

GUTACHTEN

Projekt / BV: Wohnbebauung Heiersmauer
Heiersmauer 21, 33098 Paderborn



Quelle: AB Brockmeyer + Rütting

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Auftraggeber: SPAR- UND BAUVEREIN PADERBORN EG
Giersmauer 4a, 33098 Paderborn

Planer: ARCHITEKTURBÜRO BROCKMEYER + RÜTING
Am Beispring 6, 33175 Bad Lippspringe

Auftragnehmer: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Projekt-Nr.: 16 05 27

Lippstadt, den 23. September 2016

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
BLZ 416 601 24, Kto.-Nr. 763 656 200

Sparkasse Lippstadt
BIC: WELADED1LIP
IBAN: DE69 4165 0001 0000 0282 90
BLZ 416 500 01, Kto.-Nr. 28 290

- INHALTSVERZEICHNIS -

1.0	<u>AUFGABENSTELLUNG / VORGANG / LAGE</u>	3
2.0	<u>UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG</u>	6
2.1	UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE	6
2.2	GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE	9
3.0	<u>INGENIEURGEOLOGISCHE BAUGRUNDBEURTEILUNG</u>	13
3.1	BAUGRUNDBEURTEILENDE LABORVERSUCHE	13
3.2	BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5)	14
3.3	BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	16
3.4	BODENKLASSEN, BODENGRUPPEN UND FROSTKLASSEN	17
3.5	HOMOGENBEREICHE GEM. VOB TEIL C	19
5.0	<u>INGENIEURGEOLOGISCHE HINWEISGEBUNGEN</u>	21
5.1	GEBÄUDEBAU	21
5.1.1	ALLGEMEINE MAßNAHMENVORSCHLÄGE	30
5.1.2	HINWEISGEBUNGEN BODENPLATTENGRÜNDUNG - NICHTUNTERKELLERUNG	34
5.1.3	SPEZIELLE HINWEISGEBUNGEN STREIFENFUNDAMENTGRÜNDUNG	38
5.1.4	GRÜNDUNG UNTERKELLERUNG (BODENPLATTE UND EINZELFUNDAMENTE)	41
6.0	<u>ANLAGEN</u>	45

1.0 Aufgabenstellung / Vorgang / Lage

Vorgang / Planung: Der SPAR- UND BAUVEREIN PADERBORN EG (Giersmauer 4a, 33098 Paderborn) sieht den Neubau eines Wohngebäude-Komplexes auf dem Grundstück ‚Heiersmauer Nr. 21‘ in 33098 Paderborn vor (Gemarkung Paderborn, Flur 9, Flurstück 174). Die Gebäude sollen vollständig unterkellert und 2½-geschossig bzw. mit aufgesetzten Staffelgeschossen errichtet werden. Ergänzend werden im Innenhof vermutlich Pkw-Bewegungsflächen und -Stellplätze zzgl. Feuerwehr-Aufstellflächen vorgesehen.

Aufgabe ist die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und –beurteilung. Insbesondere ist die Tragfähigkeit der relevanten Böden zu erkunden und ingenieurgeologische Hinweisgebungen zu liefern.

Die ‚hydrologische Situation‘ wird in Form eines hydrologischen Fachgutachtens durch das Büro SCHMIDT & PARTNER GMBH (Bielefeld) erläutert, auf welches in diesem Gutachten Bezug hinsichtlich einzelner bemessungsrelevanter Werte eingegangen wird.

Innerhalb des g.g. Fachgutachtens erfolgen weitere Aussagen zum bautechnisch relevanten Bemessungswasserstand und zur Grundwasserströmung sowie ggf. Angaben zu im Rahmen von Tiefbauarbeiten anfallenden Wassermengen.

Ein vollständiges Bild ergibt sich erst in der Zusammenschau der Gutachten der Büros KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH und SCHMIDT & PARTNER GMBH.

Der SPAR- UND BAUVEREIN PADERBORN EG (Giersmauer 4a, 33098 Paderborn) beauftragte das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH (Holzstraße 212, 59556 Lippstadt) auf Grundlage des Angebotes vom 18.05.2016 mit der Durchführung einer Baugrunderkundung / Gründungsberatung.

- **Bauherr / AG:** SPAR- UND BAUVEREIN PADERBORN EG
Giersmauer 4a, 33098 Paderborn
- **Planung/Bauleitung:** ARCHITEKTURBÜRO BROCKMEYER + RÜTING
Am Beispring 6, 33175 Bad Lippspringe
- **Bodengutachter:** KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt
- **Hydrogeologie:** IB SCHMIDT UND PARTNER
Osningstraße 75, 33605 Bielefeld

Für die Durchführung der Außentätigkeiten stehen folgende vom Planer gestellte Unterlagen als Vorabzüge der Genehmigungsplanung zur Verfügung:

- Lageplan (Stand 07.12.2015; Maßstab 1:500)
- Vogelperspektiven Nord, Süd (Stand n.b.; ohne Maßstab)

Die Hinweisgebungen berücksichtigen auch den am 21.06.2016 AG-seits überstellten aktuellsten Planungsstand (Genehmigungsantrag):

- Lageplan (Stand 30.04.2016; Maßstab 1:250)
- Grundriss UG, EG, 1. OG, 2. OG, DG (Stand 30.05.2016; Maßstab 1:100)
- Dachdraufsicht (Stand 30.05.2016; Maßstab 1:100)
- Längsschnitt (Stand 30.05.2016; Maßstab 1:100)

Weiterhin findet das o.g. Fachgutachten des Büros SCHMIDT UND PARTNER (Stand August 2016) Verwendung.

Nachfolgend wird der Umfang der Gelände- und Labortätigkeiten aufgelistet (Tabelle 1):

Gelände (01.07. und 26.08.2016)	- Rammkernsondierungen (Ø 60 - 40 mm)	10 Stück
	- Einmessung in Höhe und Lage	10 Stück
	- Leichte Rammsondierungen (DPL-5)	9 Stück
	- Diamantkernbohrungen (Ø 80 mm)	2 Stück
	- Errichtung von Grundwassermessstellen DN 50	2 Stück
bodenmecha- nisches Labor	- Korngrößenanalyse (DIN 18 123)	5 Stück
	- Wassergehaltsbestimmung (DIN 18 121)	5 Stück

Tabelle 1: Untersuchungsumfang

Die Lage der Baugrunderschließungen geht aus der Anlage 1.1 (Lageplan) hervor. Die Bohrungen wurden lagemäßig eingemessen und höhenmäßig absolut zueinander einnivelliert.

Als Höhenbezugspunkt ist die OK eines Schachtdeckels des Schachtbauwerkes 'Nr. 6503 1027' auf der 'Heiersmauer' herangezogen worden (OK-Deckel: +109,18 m ü.NN; Lage: siehe Lageplan). Der Anlage 5.1 ist eine Fotodokumentation zu entnehmen.

Lage / Begrenzungen: Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Innen-/Altstadt von 33098 Paderborn, auf dem Grundstück 'Heiersmauer Nr. 21'. Die Straße 'Heiersmauer' nebst Gehweg verläuft unmittelbar nördlich des geplanten Baufeldes.

Neben grundstückseigenen Freiflächen befinden sich weitere Bestandsbauten im Nahbereich:

- östlich: Bestandsgebäude 'Meinwerkstraße Nr. 11-15'
- südöstlich: Bestandsgebäude 'Meinwerkstraße Nr. 9'
- südlich: rückwärtige Bebauung 'Ückern Nr. 15-21'
- südwestlich: rückwärtige Bebauung 'Ückern Nr. 13' und
- südwestlich: rückwärtige Bebauung 'Heiersmauer Nr. 27'
- westl./nordwestl: Bestandsgebäude und rückwärtige Bebauung 'Heiersmauer Nr. 23'

Bestand / direktes Umfeld: Das Grundstück besitzt derzeit noch einen Gebäude-Besatz durch ein unterkellertes, 2½-geschossiges Wohngebäude (~25,5 m Länge-W-O x ~12,5 m Breite-N-S) inkl. eines anbindenden zweigeschossigen, nicht-unterkellerten rückwärtigen Gebäudes (~13,0 m Länge-W-O x ~6,0 m Breite-N-S).

Daneben besteht östlich ein durch einen Durchgang vom Wohngebäude getrenntes, eingeschossiges (Werkhallen-)Gebäude mit dahinterliegenden eingeschossigen Anbauten (~23,0 m Länge-NNO-SSW x ~12,5 m Breite-W-O). G.g. Gebäude binden überwiegend an die Gebäude der 'Meinwerkstraße' an.

Die vorgenannten Bestandsgebäude sind im Vorfeld des Neubaus aus dem Baufeld zu entfernen. Hinweisgebungen zum Rückbau sind beauftragungsgemäß nicht Bestandteil dieses Gutachtens.

Vorfluter befinden sich nicht im unmittelbaren Nahbereich. Die 'Pader' verläuft etwa 230 m westlich des Baufeldes mit etwa nordwestlicher Entwässerungsrichtung. Das Quellbecken der 'Dielenpader' befindet sich rund 220 m südlich des Baufeldes.

Morphologie: Im Untersuchungsgebiet konnten geringe Höhenunterschiede von ca. 0,91 m zwischen den Bohransatzpunkten festgestellt werden (+110,4/+109,5 m ü.NN). Der Nahbereich liegt relativ eben vor.

Das Baufeld ist der Frosteinwirkungszone I zugehörig (gem. RStO 12).

Erdbebenzone/Gefährdungspotenziale: Nach der 'Karte der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland, hier: NRW' (1:350 000, Geologischer Dienst NRW, 2006) ist das Arbeitsgebiet in einem 'Gebiet außerhalb von Erdbebenzonen' gelegen. Das Online-Fachinformationssystem 'Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW' des Geologischen Dienstes NRW gibt für das von der Maßnahme betroffene KM-Quadrat 23142 das Vorhandensein von verkarstungsfähigem Gestein als Gefähr-

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

Versorgungsleitungen: Die Hauptstränge der öffentlichen ‚Versorger‘ befinden sich grundsätzlich im umliegenden öffentlichen Bereich (Straßen-/Wegetrassen etc.), wobei teilweise recht geringe Abstände zu relevanten Plangebäuden vorliegen. Ab Außenkante Bestand Hs.-Nr. 21 bis zu einer Mittelspannungsleitung (20kV/30kV) beträgt der Abstand beispielsweise nur rund 1,1/1,2 m.

Darüber hinaus sind Anschlüsse/Stiche bis an die Bestandsgebäude bekannt. Ferner sind grundstücksinterne Leitungen und weitere Stiche zu erwarten. Die Leitungslage ist im Vorfeld zu überprüfen. Versorgungsleitungen sind in ihrer Funktion zu sichern. Baufeldquerende Leitungen sind zu entfernen bzw. umzulegen oder – wenn erforderlich – fachgerecht zu überbauen.

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.

Aufgrund der Stadtgeschichte und der geplanten Eingriffe in den Untergrund ist eine Bestätigung über die Kampfmittelfreiheit der Fläche beim ORDNUNGSAMT DER STADT PADERBORN und bei der BEZIRKSREGIERUNG (sowieso) einzuholen.

Die in diesem Gutachten gemachten Angaben sind ausschließlich projektbezogen zu verwenden.

2.0 Untergrunderschließung

2.1 Untergrundsichtung / Geologie

Die Bodenansprache erfolgte durch einen erfahrenen Dipl.-Geologen nach den entsprechenden DIN-Normen. Die Bohrungen wurden zu Schichtprofilen entwickelt und höhenmäßig zueinander in Beziehung gestellt (siehe Schnittdarstellungen – Anlagen 2.1 und 2.2).

Die Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse werden in den Tabellen 2a und 2b zusammengefasst.

Die Sondierungen stellen punktuelle Untergrundaufschlüsse dar, daher kann an anderen Stellen ein von den unten gemachten Angaben abweichender Untergrundaufbau vorliegen.

Die Materialansprache und -einteilung (Kies-Sand-Schluff-Ton) im Gelände erfolgt gemäß DIN nach der im Bohrgut vorhandenen Korngröße. Bei dem im Endteufenbereich teilweise angetroffenen „Verwitterungslehm“ handelt es sich zwar der Korngröße nach um ein sandig-schluffig-toniges 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 eine geteilte Signatur in den Schichtenprofilen berücksichtigt.

Geologie: Das oberkretazische Grundgebirge (*'schloenbachi-Schichten'* der *Coniac*-Stufe) konnte bis zu den maximal erreichten Bohrendteufen von 14,2 m u.GOK nur in verwitterter Form erbohrt werden (Verwitterungston/-lehm). Das Festgestein besitzt sowohl baugrundtechnisch als auch hydrogeologisch (⇒ Fachgutachten IB SCHMIDT + PARTNER) eine erhöhte Projektrelevanz.

Die untergrundprägenden Fluviatilkiese (und -Schluffe) werden in die Weichsel-Kaltzeit des pleistozänen Quartärs eingestuft (sog. 'Niederterrasse'). Die lokal bis 1,9 m mächtigen Auffüllungen wurden in jüngerer Zeit durch menschlichen Eingriff aufgebracht.

Bohrung	BS 1	BS 2	BS 3	BS 4	BS 5
Ansatz	+109,87	+110,37	+110,15	+109,90	+110,16
Versiegelungen	-0,08 (P)	-	-	-	-
aufgef. Mutterboden	-	-1,00	-1,00	-0,80	-0,70
Füllsand	-	1,00-1,80	1,00-1,50	-	0,70-1,60
Füllschluff	0,08-1,10	-	1,50-1,90	0,80-1,60	-
Fluviatilschluff	-	-	-	12,20-13,00	-
Fluviatilkies	1,10-13,70	ab 1,80	ab 1,90	1,60-12,20 13,00-14,00	ab 1,60
Verwitterungslehm	ab 13,70 = +96,17	-	-	ab 14,00 = +95,90	-
Grundwasser (am 01.07.2016)	1,48 = +108,39	2,87 = +107,50	2,45 = +107,70	2,40 = +107,50	2,60 = +107,56
DPL	X	X	X	X	X
Endteufe	14,00*	6,00	6,00	14,20*	6,00

Tabelle 2a: Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse, Angaben in m u.GOK / m ü.NN

P = Pflasterung; * = kein weiterer Bohrfortschritt

Bohrung	BS 6	BS 7	BS 8	GWM 2	GWM 3
Ansatz	+110,43	+110,06	+109,52	+110,03	+110,47
Versiegelungen	-	-0,23 (B)	-0,28 (B)	-	
aufgef. Mutterboden	-1,00	-	-	-0,80	-0,80
Füllsand	-	0,23-0,60	0,28-0,50	-	0,80-1,80
Füllschluff	1,00-1,70	0,60-1,40	0,50-1,40	0,80-1,70	-
Fluviatilschluff	-	-	-	-	-
Fluviatilkies	ab 1,70	ab 1,40	ab 1,40	ab 1,70	ab 1,80
Verwitterungslehm	-	-	-	-	-
Grundwasser (am 01.07.2016)	2,80 = +107,63	2,60 = +107,46	2,35 = +107,17	2,68 = +107,35	2,98 = +107,49
DPL	X	X	X	-	-
Endteufe	6,00	4,10*	4,70*	10,00	10,00

Tabelle 2b: Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse, Angaben in m u.GOK / m ü.NN

B = Beton/Estrich; * = kein weiterer Bohrfortschritt

rot = organoleptisch auffällig (fäkalischer Geruch)

Fußbodenaufbau: Der an BS 7 und BS 8 vorgefundene Fußbodenaufbau des Bestandes setzt sich aus einem mineralischen Aufbau (Estrich-Beton) zusammen. Trenn-/Isolierschichten konnten an den o.g. Ansatzpunkten nicht vorgefunden werden.

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

Bei der Boden-/Materialansprache wurden innerhalb der Auffüllungen vergleichsweise unauffällige Ziegel- und Betonbruchstücke, (Kalkstein-)Schotter- und Kieselbeimengungen festgestellt sodass es sich vermutlich um eine unbelastete Fläche handelt.

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

Aufgrund der erforderlichen Abfuhr von Aushubbodenmassen empfiehlt sich die maßnahmenvorlaufende Untersuchung auf die Parameterumfänge nach LAGA_{Bo}.

den/TR-Boden und Deponieverordnung (DepV), um qualifizierte Aussagen zur Wiederverwendung/Entsorgung liefern zu können.

2.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Das Thema Hydrologie wird ausführlich in dem Fachgutachten des Büros SCHMIDT & PARTNER behandelt. Es wird von Seiten des IB KLEEGRÄFE nur ein erster Überblick über das Thema 'Grundwasser' i.w.S. gegeben. Die Angaben sind daher, auch unter Berücksichtigung noch nicht vorliegender Detailplanungen als orientierend anzusehen. In diesem Zusammenhang sei auf eine anzuratende Grundwasseranalyse auf Beton- und Stahlaggressivität hingewiesen.

Bei den angetroffenen Nässeverhältnissen handelt es sich um eine zeitliche Momentaufnahme. Langfristige Messdaten liegen nicht vor.

Die Bohrarbeiten wurden in einer niederschlagsmäßig 'normalen' Sommer-Periode durchgeführt. Die angetroffenen Feuchtezustände stellen daher keine Hoch- oder Maximalstände dar. In niederschlagsintensiveren Perioden ist mit höheren Bodenfeuchten zu rechnen.

In allen acht Bohrungen konnte am Untersuchungstag (01.07.2016) Grundwasser direkt angetroffen werden. Es ergibt sich für den 01.07.2016 eine mittlere Höhenkote von +107,62 m ü.NN bei Flurabständen zwischen 1,40 - 2,87 m u.GOK. Innerhalb der am 26.08.2016 errichteten Grundwassermessstellen wurde Grundwasser bei +107,49 m ü.NN und +107,35 m ü.NN angetroffen.

Das Stauäsepotenzial der oberflächennah vorhandenen Füllschluffe und der im Endteufenbereich erbohrten Fluviatilschluffe und Verwitterungslehme ist als hoch und ausgeprägt zu bewerten ('Nichtleiter'/Stauer).

Der Fluviatilkies führt in Abhängigkeit vom Grad der Verlehmung kein nennenswertes bis ein allenfalls geringes Stauäsepotenzial.

Bei Betrachtung der Untergrundverhältnisse wird allgemein von dem Vorliegen 'freier Grundwasserverhältnisse' ausgegangen, die ein ungehindertes Auspiegeln des Grundwassers ermöglichen.

Unter Berücksichtigung der Ausführungen des Büros SCHMIDT UND PARTNER kann eine insgesamt westlich gerichtete Grundwasserströmung bei mittleren Grundwasserstandsverhältnissen angenommen werden.

Mit Stauwasser bis zur aktuellen GOK ist nur zu rechnen, wenn ein ungehindertes Abfließen der Wässer zur Tiefe nicht erfolgen kann, was hinsichtlich des Faktors 'Auftrieb' und bei Abdichtungen zu beachten ist.

Bei den Baumaßnahmen ist daher bei Niederschlägen mit oberflächlichem Wasserstau sowie einer Konsistenzverringerung der bindigen (Füll-)Böden zu rechnen.

Für das vorliegende Bauvorhaben kann nach Maßgabe des Büros SCHMIDT UND PARTNER ein Bemessungswasserstand von **+109,00 m NN** angegeben werden.

Fazit: Für die Tiefgarage und die übrige Unterkellerung wird eine Beeinflussung durch 'echtes' Grundwasser erwartet.
 Es wird eine entsprechende Abdichtung des Tiefgeschosses sowie der Rampenbauteile erforderlich werden. Zusätzlich ist der Faktor 'Auftrieb' zu berücksichtigen. Bemessungswasserstand für Abdichtungen und Auftrieb ist ein Niveau von **+109,00 m NN**.

