

GUTACHTEN

Projekt: Baugrundtechnische Erstbewertung auf dem Gelände
der ehemaligen Alanbrooke Kaserne in 33102 Paderborn



- orientierende Baugrunderkundung / orientierende Gründungsberatung -

Auftraggeber: Schmidt + Partner GmbH
Osningstraße 75, 33605 Bielefeld

Auftragnehmer: Kleegräfe – Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Projekt-Nr.: 17 04 16

Lippstadt, den 15. November 2017

- INHALTSVERZEICHNIS -

<u>1. AUFGABENSTELLUNG / VORGANG / LAGE</u>	<u>3</u>
<u>2. UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG</u>	<u>6</u>
2.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE	6
2.2 GRUNDWASSERBEFUNDE IM BOHRLOCH / IN DEN GWM's	9
<u>3. INGENIEURGEOLOGISCHE BAUGRUNDBEURTEILUNG</u>	<u>12</u>
3.1 BAUGRUNDBEURTEILENDE LABORVERSUCHE	12
3.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5)	14
3.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	15
3.4 BODENKLASSEN, HOMOGENBEREICHE, BODENGRUPPEN UND FROSTKLASSEN	17
3.5 HOMOGENBEREICHE GEM. VOB TEIL C	19
<u>4. INGENIEURGEOLOGISCHE ANGABEN ZUR BEBAUBARKEIT</u>	<u>22</u>
4.1 ERRICHTUNG VON BAUTEILEN	23
4.2 BODENPLATTENBEREICH - NICHTUNTERKELLERUNG	26
4.3 BODENPLATTENBEREICH - UNTERKELLERUNG	28
4.4 FUNDAMENTBEREICH - NICHTUNTERKELLERUNG	31
4.5 SPEZIALTIEFBAU	32
4.6 STRAßENBAU / STELLFLÄCHEN	36
4.7 HINWEISE ZUR ERRICHTUNG IM VOLLAUSBAU (STRAßENBAU)	37
<u>5. ANLAGEN</u>	<u>40</u>

1. Aufgabenstellung / Vorgang / Lage

In 33102 Paderborn wurden an der 'Elsener Straße 5' auf dem Gelände der Alanbrooke Kaserne hydrogeologische Voruntersuchungen sowie ergänzende orientierende Baugrunderkundungen durchgeführt. Ziel ist eine Einschätzung für das Plangebiet für kommende Bauprojekte.

Der Auftraggeber, das IB SCHMIDT UND PARTNER GMBH (Osningstraße 75, 33605 Bielefeld) beauftragte das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH (Holzstraße 212, 59556 Lippstadt) mit den orientierenden baugrundtechnischen Untersuchungen sowie der Erstellung eines Gutachtens zur allgemeinen baugrundtechnischen Bebaubarkeit.

Hydrogeologe/Auftraggeber: SCHMIDT UND PARTNER GMBH
Osningstraße 75, 33605 Bielefeld

Baugrundgutachter: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Die hydrogeologischen Untersuchungen für das Plangebiet werden vom IB SCHMIDT UND PARTNER GMBH (Osningstraße 75, 33605 Bielefeld) durchgeführt. Für Fragen zur Hydrogeologie (Grundwasser, Wasserhaltung etc.) wird auf g.g. Fachbüro verwiesen. Inhalt des vorliegenden Gutachtens ist die orientierende Baugrunderkundung und die orientierende Gründungsberatung zur allgemeinen Bebaubarkeit des Untersuchungsgebietes.

Angaben zu den vorliegenden hydrogeologischen Verhältnissen sind nicht Bestandteil dieses Gutachtens und müssen in Abstimmung mit dem Büro SCHMIDT UND PARTNER GMBH geklärt werden.

Innerhalb des g.g. Fachgutachtens erfolgen weitere Aussagen zum bautechnisch relevanten Bemessungswasserstand, zum Grundwasser sowie Angaben zur Wasserhaltung etc.

Ein vollständiges Bild zur Untergrundbeschaffenheit ergibt sich erst in der Zusammenschau der beiden Gutachten der Fachbüros SCHMIDT UND PARTNER GMBH und KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH.

Für die Ausarbeitung der Erstuntersuchung steht ein Lageplan (Maßstab n.b., Stand n.b.) zur Verfügung.

Die Lage der Baugrunderschließungen geht aus der Anlage 1.1 (Lageplan) hervor. Die Bohrungen wurden lagemäßig eingemessen und höhenmäßig durch das VERMESSUNGSAMT PADERBORN aufgenommen.

Gelände (12.06.2017- 14.06.2017)	- Rammkernsondierungen ($\varnothing$ 60 - 50 mm)	10 Stück
	- Leichte Rammsondierung (DPL-5)	5 Stück
	- Ausbau einer RKS als Grundwassermessstelle (DN 50)	7 Stück
Bodenmecha- nisches Labor	- Korngrößenanalyse (DIN 18 123)	5 Stück
	- Wassergehaltsbestimmung (DIN 18 121)	5 Stück
	- Zustandsgrenzenbestimmung (ISO/TS 17892-12)	3 Stück

Tabelle 1: Untersuchungsumfang

Lage: Das Untersuchungsgebiet liegt im Westen von 33102 Paderborn am Rande des 'Riemekeviertels' im Bereich der Kernstadt. Die 'Elsener Straße' erschließt das Untersuchungsgebiet von Norden. Die ehem. Alanbrooke Kaserne umfasst ein Areal von etwa 18 ha.

Vornutzung: Das Areal wurde bis zum Jahr 2016 als Kaserne der britischen Streitkräfte genutzt. In der Vergangenheit wurden die um 1896 bis 1898 errichteten Gebäude als Infanterie-Kaserne des Preußischen Heeres und später der Wehrmacht vorgebenutzt.

Kenntnisse über das Vorhandensein von Weltkriegs- und Militärrückständen (Munition, Bomben, etc.) sowie archäologische Artefakte / Bodendenkmäler o.ä. liegen dem AN nicht vor und die diesbezügliche Ermittlung ist nicht Bestandteil der Beauftragung. Ebenso existieren für den AN keine Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Bunkeranlagen.

Vorfluter: Vorfluter befinden sich nicht im unmittelbaren Nahbereich des untersuchten Grundstücks. Die 'Pader' verläuft ca. 550 m nordöstlich des Untersuchungsgebietes mit nordwestlicher Entwässerungsrichtung.

Morphologie: Im Untersuchungsgebiet konnten Höhenunterschiede von 3,28 m zwischen den Bohransatzpunkten festgestellt werden.

Es handelt sich um die Frosteinwirkungszone I (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 die von der Maßnahme betroffenen Km-Quadrate 23140 und 22906 das Vorhandensein von verkarstungsfähigem Gestein als besonderes Gefährdungspotenzial an.

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

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.

Die in diesem Gutachten gemachten Angaben sind ausschließlich projektbezogen zu verwenden. Das Gutachten ist geistiges Eigentum der Fa. KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH.

2. Untergrunderschließung

2.1 Untergrundschichtung / Geologie

Die Bodenansprache erfolgte durch einen Dipl.-Geologen nach den entsprechenden DIN-Normen. Die Bohrungen wurden zu Schichtprofilen entwickelt und höhenmäßig zueinander in Beziehung gestellt (siehe Schnittdarstellung – Anlage 2.1-2.3).

Die Materialansprache und -einteilung (Kies-Sand-Schluff-Ton) im Gelände erfolgt gemäß DIN nach der im Bohrgut vorhandenen Korngröße. Bei dem angetroffenen „Verwitterungs-Lehm/-Ton“ handelt es sich zwar der Korngröße nach um lehmiges bzw. toniges Material, dieses wurde jedoch aus einem übergeordneten Verband entnommen. Es handelt sich nicht um ein korngestütztes Lockergestein im engeren Sinne (wie z.B. Fluvial-Lehm), sondern um ein zu unterschiedlichen Graden ver- bzw. angewittertes Halbfest- bis Festgestein. Dies wird auch durch eine geteilte Signatur in den Schichtenprofilen berücksichtigt.

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

Geologie: Das oberkreidezeitliche Festgestein ((Ton-)Mergelstein des Mittelconiac, sog. 'Emschermergel') wurde in fünf Bohrungen in ver-/angewitterter Form (Verwitterungs-lehm/-ton) erbohrt.

Die angetroffenen fluviatilen Ablagerungen wurden im Pleistozän abgelagert und stellen die sogenannten 'Niederterrassen' (Weichsel-Stufe) bzw. Schmelzwasserablagerungen (Saale-Stufe) dar. Die erbohrten glazialen Ablagerungen wurden ebenfalls im Pleistozän (Saale-Stufe) abgelagert (sog. 'Grundmoräne' als Geschiebe-Lehm/-Ton. Oberhalb stehen häufig quartäre Löß-Schluffe der Weichsel-Stufe an. Darüber folgen anthropogen beeinflusste Böden.

BS	RKB 1 (207)	RKB 2 (206)	RKB 3 (205)	RKB 4 (204)	RKB 5 (203)
Ansatz	+113,05	+113,56	+113,37	+114,25	+114,90
Versiegelung	-	-0,03	-	-	-0,10
Füll-Sand	-	-	-1,00	-	-
Füll-Schluff	-0,25 0,30-0,70	0,13-1,90	-	-1,25	-
Füll-Kies	0,25-0,30	0,03-0,13	-	-	0,10-0,43
Löß-Schluff	0,70-1,80	1,90-3,00	1,00-2,60	-	-
Fluviatil-Sand	2,90-3,60	-	2,60-2,90	-	0,43-0,65
Fluviatil-Schluff	ab 10,70	ab 9,35	6,20-6,80 ab 9,55	1,25-2,10 ab 6,40	0,65-1,40
Fluviatil-Ton	-	-	-	6,20-6,40	1,40-2,00
Fluviatil-Kies	1,80-2,90 3,60-6,70	3,00-4,25	2,90-6,20	-	-
Geschiebe-Lehm	-	-	-	2,10-6,20	-
Geschiebe-Ton	6,70-10,70	4,25-9,35	6,80-9,55	-	-
Verwitterungslehm	-	-	-	-	ab 2,00
Grundwasser (12.06-13.06.17)	GW bei 4,16 = +108,89	GW bei 4,40 = +109,16	BLZ bei 1,06 = +112,31	GW bei 3,23 = +111,02	BLZ bei 2,40 = +112,50
GWM-Ausbau	X	X	X	X	-
DPL-5	X	-	-	X	-
Endteufe	15,00	13,00	13,00	13,00	3,10*

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

* = kein weiterer Bohrfortschritt; BLZ = Bohrlochzusammenfall

rot = organoleptisch auffällig, hier: 'Teer'-Geruch / PAK-Geruch

BS	RKB 6 (201)	RKB 7 (202)	RKB 8 (210)	RKB 9 (209)	RKB 10 (208)
Ansatz	+113,00	+115,45	+116,28	+115,23	+113,58
Versiegelung	-0,13	-	-	-	-
Füll-Sand	0,13-0,22 0,38-1,45	-	-	-	-
Füll-Schluff	1,45-1,95	-1,30	-0,50	-0,65	-0,65
Füll-Kies	0,22-0,38	-	-	-	-
Löß-Schluff	-	1,30-2,80	0,50-1,20	0,65-2,80	0,65-2,80
Fluviatil-Schluff	1,95-2,60	2,80-3,00	1,20-1,90 2,20-3,80	3,50-5,00 7,10-10,40	ab 9,50
Fluviatil-Ton	-	-	1,90-2,20	5,00-7,10	-
Fluviatil-Kies	-	-	3,80-4,50	-	-
Geschiebe-Lehm	-	-	-	-	2,80-4,60
Geschiebe-Ton	-	-	-	2,80-3,50	4,60-9,50
Verwitterungslehm	ab 2,60	ab 3,75	ab 4,50	ab 10,40	-
Verwitterungston	-	3,00-3,75	-	-	-
Grundwasser (12.06-13.06.17)	GW bei 2,84 = +110,16	BLZ bei 2,45 = +113,00	BLZ bei 3,80 = +112,48	GW bei 4,73 = +110,50	GW bei 4,00 = +109,58
GWM-Ausbau	-	-	X	X	X
DPL-5	X	X	-	X	-
Endteufe	3,40*	4,10*	5,00*	11,80	13,00

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

* = kein weiterer Bohrfortschritt; BLZ = Bohrlochzusammenfall

Bodenbelastungen: Grundsätzlich wurde das geförderte Bohrgut auch einer umwelt-geologischen Bodenansprache unterzogen und auf auffällige bzw. schadstoffbehaftete Inhaltsstoffe kontrolliert.

Innerhalb der aufgefüllten Böden konnten unauffällige Bestandteile wie Gesteins-/ Ziegelbruch, Schotterbeimengungen sowie in Spuren kleine Aschepartikel erkannt werden. Lediglich im Bereich der BS 2 wurde organoleptisch ein PAK-/‘Teer’-Geruch in der Versiegelung, sowie im unterliegenden Schotter festgestellt.

An den ‘gewachsenen Böden’ wurden keine sensorischen Auffälligkeiten erkannt, sodass es sich vermutlich um eine unbelastete Fläche handelt.

Sofern Aushubmassen vom Grundstück abgefahren werden sollen, sollten diese ergänzend auf den Parameterumfang gemäß LAGA_{Boden}/TR-Boden und Deponieverordnung untersucht werden, um qualifizierte Aussagen zur Wiedereinbaueignung bzw. Entsorgung treffen zu können.

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

2.2 Grundwasserbefunde im Bohrloch / in den GWM's

Das Thema Hydrologie wird ausführlich in dem Fachgutachten des Büros SCHMIDT & PARTNER behandelt.

Es werden von Seiten des IB KLEEGRÄFE lediglich die Ergebnisse der Grundwasserbefunde an den Untersuchungstagen dargestellt. Die Angaben sind daher, auch unter Berücksichtigung noch nicht vorliegender Detailplanungen, als orientierend anzusehen.

Am 12.06.-14.06.2017 wurden im Untersuchungsgebiet insgesamt sieben permanent ausgebaute DN 50-Grundwassermessstellen errichtet (generell Überflur, eine GWM Unterflur). Hierüber besteht maßnahmenfortlaufend die Möglichkeit zur Kontrolle der Grundwasserstände.

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

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

Befunde in den Bohrlöchern (12.06.-13.06.2017):

In der Mehrzahl der Bohrungen konnte an den Untersuchungstagen (12.06.-13.06.2017) Grundwasser direkt angetroffen werden.

In einem anderen Teil der Bohrungen erfolgte nach Sondenziehung in unterschiedlichen Tiefen ein Bohrlochzusammenfall. Dieser gibt aufgrund der Bodenansprache und unter Berücksichtigung der Bodenfeuchten nicht notwendigerweise den Grundwasserspiegel wieder, weshalb die Bohrlochzusammenfälle im Folgenden nicht weiter betrachtet werden.

Befunde in den GW-Messstellen (14.06.2017 + 26.06.2017):

In allen GWM's konnten an den Untersuchungstagen 14.06.2017 und 26.06.2017 Grundwasser gemessen werden. Lediglich die ausgebaute GWM 2 blieb an beiden Tagen trocken.

Die nachfolgende Tabelle 3 gibt Aufschluss über die angetroffenen GW-Messstände an den jeweiligen Untersuchungstagen.

Bohrung	14.06.2017 (m u.POK)	14.06.2017 (m ü.NN)	26.06.2017 (m u.POK)	26.06.2017 (m ü.NN)
RKB 1	4,65	108,91	4,66	108,90
RKB 2	trocken	-	trocken	-
RKB 3	5,00	109,04	4,95	109,09
RKB 4	4,30	110,94	4,36	110,88
RKB 8	4,92	111,89	4,96	111,85
RKB 9	4,93	110,71	4,96	110,68
RKB 10	4,42	109,59	4,42	109,59

Tabelle 3: Ergebnisse der Abstichmessungen in den 7 GWM's

Das Staunäsepotenzial der oberflächennah vorhandenen Füll-Schluffe, der Löß-Schluffe, der untergrundprägenden Fluvial-Schluffe/-Tone, der Geschiebe-Lehme/-Tone sowie der Verwitterungs-Lehme/-Tone ist als hoch und ausgeprägt zu bewerten ('Nichtleiter'/Stauer).

Die Fluvial-Kiese und die untergeordnet erbohrten Fluvial-Sande führen in Abhängigkeit vom Grad der Verlehmung kein nennenswertes bis ein ggf. deutliches Staunäsepotenzial.

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

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

Bodenart k_f -Wert in m/s

- Füll-Sand / Fluvial-Sand:

Sand, (schwach) kiesig, schwach schluffig, schwach tonig..... 10^{-4} - 10^{-6}

- Füll-Schluff / Löß-Schluff / Fluvial-Schluff:

Schluff, schwach sandig, schwach tonig, z.T. schwach kiesig 10^{-7} - 10^{-9}

- Füll-Kies / Fluvial-Kies:

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

- Fluvial-Ton / Geschiebe-Ton / Verwitterungs-Ton:

Ton, (schwach) schluffig, (schwach) kiesig, schwach sandig..... 10^{-9} - 10^{-10}

- Verwitterungs-Lehm / Geschiebe-Lehm

Schluff, (schwach) kiesig, tonig, schwach sandig..... 10^{-7} - 10^{-9}

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 |

3. Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

3.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche

- Korngrößenanalysen (DIN 18 123): Es wurden orientierend fünf Korngrößenanalysen mit den im Gründungs-/Lastabtragsbereich anstehenden gewachsenen Böden durchgeführt. In der Anlage 3.1-3.2 sind die Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Ergebnisse der Analysen sind in der Tabelle 4 aufgeführt.

