

## GUTACHTEN

**Projekt:** Neubau eines Mehrgenerationenhauses  
Mälzerstraße 15 in 33098 Paderborn



- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

**Bauherr/AG:** L & L IMMO INVEST GMBH  
Driburger Straße 24, 33100 Paderborn

**Auftragnehmer:** KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH  
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

**Projekt-Nr.:** 23 05 63

Lippstadt, den 01. August 2023

**Geschäftsführer**

Udo Kleegräfe  
Dipl.-Ing. (FH) Jochen Kleegräfe  
Amtsgericht Paderborn, HRB B5917  
Steuer-Nr. 330/5724/0904

**Bankverbindung**

Volksbank Lippstadt  
BIC: GENODEM1LPS  
IBAN: DE94 4166 0124 0763 6562 00

Sparkasse Lippstadt  
BIC: WELADED1LIP  
IBAN: DE69 4165 0001 0000 0282 90

- INHALTSVERZEICHNIS -

<b><u>1. AUFGABENSTELLUNG / VORGANG / LAGE</u></b>	<b>3</b>
<b><u>2. UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG</u></b>	<b>5</b>
2.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE	5
2.2 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE	7
<b><u>3. INGENIEURGEOLOGISCHE BAUGRUNDBEURTEILUNG</u></b>	<b>10</b>
3.1 BAUGRUNDBEURTEILENDE LABORVERSUCHE	10
3.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5)	12
3.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	14
3.4 BODENKLASSEN, HOMOGENBEREICHE, BODENGRUPPEN UND FROSTKLASSEN	15
3.5 HOMOGENBEREICHE GEM. VOB TEIL C	17
<b><u>4. HINWEISGEBUNGEN ZUR BAUDURCHFÜHRUNG</u></b>	<b>20</b>
4.1 ALLGEMEINE HINWEISGEBUNGEN	23
4.2 ERRICHTUNG DER KG-BODENPLATTEN (PLATTENGRÜNDUNG)	29
<b><u>5. ANLAGEN</u></b>	<b>32</b>

## 1. Aufgabenstellung / Vorgang / Lage

In 33098 Paderborn wird an der 'Mälzerstraße 15' die Errichtung eines unterkellerten Mehrgenerationenhauses geplant (Gemarkung Paderborn, Flur 055, Flurstück 227). Das sechsgeschossige Plangebäude bestehend aus einem Kellergeschoss, einem Erdgeschoss, zwei Obergeschossen und zwei Dachgeschossen soll auf einem derzeit zum Teil bebauten Grundstück errichtet werden. Innerhalb des Gebäudes wird eine Fahrstuhlunterfahrt geplant.

Aufgabe war die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und Baugrundbeurteilung für das Plangebäude sowie gründungstechnische Hinweisgebungen. Nicht Bestandteil der Beauftragung ist der Rückbau des Bestandsgebäudes. Es wird im Folgenden von einem ordnungsgemäßen Rückbau und einer entsprechenden ordnungsgemäßen Rückverfüllung ausgegangen.

Der Bauherr, die L & L IMMO INVEST GMBH (Driburger Straße 24, 33100 Paderborn), beauftragten über u. g. Planer das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH (Holzstraße 212, 59556 Lippstadt) mit den Untersuchungen sowie der Erstellung des Gutachtens.

Bauherr: L & L IMMO INVEST GMBH  
 Driburger Straße 24, 33100 Paderborn

Planer: ANJA DOHLE ARCHITEKTIN  
 Waldweg 2, 33104 Paderborn

Bodengutachter: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH  
 Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Für die Geländearbeiten sowie die Ausarbeitung stehen folgende am 30.05.2023 von o. g. Planer übermittelte Unterlagen zur Verfügung:

- Lageplan (Maßstab 1:500, ohne Stand)
- Unterlagen zum Bauantrag (ohne Stand)
- Grundrisse und Schnitte (1:100, Stand 25.04.2023)

Gelände (16.06.2023)	- Rammkernsondierung (Ø 60 - 50 mm)	3 Stück
	- Einmessung in Höhe und Lage	3 Stück
	- Leichte Rammsondierung (DPL-5)	3 Stück
Boden- mechanisches Labor	- Korngrößenanalyse (DIN EN ISO 17892-4)	5 Stück
	- Wassergehaltsbestimmung (DIN EN ISO 17892-1)	5 Stück
	- Konsistenzgrenzenbestimmung (DIN EN ISO 17892-12)	3 Stück

**Tabelle 1:** Untersuchungsumfang Gelände und Labor

Die Lage der Ansatzpunkte geht aus der Anlage 1.1 (Lageplan 1:500) hervor. Nach Abschluss der Aufschlussarbeiten sind die Sondier- und Bohransatzpunkte georeferenziert mit einem satellitengestützten Gerät der Fa. TOPCON lagemäßig eingemessen und höhenmäßig einnivelliert worden (Bezug UTM32U, DHHN92 = m NHN; HST 160). Der Anlage 6.1 ist eine Fotodokumentation der Geländearbeiten zu entnehmen.

Lage: Das relevante Areal befindet sich innerhalb der südwestlichen Kernstadt von Paderborn. Das Areal grenzt unmittelbar nordwestlich an den 'Bürgerpark'. Die 'Mälzerstraße' erschließt das relevante Areal von Norden her. Der Nahbereich wird durch Wohnbebauung geprägt. Weiter nördlich befindet sich der Hauptbahnhof von Paderborn.

Vorfluter: Im unmittelbaren Nahbereich befinden sich keine Vorfluter. Die 'Pader' fließt in etwa 1 km nördlicher Entfernung zum Untersuchungsgebiet.

Morphologie: Im Untersuchungsgebiet konnten mäßige Höhenunterschiede von 0,45 m zwischen den Bohransatzpunkten festgestellt werden. Die Höhenkoten liegen zwischen +125,20 m NHN (BS 1) und +125,65 m NHN (BS 3), wobei die Bohrungen etwa 25,0 m voneinander entfernt liegen. Es handelt sich um die Frosteinwirkungszone I (gem. RStO 12).

Vornutzung: Dem IB KLEEGRÄFE liegt lediglich die Information vor, dass das relevante Areal mit einem Wohnhaus bebaut ist, welches im Zuge der Neuerrichtung des Mehrgenerationenhauses rückgebaut werden muss. Über weitere Vornutzungen wurde das IB KLEEGRÄFE nicht in Kenntnis gesetzt. Es wird von einer reinen Nutzung als Wohnfläche ausgegangen. Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse wird zunächst angenommen, dass es sich um eine unbelastete Fläche handelt.

Ver- und Entsorgungsleitungen: Alle Ver- und Entsorgungsleitungen im Grundstücksbereich sind im weiteren Verlauf der Arbeiten zu schützen.

Erdbebenzone/Gefährdungspotenziale: Nach der online 'Karte der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland, hier: NRW' (1:350.000, Geologischer Dienst NRW, 2018) ist das Arbeitsgebiet in einem 'Gebiet außerhalb von Erdbebenzonen' gelegen. Das Online-Fachinformationssystem 'Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW' des Geologischen Dienstes NRW gibt für die von der Maßnahme betroffenen Teilbereiche der Planquadrate Gefährdungspotenziale durch 'verkarstungsfähiges Gestein' an.

Das Areal ist außerhalb von ausgewiesenen oder geplanten Überschwemmungsgebieten, Heilquellen- oder Trinkwasserschutzzonen gelegen.

Radon: Das deutsche Strahlenschutzgesetz ist seit Dezember 2018 in Kraft. Es enthält in den §§ 121 bis 132 erstmals verbindliche rechtliche Regelungen zum Radonschutz.

Gemäß Mitteilung des *Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NRW* vom 28.01.2021 kommt es in NRW zu keiner Radonvorsorgegebietsausweisung, da die diesbezüglichen Kriterien in NRW an keinem Ort erfüllt werden.

Vorbemerkung: Kenntnisse über das Vorhandensein nicht zur Wirkung gekommener Kampfmittel und/oder archäologischer Artefakte/Bodendenkmäler liegen dem AN nicht vor und die diesbezügliche Ermittlung ist nicht Bestandteil der Beauftragung. Ebenfalls nicht Bestandteil der Beauftragung ist die Einholung von Auskünften aus dem Altlastenkataster und/oder die Durchführung einer orientierenden Altlastenuntersuchung/Gefährdungsabschätzung sowie der Rückbau des Bestands.

**Die in diesem Gutachten gemachten Angaben sind ausschließlich projektbezogen zu verwenden. Das Gutachten ist geistiges Eigentum der Fa. KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH. Die Weitergabe an Dritte - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der Fa. KLEEGRÄFE gestattet.**

## 2. Untergrunderschließung

### 2.1 Untergrundsichtung / Geologie

Die Bodenansprache erfolgte durch einen fachkundigen Geologen nach den entsprechenden DIN-Normen. Die Bohrungen wurden im Bereich des geplanten Mehrgenerationenhauses positioniert, zu Schichtprofilen entwickelt und höhenmäßig zueinander in Beziehung gestellt (siehe Schnittdarstellung - Anlage 2.1).

Die Materialansprache und -einteilung (Kies-Sand-Schluff-Ton) im Gelände erfolgte gemäß DIN nach der im Bohrgut vorhandenen Korngröße. Die Sondierungen stellen punktuelle Untergrundaufschlüsse dar, daher kann an anderen Stellen ein von den unten gemachten Angaben abweichender Untergrundaufbau vorliegen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sind zusammenfassend in der Tabelle 2 aufgeführt.

Aufgrund des verwendeten Sondendurchmessers konnte kein Material in Stein- und Blockkorngröße erbohrt werden. 'In-situ' kann jedoch im gesamten Profilbereich Material in Stein- und Blockkorngröße grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden (z.B. 'grober Bauschutt', 'Verwitterungsrelikte' o.ä.).

Bei den angetroffenen 'Verwitterungsbildungen' handelt es sich zwar der Korngröße nach um ein vorwiegend toniges, lehmiges und kiesiges Material, dieses wurde jedoch

aus einem übergeordneten Verband entnommen. Es handelt sich nicht um ein korngestütztes Lockergestein im engeren Sinne (wie z.B. Auenlehm), sondern um ein zu unterschiedlichen Graden ver- bzw. angewittertes Halbfest- bis Festgestein. Dies wird auch durch die zweigeteilte Signatur in den Schichtenprofilen berücksichtigt.

BS	1	2	3
Ansatzhöhe	+125,20	+125,45	+125,65
Betonplatte	-0,08	-	-
Füll-Mutterboden	-	-0,33	-0,35
Füllschluff	0,37-0,80	-	0,35-0,95
Füllsand	0,08-0,17	-	-
Füllkies	0,17-0,37	-	-
Löss	0,80-1,40	0,33-0,95	0,95-1,15
Verwitterungston	1,60-1,75	0,95-1,40	-
Verwitterungslehm	1,40-1,60	1,40-1,80	1,15-1,40
Verwitterungsschutt	ab 1,75	ab 1,80	ab 1,40
Grundwasser	-	-	-
DPL-5	2,20*	2,10*	2,20*
Endteufe	2,70*	1,95*	2,00*

**Tabelle 2:** Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse, Angaben in m u.GOK / m NHN;  
 braun = organische Beimengungen, \* = kein weiterer Bohr-/Rammfortschritt;  
 rot = Schlacken

Geologie: Das oberkretazische Grundgebirge (*Cenoman bis Unterconiac-Stufe*; Kalk-/Mergelkalkstein) konnte bis zu den maximal erreichten Bohrendteufen von 2,70 m u. GOK in verwitterter bzw. angewitterter Form erbohrt werden (Verwitterungston/-lehm/-schutt). Das Festgestein, welches laut digitalen Kartendaten (Bohrungen NRW) relativ oberflächennah anstehen soll, wird erst unterhalb der Bohrendteufen erwartet.

Die erbohrten, den mittleren Profildbereich prägenden, äolischen Löss-Böden werden in die Weichsel-Kaltzeit des pleistozänen Quartärs eingestuft. Die oberflächlich angetroffenen Auffüllungen, Versiegelungen und Oberböden wurden in jüngerer Zeit durch menschlichen Eingriff aufgebracht.

Bodenbelastungen: Grundsätzlich wurde das gefördert Bohrgut auch einer umweltgeologischen Bodenansprache unterzogen und auf auffällige bzw. schadstoffbehaftete Inhaltsstoffe kontrolliert.

Bei der Boden-/Materialansprache wurden an den gewachsenen Böden keine sensorischen Auffälligkeiten erkannt. In den Auffüllungen wurden lediglich im Bereich des Schotters der BS 1 Schlacke-Beimengungen erkannt, welche ein Verunreinigungspotential führen können. Die übrigen Auffüllungsmaterialien wiesen keine Auffälligkeiten auf.

Hinzuweisen sei darauf, dass sich diese Aussagen ausschließlich auf die Bodenproben beziehen und Bohrungen punktuelle Aufschlüsse darstellen.

Sofern Aushubmassen vom Grundstück abgefahren werden sollen, sollten diese ergänzend chemisch auf die Parameterumfänge gemäß Ersatzbaustoffverordnung (EBV), ggf. Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) und Deponieverordnung (DepV), welche seit dem 01.08.2023 gültig sind untersucht werden, um qualifizierte Aussagen zur Wiedereinbaueignung bzw. Entsorgung treffen zu können.

## 2.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Bei den angetroffenen Nässeverhältnissen handelt es sich um eine zeitliche Momentaufnahme. Langfristige Messdaten liegen nicht vor. Die Bohrarbeiten wurden in einer niederschlagsmäßig 'normalen' bis eher 'feuchten' Sommerperiode durchgeführt. Die angetroffenen Feuchtezustände stellen keine Hoch- oder Maximalstände dar. In länger niederschlagsintensiven Perioden ist mit höheren Bodenfeuchten bzw. geringeren Grundwasser-Flurabständen zu rechnen (Anstiegspotenzial).

Untergrundfeuchte: Am Untersuchungstag konnte nach dem Ziehen der Sonden in keinem der Bohrlöcher Grundwasser direkt gelotet werden. Grundwasser bzw. eine 'zusammenhängende Untergrundfeuchte' wird erst deutlich tiefer im kompakten Grundgebirge erwartet (Kluft-Grundwasserleiter). Laut digitalem Kartennetzwerk ELWAS weist der verkarstete Festgesteins-Grundwasserleiter eine gute Durchlässigkeit und hohe Ergiebigkeit auf.

Stauanäsepotenzial: Von dem Löss, den bindigen und verlehnten Verwitterungsbildungen sowie von den bindigen und verlehnten Auffüllungsmaterialien geht ein deutliches Stauanäsepotenzial aus. Nach Offenlegung ist bei Niederschlagsereignissen mit Stauwasser sowie einer Konsistenzverringern von bindigen Böden zu rechnen. Es ist in diesem Zusammenhang auf die Nässe-sensibilität und -anfälligkeit von bindigen Böden hinzuweisen, welche bei einer Wassergehaltszunahme (= Feuchteerhöhung) eine Baugrundgüteverschlechterung infolge einer Konsistenzabnahme (Aufweichungen) aufzeigen.