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

Bodenart	k_f -Wert in m/s
----------	--------------------

(aufgefüllter) 'Mutterboden':

Sand, schwach tonig, schwach kiesig, organische Beimengungen..... 10^{-5} - 10^{-6}

Füllsand:

Sand, schwach kiesig, schwach schluffig, z.T. schwach organisch 10^{-4} - 10^{-6}

Füllschluff / Fluviatilschluff / Verwitterungslehm:

Schluff, schwach sandig, schwach kiesig, z.T. schwach tonig 10^{-6} - 10^{-9}

gering verlehmtter Fluviatilkies:

Kies, sandig, schwach schluffig, z.T. steinig 10^{-4} - 10^{-6}

verlehmtter Fluviatilkies:

Kies, sandig, schluffig, z.T. steinig 10^{-5} - 10^{-7}

**Bewertung der Lockergesteinsdurchlässigkeit mittels Durchlässigkeitsbeiwert
 (nach DIN 18 130)**

- | | | |
|----------------------------|-----------------------|-----|
| • stark durchlässig : | $> 10^{-4}$ | m/s |
| • durchlässig : | 10^{-4} - 10^{-6} | m/s |
| • gering durchlässig : | 10^{-6} - 10^{-8} | m/s |
| • sehr gering durchlässig: | $< 10^{-8}$ | m/s |

Nachfolgend werden die wesentlichen Aussagen des Fachgutachtens aufgelistet:

maßgebliche Aussagen / Daten / Zahlen aus Fachgutachten IB SCHMIDT + PARTNER:

- „...Lage im Bereich der Paderquellen...“.
- „Die Masperspader befindet sich unweit westlich der Vorhabensfläche...“.
- erforderlich: „Ermittlung der maximal zulässigen Eingriffstiefen, ohne dass Dritte beeinträchtigt werden“.
- Bauvorhaben liegt „aus hydrogeologischer Sicht im bedeckten Karst.“
- „Die dem Paderborner Tiefenwasser zugehörige(n) *schloenbachi*-Schichten des Turons (Oberkreide) (...) stehen oberflächennah erst südlich an“.
- Oberflächennah im Paderquellgebiet vorhandene holozäne Ablagerungen können organisch ausgebildet sein und „stellen (...) einen setzungsempfindlichen und ungenügend tragfähigen Baugrund dar“.
- „Die Oberkante des Festgesteins ist (...) in einer Tiefe von rd. 12-14 m u.GOK zu erwarten“.
- Es „muss für den kompletten Untersuchungsraum ein artesisches Druckpotenzial für den Karstgrundwasserleiter des bedeckten Karstes angenommen werden“.
- „Das Bauvorhaben wird vom Grundwasser von Osten nach Westen durchströmt“.
- Im Zentralen Bereich des Bauvorhabens ist ein mittleres Grundwasserstands-niveau von 107,50 m+NN anzusetzen.
- „Die bislang gemessenen Maximalwasserstände werden im Mittel um rd. 0,72 m unterschritten“ (Bezug Stichtagsmessung 06/2007).
- „Die tiefsten Wasserstände liegen im Mittel um rd. 0,45 m unter dem Grundwasserstands-niveau des Stichtags“.
- „Die Messung am 26.08.2016 lag im Mittel 0,52 m über dem Minimalwasserstand und 0,63 m unter dem Maximalwasserstand“.
- „...der Mittelwert aller tiefsten Bemessungswasserstände liegt bei **107,20 m+NN**,...“.
- „..., dass eine bauzeitbedingte flächenhafte Absenkung des Grundwasserstandes unterhalb einer Höhenkote von mindestens 107,20 m+NN vermieden werden muss,...“.
- „Somit wäre bei einer mittleren Geländehöhe von 110 m+NN eine Absenkung auf -2,80 m u.GOK möglich“.

- „... das maximale Absenkziel auf 107,20 m+NN zu begrenzen, um ein Rückstrom aus diesem Quellbereich (der Masperspader) zu vermeiden,...“.
- Der maximale **Bemessungswasserstand** beträgt rd. **109,0 m+NN**.

3.0 Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

3.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche

Korngrößenanalysen (DIN 18 123): Es wurden fünf Korngrößenanalysen mit dem im Gründungs-/Lastabtragsbereich anstehenden Fluviatilkies (Proben siehe Tabelle 3) durchgeführt.

In der Anl. 3.1-3.5 sind die Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Ergebnisse der Analysen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Probe / (Genese)	Profilber. m u.GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	d ₁₀ (mm)	k _r -Wert (m/s)*	Wassergehalt w
1/4 (G)	3,00-4,00	15		32	53	<0,063	<1x10 ⁻⁵	7,9 %
2/3 (G)	1,80-2,50	11		33	56	<0,063	<1x10 ⁻⁵	4,9 %
3/6 (G)	3,30-4,20	18		36	46	<0,063	<1x10 ⁻⁵	9,1 %
4/6 (G)	4,00-5,00	15		37	48	<0,063	<1x10 ⁻⁵	8,4 %
5/5 (G)	3,20-4,20	9		28	63	0,074	~3x10 ⁻⁵	9,3 %

Tabelle 3: Ergebnisse der Korngrößenanalysen/Wassergehaltsbestimmungen

Genese: G = Fluviatilkies; **fett** = prägend; * k_r-Wertbestimmung: bei nicht bindigen Böden nach BEYER

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

Nach dem Ergebnis der Korngrößenanalyse setzt sich der prägende gründungs-/lastabtragsrelevante Untergrund aus +/- verlehmteten, größtenteils stark sandigen Kiesen zusammen.

Bodenbezeichnung nach DIN 4022 und Bodenklasse nach DIN 18 196:

1/4:	Kies, stark sandig, bindig	(DIN 18 196: GU/GU*)
2/3:	Kies, stark sandig, schwach bindig	(DIN 18 196: GU)
3/6:	Kies, stark sandig, bindig	(DIN 18 196: GU/GU*)
4/6:	Kies, stark sandig, bindig	(DIN 18 196: GU/GU*)
5/5:	Kies, sandig, schwach bindig	(DIN 18 196: GU/GU*)

Im Sinne der Festlegung der Homogenbereiche können die untersuchten Kiese zum 'Band A' zusammengefasst werden (Anlage 3.6).

Durchlässigkeit (DIN 18 130): Die theoretische Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes (Durchlässigkeitskoeffizienten) nach BEYER ergibt für die untersuchten Kiese in klarer Abhängigkeit vom Grad der Verlehmung Durchlässigkeiten der Größenordnung von $k_f < 1 \times 10^{-5}$ m/s bis $k_f \sim 1 \times 10^{-5}$ m/s (DIN 18 130: \sim 'durchlässig'). Ein relevantes Staunässepotenzial ist damit nicht gegeben.

Wassergehaltsbestimmungen (DIN 18 121): Der untersuchte Kies weist eine starke Durchfeuchtung ($w = 7,9 - 9,3$ %) im Bereich einer materialspezifischen Wassersättigung auf (Anlage 4.1-4.5).

Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): Nach der Frostempfindlichkeitsklassifikation der ZTVE-StB muss der untersuchte Fluvial-Kies aufgrund der teils erhöhten bindigen Nebengemengteile in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 eingestuft werden ('sehr frostempfindlich').

Bodenmechanisches Fazit: Das geogene Erdplanum wird von +/- verlehnten, (stark) sandigen Kiesen geprägt, die in stark erhöhter Durchfeuchtung vorliegen. Der sehr frostempfindliche Boden weist kein nennenswertes Staunässepotenzial auf.

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'). Die DPL erfolgten dabei jeweils nahe der BS 1 - BS 8.

Die Ergebnisdarstellung erfolgt in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe n_{10} gegen Tiefe.

Die Rammdiagramme der DPL sind in der Anlage 2.1 grafisch dargestellt und den jeweiligen Rammkernsondierungen gegenübergestellt. Ausgewertet werden nur solche Bereiche unterhalb von (ohne) zu entfernter Versiegelungen und/oder (aufgefüllter) Oberböden.

⇒ Auffüllungen: Die Auffüllungen zeigen allgemein schwankende Schlagzahlen von $n_{10} < 1-3$ bis z.T. $n_{10} > 30-60$. Aufgrund des heterogenen Materials (Füll-Lehm/-Kies/-Sand) und der unterschiedlichen Lagerungsdichten sind die Auffüllungen allgemein **nicht ausreichend gründungsg geeignet**. Einzelne 'Spitzen' in den Schlagzahlen werden z.B. als eingelagertes Stein-

korn, o.ä. gedeutet.

⇒ Fluviatilkies (ab ca. 1,1 / 1,9 m u.GOK): Ab den g.g. Tiefen erfolgt direkt an der Unterkante der Auffüllungen eine scharf abgegrenzte deutliche Erhöhung der Schlagzahlen auf ein Niveau von $n_{10} \geq 20-60$.

Es handelt sich um ausreichend tragfähige 'mitteldicht bis sehr dicht' gelagerte Kiese, die für das gesamte Baufeld gründungsrelevant sind.

Die Rammsondierungen mussten teilweise innerhalb der kiesigen Böden nach kurzer Rammstrecke wegen nicht mehr feststellbarem Rammfortschritt abgebrochen werden (z.B. DPL 1 – DPL 5).

3.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 4 werden, abgeleitet aus den bodenmechanischen Laborversuchen und basierend auf örtlichen Erfahrungs- und Literaturwerten, Schwankungsbreiten der bodenmechanischen Kennwerte für die gründungsrelevanten Bodenschichten aufgeführt. Sie stellen gemäß DIN 1054 'vorsichtige Schätzwerte der Mittelwerte' (charakteristische Werte) dar.

BODENART	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	φ_k bzw. $\varphi_{s,k}$ (°)	c_k (kN/m ²)	$E_{s,k}$ (kN/m ²)
<u>neues ‚Schotterpolster‘</u> : Kies, sandig, schwach schluffig; dicht gelagert	21,0 - 22,0	13,0 - 14,0	35,0 - 37,5	0	60.000 - 100.000 RW 80.000
<u>Fluviatil-Kies</u> : Kies, (stark) sandig, (schwach) bindig; überwiegend dicht	21,0 - 21,5	13,0 - 13,5	35,0	0	40.000 - 70.000 RW 50.000
<u>Verwitterungslehm</u> : Schluff, schwach sandig, schwach kiesig; steif-halbfest	19,5 - 20,0	9,5 - 10,0	22,5 - 25,0	5-10 RW 5	8.000 - 15.000 RW 10.000
<u>Kalkmergelstein (nicht direkt erbohrt)</u> : dicht/fest, angewittert bis unverwittert	21,0 - 23,0	12,0 - 14,0	30,0 - 35,0	20 - 30 RW 20	70.000 - 100.000 RW 80.000

Tabelle 4: Bodenmechanische Kennwerte der gründungsrelevanten Bodeneinheiten

γ = Wichte des erdfeuchten Bodens
 φ_k = Reibungswinkel
 c_k = Kohäsion

γ' = Wichte des Bodens unter Auftrieb
 $\varphi_{s,k}$ = Ersatzreibungswinkel
 $E_{s,k}$ = Steifeziffer

3.4 Bodenklassen, Bodengruppen und Frostklassen

Schichtglieder	Bodenklassen (DIN 18 300:2012-09)	Homogen- bereiche (DIN 18300/301: 2015-08)	Gruppensymbol (DIN 18 196)	'Frostklasse' ZTVE-StB	Boden- Lösung
aufgef. Mubo	1	-	A (OH/OU)	F 2 - F 3	'Löffel- bagger'
Füllsand	3, u.U. 2	Nr. 1	A (SE/SU)	F 1 - F 2	
Füllschluff	4, u.U. 2		A (UL/TL)	F 3	
Fluv.-Schluff	4-5		UL/TL	F 3	
Fluv.-Kies	3-4		GU/GU*	F 2 - F 3	
Verwitterungs- lehm	4-5		UM/TM/Zv	F 3	
Mergel- kalkstein	6-7	Nr. 2	Zv/Z	kein Boden	Reiß- zahn, ggf. Meißel

Tabelle 5: Erdarbeiten (Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen, Frostklassen)

Bodenlösung: Die o.g. Festlegung der Homogenbereiche für die Gewerke 'Erdarbeiten' und 'Verbauarbeiten' basiert auf der Annahme des Einsatzes eines Löffelbaggers bzw. der Ausführung der im Kapitel 4 beschriebenen Verbauarten. Sollten hiervon abweichende Erdbaugeräte/Verfahren zum Einsatz kommen sollen, so wird um Mitteilung zwecks Anpassung der Homogenbereichsfestlegung gebeten.

Nach DIN 18320 ist der aufgefüllte Oberboden (ohnehin) gesondert zu handhaben und wird daher an dieser Stelle nicht als separater Homogenbereich aufgeführt.

Erläuterung Tabelle 5

nach DIN 18 300:2012-09	Bodenklasse 1: Bodenklasse 2: Bodenklasse 3: Bodenklasse 4: Bodenklasse 5: Bodenklasse 6: Bodenklasse 7:	Oberboden fließende Bodenarten leicht lösbare Bodenarten mittelschwer lösbare Bodenarten schwer lösbare Bodenarten leicht lösbarer Fels oder vergleichbare Bodenarten schwer lösbarer Fels
Homogenbereich nach DIN 18 300:2015-08	Nr. 1: Nr. 2:	mit Löffelbagger lösbar ggf. Anbaugeräte (Reißzahn/Meißel) erforderlich
nach DIN 18 196	OU OH GU/GU* SE SU UL/TL UM/TM Zv/Z	Schluffe mit organischen Beimengungen grob- oder gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art Kies-Schluff-Gemische enggestufte Sande Sand-Schluff-Gemische leicht plastische Schluffe/Tone mittel plastische Schluffe/Tone Fels verwittert/allgemein
nach ZTVE-StB 09	F 1 F 2 F 3	nicht frostempfindlich gering bis mittelfrostempfindlich sehr frostempfindlich

Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Böden mindestens bis annähernd zu den jeweils erreichten Endteufen mittels 'normalen' Löffelbagger-Einsatzes möglich sein wird (Bodenklassen 2 bis 5 bzw. Homogenbereich Nr. 1).

Sofern (deutlich) tiefer als die Bohr-/Rammendteufen geschachtet werden sollte, sind hierfür kalkulatorisch die Bodenklassen 6-7 in Ansatz zu nehmen (Homogenbereich Nr. 2).

Von o.g. Aussage ausgenommen ist der Rückbau möglicherweise noch vorhandenen (ggf. historischen) unterirdischen Bestandes. Hierfür sind gesonderte Positionen ins LV mit aufzunehmen. Die Kampfmittelfreiheit ist zugewährleisten.

3.5 Homogenbereiche gem. VOB Teil C

Die Festlegung von Homogenbereichen (Tabellen 6a und 6b) erfolgt für das Gewerk 'Erdarbeiten' gem. DIN 18300:2015-08 im Hinblick auf die anzusetzende Geotechnische Kategorie GK 2 und beschränkt auf einen Aushub der Böden. Für das auszuführende Gewerk 'Verbauarbeiten' gem. DIN 18303:2015-08 gelten die Angaben analog. Grundlage ist der Einsatz eines ausreichend starken Baggers zur Bodenlösung und ein Einsatz der in Kapitel 4 genannten Verbauart.

Sollten diesbezüglich andere Gerätschaften oder Verfahren zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung gebeten, um die Homogenbereiche entsprechend anpassen zu können.

Beschrieben werden nur die Bereiche unterhalb der ohnehin abzuschiebenden (aufgefüllten) 'Mutterböden' (Verfahren nach DIN 18320), die in diesem Sinne als eigener 'Homogenbereich' aufgefasst werden können.

Nr. nach VOB	Kennwert/Eigenschaft	Wertebereich
1	Korngrößenverteilung	n.b. bzw. Band A
2a, 2b	Anteil Steine und Blöcke	< 10 %
2c	Anteil große Blöcke	< 1 %
4	Dichte, feucht	~ 1,70 – 2,20 g/cm ³
6	undrainierte Scherfestigkeit	~ 0 – 10 kN/m ²
8	Wassergehalt	~ 5 – 30 %
9	Konsistenz	weich bis weich-breiig, bzw. n.b.
10	Konsistenzzahl	≤ 0,5 bzw. n.b.
11	Plastizität	gering bis mäßig
12	Plastizitätszahl	~ 0,10 – 0,20
14	Lagerungsdichte I _b	n.b. bzw. > 0,5
17	Organischer Anteil	~ ≤ 7 %
20	Bodengruppe	OU, OH, UL, TL, UM, TM, SE, SU, GU, GU*, Zv
21	Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, Niederterrasse, Verwitterungslehm

Tabelle 6a: Kennwerte für Homogenbereich Nr. 1 (Abgrenzung siehe Tabelle 5)

n.b. = nicht bestimmbar

Nr. nach VOB	Kennwert/Eigenschaft	Wertebereich
1	Benennung von Fels	Mergelkalkstein
2	Dichte g/cm ³	~ 2,0 – 2,5
3	Verwitterung, Veränderungen und Veränderlichkeit	angewittert bis unverwittert, mäßig veränderlich
6	Druckfestigkeit des Gesteins N/mm ²	~ 5 - 20
8a	Trennflächenrichtung	n.b.
8b	Trennflächenabstand	n.b.
8c	Gesteinkörperform	n.b.

Tabelle 6b: Kennwerte für Homogenbereich Nr. 2 (Abgrenzung siehe Tabelle 5)

n.b. = nicht bestimmbar

5.0 Ingenieurgeologische Hinweisgebungen

5.1 Gebäudebau

Vorplanung: Aufgrund des noch frühen Planungsstandes liegt dem IB KLEEGRÄFE ausschließlich der ‚Lageplan‘ (Stand 07.12.2015; Maßstab 1:500) des AB BROCKMEYER + RÜTING vor.

Auf dem derzeit noch bebauten, ca. 1.900 m² großen Grundstück Heiersmauer Nr. 21 in 33098 Paderborn (konkret: Gemarkung Paderborn, Flur 9, Flurstück 174) wird die Errichtung mehrerer 2- bis 3-geschossiger Mehrfamilienhäuser/MFH's inkl. gemeinsamer großer Tiefgarage/TG unter allen MFH's vorgesehen. Einen Überblick liefert Abb. 1:



Abb. 1: Ausschnitt aus Lageplan (BROCKMEYER + RÜTING, 2015)

Maßgeblich ist ein Netto-Gebäude-Baufeld von max. ca. 50 m (West-Ost) x max. ca. 47 m (Nord-Süd), auf dem mehrere MFH's der ungefähren Einzelgrößen von ca. 40 x 13 m bzw. ca. 16 x 12 m platziert werden sollen.

Unterhalb dieses Neubau-Komplexes ist eine großflächige und gemeinsame TG geplant. Aufgrund des frühen Planungsstandes soll für die Bearbeitung zunächst von einer TG-/KG-Sohle von ca. 3,0 m unter aktueller GOK ausgegangen werden.

max. GW-Absenkungstiefe für große TG-Baugrube:

Die Erstellung der Baugrube für die geplante TG erfordert grundsätzlich umfangreiche, großflächige und umlaufende GW-Absenkungsmaßnahmen.

Gemäß den Angaben des bereits vorgelegten Fachgutachtens des IB SCHMIDT & PARTNER aus August 2016 liegt die **maximale GW-Absenktiefe bei einer flächenhaften Absenkung bei +107,20 m ü.NN.**

Die entsprechende Kote darf bei der (TG-)Baugrube nicht unterschritten werden!

Lokal tieferreichende Absenkungen (z.B. für Stützen- oder Einzelfundamente) sind von obiger Angabe ausdrücklich ausgenommen.

Es wird auf die hydrogeologisch sensible Situation hingewiesen (abgedeckter Karst, Paderquellen, etc.; weitere Details: Verweis auf gg. Fachgutachten).

OKFF's + Gründungshöhen + wichtige Höhen-Koten (Annahmen):

Nachfolgend werden die o.g maßgeblichen, vorläufigen Höhen aufgelistet (Tabelle 7):

aktuelle GOK (im Gebäude-Bereich)	BS 8: min. +109,52 m ü.NN	GWM 3: max. +110,47 m ü.NN
	GOK aktuell = i.M. ca. +110,1 m ü.NN (Bohransätze)	
	GOK optimiert: ca. +110,60 m ü.NN	
OKFF-EG (Annahme)	±0,00 m	ca. +110,60 m ü.NN
UK EG-Bodenplatte (Nicht-Unterkell.)	ca. -0,45 m	ca. +110,15 m ü.NN
UK EG-Fundamente (Nicht-Unterkell.)	ca. -0,80 m	ca. +109,80 m ü.NN
OKFF-TG / -KG (Annahme)	ca. -3,00 m	ca. +107,60 m ü.NN
UK TG-/KG-Bodenplatte	ca. -3,40 m	ca. +107,20 m ü.NN
UK TG-/KG-Aushubsohle	ca. -3,70 m	ca. +106,90 m ü.NN
max. GW-Absenkungs-Höhenkote	ca. -2,90 m	+107,20 m ü.NN

Tabelle 7: relevante Höhenangaben

Das aktuelle Bauvorhaben wird in die Geotechnische Kategorie 2 eingeordnet.

grundsätzl. Höhen-Diskussion: GOK, OKFF-EG, OKFF-TG/-KG, GW-Absenkung:

Als relevante mittlere GOK wird in o.g. Fachgutachten vorläufig die ungefähre Höhe von ca. +110,00 m ü.NN angesetzt (keine Festlegung; Annahme).