Probe / (Genese)	Profilber. m u.GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	d ₁₀ , d ₂₀ (mm)	k _r -Wert (m/s)*	Wasser- gehalt w
1/5 (G _{fluv})	1,80-2,90	7,3	15,6	34,5	42,6	0,0035	~1x10 ⁻⁶	15,31 %
2/6 (U _{glaz})	3,00-4,25	10,8	28,2	48,7	12,3	0,008	~6x10 ⁻⁶	17,67 %
3/5 (G _{fluv})	2,90-4,00	3,9	10,6	19,0	66,5	0,013	~1x10 ⁻⁵	12,26 %
9/4 (U _{aeol})	1,70-2,80	6,0	73,9	20,1	-	0,016	~1x10 ⁻⁶	20,79 %
10/4 (U _{aeol})	1,70-2,80	6,1	67,5	26,3	0,1	0,017	~1x10 ⁻⁹	20,48 %

Tabelle 4: Ergebnisse der Korngrößenanalysen/Wassergehaltsbestimmungen

Genese: U_{glaz} = Geschiebe-Lehm; U_{aeol} = Löß-Schluff; G_{fluv} = Fluvial-Kies; **fett** = prägend

* k_r-Wertbestimmung: bei bindigen Böden nach MALLET & PACQUANT; bei nicht bindigen Böden nach BEYER

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

Die Böden im Gründungsbereich stellen sich deutlich unterschiedlich dar.

Die glazial bzw. fluvial abgelagerten Kiese werden von nicht bindigen (d.h. kiesig-sandigen) Anteilen geprägt. Abhängig vom Grad der Verlehmung liegen unterschiedliche Durchlässigkeiten vor. Demgegenüber stehen die glazial bzw. aeolisch abgelagerten Schluffe mit deutlich bindigen (d.h. schluffig-tonigen) Anteilen, die sehr gering durchlässig sind.

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

1/5:	Kies, stark sandig, schluffig, schwach tonig	(DIN 18 196: GU*)
2/6:	bindiger Boden, stark sandig, schwach kiesig	(DIN 18 196: UM/UL/TL)
3/5:	Kies, sandig, schwach schluffig	(Din 18 196: GU/GU*)
9/4:	Schluff, sandig, schwach tonig	(Din 18 196: UM/UL/TL)
10/4:	Schluff, sandig, schwach tonig	(Din 18 196: UM//UL/TL)

- Durchlässigkeit: Der Durchlässigkeitsbeiwert kann orientierend anhand der Kornverteilungskurve nach MALLET & PACQUANT bzw. BEYER bestimmt werden. Es ergeben sich deutlich unterschiedliche Durchlässigkeiten in der Größenordnung von $k_f \sim 10^{-5}$ m/s bis $k_f \sim 10^{-9}$ m/s welche nach DIN 18 130 als 'durchlässig' bis 'sehr gering durchlässig' bezeichnet werden können. Teilweise wird eine deutliche aufstauende Wirkung für eindringende Oberflächenwässer angezeigt ($\Rightarrow$ deutliches Staunäsepotential).

- Wassergehaltsbestimmungen (DIN 18 121): Die untersuchten Böden weisen eine erhöhte Durchfeuchtung (Probe 9/4 und 10/4, $w = 20,48 \% - 20,79 \%$) bzw. eine Durchfeuchtung (Probe 1/5, 2/6 und 3/5, $w = 12,26 \% - 17,67 \%$) im Bereich noch unterhalb einer Wassersättigung auf (Anlage 4.1).

- Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): Nach der Frostempfindlichkeitsklassifikation der ZTVE-StB müssen die untersuchten Böden aufgrund der vorhandenen bzw. prägenden bindigen Anteile in die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 - F 3 bzw. F 3 eingestuft werden ('gering-mittel frostempfindlich' bis 'sehr frostempfindlich').

- Fließ-/Ausrollgrenzen (ISO/TS 17892-12): Die Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen wurde ergänzend mit den Proben 1/5, 9/4 und 10/4 vorgenommen (Anlage 5.1-5.3).

Probe	Fließgrenze WL	Ausrollgrenze WP	Plastizitätszahl IP	Wassergehalt w	Konsistenzzahl Ic
1/5	33,01 %	14,41 %	0,186	15,31	0,952
9/4	31,20 %	19,19 %	0,120	20,79	0,867
10/4	28,55 %	19,11 %	0,094	20,48	0,855

Tabelle 5: Ergebnisse der Zustandsgrenzenbestimmung

Bei Einsatz der gewonnenen Daten in das Plastizitätsdiagramm nach CASAGRANDE liegen die untersuchten Bodenproben im Bereich der nach DIN 18 196 bezeichneten Bodengruppen '*leicht plastische Tone*' (TL). Bei Betrachtung der Plastizitätszahlen sowie Einsetzung in den sog. Konsistenzbalken nach ATTERBERG ergibt sich ein recht breiter Bildsamkeitsbereich (= geringe bis moderate Nässeempfindlichkeit).

Bodenmechanisches Fazit: Das geogene Erdplanum wird von nicht bindigen bis bindigen Böden geprägt, die teilweise erhöht durchfeuchtet vorliegen. Der überwiegend sehr frost- und witterungsempfindliche Boden weist in Abhängigkeit der Verlehmung teilweise ein deutliches Staunäsepotential 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 B 15.1 und wurden mit der sog. leichten Rammsonde durchgeführt (DPL = 'Dynamic Probing Light 5'). Die DPL erfolgten jeweils nahe der BS 1, BS 4, BS 6, BS 7 und BS 9. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringteufe n_{10} gegen Tiefe. Die Rammdiagramme der DPL sind in der Anlage 2.1-2.3 grafisch dargestellt und den jeweiligen Rammkernsondierungen gegenübergestellt.

Ausgewertet werden nur Bereiche unter ohnehin abzuschiebender organischer Böden bzw. Versiegelungen.

- ⇒ Auffüllungen: Die angetroffenen Auffüllungen weisen generell heterogene Schlagzahlen im Bereich von $n_{10} = 2-20$ auf. Damit liegen vorwiegend lockere bis mitteldichte Lagerungen bzw. weich-breiige bis weiche Konsistenzen vor, die projektbezogen aufgrund der Heterogenität **keine unmittelbar ausreichende** Gründungseignung bieten.
- ⇒ Löß-Schluff: Die angetroffenen Löß-Schluffe weisen Schlagzahlen von $n_{10} = 6-20$ auf. Damit liegen hier weich-breiige bis weich-steife Konsistenzen vor, die projektbezogen **keine unmittelbar ausreichende** Gründungseignung bieten.
- ⇒⇒ Geschiebe-Lehm: Die nachgewiesenen Geschiebe-Lehme führen ein Schlagzahlniveau von $n_{10} = 10-25$. Zur Tiefe hin erfolgt eine Schlagzahlzunahme auf ein Niveau von $n_{10} = 30-40$.
Es liegen weiche bis weich-steife, im tieferen Profilbereich steife Konsistenzen vor, die maßnahmenbezogen bereits **eine ausreichende** Gründungseignung bieten können, abhängig von den auftretenden Lasten.
- ⇒ Fluviatil-Schluff (oberflächennah): Die oberflächennahen Fluviatil-Schluffe weisen Schlagzahlen von $n_{10} = 4-20$ auf. Die damit einhergehenden weich-breiigen bis weich-steifen Konsistenzen bieten **keine unmittelbare Eignung** zum Lastabtrag.
- ⇒⇒ Fluviatil-Schluff (tieferliegend): Die tieferliegenden Fluviatil-Schluffe weisen Schlagzahlen im Bereich von $n_{10} = 30-40$ auf. Die damit einhergehend steifen Konsistenzen können bereits **eine Eignung** zum Lastabtrag bieten, sofern moderate Lasten auftreten.

- ⇒⇒ Glazial-Ton/Fluviatil-Ton: Die oberflächennah anstehenden tonigen Böden liegen in weichen Konsistenzen mit Schlagzahlen von $n_{10} = 5-15$ vor. Sie bieten **keine ausreichende** Gründungseignung. In tieferen Profilbereichen liegen deutlich höhere Schlagzahlen auf einem Niveau von $n_{10} = 30-40$ vor. Die damit einhergehenden steifen Konsistenzen bieten abhängig von den anfallenden Lasten meistens bereits **eine ausreichende** Gründungseignung.
- ⇒ Fluviatil-Kies: Die angetroffenen Fluviatil-Kiese weisen Schlagzahlen im Bereich von $n_{10} = 30-40$ auf. Die damit einhergehenden dichten Lagerungsverhältnisse bieten **eine ausreichende bis gute Eignung** zum Lastabtrag.
- ⇒⇒ Verwitterungsbildungen: Die angetroffenen Verwitterungsbildungen zeigen Schlagzahlen von $n_{10} > 40$ auf. Die damit einhergehenden steifen Konsistenzen bieten **eine unmittelbare Eignung** zum Lastabtrag.
Die Rammsondierungen mussten letztlich wegen nicht mehr feststellbaren Rammfortschritts abgebrochen werden. Geringfügig unterhalb der erreichten Bohr-/Rammendteufen ist mit dem Übergang zum angewitterten bis unverwitterten (Ton-)Mergelstein-Grundgebirge zu rechnen.

3.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 6 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. $\phi_{s,k}$ (°)	c_k (kN/m ²)	$E_{s,k}$ (kN/m ²)
<u>Füll-Sand</u> : Sand, schwach schluffig, z.T. schwach kiesig, schwach organisch; locker bis mitteldicht	18,5 - 19,0	10,5 - 11,0	30,0 - 35,0	0	20.000 – 35.000 RW 20.000
<u>Füll-Kies</u> : Kies, schwach sandig, schwach schluffig, z.T. schwach steinig; mitteldicht bis dicht	19,0 - 20,0	11,0 - 12,0	32,5 - 35,0	0	35.000 – 50.000 RW 40.000
<u>Füll-Schluff</u> : Schluff, schwach sandig, schwach tonig, z.T. schwach kiesig, schwach organisch; weich-steif	18,5 - 19,5	8,5 - 9,5	20,0 - 27,5	0	3.000 – 6.000 RW 3.000
<u>Löß-Schluff</u> : Schluff, (schwach) sandig, schwach tonig; weich bis weich-steif	18,5 - 19,5	8,5 - 9,5	27,5	0	4.000 – 8.000 RW 5.000
<u>Glazial-Lehm</u> : Schluff, tonig, (schwach) kiesig, schwach sandig; weich bis weich-steif	18,5 - 19,0	8,5 - 9,0	22,5	0-2 RW 1	6.000 – 10.000 RW 6.000
<u>Glazial-Ton</u> : Ton, (schwach) kiesig, schwach sandig, schwach schluffig; steif	19,0 - 20,0	9,0 - 10,0	22,5 - 27,5	2-5 RW 5	8.000 – 12.000 RW 8.000
<u>Fluviatil-Sand</u> : Sand, (schwach) schluffig, z.T. schwach kiesig, schwach organisch, mitteldicht bis dicht	18,5 - 19,5	10,0 - 11,0	32,5 - 35,0	0	25.000 – 40.000 RW 30.000
<u>Fluviatil-Kies</u> : Kies, (schwach) sandig, schwach schluffig, z.T. schwach tonig; mitteldicht bis dicht	20,0 - 21,5	12,0 - 13,5	32,5 - 35,0	0	30.000 – 70.000 RW 50.000
<u>Fluviatil-Schluff</u> : Schluff, schwach sandig, schwach tonig, z.T. schwach kiesig; weich	18,0 - 18,5	8,0 - 8,5	25,0 - 27,5	0	4.000 – 6.000 RW 4.000
<u>Fluviatil-Schluff</u> : Schluff, schwach sandig, schwach tonig, z.T. schwach kiesig; weich-steif bis steif	19,0 - 19,5	9,0 - 9,5	25,0 - 27,5	2-5 RW 2	8.000 – 12.000 RW 8.000
<u>Verwitterungs-Lehm</u> : Schluff, (schwach) tonig, (schwach) kiesig, schwach sandig; weich-steif bis steif	19,5 - 20,5	9,5 - 10,0	22,5 - 27,5	5-10 RW 5	8.000 – 12.000 RW 10.000

Tabelle 6: Bodenmechanische Kennwerte der gründungsrelevanten Bodeneinheiten

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

γ' = Wichte d. Bodens unter Auftrieb
 $\phi_{s,k}$ = Ersatzreibungswinkel
 $E_{s,k}$ = Steifesziffer

3.4 Bodenklassen, Homogenbereiche, 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
Füll-Sand*	3	Nr. 1	A (SU/SU*/SW)	F 2 - F 3	'Löffel- bagger'
Füll-Schluff*	4, u.U. 2		A (UM/UL)	F 3	
Füll-Kies	3 - 4		A (GW/GU/GU*/X)	F 1 - F 3	
Löß-Schluff*	4, u.U. 2		UM/UL/TL/TM	F 3	
Fluviatil-Sand*	3 - 4		SU/SU*/SE	F 2 - F 3	
Fluviatil-Kies	3 - 4		GU/GU*/GW	F 2 - F 3	
Fluviatil-Schluff*	4, u.U. 2		UM/UL/TL/TM	F 3	
Glazial-Ton*	4 - 5, u.U. 2		TL/TM/TA/UM	F 3	
Glazial-Schluff*	4 - 5, u.U. 2		UM/TM/TA	F 3	
Verwitterungs-Ton*	4 - 5		Zv/TL/TM	F 3	
Verwitterungs-Lehm*	4 - 5		Zv/UM/TM	F 3	
(Ton-)Mergelstein (nicht erbohrt)	6 - 7	Nr. 2	Zv/Z	kein Boden	Reiß- zahn, ggf. Meißel

Tabelle 7: Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen, Frostklassen

* = bei Wassersättigung bewegungsempfindlich

Erläuterung Tabelle 7

nach DIN 18 300:2012-09	Bodenklasse 2: fließende Bodenarten Bodenklasse 3: leicht lösbare Bodenarten Bodenklasse 4: mittelschwer lösbare Bodenarten Bodenklasse 5: schwer lösbare Bodenarten Bodenklasse 6: leicht lösbarer Fels oder vergleichbare Bodenarten Bodenklasse 7: schwer lösbarer Fels
Homogenbereich nach DIN 18 300:2016-09	Nr. 1: mit Löffelbagger lösbar (siehe Tab. 8a) Nr. 2: ggf. Anbaugeräte (Reißzahn/Meißel) erforderlich (siehe Tab. 8b)
nach DIN 18 196	A Auffüllungen X Steine GU/GU* Kies-Schluff-Gemische GW weitgestufte Kies-Sand-Gemische SU/SU* Sand-Schluff-Gemische SE enggestufte Sande SW weitgestufte Sand-Kies-Gemische UL/TL leicht plastische Schluffe/Tone UM/TM mittel plastische Schluffe/Tone TA ausgeprägt plastische Tone Zv/Z Fels verwittert/allgemein
nach ZTVE-StB 09	F 1 nicht frostempfindlich F 2 gering bis mittelfrostempfindlich F 3 sehr frostempfindlich

Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Böden mindestens bis zu den jeweils erreichten Endteufen mittels 'normalen' Löffelbagger-Einsatzes möglich sein wird (überwiegend Bodenklasse 4 bzw. Homogenbereich Nr. 1).

Diese Aussage gilt nicht für ggf. im Untergrund befindliche pleistozäne Geschiebe und/oder Findlinge, welche aufgrund der eiszeitlichen Beeinflussung des Gebietes nicht gänzlich ausgeschlossen werden können.

Wo Bauteile deutlich tiefer als die erreichten Bohr-/Rammendteufen eingebunden werden, also für Bereiche einer vorgesehenen Unterkellerung bzw. Tiefgarage ist dies entsprechend zu erwarten, sind hierfür kalkulatorisch die Bodenklassen 6-7/7 bzw. der Homogenbereich Nr. 2 in Ansatz zu nehmen. Hierfür kann es erforderlich

sein, Anbaugeräte zur Lösung des Grundgebirges vorzuhalten, weshalb die entsprechende Position in einem LV vorab abgefragt werden sollte.

Bodenlösung: Die o.g. Festlegung des Homogenbereiches für das Gewerk 'Erdarbeiten' basiert auf der Annahme des Einsatzes eines ausreichend starken Löffelbaggers. Sollten hiervon abweichende Erdbaugeräte/Verfahren zum Einsatz kommen sollen, so wird um Mitteilung zwecks Anpassung der Homogenbereichsfestlegung gebeten.

3.5 Homogenbereiche gem. VOB Teil C

Die Festlegung von Homogenbereichen (Tabellen 8a und 8b) erfolgt für das Gewerk 'Erdarbeiten' gem. DIN 18300:2016-09 im Hinblick auf die erstmals anzusetzende Geotechnische Kategorie GK 2. Grundlage ist der Einsatz eines ausreichend starken Baggers zur Bodenlösung.

Nr. n. VOB	Kennwert / Eigenschaft	Homogenbereich Nr. 1
		Gewerke 'Erdarbeiten' + 'Verbauarbeiten'
1	Kornverteilung mit Körnungsbändern	siehe Anlage 3.1 zzgl. Steinanteil
2	Definition von Steinen + Blöcken	<u>Auffüllungen</u> : Schotter (kantig), Kalkstein (abgerundet) <u>Geogenbereich</u> : Fluviatil-Kies (überw. abgerundet)
2a, 2b	Anteil Steine und Blöcke	< 1 %
2c	Anteil große Blöcke	<< 10 %
3	mineral. Zusammensetzung der Steine und Blöcke	v.a. Kalkstein (Schotter), Bauschutt (Füll-Kies)
4	Dichte	$\rho_s = 2,65 - 2,85 \text{ g/cm}^3$ (Korndichte)
5	Kohäsion	$\sim 0 - 5 \text{ kN/m}^2$
6	undrainierte Scherfestigkeit	$\sim 0 - 100 \text{ kN/m}^2$
7	Sensitivität	n.b.
8	Wassergehalt	$\sim 3 - 30 \%$
9	Konsistenz	weich-breig bis steif
10	Konsistenzzahl	$\sim 0,4 - 1,0$
11	Plastizität	gering bis mäßig
12	Plastizitätszahl	$I_p \sim 0,15 - 0,30$ bzw. n.b.
13	Durchlässigkeit	ca. $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$
14	Lagerungsdichte I_D	Sand/Kies $\sim 0,3 - 0,4$
15	Kalkgehalt	gering bis mittel
16	Sulfatgehalt	gering
17	Organischer Anteil	$\sim 1 - 5 \%$
19	Abrasivität	gering
20	Bodengruppen	A,X,GU,GU*,GW,SU,SU*,SE,SW,UL,TL,UM,TM,TA,Zv
21	Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, fluviale Ablagerungen, glaziale Ablagerungen, Löß-Schluff, Verwitterungs-Lehm/-Ton

Tabelle 8a: Kennwerte für Homogenbereich Nr. 1 (Abgrenzung siehe Tabelle 6)

n.b. = nicht bestimmbar

Nr. nach VOB	Kennwert/Eigenschaft	Wertebereich
1	Benennung von Fels	(Ton-)Mergelstein
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 (je nach Zustand)
8a	Trennflächenrichtung	n.b.
8b	Trennflächenabstand	n.b.
8c	Gesteinkörperform	n.b.

