

- INHALTSVERZEICHNIS -

<u>1.0 AUFGABENSTELLUNG / VORGANG / LAGE</u>	<u>3</u>
<u>2.0 UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG</u>	<u>6</u>
2.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE	6
2.2 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE	8
<u>3.0 VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES</u>	<u>13</u>
3.1 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (LABORVERSUCHE)	13
3.2 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (GELÄNDEVERSUCHE)	14
3.3 BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS	15
<u>4.0 INGENIEURGEOLOGISCHE BAUGRUNDBEURTEILUNG</u>	<u>18</u>
4.1 BAUGRUNDBEURTEILENDE LABORVERSUCHE	18
4.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5)	22
4.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	23
4.4 BODENKLASSEN, HOMOGENBEREICHE, BODENGRUPPEN UND FROSTKLASSEN	24
4.5 HOMOGENBEREICHE GEM. VOB TEIL C	26
<u>5.0 ORIENT. HINWEISGEBUNGEN ZUR BAUDURCHFÜHRUNG</u>	<u>27</u>
5.1 WOHNGEBÄUDEBAU	27
5.2 KANALBAU	39
5.3 STRAßENBAU	46
<u>6.0 ANLAGEN</u>	<u>53</u>

1.0 Aufgabenstellung / Vorgang / Lage

An der nördlichen Grenze des Lippstädter Kernstadtbereichs soll auf einem bisher als Ackerfläche genutzten Areal an der Ecke 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg' ein Wohngebiet entstehen (Gemarkung Lippstadt, Flur 29, Flurstücke 91 und 1080).

Aufgabe ist die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und -beurteilung. Hierauf basierend erfolgt eine orientierende Hinweisgebung hinsichtlich der allgemeinen Bebaubarkeit für die zu errichtenden Wohngebäude, Kanäle sowie Straßen.

Des Weiteren ist das Versickerungspotenzial des Untergrundes mittels Versickerungsversuchen ('Auffüllversuchen') zu ermitteln und zu beurteilen.

Der Bauherr, die GWL GEMEINNÜTZIGE WOHNUNGSBAUGESELLSCHAFT LIPPSTADT GMBH (Dr.-Arnold-Hueck-Straße 2, 59557 Lippstadt) beauftragte auf Grundlage eines Angebotes vom 07.03.2022 das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH (Holzstraße 212, 59556 Lippstadt) mit den Untersuchungen sowie der Erstellung des Gutachtens.

Bauherren/AG: GWL GEMEINNÜTZIGE WOHNUNGSBAUGES. LIPPSTADT GMBH
Dr.-Arnold-Hueck-Straße 2, 59557 Lippstadt

Bodengutachter: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Für die Außentätigkeiten sowie die Gutachtenerstellung stehen folgende am 28.02.2022 vom AG übermittelte Unterlagen zur Verfügung:

- Luftbild (Maßstab 1:2.000, Stand 10.02.2021)
- Vorentwurf städtebauliches Konzept (Maßstab 1:1.000, Stand n.b.)

Die Lage der Ansatzpunkte geht aus dem Lageplan in Anlage 1.1 und der Fotodokumentation in Anlage 7.1 hervor. Nach Abschluss der Aufschlussarbeiten sind die Sondier- und Bohransatzpunkte georeferenziert mit einem satellitengestützten Gerät der Fa. Topcon lagemäßig eingemessen und höhenmäßig einnivelliert worden (Bezug UTM32U, DHHN92 = m NHN; HST 160). Der Untersuchungsumfang ist in der folgenden Tabelle 1 dargestellt.