Weitere maßgebliche Höhen-/Vermesser-Daten liegen nicht vor.

Anhand der eingemessenen Höhen der Bohransatzpunkte wird darüber hinaus eine gemittelte BS-GOK von i.M. ca. +110,10 m ü.NN geliefert.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Eingänge der bestehenden Gebäude im Umfeld offenbar 3-4 'Stufen' oberhalb des Straßenniveaus liegen, was einem Höhenunterschied von geschätzt 0,5 – 0,6 m entspricht. **Insofern erscheint die Annahme realistisch, dass eine Anhebung der zukünftigen Oberkante Fußboden EG (OKFF EG) bis auf ein Niveau von ca. +110,6 m ü.NN möglich ist.**

Bei einer angenommenen TG-/KG-Sohle von ca. 3,0 m u.OKFF EG ergäbe sich eine großflächige TG-/KG-Gründungssohle bei +107,60 m üNN.

Abzüglich der TG-/KG-Sohlplatte (geschätzt ca. 0,4 m stark) und eines ‚Schotterpolsters‘ (mindestens 0,3 m stark) ergäbe sich eine flächige Aushubsohle von ca. +106,90 m ü.NN.

Unter Einhaltung eines Mindest-Abstandes von mind. ca. 0,5 m zwischen UK Schotter = tiefste flächige Aushubsohle (= Baugrubensohle) ergäbe sich – trotz der ‚optimierten‘ o.g. OKFF-EG von +110,60 m ü.NN – theoretisch eine bautechnisch erforderliche und flächig herzustellende GW-Mindest-Absenktiefe von +106,40 m ü.NN.

Fazit: Bei ‚optimierter‘ bzw. angehobener GOK, OKFF-EG und OKFF-TG/-KG ergäbe sich eine flächige Baugrubentiefe von ca. +106,90 m ü.NN. Die auf diesem Niveau durchgängig anstehenden +/- dicht gelagerten Fluviatilkieste stellen einen gut tragfähigen Baugrund dar.

Demzufolge liegt die bautechnisch erforderliche GW-Mindest-Absenktiefe (+106,40 m ü.NN \Rightarrow mind. 0,5 m tiefer als Aushubsohle) um rund 0,8 m höher als die hydrogeologisch maximal zulässige GW-Absenktiefe (+107,20 m ü.NN / IB SCHMIDT & PARTNER).

Die daraus resultierende, rechnerisch somit mindestens erforderliche 0,8 m tiefere und großflächige GW-Absenkung ist nicht zulässig.

Noch tiefere Gründungsebenen (z.B. tiefere Fundamente, Aufzug-Unterfahrten, OKFF-Absenkungen, etc.) erschweren die Situation zusätzlich bzw. erhöhen den erforderlichen GW-Absenkbetrag; zumindest in lokalen Bereichen / Teil-Baugruben.

Fazit – Schlussfolgerungen und weitere Machbarkeits-Alternativen:

Es liegt die dokumentierte Problematik vor, dass die max. zulässige GW-Absenkung bei +107,20 m ü.NN festgelegt wurde und somit für das geplante Bauvorhaben projektspezifisch mindestens 0,8 m „zu hoch“ liegt.

Hieraus ergeben sich für die weiteren Planungen sowie im Vorgriff auf die nachfolgenden Hinweisgebungen folgende wichtige Schlussfolgerungen bzw. Alternativen und **Varianten** bezüglich der allgemeinen Machbarkeit des Bauvorhabens:

A) **Variante A): TG wie aktuell vorgesehen nicht realisierbar!** Die großflächige Tiefgarage ist auch mit ‚optimierter‘ GOK / OKFF-EG / OKFF-TG/-KG nicht zulässig. Verschärft wird diese Aussage durch zusätzlich erforderliche, lokal tiefer abzusenkende Teil-Baugruben (für Aufzüge, Fundamente, etc.). Jedwede Absenkung der OKFF EG, z.B. aus Gründen der Barrierefreiheit oder der genehmigungsrechtlichen Bauhöhen, verstärkt die g.g. Problematik.

B) **Variante B): TG-/KG-Anhebung um ca. $\geq 0,8$ m: grenzwertig machbar;** nach weiterer Optimierung zumindest bautechnisch machbar. Anzudenken wäre eine deutliche Heraushebung des TG / KG um rund 0,8 m, was zwangsläufig zu weiteren zu klärenden Fragestellungen aufgrund angrenzender, randlicher ‚Zwangshöhen‘ führt und genehmigungsmäßig ebenfalls mit Klärungsbedarf behaftet ist. Die Gründung erfolgt immer in ausreichend dafür geeigneten Schichten.

Es ergäbe sich dann folgendes theoretisches Höhenmodell:

- ⇒ OKFF-EG: höher als +111,40 m ü.NN
- ⇒ OKFF-TG/-KG: höher als +108,40 m ü.NN
- ⇒ UK TG-/KG-Sohle: höher als + 108,00 m ü.NN
- ⇒ UK ‚Schotterpolster‘/UK flächige Baugrube: höher als +107,70 m ü.NN

C) **Variante C): Vollständiger Verzicht auf die große TG oder Einzel-KG's unter MFH's unter Beibehaltung der o.g. OKFF EG.** Ein vollständiger Verzicht auf die großflächige Tiefgarage und auf sämtliche ‚Einzel-Keller‘ ist bei Gründung durch Fundamenttieferführungen mit Beton als Baugrundverbesserung machbar. Eine herkömmliche Fundament- oder Bodenplatten-Gründung ohne Baugrundverbesserung, d.h. innerhalb der oberflächennahen Auffüllungen, wird hingegen aufgrund hoher Gesamtsetzungen und bauwerksschädigender Setzungsdifferenzen >4 cm abgelehnt (unzureichend tragfähiger und heterogener, aufgefüllter Baugrund bis $\sim 1,1 / 1,9$ m u.GOK aktuell). Eine Absenkung der o.g. OKFF EG ist in diesem Fall hilfreich, um die Baugrundverbesserungen für die Fundamente und/oder die Bodenplatte verringern zu können.

- D) **Variante D):** Ggf. Errichtung von MFH's mit Einzel-KG's + deutliche ‚Her-
aushebung‘/,Optimierung‘: **grenzwertig machbar**; Detail-Planungen sowie
hydrogeologische + baugrundtechnische Detail-Untersuchung erforderlich.

weitere Vorgehensweise / verbleibende Varianten:

Die ‚Variante A‘ kann bei den o.g. Randbedingungen nicht umgesetzt werden und wird daher nicht weiter verfolgt.

Denkbar wäre die Festlegung einer flächigen TG-/KG-Baugrubensohle auf ein Niveau von ca. +107,70 m ü.NN. Diese Situation liegt theoretisch für die grenzwertige bis bautechnisch machbare o.g. ‚Variante B‘ vor (= TG-KG-Anhebung um $\geq 0,8$ m).

Im Vorgriff auf die weiteren Hinweisgebungen / Empfehlungen wird seitens des IB KLEEGRÄFE nach derzeitigem Planungs- und Kenntnisstand die o.g. **‚Variante C‘ favorisiert** (= komplette Nicht-Unterkellerung der MFH's). In diesem Fall kann die oben postulierte OKFF EG bei +110,60 m ü.NN bestehen bleiben oder – z.B. zur Herstellung einer örtlichen Barrierefreiheit - weiter abgesenkt werden.

Es kann in diesem Fall eine Absenkung bis ca. Straßenniveau ‚Heiersmauer‘, d.h. bis ca. +109,75 m ü.NN vorgenommen werden.

Sinnvoll ist eine Gründung über tiefergeführte Streifenfundamente. Die Bodenplatten sollten statisch freitragend als ‚Decken‘ bemessen werden, um in diesem Fall keine Bettung herstellen zu müssen.

Sollten elastisch gebettete Bodenplatten, z.B. für die rückwärtige Bebauung, errichtet werden, so ist – ohne gleichzeitige deutliche Absenkung der Bodenplatten - mit einem erheblichen wirtschaftlichen und bautechnischen Aufwand zu rechnen, da in diesem Fall alle Auffüllungen aus dem Lastabtragsbereich entfernt werden müssen.

Weiterhin wird für das Gebäude an der ‚Heiersmauer‘ eine Plattengründung abgelehnt, da diese nicht mit den anbindenden Bestandsgebäuden vereinbar ist. Hier ist für die Nichtunterkellerung auf alle Fälle eine Streifenfundamentgründung herzustellen.

Die ‚Variante D‘ (= deutlich höhenoptimierte Einzel-KG's ohne Groß-TG) wird aufgrund des erheblichen planungstechnischen Bedarfs zunächst nicht weiter verfolgt.

Darüber hinaus werden ergänzend und der Vollständigkeit halber auch allgemeingültige Hinweisgebungen zur Errichtung einer Tiefgarage geliefert (strenggenommen nur ‚Variante B‘).

erwartetes Gründungssystem + Last-Annahmen: Aufgrund der frühen Planungsphase und des damit verbundenen Charakters einer Machbarkeitsstudie, liegt noch kein konkretes Gründungskonzept und keine Statik inkl. maßgeblicher Last-Vorgaben für das Bauvorhaben vor.

Da noch keine statischen Lasten vorliegen, werden über Vergleichsprojekte die u.g. groben Last-Annahmen herangezogen:

bei favorisierter Nichtunterkellerung (Var. C): Für ggf. nicht unterkellerte Bereiche bzw. für eine alternativ mögliche generelle Nicht-Unterkellerung der MFH's wird von einem Lastabtrag über Einzel- bis ggf. Streifenfundamente ausgegangen.

Alternativ wäre eine EG-Plattengründung über ‚elastisch gebettete Bodenplatten‘ nur bei vollständiger Entfernung der Auffüllungen auf entsprechend mächtigen Schotterpolstern denkbar (bautechnisch/wirtschaftlich ohne Bodenplattenabsenkung vermutlich uninteressant).

- charakteristische Gesamtlast Nichtunterkellerung:
~200-250 kN/m² UK EG-Bodenplatte (Annahme)
- charakteristische Last Fundamente Nicht-Unterkellerung:
~250 kN/m² UK Fundament (Annahme)

bei theoretischer Unterkellerung (Var. B): Der überwiegende Teil des geplanten Gebäude-Komplexes wird vermutlich über Keller-Bodenplatte(n) gründen.

- charakteristische Gesamtlast Unterkellerung:
~250 kN/m² UK TG-/KG-Sohlplatte (Annahme)
- darüber hinaus Einzel-/Stützenfundamente etc. darunter:
~350 kN/m² (Annahme)

allgemeine Boden-/Baugrund- und Grundwasser-Verhältnisse:

- EG-Fundament-Bereich (bei Nichtunterkellerung/Var. C): Potenzielle Fundamente (UK EG-Fundament ca. +109,80 m ü.NN = Annahme; bei OKFF-EG ca. +110,60 m ü.NN) gründen geringfügig unterhalb der mittleren GOK im Niveau der heterogenen, insgesamt unzureichend tragfähigen, bindigen und sandigen Auffüllungen; untergeordnet auch im Niveau organischer Mutterböden. Bei einer Absenkung der EG-Bodenplatte reduziert sich die Restmächtigkeit der Auffüllungen entsprechend. Der Lastabtrag liegt aber immer innerhalb der **nicht tragfähigen Auffüllungen** (siehe auch Kap. 3.2: DPL-Schlagzahlen heterogen und $n_{10} < 10$). Eine Baugrundverbesserung wird erforderlich (auch bei Bodenplattenabsenkung).
- EG-Bodenplatten-Bereich (bei Nichtunterkellerung/Var. C): Die EG-Bodenplatte (UK EG-Bodenplatte ca. +110,15 m ü.NN = Annahme; s.o.) liegt nach Abzug der Oberböden und Auffüllungen deutlich oberhalb der aktuellen GOK und es muss ein erhebliches Massendefizit ausgeglichen werden. Eine Absenkung der Bodenplatte reduziert auch hier die Mächtigkeit des Massendefizites. Der oberflächennahe Baugrund als Haupt-Lastabtrags-Bereich ist insgesamt **nicht ausreichend tragfähig** (DPL's heterogen und $n_{10} < 10$). Eine Baugrundverbesserung erheblichen Umfangs wird erforderlich (auch bei Bodenplattenabsenkung).
- potenzielle großflächige TG-/KG-Bodenplatte (theoretischer Fall, Var. A/B): Die potenzielle TG-/KG-Bodenplatte (nicht 'angehobene' UK TG-/KG-Bodenplatte = +107,20 m ü.NN) gründet im Niveau mitteldicht bis dicht gelagerter, **ausreichend tragfähiger, Fluvial-Kiese**.
Bei Berücksichtigung einer 'angehobenen' UK TG-/KG-Bodenplatte = +108,00 m ü.NN) erfolgt die Gründung weitgehend im Niveau **unzureichend gelagerter Auffüllungen** und nur teilweise innerhalb ausreichend dicht gelagerter Fluvialkiese. Im Ergebnis liegen **heterogene, nicht durchgängig tragfähige Böden** vor. Zumindest Teilbereiche erfordern eine Baugrundverbesserung. Da diese Bohrungen über das innere Baufeld verteilt sind, ist ohne Vorlage von weiteren Detail-Untersuchungen zunächst von einer vollständig erforderlichen Baugrundverbesserung auszugehen. Verstärkt wird diese Erfordernis einer kompletten Verbesserung, weil die Mächtigkeit der unzureichend tragfähigen Schichten bei einer deutlichen Anhebung der TG-/KG-Sohlplatte (= Var. B) noch weiter erhöht sein wird, was auch aus Gründen der o.g. Wasserhaltungs-Problematik die einzig mögliche und zulässige Variante bei erwünschter Unterkellerung wäre.

- potenzielle kleinteilige Einzel-KG's / unterkell. MFH's (theoretischer Fall, Var. D): Analog zu den gg. Aussagen bezüglich einer großflächigen Komplett-Unterkellerung ist auch für Einzel-KG's zunächst von **heterogenen, nicht tragfähigen Böden** auszugehen; vorbehaltlich der jeweiligen Detail-Planungen (Lage, Tiefe, Lasten, etc.) und der Ergebnisse von Detail-Untersuchungen (Detail-Baugrund-Aufschlüsse).

Fazit: Bis im Mittel ca. +108,50 m ü.NN bzw. bis teilweise ca. +108,10 m ü.NN liegen noch keine ausreichend tragfähigen Baugrundverhältnisse vor.

Im Detail handelt es sich um unzureichend tragfähige Baugrundverhältnisse bis generell ca. 2,1 m unterhalb der OK EG-Bodenplatte bei Nichtunterkellerung (Var. C). Bei geplanter Unterkellerung (Var. A; auch Var. B/D) werden durchgängig geeignete Gründungsverhältnisse vorliegen.

- Grundwasser / Bemessungswasserstand / Staunässe: GW-Flurabstände: 1,40-2,87 m u.GOK mit einer GW-Kote von ca. +107,35 bis +107,62 m ü.NN (Bohr-/Messtage: 01.07. und 26.08.2016; Sommer-GW-Stände; Anstiegspotenzial); Bemessungswasserstand ca. +109,00 m ü.NN (IB SCHMIDT + PARTNER).

zusammenfassende Baugrundbeurteilung:

Der heterogene Auffüllungskörper ist als Baugrund für mittel- bis höherlastige Gebäude nicht ausreichend tragfähig.

Orientierende Setzungsberechnungen für EG- und KG-Plattengründungen ergaben beispielsweise für charakteristische Flächenlasten von (200-)250 kN/m² Setzungsdifferenzen in der Größenordnung von i.d.R. nicht bauwerksverträglichen > 4 cm.

Der unzureichend tragfähige Baugrund reicht bis im Mittel rund +108,5 m ü.NN, vereinzelt auch bis +108,1 m ü.NN.

Somit liegt bis mind. ca. 2,1 m u.OKFF-EG (bei Nichtunterkellerung, Var. C) unzureichend tragfähiger Baugrund innerhalb des Lastabtragsbereiches vor.

Bei (theoretischer) Unterkellerung in den Varianten A/B/D wird der ausreichend tragfähige Baugrund in Form der +/- dicht gelagerten Fluviatilkieste stets erreicht.

Fazit: Im Falle von Nichtunterkellerungen werden baugrundverbessernde Maßnahmen in Form von verstärkten Schotterpolstern (für Bodenplatten) und/oder Fundamenttieferführungen (für Einzel-/Streifen-Fundamente) erforderlich. Die Auffüllungen sind aus dem Gründungs-/Lastabtragsbereich immer zu entfernen.

Gründungsempfehlung und Baugrundverbesserung:

⇒ bei Nichtunterkellerung (Var. C):

Bei Verzicht auf eine Unterkellerung wird von einer Streifen- und ggf. Einzel-fundament-Gründung ausgegangen. Es werden Tieferführungen der Fundamente bis auf den gewachsenen/geogenen Kies erforderlich. Die Mächtigkeit der Tieferführungen richtet sich letztlich nach konkreter Höhe der OKFF EG. Eine reine Plattengründung wird für die Nichtunterkellerungen nur für den Fall einer Absenkung der EG-Bodenplatte auf o.g. 'Straßenniveau' von +109,75 m ü.NN weiter betrachtet. Auch hierfür wird die vollständige Entfernung der Auffüllungen und ein Ersatz durch Schotter/Mineralgemisch erforderlich, was einen erheblich bautechnisch-wirtschaftlichen Aufwand darstellt.

Weiterhin wird für das Gebäude an der 'Heiersmauer' eine Plattengründung abgelehnt, da diese nicht mit den anbindenden Bestandsgebäuden vereinbar ist. Hier ist für die Nichtunterkellerung auf alle Fälle eine Streifenfundamentgründung herzustellen. Die Gebäude der rückwärtigen Bebauung können hingegen als reine Plattengründungen ausgeführt werden.

Von einer herkömmlichen Flachgründung ohne Baugrundverbesserung wird im Falle von Nichtunterkellerungen grundsätzlich abgeraten.

Grund hierfür ist, dass von erheblichen sowie differierenden Setzungsbeträgen auszugehen ist (s.o.: bis > 4 cm), bzw. bei einem tiefreichend erforderlichen Bodenaustausch bis auf tragfähige Einheiten ein erheblicher bautechnischer und wirtschaftlicher Aufwand notwendig wird, der im Hinblick auf die maximal zulässige GW-Absenktiefe ohnehin nicht zulässig ist.

⇒ bei Unterkellerung (theoretischer Fall Var. B):

Bei geplanter Unterkellerung wird der Komplex vermutlich überwiegend über die TG-/KG-Sohlplatte(n) gegründet werden (zzgl. Stützen-Fundamente, etc).

Erfahrungsgemäß kommen – bei Vorlage von ‚Lastspitzen‘ und aufgrund von tragenden Stützen und ggf. tragenden Wänden, egal ob mit oder ohne Keller – aus statischen Gründen erfahrungsgemäß ergänzende Einzel- und ggf. auch Streifenfundamente unter der EG-Bodenplatte bzw. unter der TG-/ KG-Sohlplatte hinzu. Ggf. ist die Platte ist noch ‚voutenartig‘ oder anderweitig zu verstärken.

5.1.1 Allgemeine Maßnahmenvorschläge

Für die weiteren Hinweisgebungen wird davon ausgegangen, dass der gesamte ober- und unterirdische Bestand aus den Baufeldern vollständig entfernt wurde.

Kampfmittelfreigabe: Maßnahmenvorlaufend sollte für die Gebäudebaufelder und die Kranaufstellfläche(n) eine Bescheinigung der Kampfmittelfreiheit eingeholt werden (Voranfrage Stadt Paderborn, Ordnungsamt).