Von den Füllsanden und den gering verlehnten Verwitterungsbildungen geht kein nennenswertes bis ein allenfalls geringes Stauanäsepotenzial aus.

Bemessungswasserstand: Hinsichtlich der Festlegung des für die Faktoren 'Auftrieb' und 'drückende Wasserverhältnisse' ausschlaggebenden Bemessungswasserstandes sei darauf hingewiesen, dass die dafür gemäß DIN 18533 bzw.

Merkblatt BWK-M8 notwendigen Daten, insbesondere was den Punkt 'langjährige Beobachtungsergebnisse aus der Umgebung' anbelangt, keine ausreichende Datengrundlage besteht.

Für das vorliegende Bauvorhaben wird nach DIN 18533 bzw. Merkblatt BWK-M8 empfohlen, den **Bemessungswasserstand für den Faktor Stauwasser in Höhe der aktuellen GOK** zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen anzusetzen.

**Hydrogeologisches Fazit:** Grundwasser konnte am Untersuchungstag nicht angetroffen werden. Es besteht ein Grundwasser-Anstiegspotenzial im hydrogeologischen Jahresverlauf. Der Bemessungswasserstand für den Faktor Stauwasser sollte in Höhe der aktuellen GOK angesetzt werden. Einer Nässebeeinflussung der Unterflurbauteile ist durch eine Abdichtung nach DIN 18 533 gem. Lastfall W2.1-E ('mäßige Einwirkungen von drückendem Wasser'  $\leq 3,00$  m Wassersäule) bzw. gem. Lastfall W2.2-E ('hohe Einwirkungen von drückendem Wasser'  $> 3,00$  m Wassersäule), vor allem im Bereich der Fahrstuhlunterfahrt entgegenzuwirken. Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die 'Expositionsklassen für Betonbauteile' zu berücksichtigen.

Von statischer Seite ist der Faktor Auftrieb zu berücksichtigen!

Die die Wasserdurchlässigkeit bestimmenden  $k_f$ -Werte ('Durchlässigkeitsbeiwerte') können für die erfassten und prägenden Bodenschichten wie folgt angegeben werden.

<b>Bodenart</b>	<b><math>k_f</math> -Wert in m/s</b>
<u>Füllkies:</u>	
Kies, schluffig, schwach sandig, schwach tonig .....	$10^{-5}$ - $10^{-8}$
<u>Füllsand:</u>	
Sand, feinkiesig .....	$>10^{-4}$ - $10^{-6}$
<u>Füllschluff:</u>	
Schluff, schwach sandig, schwach tonig, z. T. schw. kiesig, schw. org. ....	$10^{-7}$ - $<10^{-9}$
<u>Löss:</u>	
Schluff, schwach sandig, schwach tonig, z.T. schwach kiesig .....	$10^{-7}$ - $<10^{-9}$
<u>Verwitterungston:</u>	
Ton, stark schluffig, schwach sandig, z. T. schwach kiesig.....	$10^{-8}$ - $<10^{-9}$
<u>Verwitterungslehm:</u>	
Schluff, schwach tonig, z.T. (schwach) kiesig .....	$10^{-7}$ - $<10^{-9}$
<u>verlehmter Verwitterungsschutt:</u>	
Kies, schluffig, schwach tonig.....	$10^{-6}$ - $10^{-9}$
<u>Verwitterungsschutt:</u>	
Kies, schwach steinig, schwach sandig.....	$>10^{-4}$ - $10^{-5}$

Bewertung der Lockergesteinsdurchlässigkeit mittels Durchlässigkeitsbeiwert (nach DIN 18 130)			
• stark durchlässig	:	$> 10^{-4}$	m/s
• durchlässig	:	$10^{-5}$ - $10^{-6}$	m/s
• gering durchlässig	:	$10^{-7}$ - $10^{-8}$	m/s
• sehr gering durchlässig	:	$< 10^{-8}$	m/s

### 3. Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

#### 3.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche

Korngrößenanalyse (DIN EN ISO 17892-4): Es wurden insgesamt fünf Korngrößenanalysen zur Charakterisierung der relevanten Lockergesteinseinheiten durchgeführt. In der Anlage 3.1 sind die Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Ergebnisse der Analysen sind zusammenfassend in der Tabelle 3 aufgeführt.

Probe / (Genese)	Profilbereich m u.GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	d <sub>20</sub> (mm)	k <sub>r</sub> -Wert (m/s)*	Wassergehalt w
1/6 (Zv, T)	1,60-1,75	<b>44,0</b>	<b>43,5</b>	12,4	0,1	<0,002	<b>&lt;1,0 x 10<sup>-9</sup></b>	26,88 %
1/8 (Zv, G)	2,28-2,70	<b>37,8</b>		11,3	<b>50,9</b>	<0,063	<b>&lt;1,0 x 10<sup>-9</sup></b>	9,68 %
2/4 (Zv, U)	1,40-1,80	<b>34,6</b>	<b>54,8</b>	10,6	-	<0,002	<b>&lt;1,0 x 10<sup>-9</sup></b>	14,91 %
2/5 (Zv, G)	1,80-1,95	<b>70,9</b>		8,4	20,7	<0,063	<b>&lt;1,0 x 10<sup>-9</sup></b>	10,37 %
3/3 (U)	0,95-1,15	<b>17,0</b>	<b>66,4</b>	16,6	-	<0,002	<b>~2,2 x 10<sup>-9</sup></b>	21,07 %

**Tabelle 3:** Ergebnisse der Korngrößenanalysen/Wassergehaltsbestimmungen

Genese: Zv, T = Verwitterungston, Zv, G = Verwitterungsschutt, Zv, U = Verwitterungslehm, U = Löss; **fett** = prägend;

k<sub>r</sub>-Wertebestimmung: n. BEYER bei nicht bindigen Böden; n. MALLET&PAQUANT bei bindigen Böden

DIN 18 130: **stark durchlässig** / **durchlässig** / **gering durchlässig** / **sehr gering durchlässig**

Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen zeigen, dass die bodenmechanischen Eigenschaften der bindigen Verwitterungsbildungen auch von bindigen Bestandteilen, d.h. schluffig-tonigen Komponenten geprägt werden. Es liegt jeweils ein untergeordneter sandiger Anteil vor. Der Verwitterungsschutt des tieferen Profilbereichs weist neben dem dominanten Kies-Anteil ebenfalls einen relevanten bindigen Anteil auf. Der hangende Verwitterungsschutt hingegen wird von dem bindigen Anteil geprägt (Zerfall des groben Materials).

Die Löss-Probe wird von den bindigen, schluffig-tonigen Anteilen geprägt. Es liegt zudem ein gewisser Sand-Anteil vor.

#### Bodenbezeichnung nach DIN 4022 und Bodenklassen nach DIN 18 196:

Probe 1/6: Ton-Schluff-Gemisch, schwach sandig	(DIN 18 196: TA/UA)
Probe 1/8: Kies, stark bindig, schwach sandig	(DIN 18 196: GU*/GT*)
Probe 2/4: Schluff-Ton-Gemisch, schwach sandig	(DIN 18 196: UM/TM)
Probe 2/5: Bindiger Boden, kiesig, schwach sandig	(DIN 18 196: UM/TL)
Probe 3/3: Schluff, tonig, sandig	(DIN 18 196: UM/TL)

Durchlässigkeit: Der Durchlässigkeitsbeiwert (Durchlässigkeitskoeffizient) kann bei bindigen Böden orientierend anhand der Kornverteilungskurve nach MALLET&PAQUANT bestimmt werden. Für die untersuchten Proben ergeben sich Durchlässigkeiten von  $k_f \sim 2,2 \times 10^{-9} \text{ m/s}$  bis  $k_f < 1,0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ . Diese sind nach DIN 18 130 als 'sehr schwach durchlässig' einzustufen.

Wassergehaltsbestimmung (DIN EN ISO 17892-1): Die untersuchten Böden weisen eine 'normale' bis 'leicht erhöhte' Durchfeuchtung auf (Anlage 4.1).

Ungleichförmigkeit: Obwohl die untersuchten Böden überwiegend hohe Ungleichförmigkeitszahlen von  $U > 15$  aufweisen, dürfen die bindigen Böden keinesfalls direkt nachverdichtet werden, da dies die Bodenstruktur zerstört.

Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): Nach der Frostempfindlichkeitsklassifikation der ZTVE-StB sind die untersuchten Proben aufgrund der prägenden bindigen Anteile in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 einzustufen ('sehr frostempfindlich').

Zustandsgrenzenbestimmung (DIN EN ISO 17892-12): Die Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen wurde ergänzend an den in Tabelle 4 aufgeführten Proben vorgenommen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 4 zusammengefasst und in den Anlagen 5.1 - 5.3 dargestellt.

Probe	Genese (Bodenansprache)	Fließgrenze $w_L$	Ausrollgrenze $w_P$	Plastizitätszahl $I_P$	Wassergehalt $w$	Konsistenzzahl $I_C$
1/6	Verw.-Ton	56,4 %	26,2 %	30,2 %	26,9 %	0,98 ('steif')
2/4	Verw.-Lehm	41,2 %	18,1 %	23,1 %	14,9 %	1,14 ('halbfest')
3/3	Löss	41,3 %	19,7 %	21,6 %	21,1 %	0,94 ('steif')

**Tabelle 4:** Ergebnisse der Zustandsgrenzenbestimmungen

Bei Einsatz der gewonnenen Daten in das Plastizitätsdiagramm nach CASAGRANDE liegt die untersuchte Bodenprobe 1/6 im Bereich der nach DIN 18 196 bezeichneten Bodengruppe 'ausgeprägt plastische Tone' (TA) und die Probe 2/4 im Bereich 'mittel plastische Tone' (TM). Die untersuchte Bodenprobe 3/3 kommt im Bereich der Bodengruppe 'mittel plastische Tone' (TM) zu liegen.

Bei Betrachtung der Plastizitätszahlen sowie Einsetzung in den sog. Konsistenzbalken nach ATTERBERG ergibt sich für diese Proben ein eher mäßig breiter Bildsamkeitsbereich (= mäßige Nässesensibilität). Der Boden reagiert folglich eher weniger schnell auf eine Wassergehaltsänderung.

Im ungestörten Zustand liegt der Boden bei Nässeverhältnissen wie am Untersuchungstag in steifer bis halbfester Konsistenz vor.

Nach Auskoffnung (Wegnahme der Überlagerungsspannung) und/oder ungünstigen Witterungsbedingungen ist allgemein eine Konsistenzabnahme bis hin zum weichen Zustand möglich.

**Bodenmechanisches Fazit:** Die bodenmechanischen Eigenschaften der untersuchten Böden werden überwiegend von bindigen Bestandteilen geprägt. Der normal bis leicht erhöht durchfeuchtete Boden ist als 'sehr schwach durchlässig' einzustufen und entsprechend seinem Feinkornanteil einheitlich der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 ('sehr frostempfindlich') zuzuordnen. Es ist zum Teil von einer deutlichen Witterungs- und Bewegungsempfindlichkeit der bindigen Profilbereiche auszugehen.

### **3.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche (DPL-5)**

Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an die DIN 4094 bzw. DIN EN ISO 22476-2 und TP BF-StB Teil B15.1 und wurden mit der sog. leichten Rammsonde durchgeführt (DPL = 'Dynamic Probing Light 5', 5 cm<sup>2</sup> Spitzenquerschnitt). Die DPL erfolgten jeweils nahe der BS 1 bis BS 3. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe  $n_{10}$  gegen die Tiefe. Die Rammdiagramme der DPL sind in der Anlage 2.1 grafisch dargestellt und den jeweiligen Rammkernsondierungen gegenübergestellt. Ausgewertet werden lediglich die Bereiche unterhalb der ohnehin vollständig aus dem Baufeld abzuschiebenden Mutterböden sowie unterhalb der Beton-Versiegelung.

- ⇒ Böden bis ca. +124,00 m NHN (etwa 1,20-1,65 m u. GOK): Im oberen Profilmereich bis ca. +124 m NHN liegen überwiegend geringe Schlagzahlen von  $n_{10} \sim 3-8$  vor, womit die bindigen Böden in weichen Konsistenzen vorliegen und die nicht-bindigen Auffüllungsmaterialien in lockeren Lagerungen anstehen.
  
- ⇒ Böden ab +124,00 m NHN (ab etwa 1,20-1,65 m u. GOK): Ab g. g. Teufenlage konnten einheitlich in allen Rammsondierungen mäßig hohe bis hohe Schlagzahlen von  $n_{10} \geq 10$  bis  $\geq 100$  ermittelt werden. Die bindigen Verwitterungsbildungen weisen zunächst mäßig hohe Schlagzahlen auf (steife bis halbfeste Konsistenzen). Bei dem Übergang zum kiesigen und steinigen Verwitterungsschutt nehmen die Schlagzahlen deutlich zu (dichte Lagerungsverhältnisse), sodass bereits ab ca. 2,10 m bis 2,20 m u. GOK kein weiterer Rammfortschritt festgestellt werden konnte.

Durch die stark dichten Lagerungen konnte auch kein Bohrfortschritt bis zum geplanten Endteufenniveau erzielt werden.

Diese Böden bieten i. d. R. bei vorliegendem Bauvorhaben eine gute und ausreichende Eignung zum Lastabtrag.

Es wird zur Tiefe hin von einer Zunahme der Lagerungsdichte bis hin zum Übergang zum Festgestein ausgegangen.

### 3.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 5 werden, basierend auf örtlichen Erfahrungs- und Literaturwerten, Schwankungsbreiten der bodenmechanischen Kennwerte für die gründungsrelevanten Bodenschichten aufgeführt. Sie stellen 'vorsichtige Schätzwerte der Mittelwerte' (charakteristische Werte) dar.

