHEMM GmbH
INGENIEURBÜRO

Baugrundbeurteilungen – Gründungsberatungen/Gutachten, Erdstatische Berechnungen, Beweissicherungen Kontrollprüfungen für den Erd–, Grund- und Straßenbau, Bohrungen, Sondierungen, Rammkernsondierungen

Baugrunduntersuchung, Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

2. Fassung

Bauvorhaben:	Neubau Zukunftswerkstatt (ZWKG) Handwerk – Bildung – Zukunft am Campus Campus Handwerk 33613 Bielefeld
Bauherr:	Kreishandwerkerschaft Gütersloh-Bielefeld
Bearbeitungs-Nr.:	**12.219**
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Marjeh
Verteiler:	pmd Gesellschaft für Projektmanagement mbH Liesegangstr. 17a 40211 Düsseldorf

Borgholzhausen, den 06.07.2023

Zeichen: 12219 Neubau Zukunftswerkstatt (ZWKG) am Campus Campus Handwerk in 33613 Bielefeld 2. Fassung

Inhalt

1 Vorgang und Bauvorhaben 4
2 Unterlagen 6
3 Art, Umfang und Zeitpunkt der Untersuchungen 7
4 Baugrundaufbau 13
5 Ergebnisse der Rammsondierungen 15
6 Grundwasser 16
7 Bezeichnung der Böden und bodenmechanische Kennwerte 17
8 Homogenbereiche 23
8.1 Homogenbereich nach DIN 18320:2016-09 (Oberboden) 23
8.2 Homogenbereiche nach DIN 18300 (Erdarbeiten) 24
9 Folgerungen für die Gründung 28
9.1 Allgemeines 28
9.2 Baugrundbeurteilung 29
9.3 Gründung der Gebäude 2, 3 und des Baulagers 30
9.4 Gründung des Parkdecks 32
10 Bauwerksabdichtung und Dränagen 33
11 Baugrube und Wasserhaltung 34
12 Befestigung der Verkehrsflächen 35
13 Versickerung 37
14 Orientierende abfalltechnische Untersuchungen 37
14.1 Bewertung nach der LAGA M20 2004, TR Boden 38
14.2 Bewertung nach der Deponieverordnung (DepV) 2020 40
15 Zusammenfassung, Weiteres 41

Anlagen

1.0 – 1.1	Körnungslinien	
2.	Lageplan	M. 1: 1000
3.0 – 3.3	Profilschnitte und Widerstandsdiagramme	M. 1: 50 / 75

Anhang

Probenahmeprotokolle nach der LAGA PN 98

Analyseergebnisse der Wessling GmbH, Altenberge

1 Vorgang und Bauvorhaben

Auf dem Gelände des Handwerksbildungszentrums, Campus Handwerk 1 in 33613 Bielefeld ist eine Erweiterung des Bildungszentrums durch Neubauten geplant. Laut jetzigem Planungsstand (Juni 2023) werden im Zuge der Baumaßnahme die vier folgenden Gebäude errichtet:

- Baulager, nicht unterkellert, 1-geschossig mit den max. Grundrissabmessungen ca. 13,27 m x 32,22 m.
- Gebäude 2 - Bau/Verwaltung, unterkellert/einbindend, 4- und 5-geschossig mit den max. Grundrissabmessungen ca. 35,14 m x 75,14 m.
- Gebäude 3 - KFZ, unterkellert/einbindend, 2-geschossig mit den max. Grundrissabmessungen ca. 29,79 m x 58,79 m.
- Parkdeck, nicht unterkellert, 2-geschossig mit den max. Grundrissabmessungen ca. 22,25 m x 22,78 m.

Aufgrund der Geländehöhenunterschiede bindet das Gebäude 2 im Süden in den Untergrund ein und im Norden ist der Keller nahezu ebenerdig. Das Gebäude 3 bindet ebenfalls im Westen in den Untergrund ein, im Osten ist der Keller nahezu ebenerdig.

Die genaue Anordnung der Neubauten kann der Anlage 3 entnommen werden.

Des Weiteren ist eine Errichtung von Verkehrsflächen und Pkw-Stellplätzen vorgesehen. Zur Überbrückung der vorhandenen Höhenunterschiede von bis zu 5,5 m sind drei Pkw-Rampen und mehrere Treppenanlangen sowie Stützwände geplant.

Das Gelände im Grundrissbereich der Neubauten liegt derzeit zwischen ~105,17 und 113,01 m NN (Mittel = $\overline{x}$ = ca. 109,50 m) und fällt von Süden nach Norden ab. Das Baunull von Gebäude 2 ist bei 111,38 m NN geplant. Für das Gebäude 3 ist ein Baunull von 111,00 m NN verzeichnet.

Folgende Oberkanten der Ebenen 0 und die Unterkanten der Kellersohlen bzw. Gründungsebenen mit Höhenkoten haben wir an die Schichtenprofile in den Anlagen 3.0 – 3.3 angetragen:

Tabelle 1: Oberkanten der Ebenen 0 und Gründungsebenen

Bezeichnung	Höhe [m NN]
Gebäude 2, Bau/Verwaltung OKFFB EG, Ebene 0 (=Baunull)	111,38
Gebäude 2, Bau/Verwaltung UK Kellersohle	104,62
Baulager UK Sohle	104,82
Gebäude 3, KFZ OKFFB EG, Ebene 0	111,00
Gebäude 3, KFZ UK Kellersohle	104,42
Parkdeck OKFF Ebene 0	~111,00
Parkdeck UK Sohle Ebene -1	105,12
OK Verkehrsflächen	111,00
OK Verkehrsflächen östlicher und nördlicher Bereich	~105,50 / ~105,32
OK Verkehrsflächen westlich der Gebäude 2 und 3	~111,38

Wir bitten um Benachrichtigung, wenn es bei der weiteren Planung gravierende Änderungen geben sollte.

Unser Büro wurde beauftragt, den Baugrund zu untersuchen und ein Gründungsgutachten auszuarbeiten. Weiterhin soll die Möglichkeit einer Regenwasserversickerung beurteilt werden.

Zudem sollten 8 Mischproben zusammengestellt, nach der LAGA M20 2004, TR-Boden sowie gemäß der Deponieverordnung (DepV) 2020 untersucht und eingestuft werden.

2 Unterlagen

Zur Bearbeitung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

U/1	Auftrag vom 02.08.2022	
U/2	Höhenplan	M.1: 1000
U/3	Übersichtsplan, Stand 20.06.2023	M.1: 500
U/4	Gebäude 2 - Bau/Verwaltung, 4 Grundrisse der Ebenen -1, 0, +1 und +2, Stand 20.06.2023	M. 1: 100
U/5	Gebäude 2 - Bau/Verwaltung, Dachaufsicht, Stand 20.06.2023	M. 1: 100
U/6	Gebäude 2 - Bau/Verwaltung, Dach Technikzentrale, Stand 20.06.2023	M. 1: 100
U/7	Gebäude 2 - Bau/Verwaltung, Schnitt A-A, Stand 20.06.2023	M. 1: 100
U/8	Gebäude 2 - Bau/Verwaltung, Schnitt B-B, Stand 20.06.2023	M. 1: 100
U/9	Baulager Grundriss Ebene -1 und Draufsicht Ebene 0, Stand 20.06.2023	M. 1: 100
U/10	Gebäude 3 – KFZ, Grundrisse Ebenen -1 und 0, Stand 20.06.2023	M. 1: 100
U/11	Gebäude 3 – KFZ, Dachaufsicht, Stand 20.06.2023	M. 1: 100
U/12	Gebäude 3 – KFZ, Schnitt A-A, Stand 20.06.2023	M. 1: 100
U/13	Gebäude 3 – KFZ, Schnitt B-B, Stand 20.06.2023	M. 1: 100
U/14	Parkdeck, 2 Grundrisse der Ebenen -1 und sowie Schnitt C-C, Stand 20.06.2023	M. 1: 100
U/15	Gesamtansichten NW und SO, Stand 20.06.2023	M. 1: 100
U/16	Gesamtansichten NO und SW, Stand 20.06.2023	M. 1: 100
U/17	Kampfmittelprüfung	

3 Art, Umfang und Zeitpunkt der Untersuchungen

Zur Erkundung des Baugrundes wurden vom 15. bis zum 23.08.2022 insgesamt 26 Kleinrammbohrungen (RKB 1 bis 21 und 23 bis 27) gemäß DIN EN ISO 22475-1 abgeteuft. Die Kleinrammbohrungen RKB 1 bis 4 wurden im Grundrissbereich des neuen Baulagers angeordnet und reichen zwischen 4,5 und 6,0 m Tiefe. Aufgrund der hohen Bohrwiderstände (‘‘Stand‘‘) konnten die vorgesehene Erkundungstiefe von 7,0 m nicht erreicht werden. Die RKB im Grundrissbereich des Gebäudes 2 (RKB 5 bis 12) wurden bis in Tiefen zwischen 0,4 m und 8,5 m bzw. bis zur Geräteauslastung (‘‘Stand‘‘) abgeteuft. Im Grundrissbereich des Gebäudes 3 (RKB 13 bis 20) konnte bis in Tiefen zwischen 0,2 m und 8,5 m bzw. bis zur Geräteauslastung (‘‘Stand‘‘) sondiert werden. Im Bereich der Außenflächen (RKB 21, 23 bis 27) wurden Tiefen zwischen 3,0 m und 8,0 m erreicht.