Gelände (25.-27.04.2022)	- Rammkernsondierungen (Ø 60 - 50 mm)	17 Stück
	- Einmessung der Bohransatzpunkte	17 Stück
	- Rammsondierungen (DPL-5)	17 Stück
	- Versickerungsversuche im Gelände	8 Stück
	- Errichtung einer Grundwassermessstelle (DN 40)	3 Stück
Boden- mechanisches Labor	- Korngrößenanalyse (DIN EN ISO 17892-4)	6 Stück
	- Wassergehaltsbestimmung (DIN EN ISO 17892-1)	6 Stück
	- Glühverlustbestimmung (DIN 18 128)	8 Stück

Tabelle 1: Untersuchungsumfang

Lage / Vornutzung: Das Untersuchungsgebiet befindet sich an der nördlichen Grenze des Kernstadtbereichs von Lippstadt (ca. 1,6 km nordnordöstlich des Stadtzentrums). Das insgesamt ca. 45.000 m² große Baugebiet erstreckt sich über die Flurstücke 91 und 1080.

Das relevante Areal wird im Norden von dem 'Schreibhüttenweg' und im Osten von der 'Mastholter Straße' begrenzt. Im Süden und Westen schließt Wohnbebauung an. Die Verkehrserschließung soll laut Entwurfsplanung über den 'Schreibhüttenweg' im Norden und über den 'Schwemannskamp' im Süden erfolgen.

Das Umfeld wird überwiegend durch lockere Wohnbebauung und landwirtschaftlich genutzte Flächen geprägt. Dem IB KLEEGRÄFE liegen keine Hinweise oder Verdachtsmomente auf Bodenbelastung vor.

Vorfluter: Der 'Bastertgraben (Goselake)' mit etwa südwestlicher Fließrichtung schließt im Süden unmittelbar an das Baugebiet an. Hauptvorfluter stellt die ca. 1,2 km südlich gelegene 'Lippe' dar. Diese entwässert in westliche Richtung.

Morphologie: Am Untersuchungstag konnten Höhenunterschiede von 0,37 m zwischen den Bohransatzpunkten festgestellt werden. Die Höhenkoten liegen zwischen +74,99 m NHN und +75,36 m NHN. 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, 2018) ist das Arbeitsgebiet in einem 'Gebiet außerhalb von Erdbebenzonen' gelegen. Das Online-Fachinformationssystem 'Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW' des Geologischen Dienstes NRW gibt für die von der Maßnahme betroffenen 500 x 500 m-Planquadrate 'verkarstungsfähiges Gestein' als Gefährdungspotenzial an.

Das Areal ist außerhalb von ausgewiesenen oder geplanten Überschwemmungsgebieten, Heilquellen- oder Trinkwasserschutzzonen gelegen, wird jedoch auf Grundlage von rechnerischen Hochwassermodellen in Abhängigkeit der Seltenheit der Ereignisse in unterschiedlichem Maße von Hochwasser beeinflusst (Details siehe Kapitel 2.2).

Ver- und Entsorgungsleitungen: Alle Ver- und Entsorgungsleitungen im Bereich der geplanten Baumaßnahmen sind im weiteren Verlauf der Arbeiten zu schützen.

Radon: Das neue deutsche Strahlenschutzgesetz ist seit Dezember 2018 in Kraft. Es enthält in den §§ 121 bis 132 erstmals verbindliche rechtliche Regelungen zum Radonschutz. Gemäß Mitteilung des *Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NRW* vom 28.01.2021 kommt es in NRW zu keiner Radonvorsorgegebietsausweisung, da die diesbezüglichen Kriterien in NRW an keinem Ort erfüllt werden.

Vorbemerkung: Kenntnisse über das Vorhandensein nicht zur Wirkung gekommener Kampfmittel und/oder archäologischer Artefakte/Bodendenkmäler liegen dem AN nicht vor und die diesbezügliche Ermittlung ist nicht Bestandteil der Beauftragung.

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

2.0 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 (Schnittdarstellung: Anlage 2.1). Die Bohransatzpunkte wurden im Bereich des Baufeldes positioniert.

Die Sondierungen stellen punktuelle Untergrundaufschlüsse dar, daher kann an anderen Stellen ein von den unten gemachten Angaben abweichender Untergrundaufbau vorliegen. Die Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse sind in den Tabellen 2a und 2b aufgeführt.