Tabelle 8b: Kennwerte für Homogenbereich Nr. 2 (Abgrenzung siehe Tabelle 6)

n.b. = nicht bestimmbar

4. Ingenieurgeologische Angaben zur Bebaubarkeit

Aufgabe war die Durchführung einer ingenieurgeologischen orientierenden Baugrunderkundung und orientierenden Baugrundbeurteilung für das Untersuchungsgebiet im Rahmen einer baugrundtechnischen Erstbewertung. Insbesondere war die Tragfähigkeit der Böden zu erkunden.

Es wurden bislang Aussagen über die Bodenklassen und die bodenmechanischen Kennwerte geliefert.

Abschließend erfolgen nun Hinweisgebungen zur allgemeinen Bebaubarkeit des Untersuchungsgebietes.

Die geplanten Bauvorhaben werden mindestens der **Geotechnische Kategorie 2 (GK 2)** zugeordnet.

Planung: Dem AN liegen Vorabzugs-Pläne der ARQ ARCHITEKEN RINTZ UND QUACK GMBH und SCHOPPE + PARTNER FREIRAUMPLANUNG vor. Detail-Unterlagen zu den einzelnen geplanten Bauteilen oder aktuelle / konkrete Planunterlagen liegen nicht vor. Bei Vorlage von aktuellen Unterlagen zu Einzelbauvorhaben sollten ergänzende, detaillierte Baugrunduntersuchungen durchgeführt werden, um konkrete maßnahmenbezogene Hinweisgebungen aussprechen zu können.

Die hier vorliegenden allgemeinen Baugrunduntersuchungen ersetzen somit keine detaillierten Einzel-Vorhaben/Untersuchungen.

Im Folgenden werden Annahmen basierend auf den vorliegenden Vorabzügen zur höhenmäßigen Gestaltung potentieller Baukörper, sowie zur allgemeinen Gründung von Bodenplatten, Einzel- und Streifenfundamenten getroffen.

Es sei nochmals darauf hinzuweisen, dass Aussagen zur hydrogeologischen Situation und zum Grundwasser (inkl. Wasserhaltung, Bemessungswasserstand, etc.) dem Gutachten des IB SCHMIDT UND PARTNER GMBH zu entnehmen sind.

4.1 Errichtung von Bauteilen

Grundsätzlich sei vorab angemerkt, dass es sich bei dem im Untersuchungsgebiet angetroffenen Untergrund um einen **ortsüblichen Baugrund** handelt, wie er auch an anderen Stellen im Nahbereich bereits festgestellt wurde.

Laut den Vorabzugsplänen werden im überwiegenden Teil der geplanten Bauten voraussichtlich Unterkellerungen bzw. Tiefgaragen geplant. Daher werden Angaben zur Errichtung unterkellerten Bauteile gegeben.

Bezüglich der Errichtung von nichtunterkellerten Bauteilen gehen die Unterzeichner von einer Gründungstiefe von zunächst 0,8 m u.GOK/OKFF aus (Frostfreiheit).

Einteilung des Untersuchungsgebietes: Das untersuchte Gebiet kann auf Grundlage der vorliegenden Bodenverhältnisse vorerst in **drei Bereiche** unterteilt werden.

Bereich A: Im Nordosten (Bereich der BS 1 bis BS 3) liegen unter der oberflächennahen Löß-Schluff-Schicht dicht gelagerte Fluvial-Kiese vor. Darunter folgen die Grundmoräne und fluviatile Ablagerungen (vorwiegend Fluvial-Schluff).

Bereich B: Im Nordwesten sowie im Südosten (Bereich der BS 4, BS 9 und BS 10) stehen unter den Löß-Schluffen glaziale bzw. fluviatile Ablagerungen in Wechselfolgen an. Zur Tiefe hin erfolgt eine Erhöhung der Lagerungsdichte bzw. der Konsistenz.

Bereich C: Im Süden (Bereich der BS 5 bis BS 8) stehen Verwitterungsbildungen des lokalen Festgesteins an. Die OK Fels wird in einer Tiefe i.M. bei ca. 3,90 m u.GOK angenommen. Darüber folgen fluviatile Ablagerung und Löß-Schluffe.

Bodenverhältnisse Nichtunterkellerung: Nach Abschiebung der aufgefüllten Oberböden (Sowieso-Aufwand) stehen generell Füll-Schluffe, Füll-Kiese und Füll-Sande an. Unterhalb der teilweise mächtigen Auffüllungen liegen Löß-Schluffe bzw. im Bereich der BS 4 - BS 6 Fluvial-Schluffe/-Sande vor. Die vorliegenden Böden besitzen aufgrund der teilweise lockeren Lagerungen bzw. der weichen Konsistenzen keine unmittelbare Gründungseignung. Es werden Untergrundverbesserungen nötig.

Bodenverhältnisse Unterkellerung: Im Bereich geplanter Unterkellerungen oder Tiefgaragen (Annahme: ca. 2,80 - 3,80 m u.GOK) stehen in den unterteilten Bereichen unterschiedliche Böden an.

Im Bereich A stehen vorwiegend mitteldicht bis dicht gelagerte Fluvial-Kiese und -Sande an, die für moderate Lasten eine ausreichende Gründungseignung bieten. Bei höher dimensionierten Lasten werden Bodenverbesserungen wahrscheinlich.

Im Bereich B liegen weich-steif konsistente Löß-Schluffe, Fluvial-Schluffe sowie bindige glaziale Ablagerungen vor, die keine unmittelbare Gründungseignung bieten. Es werden bodenverbessernde Maßnahmen nötig.

Im Bereich C liegen auf dem Gründungsniveau geplanter Unterkellerungen/Tiefgaragen steif konsistente Verwitterungs-Lehme vor. Unterhalb der Verwitterungs-Lehme wird die Ok Fels ab ca. 3,90 m u.GOK vermutet. Die hier anstehenden Böden bieten eine gute Eignung zum Lastabtrag. Es werden lediglich lokal geringfügige Untergrundverbesserungen nötig.

Untergrundnässe: Grundwasser konnte in der Mehrzahl der Bohrungen und Grundwassermessstellen angetroffen werden. Es existiert ein Anstiegspotenzial. Maßgebliche hydrogeologischen Aussagen sind dem Gutachten des IB SCHMIDT UND PARTNER GMBH zu entnehmen.

Kurzbeurteilung: Das Untersuchungsareal kann auf Grundlage der festgestellten Bodenverhältnisse vorerst in drei Bereiche unterteilt werden.

Der relevante Untergrund weist projektbezogen eine mäßig ausreichende Gründungseignung für eine Flachgründung auf. Einschränkendes Kriterium stellt die heterogene sowie mäßige Konsistenz bzw. Lagerungsdichte der Böden dar.

- Nichtunterkellerung: Bei einer angedachten Nichtunterkellerung wird generell eine Gründung über eine bewehrte Bodenplatte auf einem ausreichend dimensionierten Schotterpolster oder eine Gründung über umlaufende Streifenfundamente vorgeschlagen. Bei auftretenden höheren Lasten, was im Bereich geplanter 3-4 geschossiger Baugebäude durchaus anzunehmen ist, muss im Detail geklärt werden, ob eine Gründung über eine bewehrte Bodenplatte bzw. Streifenfundamente mit ggf. Fundamenttieferführungen realisierbar ist. Ggf. muss die Gründung über Spezialtiefbau (z.B. mittels Mörtelstopfsäulen) erfolgen, um eine setzungsarme Gründung zu gewährleisten.

- Unterkellerung: Für eine Unterkellerung / Tiefgarage wird eine Plattengründung angedacht. Empfohlen wird eine durchgängige Gründung auf dem mind. mitteldicht-dicht gelagerten Fluvial-Kies (Bereich A), dem mind. steif konsistenten Verwitterungs-Lehm (Bereich C) bzw. den mind. weich-steif bis steif konsistenten Glazial-/Fluvial-Ablagerungen (Bereich B).

Bei hohen Lasten bzw. hohen 'Punktlasten' und/oder in lokalen Schwächezonen (z.B. weiche Lehme, etc.) kann die Erfordernis einer Gründung über zusätzlichen Bodenaustausch, Spezialtiefbau, o.ä. nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Allgemeine Maßnahmenvorschläge:

‘Rodung’ / Baureifmachung: Zunächst sollte vorhandener Baum/Buschbestand in Bereichen geplanter Gebäude gerodet werden. Wurzelballen und Stubben sind vollständig zu entfernen.

Zeitliche Durchführung der Tiefbauarbeiten: Die Auskofferungs- und Erdplanumsarbeiten sollten möglichst während einer trockenen Wetterlage durchgeführt werden, um keine Aufweichungen des Erdplanums und einen daraus resultierenden erhöhten bautechnischen Aufwand betreiben zu müssen.

‘Mutterboden’ / Organikböden: In einem ersten Schritt sind in den Baufeldern und im Bewegungsflächenbereich alle (aufgefüllten) Organikböden (‘Mutterboden’) mit einer Schildraupe oder einem Bagger mit ‘Schneidbestückung’ rückschreitend abziehen.

Wasserhaltung: Angaben zur Wasserhaltung sind dem Gutachten des IB SCHMIDT UND PARTNER GMBH zu entnehmen.

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

Ingenieurgeologische Abnahme: Empfohlen wird eine ingenieurgeologische Begleitung der Erdarbeiten. Im Besonderen sollte eine allgemeine Überprüfung der vorliegenden Bodenverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen erfolgen. Bei Abweichungen von den Untersuchungsergebnissen kann kurzfristig eine Anpassung der zu treffenden Maßnahmen gegeben werden.

Rückbau der bestehenden Gebäude: Die von der jeweiligen Baumaßnahme betroffenen Alt-Gebäude müssen rückgebaut werden. In diesem Zuge sind auch alle Unterflurbauteile (Fundamente, Keller, etc.) vollständig aus dem Baufeld zu entfernen.

Böschchen / Verbau: Verbau nach DIN 4124 bzw. Böschchen unter $\beta = 45^\circ$ für die weichen bindigen Schichten sowie für die Kiese. Sollten Verwitterungsbildungen in steifer-halbfester Konsistenz auftreten, können sie unter $\beta = 60^\circ$ geböscht werden. Der feste Fels kann unter $\beta = 80^\circ$ geböscht werden, sofern ein hierfür geeignetes Trennflächengefüge vorliegt.

Bei einem Abböschchen ist die Verkleidung der Baugrubenwände mit einer windgesicherten Folie als Schutz vor Aufweichungen notwendig. Staunässeerfüllte / wassergesättigte Bereiche dürfen nicht geböscht werden und erfordern einen Verbau nach DIN 4124.

Bei Nichtunterkellerung ist erst ab einer Baugrubentiefe > 1,25 m ein Abböschchen / Verbau der nicht wassergesättigten Böden notwendig.

4.2 Bodenplattenbereich - Nichtunterkellerung

Durchführung 'Untergrundverbesserung': Der anstehende Boden auf Erdplanum der Bodenplatten und der Fahr- und Bewegungsflächen wird nach Abzug der Oberböden in lockeren Lagerungsdichten bzw. weichen Konsistenzen vorliegen und ist in diesem Zustand nicht als unmittelbar tragfähig zu beurteilen.

Eine unmittelbare Nachverdichtung der bindigen Böden ist nicht zulässig. Eine effektive Erhöhung der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz ist nur durch Aufbringen einer 'verdichtungsfähigen Auflage', z.B. eines Kies-Sand-Gemisches bzw. eines Schotters möglich. Bei einer Unterkellerung wird der anstehende Baugrund generell als tragfähig für moderate Lasten beurteilt. Bodenverbesserungen sind dann in geringeren Maße notwendig.

Die Mächtigkeit eines Schotterpolsters muss im Einzelnen für den konkret geplanten Baukörper und vor allem für die konkret auftretenden Lasten ermittelt und angepasst werden.

Massendefizitaufbau: Verbliebene Massendefizite können mit Güteschotter oder einem der weiter unten genannten Alternativmaterialien aufgebaut und auf 100 % Proctordichte verdichtet werden (Materialbeschaffenheit siehe unten).

Die Mächtigkeit einzelner Einbaulagen sollte bei örtlich höherem Massendefizit 30 cm nicht überschreiten.

Außenseitiger Horizontalüberstand: Der Einbau geeigneten Materials muss im außenseitigen Überstandsbereich erfolgen. Der Horizontalüberstand (Außenkante Bodenplatte – OK Abtreppung Auftragsmaterial zur Aussenseite) muss mindestens der späteren Gesamtaufbauhöhe entsprechen.

Wird z.B. örtlich eine Gesamtaufbauhöhe (Massendefizitausgleich + Schotterung) von 70 cm erforderlich, muss auch der Überstand mindestens 70 cm betragen. Das Auftragsmaterial sollte am außenseitigen Ende des Überstandes unter maximal 45° einfallen.

Verdichtungsprüfungen: Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums (Schotterplanum) sollte mittels Verdichtungsüberprüfung

(statische Plattendruckversuche gem. DIN 18134) vor Gründung kontrolliert werden. In Abhängigkeit von den statischen Anforderungen der zu errichtenden Bodenplatten ist ein Verformungsmodul in der üblichen Größenordnung von $E_{v2} = 70 \text{ MPa}$ bis $E_{v2} = > 100 \text{ MPa}$ nachzuweisen.

Bettungsmodul: Es kann bei dieser Art des Unterbaus für das Schotterplanum zunächst ein Bettungsmodul von k_s ca. $5\text{-}10 \text{ MN/m}^3$ angenommen werden. Da der Bettungsmodul anhand der tatsächlich anfallenden Lasten berechnet wird, ist der angegebene Wert lediglich als Einstiegsgroße für statische Berechnungen nach der 'Finite-Elemente-Methode' zu sehen.

Material: Unter Beachtung der zukünftig oberhalb der Auffüllung zu errichtenden Bodenplatte(n) bzw. Stell-/Bewegungsflächen wird zur Vermeidung von späteren Setzungsdifferenzen empfohlen, ein nichtbindiges, raumbeständiges und verdichtungsfähiges Material (Verdichtbarkeitsklasse V1 gem. ZTV-A) zu verwenden.

Das notwendige Aufhöhungsmaterial in den Baufeldern und im Überstandsbereich / Unterbau sollte aus o.g. Gründen aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (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 schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden. Die Schotterverdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100 \%$ erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel zu achten (Schotter: 45°).

In Frage kommen für den Ausgleich eines Massendefizites zwischen OK Bodenverbesserung und UK Schotterpolster für die Bodenplatte z.B. Güteschotter, Vorabsiebungsmaterial, Bankettenmaterial oder Mischungen der vorgenannten Baustoffe.

Das eigentliche Schotterpolster der Bodenplatte hat ausschließlich aus Güteschotter (0/45 HKS) zu bestehen.

Frostsicherheit: Es ist in frostsicherer Tiefe zu gründen ($\geq 0,8 \text{ m u.GOK}$). Bei einer Einzelfundamentgründung muss im randlichen Bodenplattenbereich eine gebäudeumlaufende 'Frostschuttschürze' aus Beton eingebracht werden. Bei Errichtung gebäudeumlaufender 'Streifenfundamente' muss für die Bodenplatte keine spezielle 'Frostschuttschürze' hergestellt werden.

Bei einer Unterkellerung existiert generell eine ausreichende Frostsicherheit.

4.3 Bodenplattenbereich - Unterkellerung

Angeratene Gründungsmaßnahmen:

- Aushub mit 'Schneide / Flachlöffel'. Potenzielle Restmächtigkeiten an organischen Böden sind aufzunehmen.
- Das Aushubplanum sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden. Hierbei muss die Organikfreiheit und die durchgängige Vorlage des mitteldicht bis dicht gelagerten Fluvial-Kies (Bereich A), des steifen Verwitterungs-Lehms (Bereich C) bzw. der weich-steifen bis steifen Glazial-/Fluvial-Ablagerungen (Bereich B) nachgewiesen werden. Potenzielle Aufweichungen sind zu entfernen und durch Schotter zu ersetzen.
- Eine direkte Nachverdichtung bzw. ein Befahren des ungeschützten Erdplanums muss unterbleiben.
- Nach Abnahme des Planums und Einlage eines Geotextils sollte 'vor-Kopf' eine **mind. 30 cm mächtige Schotterlage** (Vorschlag: 0/45 HKS Güteschotter, Beschaffenheit siehe unten) zur Homogenisierung in einer Lage aufgetragen und ordnungsgemäß verdichtet werden.
- Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfungen (Plattendruckversuche) vor Gründung kontrolliert werden (Forderung Gründungsplanum auf OK Schotter: $E_{v2} \geq 70-100 \text{ MN/m}^2$).
- Lagenweise Verfüllen und Verdichten der Arbeitsräume mit geeignetem Material.