Zur Abschätzung der Tragfähigkeiten bzw. der Lagerungsdichten des Untergrundes wurde neben den Kleinrammbohrungen jeweils eine Rammsondierung (DPM 1 bis 21 und 23 bis 27) mit der mittelschweren Rammsonde DPM-10 gemäß TP BF-StB, Teil B 15.1, bis zum ‘‘Stand‘‘ niedergebracht. Die jeweiligen Erkundungstiefen können den Anlagen 3.0 – 3.3 entnommen werden.

Der Anlage 2 sind die Ansatzpunkte der Aufschlüsse zu entnehmen. Die Sondierprofile mit den Rammdiagrammen sind in den Anlagen 3.0 – 3.3 gemäß DIN 4023 farbig dargestellt.

Nach Beendigung der Feldarbeiten wurden die Ansatzpunkte auf die Festpunkte

FP1 = 104,88 m NN = OK Kanaldeckel in der Ernst-Rein-Straße
FP2 = 109,89 m NN = OK Kanaldeckel in der Nowgorodstraße

eingemessen (s. Anlage 2). Die Höhen sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: *Höhen der Ansatzpunkte*

Ansatzpunkt	Höhe [m NN]
RKB/DPM 1	107,45
RKB/DPM 2	106,10
RKB/DPM 3	107,66
RKB/DPM 4	106,05
RKB/DPM 5	112,77
RKB/DPM 6	108,19
RKB/DPM 7/7A/7B	105,99
RKB/DPM 8	113,01
RKB/DPM 9	107,52
RKB/DPM 10/10A	111,40
RKB/DPM 11	110,20
RKB/DPM 12	109,38
RKB/DPM 13	109,49
RKB/DPM 14	109,69
RKB/DPM 15	109,47
RKB/DPM 16/16A	110,17
RKB/DPM 17	109,76
RKB/DPM 18	110,17
RKB/DPM 19	110,35
RKB/DPM 20/20A	110,07
RKB/DPM 21/21A	109,69
RKB/DPM 23	109,57
RKB/DPM 24	105,17
RKB/DPM 25	112,57
RKB/DPM 26	110,75
RKB/DPM 27	111,94

Zur Ermittlung von bodenmechanischen Kennziffern wurden in unserem Labor an repräsentativem Probenmaterial folgende Versuche durchgeführt:

- Ansprache von 218 gestörten Bodenproben
- 6 Bestimmungen der Korngrößenverteilungen durch kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse gem. DIN EN ISO 17892-4
- 1 Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebanalyse gem. DIN EN ISO 17892-4
- 11 Bestimmungen der organischen Anteile durch Glühverlust gem. DIN 18128
- 18 Bestimmungen der Wassergehalte durch Ofentrocknung gem. DIN EN ISO 17892-1

Die Ergebnisse der Glühverlust- und der Wassergehaltsbestimmungen sind an die Bohrprofile in den Anlagen 3 angetragen. Die Kornverteilungen (Anlagen 1) bestätigen die visuelle Bodenprobenansprache.

Für die orientierenden abfalltechnischen Untersuchungen wurden aus etwa gleichartigen Bodenmaterialen die folgenden Mischproben zusammengestellt:

Tabelle 3: *Zusammenstellung der Mischprobe*

Mischprobe	RKB	Tiefe (m)
MP 1 Baulager Auffüllungen (Wessling-Nr.: 22-129922-01)	1	0,20 – 1,20 1,20 – 2,30 2,30 – 2,50
	2	0,35 – 1,20 1,20 – 2,20 2,20 – 2,50
	3	0,15 – 0,80 0,80 – 1,80 1,80 – 2,40
	4	0,20 – 1,20 1,20 – 2,20
MP 2 Baulager anstehender Lehm bis 4,0 m v. GOK (Wessling-Nr.: 22-129922-02)	1	2,50 – 3,00 3,00 – 4,00
	2	2,50 – 3,00 3,00 – 4,00
	3	2,40 – 3,00 3,00 – 4,00
	4	2,20 – 3,00 3,00 – 4,00

MP 3 Gebäude 2 Auffüllungen (Wessling-Nr.: 22-129922-03)	5	0,25 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 3,00 3,00 – 4,00 4,00 – 5,10
	6	0,10 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 3,00 3,00 – 4,00 4,00 – 4,40
	7	0,10 – 0,40
	7A	0,15 – 0,50
	7B	0,20 – 0,60
	8	0,20 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 3,00 3,00 – 4,00 4,00 – 5,40
	9	0,00 – 1,00 1,00 – 1,40 1,40 – 2,00 2,00 – 2,60 2,60 – 3,80
	10	0,30 – 0,80 0,80 – 1,00
	10A	0,25 – 0,60 0,60 – 1,00
	11	0,00 – 0,40 0,40 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 3,00 3,00 – 4,00
	12	0,05 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 3,00 3,00 – 3,80 3,80 – 4,00
MP 4 Gebäude 2 anstehender Lehm bis 6,5/8,5 m v. GOK (Wessling-Nr.: 22-129922-04)	5	5,10 – 6,10 6,10 – 6,70 6,70 – 7,00 7,00 – 8,00 8,00 – 8,50
	6	4,40 – 5,00 5,00 – 6,00 6,00 – 6,50
	8	7,80 – 8,50
	9	3,80 – 4,00 4,00 – 5,00 5,00 – 6,00 6,00 – 7,00
	11	5,50 – 6,00 6,00 – 7,00 7,00 – 7,60
	12	6,20 – 7,00 7,00 – 8,00

MP 5 Gebäude 3 Auffüllungen (Wessling-Nr.: 22-129922-05)	13	0,00 – 0,40 0,40 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 3,00 3,00 – 3,90
	14	0,10 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 3,00 3,00 – 4,00 4,00 – 4,60
	15	0,00 – 0,25 0,25 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 3,00 3,00 – 4,20
	16	0,00 – 0,20
	16A	0,00 – 0,20
	17	0,00 – 0,25 0,25 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 3,00 3,00 – 4,00 4,00 – 4,80
	18	0,00 – 0,50 0,50 – 1,50 1,50 -2,50 2,50 – 3,40
	19	0,00 – 0,50 0,50 – 1,40 1,50 -2,40 2,40 – 2,60 2,60 – 3,00
	20	0,00 – 0,20
	20A	0,00 – 0,30 0,30 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 2,70 2,70 – 3,00
MP 6 Gebäude 3 anstehende Sande (Wessling-Nr.: 22-129922-06)	13	4,70 – 5,80
	14	5,30 – 6,00 6,00 – 6,80
	15	5,30 – 5,90
	17	4,80 – 5,40
	18	3,40 – 4,00 4,00 – 5,00 5,00 – 5,50
	19	3,00 – 4,00 4,00 – 4,50
	20A	3,00 – 4,00 4,00 – 4,50
MP 7 Gebäude 3 anstehender Lehm bis 6,3/8,5 m v. GOK (Wessling-Nr.: 22-129922-07)	13	5,80 – 6,80 6,80 – 7,40
	14	6,80 – 7,00 7,00 – 8,00 8,00 – 8,50
	15	5,90 – 6,90 6,90 – 7,50
	17	5,40 – 6,00 6,00 – 7,00
	18	5,50 – 6,50
	19	4,50 – 5,00 5,00 – 6,00 6,00 – 6,30
	20A	4,50 – 5,00 5,00 – 6,00 6,00 – 7,00 7,00 – 7,50

MP 8 Außenanlagen Auffüllungen (Wessling-Nr.: 22-129922-08)	21	0,00 – 0,60 0,60 – 1,60 1,60 – 2,60 2,60 – 3,60 3,60 – 4,10
	23	0,00 – 0,60 0,60 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 3,00 3,00 – 4,00 4,00 – 4,40
	24	0,10 – 0,40 0,40 – 1,40
	25	0,20 – 1,00 1,00 – 2,00 2,00 – 3,30
	26	0,30 – 0,80
	27	0,15 – 1,20 1,20 – 2,20

Die Proben wurden der Wessling GmbH, Altenberge, übergeben. Folgendes Untersuchungsprogramm wurde durchgeführt:

- 8 chemische Untersuchungen nach der LAGA M20 2004, TR Boden, Tabelle II.1.2-4 und II.1.2-5 (Feststoff und Eluat).
- 8 Analysen nach der Deponieverordnung (DepV) 2020, Anhang 3, Tabelle 2, Spalte 5 (DK 0).