Archäologische Artefakte: Aufgrund der innerstädtischen Lage können archäologische Artefakte und Bauwerke im Untergrund nicht ausgeschlossen werden. Sollten bei den Baumaßnahmen Hinweise / Verdachtsmomente auf derartige archäologische Kulturgüter vorliegen, so sollte unverzüglich die diesbezügliche Fachbehörde hinzugezogen werden.

Beweissicherungsverfahren: Im Hinblick auf den Straßen- und Gebäudeschutz raten die Unterzeichner als vorbeugende Maßnahme dringend die Durchführung eines Beweissicherungsverfahrens vor Beginn der Bauarbeiten an.

Unter Mitwirkung aller Beteiligten sollten die Zustände der vorhandenen Gebäude festgestellt und dokumentiert werden (siehe DIN 4107). Alle (Nachbar-) Gebäude / Bauwerke, die durch die geplante Baumaßnahme Schaden erleiden können, sind mindestens während der Bauarbeiten zu beobachten.

Zeitliche Durchführung der Tiefbauarbeiten: Die Tiefbauarbeiten sollten nicht in niederschlagsintensiven Perioden durchgeführt werden, um keine Aufweichungen des Erdplanums zu riskieren, die einen erhöhten bautechnischen Aufwand nach sich ziehen können und weil eine Wasserhaltung dann deutlich größere Absenkhöhen zu bewältigen hat.

Organikböden: Organische Böden bzw. Mutter-/Oberböden sind vollständig zu entfernen. Wichtig ist die sorgfältige Kontrolle (im Rahmen der angeratenen ingenieur-geologischen Baufeldabnahme) des gesamten Erdplanums auf organische Böden sowie deren vollständige Entfernung. Im Bodenplattenbereich von Nichtunterkellerungen können organikfreie Auffüllungen verbleiben.

Aushub: Sehr wichtig ist, dass die gründungsrelevanten Böden durch die Auskoffierung nicht in ihrer natürlichen Lagerung gestört werden. Daher muss die Ausschachtung mit einer Baggerschaufel ohne Zähne ('Schneidbestückung' / 'Flachlöffel') ohne Auflockerungen durchgeführt werden.

Es sollte bei der Auskoffering rückschreitend und bei Schottereinbau 'vor-Kopf' gearbeitet werden, um die Baufläche nicht durch Fahrzeugbefahrung zu zerstören. Das ungeschützte Erdplanum darf nicht befahren und nicht nachverdichtet werden.

Wasserhaltung: Ausgehend von den Verhältnissen an den Untersuchungstagen wird bei nichtunterkellerten Bauweisen eine 'offene' Wasserhaltung ausreichen, um das anfallende Oberflächenwasser (Niederschlagswasser) zu fassen und abzuleiten bzw. um in einzelnen Abschnitten ggf. eine geringumfängliche Grundwasserabsenkung herbeizuführen.

Im Falle einer möglichen Unterkellerung wurde innerhalb der gründungsrelevanten Tiefe an den Untersuchungstagen Grundwasser angetroffen. Das Grundwasser muss flächig bis mindestens 0,5 m unter Aushubniveau (Aushubniveau maximal = +107,7 m ü.NN; **Absenkniveau = +107,7 m ü.NN - 0,5 m = + 107,2 m ü.NN**) abgesenkt werden. Flächig darf nicht tiefer abgesenkt werden.

Die Verhältnisse der Untersuchungstage vorausgesetzt bedingt dies eine abzusenkende Wassersäule von bis zu ca. 0,4 m.

Nach SICHARDT (1928) ergeben sich bei den anstehenden Böden für den konkreten Fall Reichweiten der Absenktrichter von ca. ≤ 10 m.

Lokal nochmals tiefer zu gründende Bauteile wie Einzelfundamente oder Fahrstuhl-Unterfahrten lassen größere Reichweiten erwarten. Diese liegen jedoch bauteilintern und beeinflussen den Randbereich somit nur noch geringfügig.

Das vorgenannte Absenkniveau sollte so exakt wie möglich eingehalten werden, um den entstehenden GW-Absenktrichter so klein wie möglich zu halten. Zudem sollte die Grundwasserabsenkung so kurzzeitig wie möglich gehalten werden.

Die gesondert zu betrachtenden und zu entwässernden Fundamentbereiche und die Aufzug-Unterfahrt sollten ergänzend über 'offene Wasserhaltungen' oder zusätzliche Vakuum-Lanzen bis 0,5 m unter Aushubniveau entwässert werden.

Der AN schlägt eine bauzeitliche Wasserhaltung mittels Vakuumlانzen vor. Wichtig ist der ausreichende Vorlauf dieser Anlage vor Beginn der Auskofferingarbeiten. Die hergestellte Aushubsohle ist ggf. zusätzlich mit einer 'offenen Wasserhaltung' zu entwässern.

Die kurzfristige Installation weiterer Wasserhaltungsmaßnahmen kann für den Fundamentbereich und/oder Unterfahrten notwendig werden.

Die um die Baufläche positionierten Lanzen müssen permanent in Betrieb bleiben, bis der notwendige Gegendruck gegen Auftrieb vorliegt.

Die mehrheitlich zu entwässernden Fluviatilkieste weisen auf Grundlage der durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche Durchlässigkeitsbeiwerte in der Größenordnung von $k_f \sim 10^{-5}$ m/s auf.

Das gesamte Lanzenprofil muss 'saugend' ausgebildet sein, um im Falle von intensiven Niederschlagsereignissen und damit einhergehenden GW-Anstiegen auch das hangende Profil entwässern zu können.

Aus diesem Grunde sollte hierfür eine Firma beauftragt werden, welche ausreichende Erfahrungen mit Vakuum-Grundwasserabsenkungen besitzt.

Lanzenabstand, Vakuumdruck und Vorlaufzeit sind von der ausführenden Firma zu bestimmen, da diese Faktoren geräteabhängig sind. Die hierfür benötigten Eckdaten (Durchlässigkeit, Bodenverhältnisse, etc.) sind diesem Gutachten zu entnehmen, weshalb das Gutachten den angefragten Firmen zur Angebotskonkretisierung zur Verfügung stehen sollte. Letztlich erfolgt die Gerätewahl nach Wahl des Auftragnehmers. Wichtig ist die Beibehaltung der GW-Absenkung, bis der notwendige 'Gegendruck' durch das Gebäude gegeben ist. Erst dann dürfen die Pumpen abgestellt werden.

Bezüglich der Einleitung der bei der GW-Absenkung anfallenden Wässer in den städtischen Kanal ist die Erlaubnis bei den Stadtentwässerungsbetrieben Paderborn (StEB) zu beantragen.

Die absenkende Firma hat die Einhaltung des flächig maximal zulässigen Absenkziels zu gewährleisten, sodass durch die absenkenden Maßnahmen keine schädigenden Auswirkungen (Setzungen) an bereits bestehenden Nachbarbauwerken eintreten.

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

Böschchen / Verbau: Nach DIN 4124 muss erst ab Baugrubenteufen > 1,25 m geböscht / verbaut werden.

Für den Fall einer Unterkellerung muss die Baugrube geböscht / verbaut werden. Bei einer Grundwasserabsenkung mittels Vakuumfilterlanzen und einer ausreichenden Vorlaufzeit erfolgt eine zuverlässige Entwässerung der Böden.

Die vorliegenden Böden können – sofern nötig und falls sie nicht wassergesättigt bzw. entwässert vorliegen – unter maximal $\beta = 45^\circ$ geböscht werden.

Die Böschungen müssen mittels windgesicherter Folie vor Witterungseinflüssen gesichert werden.

Nach Aussage des AG sollen potenzielle Unterkellerungen gegenüber den Nachbargebäuden bzw. Grundstücksgrenzen ohnehin 'deutlich' eingerückt werden. Es wird hier zunächst von Abständen ab OK Böschung bis Grundstücksgrenze/Nachbarbebauung von > 3 m ausgegangen. Die Anlage von Böschungen ist dann bei den einzuhaltenden Böschungswinkeln baugrubenumlaufend ohne Weiteres möglich. Verbauten werden nach aktuellem Kenntnisstand nicht erforderlich.

Geotextil: Zur Trennung von Erdplanum und Auftragsmaterial sollte sowohl bei Nichtunterkellerungen als auch bei unterkellelter Bauweise flächig und überlappend ein Geotextil aufgelegt werden, dessen Eigenschaft wie folgt festgelegt werden: Geotextilrobustheitsklasse GRK 3, mechanisch verfestigt, Flächengewicht ≥ 150 g/m², Stempeldurchdruckkraft $F_{P, 5\%} \geq 1,5$ kN, Dyn. Durchschlagsversuch 22 mm nach DIN EN ISO 13433, Höchstzugkraft MD - 6 kN/m nach DIN EN ISO 10319, Höchstzugkraft CMD - 10 kN/m nach DIN EN ISO 10319, Höchstzugkraftdehnung MD - 80 % nach DIN EN ISO 10319, Höchstzugkraftdehnung CMD - 60 % nach DIN EN ISO 10319, Wasserdurchlässigkeit $V_{IH 50} - 1,00^{-1}$ m/s.

Arbeitsraumverfüllung: Geschaffene Arbeitsräume sollten nach Errichtung lagenweise mit einem 'HKS-Güteschotter' rückverfüllt werden. Die maximale Einbaulagenmächtigkeit sollte 30 cm nicht überschreiten.

Der 'Güteschotter' sollte nach den 'Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau – Ausgabe 2004' (TL Gestein-StB 04) zertifiziert sein. Dies sollte jeweils von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden.

Die Schotterverdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100$ % erfolgen.

Problematik Schwingungseinträge in Gebäudebestand: Hinsichtlich eines Schwingungseintrages, wie er z.B. bei der dynamischen Verdichtung von Böden entsteht, muss unterschieden werden in solche Schwingungen, die eine Gefährdung der Standfestigkeit des Bauwerkes darstellen (z.B. direkte Schädigung oder durch schwingungsinduzierte Setzungen im Fundamentbereich) und solche durch die besonders empfindliche Bauteile des Gebäudes oder Einrichtungsgegenstände betroffen sind.

Grundsätzlich sollten bei kurzzeitigen Erschütterungen die Schwinggeschwindigkeiten v_i für Frequenzen < 10 Hz einen Anhaltswert von 3 mm/s nicht überschreiten. Für dauerhafte Erschütterungen gilt ein Anhaltswert für o.g. Frequenz von 2,5 mm/s (siehe DIN 4150-3:2010).

5.1.2 Hinweisgebungen Bodenplattengründung - Nichtunterkellerung

**Randbedingung: OKFF EG bei +109,75 m ü.NN (abgesenkt auf Straßenniveau);
UK Bodenplatte bei +109,30 m ü.NN; nur Gebäude der rückwärtigen Bebauung**

Angeratene Gründungsmaßnahmen:

- Aushub mit 'Schneide / Flachlöffel' im allseitigen Überstand von mindestens 0,5 m (ab Außenkante Gebäude) bis auf die gewachsenen/geogenen Fluviatilkieste bzw. **bis mindestens 35 cm** unter UK Bodenplatte (= +108,95 m ü.NN).
- Das Aushubplanum sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden. Hierbei muss der Fluviatilkieste flächig nachgewiesen werden. Alle Auffüllungen müssen entfernt werden.
- Eine direkte Nachverdichtung des Erdplanums sollte unterbleiben. Die Nachverdichtung ggf. vorliegender aushubbedingter Auflockerungen erfolgt indirekt über die erste eingebaute Schotterlage.
- Auf das abgenommene Erdplanum sollte ein Geotextil (Güte: GRK 3, siehe oben) aufgelegt und seitlich bis zur OK Schotter hochgezogen und umgeschlagen werden.
- Auf dieses Geotextil sollte lagenweise 'Schotter' aufgetragen und ordnungsgemäß verdichtet werden.
- Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) vor Gründung kontrolliert werden (Forderung Gründungsplanum auf OK Schotter: $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$).

Außenseitiger Horizontalüberstand: Der Einbau geeigneten Materials muss im außenseitigen Überstandsbereich erfolgen. Der Horizontalüberstand (Außenkante Bodenplatte – OK Abtreppung Schotter zur Außenseite) sollte zur einwandfreien Verdichtbarkeit des Schotters mindestens 0,5 m betragen. Der Güteschotter sollte am außenseitigen Ende des g.g. mindestens 0,5 m breiten Überstandes abgetrept unter maximal 45° einfallen.

Bodenpressung / Bettungsmodul (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 das Bettungsmodul sich aus der Proportionalität zwischen Sohlspannung 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 4), 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.

Die charakteristische (maximale) Beanspruchung des Baugrundes wird aus Erfahrung mit vergleichbaren Baumaßnahmen mit $\sigma_{E,k} \sim 200-250 \text{ kN/m}^2$ angenommen ($\sigma_{R,d} = 285 - 360 \text{ kN/m}^2$).

Die Länge der längsten durchgängigen Wandscheibe beträgt den Planunterlagen zufolge ca. 16,0 m ('Ersatzfläche' = 16,0 x 1,0 m). Ein Ansatz von Grundwasser erfolgt basierend auf den Untersuchungsergebnissen vom 01.07.2016. Das eingebaute Geotextil ist rechnerisch nicht erfasst.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind der Tabelle 8 zu entnehmen.

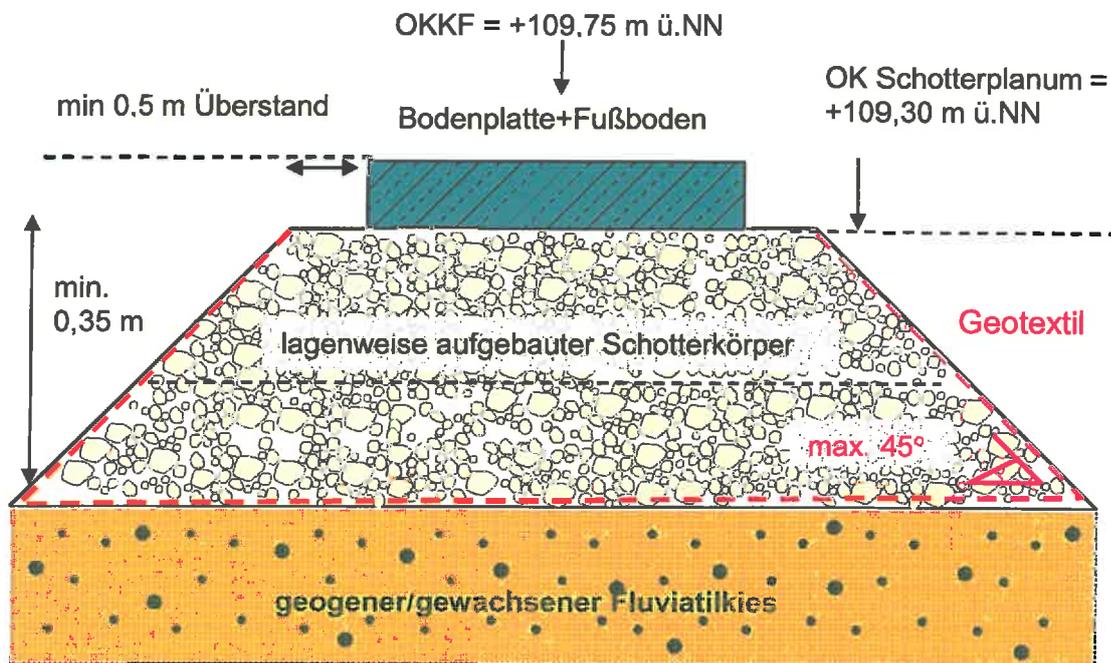
Sohlspannung σ / Unterbau	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul $k_{s,k}$
$\sigma_{E,k} \sim 200 \text{ kN/m}^2$ 35 cm Schotterpolster	16,0 x 1,0 m	ca. 0,6 cm	34,5 MN/m ³
$\sigma_{E,k} \sim 250 \text{ kN/m}^2$ 35 cm Schotterpolster	16,0 x 1,0 m	ca. 0,8 cm	33,2 MN/m ³

Tabelle 8: Orient. Setzungsberechnungen / Eingangs-Bettungsmodul (EG-Bereich)

Es werden Setzungsunterschiede in Abhängigkeit der tatsächlich anfallenden Lasten von unter 1 cm erwartet. Setzungsunterschiede in g.g. Größenordnung sind im Allgemeinen bauwerksverträglich.

Bettungsmodul: Es sollte zunächst ein Bettungsmodul von k_s ca. 30 MN/m³ angenommen werden. Da das 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.

Der beschriebene Gründungsvorschlag wird nachfolgend schematisch skizziert (Schnittdarstellung, unmaßstäblich).



Material: Der angeratene Bodenplatten-Unterbau sowie weitere Massendefizitaufbaue sollten aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (Güteschotter, z.B. 0/45 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen). Der Schotter sollte nach den 'Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau – Ausgabe 2004' (TL Gestein-StB 04) zertifiziert sein.

Dies sollte von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls quellfähiges Material verwendet werden. Die Verdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100 \%$ erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel zu achten (45°). Die maximale Lagenmächtigkeit sollte 30 cm nicht übersteigen.

Trockenhaltung der Bauwerke: Eine Grundwasserbeeinflussung der Bodenplatte wird auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse und des o.g. Bemessungswasserstandes nicht erwartet. Nur bei Verwendung von Güteschotter in o.g. Stärke fungiert genannte Schüttung zudem als **kapillarbrechender Sohlenunterbau** und eine Abdichtung des Bauwerkes gegen 'Bodenfeuchte' nach DIN 18 195-4 wird ausreichen. In diesem Zusammenhang ist unbedingt auf die ausreichende Durchlässigkeit des Schotters zu achten (Forderung: k_f -Wert $> 1 \times 10^{-4}$ m/s).

Frostsicherheit: Es ist in frostsicherer Tiefe zu gründen ($\geq 0,80$ m unter zukünftiger GOK) oder der Baukörper nach Erstellung von außen so hoch anzudecken, dass eine frostsichere Einbindung erreicht wird.

Aufgrund der deutlichen Einbindung der Bodenplatte von vermutlich 45 cm zur geplanten GOK zuzüglich des unterlagernden Schotterpolsters von mindestens 35 cm ist eine frostsichere Einbindung von ≥ 80 cm gegeben und somit ausreichend.

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden / Geländeanfüllung: Oberböden sowie sonstige organische und bindige Böden und Auffüllungen sind nicht in lastabtragenden Bereichen wiedereinbaueeignet.

Sofern davon auszugehen ist, dass Bereiche auch weiterhin einer reinen Garten-/Grünflächennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann das organische und bindige Material dort wiederverfüllt werden.

In diesem Fall ist mit Nachsackungen zu rechnen, welche ggf. nachgearbeitet werden müssen.

5.1.3 Spezielle Hinweisgebungen Streifenfundamentgründung

Randbedingung: OKFF EG bei +109,75 m ü.NN (abgesenkt auf Straßenniveau); UK Fundamente bei +108,95 m ü.NN; Straßenseitige und/oder rückwärtige Bebauung

Ausbildung der Bodenplatte: Im Falle der Fundamentgründung wird empfohlen die Bodenplatte statisch 'freitragend' als Decke zu bemessen. Die unqualifizierten Auffüllungen können in diesem Fall im Baufeld verbleiben, da keine Bettung hergestellt werden muss und die Sicherung gegen Frost über die umlaufenden Fundamente erfolgt. Die ohnehin notwendige, 15 cm mächtige 'kapillarbrechende Schicht' wird direkt auf dem – mit einem Geotextil abgedeckten – Erdplanum angeordnet.

Bodenpressung / Setzungsberechnung (Streifen-Fundamente): Anhand der in der Tabelle 4 angegebenen Bodenkennwerte lassen sich voraussichtliche Setzungen berechnen. Es wurde das Programmsystem GGU-FOOTING eingesetzt.

Es wird von einer Gründung auf dem geogenen/gewachsenen Fluvialtkies ausgegangen.

Für die Streifenfundamente wird eine größtmögliche Länge von 19,0 m bei herkömmlichen Breiten von $b = 0,30 - 0,70$ m angenommen.

Für lokal vorgesehene (Stützen-)Einzelfundamente wird von einem quadratischen Grundriss ($a/b = 1$) und Breiten von 1,0-2,0 m ausgegangen.