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 der Bettungsmodul sich aus der Proportionalität zwischen Sohldruck 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 Tab. 6), das relevante Schichtmodell sowie orientierende Setzungsberechnungen zwecks Erhaltung eines Eingangs-Bettungsmoduls geliefert. Diese Setzungsberechnungen dienen lediglich der Gewinnung eines Eingangs-Bettungsmoduls und müssen durch die FEM spezifiziert werden.

Es 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. 5 - 20 MN/m³ angenommen werden. Da der Bettungsmodul anhand der tatsächlich anfallenden Lasten berechnet wird, ist der angegebene Wert lediglich als Einstiegsgröße für die weiteren statischen Berechnungen nach der 'Finite-Elemente-Methode' zu sehen.

Material: Der angeratene Bodenplatten-Unterbau sowie potenzielle Massende-
fizitaufbaue sollte 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 quell- oder schrumpffähiges Material verwendet werden. Die Verdichtung
sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100 \%$ erfolgen. Es ist auf den Druck-
ausbreitungswinkel zu achten (45°). Die maximale Lagenmächtigkeit sollte 30 cm
nicht übersteigen.

Ingenieurgeologische Abnahme: Nach Freilegung des Erdplanums sollte eine
ingenieurgeologische Abnahme erfolgen, um die exakten Bodenverhältnisse abzuneh-
men sowie die vorgeschlagenen Gründungsmaßnahmen den konkreten Verhältnissen
anzupassen. Im Besonderen ist die Organikfreiheit zu überprüfen. Bei der Ausführung
der Gründungsarbeiten sind die örtlichen Baugrundverhältnisse auf Übereinstimmung
mit den Voruntersuchungen zu überprüfen.

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

Trockenhaltung der Bauwerke: Aufgrund einer vermutlich periodischen bis
permanenten Grundwasser-Beeinflussung des KG ('drückendes Wasser von außen',
abhängig vom tatsächlichen Bemessungswasserstand) 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).

Von Seiten der Statik sollte für das KG die Gefahr von Auftrieb ermittelt und eine
ausreichende Auftriebssicherheit berücksichtigt werden.

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

Frostsicherheit: Bei einer Unterkellerung existiert eine ausreichende Frostsicherheit.

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden / Geländeanfüllung: Die Oberböden sowie sonstige organische und bindige Böden 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 nachgearbeitet werden müssen.

4.4 Fundamentbereich - Nichtunterkellerung

Gründung Einzel- und Streifenfundamente: Bei der Ausführung der Fundamente ist zu beachten, dass unterhalb der Bodenplatte zunächst das eigentliche Schotterpolster ansteht, welches ggf. von weiteren Ausgleichsmassen unterlagert wird.

In Abhängigkeit der (planerischerseits/statischerseits) festzulegenden Fundamentabmessungen verbleiben damit mehr oder weniger große Restmächtigkeiten dieses qualifizierten Aufbaus unterhalb eines Fundamentes, die für einen Lastabtrag genutzt werden könnten.

Ob in Abhängigkeit der jeweiligen Randbedingungen ausreichende Gründungsbedingungen vorliegen, um z.B. auf ergänzende Gründungsmaßnahmen wie ein Schotterpolster oder ggf. zusätzlichen Spezialtiefbau verzichten zu können, kann im Rahmen dieses Gutachtens nicht detailliert beantwortet werden und muss bei fortgeschrittener Planung im Detail überprüft werden.

Die weiteren Ausführungen beschränken sich daher auf die Betrachtung des Positivfalles (siehe a) und des Negativfalles (siehe b).

a) Die Randbedingungen erlauben eine Gründung innerhalb der vorhandenen Geländehöhen.

In diesem Fall werden nur geringe Nacharbeiten notwendig.

- Der Aushub der Fundamentgruben erfolgt mittels Bagger von OK Schotter aus direkt bis UK Fundament (+ ggf. zusätzliche Sauberkeitsschicht).
- Die Ausschachtung sollte mit 'Schneidbestückung' erfolgen, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden.
- Ein zusätzlicher Lastabtragswinkel muss nicht beachtet werden. Ebenso werden weitgehend keine Schalungsarbeiten erforderlich, da gegen Erdschalung betoniert werden kann.
- Nach Aushub sind Auflockerungen der Fundamentsohlen aufzunehmen und das Fundament zu errichten.

b) Die Randbedingungen erlauben keine Gründung innerhalb der vorhandenen Geländehöhen.

In diesem Fall werden bei herkömmlichen Fundamentlasten Nacharbeiten notwendig und betreffen den Einbau eines lastverteilenden/homogenisierenden Schotterpolsters, dessen genaue Mächtigkeit einzelfallbezogen zu ermitteln wäre.

4.5 Spezialtiefbau

Eine Gründung über Spezialtiefbau ist bei den vorliegenden Untergrundverhältnissen und bei wahrscheinlich erhöhten auftretenden Lasten nicht auszuschließen.

Neben ‚klassischen‘ Bohrpfählen o.ä. wird im Folgenden bei den wahrscheinlich erhöhten Lasten eine Baugrundverbesserung über z.B. Mörtelstopfsäulen (z.B. sog. ‚FSS-Säulen‘ Fertigmörtelstopfsäulen) beschrieben.

Die Mörtelstopfsäulen-Variante sollte im Rahmen einer bautechnisch-rechnerischen Vorprüfung durch einen Spezialtiefbauer beurteilt werden.

Die Einbringung einer Mörtelstopfsäulen-Baugrundverbesserung ist im Bereich nicht ausreichender Untergrundverhältnisse und erhöhten Lasten besonders in den Bereichen A und B einzukalkulieren.

Vorteile für verdrängende Mörtelstopfsäulen:

- verdrängendes Verfahren ($\pm$ kein[e] Bohrgut/Entsorgung)
- ‚selbsterkennendes System‘ (bis erforderliche Tiefe)
- schnelle Ausführung (erfahrungsgemäß wenige Tage)
- kein Bohrgut/ kein Aushub/ keine zusätzliche Wasserhaltung
- Säulen-Raster an Plan/Lasten/Höhen/Gründung anpassbar
- vergleichsweise wirtschaftliche Tiefgründung / Spezialtiefbau
- Unterschied zum Rüttelstopfsäulen-System: Mörtel-/Beton-Zugabe
- ‚pfahlähnliches Gründungselement‘

Weitere alternative Gründungsvorschläge für eine spezialtiefbautechnische Tief-Gründung können bei Bedarf geliefert werden, wobei dann die jeweilige Eignung und Machbarkeit überprüft werden muss.

Der Vollständigkeit halber sei hier weiterhin lediglich namentlich folgendes Spezialtiefbau-System genannt:

- (verdrängende) Schneckenbohrpfähle

Nachfolgend erfolgen Hinweisgebungen zum Verfahren FSS-Säulen

Vorab sollten intensive Abstimmungsgespräche zwischen dem Bauherrn/AG, dem Planer, dem Statiker, dem Baugrundgutachter und dem Spezialtiefbauer erfolgen.

Hinsichtlich des bautechnischen Ablaufes sollte im vorliegenden Fall zunächst ein ‚Arbeitsplanum‘ für die Baumaschinen hergestellt werden.

1. Erstellung ‚Arbeitsplanum‘
2. Mörtelstopfsäulen-Einbringung
3. Nacharbeiten + Nachverdichtung des Säulen-‚Arbeitsplanums‘
4. Aufbau bzw. Einbau + Verdichtung ‚obere 0/45-HKS-Schotterlage‘

Die Existenz einer ausreichend dimensionierten bauzeitlichen Baugruben-Rampe für das Bohrgerät wird vorausgesetzt.

Darüber hinaus kann die Säulen-Einbringung alternativ ggf. auch von einer höheren Zwischenebene angedacht werden. Details hierzu müssten noch abgestimmt werden.

Anpassung der Statik: Von großer Wichtigkeit ist die Anpassung der Statik an die Lastabtragsbedingungen. Mittels einer an die Mörtelstopfsäulen Baugrundverbesserung angepassten Statik und einer dementsprechend angepassten Fundamentausbildung kann die Zahl der Gründungselemente (Säulen oder Pfähle) auf das notwendige Mindestmaß reduziert werden.

In diesem Zuge sollte auch geklärt werden, ob eine Gründung über eine (ggf. voutenverstärkte) Bodenplatte realisiert werden kann, da hierdurch die Herstellung eines höhenmäßig einheitlichen Gründungsniveaus möglich ist.

Laut genereller Angabe eines Spezialtiefbauers können Mörtelstopfsäulen ohne ‚Rost‘ nach den statischen Erfordernissen auch unmittelbar unterhalb der Fundamente sowie bei höheren Lasten auch im Bodenplattenbereich auch unterhalb von Bodenplatten positioniert werden.

Der Übergang OK Säule - UK Fundament sollte mit dem Säulenaufsteller detailgeklärt werden.

Anpassungen an unterschiedliche Lasten oder Geometrien von Gründungskörpern können über Anzahl und Verteilung der einzubringenden Mörtelstopfsäulen gesteuert werden.

Die Gesamtsetzungen der Säulen sollten rechnerisch 2 cm nicht übersteigen und die Setzungsunterschiede ≤ 1 cm betragen. Mit einer entsprechenden Anzahl an Gründungselementen kann eine Setzung von ca. ≤ 1 cm realisiert werden.

Es handelt sich bei den Mörtelstopfsäulen – ähnlich wie bei Kies-Rüttelstopfsäulen – um sog. ‚selbsterkennende Systeme‘, welche indirekt die ausreichende Tragfähigkeit aufzeigen.

Wichtig ist die Erstellung der sog. ‚Herstell-Berichte/-Protokolle‘ für jede Säule.

Es muss aufgrund nicht vollständig auszuschließender potenzieller Widerstände mit Abbruch und Umsetzung oder Lösungsarbeit durch Vorbohren o.ä. gerechnet werden. Entsprechende Positionen sind im Leistungsverzeichnis zu berücksichtigen.

Bei Einbringung von Stopf-Säulen sind bestandsbeeinflussende bzw. -schädigende Vibrationen dringend zu vermeiden.

Es ist somit auf Einhaltung eines systembedingt ausreichenden Mindestabstandes zum Bestand zu achten.

Aus der Projekterfahrung sollte bei Kies-Untergrund grundsätzlich ein Abstand von mind. 5 m eingehalten werden.

U.u. sind auch unkritische Abstände zum Bestand von ggf. < 2 m möglich. Weitere Details sind beim Spezialtiefbauer zu erfragen.

Es wird orientierend von einer 'Stopflänge' von ca. 5-7 m ausgegangen, die erfahrungsgemäß bei mäßig hohen bis erhöhten Lasten geeignet ist, diese homogen in den Untergrund einzuleiten. In Abstimmung mit dem Bauherrn/AG und Planer ist je nach anfallenden Lasten eine bauteilspezifische Rasterung zu erstellen.

Neben den aufgeführten Kosten kommen ergänzend Kosten für die geotechnische Abstimmung und Vermessung hinzu. Die entsprechenden Abstimmungen können bei Vorlage des Bodengutachtens und der Lastpläne durchgeführt werden.

Es muss ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die ausführende Spezialtiefbaufirma die Gewährleistung hinsichtlich der Tragfähigkeit und der bauwerksvertraglichen Setzungen übernehmen muss.

Weiterhin sollte Sie Referenzen für die vorliegenden Böden aufweisen können.

Grundwasser-Beeinflussung / Betonaggressivität:

Hinzuweisen ist darauf, dass die Säulen wahrscheinlich permanent/periodisch unter Grundwasser-Einfluss stehen. Für die hier empfohlenen Mörtelstopfsäulen sowie für Schnecken-, Betonbohr-, Betonrammpfähle werden grundsätzlich vorlaufende Analysen des Grundwassers auf den Parameterumfang 'Betonaggressivität' zwecks Ermittlung des Angriffsgrades nach DIN 4030 erforderlich, um über die Wahl und Menge ggf. erforderlicher Beton-Zuschlagsstoffe entscheiden zu können.

Nur bei reinen 'Kies-Säulen' ist diesbezüglich nicht von einschränkenden bzw. negativ beeinflussenden Faktoren für die Säulen auszugehen.

Voraussetzungen für Spezialtiefbauer:

Im Folgenden wird eine „Checkliste“ – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – für die spezialtiefbautechnische Errichtung der Mörtelstopfsäulen (bzw. der ‚Tiefgründung‘ allgemein) angegeben:

- Verkehrsicherung / Baustellensicherung
- ausreichende Einrichtungsfläche, Schotterung (ggf. *abschließbarer* Lagerplatz; auch: *standsichere* Material-Stellfläche)
- teilweise: Erdarbeiten bauseits
- mit Schwergewicht befahrbare Arbeitsebene
- freie Arbeitshöhe / freie Durchfahrtshöhe
- Wasser- und Stromanschlüsse (Baustrom, Kraftstrom, Bauwasser, etc.)
- Kabelpläne, Leitungsfreiheit, Ver-/Umlegen von Leitungen oder Stilllegung, etc.
- bescheinigte Kampfmittelfreiheit
- schriftliche Freigabe, ggf. Freigabe vom Prüfenieur
- Beseitigung von Bewuchs und Verunreinigungen/Kontaminationen (auch diesbezügliche Arbeitsschutzmaßnahmen)
- Beseitigung von Bohr-/Verdrängungsgut, Überschussbeton, Abkapp-Beton, etc.
- ggf. Kappen von Pfahl-/Säulen-Köpfen
- Nachverdichtung / Begradigung der AE-Flächen nach Spezialtiefbauer-Arbeiten
- Ermittlung der Grundwasser-Betonaggressivität (s.o.)
- ggf. Beweissicherungsverfahren bauseits
- ggf. Entfernung von Hindernissen
- ggf. Bohren in hindernisfreien Böden
- ggf. Bestandspläne benachbarter u.U. beeinflusster Gebäude
- ggf. Einmessen und Markieren der Bohrpfahl-Ansatzpunkte (lage- + höhenmäßig)
- Bei Bedarf können Adressen/Kontakte für Spezialtiefbauunternehmen genannt werden.

4.6 Straßenbau / Stellflächen

Die geplanten Straßen bzw. Stell-/Bewegungsflächen werden nach der aktuellen Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen – Ausgabe 2012' (RStO 12) als herkömmliche **Anliegerstraße** bzw. als **Wohnweg** aller Wahrscheinlichkeit der **Belastungsklasse Bk0,3** zugeordnet.

Sollte die Einstufung der Belastungsklasse nicht zutreffen, wird um Rückmeldung zwecks Empfehlungsanpassung gebeten.

Die Oberflächenbefestigung der Fahrstraße wird in Schwarzdeckenbauweise angenommen.

Bei diesbezüglichen Planungsänderungen wird um Mitteilung gebeten, um die folgenden Hinweisgebungen aktualisieren/anzupassen zu können.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Geländeuntersuchungen mit den Sollwerten nach RStO12 (gem. Belastungsklasse Bk0,3 für die Fahrwege) verglichen und bewertet (Tabelle 8).

Verhältnisse auf Planum: Das aufgefüllte bzw. geogene Erdplanum führt deutliche bzw. prägende bindige Anteile und muss in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 ('sehr frostempfindlich') eingestuft werden. Nach der ZTVE-StB 09 sind Frostschutzmaßnahmen grundsätzlich erforderlich. **Ausgangswert ist eine Stärke des frostsicheren Oberbaus von 50 cm** im Bereich der Fahrstraße.

Mehr-/Minderdicken gem. Tabelle 7 RStO 12: Das Areal wird in die Frosteinwirkungszone I gestellt. Es ergibt sich keine Notwendigkeit einer diesbezüglichen 'Mehrdicke'. Kleinräumige Klimaunterschiede werden nicht berücksichtigt.

Nach den 'Wasserverhältnissen im Untergrund' ergibt sich nach der RStO 12 eine Notwendigkeit des Zuschlags einer 'Mehrdicke' von 5 cm, da 'Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum' anzunehmen ist.

Hinsichtlich der Lage der Gradienten ergeben sich keine Mehr-/Minderdicken.

Es wird davon ausgegangen, dass Entwässerungseinrichtungen (über Abläufe und Rohrleitungen) bei der Planung der Straßenbaumaßnahme berücksichtigt werden. Diesbezüglich kann eine Minderdicke geltend gemacht werden.

Faktor	Mehr-/Minderdicke
Frosteinwirkungszone I	+/- 0 cm
‘Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum’	+ 5 cm
Entwässerungseinrichtungen Abläufe / Rohrleitungen	- 5 cm
Summe Mehr-/Minderdicken	+/- 0 cm

Tabelle 9: Mehr-/Minderdicken nach RStO 12

Die Dicke des frostsicheren Straßenaufbaus muss, vorbehaltlich örtlicher Erfahrungswerte, nach der RStO 12 folgende Mindeststärke aufweisen, wobei die g.g. Mehr-/Minderdicken bereits eingerechnet ist.

- **Fahrstraße Bk0,3: 50 cm**

4.7 Hinweise zur Errichtung im Vollausbau (Straßenbau)

Zeitliche Durchführung: Es wird angeraten, die Arbeiten in einer erfahrungsgemäß trockenen Witterungsperiode durchzuführen, um hinsichtlich möglicher Aufweichungen des Erdplanums keinen erhöhten bautechnischen Aufwand betreiben zu müssen.

Beweissicherungsverfahren: Aufgrund der randlichen Wohnbebauung wird zur Vermeidung möglicher rechtlicher Auseinandersetzungen die Durchführung eines vorlaufenden Beweissicherungsverfahrens angeraten (nach DIN 4107 und 4123).

Errichtung / Straßenaufbau: In einem ersten Schritt sollten vorhandene Schwarzdecken des Trassenbereiches gelöst und separiert werden. In einem nächsten Schritt sind die vorhandenen Auffüllungen und Böden bis auf ca. 0,50 m u. GOK auszukoffern.

Nach Auskoffern bis auf die nach Belastungsklasse benötigte Tiefe ist das Erdplanum ergänzend auf relevante organische Anteile und auf Lehm-Konsistenzen (Erdplanums-Kontrollen s.u.) zu kontrollieren. Die Kontrolle des Erdplanums sollte im Rahmen einer ingenieurgeologischen Abnahme durch das IB KLEEGRÄFE erfolgen.