Die Untersuchungsergebnisse liegen als Anhang bei und werden im Abschnitt 14 abfalltechnisch nach der LAGA und DepV eingestuft.

4 Baugrundaufbau

Die Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen weist im Untersuchungsbereich Lösslehme der Weichsel-Kaltzeit sowie Grundmoräne (Geschiebelehm und -mergel) aus der Saale-Kaltzeit aus. Für die nähere Umgebung werden Ton- bis Tonmergelstein und untergeordnet Kalkmergelstein aus dem Jura genannt.

Baulager (RKB 1 bis 4):

An der Oberfläche wurde **Mutterboden** bis 0,15/0,80 m unter Gelände erbohrt. Beim Mutterboden handelt es sich um humosen, sandigen und schwach kiesigen Schluff.
Unter dem Mutterboden sind bis in Tiefen zwischen 1,8 und 2,5 m sandige, kiesige sowie schluffige **Auffüllungen**, teils vermengt mir Schotter, vorhanden.
Unter Vorgenannten wurde bis in Tiefen zwischen 3,0 und 4,0 m weicher bis steifer sowie steifer **Verwitterungslehm** (kornanalytisch schwach kiesiger, schwach sandiger bis sandiger und toniger Schluff) erkundet.
Im Tiefsten steht stark verwitterter und verwitterter **Schieferton** an, welcher als steifer, steifer bis halbfester und halbfester Schluff bzw. Ton (verwitterter Schluffstein/Tonstein) angesprochen wurde. Bei nur geringer bis mäßiger Verwitterung ist der Schieferton mürbe, dünnplattig und stückig.

Gebäude 2 - Bau/Verwaltung (RKB 5 bis 12):

An der Oberfläche wurde bei RKB 5 bis 8, 10 und 12 **Mutterboden** bis 0,05/0,25 m unter Gelände erbohrt. Beim Mutterboden handelt es sich um humosen, sandigen und schwach kiesigen Schluff. Im Bereich der Kleinrammbohrungen RKB 9 und 11 sind die Oberflächen bis 1,0 m unter Bohransatzpunkt durch aufgefüllte Sande und Kiese befestigt. Den Oberflächenbefestigungen sind **Beton-, Glas-, Schlacke- und Schotterresten** beigemengt.
Unter dem Mutterboden bzw. der Oberflächenbefestigung wurden bis in Tiefen zwischen 3,8 und 5,4 m sandige, kiesige sowie schluffige **Auffüllungen** aufgeschlossen. In den

Auffüllungen konnten **Ziegel-, Bauschutt-, Schotter-, Beton- und Schlackereste sowie schwach bis stark humose Einlagerungen** festgestellt werden.
Bis zum Aufschlusstiefsten wurde verwitterter **Schieferton** (kornanalytisch schwach sandiger, schluffiger und teils schwach kiesiger Ton) erkundet, welcher steife, steife bis halbfeste sowie halbfeste Konsistenzen aufweist.
Zwischen den Auffüllungen und dem Schieferton, wurden zudem vereinzelt **Sand** sowie **Verwitterungslehm** in verschiedenen Schichtdicken erkundet (siehe Anlage 3.1).

Gebäude 3 - KFZ (RKB 13 bis 20):

An der Oberfläche wurden **Auffüllungen** in Form von **Schotter** bis 0,2/0,5 m unter Gelände erbohrt. Beim Schotter handelt es sich um einen schwach sandigen bis sandigen und schwach schluffigen bis schluffigen Kies. Im Bereich der Kleinrammbohrung RKB 14 wurde oberflächennah aufgefüllter **Mutterboden** aus humosem, sandigem und schwach kiesigem Schluff erbohrt. Unter Vorgenanntem wurden bis in Tiefen zwischen 3,0 m und 4,6 m vorwiegend verlehmte, sandige, kiesige sowie teils bindige **Auffüllungen** erkundet. In den Auffüllungen wurden **Ziegel-, Schotter- und Kunststoffreste sowie humose Einlagerungen** festgestellt. Im Bereich der Kleinrammbohrungen RKB 13 bis 15 wurde unter den Auffüllungen bis 4,7/5,3 m unter Bohransatzpunkt weicher bis steifer sowie steifer Schluff erbohrt. Dieser ist kornanalytisch als sandiger bis stark sandiger, teils schwach kiesiger, schwach toniger bis toniger und schwach humoser Schluff anzusprechen.
Im Tiefsten steht **Schieferton** an, welcher von schluffigen, schwach kiesigen bis kiesigen **Sanden** sowie vereinzelt von steifem, steifem bis halbfestem Verwitterungslehm überlagert wird. (siehe Anlage 3.2).

Verkehrsflächen und Pkw-Stellplätze (RKB 21, 23 bis 27):

Im Bereich der RKB 21 und 23 wurden ab GOK **Auffüllungen** in Form von Schotter bis 0,6 m unter Gelände erbohrt. Beim Schotter handelt es sich um einen sandigen sowie schwach schluffigen Kies.
Im Bereich der Kleinrammbohrung RKB 24 bis 27 wurde 0,1 bis 0,3 m dicker aufgefüllter **Mutterboden** aus humosem, sandigem und schwach kiesigem Schluff erkundet. Dieser ist

bis 0,8/4,4 m Tiefe von **Auffüllungen** unterlagert. Die Auffüllungen sind hinsichtlich der Kornzusammensetzung inhomogen und bestehen aus verlehmten gemischtkörnigen Sanden, Kiesen sowie kiesig-sandigen Lehmen. In den Auffüllungen sind zum Teil **Ziegel- und Schlackereste, teils Schotter** sowie teils wechselnde Beimengungen von **Humus** vorhanden. Unter Vorgenanntem wurde bis in Tiefen zwischen 2,2 m und 6,8 m schluffiger sowie schwach kiesiger **Sand** erkundet. Zwischen den Auffüllungen und den Sanden befindet sich im Bereich der Kleinrammbohrungen RKB 25 bis 27 eingelagerter steifer **Schluff**. Dieser ist ca. 0,7 bis 1,0 m dick und kornanalytisch als stark feinsandiger und schwach toniger Schluff anzusprechen.
Im Tiefsten steht steifer, steifer bis halbfester sowie halbfester verwitterter **Schieferton** an, welcher als schluffiger, schwach sandiger und teils schwach kiesiger Ton angesprochen wurde. Der Schieferton wird teils von **Verwitterungslehm** überlagert (s. Anlage 3.3).

5 Ergebnisse der Rammsondierungen

Aus den Widerstandsdiagrammen (Anzahl der Schläge/10 cm Eindringtiefe = N_{10}) der mittelschweren Rammsonden DPM-10 lassen sich für die Auffüllungen mit Schlagzahlen zwischen N_{10} = 2 und 82 stark unterschiedliche Verdichtungen und somit stark unterschiedliche Tragfähigkeiten ableiten.
Die Auffüllungen sind nicht fachgerecht eingebaut und verdichtet worden. Durch die Rammsondierungen wurden zwar keine Hohlräume erkundet, können jedoch in dem erkundeten Deponieköper **nicht ausgeschlossen** werden. Da die Gründungsebenen der geplanten Bauwerke überwiegend in den unter den Auffüllungen anstehenden gewachsenen Böden liegen, sind die Auffüllungen für die Gründung **nicht relevant**.
Die unterlagernden Sande sind vorwiegend mitteldicht bis dicht gelagert. Die Lehme bzw. Verwitterungslehme können als ausreichend konsolidiert bezeichnet werden.

In dem zur Tiefe aufgeschlossenen Schieferton stiegen die Schlagzahlen rasch an und lagen deutlich über N_{10} = 40, so dass dieser als schwer bis nicht rammbar und gut tragfähig zu bezeichnen ist. Unter den erreichten Aufschlussendtiefen ist damit zu rechnen, dass der

Schieferton weniger verwittert, felsiger und fest wird und den **Bodenklassen 6 und 7** zuzuordnen ist.

6 Grundwasser

Während der Felduntersuchungen im **August 2022** wurde in den Kleinrammbohrungen RKB 3, 5, 6, 8, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 25 Grundwasser zwischen 4,1 und 7,6 m Tiefe festgestellt.

Unabhängig davon ist nach länger andauernden Niederschlägen mit einem Anstieg der Wasserstände sowie mit der weiteren Bildung von Stau- und Schichtwasser zu rechnen. Das Wasser kann im tiefsten Gelände temporär bis GOK aufstauen.

Aufgrund der festgestellten Untergrund- und Grundwasserverhältnissen sollte für die Neubauten für den Nachweis der **Auftriebssicherheit** von einem

Bemessungswasserstand = 105,32 m NN bzw. in Höhe verlegter Ringdränagen

ausgegangen werden.

Für die Abdichtung ist aufgrund des wasserstauenden Untergrundes ein Bemessungswasserstand von der jeweils umgebenden Geländeoberkante anzusetzen.