BODENART	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi_k$ bzw. $\varphi_{s,k}$ (°)	$c_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$E_{s,k}$ (kN/m <sup>2</sup> )
<u>Schotterpolster</u> : Kies, sandig, schwach schluffig; ± dicht	21,0 - 22,0	13,0 - 14,0	35,0 - 37,5 <b>RW 35,0</b>	0	60.000 - 100.000 <b>RW 80.000</b>
<u>Löss</u> : Schluff, tonig, sandig; weich	18,5 - 19,0	8,5 - 9,0	17,5 - 22,5 <b>RW 20,0</b>	0	3.000 - 5.000 <b>RW 4.000</b>
<u>Löss</u> : Schluff, tonig, sandig; weich-steif	19,0 - 19,5	9,0 - 9,5	22,5 - 25,0	0	4.000 - 8.000 <b>RW 6.000</b>
<u>Verwitterungston</u> : Ton-Schluff-Gemisch, schwach sandig; weich	18,5 - 19,0	8,5 - 9,0	17,5 - 22,5 <b>RW 20,0</b>	0 - 2 <b>RW 0</b>	3.000 - 5.000 <b>RW 4.000</b>
<u>Verwitterungston</u> : Ton-Schluff-Gemisch, schwach sandig; steif	19,0 - 20,0	9,0 - 10,0	22,5	5 - 10 <b>RW 5</b>	8.000 - 15.000 <b>RW 12.000</b>
<u>Verwitterungslehm</u> : Schluff-Ton-Gemisch, schwach sandig; weich-steif	18,5 - 20,0	8,5 - 10,0	17,5 - 22,5 <b>RW 19,0</b>	0 - 2 <b>RW 0</b>	3.000 - 8.000 <b>RW 6.000</b>
<u>Verwitterungslehm</u> : Schluff-Ton-Gemisch, schwach sandig; steif-halbfest	19,5 - 20,5	9,5 - 10,5	17,5 - 22,5 <b>RW 20,0</b>	5 - 10 <b>RW 5</b>	8.000 - 15.000 <b>RW 12.000</b>
<u>stark verlehmtter Verwitterungsschutt</u> : Bindiger Boden, kiesig, schwach sandig; steif-halbfest	20,0 - 21,0	12,0 - 13,0	32,5	0	25.000 - 40.000 <b>RW 35.000</b>
<u>Verwitterungsschutt</u> : Kies, stark bindig, schwach sandig; dicht/halbfest	20,5 - 21,5	12,5 - 13,5	35,0	0	30.000 - 60.000 <b>RW 50.000</b>
<u>Grundgebirge (nicht direkt erbohrt)</u> : angewittert bis unverwittert; halbfest bis fest	21,0 - 24,0	11,0 - 14,0	30,0 - 40,0 <b>RW 35,0</b>	20 - 30 <b>RW 20</b>	60.000 - 100.000 <b>RW 80.000</b>

**Tabelle 5:** Bodenmechanische Kennwerte der gründungsrelevanten Bodeneinheiten

$\gamma$  = Wichte des erdfeuchten Bodens  
 $\varphi_k$  = Reibungswinkel  
 $c_k$  = Kohäsion  
 RW = Rechenwert

$\gamma'$  = Wichte d. Bodens unter Auftrieb  
 $\varphi_{s,k}$  = Ersatzreibungswinkel  
 $E_{s,k}$  = Steifeziffer

### 3.4 Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen und Frostklassen

In der Tabelle 6 erfolgt die Angabe der Bodenklassen (DIN 18 300<sub>alt</sub>), der Homogenbereiche (DIN 18 300: 2019-09, DIN 18 303: 2016-09), die Angabe des Gruppensymbols, der Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke (DIN 18 196), die Angabe der Frostklasse (ZTVE-StB) sowie die Vorgehensweise zur Lösung der Böden.

Schichtglieder (Grobgliederung)	Boden- klassen <sub>alt</sub> (DIN 18 300)	Homogen- bereich Gewerk <b>Erdarbeiten u. Verbauarbeiten</b>	Gruppen- symbol (DIN 18 196)	'Frostklasse' ZTVE-StB	Boden- lösung	
Füll- Mutterboden <sup>1)</sup>	1	-	A/OU	F 2	'Löffel- bagger'	
Füllkies <sup>3)</sup>	3 - 4, u. U. 5	<b>ERD 1</b>	<b>VER 1</b>	A/GU/GU*/GT		F 2 - F 3 <sup>2)</sup>
Füllsand <sup>1)</sup>	3 - 4, u. U. 2			SE/SU/ST/SW		F 1 - F 2 <sup>2)</sup>
Fülllehm <sup>1)</sup>	4, u. U. 2			UL/UM/TL/TM		F 3
Löss	3 - 4, u. U. 2			SU*/ST*/UL/TL		F 3
bindig/kiesige Verw.-Zone <sup>1)3)</sup> (DPL n <sub>10</sub> ≤ 60)	3 - 5, u.U. 6			Zv/UL/UM/UA/ TL/TM/TA/GU*/ GT*/GU/GT/X		F 2 - F 3 <sup>2)</sup>
Steine/Blöcke <sup>3)4)</sup>	3 - 5, ggf. 6/7			X/Y		F 1
bindig/kiesige Verw.-Zone <sup>1)3)</sup> (DPL n <sub>10</sub> > 60)	3 - 5, u.U. 6	<b>ERD 2</b>	<b>VER 2</b>	Zv/UL/UM/UA/ TL/TM/TA/GU*/ GT*/GU/GT/X		F 2 - F 3 <sup>2)</sup>
Grundgebirge (nicht erbohrt)	6 - 7		<b>VER 3</b>	Z/Zv	kein Boden	

**Tabelle 6:** Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen, Frostklassen

<sup>1)</sup> bei Wassersättigung bewegungsempfindlich

<sup>2)</sup> Einstufung abhängig vom Feinkornanteil

<sup>3)</sup> > 30 Gewichts-% Steinanteil Ø > 0,01 m<sup>3</sup> bis 0,1 m<sup>3</sup> Einstufung in Bk 6

<sup>4)</sup> Steine über 0,1 m<sup>3</sup> Rauminhalt = Bk 7

Für den Mutterboden erfolgt keine Ausweisung eines eigenen Homogenbereiches, da dieser ohnehin separat handzuhaben ist (DIN 18 320 bzw. BauGB §202).

Erdarbeiten: Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Böden mindestens bis zu den jeweils erreichten Endteufen mittels 'normalen' Löffelbagger-

Einsatzes möglich sein wird (überwiegend Bodenklasse 3 - 4, Homogenbereich ERD 1).

Die dicht gelagerten kiesigen Verwitterungsbildungen sowie deutlich stein-/blockführende Partien sind vermutlich nur mit zahnbestücktem Bagger effizient zu lösen. Die übrigen sandig-kiesig-lehmigen Böden sollten soweit wie möglich mit Schneidbestückung gelöst werden (Homogenbereich ERD 1).

Dort, wo Bauteile tiefer als die erreichten Bohr-/Rammendteufen eingebunden werden sollen, sind hierfür kalkulatorisch die Bodenklassen 6-7/7 bzw. der Homogenbereich ERD 2 in Ansatz zu nehmen. Hier sollte der Einsatz von bestandsschonenden Anbaugeräten für den Baggerarm nach Wahl des AN vorgesehen werden.

Die obigen Aussagen gelten nicht für ggf. im Untergrund befindliches Material in Stein- bzw. Block Korngröße wie z.B. 'Kalkmergelsteinbruch' (Verwitterungsschutt) o. ä., welches aufgrund der Genese des Untergrundmaterials grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden kann.

Ebenso gilt diese Aussage nicht für bislang (un)bekannte anthropogene Strukturen wie z.B. alte Tanks, Schächte, Bodenplatten, Fundamente oder sonstige Unterflurbauteile. Diese sollten grundsätzlich vollständig aus dem Baufeld des geplanten Bauwerkes entfernt werden. Hierfür wäre u.U. ein erhöhter Lösungsaufwand erforderlich.

Von o. g. Aussagen ebenfalls ausgeschlossen ist die Lösung der vorhandenen Versiegelung.

Eine Aufnahme der Bodenklassen 6 und 7 in die Ausschreibung empfiehlt sich daher als Eventualposition für die Bergung von g. g. Grobmaterial. Die Bodenklasse 6 z.B. beinhaltet (neben leicht lösbarem Fels) auch vergleichbar schwer zu lösende Bodenarten und Aushubmassen mit Steinanteilen (Korndurchmesser > 63 mm) von mehr als 30 %. Bodenklasse 7 z.B. beinhaltet (neben Fels) auch Blöcke mit einem Kugeldurchmesser > 0,6 m (> 0,1 m<sup>3</sup> Rauminhalt).

**Sollten von den o.g. Angaben abweichende Erdbaugeräte oder Verfahren zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung zwecks Anpassung der Homogenbereichsfestlegung gebeten.**

Verbauarbeiten: Bei der Einbringung der u. g. Verbauarten (siehe Kap. 5.1) kann im Bereich der Verwitterungsbildungen mit  $DPL_{n_{10}} \leq 60$  ganz überwiegend der Homogenbereich VER 1 angesetzt werden. Im Bereich der Verwitterungsbildungen mit  $DPL_{n_{10}} > 60$  sollte der Homogenbereich VER 2 angesetzt werden. In diesem Bereich ist die effektive Einbringung einbindender Verbauarten ggf. nur noch durch die maßnahmenvorlaufende Durchführung von Auflockerungsbohrungen o. ä.

durchzuführen. Bei einer Einbringung der Verbauarten in das Festgestein-Grundgebirge sollte der Homogenbereich VER 3 angesetzt werden.

Erläuterungen zu Tabelle 6

Bodenklassen (DIN 18 300 <sub>alt</sub> )	Bodenklasse 1: Oberboden Bodenklasse 2: fließende Bodenarten Bodenklasse 3: leicht lösbare Bodenarten Bodenklasse 4: mittelschwer lösbare Bodenarten Bodenklasse 5: schwer lösbare Bodenarten Bodenklasse 6: leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten Bodenklasse 7: schwer lösbarer Fels
Homogenbereiche	ERD 1/2/VER 1/2: Eigenschaften siehe Tabelle 7 ERD 2/VER 3: Eigenschaften siehe Tabelle 8
Gruppensymbol nach DIN 18 196	A Auffüllungen OU organogene Schluffe SE enggestufte Sande SW weitgestufte Sand-Kies-Gemische SU/SU* Sand-Schluff-Gemische ST/ST* Sand-Ton-Gemische GU/GU* Kies-Schluff-Gemische GT/GT* Kies-Ton-Gemische UL/UM/UA leicht / mittel / ausgeprägt plastische Schluffe TL/TM/TA leicht / mittel / ausgeprägt plastische Tone X/Y Steine / Blöcke Z/Zv Fels, allgemein / Fels verwittert X/Y Steine/Blöcke
Frostklasse nach ZTVE-StB	F 1 nicht frostempfindlich F 2 gering bis mittel frostempfindlich F 3 sehr frostempfindlich

### 3.5 Homogenbereiche gem. VOB Teil C

Die Festlegung von Homogenbereichen (Tabelle 7) erfolgt für das Gewerk 'Erdarbeiten' gem. DIN 18 300: 2019-09 im Hinblick auf die anzusetzende Geotechnische Kategorie **GK 2**. Für das auszuführende Gewerk 'Verbauarbeiten' gem. DIN 18 303: 2016-09 gelten die Angaben analog. Grundlage ist der Einsatz eines

Baggers der  $\geq 20$  t-Klasse zur Bodenlösung. Sollten diesbezüglich andere Gerätschaften zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung gebeten, um die Homogenbereiche entsprechend anpassen zu können.

Kennwert / Eigenschaft	Gewerke 'Erdarbeiten' + 'Verbauarbeiten'	
	Homogenbereiche ERD 1 + VER 1	ERD 2 + VER 2
Kornverteilung mit Körnungsbändern	siehe Anlage 3.1-3.2 zzgl. Steinanteil	
Definition von Steinen + Blöcken	<u>Auffüllungen</u> : Kalkstein-Schotter (kantig); Splitt, Schlacke; <u>Geogen</u> : Verwitterungsrelikte (rund-kantig)	
Anteil Steine und Blöcke	$\leq 20$ % (Schätzung)	
Anteil große Blöcke	$\leq 5$ % (Schätzung)	
mineral. Zusammensetzung der Steine und Blöcke	<u>Auffüllungen</u> : s.o; <u>Geogen</u> : v.a. (Kalk-)Mergelsteine; bei Findlingen: u.a. nordische Geschiebe (Granite, etc.)	
Dichte	$\rho_s = 2,65 - 2,85$ g/cm <sup>3</sup> (Korndichte)	
Kohäsion	0-10 kN/m <sup>2</sup> bzw. n. b.	$\leq 20$ kN/m <sup>2</sup> bzw. n. b.
undrainierte Scherfestigkeit	$\leq 150$ kN/m <sup>2</sup> bzw. n. b.	$\leq 200$ kN/m <sup>2</sup> bzw. n. b.
Sensitivität	n. b.	
Wassergehalt	$\leq 3 - \geq 35$ %	
Konsistenz	breiig bis halbfest bzw. n.b.	$\geq$ halbfest bzw. n. b.
Konsistenzzahl	$\sim 0,1 - 1,5$ bzw. n. b.	$\geq 1,5$ bzw. n. b.
Plastizität	gering	
Plastizitätszahl	$I_p \sim 0,1 - 0,4$ bzw. n.b.	
Durchlässigkeit	ca. $k_f = 1 \times 10^{-4}$ bis $1 \times 10^{-10}$ m/s	
Lagerungsdichte D	ca. $\leq 0,15$ bis $\geq 0,50-0,65$	$\geq 0,65$
Kalkgehalt	gering bis hoch bzw. n.b.	
Sulfatgehalt	gering (Schätzung)	
Organischer Anteil	$\sim 0,0$ bis $\leq 5,0$ % (Schätzung)	
Abrasivität	kaum abrasiv – schwach abrasiv (LAK 50 – 250 g/t)	
Bodengruppen	A, SE, SW, SU, SU*, ST, ST*, GU, GU*, GT, GT*,UA, UM, UL, TA, TM, TL, X, Y, Zv	
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, Löss, Verwitterungsbildungen	

**Tabelle 7:** Kennwerte Homogenbereich **ERD 1-2** und **VER 1-2** (Abgrenzung: Tab. 6)  
n.b.: nicht bestimmbar

Kennwert / Eigenschaft	Gewerke 'Erdarbeiten' + 'Verbauarbeiten'
	Homogenbereiche ERD 2 + VER 3
Benennung von Fels	Kalk- / Kalkmergel- / Mergelstein
Dichte	n. b. (*)
Verwitterung u. Veränderung, Veränderlichkeit	ver-/angewittert bis unverwittert, veränderlich bis nicht veränderlich
Kalkgehalt	n. b. (*)
Sulfatgehalt	
Druckfestigkeit	
Spaltzugfestigkeit	
Trennflächengefüge	
Trennflächenabstand	
Gesteinskörperform	
Öffnungsweite der Trennflächen	
Kluffüllung von Trennflächen	
Gebirgsdurchlässigkeit	
Abrasivität	

**Tabelle 8:** Kennwerte Homogenbereich **ERD 2** und **VER 3** (Abgrenzung: s. Tab. 6)  
n.b.: nicht bestimmbar

\* Detailklärung Felskennwerte: Bei Bedarf / Erfordernis der Kenntnis der exakten Felskennwerte werden Fels-Kernbohrungen sowie die Durchführung von Versuchen im felsmechanischen Labor notwendig.