In den Tabellen 9 und 10 sowie den Anlagen 6.1 und 6.2 sind die zu erwartenden Setzungen aufgeführt.

Die Fundamente müssen bis auf die +/- dicht gelagerten Fluvialtkiese tiefergeführt werden.

Entsprechende Böden werden teilweise erst 0,85 m unter geplantem Gründungsniveau der Fundamente, d.h. bei ca. +108,1 m vorliegen.

Die geeigneten Gründungsbedingungen sind über ingenieurgeologische Abnahmen zu verifizieren.

Basierend auf den Erfahrungswerten wird der notwendige Bemessungswert des Sohlwiderstandes zunächst mit $\sigma_{R,d} \sim 360 \text{ kN/m}^2$ (Streifen- und Einzelfundamente) angenommen.

Streifenfundamente (l = 19 m)		
Einbindung	bis mindestens +108,95 m ü.NN	
Bem.-Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$	360 kN/m ²	
Unterbau	ggf. Tieferführung mit Beton	
Gesamtsetzung S_g bei Fundamentbreite b	b: 0,30 m	S_g: 0,31 cm (Bettungsmodul $k_s = 81,7$ MN/m ³)
	b: 0,40 m	S_g: 0,39 cm (Bettungsmodul $k_s = 64,3$ MN/m ³)
	b: 0,50 m	S_g: 0,47 cm (Bettungsmodul $k_s = 53,5$ MN/m ³)
	b: 0,60 m	S_g: 0,55 cm (Bettungsmodul $k_s = 46,2$ MN/m ³)
	b: 0,70 m	S_g: 0,62 cm (Bettungsmodul $k_s = 40,9$ MN/m ³)

Tabelle 9: Setzungsbeträge, Bodenpressung (Streifenfundamente Anlage 6.1)

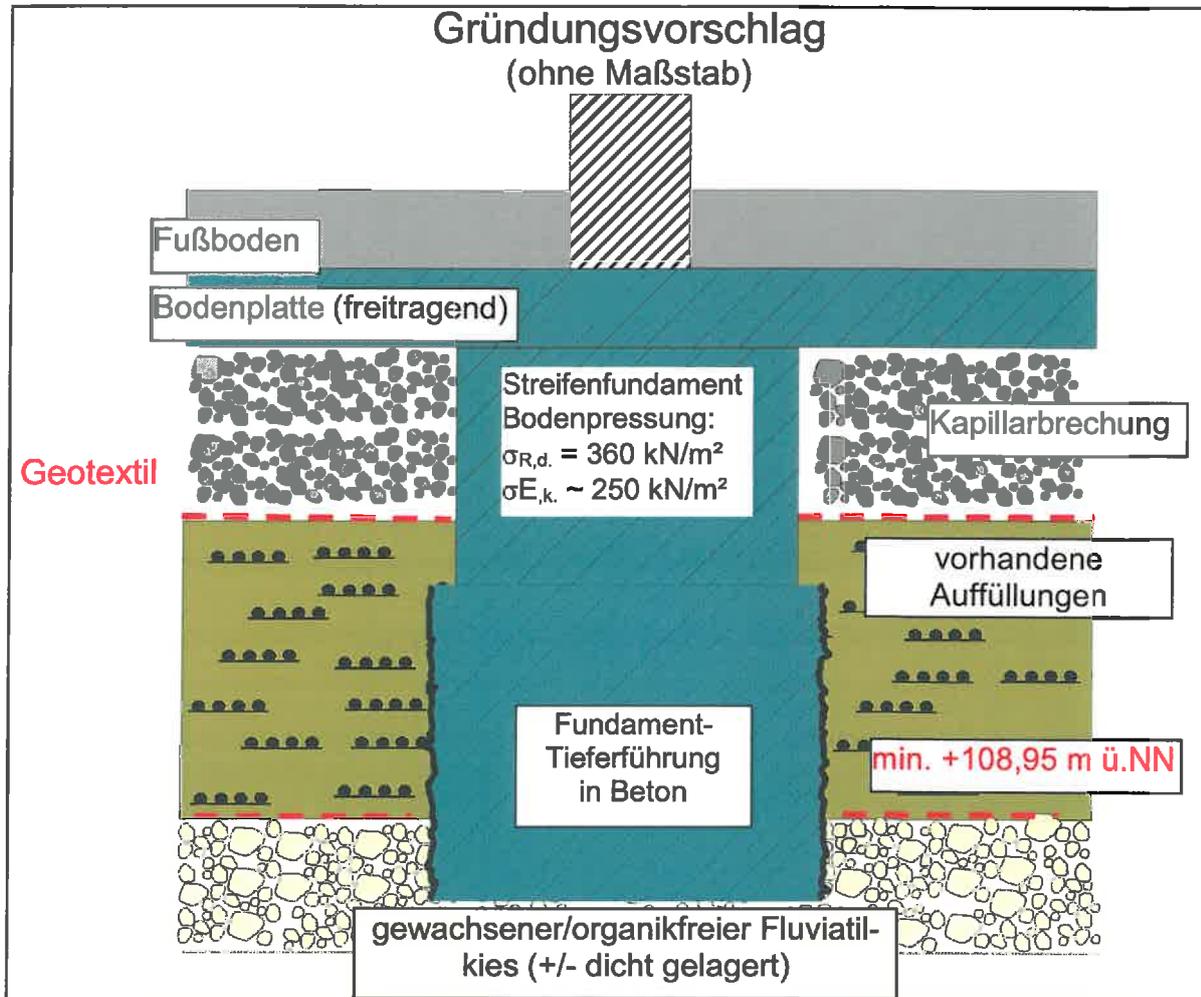
Einzelfundament (a/b = 1)		
Einbindung	bis mindestens +108,95 m ü.NN	
Bem.-Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$	360 kN/m ²	
Unterbau	ggf. Tieferführung mit Beton	
Gesamtsetzung S_g bei Fundamentbreite b	b: 1,00 m	S_g: 0,35 cm
	b: 1,20 m	S_g: 0,42 cm
	b: 1,40 m	S_g: 0,49 cm
	b: 1,60 m	S_g: 0,55 cm
	b: 1,80 m	S_g: 0,61 cm
	b: 2,00 m	S_g: 0,68 cm

Tabelle 10: Setzungsbeträge, Bodenpressung (Einzelfundament Anlage 6.2)

Aufgrund der Homogenität der Gründungsverhältnisse auf Gründungs-/Tieferführungsniveau werden keine größeren Setzungsunterschiede erwartet. Bei den geplanten Fundamentabmessungen werden die Setzungsunterschiede nicht > 1 cm betragen.

Fugentrennung / Höhengleiche Gründung: Zwischen Altbestand und Neubauten sollte eine Fugentrennung berücksichtigt und Kraftschluss vermieden werden. Die Gründung muss höhengleich erfolgen (ggf. abgetreppte Fundamenttieferführung der Fundamente bis UK Gründung Bestand oder Unterfangung des Bestandes nach DIN 4123).

In der folgenden Schemadarstellung werden die Gründungsvorschläge dargestellt.



Für die Tieferführungen sollte Beton der Güte C20/25 (oder höherwertig) verwendet werden, um keinen zusätzlichen Lastabtragswinkel berücksichtigen zu müssen.

Frostsicherheit: Bei einer Einbindung bis mindestens +108,95 m ü.NN existiert eine ausreichende Frostsicherheit der Einzel- und Streifenfundamente.

§ 49 WHG-Anzeige: Aufgrund der im Grundwasserschwankungsbereich liegenden Fundamente wird eine Anzeige der Erdaufschlüsse gemäß § 49 WHG erforderlich. Diese kann formlos bei der zuständigen Behörde (Kreis Paderborn – Untere Wasserbehörde) erfolgen.

5.1.4 Gründung Unterkellerung (Bodenplatte und Einzelfundamente)

Vorschlag Gründungsart / Trockenhaltung des Bauwerkes: Angeraten wird ein Lastabtrag über eine Plattengründung.

Aufgrund der permanenten Grundwasser-Beeinflussung des KG ('drückendes Wasser von außen') muss dieses nach DIN 18 195-6 (Abschnitt 8) oder in Wannenbauweise mit druckwasserfestem WU-Beton abgedichtet werden (sog. 'weiße Wanne', Nachweis der Rissbreitenbeschränkung nach DIN 1045).

Bemessungswasserstand (auch für den statischerseits zu berücksichtigenden Faktor 'Auftrieb') ist +109,00 m ü.NN. Von Seiten der Statik sollte für das KG die Gefahr von Auftrieb ermittelt und eine ausreichende Auftriebsicherheit berücksichtigt werden.

Lichtschächte sollten ebenfalls in druckwasserfester Bauweise bis zum Bemessungsstand ausgeführt werden.

Unabhängig hiervon sollten die übrigen Hinweise der DIN 18 195 ('Bauwerksabdichtung') beachtet werden.

Gründung Unterkellerung (Bodenplatte): Angeratene Gründungsmaßnahmen:

- Aushub mit 'Schneide / Flachlöffel' soweit wie möglich.
- Restmächtigkeiten an potenziellen aufgefüllten oder bindigen Böden sind bis auf den geogenen Fluvialtkies aufzunehmen (wird ausgehend von den Geländedaten nicht erwartet).
- Das Aushubplanum sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden.
- Eine Nachverdichtung des Erdplanums braucht nicht zu erfolgen.
- Auf das abgenommene Erdplanum sollte ein Geotextil (Güte: GRK 3, siehe oben) aufgelegt und seitlich bis zur OK Schotter hochgezogen und umgeschlagen werden.
- Auf dieses Geotextil sollte 'vor-Kopf' eine mindestens 30 cm mächtige Schotterlage (Vorschlag: 0/45 HKS Güteschotter, Beschaffenheit siehe unten) zur Homogenisierung der Lastabtragsverhältnisse in einer Lage aufgetragen und ordnungsgemäß verdichtet werden.
- Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) vor Gründung kontrolliert werden (Forderung Gründungsplanum auf OK Schotter: $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$).
- Mögliche Einzelfundamentgruben und die Grube der Fahrstuhlunterfahrt sollten mittels Bagger vom o.g. Bodenplatten-Schotterplanum (Rohplanum/Arbeitsplanum) geschaffen werden. Für die Gruben der Fahrstuhlunterfahrt sollte jeweils ein seitlich positionierter Pumpensumpf errichtet werden. Empfohlen wird eine ingenieurgeologische Abnahme des Aushubplanums. Auf das abgenommene Erdplanum können

ohne Einbau eines zusätzlichen Schotterpolsters direkt die Einzel-Fundamente bzw. die Fahrstuhlunterfahrten aufgesetzt werden.

Bodenpressung / Bettungsmodul (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).

Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tabelle 4), 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.

Die charakteristische (maximale) Beanspruchung des Baugrundes wird auf Grundlage vergleichbarer Projekte auf $\sigma_{E,k} \sim 250 \text{ kN/m}^2$ geschätzt ($\sigma_{R,d} = 360 \text{ kN/m}^2$).

Die Länge der längsten, hochbelasteten Wandscheibe beträgt ca. 19 m ('Ersatzfläche' = 19,0 x 1,0 m). Ein Ansatz von Grundwasser erfolgt basierend auf den Untersuchungsergebnissen vom 01.07.2016.

Es wird von einer Gründung auf einem zumindest 30 cm starken Schotterpolster oberhalb von +/- dicht gelagerten Fluviatilkiesen ausgegangen. Das eingebaute Geotextil ist rechnerisch nicht erfasst.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind der Tabelle 11 zu entnehmen.

Sohlspannung σ / Unterbau	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul $k_{s,k}$
$\sigma_{E,k} = 360 \text{ kN/m}^2$ 30 cm Schotterpolster	19,0 x 1,0 m	ca. 0,7 cm	34,0 MN/m ³

Tabelle 11: Orient. Setzungsberechnungen / Eingangs-Bettungsmodul (KG-Bereich)
Schotter (d = 0,30 m + Vlies) über Fluviatilkies

Es werden Setzungsunterschiede in Abhängigkeit der tatsächlich anfallenden Lasten von deutlich < 1 cm erwartet. Setzungsunterschiede in g.g. Größenordnung sind im allgemeinen bauwerksverträglich.

Bettungsmodul: Es sollte zunächst ein Bettungsmodul von k_s ca. 30 MN/m³ angenommen werden. Da der Bettungsmodul anhand der tatsächlich anfallenden Lasten berechnet wird, ist der angegebene Wert lediglich als Ein-

stiegsgröße für die weiteren statischen Berechnungen nach der 'Finite-Elemente-Methode' zu sehen.

Aufnehmbarer Sohldruck / Setzungsberechnung (Einzelfundamente): Anhand der in der Tabelle 4 angegebenen Bodenkennwerte lassen sich voraussichtliche Setzungen berechnen (siehe Anlage 6.3). Es wurde das Programmsystem GGU-FOOTING eingesetzt. Es wird von einer Einbindung von 0,6 m u. OKFF KG ausgegangen.

Es wird des Weiteren von quadratischen Einzelfundamenten mit dem Längen- / Breitenverhältnis $a/b = 1$ und einer unmittelbaren Gründung auf den dicht gelagerten Fluvialtkiesen ausgegangen.

Basierend auf den örtlichen Erfahrungswerten wird der ' Bemessungswert des Sohlwiderstandes ' auf ein Maß von $\sigma_{R,d} = 500 \text{ kN/m}^2$ (Einzelfundamente) festgelegt. Vorgenannter Wert sollte ohne Rücksprache mit dem IB KLEEGRÄFE zunächst nicht überschritten werden.

Zur Einhaltung der Grundbruchsicherheit wird empfohlen, die Fundamentbreite nicht schmaler als 1,0 m zu wählen. Höhere Sohlwiderstände können über eine größere Einbindetiefe erreicht werden. Bei diesbezüglichem Bedarf wird um Rückmeldung zwecks Anpassung der Hinweisgebung gebeten.

Einzelfundamente KG ($a/b = 1$, Einbindung: 0,60 m)		
Fundamentbreite b	Gesamtsetzung S_g	Bem.-Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$
b: 1,00 m	S_g : ca. 0,5 cm	max. 500 kN/m ²
b: 1,20 m	S_g : ca. 0,6 cm	
b: 1,40 m	S_g : ca. 0,7 cm	
b: 1,60 m	S_g : ca. 0,8 cm	
b: 1,80 m	S_g : ca. 0,9 cm	
b: 2,00 m	S_g : ca. 1,0 cm	
b: 2,20 m	S_g : ca. 1,1 cm	
b: 2,40 m	S_g : ca. 1,2 cm	
b: 2,60 m	S_g : ca. 1,3 cm	

Tabelle 12: Setzungsbeträge, Bodenpressung (Einzelfundamente Unterkellerung)

Frostsicherheit: Bei einer Unterkellerung existiert eine ausreichende Frostsicherheit.

§ 49 WHG-Anzeige: Aufgrund der im Grundwasserschwankungsbereich liegenden Unterkellerung wird eine Anzeige der Erdaufschlüsse gemäß § 49 WHG erforderlich. Diese kann formlos bei der zuständigen Behörde (Kreis Paderborn – Untere Wasserbehörde) erfolgen.

Salzwassereintrag in TG: Es ist infolge der Nutzung eines Großteils des KG als Tiefgarage ein Salzwassereintrag zu berücksichtigen. Die Tiefgarage muss entsprechend dem aktuellen Stand der Technik errichtet werden (u.a. • DIN 1045, • DIN EN 1504, • Deutscher Ausschuss für Stahlbeton – DAfStb, Heft 525 und Heft 526, • Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein – DBV 'Parkhäuser und Tiefgaragen'). Für die Tiefgarage ist die Notwendigkeit einer Rissbreitenbeschränkung zu prüfen und ein geeignetes Oberflächenschutzsystem (Bodenbereich) zu berücksichtigen.

6.0 Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (M = 1 : 250)
- Anlage 2.1-2.2: Schichtendarstellungen / Rammdiagramme
- Anlage 3.1-3.6: Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)
- Anlage 4.1-4.5: Wassergehaltsbestimmungen
- Anlage 5.1: Fotodokumentation
- Anlage 6.1-6.3: Setzungsberechnungen

KLEEGRÄFE – GEOTECHNIK GMBH


Dipl.-Ing. (FH) J. Kleegräfe

(Beratender Geowissenschaftler BDG / Geschäftsführer)


V. Thiemann
(Dipl.-Geol.)



Verteiler:

SPAR- UND BAUVEREIN PADERBORN EG
Giersmauer 4a, 33098 Paderborn
IB SCHMIDT UND PARTNER
Osningstraße 75, 33605 Bielefeld

2 x + pdf.

pdf.

ANLAGE 1.1

Lageplan (M = 1 : 250)

Paderborn

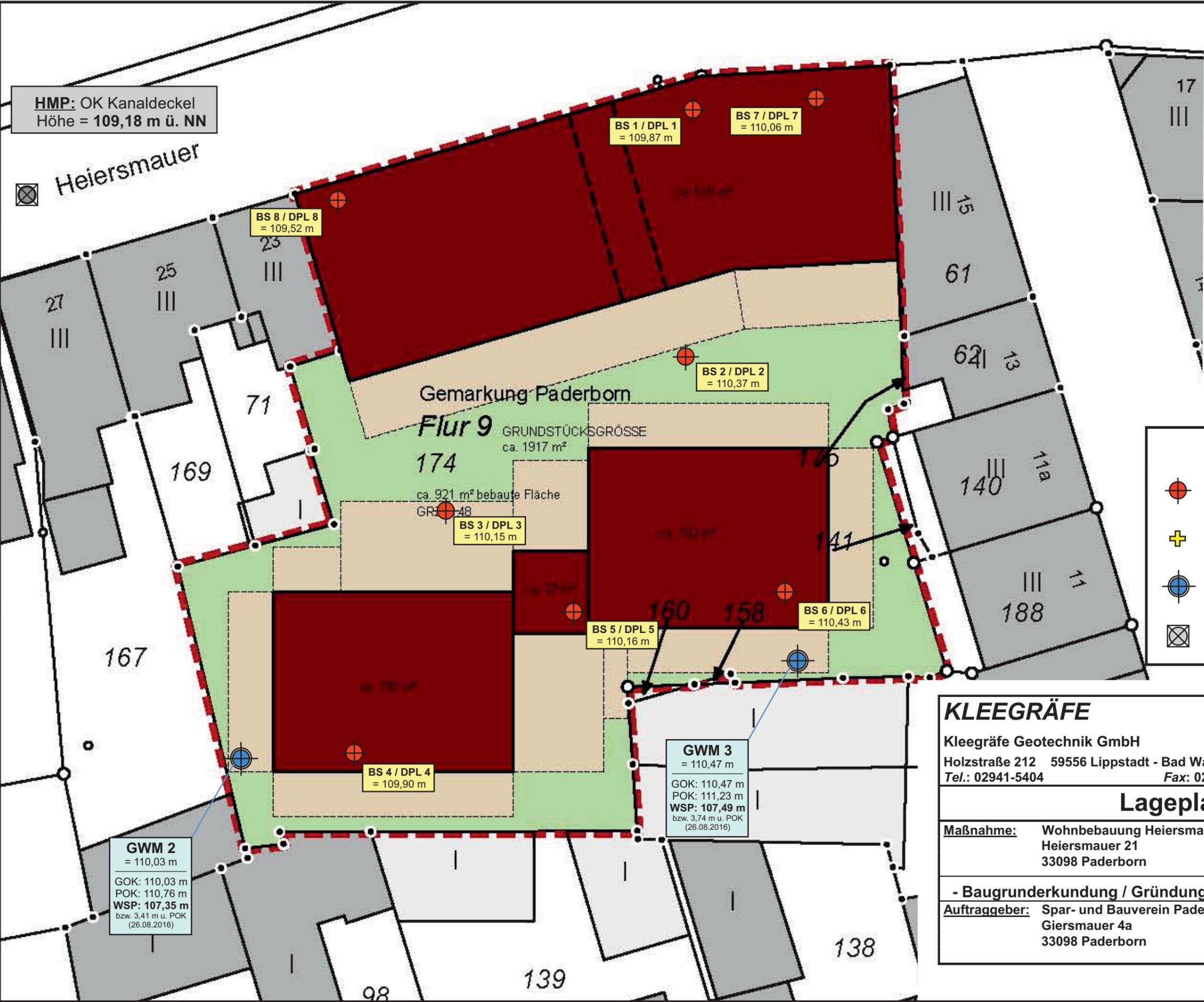


Maßstab
1 : 250
2,5 m

- Zeichenerklärung:**
- BS Kleinbohrung gemäß DIN 4021
 - DPL Rammsondierung gemäß DIN 4094
 - GWM Grundwassermessstelle (Ø 2"/DN 50)
 - HMP Höhenmesspunkt