7 Bezeichnung der Böden und bodenmechanische Kennwerte

Durch die manuelle und visuelle Beurteilung des Bohrgutes sowie aufgrund unserer Erfahrungen mit geologisch und bodenmechanisch vergleichbaren Böden können den angetroffenen Hauptbodenarten folgende bodenmechanischen Kennwerte und Eigenschaften zugeordnet werden:

a) aufgefüllter Mutterboden

Benennung	(DIN 4022)	**Schluff;** humos, sandig, schwach kiesig
Bodengruppe	(DIN 18196)	OU
Bodenklasse	(DIN 18300:2012)	1
Bodenklasse	(DIN 18301:2012)	BO1

Da der Mutterboden bzw. der Oberboden restlos aus dem Lastabtragungsbereich des Neubaus zu entfernen und somit gründungstechnisch ohne Relevanz ist, wird hier auf die Angabe von bodenmechanischen Kennziffern verzichtet.

b) Auffüllungen

Benennung	(DIN EN ISO 14688-1:2013)	**Schotter/Kies;** schwach sandig bis sandig, schwach schluffig bis schluffig und **Sand/Kies;** schwach bis stark schluffig, teils schwach humos bis humos und **Schluff;** sandig bis stark sandig, teils schwach tonig, schwach kiesig schwach humos bis humos teils Ziegel-, Beton, Schlacke-, Kunststoff-, Glas-, Bauschutt- und Wurzelrede
Bodengruppe	(DIN 18196)	GU/GŪ/SU/SŪ/UL/UM/TL
Bodenklasse	(DIN 18300:2012)	3-4 und 4
Bodenklasse	(DIN 18301:2012)	BN 1-2, BB2
Lagerungsdichte/ Lagerungsdichte		sehr locker bis sehr dicht steif und steif bis halbfest
Frostempfindlichkeits-klasse	ZTV E-StB 17	F 1-3 (nicht bis sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A-StB 97	V 1/V2 und V3

Hinweis: Grobe Bestandteile können durch die Kleinrammbohrungen nicht bestimmt werden. In den Auffüllungen können aber erfahrungsgemäß auch gröbere Steine/Blöcke vorhanden sein, die dann eine Einstufung in die **Bodenklasse 5, ggf. auch 6-7** erfordern.

c) Sande

Benennung	(DIN EN ISO 14688-1:2013)	**Sand;** schwach schluffig bis schluffig, schwach kiesig bis kiesig
Bodengruppe	(DIN 18196)	SU/SŪ
Bodenklasse	(DIN 18300:2012)	3-4
Bodenklasse	(DIN 18301:2012)	BN 1-2
Lagerungsdichte		vorwiegend mitteldicht bis dicht, zonenweise locker
Frostempfindlichkeits-klasse	ZTV E-StB 17	F 1-2 (nicht bis gering frostempfindlich), untergeordnet F3 (sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A-StB 97	überwiegend V 1, untergeordnet V 2
Wichte, erdfeucht		γ_k = 17,5-18,5 kN/m³
Wichte unter Auftrieb		γ'_k = 9,5-10,5 kN/m³
Wasserdurchlässigkeit		$k_{f,k}$ ≤ 3,0 x 10^{-5} m/s (SU)
		$k_{f,k}$ ≤ 1,0 x 10^{-6} m/s (SŪ)
Reibungswinkel		φ'_k = 31,0-35,0°
Kohäsion		c'_k = 0,0 kN/m²
Steifemodul		$E_{s,k}$ = 30,0-60,0 MN/m²
		$E_{s,k}$ = 15,0-30,0 MN/m² in Lockerzonen

d) zwischengelagerter Lehm

Benennung	(DIN 4022)	**Schluff;** stark feinsandig, schwach tonig, teils schwach humos
Bodengruppe	(DIN 18196)	UL
Bodenklasse	(DIN 18300:2012)	4/**(2 - bei Wasserzutritt/Vernässung und dynamischer Beanspruchung „fließende“ Bodenarten)**
Bodenklasse	(DIN 18301:2012)	BB2
Konsistenz		weich und weich bis steif
Frostempfindlichkeitsklasse	ZTV E-StB 17	F3 (sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse	ZTVA-StB 12	V3
Wichte, erdfeucht		γ_k = 18,0 kN/m³
Wichte unter Auftrieb		γ'_k = 8,0 kN/m³
Wasserdurchlässigkeit		$k_{f,k}$ ≤ 1 x 10^{-7} m/s
Reibungswinkel		φ'_k = 22,0-24,0°
Kohäsion		c'_k = 2,0-4,0 kN/m²
Steifemodul		$E_{s,k}$ = 5,0-8,0 MN/m²

Die zwischengelagerten Lehme sind nur gering durchlässig (k_f ≤ 1 x 10^{-7} m/s) und wirken wasserstauend. Es handelt sich dabei um sehr wasser- und frostempfindliche Böden. Bei Wasserzutritt und gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung treten sehr schnell Konsistenzveränderungen auf, die zu einem Verlust der Tragfähigkeit führen.
Diese Böden sind für die Wiederverfüllung der Arbeitsräume und als Füllboden im Gründungsbereich **ohne eine Bodenverbesserung nicht geeignet**.

e) Verwitterungslehm

Benennung	(DIN EN ISO 14688-1:2013)	**Schluff;** tonig, schwach sandig bis sandig, vorwiegend schwach kiesig **Ton;** schluffig, schwach sandig, schwach kiesig
Bodengruppe	(DIN 18196)	UM/TL/TM
Bodenklasse	(DIN 18300:2012)	4
Bodenklasse	(DIN 18301:2012)	BB2/BB3
Konsistenz		weich bis steif, steif und steif bis halbfest
Frostempfindlichkeits-klasse	ZTV E-StB 17	F3 (sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A-StB 12	V3
Wichte, erdfeucht		γ_k = 18,0 -1,9 kN/m³
Wichte unter Auftrieb		γ'_k = 8,0 – 9,0 kN/m³
Wasserdurchlässigkeit		$k_{f,k} \leq 5{,}0 \times 10^{-8}$ m/s
Reibungswinkel		φ'_k = 28,0-31,0°
Kohäsion		c'_k = 3,0-8,0 kN/m²
Steifemodul		$E_{s,k}$ = 10,0-22,0 MN/m²

Der Verwitterungslehm ist nur schwach durchlässig ($k_f \leq 5{,}0 \times 10^{-8}$ m/s) und wirkt wasserstauend. Es handelt sich um einen sehr wasser- und frostempfindlichen Boden. Bei Wasserzutritt und gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung treten sehr schnell Konsistenzänderungen auf, die zu einem Verlust der Tragfähigkeit führen.

In dem Verwitterungslehm können auch Steinlagen und Blöcke (**Bodenklassen 5 und 6**) enthalten sein, die durch die Kleinrammbohrungen nicht erfassbar sind.

Der Verwitterungslehm ist **ohne Bodenverbesserung** für die Wiederverfüllung der Arbeitsräume und als Füllboden im Gründungsbereich im weichen und steifen Zustand **nicht geeignet**. Steinlagen und Blöcke können die Bodenverbesserung be- bis verhindern.

Im halbfesten Zustand ist dieser für die Wiederverfüllung der Arbeitsräume aufgrund seiner Witterungsempfindlichkeit nur bedingt geeignet. Der Einbau muss mit knetendem Verdichtungsgerät (Schaffußwalze) bei guter Witterung erfolgen. Bei Zwischenlagerung muss der Verwitterungslehm gegen Niederschläge geschützt werden.

f) Schieferton

Benennung	(DIN EN ISO 14688-1:2013)	**Schieferton;** bei starkem Verwitterungsgrad **schluffig-sandig-tonig-kiesig /lehmig**, bei geringerem Verwitterungsgrad **mürbe und stückig**
Bodengruppe	(DIN 18196)	TL/TM
Bodenklasse	(DIN 18300:2012)	4-5, zur Tiefe 6-7
Bodenklasse	(DIN 18301:2012)	BB 2-4, FV 1-3, FD 1-2
Konsistenz		steif, steif bis halbfest, halbfest
Frostempfindlichkeits-klasse	ZTV E-StB 17	F 3 (sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A-StB 97	V 3
Wichte, erdfeucht		γ_k = 19,0-21,0 kN/m³
Wichte unter Auftrieb		γ'_k = 9,0-11,0 kN/m³
Wasserdurchlässigkeit		$k_{f,k}$ ≤ 1,0 x 10^{-7} m/s (lehmig)
Wasserdurchlässigkeit		$k_{f,k}$ ≤ 1,0 x 10^{-5} m/s (klüftig)
Reibungswinkel		φ'_k = 25,0-28,0° (lehmig)
Kohäsion		c'_k = 5,0-10,0 kN/m²
Steifemodul		$E_{s,k}$ = 18,0-25,0 MN/m²

Erfahrungsgemäß ist davon auszugehen, dass der Schieferton unter den erreichten Aufschlussendtiefen felsig und fest wird und in die Bodenklassen 5 - 6 und 7 einzustufen ist. Diesen festen Formationen kann für die Ermittlung der Ersatzscherfestigkeit ein Ersatzreibungswinkel φ'_k = 35° und ein Steifemodul $E_{s,k}$ = 60 bis > 100 MN/m² zugeordnet werden.