#### **4. Hinweisgebungen zur Baudurchführung**

Aufgabe war die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und Baugrundbeurteilung für das Plangebäude sowie gründungstechnische Hinweisgebungen. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen muss das vorliegende Bauvorhaben in die **Geotechnische Kategorie 2 (GK 2)** eingestuft werden.

Planung: Es ist die Errichtung eines Mehrgenerationenhauses auf einem derzeit noch bebauten Grundstück an der 'Mälzerstraße 15' in 33098 Paderborn geplant. Das sechsgeschossige Wohnhaus soll unterkellert errichtet werden und im zentralen Bereich eine Fahrstuhlunterfahrt erhalten.

Das Gebäude soll mit einer Grundfläche von 23,35 m x 17,10 m (größte Länge x größte Breite) errichtet werden. Außerhalb des Wohnhauses ist der Bau einer Fluchttreppe bis auf Kellerniveau geplant.

Zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung liegen dem IB KLEEGRÄFE keine detaillierten Gründungshöhen vor, weshalb im Folgenden von Annahmen ausgegangen wird.

Die Oberkante Fertig-Fußboden des Erdgeschosses (OKFF EG) wird bei +125,43 m NHN (mittlere GOK am Untersuchungstag) angenommen. Laut Planunterlagen soll die OKFF des Kellergeschosses (OKFF KG) 2,90 m tiefer liegen. Bei der Annahme einer etwa 50 cm mächtigen Fußboden-Bodenplatten-Konstruktion kommt die Unterkante der Bodenplatte bei +122,03 m NHN zu liegen.

Insgesamt soll das sechsgeschossige Gebäude laut Planunterlagen ausgehend der Geländeoberkante ~15,10 m hoch werden.

Die zukünftige Geländeoberkante soll gemäß den Schnittplänen höhengleich zur OKFF EG errichtet werden. Bei o.g. Annahmen wird die zukünftige GOK demnach bei +125,43 m NHN liegen.

**Sollten Planungsunterlagen vorliegen, die (deutlich) von den o. g. Angaben abweichen, wird um Rücksprache zwecks Empfehlungsanpassung gebeten.**

**relevante Höhen:**

- zuk. GOK:	+/- 0,00 m	+125,43 m NHN
- OKFF EG (Annahme):	+/- 0,00 m	+125,43 m NHN
- OKFF KG (Annahme):	- 2,90 m	+122,53 m NHN
- UK Bodenplatte KG (Annahme):	-3,40 m	+122,03 m NHN
- UK Schotterpolster (Annahme):	-3,70 m	+121,73 m NHN
- aktuelle mittlere GOK:	+/- 0,00 m	+125,43 m NHN
- Grundwasser (16.06.2023) im Mittel:		<< +122,50 m NHN
- Bemessungswasserstand (Faktor Stauwasser): akt. GOK am Geländetag 16.06.2023		

Innerhalb des Gründungs-/Lastabtragsniveaus werden folgende Baugrundverhältnisse erwartet:

- Boden UK Bodenplatte KG: Die angenommene Unterkante der KG-Bodenplatte kommt unterhalb der bohr- und rammtechnisch erschlossenen Tiefe zu liegen. Unterhalb der erreichten Bohrendteufe wird der Übergang zum Kalkmergel-Festgestein erwartet. Demnach stehen bei o. g. Höhenannahmen vermutlich dichte bis sehr dichte Verwitterungskiese bzw. bereits das angewitterte Festgestein an. Sowohl der dichte Verwitterungsschutt als auch das angewitterte Festgestein bieten in der Regel eine ausreichende Gründungseignung. Zur Homogenisierung sollte die Gründung des Plangebäudes einheitlich auf einem mind. 0,30 m mächtigen Schotterpolster aus Güteschotter durchgeführt werden.
- Grundwasser konnte am Untersuchungstag nicht angetroffen werden. Grundwasser wird erst unterhalb der Bohrendteufen im kompakten Grundgebirge erwartet. Es existiert ein Anstiegspotenzial. Der Bemessungswasserstand sollte für den Faktor Stauwasser in Höhe der aktuellen GOK angesetzt werden. Erdberührte Bauteile sind gemäß DIN 18 533 Lastfall W2.2-E abzudichten ('hohe Einwirkung von drückendem Wasser  $\geq 3$  m Wassersäule'). Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die 'Expositionsklassen für Betonbauteile' zu berücksichtigen. Von statischer Seite ist entsprechend dem Bemessungswasserstand der Faktor Auftrieb zu berücksichtigen. Insbesondere im Bereich der geplanten nicht überbauten Fluchttreppe auf Kellergeschoss-Niveau.

**Gründungsvorschlag:** Bei vorliegenden Untergrundverhältnissen kann die Gründung des unterkellerten Plangebäudes über eine elastisch gebettete und bewehrte Untergeschoss-Sohlplatte auf einem mind. 0,30 m mächtigen Schotterpolster aus Güteschotter durchgeführt werden (**Plattengründung**).

Zunächst sollte maßnahmenvorlaufend der Grundwasserstand ermittelt werden. Bei Verhältnissen wie am Untersuchungstag wird eine offene Wasserhaltung ausreichend sein. Anschließend kann der Aushub der Kellergrube bis mind. 0,30 m unter UK KG-Bodenplatte erfolgen. Im Bereich von Aufzugunterfahrten o. ä. wird ebenfalls eine Untergrundverbesserung in Form eines mind. 0,30 m mächtigen Schotterpolster notwendig, wodurch in diesen Bereichen ggf. entsprechend tiefer auszukoffern ist.

Nach einer ingenieurgeologischen Abnahme des Erdplanums sollte vor dem Aufbau des Schotterpolsters flächig die Auflage eines Trennvlies (Geotextil) erfolgen. Durch das Geotextil wird nachweislich die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit des Güteschotters erhöht. Unter der KG-Bodenplatte sollte anschließend mind. 0,30 m Güteschotter eingebaut und ordnungsgemäß verdichtet werden. Auf dem nachweislich verdichteten Schotterplanum kann die elastische Bettung der KG-Bodenplatte erfolgen.

#### 4.1 Allgemeine Hinweisgebungen

Baureifmachung des Geländes: Für die weiteren Hinweisgebungen wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass sämtlicher Baum-/Buschbestand samt Wurzelballen und alle sonstigen ehem. Bauteile ober- und unterirdisch (z. B. Gebäude, sonstige Fundamente, Bodenplatten, Schächte, Kanäle, Tanks, Abscheider, etc.) aus der überplanten Fläche entfernt worden sind.

Es wird davon ausgegangen, dass die dabei entstandenen Massendefizite mit einem geeigneten Mineralgemisch qualifiziert rückverfüllt wurden oder die entstandene Baugrube ordnungsgemäß gesichert vorliegt.

Zeitliche Durchführung der Tiefbauarbeiten: Die Auskofferungs- und Erdplanumsarbeiten sollten möglichst während einer trockenen Wetterlage bzw. Witterungsperiode durchgeführt werden, um keine ggf. erhöhten Grundwasserstände und damit ggf. einen erhöhten bautechnischen Aufwand zu riskieren. Bei Starkregenereignissen, Schneefällen sowie anhaltenden Frostperioden sind Stillstandzeiten einzukalkulieren.

Beweissicherungsverfahren: Aufgrund der Nachbarschaft zu ggf. setzungsempfindlichen Bauteilen (Nachbargebäude, Straße mit Versorgungsleitungen, Grundstücksbegrenzungen, etc.) wird vor Beginn der Maßnahme die Durchführung eines vor- und nachsorgenden Beweissicherungsverfahrens unter Mitwirkung aller Beteiligten angeraten (nach DIN 4107 und 4123).

Ver- und Entsorgungsleitungen: Alle Ver- und Entsorgungsleitungen im Grundstücksbereich sind im weiteren Verlauf der Arbeiten zu schützen.

Bodenlösung: Der Aushub sollte soweit wie möglich mit einer Baggerschaufel ohne Zähne ('Schneidbestückung') durchgeführt werden, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden. Die ungeschützte Baufläche darf nicht mit Radfahrzeugen befahren werden, um das Planum nicht zu zerstören. Die Arbeiten sind daher unbedingt 'rückschreitend' vorzunehmen. Bei Schottereinbau ist dagegen 'vor-Kopf' zu arbeiten.

Der zur Tiefe hin dicht gelagerte Verwitterungsschutt wird zum Teil noch mit einem kräftigen, zahnbestückten Bagger zu lösen sein.

Im Homogenbereich ERD 2 wird dagegen der Einsatz von bestandsschonenden Anbaugeräten (z. B. Fräse, o.ä.) an den Bagger erforderlich werden, um den angewitterten bis unverwitterten Kalkmergelstein effizient lösen zu können.

Bodenaushubgrenzen: Die Bodenaushubgrenzen zur Gebäude- bzw. Mauersicherung sind nach DIN 4123 einzuhalten.

Bauzeitliche Wasserhaltung: Bei Verhältnissen wie am Untersuchungstag (16.06.2023) wird vermutlich die Vorhaltung bzw. der Einsatz einer 'offenen Wasserhaltung' bzw. einer 'verstärkt offenen Wasserhaltung' als ausreichend erachtet, um ggf. anfallendes Tag- und/oder Stauwasser zu fassen und ableiten zu können. Vor Durchführung der Baumaßnahme / Aushub der Baugrube sollte der Grundwasserstand durch bsp.-weise einen Baggerschurf ermittelt werden.

Böschung / Verbau: Nach DIN 4124 sind Gruben ab einer Teufe > 1,25 m zu verbauen / böschen. Bei einer Unterkellerung des Plangebäudes muss demnach geböscht oder verbaut werden. Das vorliegende nicht wassererfüllte bzw. entwässerte Lockergestein kann ausschließlich bei ausreichenden Platzverhältnissen unter einem max. Böschungswinkel von  $\beta = 45^\circ$  geböscht werden. Ggf. können die steifen bis halbfesten bindigen Verwitterungsbildungen unter einem Böschungswinkel von  $\beta = 60^\circ$  geböscht werden. Wassergesättigte Böden lassen ein Abböschchen nicht zu und ein Verbau (DIN 4124) wird notwendig. Böschungen müssen mittels windgesicherter Folie vor Witterungseinflüssen gesichert werden. Auf in ausreichender Breite 'lastfrei' zu haltende Böschungs-Oberkanten wird hingewiesen (ausreichender Kran-Abstand, keine Material-Lagerung / Haufwerke / Mieten, etc.).

Der Arbeitsraum zur Errichtung der Unterkellerung sollte im Hinblick auf das Abböschchen so schmal wie eben möglich gehalten werden.

Es besteht vorher Klärungsbedarf mit den jeweiligen Eigentümern, ob u.U. teilweise die Anlage von Böschungen ggf. zeitweise/bauzeitlich auf dem Fremdgrundstück erfolgen kann bzw. möglich ist. Im Vorfeld sind die ausreichenden Platzverhältnisse dringend sicherzustellen.

**Es wird zum aktuellen Kenntnisstand davon ausgegangen, dass aufgrund der beengten Platzverhältnisse bzw. der grenzständigen Bebauung (westlich angrenzende Flurstück, östlich angrenzender Bürgerpark) ein Verbau zumindest in Teilbereichen notwendig wird.**

Zusätzlich ist das Vorhandensein von Versorgungsleitungen, Kanälen, Stichen, etc. entlang und innerhalb der Grundstücksgrenze zu prüfen, die durch die Maßnahme nicht beschädigt werden dürfen.

**Schlagende und vibrierende Verfahren sollten im Hinblick auf den Bestandsschutz aufgrund des gegebenen Schädigungspotenzials nicht zur Ausführung zugelassen werden. Sämtliche Bohlen sind erschütterungsfrei einzupressen. Bei den halbfesten bzw. dichten Verwitterungsbildungen sind Vorbohrungen/ Austauschbohrungen vermutlich erforderlich. Dieser Umstand ist angefragten Spezialtiefbauunternehmen explizit zu erläutern.**

Nach aktuellem Kenntnisstand erscheint ein Trägerbohlenwand-Verbau (‘Berliner Verbau’) als ausreichend.

**Die Notwendigkeit zur Errichtung von Verbauten – sowie die Prüfung der jeweils technisch und zulässig machbaren Variante – ist maßnahmenfortlaufend zu prüfen. Die entsprechenden Hinweise sind ggf. anzupassen, weshalb eine permanente Abstimmung mit dem IB KLEEGRÄFE empfohlen wird.**

Im Folgenden wird der Trägerbohlenwand-Verbau (‘Berliner Verbau’) näher erläutert.

### **SYSTEM ‘BERLINER VERBAU’**

Nach aktuellem Kenntnisstand wird der Einbau eines Trägerbohlwand-Verbaus (z.B. ‘Berliner Verbau’) möglich sein (Vertikalträger: H-Stahlträger).

Die H-Träger sollten hydraulisch eingedrückt bzw. in vorgebohrte Löcher eingestellt bzw. einbetoniert werden (in Abhängigkeit der statisch zu ermittelnden Anforderungen; ggf. auch Einstellen in (verlehmten) Sand, s. u.).

Die gewählte Verbauweise ist nicht verformungsfrei, kann aber statischerseits so bemessen werden, dass Verformungen auf ein bauwerksverträgliches Maß begrenzt sind. Aufgrund der Herstellung finden hinter dem Verbau Nachsackungen statt.

**Ab Rammsondierungsschlagzahlen von DPL  $n_{10} \geq 60$  werden voraussichtlich Vorbohrungen für die Einbringung der Verbauten notwendig.**

Es sollte der erhöhte aktive Erddruck (gem. DIN 4085) für einen wenig nachgiebigen Verbau angesetzt werden, wodurch sich geringere Verformungen des Verbaus ergeben (Ansatz:  $E_{a,erh} = 0,25 * E_0 + 0,75 * E_a$ ). Die Einbindetiefe muss statisch ermittelt/festgelegt werden. Es können grundsätzlich die in der Tabelle 5 aufgeführten bodenmechanischen Kennwerte zur Bemessung des Verbaus herangezogen werden.

Der Verbau sollte möglichst - bzw. an Engstellen o. ä.- im Untergrund verbleiben (‘verlorener Verbau’), da eine Bergung des Verbaus nicht ohne erhebliche Auflockerungen (und Nachsackungen) des umgebenden Erdreichs möglich sein wird. Daher sollten Permanentausfachungen (z. B. Platten aus Beton oder Stahl) gewählt werden, wenn ein Verbleib im Untergrund erforderlich wird.

Alternativ kann projektfortschreitend auch die Verwendung herkömmlicher Holzausfachungen, ggf. auch imprägnierte Hölzer geprüft werden; vor allem in unkritischen Bereichen/Baugruben-Wandseiten.