Die Materialansprache und -einteilung (Kies-Sand-Schluff-Ton) im Gelände erfolgt gemäß DIN nach der im Bohrgut vorhandenen Korngröße. Aufgrund des verwendeten Sondendurchmessers konnte kein Material in Stein- und Blockkorngröße erbohrt werden. 'In-situ' kann jedoch Material in Stein- und Blockkorngröße im gesamten Profilbereich grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden (z.B. als 'Bauschutt', 'fluviale Steine' o.ä.).

BS	Ansatz	(Füll-) Mubo	Fluviatil-Sand	Fluviatil-Schluff	Fluviatil-Kies	Grundwasser	Endteufe
1	+74,99	-0,45	0,45-0,80 0,80-3,70	3,70-5,10 ab 5,10	-	0,83 / 74,16	6,00
2	+75,26	-0,50	0,50-3,90	ab 3,90	-	1,08 / 74,18	6,00
3	+75,34	-0,70	0,70-1,20 1,20-3,45 5,70-5,85	3,45-4,50 4,50-5,70	ab 5,85	1,10 / 74,24	6,00
4	+75,36	-0,55	0,55-3,40 ab 5,60	3,40-4,20 4,20-4,70 4,70-5,60	-	1,10 / 74,26	6,00
5	+75,24	-0,50	0,50-3,30	ab 3,30	-	BLZ 0,70 / 74,54	6,00
6	+75,05	-0,48	0,48-0,80 0,80-3,40 5,10-5,60	3,40-5,10 ab 5,60	-	0,90 / 74,15	6,00
7	+75,33	-0,50	0,50-1,80 1,80-4,90 ab 5,50	4,90-5,50	-	0,95 / 74,38	6,00

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

BLZ = Bohrlochzusammenfall; **rot** = materialspezifisch auffällig (hier: Asche)

braun = organische/humose Anteile; braun = torfige Anteile

BS	Ansatz	(Füll-) Mubo	Fluviatil-Sand	Fluviatil-Schluff	Fluviatil-Kies	Grundwasser	Endteufe
8	+75,23	-0,60	0,60-2,60 5,00-5,60	2,60-5,00 <u>5,80-5,85</u> ab 5,85	5,60-5,80	1,00 / 74,13	6,00
9	+75,27	-0,45	0,45-1,00 <u>1,00-1,80</u> 1,80-2,40 ab 4,00	2,40-4,00	-	BLZ 0,81 / 74,46	6,00
10	+75,21	-0,65	0,65-2,50 ab 4,00	2,50-4,00	-	0,85 / 74,36	6,00
11	+75,25	-0,35	0,35-3,20 ab 4,40	3,20-4,40	-	0,85 / 74,40	6,00
12	+75,23	-0,65	0,65-1,45 <u>1,45-2,25</u> 2,25-2,50 ab 3,20	2,50-3,20	-	0,85 / 74,38	6,00
13	+75,27	-0,90	<u>0,90-2,00</u> ab 2,00	-	-	0,91 / 74,36	6,00
14	+75,20	-0,60	0,60-1,30 <u>1,30-2,10</u> 2,10-3,00 3,45-4,55 4,95-5,40	3,00-3,45 4,55-4,95	ab 5,40	0,80 / 74,40	6,00
15	+75,29	-0,20	<u>0,20-1,50</u> 1,50-2,65 3,80-4,20	2,65-3,80 <u>ab 5,50</u>	4,20-5,50	0,94 / 74,35	6,00
16	+75,20	-0,30	<u>0,30-0,80</u> 0,80-2,40 3,20-3,85 <u>3,85-4,40</u> ab 4,40	2,40-3,20	-	0,82 / 74,38	6,00
17	+75,09	-0,45	0,45-0,75 0,75-1,10 <u>1,10-2,60</u> 2,60-3,10 3,60-5,30 <u>5,50-5,70</u> ab 5,70	3,10-3,60	5,30-5,50	1,02 / 74,07	6,00

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

BLZ = Bohrlochzusammenfall;

braun = organische/humose Anteile; braun = torfige Anteile

Geologie: Bei den angetroffenen Schichteinheiten handelt es sich ausschließlich um Lockergestein. Das lokale Festgestein (oberkreidezeitlicher Tonmergelstein der Santon-Stufe) wurde bis zu den jeweiligen Endteufen nicht erbohrt und besitzt keine Projektrelevanz.