8 Homogenbereiche

Durch die manuelle und visuelle Beurteilung des Bohrgutes sowie aufgrund unserer Erfahrungen mit geologisch und bodenmechanisch vergleichbaren Böden können den angetroffenen Bodenarten Eigenschaften und Kennwerte zugeordnet und die Böden in Homogenbereiche eingeteilt werden.

8.1 Homogenbereich nach DIN 18320:2016-09 (Oberboden)

Tabelle 4: *Homogenbereich nach DIN 18320*

Homogenbereich A	
Ortsübliche Bezeichnung	**Lehmig-bindiger Mutterboden/Oberboden**[1]
Bodengruppen	
Bodengruppe DIN 18196	OU
Bodengruppe DIN 18195	6, 8
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke (untere-obere Werte in M.-%)	
Steine und Blöcke[2]	0-10
Große Blöcke[2]	0-5
Umweltrelevante Merkmale	
Zuordnung nach LAGA TR Boden/DepV	nicht analysiert

[1] Genaue Benennung siehe Bohrprofile

8.2 Homogenbereiche nach DIN 18300 (Erdarbeiten)

Tabelle 5: *Eigenschaften und Homogenbereich nach DIN 18300*

Homogenbereich B		
Ortsübliche Bezeichnung		**Auffüllungen**
Korngrößenverteilung Boden (untere-obere Werte in M.-%)		
Ton		0-15
Schluff		5-80
Sand		5-95
Kies		0-90
Steine und Blöcke[2]		0-5
Große Blöcke[2]		0-3
Eigenschaften / Kennwerte		
Dichte ρ	[g/cm³]	1,7-1,9
Undränierte Scherfestigkeit c_u	[kN/m²]	-
Wassergehalt w_n	[M.-%]	4-22
Konsistenzzahl I_c	[-]	-
Konsistenz	[-]	-
Plastizitätszahl I_P	[%]	-
Plastizität	[-]	-
Lagerungsdichte I_D	[%]	5-95
Lagerung	[-]	sehr locker bis sehr dicht
Organischer Anteil V_{gl}	[M.-%]	0-5
Bodengruppe DIN 18196	[-]	GU/GŪ/SU/SŪ/UL/UM/TL
Umweltrelevante Merkmale		
Zuordnung nach LAGA TR Boden/DepV		> Z 2 / >DK 0 - MP 1, 3, 5, 8

[1] Genaue Benennung siehe Bohrprofile
[2] durch Kleinrammbohrungen nicht erfassbar, abgeschätzt aus Erfahrungswerten

Tabelle 6: *Eigenschaften und Homogenbereich nach DIN 18300.*

Homogenbereich C		
Ortsübliche Bezeichnung		**Sand**[1]
Korngrößenverteilung Boden (untere-obere Werte in M.-%)		
Ton		0-4
Schluff		2-40
Sand		60-98
Kies		0-15
Steine und Blöcke[2]		0-3
Große Blöcke[2]		0-1
Eigenschaften / Kennwerte		
Dichte ρ	[g/cm³]	1,75-1,85
Undränierte Scherfestigkeit c_u	[kN/m²]	-
Wassergehalt w_n	[M.-%]	3-15
Plastizitätszahl I_P	[%]	-
Plastizität	[-]	-
Konsistenzzahl I_c	[-]	-
Konsistenz	[-]	-
Lagerungsdichte I_D	[%]	15-85
Lagerung	[-]	locker, mitteldicht, dicht
Organischer Anteil V_{gl}	[M.-%]	0-2
Bodengruppe DIN 18196	[-]	SE/SU/SŪ
Umweltrelevante Merkmale		
Zuordnung nach LAGA TR Boden / DepV		Z 0 / DK 0 - MP 6

[1] Genaue Benennung siehe Bohrprofile
[2] Durch Kleinrammbohrungen nicht erfassbar, abgeschätzt aus Erfahrungswerten

Tabelle 7: *Eigenschaften und Homogenbereich nach DIN 18300*

Homogenbereich D		
Ortsübliche Bezeichnung		**Zwischengelagerter Lehm, Verwitterungslehm[1]**
Korngrößenverteilung Boden (untere-obere Werte in M.-%)		
Ton		5-30
Schluff		40-80
Sand		5-30
Kies		0-15
Steine und Blöcke[2]		0-5
Große Blöcke[2]		0-1
Eigenschaften / Kennwerte		
Dichte ρ	[g/cm³]	1,8-1,9
Undränierte Scherfestigkeit c_u	[kN/m²]	25-150
Wassergehalt w_n	[M.-%]	15-25
Konsistenzzahl I_c[3]	[-]	0,50 bis 1,25
Konsistenz[3]	[-]	weich, weich bis steif, steif, steif bis halbfest und halbfest
Plastizitätszahl I_P	[%]	4-22
Plastizität	[-]	leicht bis mittel
Lagerungsdichte I_D	[%]	-
Lagerung	[-]	-
Organischer Anteil V_{gl}	[M.-%]	0-2
Bodengruppe DIN 18196	[-]	UM/TL/TM
Umweltrelevante Merkmale		
Zuordnung nach LAGA TR Boden/DepV		Z 1.2 / DK III*(DK 0) - MP 2, 4, 7

[1] Genaue Benennung siehe Bohrprofile
[2] durch Kleinrammbohrungen nicht erfassbar, abgeschätzt aus Erfahrungswerten
[3] bei Wasserzutritt/dynamischer Belastung auch breiig bzw. I_c = 0,00 bis 0,50

Tabelle 8: *Eigenschaften und Homogenbereich nach DIN 18300*

Homogenbereich E		
Ortsübliche Bezeichnung		**Schieferton**[1]
Korngrößenverteilung Boden (untere-obere Werte in M.-%)		
Ton		5-80
Schluff		15-85
Sand		5-30
Kies		5-30
Steine und Blöcke[2]		0-15
Große Blöcke[2]		0-10
Eigenschaften / Kennwerte		
Dichte ρ	[g/cm³]	1,9-2,1
Undränierte Scherfestigkeit c_u	[kN/m²]	60 bis >300
Wassergehalt w_n	[M.-%]	5-25
Konsistenzzahl I_c[3]	[-]	1,00 bis ≥1,25
Konsistenz[3]	[-]	steif, steif bis halbfest und halbfest
Plastizitätszahl I_P	[%]	4-22
Plastizität	[-]	leicht bis mittel
Lagerungsdichte I_D	[%]	-
Lagerung	[-]	-
Organischer Anteil V_{gl}	[M.-%]	0-2
Bodengruppe DIN 18196	[-]	TL/TM
Umweltrelevante Merkmale		
Zuordnung nach LAGA TR Boden/DepV		Z 1.2 / DK III*(DK 0) - MP 2, 4, 7

[1] Genaue Benennung siehe Bohrprofile
[2] durch Kleinrammbohrungen nicht erfassbar, abgeschätzt aus Erfahrungswerten
[3] bei Wasserzutritt/dynamischer Belastung auch weich bis breiig bzw. I_c = 0,0-0,75

9 Folgerungen für die Gründung

9.1 Allgemeines

Die geologischen Verhältnisse sind nur für den Bereich um den jeweiligen Aufschlusspunkt herum repräsentativ. Entsprechend dem Abstand der Bodenaufschlüsse muss eine lineare Interpolation des Schichtenverlaufes zwischen den Bohrpunkten nicht immer exakt mit der Wirklichkeit übereinstimmen.

Die Dicke des Mutterbodens ist wegen der Stauchung in der Rammkernsonde nicht genau erfassbar. Auch sind bei den Kleinrammbohrungen mit geringem Durchmesser gröbere Bestandteile oder evtl. vorhandene Fremdstoffe häufig nicht erkennbar. Deshalb empfehlen wir zusätzlich Baggerschürfe auszuführen, wenn der Mutterboden genauer erkundet werden soll.

Weiterhin ist nicht auszuschließen, dass in den Auffüllungen Ziegelsteine oder Betonteile vorhanden sind, die mit dem eingesetzten Sondiergerät nicht erkundet werden können. Aus diesem Grund sollten vor Beginn der Erd- und Gründungsarbeiten die Auffüllungen durch Baggerschürfe erkundet werden. Die Erkundungsergebnisse müssen uns mitgeteilt werden, damit die Gründung evtl. an diese angepasst werden kann.

Sollten während der Baumaßnahmen beim Aushub des Bodens Veränderungen des Schichtenverlaufes festgestellt werden, so ist unser Büro zur Festlegung eventueller weiterer Maßnahmen kurzfristig zu benachrichtigen.

Örtlich auf der Baustelle vorhandene Verhältnisse sind maßgebend.