Der Einbau der H-Träger aus Stahl sollte erschütterungsfrei mittels Vorbohrungen erfolgen, in welche die Träger eingestellt werden. Der ‘Berliner Verbau’ sollte bis an die bestehende GOK ‘hochgezogen’ werden. Vermutlich ist ein Standsicherheits-

nachweis erforderlich. Eine völlige Schadensfreiheit der angrenzenden Flächen kann bei Verwendung eines 'Berliner Verbaus' nicht gewährleistet werden, so dass hier zumindest kleinere Nacharbeiten einzukalkulieren sind.

Das IB KLEEGRÄFE empfiehlt dringend für die Errichtung des Verbaus eine erfahrene Fachfirma zu wählen. Diesbezüglich angefragten Firmen sollte das Gutachten zur Angebotskonkretisierung zur Verfügung gestellt werden.

Die für die Bemessung der **Bohlträger** relevanten weiteren Kenndaten können in Verbindung mit den Kenngrößen der Tabelle 5 damit vereinfacht und auf der sicheren Seite liegend wie folgt festgelegt werden (Tabelle 9).

Höhenbezug (m u. GOK)			Boden	Mantelreibung ( $q_{sk}$ )	Spitzendruck ( $q_{b,k}$ )
akt. mittlere Geländeoberkante ca. +125,43 m NHN					
BS 1	BS 2	BS 3			
bis ~123,80	bis ~124,50	bis ~124,50	Löss (weich-steif)	10 kN/m <sup>2</sup>	-
bis ~123,60	bis ~124,05	bis ~124,05	bindige Verwitterungsbildungen (weich-steif)	20 kN/m <sup>2</sup>	-
bis ~123,45	bis ~123,65	-	bindige Verwitterungsbildungen* (steif-halbfest)	35 kN/m <sup>2</sup>	-
ab ~123,45	ab ~123,65	ab ~124,05	kiesige Verwitterungsbildungen* (mitteldicht-sehr dicht)	60 kN/m <sup>2</sup>	3,5 MN/m <sup>2</sup>
ab ≥122,50	ab ≥123,50	ab ≥123,65	Kalkmergel-Festgestein*	75 kN/m <sup>2</sup>	5,0 MN/m <sup>2</sup>

**Tabelle 9:** Kenndaten 'Bohlträger' in Anlehnung an die EAB; Angabe m NHN

\* Vorbohrungen erforderlich, Träger einbetoniert

Herstellung Arbeitsplanum: Für die Einbringung eines Verbaus wird in der Regel die Bereitstellung eines schwerlasttauglichen Arbeitsplanums erforderlich. Die diesbezüglichen Anforderungen sind mit der ausführenden Firma im Vorfeld abzustimmen.

Aussteifungen/Gurtungen/Rückverankerungen: Die 'von außen' sowie aufgrund des Lastabtragsbereichs des Gebäudes auch 'von innen' auf den Verbau einwirkenden Lasten sind dem IB KLEEGRÄFE nicht bekannt. Kann der Verbau auf Grundlage der gegebenen bodenmechanischen Kenndaten nicht ausreichend verformungsarm, d.h. bauwerksverträglich bemessen werden, werden ergänzende Sicherungsmaßnahmen notwendig (Aussteifungen / Gurtungen / Zugpfähle etc.).

Auftrieb: Von Seiten der Statik sollte insbesondere für die Fluchttreppe auf Kellerniveau die Gefahr von Auftrieb ermittelt und eine ausreichende Auftriebssicherheit berücksichtigt werden. Unabhängig hiervon sollten die übrigen Hinweise der DIN 18 195 und DIN 18 533 ('Bauwerksabdichtung') beachtet werden. Statischerseits ist der Faktor 'Auftrieb' zu beachten.

Ingenieurgeologische Abnahme: Im Besonderen ist die ausreichende Lagerungsdichte der Erdplanumsböden sowie das ggf. Vorhandensein von Karstspalten auf Aushubniveau nachzuweisen. Bei der Ausführung der Gründungsarbeiten sind die örtlichen Baugrundverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Voruntersuchungen zu überprüfen.

Arbeitsraumverfüllung: Die Verfüllung von Arbeitsräumen und die Herstellung von Arbeitsflächen sollte lagenweise mit einem verdichtungsfähigen Mineralgemisch erfolgen, welches der ZTV A-StB Verdichtbarkeitsklasse V 1 zugehörig ist (V1-Material, max. Lagenmächtigkeit 30 cm).

Die zulässigen Materialien werden gutachterlicherseits auf diejenigen der nach DIN 18 196 entsprechenden Bodengruppen GW, GI und SW beschränkt. Das verdichtungsfähige und volumenkonstante Material darf maximal einen bindigen Anteil von 5 % aufweisen (Frostempfindlichkeitsklasse F1). Der organische Anteil des Einbaumaterials darf 2-Massen% nicht überschreiten.

Vorgesehenes Einbaumaterial sollte mit dem IB KLEEGRÄFE im Vorfeld hinsichtlich der geforderten bodenmechanischen Leistungen abgestimmt werden. Das eingebaute Material ist auf  $D_{Pr} > 100$  % Proctordichte zu verdichten. Die Lagenmächtigkeit sollte 0,3 m nicht überschreiten. Auf Oberkante sollte ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 70-80$  MPa nachgewiesen werden.

Bodenplattenunterbau: Der angeratene Bodenplatten-Unterbau sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (Güteschotter, z.B. 0/45 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen, Mindestgüte 'Frostschuttschicht'). Der Schotter sollte nach den 'Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau – Ausgabe 2004' (TL Gestein-StB 04) zertifiziert sein. Das Material sollte von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden.

Der Güteschotter ist lagenweise aufzutragen und ordnungsgemäß zu verdichten. Die Verdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} = 100$  % erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel zu achten (45°).

Außenseitiger Horizontalüberstand: Der Einbau geeigneten Materials muss im außenseitigen Überstandsbereich erfolgen. Der Horizontalüberstand (Außenkante Bodenplatte - OK Abtreppung Auftragsmaterial zur Außenseite) muss mindestens der

späteren Gesamtaufbauhöhe entsprechen. Das Auftragsmaterial sollte am außenseitigen Ende des Überstandes unter maximal 45° einfallen.

Geotextil: Auf das Erdplanum sollte zunächst die Auflage eines Geotextils erfolgen und seitlich bis zur Unterkante der Bodenplatte 'hochgezogen' werden (Vorschlag: Geotextilrobustheitsklasse GRK 3, mechanisch verfestigt, Flächengewicht  $\geq 150 \text{ g/m}^2$ , Stempeldurchdrückkraft  $F_{P,5\%} \geq 1,5 \text{ kN}$ ; Bemessungsfall AS 3/AB 2). Durch das Geotextil erfolgt eine Trennung von Erdplanum und aufzubringendem Schotter, wodurch die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit des darüber aufzubauenden Schotterpolsters nachweislich erhöht wird.

Verdichtungsüberprüfungen: Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Schotterpolsters unterhalb der Bodenplatte sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) kontrolliert werden. Auf der OK des ordnungsgemäß eingebauten Ersatzmaterials sollten Plattendruckversuche ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 80\text{-}100 \text{ MPa}$  nachweisen (Abhängig von der statischen Forderung).

Felsoberkante: Aufgrund der hohen Lagerungsdichten der kiesigen Verwitterungsbildungen konnte die geplante Bohrendteufe von 6,0 m u. GOK nicht erreicht werden. Es wird aufgrund von Bohrungen im Nahbereich davon ausgegangen, dass das kompakte Festgestein in relativer Nähe zur erzielten Bohrendteufe ansteht, die Felsoberkante jedoch eher heterogen verläuft. **An dieser Stelle wird nochmals explizit darauf hingewiesen, dass das Festgestein nicht erkundet wurde und die felsmechanischen Kenndaten auf Literatur- und Erfahrungswerten beruhen.**

Frostsicherheit: Die frostfreie Gründung kann ab 0,8 m unter der zukünftigen Geländeoberkante erfolgen. Bei der geplanten Unterkellerung besteht bereits eine frostfreie Einbindung der KG-Sohlplatte.

Wiedereinbaufähigkeit anfallender Böden: Organische und bindige Böden sowie enggestufte Sande sind grundsätzlich nicht wiedereinbaueeignet. In Bereichen zukünftiger Straßen- oder Wegenutzung und Stellplatznutzung sowie setzungsempfindlichen Bereichen sollte ein verdichtungsfähiges Mineralgemisch eingebaut werden.

Ist davon auszugehen, dass Bereiche einer reinen Gartennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann auch ausgehobenes organisches und bindiges Material dort wiederverfüllt werden. In diesem Fall ist mit Nachsackungen zu rechnen, welche nachgearbeitet werden müssen. Das deutliche Staunässepotenzial der bindigen Böden ist in diesem Fall ggf. landschaftsgärtnerisch zu beachten.

Diese Anmerkung gilt zunächst unabhängig von einer chemischen Wiedereinbau-zulässigkeit.

Trockenhaltung der Bauwerke: Grundwasser konnte am Untersuchungstag nicht angetroffen werden. Grundwasser wird erst unterhalb der Bohrendteufen im kompakten Grundgebirge erwartet. Es existiert ein Anstiegspotenzial. Der Bemessungswasserstand sollte für den Faktor Stauwasser in Höhe der aktuellen GOK angesetzt werden. Erdberührte Bauteile sind gemäß DIN 18 533 Lastfall W2.2-E abzudichten ('hohe Einwirkung von drückendem Wasser  $\geq 3$  m Wassersäule'). Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die 'Expositionsklassen für Betonbauteile' zu berücksichtigen. Von statischer Seite ist entsprechend dem Bemessungswasserstand der Faktor Auftrieb zu berücksichtigen. Insbesondere im Bereich der geplanten nicht überbauten Fluchttreppe auf Kellergeschoss-Niveau.

Höhengleiche Gründung: Grundsätzlich sind anbindende Gebäudebereiche höhengleich zu gründen. Seitliche Lasteinträge sind zu vermeiden bzw. von statischer Seite zu bemessen und konstruktiv zu bewerten. Im Anbindebereich von Keller Wohnhaus und Tiefgarage sollte eine ausreichend dimensionierte Trennfuge eingebracht werden um Setzungsunterschiede kompensieren und Knickmomente vermeiden zu können.

#### **4.2 Errichtung der KG-Bodenplatten (Plattengründung)**

Bei den vorliegenden Untergrundverhältnissen kann der Lastabtrag des unterkellerten Plangebäudes über eine elastisch gebettet KG-Bodenplatte auf dem verdichteten Schotterpolster erfolgen (Plattengründung). Aufgrund des unterschiedlichen Setzungspotenzials von Verwitterungsschutt und Festgestein wird die Gründung auf einem 0,30 m mächtigen Schotterpolster aus Güteschotter zur Untergrundhomogenisierung angeraten.

Nachfolgend wird ein möglicher zeitlicher Ablauf zur Gründung des unterkellerten Mehrgenerationenhauses vorgeschlagen:

- Zunächst sollte eine Baugrube bis mind. 0,30 m unter UK KG-Bodenplatte ausgehoben werden. Die Böden dürfen dabei nicht in ihrer natürlichen Lagerung gestört werden (→ bestenfalls Schneidbestückung).
- Nach einer ingenieurgeologischen Abnahme des Erdplanums sowie der Auflage eines **Geotextils** (GRK 3) kann das Massendefizit zwischen Erdplanums/Geotextil und KG-Bodenplatte durch mind. **0,30 m Güteschotter** aufgebaut und ordnungsgemäß verdichtet werden. Eine Lagenmächtigkeit von 0,30 m sollte nicht überschritten werden.

- Der Schotter sollte im deutlichen Überstand eingebaut werden, so dass der Lastabtragswinkel von 45° gewährleistet ist.
- Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfungen (statische Lastplattendruckversuche gem. DIN 18134) vor der Gründung kontrolliert werden (Forderung Gründungsplanum auf OK Schotter:  $E_{v2} \geq 80-100 \text{ MPa}$ ).
- Auf dem nachweislich verdichteten Schotterpolster kann die bewehrte KG-Bodenplatte elastisch gebettet werden.
- Anschließend sollte eine qualifizierte Rückverfüllung und Verdichtung des Arbeitsraums der Kellergrube mit einem verdichtungsfähigen und volumenkonstanten Mineralgemisch durchgeführt werden. Zum Bestandsschutz (westliche Gebäude) sollten hierzu möglichst erschütterungsarme Verfahren nach Wahl des AG zum Einsatz kommen.

Bodenpressung / Bettungsmodul (UG-Bodenplatte: Angaben der Eingangsparameter für die FEM-Berechnung): Die Berechnung der Fundamentplatte sowie der Setzungen und Sohldruckverteilung erfolgt von Seiten der Statik nach der Finite-Elemente-Methode (FEM). Um bei g. g. Verfahren den Bettungsmodul  $k_s$  im Voraus genau zu bestimmen, müsste man - da der Bettungsmodul sich aus der Proportionalität zwischen Sohldruckverteilung und Setzung ergibt - theoretisch die Sohldruckverteilung und die Setzungen bereits im Vorfeld kennen, die sich jedoch erst aus den Berechnungsergebnissen ergeben.

Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tabelle 5), das relevante Schichtmodell sowie orientierende Setzungsberechnungen zwecks Erhaltung eines Eingangs-Bettungsmoduls geliefert. Diese Setzungsberechnungen dienen lediglich der Gewinnung eines Eingangs-Bettungsmoduls und müssen durch die FEM spezifiziert werden. Es wird von einer Gründung auf einem ordnungsgemäß verdichteten und mind. 0,30 m mächtigen Schotterpolster aus Güteschotter ausgegangen.

**Die charakteristische (maximale) Beanspruchung des Baugrundes durch das sechsgeschossige Plangebäude wird auf Grundlage von Erfahrungswerten zunächst auf  $\sigma_{E,k} \sim 360 \text{ kN/m}^2$  begrenzt ( $\sigma_{R,d} = 500 \text{ kN/m}^2$ ).**

Unter Berücksichtigung von aktuell nicht vorliegender Statik kann der vorgenannte Wert noch angepasst werden. Die Länge der längsten Wandscheibe wird mit 23,35 m angegeben (‘Ersatzfläche’ = 23,35 m x 1,0 m). Ein Ansatz von Untergrundnässe erfolgt basierend auf den Untersuchungsergebnissen vom 16.06.2023. Die Ergebnisse der Berechnungen sind der Tabelle 10 zu entnehmen.

Sohlspannung $\sigma$ / Unterbau	‘Ersatzfläche’	Setzung s	Bettungsmodul $k_s$
$\sigma_{R,d} \sim 500 \text{ kN/m}^2$ / 0,30 m Güteschotter	23,35 x 1,0 m	ca. 0,72 cm	48,5 MN/m <sup>3</sup>

**Tabelle 10:** Orient. Setzungsberechnungen / Eingangs-Bettungsmodul (UG-Bodenplatte)

Bei den genannten Setzungen handelt es sich um die Gesamtsetzungen, welche in dem relevanten Baugrund innerhalb gleichartig gegründeter Bauteile ohne größere Setzungsunterschiede auftreten. Die Setzungsdifferenzen betragen rechnerisch < 1 cm, was in der Regel nicht zu einer Überbeanspruchung der Bauwerkskonstruktion führt.