Der weitere Oberbau-Aufbau der Verkehrsflächen hat nach der ‘Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen’ (RStO 12) zu erfolgen.

Material: Das Mineralgemisch / Material der Untergrundverbesserung ('Schotter') sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen. 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 schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden. Die Schotterverdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100 \%$ erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel zu achten (Schotter: 45°). Die Einbaustärke einzelner Lagen sollte 30 cm nicht überschreiten.

Geotextil: In den Bereichen der Trasse in denen aufgrund von bindigen Böden auf Erdplanumsniveau eine Untergrundverbesserung nötig werden sollte, sollte vor dem Einbringen des Mineralgemisches ein Geotextil aufgelegt werden (Überlappung: 20-30 cm, seitlicher Überstand: 50 cm).

Sinnvoll erscheint der Einbau eines Geotextils der Geotextilrobustheitsklasse GRK 3 (mechanisch verfestigt, Flächengewicht $> 150 \text{ g/m}^2$; Stempeldurchdruckkraft $> 1,5 \text{ kN}$). Wenn keine Untergrundverbesserung nötig ist, wird dennoch zur Auflegung eines Geotextils auf Erdplanum angeraten.

Verdichtungsüberprüfungen und Unterbauverbesserung: Auf dem Erd- und Schotterplanum sollten die je nach RStO 12-Bauweise geforderten Verformungsmodul durch statische Verdichtungsüberprüfungen (statische Lastplattendruckversuche gem. DIN 18 134) nachgewiesen werden.

Die RStO 12 setzt auf dem Erdplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ voraus. Auf den bindigen Erdplanumsböden ist davon auszugehen, dass vorgenannter Verformungsmodul weitestgehend nicht erreicht werden kann.

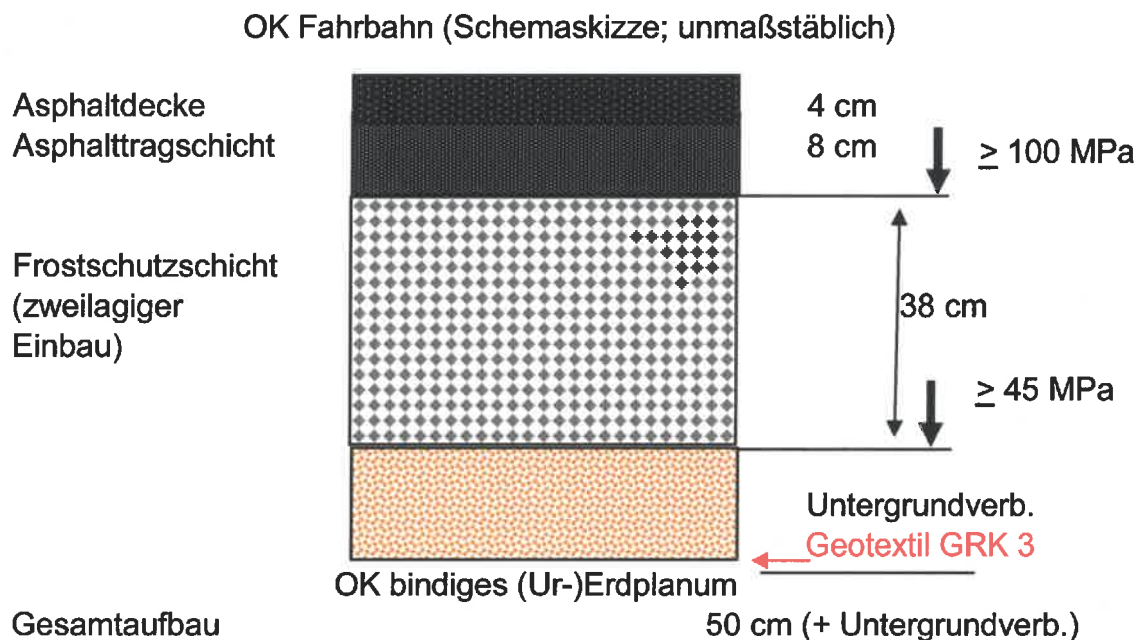
Untergrundverbesserungen sollten daher vorab grundsätzlich für zunächst 100 % der Gesamtrasse einkalkuliert werden.

Die vorzunehmenden Verbesserungen sind abhängig von den tatsächlichen Verhältnissen auf Erdplanum. Details sind durch ingenieurgeologische Abnahmen vor-Ort festzulegen.

Verformungsmodul auf Schotterplanum: Auf dem Schotterplanum der Fahrstraße wird nach der RStO 12 ein Verformungsmodul von mindestens $E_{v2} = 100 \text{ MPa}$ (Belastungsklasse Bk0,3) gefordert. Die Verformungsmodul-Forderungen der RStO 12 sollten mittels statischen Lastplattendruckversuchen (gem. DIN 18 134:2012-04) flächendeckend auf dem Schotterplanum nachgewiesen werden.

Ausführung des Oberbaus: Ein möglicher Aufbau - ohne konkrete Untergrundverbesserung - ist nachfolgend für die angenommene Belastungsklasse unmaßstäblich skizziert (nach RStO 12 Tafel 1, Zeile 1):

Belastungsklasse Bk0,3



Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: Der Großteil des anfallenden Aushubs (bindige und/oder organische Böden) ist – ohne vorherige Bodenbehandlung – nicht in lastabtragenden Bereichen wiedereinbaufähig. Die bindigen oder organischen Böden erreichen nicht die erforderliche Proctordichte von $d_{pr} \geq 95 \%$ und es sind Verformungsmodul $E_{v2} \leq 45 \text{ MPa}$ zu erwarten. Demnach werden die Verdichtungsanforderungen nach ZTVE-StB 09 für einen (bindigen) Boden als Planum (für Fahrwege) nicht erfüllt.

In Bereichen zukünftiger Straßen-/Wegennutzung sowie setzungsempfindlichen Bereichen sollte daher ein verdichtungsfähiges Mineralgemisch (z.B. HKS 0/45, s.o.) anstelle der g.g. Böden eingebaut werden.

5. Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:2.000)
- Anlage 2.1-2.3: Schichtendarstellung / Rammdiagramme
- Anlage 3.1-3.2: Korngrößenanalyse (Kornsummenkurve)
- Anlage 4.1: Wassergehaltsbestimmung
- Anlage 5.1-5.3: Zustandsgrenzenbestimmung
- Anlage 6.1: Fotodokumentation

Kleegräfe
- Geotechnik GmbH -

Dipl.-Ing. (FH) J. Kleegräfe
(Beratender Geowissenschaftler BDG / Geschäftsführer)

T. Töpfer
(M. Sc. Geowiss.)



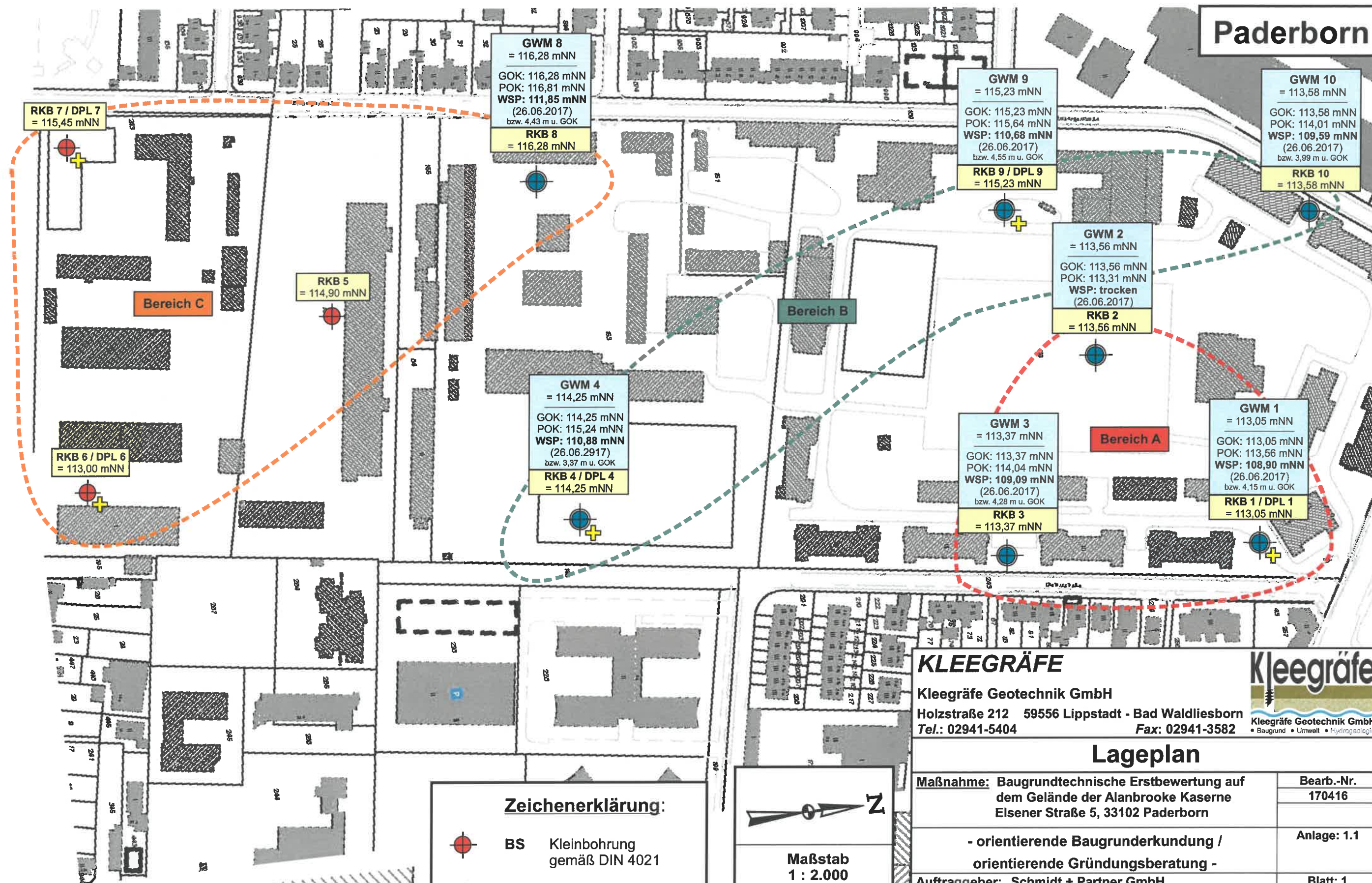
Verteiler: SCHMIDT UND PARTNER GMBH
Osningstraße 75, 33605 Bielefeld

(2 x + pdf)

ANLAGE 1.1

Lageplan (1:2.000)

Paderborn



Die GW-Stände beziehen sich auf die Abstichsmessung vom 26.06.2017

Zeichenerklärung:

- BS** Kleinbohrung gemäß DIN 4021
- DPL** Rammsondierung gemäß DIN 4094



Maßstab
1 : 2.000
20,0 m

KLEEGRÄFE

Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212 59556 Lippstadt - Bad Waldliesborn

Tel.: 02941-5404

Fax: 02941-3582



Kleegegräfe Geotechnik GmbH
• Baugrund • Umwelt • Hydrogeologie

Lageplan

Maßnahme: Baugrundtechnische Erstbewertung auf dem Gelände der Alanbrooke Kaserne
Elsener Straße 5, 33102 Paderborn

- orientierende Baugrunderkundung /
orientierende Gründungsberatung -

Auftraggeber: Schmidt + Partner GmbH
Osningstraße 75
33605 Bielefeld

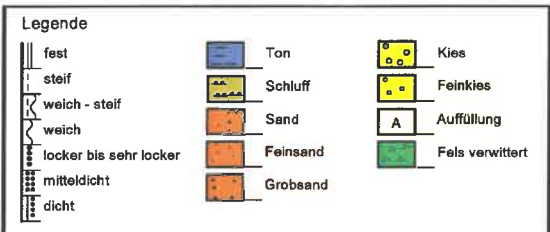
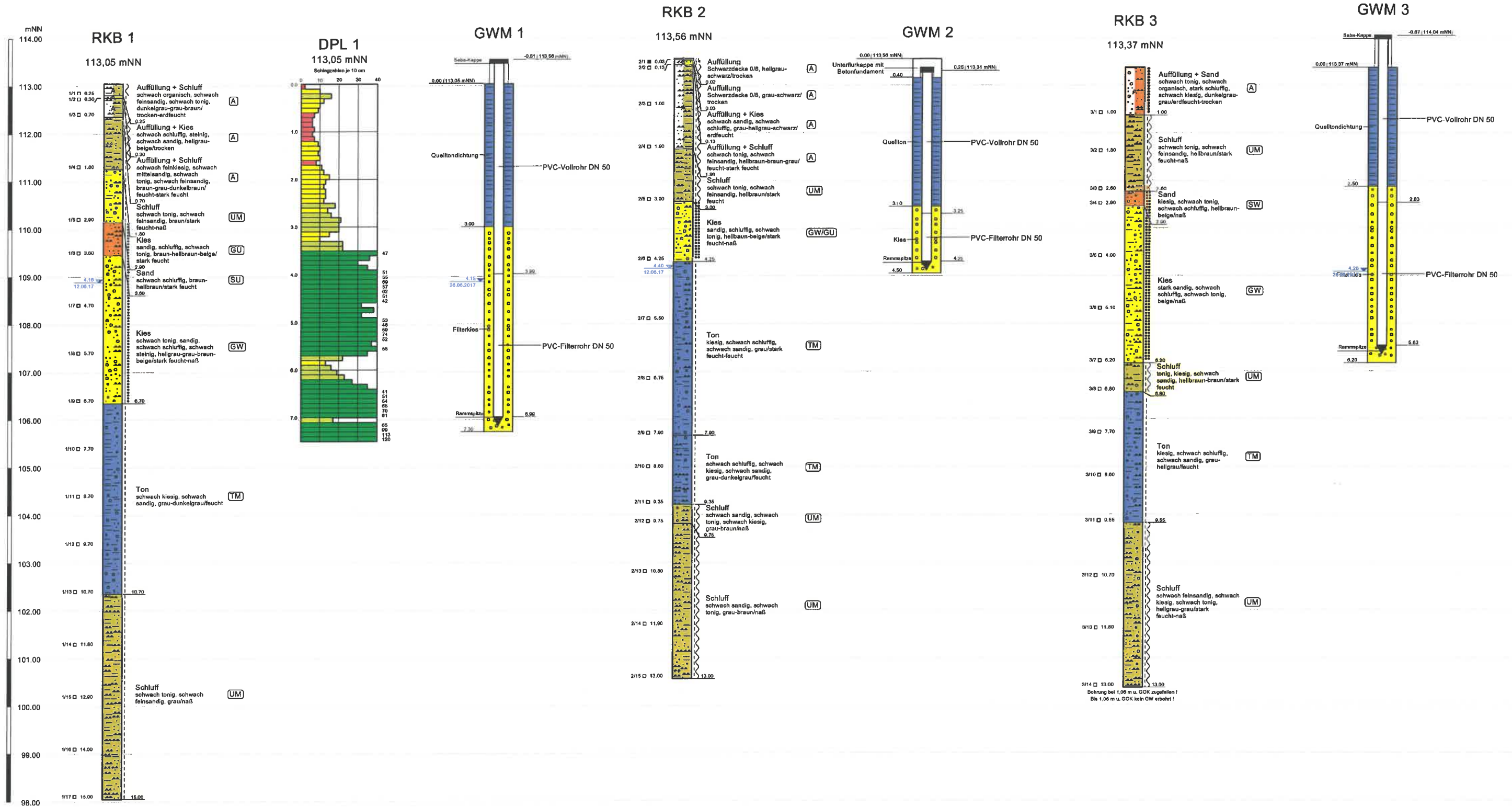
Bearb.-Nr.
170416