HMP: OK Kanaldeckel
Höhe = 109,18 m ü. NN

Heiersmauer



KLEEGRÄFE

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212 59556 Lipstadt - Bad Waldliesborn
Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582

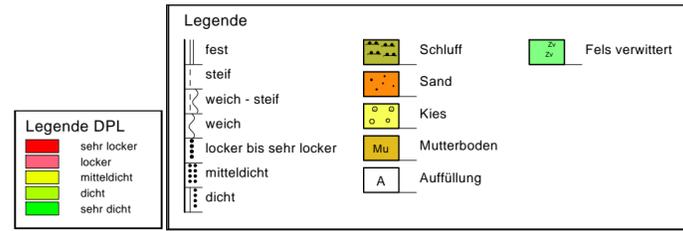
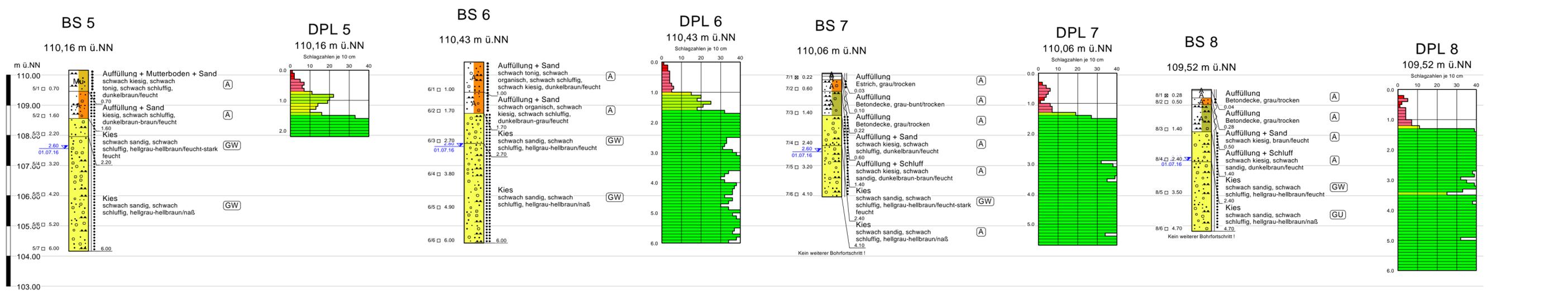
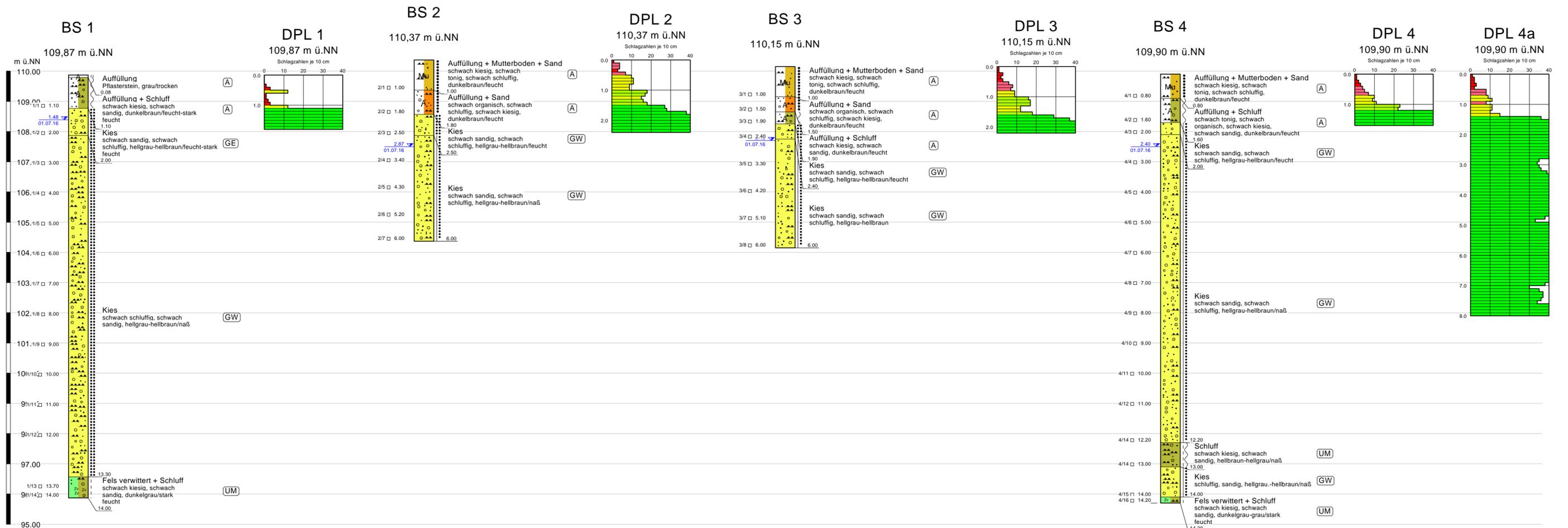


Lageplan

Maßnahme: Wohnbebauung Heiersmauer Heiersmauer 21 33098 Paderborn	Bearb.-Nr. 160527
	Anlage: 1
Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG Giersmauer 4a 33098 Paderborn	Blatt: 1
	August 2016
	Klee/Schw M. 1 : 250

A N L A G E 2.1 – 2.2

Schichtendarstellungen / Rammdiagramme



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

Schichtendarstellung

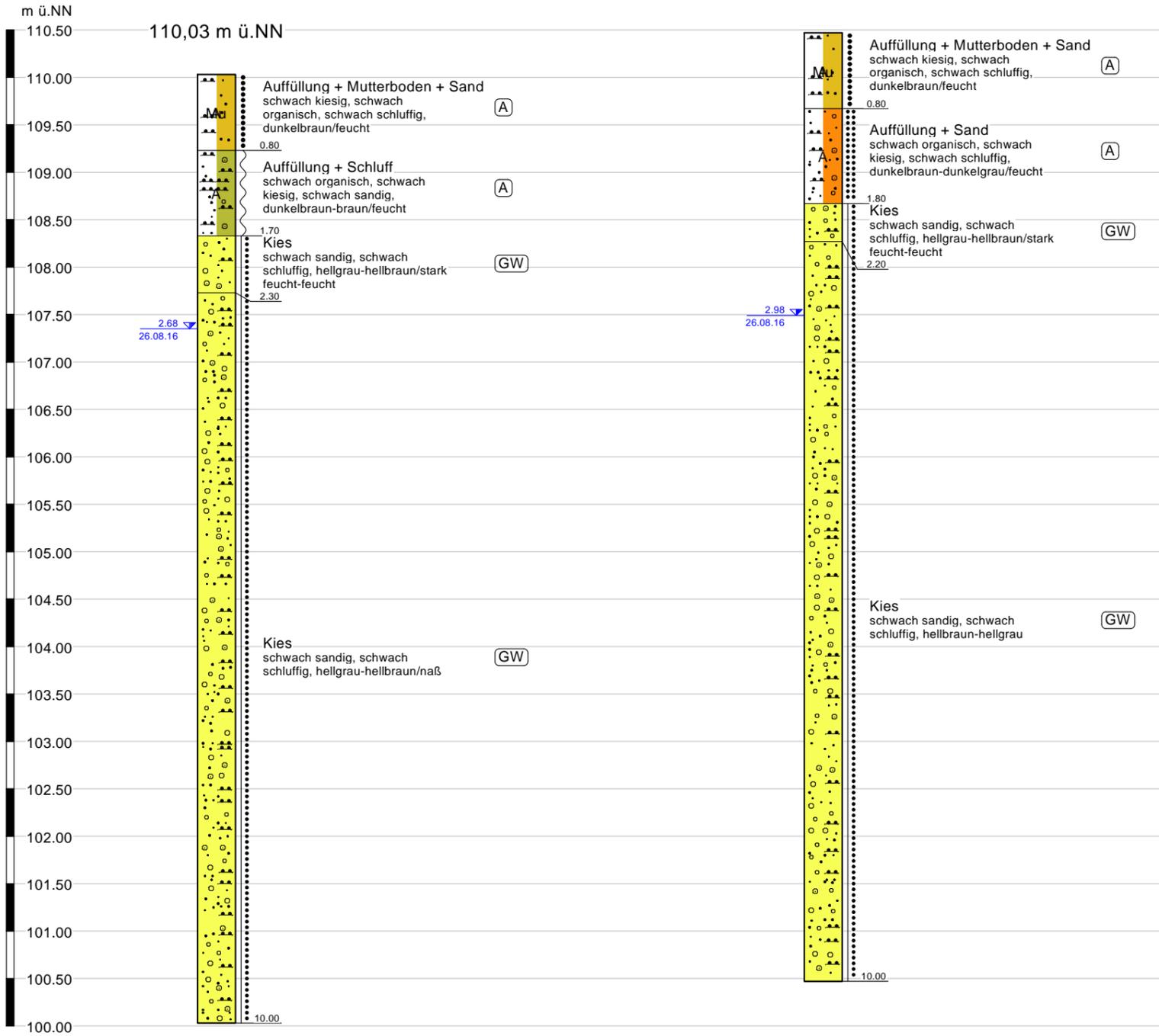
Maßnahme:	Wohnbebauung Heiersmauer	Bearb.-Nr.	
	Heiersmauer 21		160527
	33098 Paderborn		Anlage 2.1
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -		Geologe:	
Auftraggeber:	Spar- und Bauverein Paderborn eG	Herr Töpfer	
	Giersmauer 4a	Datum:	
	33098 Paderborn		01.07.2016

GWM 3

110,47 m ü.NN

GWM 2

110,03 m ü.NN



Legende

	weich		Schluff		Auffüllung
	locker bis sehr locker		Sand		
	mitteldicht		Kies		
	dicht		Mutterboden		

KLEEGRÄFE		 <small>KleeGräfe Geotechnik GmbH •Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie</small>
Kleegräfe Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582		
Schichtendarstellung		
Maßnahme:	Wohnbebauung Heiersmauer Heiersmauer 21 33098 Paderborn	Bearb.-Nr. 160527 Anlage 2.2
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -		Geologe:
Auftraggeber:	Spar- und Bauverein Paderborn eG Giersmauer 4a 33098 Paderborn	Herr Töpfer Datum: 26.08.2016

ANLAGE 3.1 – 3.6

Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)

KleeGräfe Geotechnik GmbH
 Holzstraße 212, 59556 Lippstadt
 Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

Korngrößenverteilung

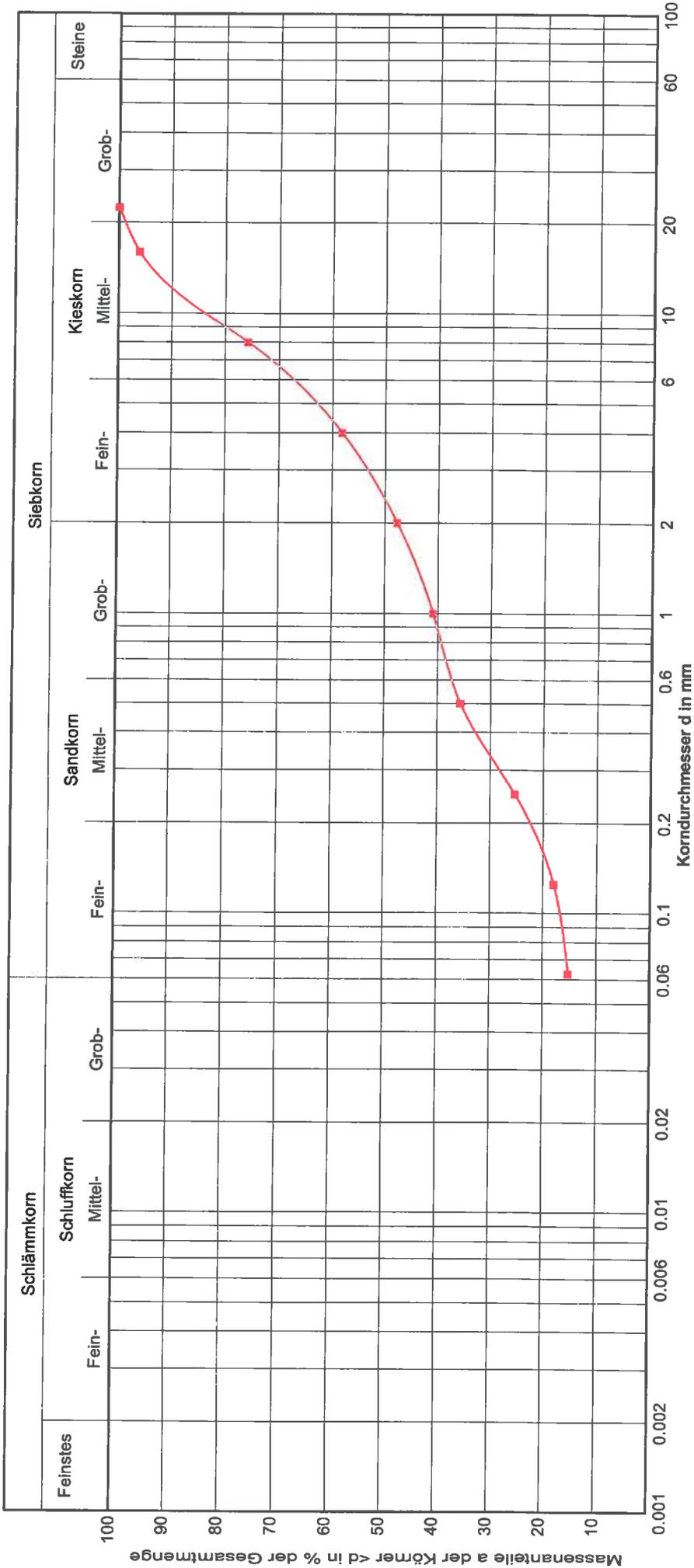
nach DIN 18123

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
 Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn
Sachbearbeiter: Herr Thiemann

Anlage
3

Nr.:
1

Prüfung DIN 18 123 - 5



Probe	Signatur	Entnahmetiefe	Bodenart	Korndichte [g/cm³]	k (Hazen) [m/s]	U (d60/d10)	Cc	Bemerkungen
Probe 1/4		3.00 - 4.00 m	Kies, st. sandig, bindig	7.9				kf-Wert (BEYER): < 1,0 x 10 ⁻⁵ m/s

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
 Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn
Probe : Probe 1/4
Bodenart : Kies, st. sandig, bindig

Ort : BS 1
Tiefe : 3.00 - 4.00 m
Art : gestörte Probe
Datum : 01.07.2016
Person : Herr Töpfer
Witterung :

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			100.0
16.0	16.1	3.9	96.1
8.0	83.7	20.2	75.9
4.0	73.2	17.7	58.2
2.0	43.5	10.5	47.7
1.0	28.1	6.8	40.9
0.5	22.0	5.3	35.6
0.250	42.3	10.2	25.3
0.125	30.5	7.4	18.0
0.063	11.0	2.7	15.3
Schale	63.2	15.3	
Summe	413.6	100.0	
Siebverlust			

Prüfung DIN 18 123 - 5

allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum : 12.07.2016
Person : Frau Sobolewski
Trockenmasse [g] : 413.6
Größtkorn [mm] : 23.0
Kornform : kantengerundet, plattig

Bemerkungen :

kf-Wert (BEYER): < 1,0 x 10⁻⁵ m/s

Kleegräfe Geotechnik GmbH
 Holzstraße 212, 59556 Lippstadt
 Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

Korngrößenverteilung

nach DIN 18123

Anlage

3

Nr.:

2

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
 Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
 Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn
 Probe : Probe 2/3
 Bodenart : Kies, st. sandig, schw. bindig

Ort : BS 2
 Tiefe : 1.80 - 2.50 m
 Art : gestörte Probe
 Datum : 01.07.2016
 Person : Herr Töpfer
 Witterung :

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			100.0
16.0	43.8	9.5	90.5
8.0	83.2	18.0	72.5
4.0	73.4	15.9	56.6
2.0	54.3	11.8	44.8
1.0	33.1	7.2	37.7
0.5	24.0	5.2	32.5
0.250	50.1	10.8	21.6
0.125	37.3	8.1	13.6
0.063	10.1	2.2	11.4
Schale	52.5	11.4	
Summe	461.6	100.0	
Siebverlust			

Prüfung DIN 18 123 - 5

allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum : 12.07.2016
 Person : Frau Sobolewski
 Trockenmasse [g] : 461.6
 Größtkorn [mm] : 25.0
 Kornform : kantig/kantengerundet, flach

Bemerkungen :

kf-Wert (BEYER): < 1,0 x 10⁻⁵ m/s

Kleegräfe Geotechnik GmbH
 Holzstraße 212, 59556 Lippstadt
 Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

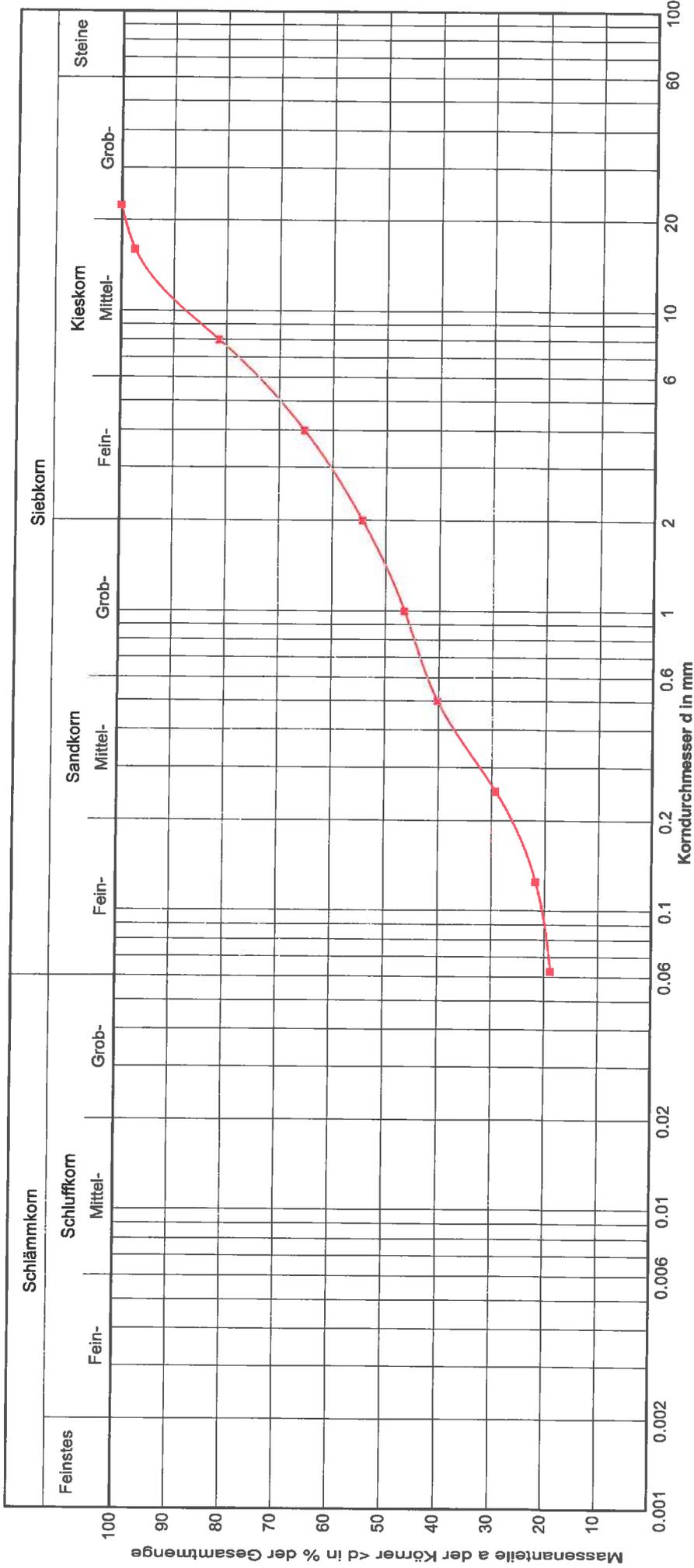
Korngrößenverteilung

nach DIN 18123

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
 Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn
Sachbearbeiter: Herr Thiemann