Bettungsmodul **KG-Sohlplatte**: Bei der statischen Berechnung der KG-Sohlplatte sollte zunächst ein Bettungsmodul von  **$k_s = 45 \text{ MN/m}^3$**  angenommen werden. Da der Bettungsmodul anhand der tatsächlich anfallenden Lasten berechnet wird, ist der angegebene Wert lediglich als Einstiegsgröße für die weiteren statischen Berechnungen nach der ‘Finite-Elemente-Methode’ zu sehen.

## 5. Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:500)
- Anlage 2.1: Schichtendarstellung / Rammdiagramme
- Anlage 3.1: Korngrößenanalyse
- Anlage 4.1: Wassergehaltsbestimmung
- Anlage 5.1-5.3: Konsistenzgrenzenbestimmung
- Anlage 6.1: Fotodokumentation

*Kleegräfe*  
- Geotechnik GmbH -



Dipl.-Ing. (FH) J. Kleegräfe  
(Beratender Ingenieur / Geschäftsführender Gesellschafter)



M. Gottlob  
(B.Sc. Geowiss.)



Verteiler: L & L IMMO INVEST GMBH  
Driburger Straße 24, 33100 Paderborn

(pdf)

ANLAGE 1.1

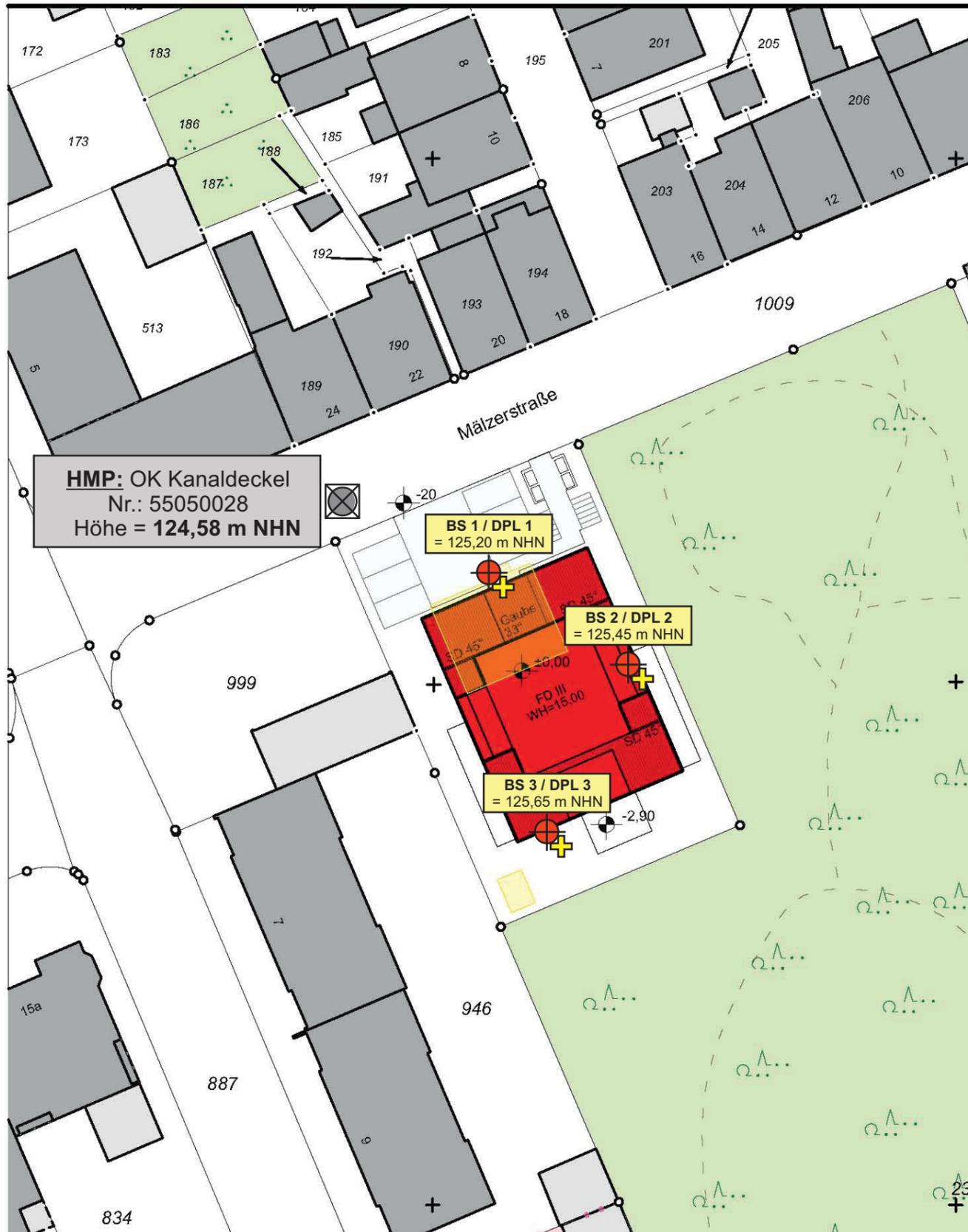
Lageplan (1:500)

# Paderborn



Maßstab  
1 : 500

5 m



## Zeichenerklärung:

-  **BS** Kleinbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
-  **DPL** Rammsondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2
-  **HMP** Höhenmesspunkt

## KLEEGRÄFE

KleeGräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212 59556 Lippstadt - Bad Waldliesborn  
Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582



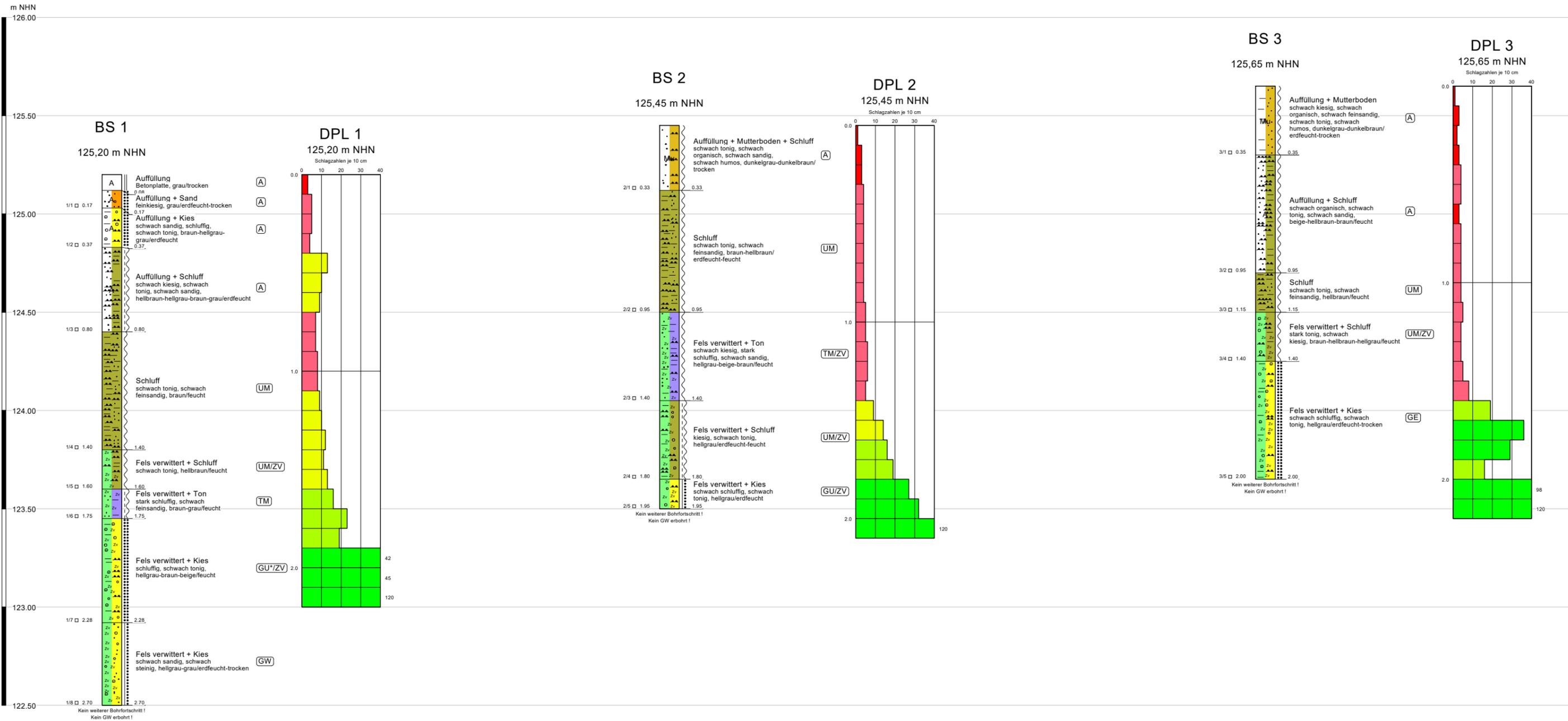
KleeGräfe Geotechnik GmbH  
• Baugrund • Umwelt • Hydrogeologie

## Lageplan

<b>Maßnahme:</b> Neubau Mehrgenerationenhaus Mälzerstraße 15 33098 Paderborn	<b>Bearb.-Nr.</b> 230563
	<b>Anlage:</b> 1
<b>Auftraggeber:</b> L&L IMMO INVEST GmbH Driburger Straße 24 33100 Paderborn	<b>Blatt:</b> 1
	Juli 2023
	Klee/Wulff
	<b>M. 1 : 500</b>

## ANLAGE 2.1

### Schichtendarstellung / Rammdiagramme



**Legende**

	klüftig		Ton
	fest		Schluff
	halfest - fest		Sand
	halfest		Kies
	steif - halfest		Mutterboden
	steif		Auffüllung
	weich - steif		Fels verwittert
	weich		
	breiig - weich		
	breiig		
	nass		

**Legende DPL**

	sehr locker
	locker
	mitteldicht
	dicht
	sehr dicht

**KLEEGRÄFE**  
 Kleegräfe Geotechnik GmbH  
 Holzstraße 212 59556 Lippstadt  
 Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582

**Schichtendarstellung**

<b>Maßnahme:</b>	Neubau Mehrgenerationenhaus Mälzerstraße 15 33098 Paderborn	<b>Bearb.-Nr.:</b>	230563
<b>- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -</b>		<b>Geologe:</b>	Herr Schulte
<b>Auftraggeber:</b>	L&L IMMO INVEST GmbH Driburger Straße 24 33100 Paderborn	<b>Datum:</b>	16.06.2023
			Anlage 2.1

ANLAGE 3.1

Korngrößenanalyse

# Körnungslinie

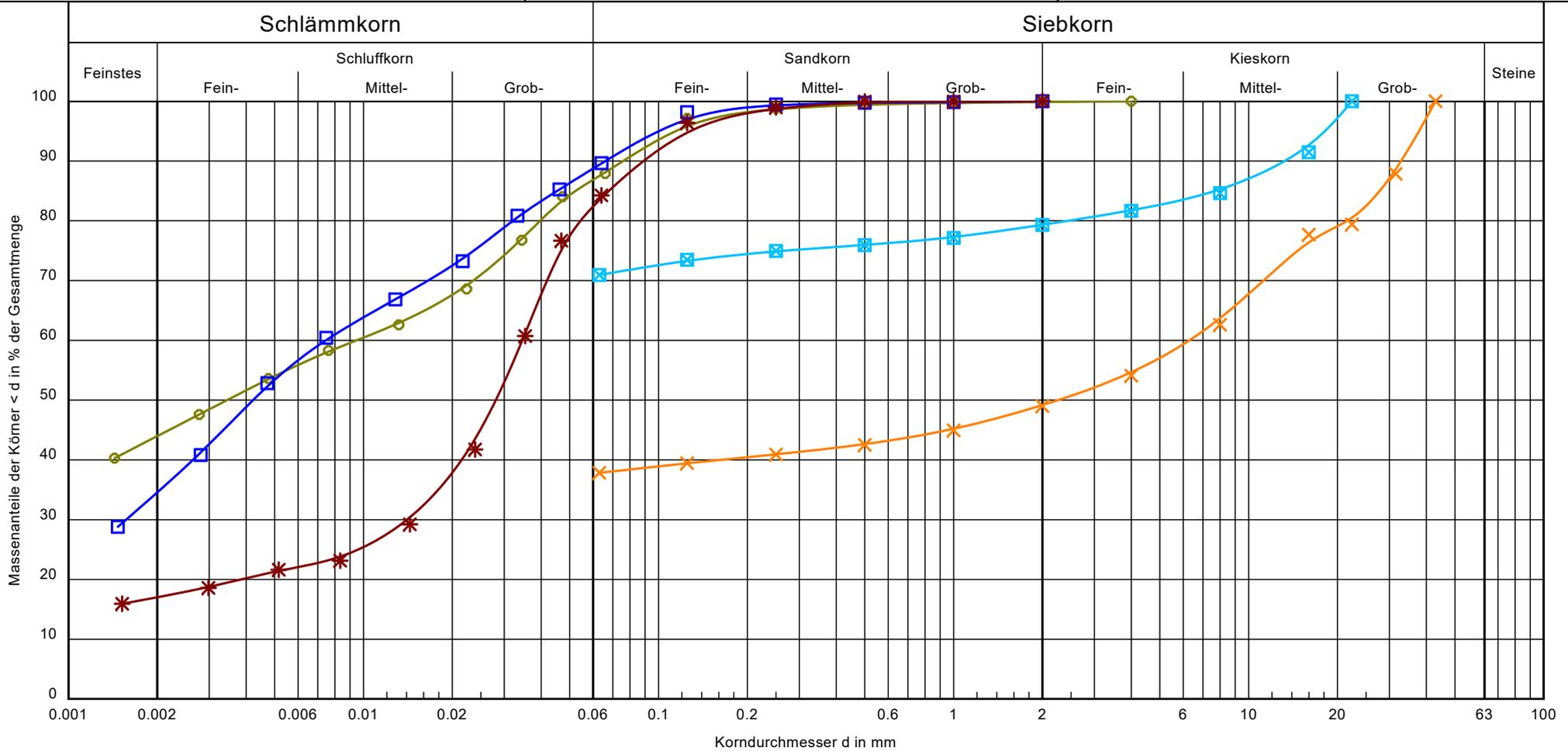
Neubau Mehrgenerationenhaus  
Mälzerstraße 15 in 33098 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Prüfungsnummern: 1/6, 1/8, 2/4, 2/5, 3/3