Die den Untergrund prägenden Sande und Lehme (untergeordnet Kiese) wurden fluviatil im pleistozänen und holozänen Quartär abgelagert. Zuoberst steht ein durch menschliche Einflüsse umgelagerter Mutterboden/Oberboden an. Die fluviatilen Ablagerungen weisen vermehrt organische Anteile auf.

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

Es konnten neben $\pm$ unauffälligen Bestandteilen (Ziegelbruch) lokal auch Aschen-Beimengungen erkannt werden, die ein materialspezifisches Verunreinigungsvermögen besitzen können.

An den gewachsenen Böden wurden keine sensorischen Auffälligkeiten erkannt.

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

Sofern Aushubmassen vom Grundstück abgefahren werden sollen, sollten diese ergänzend chemisch auf die Parameterumfänge gemäß LAGA_{Boden}/TR-Boden und Deponieverordnung bzw. bei Baustart nach dem 01.08.2023 auf die Parameter der dann gültigen Ersatzbaustoffverordnung (EBV) und ggf. Deponieverordnung untersucht werden, um qualifizierte Aussagen zur Wiedereinbaueignung bzw. Entsorgung treffen zu können.

2.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Es handelt sich bei den angetroffenen Feuchteverhältnissen um eine zeitliche Momentaufnahme. Langfristige Messdaten liegen dem AN nicht vor. Die Geländearbeiten erfolgten in einer niederschlagsmäßig 'normalen' Frühjahrsperiode. Die angetroffenen Feuchte- / Nässeverhältnisse stellen somit keine Hoch- oder Maximalstände dar. In länger niederschlagsintensiven Perioden ist mit einem geringeren Grundwasser-Flurabstand bzw. höheren Bodenfeuchten zu rechnen (Anstiegspotenzial).

Untergrundnässe: An den Untersuchungstagen (25.-27.04.2022) konnte in nahezu allen Bohrungen Grundwasser direkt zwischen 0,80 m und 1,10 m u. GOK gelotet werden. In zwei Bohrungen kam es nach dem Ziehen der Sonden jeweils zu einem Bohrlochzusammenfall bei 0,70 m bzw. 0,81 m u. GOK, die aufgrund der angesprochenen Bodenfeuchten ebenfalls als Hinweis auf den Grundwasserstand interpretiert werden. Grundwasser i.e.S. bzw. 'zusammenhängende Untergrundfeuchte' wurde somit im Mittel bei 0,91 m u. GOK bzw. einem Niveau von i.M. +74,31 m NHN gelotet.

Pegelausbau: Die Bohrlöcher der Bohrsondierungen BS 1, BS 8 und BS 17 wurden nach Bohrende jeweils zu einer DN 40 Permanent-Grundwassermessstelle (überflur) ausgebaut. Ausbaudaten sind der folgenden Tabelle 3 sowie der Anlage 2.2 zu entnehmen.

Messstelle (bei BS)		GWM 1 (BS 1)	GWM 8 (BS 2)	GWM 3 (BS 17)
Einbau am		27.04.2022	27.04.2022	27.04.2022
Art		überflur	überflur	überflur
Durchmesser / Material		DN 40 / PVC	DN 40 / PVC	DN 40 / PVC
OK Gelände (GOK) [m NHN]		74,99	75,23	75,09
OK Pegel (POK) [m NHN]		75,49	75,73	75,56
Ausbautiefe [m u. GOK]		5,00	5,00	4,00
Vollrohr [lfdm]		2,00	2,00	1,50
Filterrohr [lfdm] / Schlitzweite [mm]		3,00 / 0,3	3,00 / 0,3	2,50 / 0,3
Pegel-Fuß / Pegel-Kopf		Spitze / Seba-Kappe	Spitze / Seba-Kappe	Spitze / Seba-Kappe
Betonfundament		X	X	X
Schutzdreieck (Metall)		X	X	X
Wasserstand nach Einbau	[m u. GOK]	0,83	0,92	0,85
	[m NHN]	74,16	74,31	74,24

Tabelle 3: Ausbaudaten und Grundwasserstände der Grundwassermessstellen

Es wird empfohlen, die GW-Messstellen regelmäßig in relativ kurzen Intervallzeiträumen (mind. wöchentlich) zu loten, um das Untergrundwasserschwankungs- und -anstiegspotenzial belastbar zu konkretisieren. Sinnvoll ist die Durchführung dieser Messungen über mind. eine hydrologische Jahresperiode.