9.2 Baugrundbeurteilung

Wie im Abschnitt 1 erwähnt, ist eine Erweiterung des Bildungszentrums geplant. Laut jetzigem Planungsstand (Juni 2023) werden im Zuge der Baumaßnahme die vier folgenden Gebäude errichtet:

- Baulager, nicht unterkellert, 1-geschossig mit den max. Grundrissabmessungen ca. 13,27 m x 32,22 m.
- Gebäude 2 - Bau/Verwaltung, unterkellert/einbindend, 4-/5-geschossig mit den max. Grundrissabmessungen ca. 35,14 m x 75,14 m.
- Gebäude 3 - KFZ, unterkellert/einbindend, 2-geschossig mit den max. Grundrissabmessungen ca. 29,79 m x 58,79 m.
- Parkdeck, nicht unterkellert, 2-geschossig mit den max. Grundrissabmessungen ca. 22,25 m x 22,78 m.

Aufgrund der Geländehöhenunterschiede bindet das Gebäude 2 im Süden deutlich tiefer in den Untergrund ein als im Norden. Ebenfalls bindet das Gebäude 3 tief in den Untergrund ein.

Nach den Erkundungsergebnissen stehen zunächst unter dem Mutterboden inhomogene und stark unterschiedlich verdichtete Auffüllungen an. Darunter wurden in unterschiedlichen Schichttiefen, -dicken und -folgen Sande, Lehme und zum Teil Verwitterungslehme aufgeschlossen. Zur Tiefe steht gut tragfähiger Schieferton an.
Bei den geplanten Gründungsebenen der drei Gebäude stehen in den Gründungsebenen somit vorwiegend Schieferton und zum Teil Verwitterungslehm an.

Beim Anschnitt des Schiefertons ist besonders auf die mögliche **Quellfähigkeit des Schiefertones** hinzuweisen.
Bei einem Anteil bestimmter Tonminerale (Montmorillonit) kann der Schieferton unter dem Einfluss von Atmosphärilien (Luft und Wasser) um ein Vielfaches seines Volumens **„quellen“**. Dabei können Quelldrücke bis > 200 kN/m² auftreten, wobei unbelastete

Sohlenabschnitte hochgedrückt würden.
Um einen hohen konstruktiven und finanziellen Aufwand zu vermeiden, hat sich aufgrund von Erfahrungen die **Versiegelung** der offenen Flächen **sofort nach dem Aushub mit mind. 8 cm Beton** als geeignetes Verfahren durchgesetzt und wird auch grundsätzlich angewendet. Diese mit dem Aushubfortschritt notwendige Abdeckung verhindert den Luft- und Wasserzutritt von außen, so dass nur noch ein sehr geringes Restrisiko verbleibt.
Alternative konstruktive Maßnahmen sind in Relation zum geringen Restrisiko vom wirtschaftlichen Standpunkt aus nicht vertretbar.
Die Versiegelung des Untergrundes wird bei allen größeren Bauvorhaben angewendet und hat sich bewährt.

Für die Erdarbeiten ist darauf hinzuweisen, dass die bindigen Auffüllungen und die anstehenden Lehme besonders wasserempfindlich sind und bei Niederschlägen nicht ungeschützt offen liegen bleiben und insbesondere nicht durch Befahren, Einleitung von Verdichtungsenergien o.ä. dynamisch beansprucht werden dürfen. Die bindigen Auffüllungen und die anstehenden Lehme werden dann thixotrop und zeigen das sogenannte „Pumpen“. Diese Böden können aufweichen. Der Erdaushub muss rückschreitend im sogenannten Auflastverfahren durchgeführt werden, d.h., es ist jeweils noch im Auslegerbereich des Baggers der Schotter aufzulegen und zu verdichten.

Es wird empfohlen die Erdarbeiten in „trockenen“ Jahreszeiten durchzuführen, was natürlich nicht immer eingehalten werden kann.

9.3 Gründung der Gebäude 2, 3 und des Baulagers

Aus bodenmechanischer Sicht können die Gebäude 2, 3 und das Baulager **flach auf einer Stahlbetonplatte** gegründet werden. Zur Verringerung der Setzungen und Setzungsunterschiede sowie zur Vergleichmäßigung der Auflagerbedingungen muss **im Lehmbereich** unter der Sohlplatte eine Bettungsschicht in einer Schichtdicke von mind. 0,5 m auf **Trennvlies GRK 3** eingebaut werden. Beim Anschneiden des halbfesten

Schiefertons reicht die erforderliche 8 cm Betonversiegelung aus. Beim verwittertem, lediglich steifen Schieferton und im Übergangsbereich ist der mind. 0,4 m Schotter auf einer 10cm dicken Betonversiegelung einzubauen. Eine Abgrenzung Lehm- /Schiefertonbereich ist nur vor Ort möglich (Baugrubenabnahmen).
Als Bettung ist **grobkörniges Brechkorn oder RC-Material der Körnung 0/45 oder 0/56 mm mit Feinanteilen von < 5 %** zu verwenden. Die Verdichtung der untersten Lage sollte mit „leichtem" Gerät oder statisch erfolgen. Das Bettungsmaterial muss auf 100 % der einfachen Proctordichte verdichtet werden.

Bei Einhaltung o.g. Forderungen sollten bei der Dimensionierung der Gründung der **mittlere Bemessungswert** des Sohlwiderstandes und der **mittlere charakteristische** Wert der Bettungsziffer von

Sohlwiderstand	$\sigma_{R,d}$ **= 170 kN/m²**
Bettungsziffer	$k_{s,k}$ **= 12 MN/m³**

nicht überschritten werden. Bei den Bemessungswerten sind die Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen (**Abminderung**). Die zulässige Bodenpressung beträgt somit σ_{zul} **= 120 kN/m²**. eine Erhöhung der Bodenpressung ist wegen der z.B. bei RKB 15 vorhandenen „Weichzone" (bis 5,3m unter GOK" nur dann möglich, wenn die weichen bis steifen Schluffe vollständig ausgetauscht werden.

Bei der Bemessung der Sohlplatte kann in den Randbereichen die 2-fache Bettungsziffer von $k_{s,k}$ **= 24 MN/m³** angesetzt werden. Der Randbereich beträgt i.d.R. 25 % der Breite der Sohlplatte. Bei den festgestellten stark wechselnden Untergrundverhältnissen sollte die Breite des Randbereiches auf 15 % der Breite der Sohlplatte begrenzt werden. Die Breite des Randbereiches beim Gebäude 2 sollte auf 5,2 m und beim Gebäude 3 auf 4,4 m begrenzt werden.
Unter den erhöhten Einzellasten sollte die Bodenplatte voutenförmig um mind. 30 cm verstärkt werden. Der Schotter ist entsprechend tiefer zu führen und bei nur weichen bis steifen Schluffen dicker und tiefer auszuführen, was baubegleitende festgelegt werden muss (Abnahmen + Probeverdichtungen + Plattendruckversuche). In diesem Fall kann ein

Sohlwiderstand von $\sigma_{R,d}$ **= 390 kN/m²** angesetzt werden. Anhand des Sohlwiderstandes und der Einzellast kann die Fläche der voutenförmigen Verstärkung ermittelt werden.

Erfahrungsgemäß ist mit Gesamtsetzungen in einer Größenordnung von ca. s = 1,0-2,0 cm und entsprechend kleineren Setzungsdifferenzen zu rechnen.

In Kellerbereichen, die weniger als 1 m unter geplanter GOK einbinden, ist zur Gewährleistung der Frostsicherheit eine Frostschürze anzuordnen.

9.4 Gründung des Parkdecks

Aus bodenmechanischer Sicht kann das Parkdeck **flach** auf **Einzelfundamenten** in den unter dem Lehm bzw. den Auffüllungen anstehenden mind. mitteldicht gelagerten Sanden (s. RKB/DPM 13, Anlage 3.2 und RKB/DPM 23, Anlage 3.3) gegründet werden. Wir haben die Grenze zwischen gering/nicht und mittel/gut tragfähigem Baugrund in den Profilschnitten der Anlage 3.3 als „Gt erf." angetragen.
Bei planmäßig nicht ausreichender Fundamenttiefe können diese über die statische Fundamenthöhe hinaus in Fundamentbreite mit **Unterbeton** tiefer geführt werden.

Örtliche Verhältnisse sind maßgebend, Baugrubenabnahmen werden empfohlen.

Bei der Dimensionierung der Einzelfundamente sollte der **Bemessungswert des Sohlwiderstandes** von

Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ **= 420 kN/m²**

nicht überschritten werden.
Bei den Bemessungswerten sind die Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen (**Abminderung**). Die zulässige Bodenpressung beträgt somit σ_{zul} **= 300 kN/m².**

10 Bauwerksabdichtung und Dränagen

Da sich das Niederschlagswasser/Schichtenwasser in den durchlässigen Arbeitsräumen einstauen wird, sind die in den Untergrund einbindenden Keller als **"Weiße Wanne"** auszubilden **oder** gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser (Wassereinwirkungsklasse W2.1-E nach DIN 18533-1:2017 bei ≤ 3 m Eintauchtiefe bzw. W2.2-E bei > 3 m Eintauchtiefe) abzudichten und gegen Auftrieb zu bemessen.