Proben entnommen am: 16.06.2023

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analyse



Bezeichnung:	Probe 1/6	Probe 1/8	Probe 2/4	Probe 2/5	Probe 3/3	Bericht: 230563 Anlage: 3.1
Bodenart:	T, U, fs'	G, ü, gs'	U, t̄, fs'	U, s', mg'	U, t, fs'	
Tiefe:	1,60-1,75	2,28-2,70 m	1,40-1,80 m	1,80-1,95 m	0,95-1,15 m	
kf-Wert [m/s]:	<1,0 x 10 <sup>-9</sup> (M&P)	~2,2 x 10 <sup>-9</sup> (M&P)				
T/U/S/G [%]:	44.0/43.5/12.4/0.1	- /37.8/11.3/50.8	34.6/54.8/10.6/ -	- /70.9/8.4/20.7	17.0/66.4/16.6/ -	
d20 [mm]:	-	-	-	-	0.0020	

# Körnungslinie

## Neubau Mehrgenerationenhaus

Mälzerstraße 15 in 33098 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 26.07.2023

Prüfungsnummern: 1/6, 1/8, 2/4, 2/5, 3/3

Proben entnommen am: 16.06.2023

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analyse

Bezeichnung: Probe 1/6  
Bodenart: T, U, fs'  
Tiefe: 1,60-1,75  
kf-Wert [m/s]:  $<1,0 \times 10^{-9}$  (M&P)  
T/U/S/G [%]: 44.0 / 43.5 / 12.4 / 0.1  
d20 [mm]: -  
d10/d30/d60 [mm]: - / - / 0.009  
Siebanalyse:  
Trockenmasse [g]: 37.46  
Schlammanalyse:  
Trockenmasse [g]: 36.39  
Korndichte [g/cm<sup>3</sup>]: 2.650  
Aräometer:  
Bezeichnung: Standard Aräometer  
Volumen Aräometerbirne [cm<sup>3</sup>]: 67.40  
Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50  
Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00  
Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20  
Meniskuskorrektur C<sub>m</sub> / R'<sub>0</sub>: 0.50 / 0.70  
d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0  
d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.05	0.13	99.87
1.0	0.06	0.16	99.71
0.5	0.09	0.24	99.47
0.25	0.25	0.67	98.80
0.125	0.62	1.66	97.14
Schale	36.39	97.14	-
Summe	37.46		
Siebverlust	0.00		

## Schlammanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' <sub>h</sub> [-]	R' <sub>h</sub> + R <sub>0</sub> R <sub>0</sub> =C <sub>m</sub> +R' <sub>0</sub> [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H <sub>r</sub> [mm]	η [-]	Durchgang [%]
0	0.5	19.30	20.50	0.0660	21.3	120.49	0.97432	87.89
0	1	18.40	19.60	0.0473	21.3	124.09	0.97432	84.03
0	2	16.70	17.90	0.0344	21.3	130.89	0.97432	76.74
0	5	14.80	16.00	0.0224	21.3	138.49	0.97432	68.60
0	15	13.40	14.60	0.0132	21.3	144.09	0.97432	62.60
0	46	12.40	13.60	0.0076	21.5	148.09	0.96966	58.31
2	0	11.30	12.50	0.0048	21.8	152.49	0.96275	53.59
6	0	9.90	11.10	0.0028	22.6	158.09	0.94467	47.59
24	0	8.20	9.40	0.0014	21.6	164.89	0.96735	40.30

# Körnungslinie

Neubau Mehrgenerationenhaus

Mälzerstraße 15 in 33098 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 26.07.2023

Prüfungsnummern: 1/6, 1/8, 2/4, 2/5, 3/3

Proben entnommen am: 16.06.2023

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analyse

Bezeichnung: Probe 1/8

Bodenart: G,  $\bar{u}$ , gs'

Tiefe: 2,28-2,70 m

kf-Wert [m/s]:  $<1,0 \times 10^{-9}$  (M&P)

T/U/S/G [%]: - / 37.8 / 11.3 / 50.8

d<sub>20</sub> [mm]: -d<sub>10</sub>/d<sub>30</sub>/d<sub>60</sub> [mm]: - / - / 6.293

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 574.50

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
43.0	0.00	0.00	100.00
31.5	69.84	12.16	87.84
22.4	48.47	8.44	79.41
16.0	9.86	1.72	77.69
8.0	86.66	15.08	62.61
4.0	48.83	8.50	54.11
2.0	29.29	5.10	49.01
1.0	23.39	4.07	44.94
0.5	13.96	2.43	42.51
0.25	9.10	1.58	40.92
0.125	8.38	1.46	39.46
0.063	9.34	1.63	37.84
Schale	217.38	37.84	-
Summe	574.50		
Siebverlust	0.00		

# Körnungslinie

Neubau Mehrgenerationenhaus

Mälzerstraße 15 in 33098 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 26.07.2023

Prüfungsnummern: 1/6, 1/8, 2/4, 2/5, 3/3

Proben entnommen am: 16.06.2023

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analyse

Bezeichnung: Probe 2/4  
Bodenart: U,  $\bar{t}$ , fs'  
Tiefe: 1,40-1,80 m  
kf-Wert [m/s]:  $<1,0 \times 10^{-9}$  (M&P)  
T/U/S/G [%]: 34.6 / 54.8 / 10.6 / -  
d20 [mm]: -  
d10/d30/d60 [mm]: - / 0.002 / 0.007  
Siebanalyse:  
Trockenmasse [g]: 40.13  
Schlammanalyse:  
Trockenmasse [g]: 39.40  
Korndichte [g/cm<sup>3</sup>]: 2.650  
Aräometer:  
Bezeichnung: Standard Aräometer  
Volumen Aräometerbirne [cm<sup>3</sup>]: 67.40  
Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50  
Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00  
Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20  
Meniskuskorrektur  $C_m / R'_0$ : 0.50 / 0.70  
d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0  
d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
2.0	0.00	0.00	100.00
1.0	0.06	0.15	99.85
0.5	0.04	0.10	99.75
0.25	0.12	0.30	99.45
0.125	0.51	1.27	98.18
Schale	39.40	98.18	-
Summe	40.13		
Siebverlust	0.00		

## Schlammanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' <sub>h</sub> [-]	R' <sub>h</sub> + R <sub>0</sub> R <sub>0</sub> =C <sub>m</sub> +R' <sub>0</sub> [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H <sub>r</sub> [mm]	η [-]	Durchgang [%]
0	0.5	21.20	22.40	0.0641	21.0	112.89	0.98136	89.65
0	1	20.10	21.30	0.0462	21.0	117.29	0.98136	85.25
0	2	19.00	20.20	0.0333	21.0	121.69	0.98136	80.84
0	5	17.10	18.30	0.0217	21.0	129.29	0.98136	73.24
0	15	15.50	16.70	0.0128	21.0	135.69	0.98136	66.84
0	46	13.90	15.10	0.0075	21.2	142.09	0.97665	60.43
2	0	12.00	13.20	0.0047	21.7	149.69	0.96504	52.83
6	0	9.00	10.20	0.0028	22.5	161.69	0.94690	40.82
24	0	6.00	7.20	0.0015	21.6	173.69	0.96735	28.82

# Körnungslinie

Neubau Mehrgenerationenhaus

Mälzerstraße 15 in 33098 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 26.07.2023

Prüfungsnummern: 1/6, 1/8, 2/4, 2/5, 3/3

Proben entnommen am: 16.06.2023

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analyse

Bezeichnung: Probe 2/5

Bodenart: U, s', mg'

Tiefe: 1,80-1,95 m

kf-Wert [m/s]:  $<1,0 \times 10^{-9}$  (M&P)

T/U/S/G [%]: - / 70.9 / 8.4 / 20.7

d<sub>20</sub> [mm]: -d<sub>10</sub>/d<sub>30</sub>/d<sub>60</sub> [mm]: - / - / -

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 355.00

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
22.4	0.00	0.00	100.00
16.0	30.34	8.55	91.45
8.0	24.24	6.83	84.63
4.0	10.53	2.97	81.66
2.0	8.36	2.35	79.30
1.0	7.73	2.18	77.13
0.5	4.28	1.21	75.92
0.25	3.40	0.96	74.96
0.125	5.32	1.50	73.46
0.063	8.96	2.52	70.94
Schale	251.84	70.94	-
Summe	355.00		
Siebverlust	0.00		

# Körnungslinie

Neubau Mehrgenerationenhaus

Mälzerstraße 15 in 33098 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 26.07.2023

Prüfungsnummern: 1/6, 1/8, 2/4, 2/5, 3/3

Proben entnommen am: 16.06.2023

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analyse

Bezeichnung: Probe 3/3  
 Bodenart: U, t, fs'  
 Tiefe: 0,95-1,15 m  
 kf-Wert [m/s]:  $\sim 2,2 \times 10^{-9}$  (M&P)  
 T/U/S/G [%]: 17.0 / 66.4 / 16.6 / -  
 d20 [mm]: 0.0020  
 d10/d30/d60 [mm]: - / 0.014 / 0.035  
 Siebanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 42.32  
 Schlämmanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 40.79  
 Korndichte [g/cm<sup>3</sup>]: 2.650  
 Aräometer:  
 Bezeichnung: Standard Aräometer  
 Volumen Aräometerbirne [cm<sup>3</sup>]: 67.40  
 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50  
 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00  
 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20  
 Meniskuskorrektur C<sub>m</sub> / R'<sub>0</sub>: 0.50 / 0.70  
 d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0  
 d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
2.0	0.00	0.00	100.00
1.0	0.03	0.07	99.93
0.5	0.00	0.00	99.93
0.25	0.41	0.97	98.96
0.125	1.09	2.58	96.38
Schale	40.79	96.38	-
Summe	42.32		
Siebverlust	0.00		

## Schlamm-analyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' <sub>h</sub> [-]	R' <sub>h</sub> + R <sub>0</sub> R <sub>0</sub> =C <sub>m</sub> +R' <sub>0</sub> [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H <sub>r</sub> [mm]	η [-]	Durchgang [%]
0	0.5	21.00	22.20	0.0640	21.4	113.69	0.97198	84.25
0	1	19.00	20.20	0.0468	21.4	121.69	0.97198	76.66
0	2	14.80	16.00	0.0353	21.4	138.49	0.97198	60.72
0	5	9.80	11.00	0.0239	21.4	158.49	0.97198	41.75
0	15	6.50	7.70	0.0144	21.4	171.69	0.97198	29.22
0	46	4.90	6.10	0.0083	21.5	178.09	0.96966	23.15
2	0	4.50	5.70	0.0052	21.9	179.69	0.96046	21.63
6	0	3.70	4.90	0.0030	22.6	182.89	0.94467	18.60
24	0	3.00	4.20	0.0015	21.6	185.69	0.96735	15.94

## ANLAGE 4.1

### Wassergehaltsbestimmung

Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212  
59556 Lippstadt

Bericht: 230563

Anlage: 4.1

## Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Neubau Mehrgenerationenhaus  
Mälzerstraße 15 in 33098 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 26.07.2023

Prüfungsnummern: Proben 1/6, 1/8, 2/4, 2/5 und 3/3

Entnahmestellen: BS 1, BS 2 und BS 3

Tiefe: 0,95-2,70 m

Art der Entnahme: gestörte Proben

Proben entnommen am: 16.06.2023

Probenbezeichnung:	Probe 1/6	Probe 1/8	Probe 2/4	Probe 2/5	Probe 3/3	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	235.92	1011.58	244.36	784.21	232.92	
Trockene Probe + Behälter [g]:	231.73	955.98	238.71	747.41	227.92	
Behälter [g]:	216.14	381.48	200.82	392.41	204.19	
Porenwasser [g]:	4.19	55.60	5.65	36.80	5.00	
Trockene Probe [g]:	15.59	574.50	37.89	355.00	23.73	
Wassergehalt [%]	26.88	9.68	14.91	10.37	21.07	

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

ANLAGE 5.1-5.3

Konsistenzgrenzenbestimmung

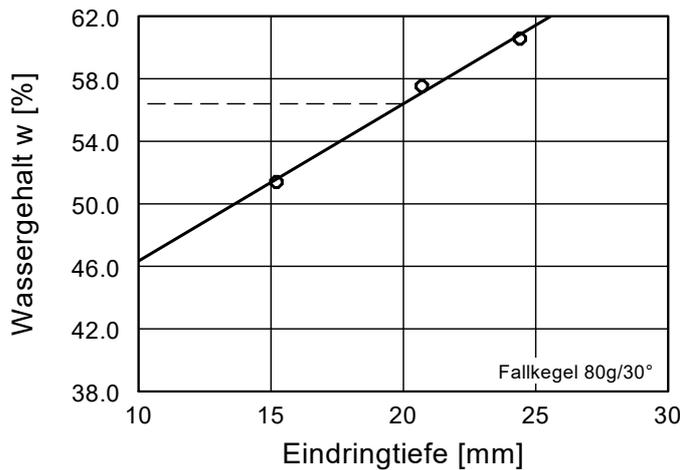
# Zustandsgrenzen

Neubau Mehrgenerationenhaus  
 Mälzerstraße 15 in 33098 Paderborn  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

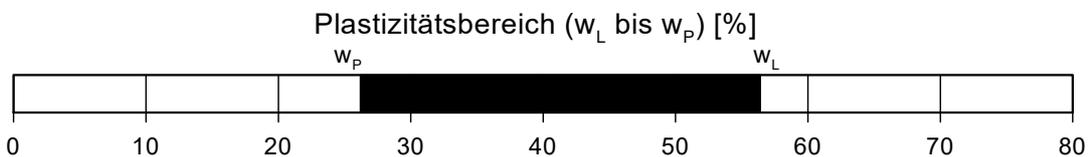
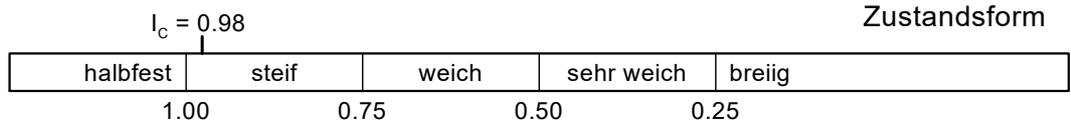
Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 26.07.2023