Staunässepotenzial: Das Staunässepotential auf gering verlehnten Fluviatilsanden sowie den lokal erbohrten Fluviatilkiesen wird als gering bis allenfalls mäßig hoch eingeschätzt.

Demgegenüber muss auf den bindigen Fluviatilschluffen sowie auf stark verlehnten Fluviatilsanden von einem ausgeprägten Staunässepotenzial ausgegangen werden. Nach Offenlegung ist bei Niederschlagsereignissen mit Stauwasser sowie einer Konsistenzverringern von bindigen Böden zu rechnen.

Es ist in diesem Zusammenhang auf die Nässe-sensibilität und -anfälligkeit der bindigen Böden hinzuweisen, welche bei einer Wassergehaltszunahme (= Feuchteerhöhung) eine Baugrundgüteverschlechterung infolge einer Konsistenzabnahme (Aufweichungen) aufzeigen.

Behördliche Angaben (Hochwasser): Gemäß den vorliegenden Hochwassergefahrenkarten der Bezirksregierung Arnsberg (Teileinzugsgebiet Lippe-System, Lippe (278), Quabbe (27858); Stand Dez. 2019) wird das Areal bei einem Hochwasserereignis 'hoher Wahrscheinlichkeit (HQ₂₀)' nicht von einer Überschwemmung betroffen sein.

Bei einem Hochwasserereignis 'mittlerer Wahrscheinlichkeit (HQ₁₀₀)' ist das Areal innerhalb eines 'hochwassergeschützten Gebietes' gelegen, für das im Versagensfall von Hochwasserschutzanlagen rechnerische Wassertiefen von bis zu 0,5 m angegeben werden.

Für das Hochwasserereignis 'niedrigerer Wahrscheinlichkeit (HQ_{Extrem})' werden rechnerische Wassertiefen von bis zu 1 m angegeben. Statistisch gesehen tritt ein solches Hochwasser deutlich seltener als einmal in 100 Jahren auf.

Die genannten Wasserstände sind Ergebnisse einer amtlichen hydraulischen Berechnung und naturgemäß mit Toleranzen behaftet. Welche Wasserstände im konkreten Einzelfall einer Dimensionierung von z.B. Bauwerken, Geschosshöhen über NN, Hochwasserschutzmaßnahmen etc. zu Grunde gelegt werden, ist die Entscheidung des Bauherrn oder des den Hochwasserschutz Betreibenden. Diese müssen entscheiden, welcher Schutzgrad gewünscht ist oder welches Schutzerfordernis infolge technischer Regeln besteht. Sie müssen mit unvermeidbaren Unsicherheiten verantwortungsvoll umgehen.

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

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

Für das vorliegende Bauvorhaben wird nach DIN 18533 bzw. Merkblatt BWK-M8 aufgrund der nicht ausreichenden Datengrundlage empfohlen, den Bemessungswasserstand für den **Faktor Grundwasser** – vorbehaltlich der angeratenen Pegelmessungen und ohne Berücksichtigung von Hochwasser-/Extremereignissen – in Höhe der aktuellen mittleren GOK bei +75,22 m NHN anzusetzen (akt. GOK = Geländeoberkante zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen).

Der vorgenannte Grundwasserstand sollte zum aktuellen Kenntnisstand auch für den versickerungsrelevanten 'mittleren höchsten Grundwasserstand' (MHGW) angesetzt werden.

Für den ebenfalls relevanten 'höchste Hochwasserstand' (HHW) wäre nach den obigen Ausführungen eine Höhenkote von rund +76,20 m NHN als realistisch anzusehen, was örtlichen Überflutungshöhen von ca. 0,81 – 1,21 m über lokaler GOK entspricht.