Aufgrund der festgestellten Untergrund- und Grundwasserverhältnisse sollte für die Neubauten für den Nachweis der **Auftriebssicherheit** von einem

Bemessungswasserstand = 105,32 m NN bzw. in Höhe verlegter Ringdränagen

ausgegangen werden.

Für die **Abdichtung** der in den Untergrund einbindenden Gebäuden 2 und 3 ist von einem

Bemessungswasserstand = umliegende (geplante) Geländeoberkante

auszugehen.

Für Ringdränagen gelten die Angaben der DIN 4095. Eine rückstaufreie Vorflut bzw. ggf. eine Hebeanlage sind zu gewährleisten. Die Zulässigkeit der Dränage ist planerisch zu klären. Dafür müssen die Ergebnisse der hydrogeologischen Wasserstandsmessungen (Pegel) vorliegen.

Wird ein Aufstauen von Sicker- und Regenwasser durch eine **Ringdränage in Filterbettung nach DIN 4095,** deren Funktionsfähigkeit auf Dauer sicherzustellen ist, verhindert, können die Außenwände gegen Bodenfeuchte und nicht stauendes Wasser gem. DIN 18 195, Teil 4, abgedichtet werden (**Wassereinwirkungsklasse W1.2-E** nach DIN 18533-1:2017).

11 Baugrube und Wasserhaltung

Die Baugrubenböschungen können mit 1:1 oder flacher angelegt werden. Nach vorliegendem Kenntnisstand sind Maßnahmen der **offenen Wasserhaltung** (Baudränagen und Pumpensümpfe) wegen der tief einbindenden Gebäude und der zwischen 4,1 und 7,6 m festgestellten Grundwasserstände nicht immer ausreichend.
Vor allem im Lehm sind jahreszeitlich bedingte stärker vernässte Böschungsbereiche mit einem Auflastfilter aus Schotter der Körnung 0/45 mm keilförmig zu überziehen und am Böschungsfuß eine Dränage anzuordnen.

Unmittelbar vor Beginn der Erdarbeiten sollten Schürfe zur Erkundung der bauzeitigen Wasserstände angelegt werden. Danach kann beurteilt werden, ob eine Grundwasserabsenkung durch Vakuum-Kleinfilterbohrbrunnen mit Kiesfilterummantelung erforderlich ist. Dies sollte als Bedarfsposition mit ausgeschrieben werden, auch um die Erdarbeiten in den tieferen Ebenen ordnungsgemäß ausführen zu können.
Vakuum-Spülfilter würden sich bei dem bindigen Untergrund schnell zusetzen und ihre Wirkung verlieren.

Generell ist die DIN 4123 „Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude“ zu beachten.

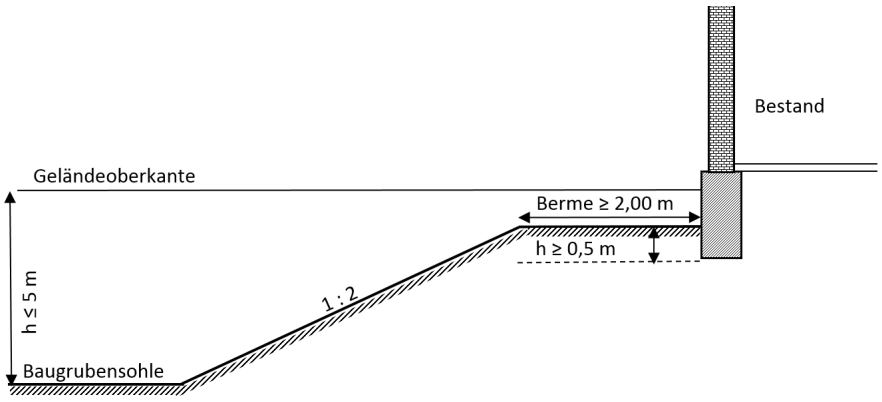


Abbildung 1: *Bodenaushubgrenzen nach DIN 4123 vor bestehenden Gebäuden*

12 Befestigung der Verkehrsflächen

Wie bereits erwähnt, ist die Errichtung von Verkehrsflächen und Pkw-Stellplätzen vorgesehen. Zur Überbrückung der vorhandenen Höhenunterschiede von bis zu 5,5 m sind drei Pkw-Rampen geplant.
Angaben über die Belastungsklasse **Bk** gemäß RStO 12 liegen nicht vor und sind vom Planer anzugeben.

Nach den Erkundungsergebnissen ist der Untergrund überwiegend in die

Frostempfindlichkeitslasse F3 „sehr frostempfindlich“

einzustufen.

Für die Verkehrsflächen gelten dabei unter Zugrundelegung der RStO 12 für den frostsicheren **entwässerten Gesamtaufbau** folgende Mindeststärken. Bei den genannten Dicken ist bereits für **ungünstige Grundwasserverhältnisse** - Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum - ein **Zuschlag von** jeweils **5 cm** enthalten:

Frostempfindlichkeitsklasse	**Dicken bei Belastungsklassen**	
	Bk1,0-3,2	**Bk0,3**
F3	**70 cm**	**60 cm**

Bei Entwässerung der Fahrbahn und der Randbereiche über Rinnen darf eine Minderdicke von -5 cm angesetzt werden.

Der Untergrund bzw. das Planum muss gemäß ZTV E-StB 17 ein Verformungsmodul von mind. **E_{v2} ≥ 45 MPa** aufweisen.
Dieser Verformungsmodul wird bei den bindigen Böden vor allem in Nasszeiten ohne Bodenverbesserungsmaßnahmen nicht zu erreichen sein. Zur Bodenverbesserung des Untergrundes ist eine Untergrundverbesserung für den **Bedarfsfall** vorzusehen.

Die Untergrundverbesserung kann durch einen Bodenaustausch in einer Schichtdicke zwischen 30 und 50 cm erfolgen werden. Als Austauschboden sollte **Kiessand** der Bodengruppe **GW/SW**, **grobkörniges Brechkorn oder RC-Material der Körnung 0/32 oder 0/45 mm mit Feinanteilen von < 5 %** verwendet werden.

Der Austauschboden ist lagenweise je Lage max. 30 cm einzubauen und bis auf 100 % der Proctordichte zu verdichten.

Es müssen im Vorfeld bei Baubeginn Versuchsfelder angelegt werden, um den Gesamtaufbau überprüfen bzw. festlegen zu können.

Falls Geländeauffüllungen nach Abtrag des Mutterbodens für die Herstellung der Rampen und der Verkehrsflächen erforderlich sind, sollte als Baustoff für die Geländeauffüllungen **Kiessand** der Bodengruppe **GW/SW**, **grobkörniges Brechkorn oder RC-Material der Körnung 0/32 oder 0/45 mm mit Feinanteilen von < 5 %** verwendet werden.
Die Geländeauffüllungen sollten lagenweise je Lage max. 30 cm eingebaut und verdichtet werden.
Bei der Verdichtung der Geländeauffüllungen ist ein Verdichtungsgrad von D_{pr} = 100 % der einfachen Proctordichte zu erreichen.

Generell ist bei Verwendung von **RC-Schotter** die **Wasserrechtliche Erlaubnis** zu beachten. Weiterhin müssen die Vorgaben der Ersatzbaustoff Verordnung (ab 01. August 2023 gültig) berücksichtig werden.

Die Verdichtung muss gemäß ZTV E-StB 17 kontrolliert und geprüft werden.

Das Planum unter den Verkehrsflächen muss dauerhaft trocken gehalten, d.h. entwässert werden.

13 Versickerung

Gemäß DWA - REGELWERK (April 2005) "Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ sind für die dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser aus der Sicht des Bodenschutzes die standortspezifischen Eigenschaften des Bodens und aus der Sicht des Grundwasserschutzes die Durchlässigkeit, Mächtigkeit sowie die physikalische, chemische und biologische Leistungsfähigkeit des Sickerraumes von grundlegender Bedeutung. Entscheidend für die Ausbreitung der Wasserinhaltsstoffe in der ungesättigten Zone und für die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung ist nicht der für die gesättigte Zone bestimmte k_f-Wert, sondern der in der ungesättigten Zone geringere $k_{f,u}$-Wert maßgeblich. Der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich liegt etwa in einem k_f-Bereich von 10^{-3} bis 10^{-6} m/s.

Die Mächtigkeit des Sickerraumes bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand sollte grundsätzlich mindestens 1 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

Bei den vorhandenen Untergrundverhältnissen sind o.g. Bedingungen **nicht** erfüllt, so dass eine Regenwasserversickerung **nicht möglich** ist.

14 Orientierende abfalltechnische Untersuchungen

Für die orientierenden abfalltechnischen Untersuchungen wurden 8 Mischproben, wie im Abschnitt 3 beschrieben, zusammengestellt.