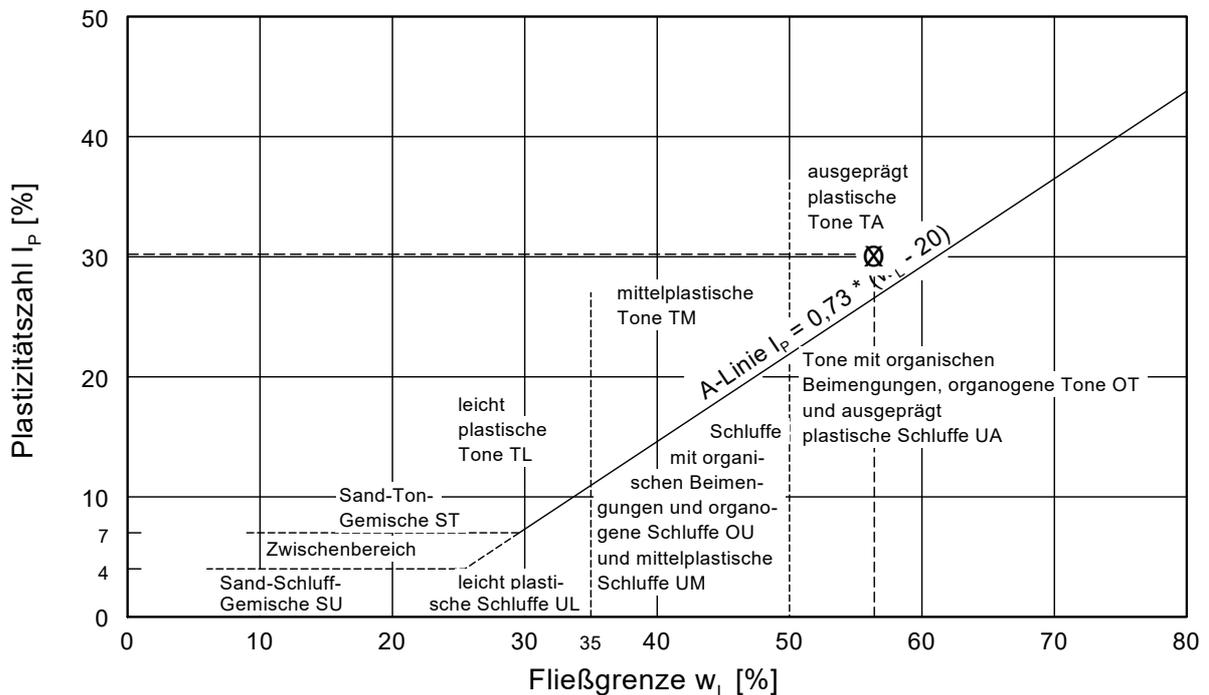
Prüfungsnummer: Probe 1/6  
 Entnahmestelle: BS 1  
 Tiefe: 1,60-1,75 m  
 Art der Entnahme: gestörte Probe  
 Bodenart: bindiger Boden  
 Probe entnommen am: 16.06.2023



Wassergehalt  $w = 26.9 \%$   
 Fließgrenze  $w_L = 56.4 \%$   
 Ausrollgrenze  $w_P = 26.2 \%$   
 Plastizitätszahl  $I_P = 30.2 \%$   
 Konsistenzzahl  $I_C = 0.98$



## Plastizitätsdiagramm



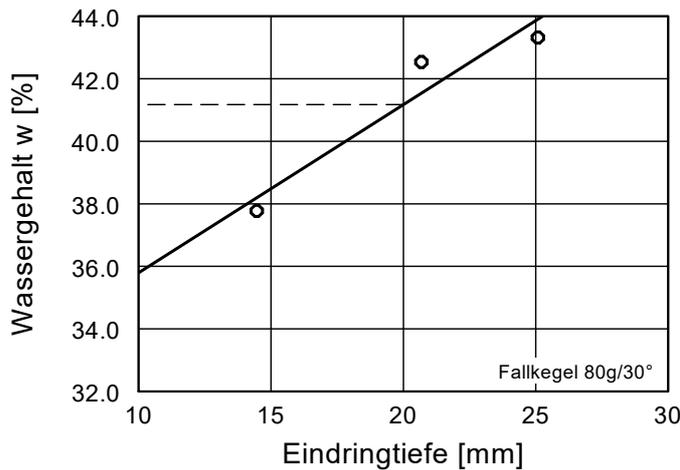
# Zustandsgrenzen

Neubau Mehrgenerationenhaus  
 Mälzerstraße 15 in 33098 Paderborn  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

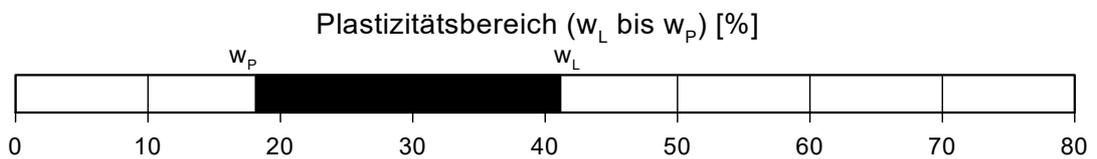
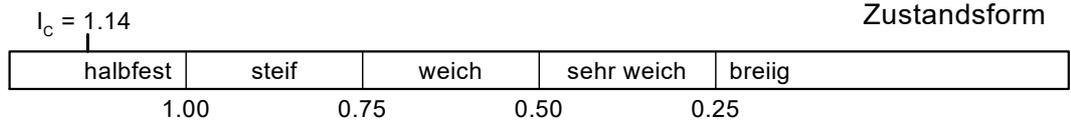
Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 26.07.2023

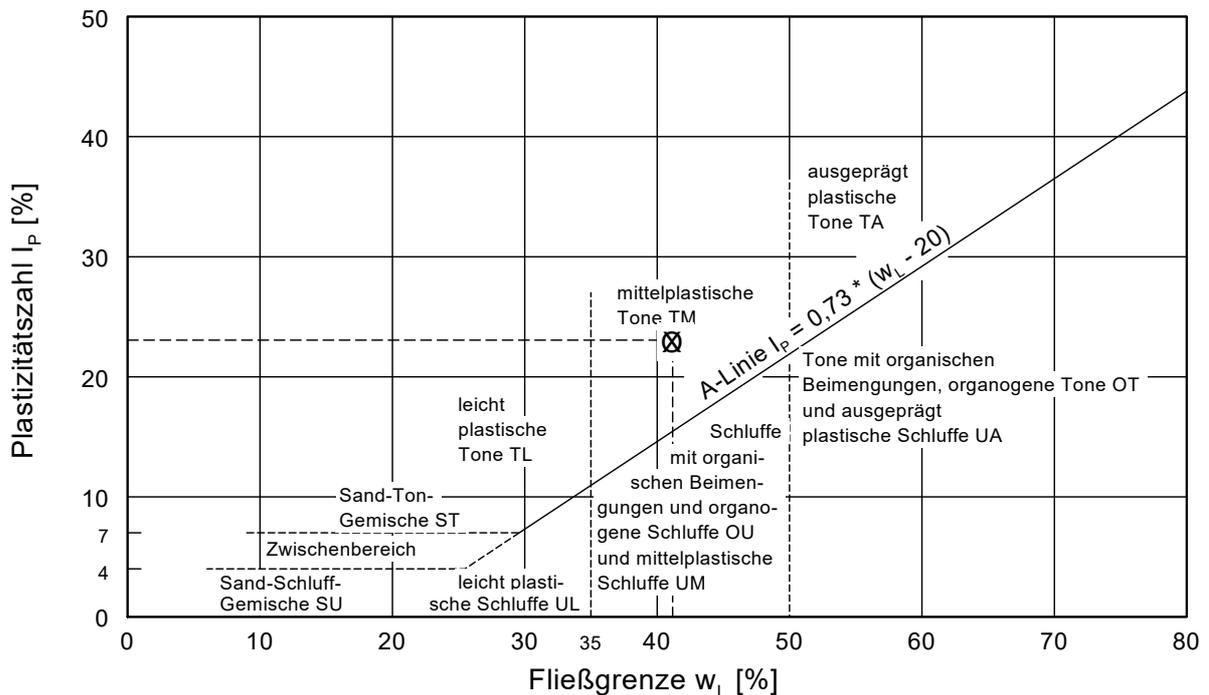
Prüfungsnummer: Probe 2/4  
 Entnahmestelle: BS 2  
 Tiefe: 1,40-1,80 m  
 Art der Entnahme: gestörte Probe  
 Bodenart: bindiger Boden  
 Probe entnommen am: 16.06.2023



Wassergehalt $w =$	14.9 %
Fließgrenze $w_L =$	41.2 %
Ausrollgrenze $w_P =$	18.1 %
Plastizitätszahl $I_p =$	23.1 %
Konsistenzzahl $I_C =$	1.14



## Plastizitätsdiagramm



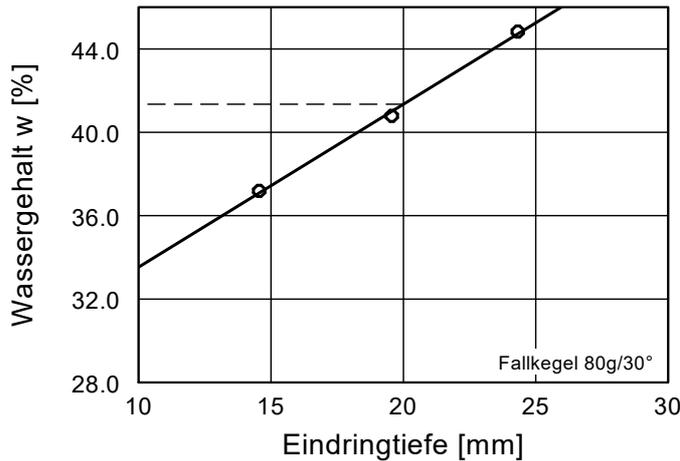
# Zustandsgrenzen

Neubau Mehrgenerationenhaus  
 Mälzerstraße 15 in 33098 Paderborn  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

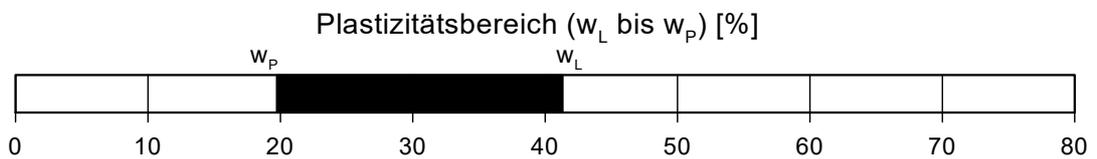
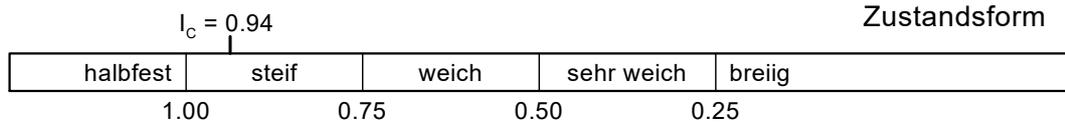
Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 26.07.2023

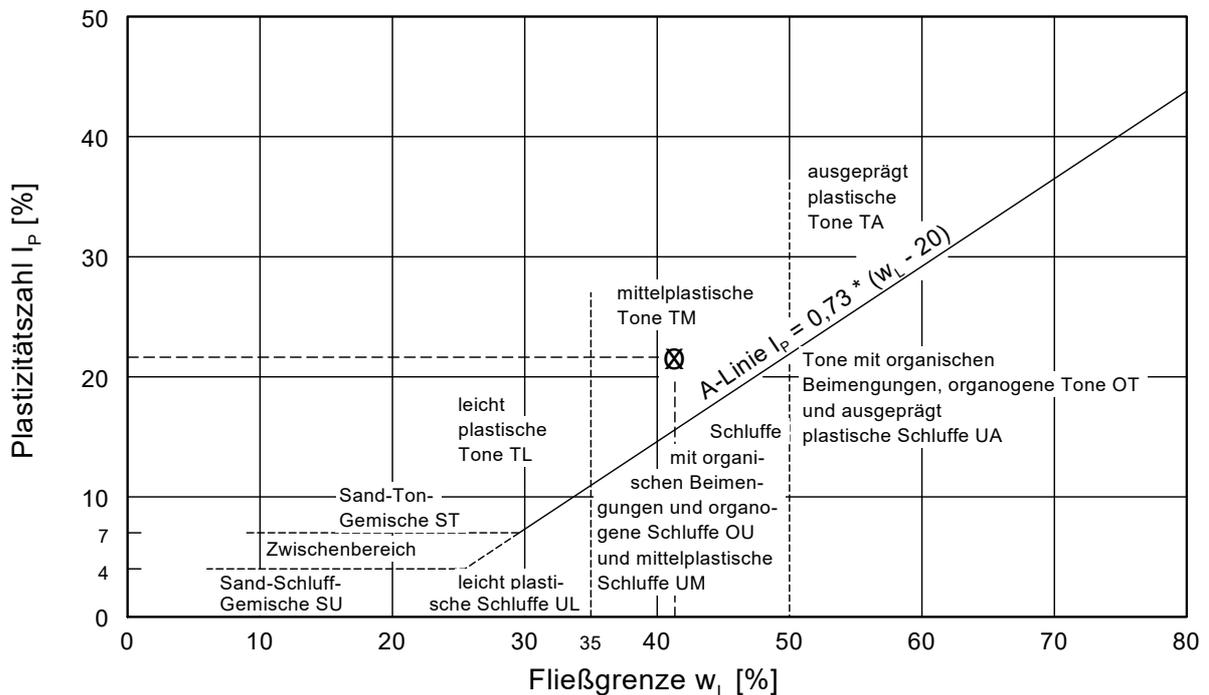
Prüfungsnummer: Probe 3/3  
 Entnahmestelle: BS 3  
 Tiefe: 0,95-1,15 m  
 Art der Entnahme: gestörte Probe  
 Bodenart: bindiger Boden  
 Probe entnommen am: 16.06.2023



Wassergehalt  $w = 21.1 \%$   
 Fließgrenze  $w_L = 41.3 \%$   
 Ausrollgrenze  $w_P = 19.7 \%$   
 Plastizitätszahl  $I_P = 21.6 \%$   
 Konsistenzzahl  $I_C = 0.94$



## Plastizitätsdiagramm



ANLAGE 6.1

Fotodokumentation

**Fotodokumentation**

**Seite 1**

**Anlage 6.1**

Situation am 16.06.2023



**Foto 1:** Blickrichtung ~NO; Übersichtsfoto Garten

Situation am 16.06.2023



**Foto 2:** Blickrichtung ~NO; Übersichtsfoto Garten

**Fotodokumentation**

**Seite 2**

**Anlage 6.1**

Situation am 16.06.2023



**Foto 3:** Blickrichtung ~O; Übersichtsfoto Garten

Situation am 16.06.2023



**Foto 4:** Blickrichtung ~O; Übersichtsfoto Garten

**Fotodokumentation**

**Seite 3**

**Anlage 6.1**

Situation am 16.06.2023



**Foto 5:** Blickrichtung ~O; Übersichtsfoto Garten

Situation am 16.06.2023



**Foto 6:** Blickrichtung ~SW; Bereich der BS 1 (Markierung)

**Fotodokumentation**

**Seite 4**

**Anlage 6.1**

Situation am 16.06.2023



**Foto 7:** Blickrichtung ~SW; Bereich der BS 2 (Markierung)

Situation am 16.06.2023



**Foto 8:** Blickrichtung ~SW; Bereich der BS 3 (Markierung)