Es sei an dieser Stelle erneut darauf hingewiesen, dass für das Auftreten des HHW ein 'extremes' Hochwasserereignis notwendig ist und das Entscheidungen zum Hochwasserschutz in die Verantwortlichkeit des Bauherrn fallen.

Die die Wasserdurchlässigkeit bestimmenden k_f -Werte ('Durchlässigkeitsbeiwerte') können für die relevanten Bodenschichten wie folgt abgeschätzt werden:

<u>Bodenart</u>	<u>k_f-Wert in m/s</u>
-----------------	-------------------------------------

- Fluviatilschluff:

Schluff, z.T. (schw.) tonig, z.T. schw.-stark sandig, z.T. schw. kiesig,
z.T. organ. Anteile 10^{-7} - 10^{-9}

- Fluvatilsand:

Sand, z.T. schw.-stark kiesig, z.T. (schw.) schluffig, z.T. organ. Anteile 10^{-4} - 10^{-6}

- Fluvatilkies:

Kies, schw.-stark sandig, z.T. schw. schluffig 10^{-3} - 10^{-5}

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

Hydrogeologisches Fazit: Grundwasser bzw. 'zusammenhängende Untergrundfeuchte' konnte an den Untersuchungstagen bei im Mittel 0,91 m u. GOK bzw. +74,31 m NHN gelotet werden. Es existiert ein Grundwasser-Anstiegspotenzial im hydrogeologischen Jahresverlauf. Der Bemessungswasserstand für den Faktor Grundwasser ist in Höhe der aktuellen mittleren GOK bei +75,22 m NHN anzusetzen (vorbehaltlich der angeratenen Pegelmessungen und ohne Berücksichtigung von Hochwasser-/Extremereignissen).

Eine Nässebeeinflussung der Unterflurbauteile ist durch bauliche Maßnahmen zu verhindern. Erdberührte Bauteile sind gemäß DIN 18 533 abzudichten. Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die 'Expositionsklassen für Betonbauteile' zu berücksichtigen. Von statischer Seite ist entsprechend dem Bemessungswasserstand der Faktor Auftrieb zu berücksichtigen.

3.0 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Es ist vorgesehen anfallendes Niederschlagswasser – bei physikalischer Eignung der Böden und Einhaltung rechtlicher Bestimmungen – im Untergrund versickern zu lassen.

Richtlinien / Regelwerke: Die Hinweisgebungen, Untersuchungen sowie Bewertung erfolgen in enger Anlehnung an folgende Regelwerke / Verwaltungsvorschriften:

- *DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A 138 'Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser' (Ausgabe: April 2005).*
- *DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A 138-1 im Entwurf 11/2020.*
- *'Wasserrundbrief 3 - Niederschlagswasserversickerung' [RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung u. Landwirtschaft vom 18. Mai 1998 (IV B 5 - 673/2-29010 / IV B 6 - 031 002 0901) zur Durchführung des § 51a des Landeswassergesetzes LWG für das Land Nordrhein-Westfalen vom 4. Juli 1979 (GV.NW. S. 488) in der Neufassung vom 25. Juni 1995 (GV. NW. S. 926/SGV NW. 77)].*

3.1 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Laborversuche)

Korngrößenanalyse: Im bodenmechanischen Labor wurden sechs Korngrößenanalysen an den geogenen/gewachsenen und versickerungsrelevanten Fluviatilsanden und -schluffen durchgeführt. In der Anlage 3.1 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Ergebnisse der Analysen sind zusammenfassend in der Tabelle 5 aufgeführt (s. Kapitel 4.1).

Im Ergebnis bleibt festzuhalten, dass die untersuchten Proben des Fluviatilsand deutlich variierende Anteile bindiger Bestandteile aufweisen. In Abhängigkeit des Grades der Verlehmung liegen sehr hohe bis (noch) ausreichende Durchlässigkeiten von $k_f \sim 10^4$ m/s bis $\sim 10^{-5}$ m/s vor.