Die Ergebnisse der orientierenden chemischen Analysen und die Auswertung gemäß LAGA M20 2004 sowie der Deponieverordnung (DepV) 2020, sind im Anhang aufgeführt.

14.1 Bewertung nach der LAGA M20 2004, TR Boden

Die Wiederverwendbarkeit von **mineralischen Abfällen** mit mineralischen Fremdbestandteilen <10 % kann nach den Technischen Regeln der LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Tech-nische Regeln - Allgemeiner Teil I“ vom 06.11.2003 beurteilt werden.

In den Technischen Regeln werden die folgenden Einbauklassen bzw. Zuordnungswerte (Z) genannt (Abbildung 2).

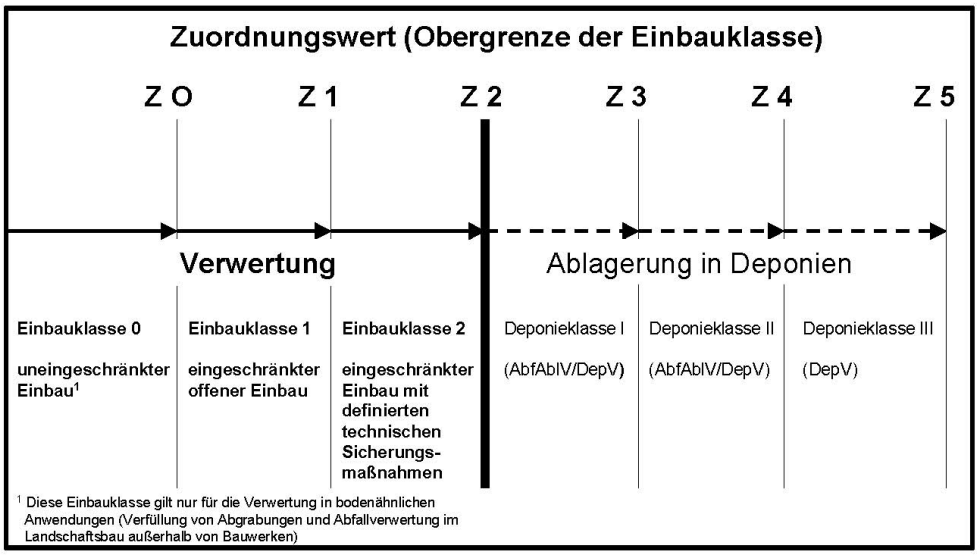


Abbildung 2: Darstellung der Einbauklassen.

Einbauklasse 0 (Zuordnungswerte Z 0):
Ein Sonderfall, der die uneingeschränkte Verwertung von geeignetem **Boden-material** in bodenähnlichen Anwendungen (Verfüllung von Abgrabungen und Abfallverwertung im Landschaftsbau außerhalb von Bauwerken) darstellt.

Einbauklasse 1 (Zuordnungswerte Z 1.1 und Z 1.2):
Eingeschränkter offener Einbau (wasserdurchlässige Bauweise),

Einbauklasse 2 (Zuordnungswerte Z 2):
Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (nicht oder nur gering wasserdurchlässige Bauweise)

Mineralische Abfälle mit Schadstoffgehalten oberhalb der Z 2-Werte können ohne Behandlung nicht wiederverwendet und müssen entsorgt werden.

In der folgenden Tabelle ist die Zuordnung der untersuchten Proben aufgeführt:

Tabelle 9: *Zuordnung der untersuchten Proben gemäß LAGA M20 TR-Boden*

Bezeichnung	Zuordnungswert	Bemerkung
MP 1 Baulager Auffüllungen (Wessling-Nr.: 22-129922-01)	> Z 2	PAK_{16} = 126,8 > 30 mg/kg TS Benzo(a)pyren = 9,5 > 3 mg/kg TS
MP 2 Baulager anstehender Lehm bis 4,0 m v. GOK (Wessling-Nr.: 22-129922-02)	Z 1.2	Sulfat = 27 > 20 mg/l
MP 3 Gebäude 2 Auffüllungen (Wessling-Nr.: 22-129922-03)	> Z 2	LHKW = 1,2 > 1 mg/kg TS
MP 4 Gebäude 2 anstehender Lehm bis 6,5/8,5 m v. GOK (Wessling-Nr.: 22-129922-04)	Z 1.2	Sulfat = 43 > 20 mg/l
MP 5 Gebäude 3 Auffüllungen (Wessling-Nr.: 22-129922-05)	> Z 2	LHKW = 2,7 > 1 mg/kg TS
MP 6 Gebäude 3 anstehende Sande (Wessling-Nr.: 22-129922-06)	Z 0	-/-
MP 7 Gebäude 3 anstehender Lehm bis 6,3/8,5 m v. GOK (Wessling-Nr.: 22-129922-07)	Z 1.2	Sulfat = 33 > 20 mg/l
MP 8 Außenanlagen Auffüllungen (Wessling-Nr.: 22-129922-08)	> Z 2	PAK_{16} = 49,7 > 30 mg/kg TS Benzo(a)pyren = 3,6 > 3 mg/kg TS

14.2 Bewertung nach der Deponieverordnung (DepV) 2020

In der folgenden Tabelle ist die Zuordnung der untersuchten Proben aufgeführt:

Tabelle 10: *Zuordnung der untersuchten Proben gemäß der DepV 2020*

MP 1 Baulager Auffüllungen (Wessling-Nr.: 22-129922-01)	> DK 0	∑ PAK und EPA 126,8 mg/kg TM > 30 mg/kg TM
MP 2 Baulager anstehender Lehm bis 4,0 m v. GOK (Wessling-Nr.: 22-129922-02)	DK III*(DK 0)	Glühverlust 5,1 Masse % TM > 5 Masse % TM
MP 3 Gebäude 2 Auffüllungen (Wessling-Nr.: 22-129922-03)	DK II*(DK 0)	TOC 2,5 Masse % TM > 1 Masse % TM
MP 4 Gebäude 2 anstehender Lehm bis 6,5/8,5 m v. GOK (Wessling-Nr.: 22-129922-04)	DK III*(DK 0)	Glühverlust 5,7 Masse % TM > 5 Masse % TM
MP 5 Gebäude 3 Auffüllungen (Wessling-Nr.: 22-129922-05)	DK II*(DK 0)	TOC 1,52 Masse % TM > 1 Masse % TM
MP 6 Gebäude 3 anstehende Sande (Wessling-Nr.: 22-129922-06)	DK 0	-/-
MP 7 Gebäude 3 anstehender Lehm bis 6,3/8,5 m v. GOK (Wessling-Nr.: 22-129922-07)	DK III*(DK 0)	Glühverlust 5,9 Masse % TM > 5 Masse % TM

Bezeichnung	Deponieklasse	Bemerkung
MP 8 Außenanlagen Auffüllungen (Wessling-Nr.: 22-129922-08)	DK II	TOC 2,85 Masse % TM > 1 Masse % TM ∑ PAK und EPA 49,7 mg/kg TM > 30 mg/kg TM

[1]Die Einstufung erfolgte nur aufgrund des TOC-Gehalts bzw. Glühverlustes. TOC und Glühverlust können auf natürliche Bestandteile in Böden zurückführen. Für Verwertungsoptionen zum Aufbau einer durchwurzelbaren Bodenschicht (z. B: Rekultivierungsschicht von Abraumhalden, Deponien, etc.) stellen der erhöhte TOC-Gehalt und der erhöhte Glühverlust, da auf natürliche Bodenbestandteile zurückgehend, keine Einschränkung dar und es gilt der Klammerwert. Sonstige Verwertungsmöglichkeiten auf der Deponie sind mit der zuständigen Abfallbehörde bzw. Bodenschutzbehörde abzustimmen.

15 Zusammenfassung, Weiteres

In der vorliegenden Bearbeitung haben wir auf der Grundlage der Baugrunderkundungen Vorschläge für die Gründung der geplanten Neubauten ausgearbeitet. Bei gravierender Planänderung sollten wir zur weiteren Abstimmung benachrichtigt werden.

Die Verdichtungsarbeiten sind gemäß ZTV E-StB 17 zu überwachen und zu kontrollieren.

Werden bei den Erd- und Aushubarbeiten zwischen unseren Aufschlusspunkten veränderte Verhältnisse festgestellt werden, so ist unser Büro unverzüglich zu informieren und zur Baugrubenabnahme aufzufordern.

Ab dem 01.08.2023 tritt die Ersatzbaustoffverordnung (EBV) in Kraft, so dass die Untersuchungen der anfallenden Aushubböden gemäß EBV durchzuführen sind.

Damit ist unser Auftrag abgeschlossen.

Für Rückfragen stehen wir jederzeit zur Verfügung.

ERDBAULABOR SCHEMM GmbH – INGENIEURBÜRO

B.Sc. A. Marjeh Dipl.-Ing. Marjeh