Anlage: 1.1

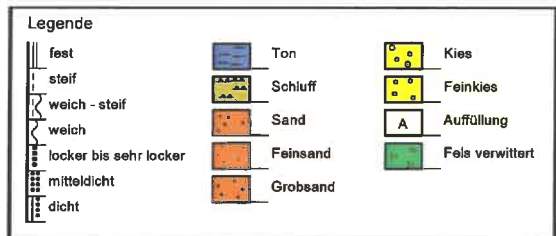
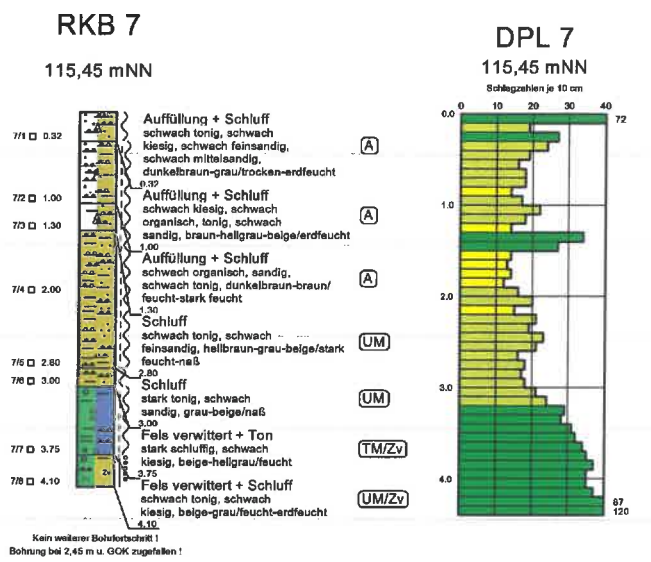
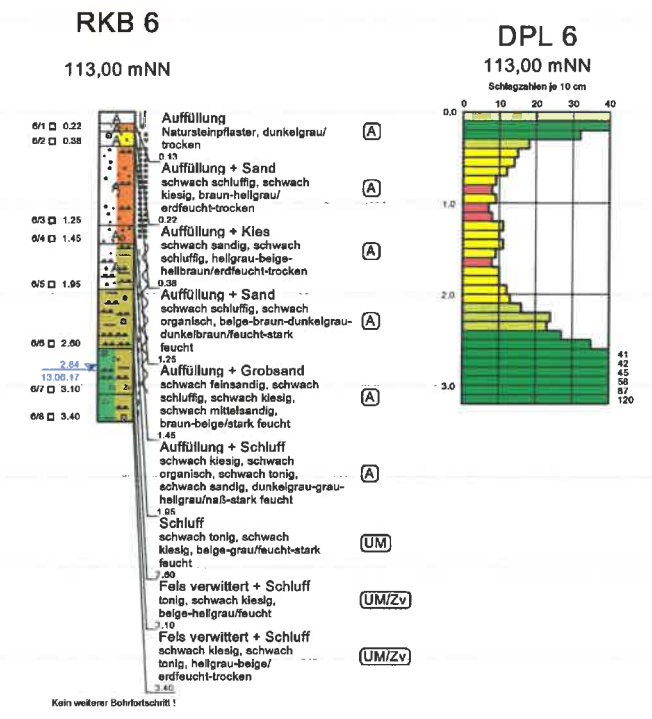
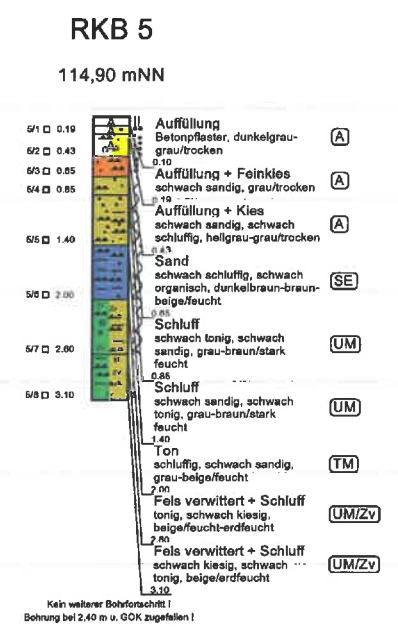
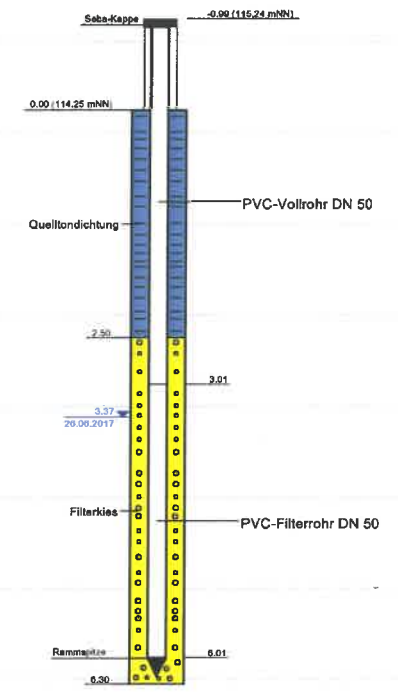
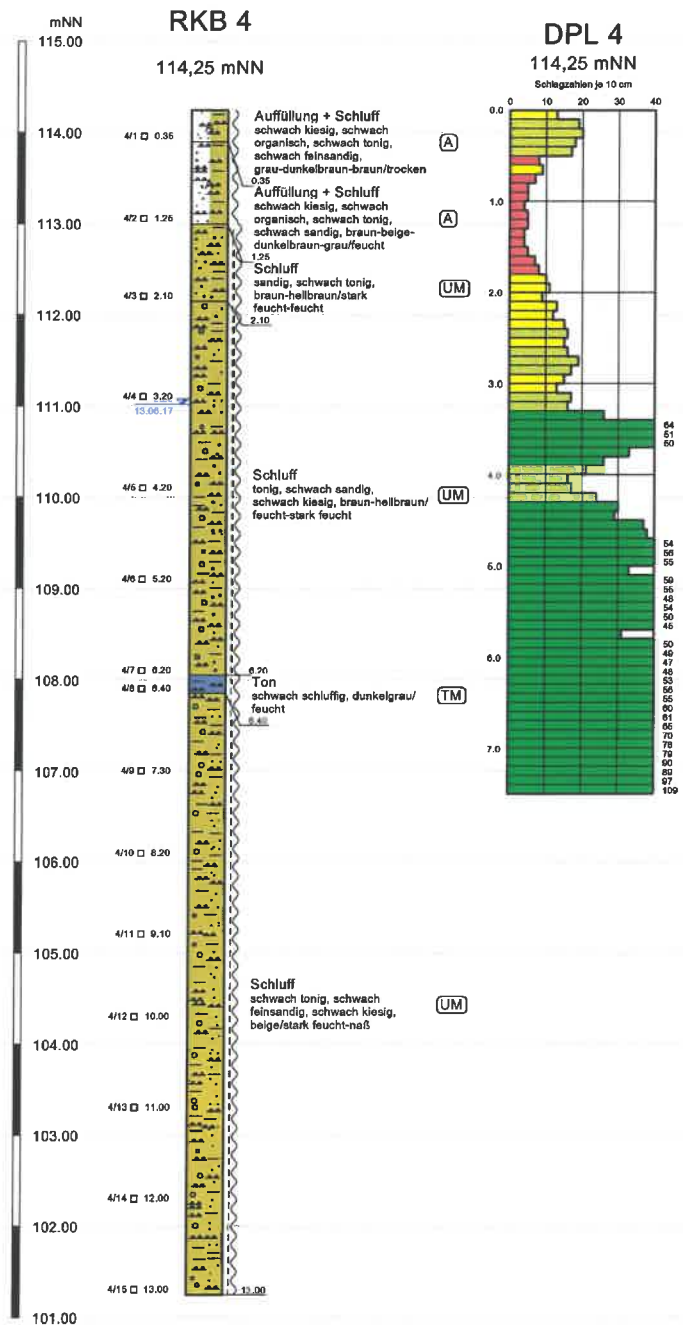
Blatt: 1
Juni 2017
Klee/Toe
M. 1 : 2.000

ANLAGE 2.1 – 2.3

Schichtendarstellung / Rammdiagramme



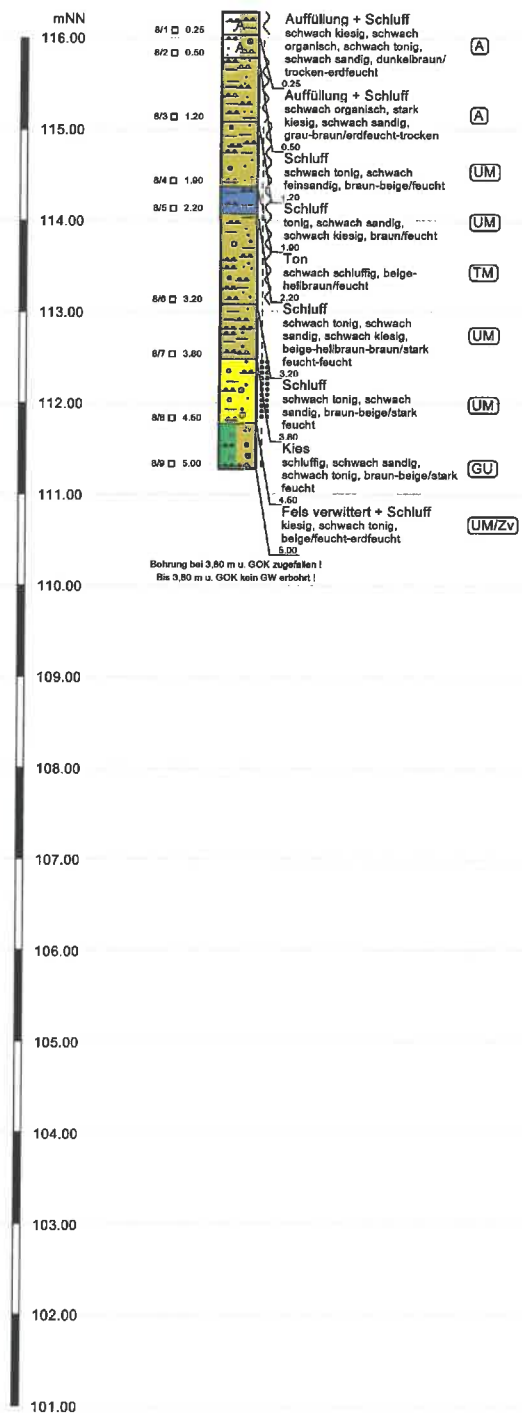
KLEEGRÄFE KleeGräfe Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582	
Schichtendarstellung	
Maßnahme: Baugrundtechnische Erstbewertung auf dem Gelände der Alanbrooke Kaserne Elsener Straße 5, 33102 Paderborn	Bearb.-Nr. 170416 Anlage 2.1
- orientierende Baugrunderkundung / orientierende Gründungsberatung -	Geologe: Herr Schulte
Auftraggeber: Schmidt + Partner GmbH Osningstraße 75 33605 Bielefeld	Datum: Juni 2017



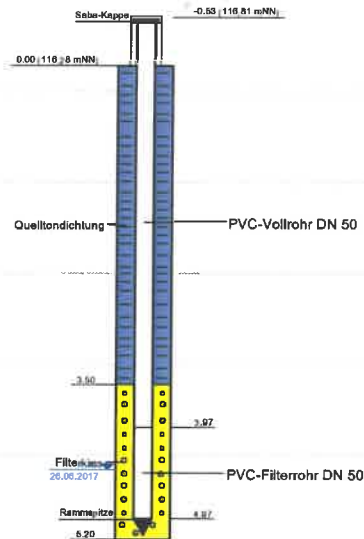
KLEEGRÄFE KleeGräfe Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582	
Schichtendarstellung	
Maßnahme: Baugrundtechnische Erstbewertung auf dem Gelände der Alanbrooke Kaserne Eisener Straße 5, 33102 Paderborn	Bearb.-Nr. 170416 Anlage 2.2
- orientierende Baugrunderkundung / orientierende Gründungsberatung -	Geologe: Herr Schulte
Auftraggeber: Schmidt + Partner GmbH Osningstraße 75 33605 Bielefeld	Datum: Juni 2017

RKB 8

116,28 mNN

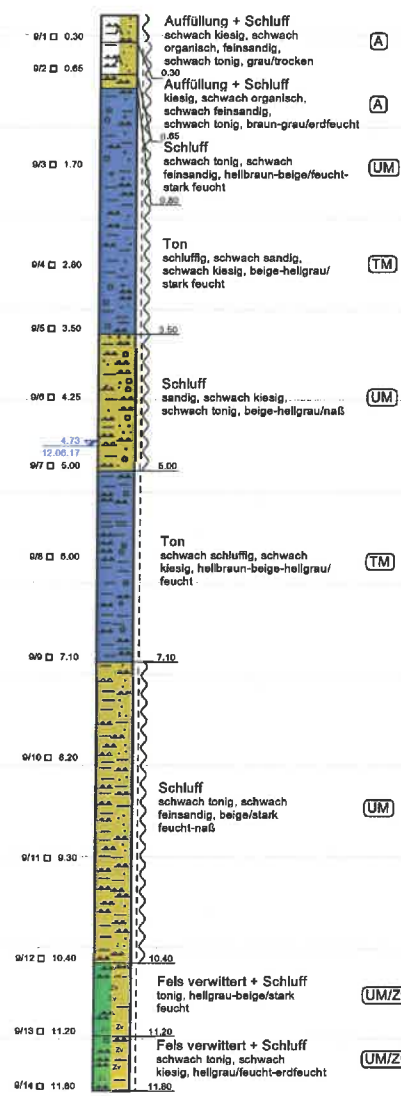


GWM 8



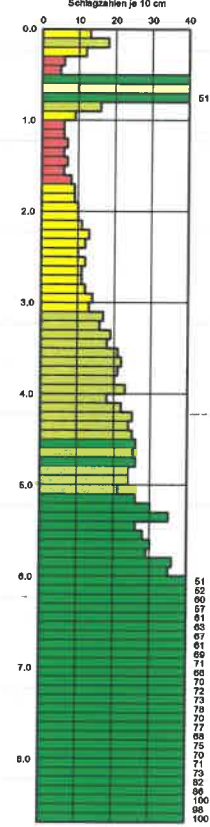
RKB 9

115,23 mNN

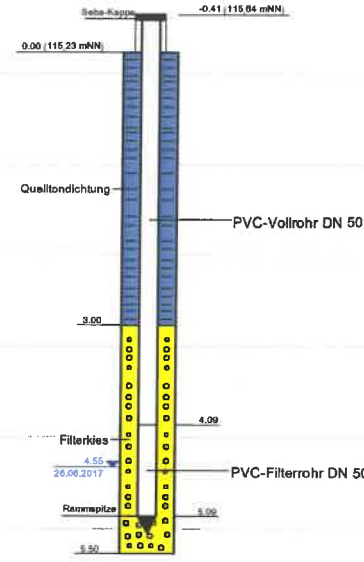


DPL 9

115,23 mNN

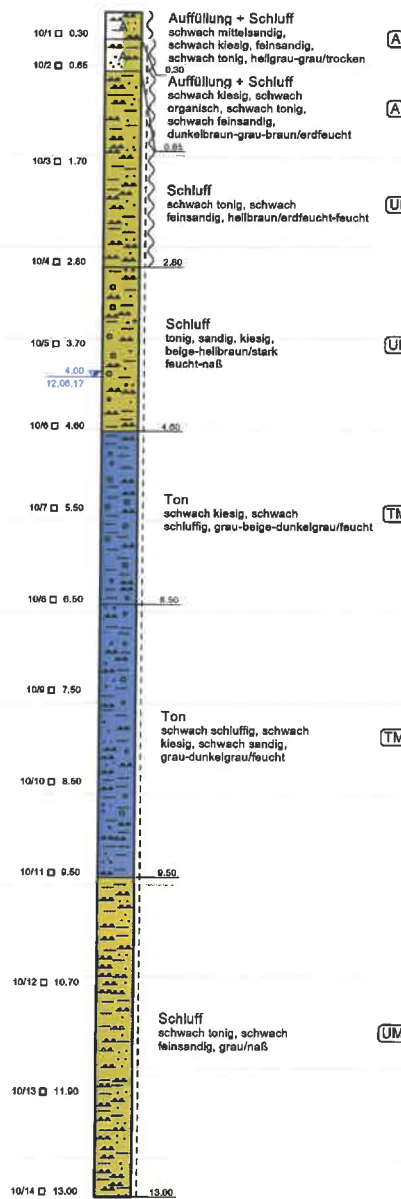


GWM 9

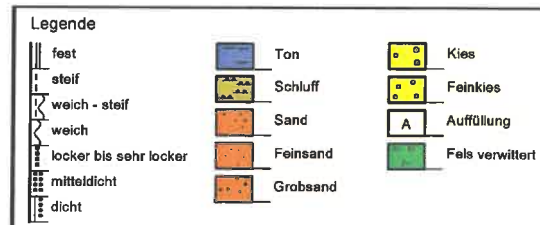
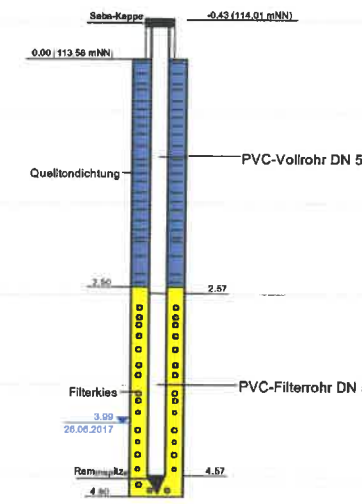


RKB 10

113,58 mNN



GWM 10



KLEEGRÄFE

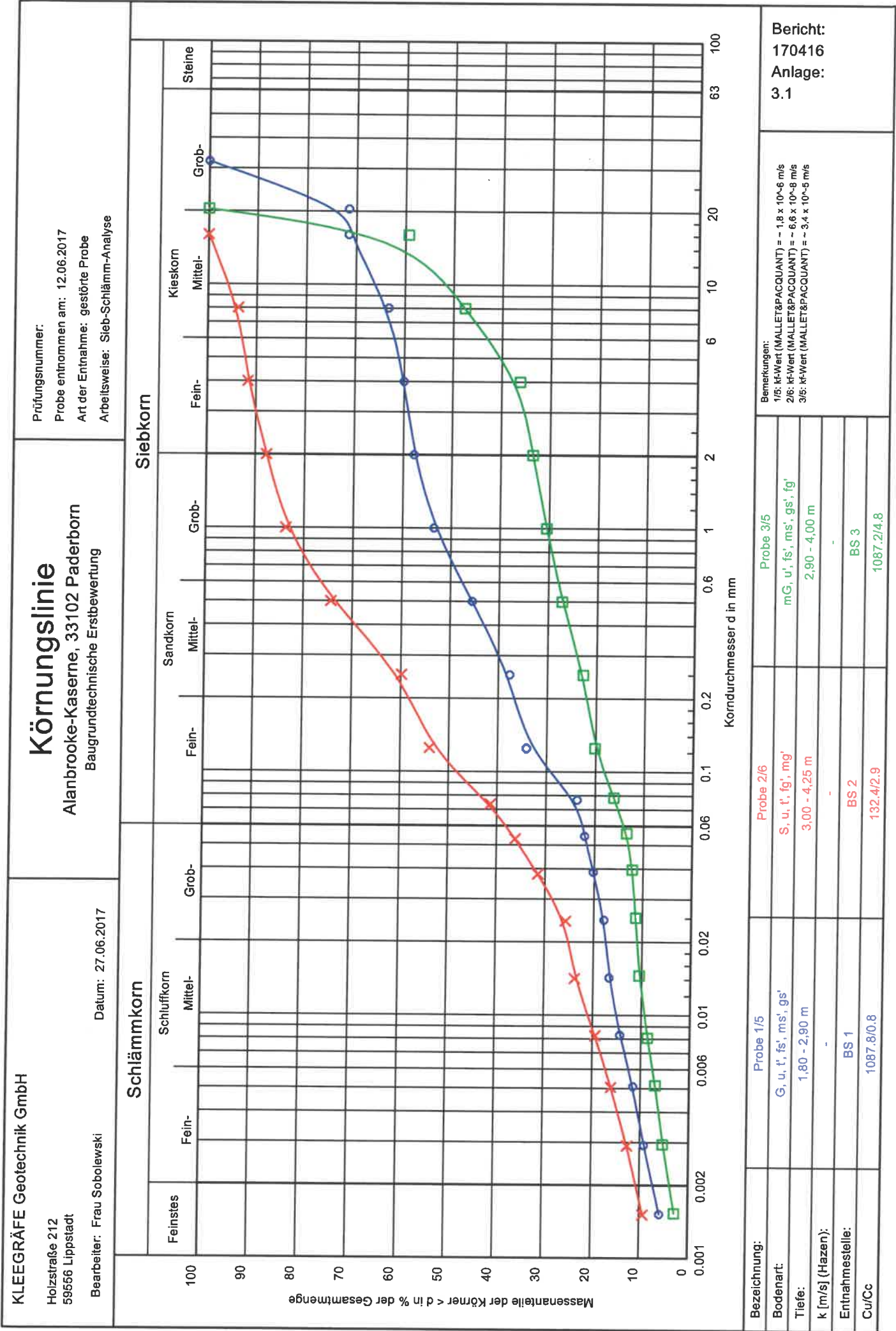
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212 59556 Lippstadt
Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Baugrund - Umwelt - Hydrogeologie