Anlage
 3
Nr.:
 3

Prüfung DIN 18 123 - 5



Probe	Signatur	Entnahmetiefe	Bodenart	H ₂ O-Gehalt [%]	Korndichte [g/cm ³]	k (Hazen) [m/s]	U (d ₆₀ /d ₁₀)	Cc	Bemerkungen
Probe 3/6		3.30 - 4.20 m	Kies-Sand-Gemisch, bindig	9.1					kf-Wert (BEYER): < 1,0 x 10 ⁻⁵ m/s

Klægråfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

Korngrößenverteilung

nach DIN 18123

Anlage

3

Nr.:

3

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn
Probe : Probe 3/6
Bodenart : Kies-Sand-Gemisch, bindig

Ort : BS 3
Tiefe : 3.30 - 4.20 m
Art : gestörte Probe
Datum : 01.07.2016
Person : Herr Töpfer
Witterung :

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			100.0
16.0	12.1	2.7	97.3
8.0	69.4	15.8	81.5
4.0	71.5	16.2	65.3
2.0	47.8	10.8	54.5
1.0	35.2	8.0	46.5
0.5	27.7	6.3	40.2
0.250	48.4	11.0	29.2
0.125	33.3	7.5	21.7
0.063	12.8	2.9	18.7
Schale	82.6	18.7	
Summe	441.0	100.0	
Siebverlust			

Prüfung DIN 18 123 - 5

allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum : 12.07.2016
Person : Frau Sobolewski
Trockenmasse [g] : 441.0
Größtkorn [mm] : 20.0
Kornform : angerundet, kubisch

Bemerkungen :

kf-Wert (BEYER): $< 1,0 \times 10^{-5}$ m/s

Kleegräfe Geotechnik GmbH
 Holzstraße 212, 59556 Lippstadt
 Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

Korngrößenverteilung

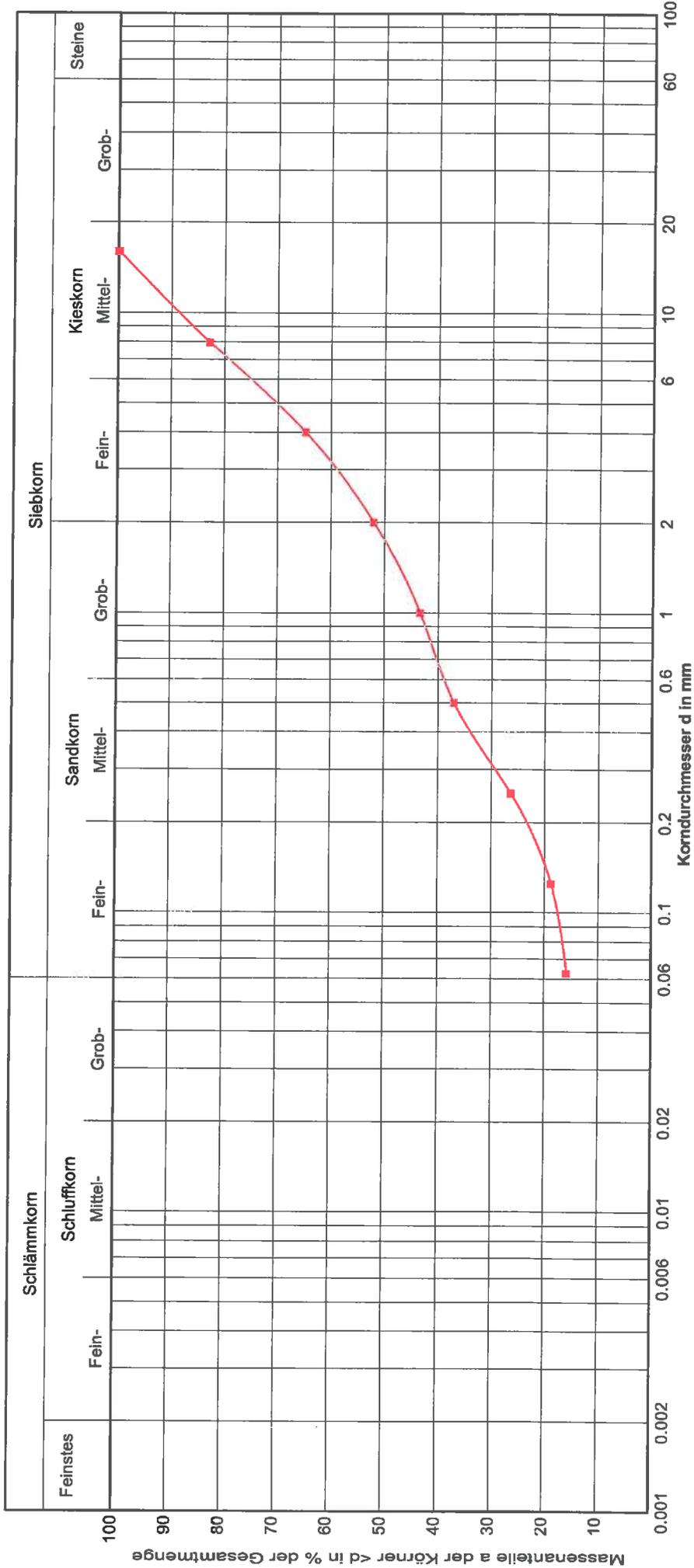
nach DIN 18123

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
 Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn
Sachbearbeiter: Herr Thiemann

Anlage
3

Nr.:
4

Prüfung DIN 18 123 - 5



Probe	Signatur	Bodenart	Korndichte [g/cm³]	k (Hazen) [m/s]	U (d60/d10)	Cc	Bemerkungen
Probe 4/6			8.4				kf-Wert (BEYER): < 1,0 x 10 ⁻⁵ m/s

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

Korngrößenverteilung

nach DIN 18123

Anlage

3

Nr.:

4

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn

Probe : Probe 4/6

Bodenart :

Ort : BS 4
Tiefe : 4.00 - 5.00 m
Art : gestörte Probe
Datum : 01.07.2016
Person : Herr Töpfer
Witterung :

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			
16.0			100.0
8.0	78.1	17.0	83.0
4.0	83.3	18.1	64.9
2.0	58.6	12.8	52.1
1.0	39.8	8.7	43.5
0.5	29.7	6.5	37.0
0.250	48.7	10.6	26.4
0.125	35.1	7.6	18.8
0.063	13.8	3.0	15.8
Schale	72.4	15.8	
Summe	459.3	100.0	
Siebverlust			

Prüfung DIN 18 123 - 5

allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum : 12.07.2016
Person : Frau Sobolewski
Trockenmasse [g] : 459.3
Größtkorn [mm] : 29.5
Kornform : kantig, kubisch

Bemerkungen :

kf-Wert (BEYER): $< 1,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

KleeGräfe Geotechnik GmbH
 Holzstraße 212, 59556 Lippstadt
 Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

Korngrößenverteilung

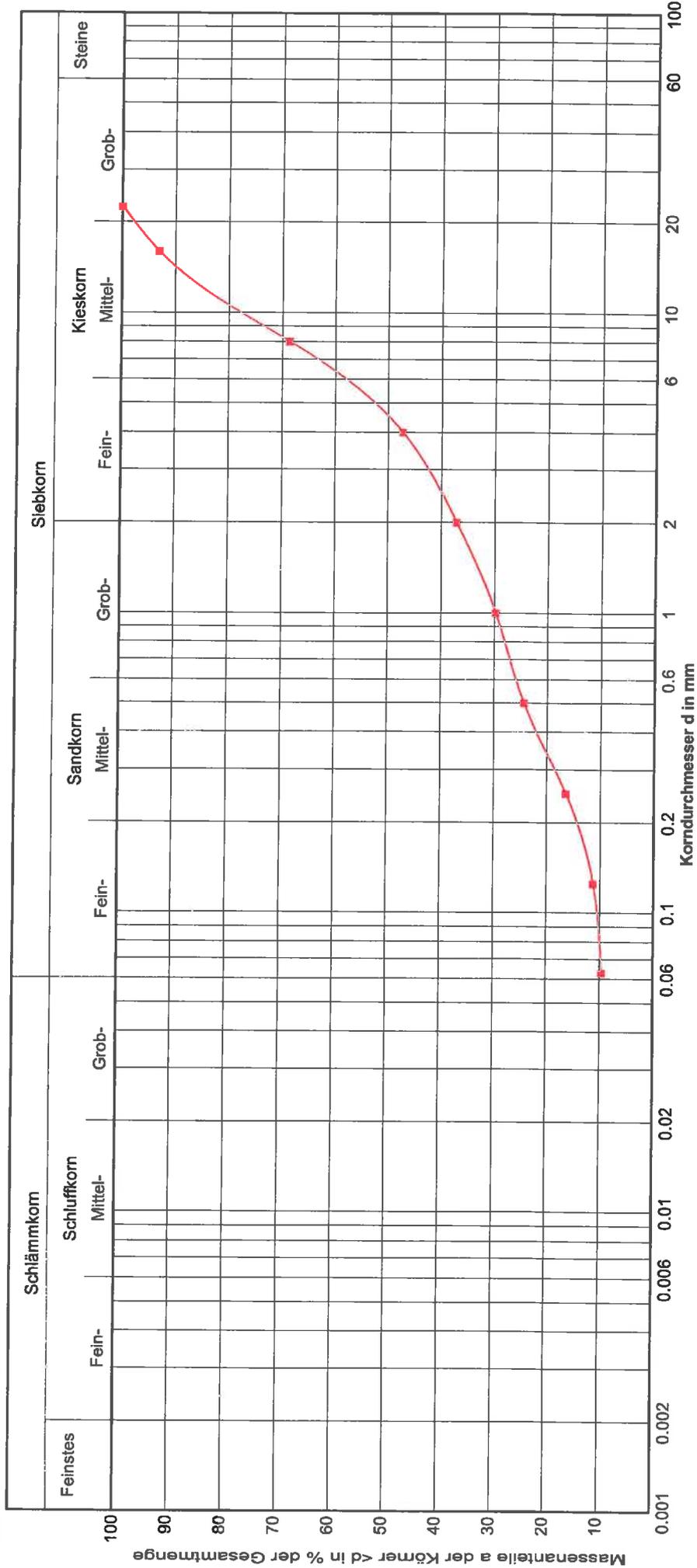
nach DIN 18123

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
 Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
 Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn
 Sachbearbeiter: Herr Thiemann

Anlage
3

Nr.:
5

Prüfung DIN 18 123 - 5



Probe	Signatur	Erntehmetiefe	Bodenart	H ₂ O-Gehalt [%]	Korndichte [g/cm ³]	k (Hazen) [m/s]	U (d ₆₀ /d ₁₀)	C _c	Bemerkungen
Probe 5/5	—	3.20 - 4.20 m	Kies, sandig, schw. bindig	9.3			87.0	2.3	kf-Wert (BEYER): ~ 3.3 x 10 ⁻⁵ m/s

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
 Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
 Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn
 Probe : Probe 5/5
 Bodenart : Kies, sandig, schw. bindig

Ort : BS 5
 Tiefe : 3.20 - 4.20 m
 Art : gestörte Probe
 Datum : 01.07.2016
 Person : Herr Töpfer
 Witterung :

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			100.0
16.0	29.3	6.9	93.1
8.0	103.1	24.3	68.7
4.0	90.9	21.5	47.3
2.0	43.0	10.2	37.1
1.0	31.3	7.4	29.7
0.5	22.8	5.4	24.3
0.250	33.5	7.9	16.4
0.125	21.8	5.1	11.3
0.063	7.2	1.7	9.6
Schale	40.7	9.6	
Summe	423.5	100.0	
Siebverlust			

Prüfung DIN 18 123 - 5

allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum : 12.07.2016
 Person : Frau Sobolewski
 Trockenmasse [g] : 423.5
 Größtkorn [mm] : 24.0
 Kornform : gerundet, plattig

Bemerkungen :

kf-Wert (BEYER): ~ 3,3 x 10⁻⁵ m/s

ANLAGE 4.1 – 4.5

Wassergehaltsbestimmungen

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

Wassergehaltsbestimmung mittels Ofen

nach DIN 18121, Teil 1

Anlage

4

Nr.:

1

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn
Probe : Probe 1/4
Bodenart : Kies, st. sandig, bindig

Ort : BS 1
Tiefe : 3.00 - 4.00 m
Art : gestörte Probe
Datum : 01.07.2016
Person : Herr Töpfer
Witterung :

Datum : 08.07.2016
Person : Frau Gärtner

Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	879.47		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	846.84		
Masse des Behälters	[g]	433.20		
Masse des Wassers	[g]	32.63		
Masse der trockenen Probe	[g]	413.64		
Wassergehalt	[%]	7.9		

		4	5	6
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]			
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]			
Masse des Behälters	[g]			
Masse des Wassers	[g]			
Masse der trockenen Probe	[g]			
Wassergehalt	[%]			

Mittelwert des Wassergehaltes [%] : 7.89

Bemerkungen :

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

Wassergehaltsbestimmung mittels Ofen

nach DIN 18121, Teil 1

Anlage

4

Nr.:

2

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn

Probe : Probe 2/3

Bodenart : Kies, st. sandig, schw. bindig

Ort : BS 2
Tiefe : 1.80 - 2.50 m
Art : gestörte Probe
Datum : 01.07.2016
Person : Herr Töpfer
Witterung :

Datum : 08.07.2016

Person : Frau Gärtner

Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	856.46		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	833.70		
Masse des Behälters	[g]	372.14		
Masse des Wassers	[g]	22.76		
Masse der trockenen Probe	[g]	461.56		
Wassergehalt	[%]	4.9		

		4	5	6
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]			
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]			
Masse des Behälters	[g]			
Masse des Wassers	[g]			
Masse der trockenen Probe	[g]			
Wassergehalt	[%]			

Mittelwert des Wassergehaltes [%] : 4.93

Bemerkungen :

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt
Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

Wassergehaltsbestimmung
mittels Ofen

nach DIN 18121, Teil 1

Anlage
 4
 Nr.:
 3

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
 Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
 Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn
 Probe : Probe 3/6
 Bodenart : Kies-Sand-Gemisch, bindig

Ort : BS 3
 Tiefe : 3.30 - 4.20 m
 Art : gestörte Probe
 Datum : 01.07.2016
 Person : Herr Töpfer
 Witterung :

Datum : 08.07.2016
 Person : Frau Gärtner

Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	922.54		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	882.40		
Masse des Behälters	[g]	441.45		
Masse des Wassers	[g]	40.14		
Masse der trockenen Probe	[g]	440.95		
Wassergehalt	[%]	9.1		

		4	5	6
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]			
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]			
Masse des Behälters	[g]			
Masse des Wassers	[g]			
Masse der trockenen Probe	[g]			
Wassergehalt	[%]			

Mittelwert des Wassergehaltes [%] : 9.10

Bemerkungen :

Kleegräfe Geotechnik GmbH
 Holzstraße 212, 59556 Lippstadt
 Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

**Wassergehaltsbestimmung
 mittels Ofen**

nach DIN 18121, Teil 1

Anlage
 4
 Nr.:
 4

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
 Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
 Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn
 Probe : Probe 4/6
 Bodenart :

Ort : BS 4
 Tiefe : 4.00 - 5.00 m
 Art : gestörte Probe
 Datum : 01.07.2016
 Person : Herr Töpfer
 Witterung :

Datum : 08.07.2016
 Person : Frau Gärtner

Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	910.00		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	871.38		
Masse des Behälters	[g]	412.06		
Masse des Wassers	[g]	38.62		
Masse der trockenen Probe	[g]	459.32		
Wassergehalt	[%]	8.4		

		4	5	6
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]			
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]			
Masse des Behälters	[g]			
Masse des Wassers	[g]			
Masse der trockenen Probe	[g]			
Wassergehalt	[%]			

Mittelwert des Wassergehaltes [%] : 8.41

Bemerkungen :

Klægräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt
Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

**Wassergehaltsbestimmung
mittels Ofen**

nach DIN 18121, Teil 1

Anlage
4
Nr.:
5

Projekt: Wohnbebauung Heiersmauer,
Heiersmauer 21 in 33098 Paderborn
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
Auftraggeber: Spar- und Bauverein Paderborn eG, 33098 Paderborn
Probe : Probe 5/5
Bodenart : Kies, sandig, schw. bindig

Ort : BS 5
Tiefe : 3.20 - 4.20 m
Art : gestörte Probe
Datum : 01.07.2016
Person : Herr Töpfer
Witterung :

Datum : 08.07.2016
Person : Frau Gärtner

Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	854.25		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	814.90		
Masse des Behälters	[g]	391.36		
Masse des Wassers	[g]	39.35		
Masse der trockenen Probe	[g]	423.54		
Wassergehalt	[%]	9.3		

		4	5	6
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]			
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]			
Masse des Behälters	[g]			
Masse des Wassers	[g]			
Masse der trockenen Probe	[g]			
Wassergehalt	[%]			

Mittelwert des Wassergehaltes [%] : 9.29

Bemerkungen :

ANLAGE 5.1

Fotodokumentation

Fotodokumentation

Seite 1

Anlage 5

Situation am 01.07.2016



Foto 1: Blickrichtung ~ SSO; Bereich der BS 1 (Markierung)

Situation am 01.07.2016



Foto 2: Blickrichtung ~ NW; Bereich der BS 2 (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 2

Anlage 5

Situation am 01.07.2016



Foto 3: Blickrichtung ~ SW; Bereich der BS 3 und BS 4 (Markierungen)

Situation am 01.07.2016



Foto 4: Blickrichtung ~ NO; Bereich der BS 4 und BS 5 (Markierung)

Fotodokumentation

Situation am 01.07.2016



Foto 5: Blickrichtung ~ SSO; Bereich der BS 6 (Markierung)

Situation am 01.07.2016



Foto 6: Blickrichtung ~ SO; Bereich der BS 7 (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 4

Anlage 5

Situation am 01.07.2016



Foto 7: Kern der BS 7; 0,00 – 0,23 m u.GOK

Situation am 01.07.2016



Foto 8: Blickrichtung ~ NNW; Bereich der BS 8 (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 5

Anlage 5

Situation am 01.07.2016



Foto 9: Teil-Kern der BS 8; 0,00 – 0,21 m u.GOK (Originalprobe -0,28 m u.GOK)

Fotodokumentation

Situation am 01.07.2016



Foto 10: Blickrichtung ~ W; Bereich der GWM 2 (Markierung)

Situation am 01.07.2016



Foto 11: Blickrichtung ~ S; Bereich der GWM 3 (Markierung)