Schichtendarstellung	
Maßnahme: Baugrundtechnische Erstbewertung auf dem Gelände der Alanbrooke Kaserne Elsener Straße 5, 33102 Paderborn	Bearb.-Nr. 170416
- orientierende Baugrunderkundung / orientierende Gründungsberatung -	Anlage 2.3
Auftraggeber: Schmidt + Partner GmbH Osningstraße 75 33605 Bielefeld	Geologe: Herr Schulte
	Datum: Juni 2017

ANLAGE 3.1 – 3.2

Korngrößenanalyse (Kornsummenkurve)



Bemerkungen:
1/5: kf-Wert (MALLET&PACQUANT) = $\sim 1,8 \times 10^{-6}$ m/s
2/6: kf-Wert (MALLET&PACQUANT) = $\sim 6,6 \times 10^{-8}$ m/s
3/5: kf-Wert (MALLET&PACQUANT) = $\sim 3,4 \times 10^{-5}$ m/s

Körnungslinie

Alanbrooke-Kaserne, 33102 Paderborn

Baugrundtechnische Erstbewertung

Bearbeiter: Frau Sobolewski

Datum: 27.06.2017

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: 12.06.2017

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-Schlamm-Analyse

Bezeichnung: Probe 1/5

Bodenart: G, u, t', fs', ms', gs'

Tiefe: 1,80 - 2,90 m

k [m/s] (Hazen): -

Entnahmestelle: BS 1

Cu/Cc 1087.8/0.8

d₁₀/d₃₀/d₆₀ [mm]: 0.004 / 0.105 / 3.843

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 50.84

Schlammanalyse:

Trockenmasse [g]: 17.34

Korndichte [g/cm³]: 2.650

Aräometer:

Bezeichnung: DIN-Aräometer

Volumen Aräometerbirne [cm³]: 70.55Fläche Messzylinder [cm²]: 28.27

Länge Aräometerbirne [cm]: 16.00

Länge der Skala [cm]: 14.50

Abstd. OK Birne - UK Skala [cm]: 1.50

Aräometer-Konstante: 0.00

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
32.0	0.00	0.00	100.00
20.4	14.49	28.50	71.50
16.0	0.00	0.00	71.50
8.0	4.18	8.22	63.28
4.0	1.68	3.30	59.97
2.0	1.12	2.20	57.77
1.0	2.18	4.29	53.48
0.5	4.05	7.97	45.52
0.25	3.99	7.85	37.67
0.125	1.81	3.56	34.11
Schale	17.34	34.11	-
Summe	50.84		
Siebverlust	0.00		

Schlammanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' [g]	R = R' + C _m [g]	Korngröße [mm]	T [°C]	C _T [g]	R + C _T [g]	Durchgang [%]
0	0.5	6.50	6.50	0.0766	24.9	1.00	7.50	23.69
0	1	6.00	6.00	0.0545	24.9	1.00	7.00	22.11
0	2	5.40	5.40	0.0388	24.9	1.00	6.40	20.21
0	5	4.60	4.60	0.0246	25.2	1.07	5.67	17.90
0	15	4.20	4.20	0.0143	25.3	1.09	5.29	16.71
0	45	3.40	3.40	0.0083	25.5	1.14	4.54	14.33
2	0	2.40	2.40	0.0051	26.0	1.25	3.65	11.54
6	0	1.30	1.30	0.0029	27.5	1.62	2.92	9.23
24	0	0.90	0.90	0.0015	24.8	0.98	1.88	5.93

Körnungslinie

Alanbrooke-Kaserne, 33102 Paderborn

Baugrundtechnische Erstbewertung

Bearbeiter: Frau Sobolewski

Datum: 27.06.2017

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: 12.06.2017

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-Schlamm-Analyse

Bezeichnung: Probe 2/6
 Bodenart: S, u, t', fg', mg'
 Tiefe: 3,00 - 4,25 m
 k [m/s] (Hazen): -
 Entnahmestelle: BS 2
 Cu/Cc 132.4/2.9
 d10/d30/d60 [mm]: 0.002 / 0.034 / 0.229
 Siebanalyse:
 Trockenmasse [g]: 40.91
 Schlämmanalyse:
 Trockenmasse [g]: 22.07
 Korndichte [g/cm³]: 2.650
 Aräometer:
 Bezeichnung: DIN-Aräometer
 Volumen Aräometerbirne [cm³]: 70.55
 Fläche Messzylinder [cm²]: 28.27
 Länge Aräometerbirne [cm]: 16.00
 Länge der Skala [cm]: 14.50
 Abstd. OK Birne - UK Skala [cm]: 1.50
 Aräometer-Konstante: 0.00

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
16.0	0.00	0.00	100.00
8.0	2.54	6.21	93.79
4.0	0.86	2.10	91.69
2.0	1.62	3.96	87.73
1.0	1.67	4.08	83.65
0.5	3.82	9.34	74.31
0.25	5.93	14.50	59.81
0.125	2.40	5.87	53.95
Schale	22.07	53.95	-
Summe	40.91		
Siebverlust	0.00		

Schlammmanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' [g]	R = R' + C _m [g]	Korngröße [mm]	T [°C]	C _T [g]	R + C _T [g]	Durchgang [%]
0	0.5	9.50	9.50	0.0737	25.0	1.02	10.52	41.31
0	1	8.20	8.20	0.0530	25.0	1.02	9.22	36.20
0	2	7.00	7.00	0.0380	25.0	1.02	8.02	31.49
0	5	5.50	5.50	0.0244	25.2	1.07	6.57	25.78
0	15	5.00	5.00	0.0142	25.2	1.07	6.07	23.82
0	45	3.80	3.80	0.0082	25.6	1.16	4.96	19.47
2	0	2.80	2.80	0.0051	26.2	1.30	4.10	16.10
6	0	1.60	1.60	0.0029	27.5	1.62	3.22	12.64
24	0	1.40	1.40	0.0015	24.8	0.98	2.38	9.33

Körnungslinie

Alanbrooke-Kaserne, 33102 Paderborn

Baugrundtechnische Erstbewertung

Bearbeiter: Frau Sobolewski

Datum: 27.06.2017

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: 12.06.2017

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-Schlamm-Analyse

Bezeichnung: Probe 3/5

Bodenart: mG, u', fs', ms', gs', fg'

Tiefe: 2,90 - 4,00 m

k [m/s] (Hazen): -

Entnahmestelle: BS 3

Cu/Cc 1087.2/4.8

d₁₀/d₃₀/d₆₀ [mm]: 0.012 / 0.902 / 13.571

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 52.81

Schlammanalyse:

Trockenmasse [g]: 10.66

Korndichte [g/cm³]: 2.650

Aräometer:

Bezeichnung: DIN-Aräometer

Volumen Aräometerbirne [cm³]: 70.55Fläche Messzylinder [cm²]: 28.27

Länge Aräometerbirne [cm]: 16.00

Länge der Skala [cm]: 14.50

Abstd. OK Birne - UK Skala [cm]: 1.50

Aräometer-Konstante: 0.00

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
20.4	0.00	0.00	100.00
16.0	21.49	40.69	59.31
8.0	6.17	11.68	47.62
4.0	6.02	11.40	36.22
2.0	1.44	2.73	33.50
1.0	1.57	2.97	30.52
0.5	1.74	3.29	27.23
0.25	2.36	4.47	22.76
0.125	1.36	2.58	20.19
Schale	10.66	20.19	-
Summe	52.81		
Siebverlust	0.00		

Schlammanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' [g]	R = R' + C _m [g]	Korngröße [mm]	T [°C]	C _T [g]	R + C _T [g]	Durchgang [%]
0	0.5	4.30	4.30	0.0784	25.0	1.02	5.32	16.18
0	1	3.40	3.40	0.0560	25.0	1.02	4.42	13.45
0	2	3.00	3.00	0.0398	25.0	1.02	4.02	12.23
0	5	2.70	2.70	0.0252	25.1	1.04	3.74	11.39
0	15	2.40	2.40	0.0146	25.2	1.07	3.47	10.55
0	49	1.70	1.70	0.0081	25.6	1.16	2.86	8.70
2	0	1.00	1.00	0.0052	26.2	1.30	2.30	7.00
6	0	0.10	0.10	0.0029	27.7	1.67	1.77	5.39
24	0	0.00	0.00	0.0015	24.7	0.95	0.95	2.90

Körnungslinie

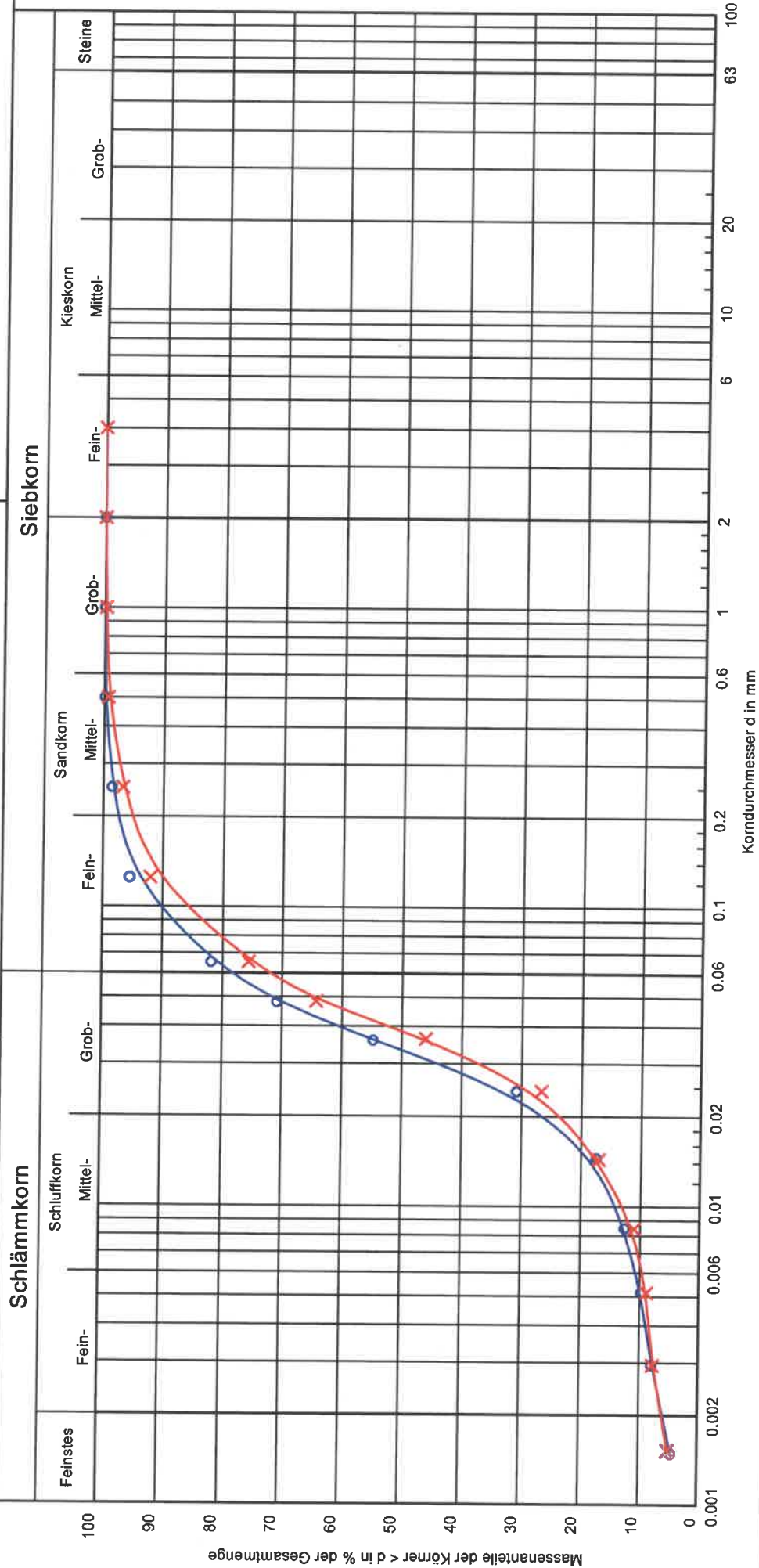
Alanbrooke-Kaserne, 33102 Paderborn
Baugrundtechnische Erstbewertung

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: 12.06.2017

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-Schlamm-Analyse



Bezeichnung:

Probe 9/4

Bodenart:

Probe 9/4
11 fs 4"

Bodenart:

Probe 9/4	11 fs +"
-----------	----------

Bezeichnung:

Bodenart:

Probe 9/4
11 fs 4"

Bezeichnung:

Bodenart:

Probe 9/4
11 fs 4"

Bodenart:

Probe 9/4
11 fs 4"

Probe 10/4

Probe 10/4

Probe 10/4

Probe 10/4

Probe 10/4

Probe 10/4

Remediation:

Bemerkungen:
9/4: kf-Wert (MALLET&PACQUANT) = -2.4×10^{-7} m/s

Bemerkungen:
9/4: kf-Wert (MALLET&PACQUANT) = -2.4×10^{-7} m/s

Bericht:
170416
Anlage:
3.2

Körnungslinie

Alanbrooke-Kaserne, 33102 Paderborn

Baugrundtechnische Erstbewertung

Bearbeiter: Frau Sobolewski

Datum: 27.06.2017

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: 12.06.2017

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-Schlamm-Analyse

Bezeichnung: Probe 9/4
 Bodenart: U, fs, t'
 Tiefe: 1,70 - 2,80 m
 k [m/s] (Hazen): -
 Entnahmestelle: BS 9
 Cu/Cc 7.6/2.4
 d10/d30/d60 [mm]: 0.005 / 0.022 / 0.039
 Siebanalyse:
 Trockenmasse [g]: 37.96
 Schlämmanalyse:
 Trockenmasse [g]: 36.20
 Korndichte [g/cm³]: 2.650
 Aräometer:
 Bezeichnung: DIN-Aräometer
 Volumen Aräometerbirne [cm³]: 70.55
 Fläche Messzylinder [cm²]: 28.27
 Länge Aräometerbirne [cm]: 16.00
 Länge der Skala [cm]: 14.50
 Abstd. OK Birne - UK Skala [cm]: 1.50
 Aräometer-Konstante: 0.00

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
2.0	0.00	0.00	100.00
1.0	0.02	0.05	99.95
0.5	0.05	0.13	99.82
0.25	0.51	1.34	98.47
0.125	1.18	3.11	95.36
Schale	36.20	95.36	-
Summe	37.96		
Siebverlust	0.00		

Schlämmanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' [g]	R = R' + C _m [g]	Korngröße [mm]	T [°C]	C _T [g]	R + C _T [g]	Durchgang [%]
0	0.5	18.40	18.40	0.0651	24.7	0.95	19.35	81.88
0	1	15.80	15.80	0.0480	24.7	0.95	16.75	70.88
0	2	12.00	12.00	0.0358	24.7	0.95	12.95	54.81
0	5	6.30	6.30	0.0243	24.9	1.00	7.30	30.88
0	15	3.10	3.10	0.0145	25.0	1.02	4.12	17.44
0	45	1.90	1.90	0.0084	25.3	1.09	2.99	12.65
2	0	1.00	1.00	0.0052	26.2	1.30	2.30	9.74
6	0	0.20	0.20	0.0029	27.7	1.67	1.87	7.91
25	0	0.00	0.00	0.0015	25.2	1.07	1.07	4.52

Körnungslinie

Alanbrooke-Kaserne, 33102 Paderborn

Baugrundtechnische Erstbewertung

Bearbeiter: Frau Sobolewski

Datum: 27.06.2017

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: 12.06.2017

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-Schlamm-Analyse

Bezeichnung: Probe 10/4

Bodenart: U, fs, t'

Tiefe: 1,70 - 2,80 m

k [m/s] (Hazen): -

Entnahmestelle: BS 10

Cu/Cc 7.0/2.1

d₁₀/d₃₀/d₆₀ [mm]: 0.007 / 0.025 / 0.046

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 39.51

Schlammanalyse:

Trockenmasse [g]: 36.34

Korndichte [g/cm³]: 2.650

Aräometer:

Bezeichnung: DIN-Aräometer

Volumen Aräometerbirne [cm³]: 70.55Fläche Messzylinder [cm²]: 28.27

Länge Aräometerbirne [cm]: 16.00

Länge der Skala [cm]: 14.50

Abstd. OK Birne - UK Skala [cm]: 1.50

Aräometer-Konstante: 0.00

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.01	0.03	99.97
1.0	0.10	0.25	99.72
0.5	0.19	0.48	99.24
0.25	1.03	2.61	96.63
0.125	1.84	4.66	91.98
Schale	36.34	91.98	-
Summe	39.51		
Siebverlust	0.00		

Schlammanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' [g]	R = R' + C _m [g]	Korngröße [mm]	T [°C]	C _T [g]	R + C _T [g]	Durchgang [%]
0	0.5	17.50	17.50	0.0654	25.4	1.11	18.61	75.66
0	1	14.70	14.70	0.0483	25.4	1.11	15.81	64.28
0	2	10.20	10.20	0.0363	25.4	1.11	11.31	45.99
0	5	5.40	5.40	0.0243	25.6	1.16	6.56	26.67
0	15	3.00	3.00	0.0144	25.7	1.18	4.18	17.01
0	45	1.50	1.50	0.0084	25.8	1.21	2.71	11.00
2	0	0.80	0.80	0.0051	26.5	1.37	2.17	8.84
6	0	0.20	0.20	0.0029	27.8	1.70	1.90	7.71
24	0	0.20	0.20	0.0015	25.1	1.04	1.24	5.06

ANLAGE 4.1

Wassergehaltsbestimmung

Bericht: 170416

Anlage: 4.1

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Alanbrooke-Kaserne, 33102 Paderborn

Baugrundtechnische Erstbewertung

Bearbeiter: Frau Sobolewski

Datum: 27.06.2017

Prüfungsnummer:

Entnahmestelle: BS 1 - BS 3, BS 9, BS 10

Tiefe: 1,70 - 4,25 m (min. - max.)