A N L A G E 6.1 – 6.3

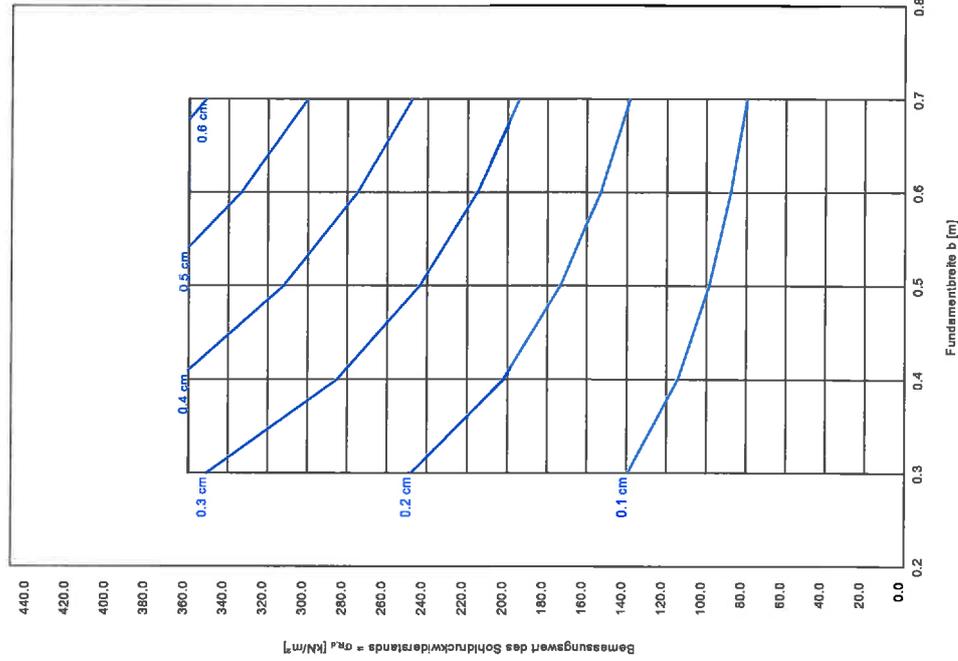
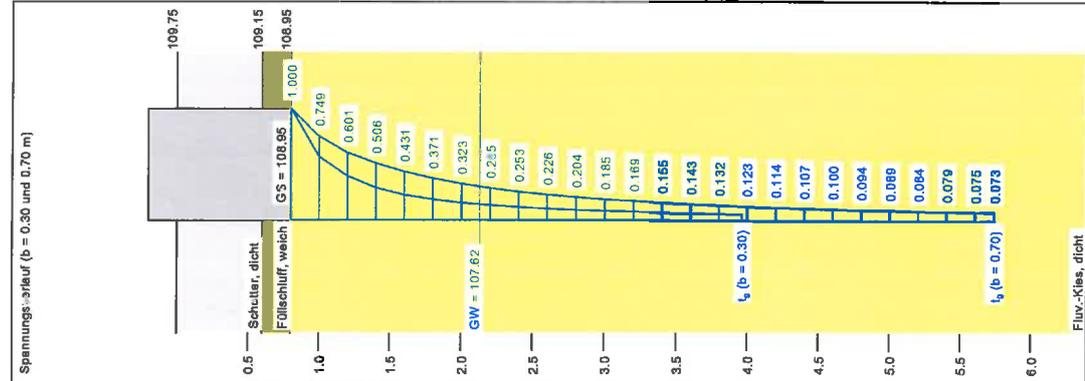
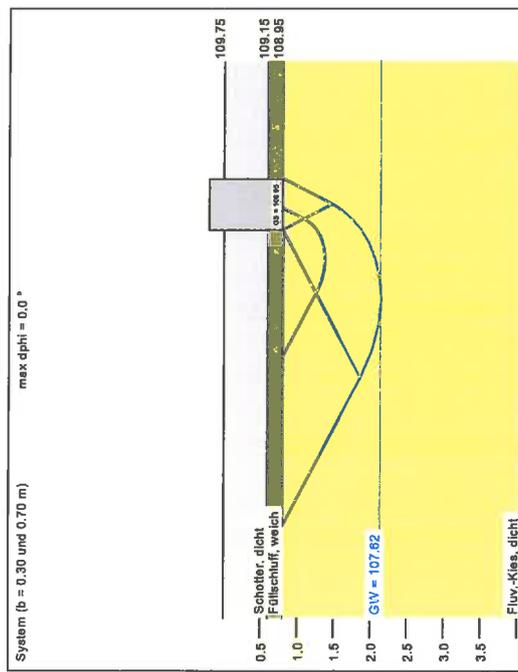
Setzungsberechnungen

Streifenfundamente (Nichtunterkellerung)

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH
 59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn, Holzstraße 212
 Tel.: 02941 - 5404 Fax: 02941 - 3582
 Projekt: Neubau eines MFH, Heiersmauer 21, 33098 Paderborn
Setzungsberechnung Streifenfundamente (Nichtunterkellerung)

Berechnungsgrundlagen:
 BV Heiersmauer 21, 33098 Paderborn
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 OK Gelände = 109,75 m
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 19,00 m)
 $\gamma_{s,v} = 1,40$
 $\gamma_G = 1,35$
 $\gamma_Q = 1,50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0,500
 $\gamma_{(e,0)} = 0,500 \cdot \gamma_G + (1 - 0,500) \cdot \gamma_Q$
 $\gamma_{(e,0)} = 1,425$
 $\sigma_{s,d}$ auf 360,00 kN/m² begrenzt
 Gründungsschle = 108,95 m
 Grundwasser = 107,62 m
 Grenztiefe mit p = 20,0 %
 Grenztiefe spannungsvariabel bestimmt

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
1	22,0	14,0	37,5	0,0	80,0	0,00	Schotter, dicht
2	18,5	8,5	25,0	0,0	3,0	0,00	Füllschluff, weich
3	21,0	13,0	35,0	0,0	50,0	0,00	Fluv.-Kies, dicht



a [m]	b [m]	$\sigma_{s,d}$ [kN/m ²]	$R_{s,d}$ [kN/m]	$\sigma_{s,k}$ [kN/m ²]	a [cm]	ϕ [°]	cal e [kN/m ²]	cal c [kN/m ²]	γ_s [kN/m ³]	$\sigma_{v,d}$ [kN/m ²]	t_d [m]	UKLS [m]	k_s [kN/m ²]
19,00	0,30	360,0	108,0	252,6	0,31	35,0	0,00	0,00	21,00	18,80	3,96	1,37	81,7
19,00	0,40	360,0	144,0	252,6	0,39	35,0	0,00	0,00	21,00	18,80	4,50	1,58	64,3
19,00	0,50	360,0	180,0	252,6	0,47	35,0	0,00	0,00	21,00	18,80	4,96	1,75	53,5
19,00	0,60	360,0	216,0	252,6	0,55	35,0	0,00	0,00	21,00	18,80	5,37	1,84	46,2
19,00	0,70	360,0	252,0	252,6	0,62	35,0	0,00	0,00	21,00	18,80	5,74	2,14	40,7

$\sigma_{s,k} = \sigma_{s,d} / \gamma_{s,v}$, $\gamma_{(e,0)} = \sigma_{s,d} / (1,40 \cdot 1,43) = \sigma_{s,d} / 1,99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [c] = 0,50

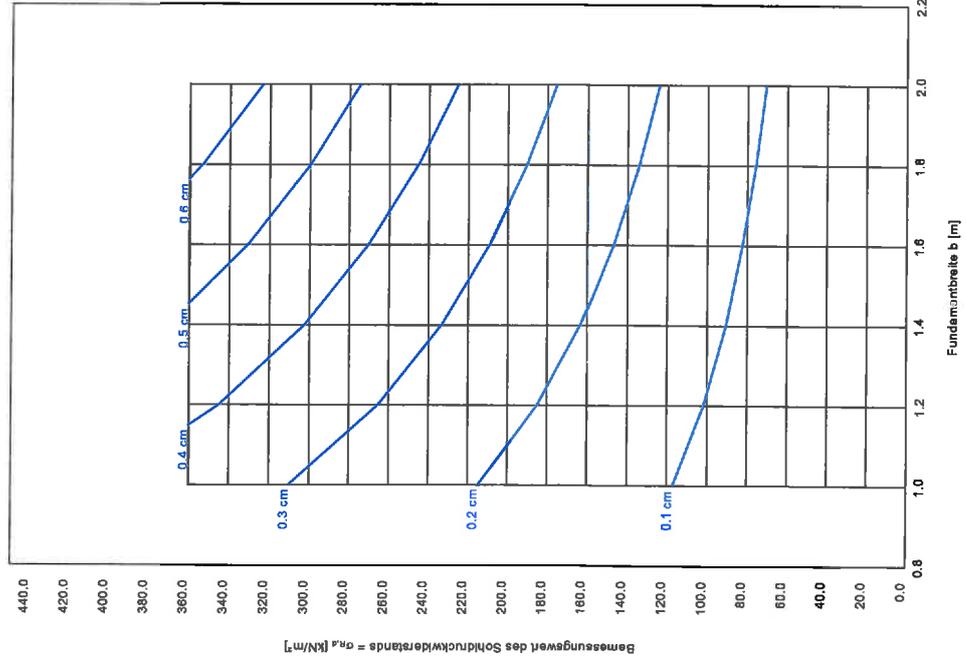
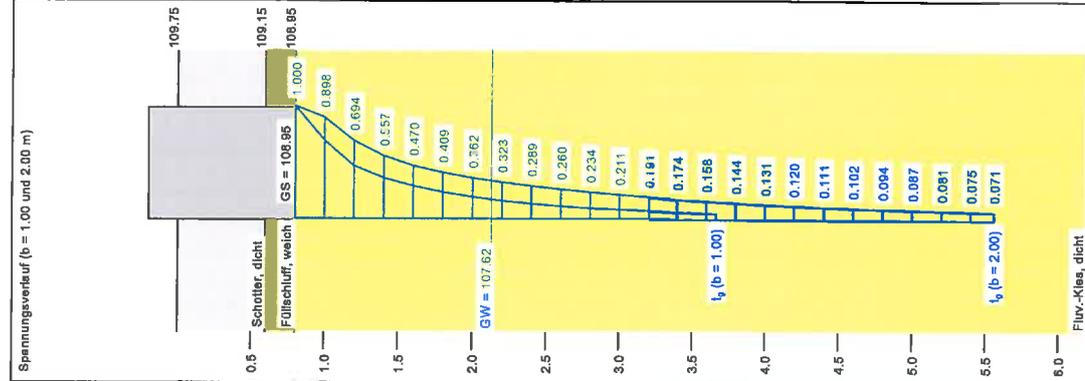
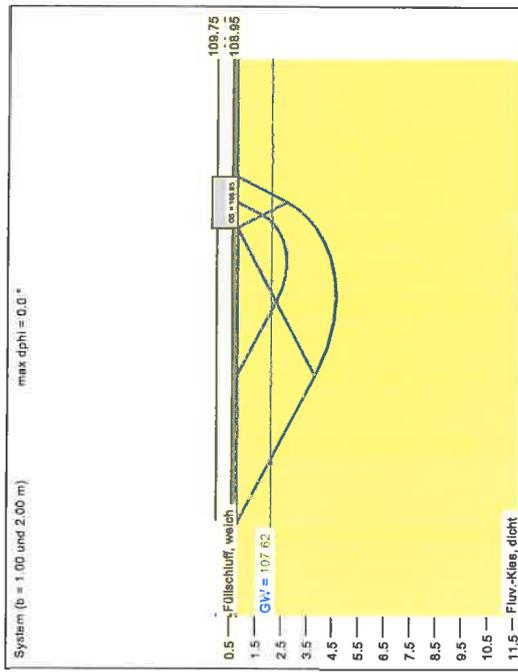
Nichtunterkellerung Streifenfundamente; Einbindung bis mindestens +108,95 m ü.NN

Einzelfundamente (Nichtunterkellerung)

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH
 59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn, Holzstraße 212
 Tel.: 02941 - 5404 Fax: 02941 - 3582
 Projekt: Neubau eines MFH, Heiersmauer 21, 33098 Paderborn
Setzungsberechnung Einzelfundamente (Nichtunterkellerung)

Berechnungsgrundlagen:
 BV Heiersmauer 21, 33098 Paderborn
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1,00)
 $\gamma_{s,v} = 1,40$
 $\gamma_G = 1,35$
 $\gamma_Q = 1,50$
 Grenztiefe mit $p = 20,0\%$
 Grenztiefe spannungsvariabel bestimmt
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
0.5	22.0	14.0	37.5	0.0	80.0	0.00	Schotter, dicht
1.5	18.5	8.5	25.0	0.0	3.0	0.00	Füllschluff, weich
2.5	21.0	13.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Fluv.-Kies, dicht



a [m]	b [m]	$\sigma_{s,d}$ [kN/m ²]	$R_{s,d}$ [kN]	$\sigma_{t,s}$ [kN/m ²]	a [cm]	cal φ [°]	cal σ [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ²]	$\sigma_{v,0}$ [kN/m ²]	$l_{s,0}$ [m]	UKLS [m]	k_s [MN/m ²]
1.00	1.00	360.0	360.0	252.6	0.35	35.0	0.00	16.70	16.90	3.67	2.71	71.5
1.20	1.20	360.0	516.4	252.6	0.42	35.0	0.00	16.66	16.90	4.09	3.09	60.2
1.40	1.40	360.0	705.6	252.6	0.49	35.0	0.00	16.22	16.90	4.48	3.47	52.1
1.60	1.60	360.0	921.6	252.6	0.55	35.0	0.00	17.66	16.90	4.86	3.65	46.0
1.80	1.80	360.0	1185.1	252.6	0.61	35.0	0.00	17.25	16.90	5.21	4.23	41.2
2.00	2.00	360.0	1440.0	252.6	0.68	35.0	0.00	16.88	16.90	5.56	4.62	37.3

$\sigma_{t,s} = \sigma_{s,d} / \gamma_{s,v}$; $\gamma_{s,v} = \gamma_{s,0} / (1.40 - 1.43) = \sigma_{s,d} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältniss Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [c] = 0.50

Nichtunterkellerung Einzelfundamente; Einbindung bis mindestens +108,95 m ü.NN

Einzelfundamente (Unterkellerung)

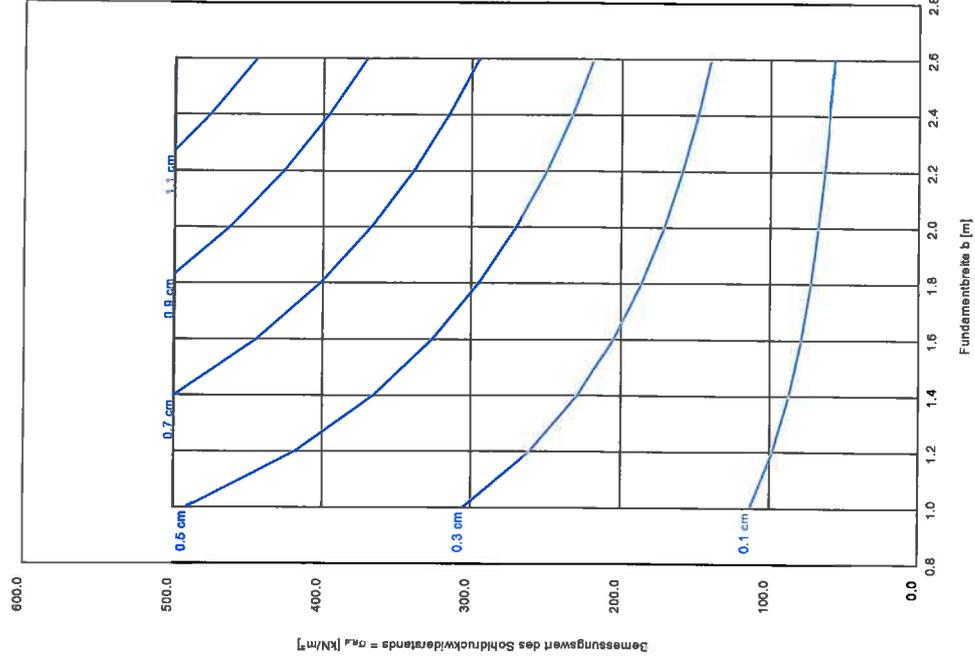
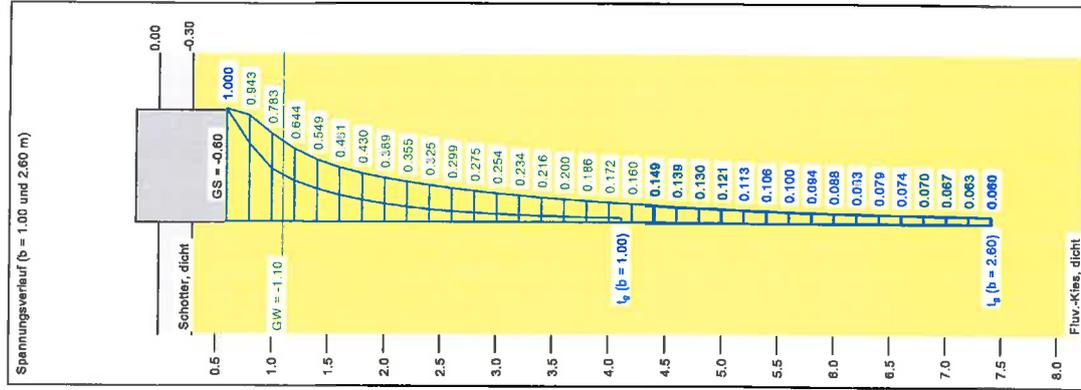
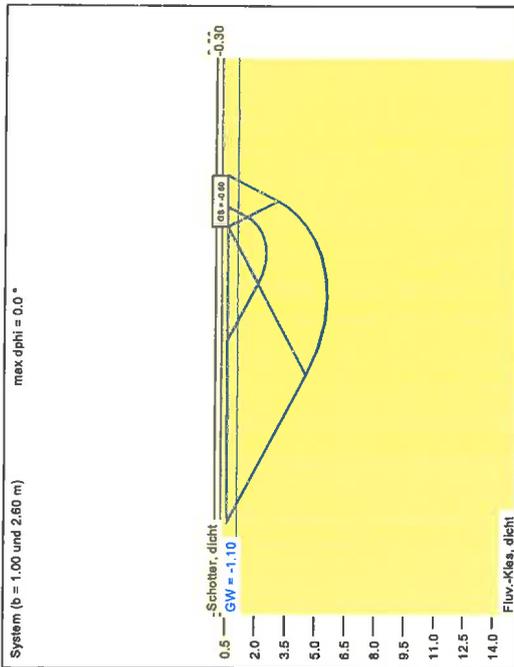
KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH
 59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn, Holzstraße 212
 Tel.: 02941 - 5404 Fax: 02941 - 3582

Projekt: Neubau eines MFH, Heiersmauer 21, 33098 Paderborn
Setzungsberechnung Einzelfundamente (Unterkellerung)

Berechnungsgrundlagen:
 BV Heiersmauer 21, 33098 Paderborn
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament ($b_{90} = 1.00$)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

$\gamma_{(s,0)} = 0.500 \cdot \gamma_0 + (1 - 0.500) \cdot \gamma_e$
 $\gamma_{(s,0)} = 1.425$
 $\sigma_{s,d}$ auf 500.00 kN/m² begrenzt
 OK Gelände = 0.00 m
 Gründungssohle = -0.60 m
 Grundwasser = -1.10 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0$ %
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	v	Bezeichnung
☐	22.0	14.0	37.5	0.0	80.0	0.00	Schotter, dicht
☐	21.0	13.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Fluv.-Kies, dicht



a [m]	b [m]	$\sigma_{s,d}$ [kN/m ²]	$R_{s,d}$ [kN]	$\sigma_{s,k}$ [kN/m ²]	θ [°]	cal θ [°]	cal c [kN/m ²]	$\gamma/2$ [kN/m ²]	$\sigma_{v,d}$ [kN/m ²]	l_s [m]	UKLS [m]	k_s [MN/m ²]
1.00	1.00	500.0	600.0	350.0	0.51	35.0	0.00	16.02	12.80	4.11	2.51	66.8
1.20	1.20	500.0	720.0	350.0	0.61	35.0	0.00	15.56	12.80	4.59	2.89	57.9
1.40	1.40	500.0	840.0	350.0	0.70	35.0	0.00	15.22	12.80	5.05	3.27	50.0
1.60	1.60	500.0	960.0	350.0	0.78	35.0	0.00	14.96	12.80	5.49	3.65	44.1
1.80	1.80	500.0	1080.0	350.0	0.89	35.0	0.00	14.75	12.80	5.90	4.03	36.5
2.00	2.00	500.0	1200.0	350.0	0.98	35.0	0.00	14.58	12.80	6.30	4.42	35.6
2.20	2.20	500.0	1320.0	350.0	1.07	35.0	0.00	14.45	12.80	6.68	4.80	32.8
2.40	2.40	500.0	1440.0	350.0	1.16	35.0	0.00	14.33	12.80	7.05	5.18	30.2
2.60	2.60	500.0	1560.0	350.0	1.25	35.0	0.00	14.23	12.80	7.41	5.56	28.1

$\sigma_{s,k} = \sigma_{s,d} / \gamma_{(s,0)}$ ($\gamma_{(s,0)} = 1.40 - 1.43$) = $\sigma_{s,d} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlaster(G+Q) = 0.50

Unterkellerung Einzelfundamente; Einbindung 60 cm unter OKFF KG