Bodenart:

Art der Entnahme: gestörte Probe

Probe entnommen am: 12.06.2017

Probenbezeichnung:	Probe 1/5	Probe 2/6	Probe 3/5	Probe 9/4	Probe 10/4	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	227.20	232.44	234.01	231.09	219.44	
Trockene Probe + Behälter [g]:	224.58	229.36	231.73	227.77	215.86	
Behälter [g]:	207.47	211.93	213.13	211.80	198.38	
Porenwasser [g]:	2.62	3.08	2.28	3.32	3.58	
Trockene Probe [g]:	17.11	17.43	18.60	15.97	17.48	
Wassergehalt [%]	15.31	17.67	12.26	20.79	20.48	

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

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

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

ANLAGE 5.1 – 5.3

Zustandsgrenzenbestimmung

Durchgeführt am: 13.07.2017
Person: Frau Kohnert

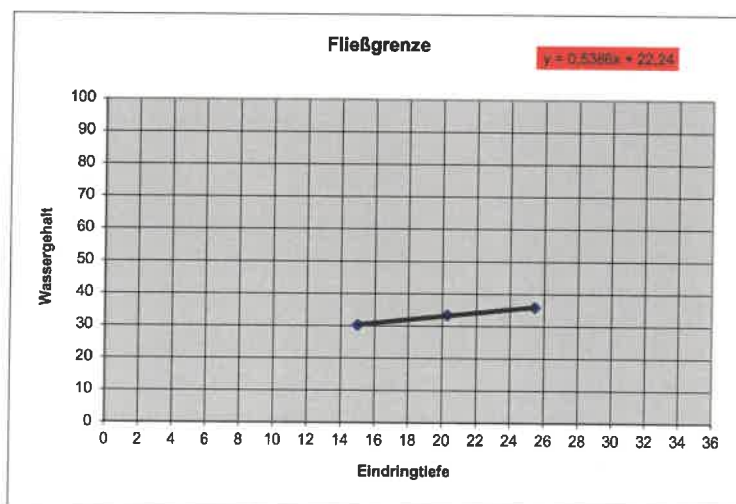
	Fließgrenze			Ausrollgrenze	
Versuchs-Nr.	1	2	3	1	2
Einbringungstiefe	14,97	20,29	25,45		
Faucht Probe + Behälter	49,29	68,84	52,40	37,55	34,82
Trockene Probe + Behälter	43,40	57,27	44,51	35,72	33,39
Behälter	23,89	22,63	22,49	23,34	23,21
Masse des Wassers	5,89	11,57	7,89	1,83	1,43
Trockene Probe	19,51	34,64	22,02	12,38	10,18
Wassergehalt	30,19	33,40	35,83	14,78	14,05

Angaben zur Probe

Anteil < 0,002 mm:	7,30%
--------------------	-------

Anteil < 0,4 mm: 43,00%

Wassergehalt der Probe: 15.31%



Fließgrenze : 33.01%

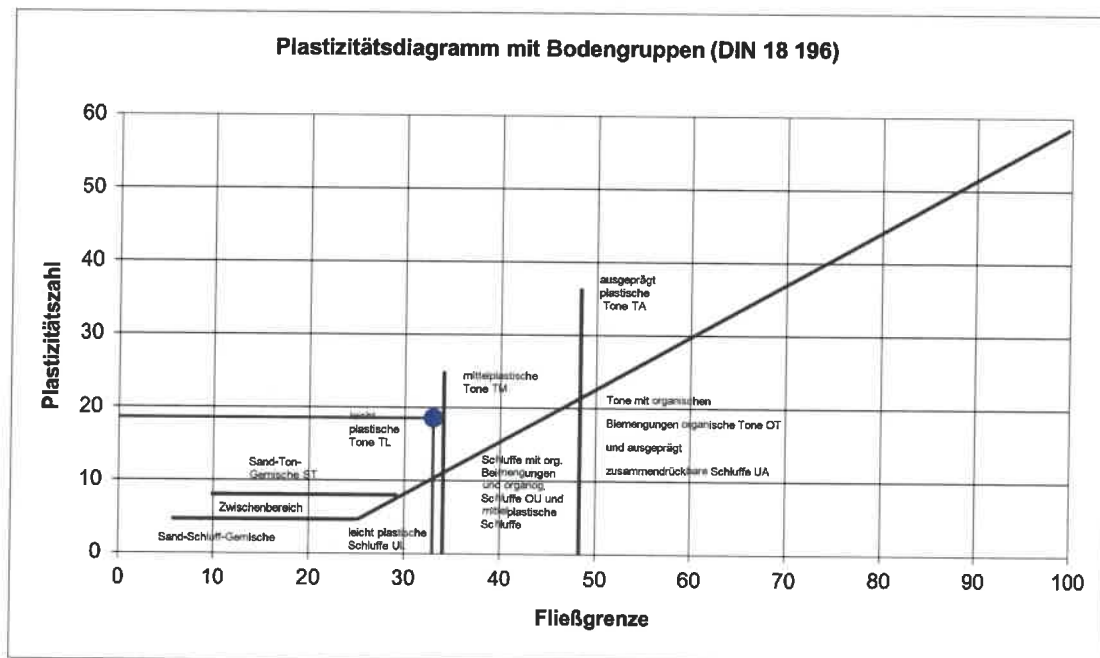
Ausrollgrenze: 14.41%

Plastizitätszahl (I_p): 0,186

Konsistenzzahl (I_c): 0,952

Liquiditätszahl (l_1): 0.048

Aktivitätszahl (I_a): 2,548



Projekt: Alanbrooke-Kaserne, 33102 Paderborn
- orient. Baugrunderkundung / orient. Gründungsberatung -

Ort: BS 9
Tiefe: 1,70 - 2,80 m
Art: gestörte Probe
Datum: 12.06.2017
Person: Herr Schulte

Auftraggeber: Schmidt + Partner GmbH, Osningstraße 75, 33605 Bielefeld
Probe: 9/4
Bodenart: Schluff, feinsandig

Durchgeführt am: 05.07.2017
Person: Frau Kohnert

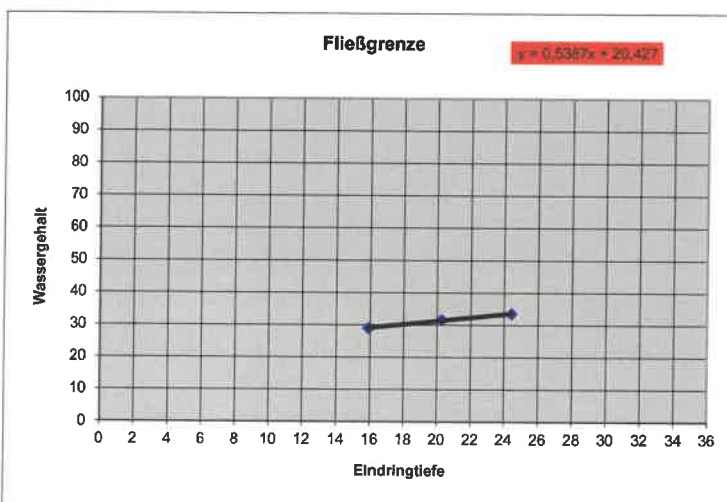
Versuchs-Nr.	Fließgrenze			Ausrollgrenze	
	1	2	3	1	2
Eindringtiefe	15,90	20,27	24,41		
Feucht Probe + Behälter	48,47	48,74	49,84	30,05	31,73
Trockene Probe + Behälter	42,90	42,68	43,16	28,78	30,39
Behälter	23,64	23,44	23,22	22,2	23,37
Masse des Wassers	5,57	6,06	6,68	1,27	1,34
Trockene Probe	19,26	19,24	19,94	6,58	7,02
Wassergehalt	28,92	31,50	33,50	19,30	19,09

Angaben zur Probe

Anteil < 0,002 mm: 6,00%

Anteil < 0,4 mm: 99,00%

Wassergehalt der Probe: 20,79%



Fließgrenze : 31,20%

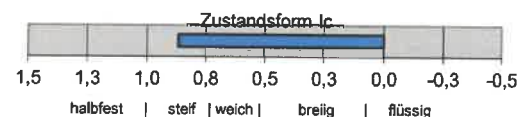
Ausrollgrenze: 19,19%

Plastizitätszahl (I_p): 0,120

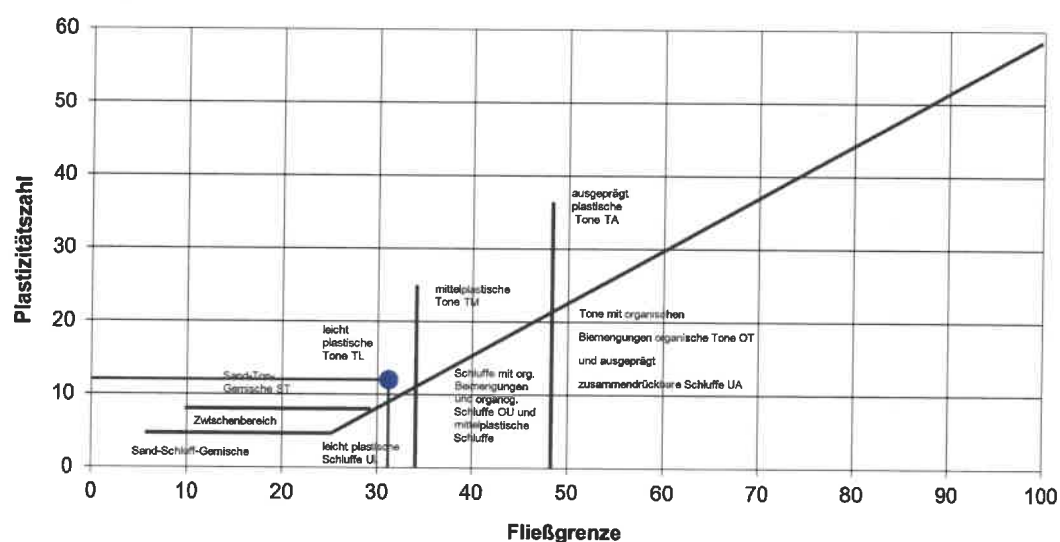
Konsistenzzahl (I_c): 0,867

Liquiditätszahl (I_L): 0,133

Aktivitätszahl (I_a): 2,001



Plastizitätsdiagramm mit Bodengruppen (DIN 18 196)



Projekt: Alanbrooke-Kaserne, 33102 Paderborn
- orient. Baugrunderkundung / orient. Gründungsberatung -

Ort: BS 10
Tiefe: 1,70 - 2,80 m
Art: gestörte Probe
Datum: 12.06.2017
Person: Herr Schulte

Auftraggeber: Schmidt + Partner GmbH, Osningstraße 75, 33605 Bielefeld
Probe: 10/4
Bodenart: Schluff, feinsandig

Durchgeführt am: 05.07.2017

Person: Frau Kohnert

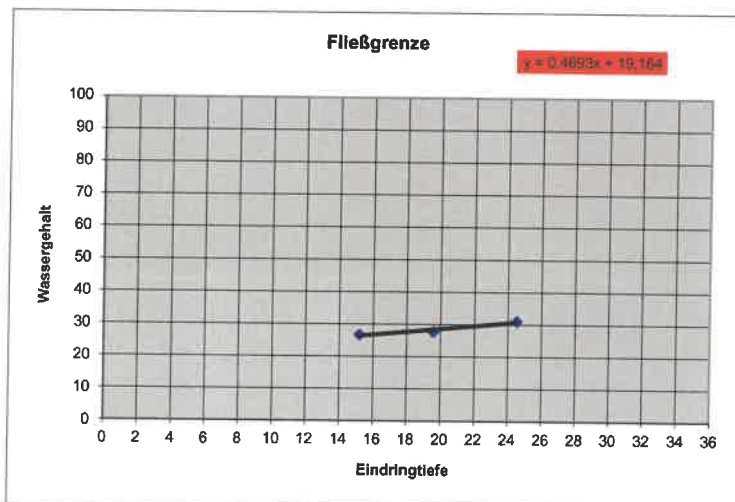
Versuchs-Nr.	Fließgrenze			Ausrollgrenze	
	1	2	3	1	2
Eindringtiefe	15,17	19,53	24,49		
Feucht Probe + Behälter	55,15	53,96	55,30	33,02	31,81
Trockene Probe + Behälter	48,30	47,85	49,07	31,77	30,51
Behälter	22,58	25,77	28,95	25,38	23,54
Masse des Wassers	6,85	6,11	6,23	1,25	1,3
Trockene Probe	25,72	22,08	20,12	6,39	6,97
Wassergehalt	26,63	27,67	30,96	19,56	18,65

Angaben zur Probe

Anteil < 0,002 mm: 6,10%

Anteil < 0,4 mm: 97,00%

Wassergehalt der Probe: 20,48%



Fließgrenze : 28,55%

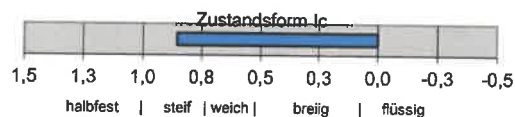
Ausrollgrenze: 19,11%

Plastizitätszahl (I_p): 0,094

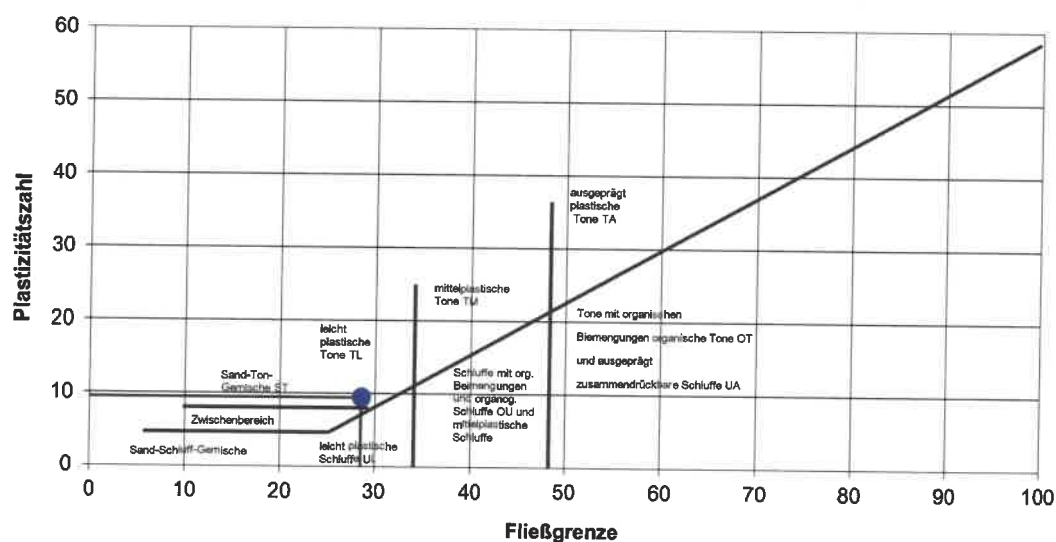
Konsistenzzahl (I_c): 0,855

Liquiditätszahl (I_L): 0,145

Aktivitätszahl (I_a): 1,548



Plastizitätsdiagramm mit Bodengruppen (DIN 18 196)



ANLAGE 6.1

Fotodokumentation

Fotodokumentation

Seite 1

Anlage 6.1

Situation am 14.06.2017



Foto 1: Blickrichtung ~ S; Bereich der RKB 1 (207) (Markierung)

Situation am 14.06.2017



Foto 2: Blickrichtung ~ S; Bereich der RKB 2 (206) (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 2

Anlage 6.1

Situation am 14.06.2017



Foto 3: Blickrichtung ~ S; Bereich der RKB 3 (205) (Markierung)

Situation am 14.06.2017



Foto 4: Blickrichtung ~ S; Bereich der RKB 4 (204) (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 3

Anlage 6.1

Situation am 14.06.2017



Foto 5: Blickrichtung ~ S; Bereich der RKB 8 (210) (Markierung)

Situation am 14.06.2017



Foto 6: Blickrichtung ~ S; Bereich der RKB 9 (209) (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 4

Anlage 6.1

Situation am 14.06.2017



Foto 7: Blickrichtung ~ S; Bereich der RKB 10 (208) (Markierung)