Die Proben des Fluviatilschluff weisen prägende bindige Anteile auf und besitzen mit Durchlässigkeiten von $k_f \sim 10^{-7}$ bis $\sim 10^{-8}$ m/s keine ausreichend hohen Durchlässigkeiten.

Von Böden mit einem (deutlichen) Anteil bindiger Komponenten geht somit ein ausgeprägtes Staunäsepotenzial aus.

3.2 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)

Zur Ermittlung der hydraulischen Leitfähigkeit (= Wasserdurchlässigkeit) ist es notwendig, den k_f -Wert ('Durchlässigkeitsbeiwert') für die relevanten Lockersedimente festzustellen. Die Auswertung der Versickerungsversuche (hydrostatisches Verfahren mittels Auffüllversuche) über der Grundwasseroberfläche erfolgt bei einer quantitativ feststellbaren Versickerung nach der Formel des „US Departments of the Interior Bureau of Reclamation Design of small Dams (1960: 144)“.

Durchführung der Versickerungsversuche im Gelände: Die Versickerungsversuche wurden als hydrostatisches Verfahren (Auffüllversuche) mit konstanter Druckhöhe durchgeführt ('open-end-test'). Für die Durchführung der Versuche wurden die Bohrlöcher der Sondierungen BS 1, BS 4, BS 5, BS 6, BS 8, BS 12, BS 14 und BS 17 verwendet.

Als erster Schritt der Versickerungsversuche erfolgte eine ausreichende Wässerung des jeweiligen Bohrlochprofils zwecks Sättigung des Bodenaufbaus. Im Anschluss erfolgte eine Wassersäulenfestlegung. Darauf wird die Wasserzugabe pro Zeiteinheit gemessen, welche zur Konstanthaltung dieser o.g. definierten Wassersäulenhöhe benötigt wird. Hingewiesen wird darauf, dass die Versickerungsversuche auf der Grundwasser-Spiegelfläche durchgeführt wurden, was zulässig ist, solange ausschließlich die Durchlässigkeit der oberhalb der Grundwasser-Spiegelfläche befindlichen Profilbereiche bestimmt wird.

Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind in der Anlage 6.1 sowie in den folgenden Tabellen 4a und 4b dargestellt.

Bohrloch	BS 1	BS 4	BS 5	BS 6
Bereich (m u. GOK)	0,33 – 0,83	0,37 – 1,07	0,33 – 0,93	0,33 – 0,83
Versickerungsmedium	Fluviatilsand	Fluviatilsand	Fluviatilsand	Fluviatilsand
Versuch 1 (m/s)	~9,0 * 10 ⁻⁵	~1,8 * 10 ⁻⁴	~6,4 * 10 ⁻⁵	~9,7 * 10 ⁻⁵
Versuch 2 (m/s)	~8,0 * 10 ⁻⁵	~1,5 * 10 ⁻⁴	~5,1 * 10 ⁻⁵	~9,1 * 10 ⁻⁵
Bewertung DIN 18 130	‘durchlässig‘	‘stark durchlässig‘	‘durchlässig‘	
DWA-Bewertung	Versickerungseignung bei k _f > 1 * 10 ⁻⁶ m/s			
MURL-Bewertung	Versickerungseignung bei k _f > 5 * 10 ⁻⁶ m/s			
Bewertung Unterzeichner	ausreichende Versickerungseignung			

Tabelle 4a: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (Geländeversuche)

DIN 18 130 k_f -Werte: **stark durchlässig** / **durchlässig** / **gering durchlässig** / **sehr gering durchlässig**

Bohrloch	BS 8	BS 12	BS 14	BS 17
Bereich (m u. GOK)	0,32 – 0,92	0,30 – 0,66	0,30 – 0,69	0,35 – 0,85
Versickerungsmedium	Fluviatilsand	Fluviatilsand	Fluviatilsand	Fluviatilsand
Versuch 1 (m/s)	~7,0 * 10 ⁻⁵	~1,4 * 10 ⁻⁴	~2,3 * 10 ⁻⁴	~1,3 * 10 ⁻⁴
Versuch 2 (m/s)	~6,7 * 10 ⁻⁵	~1,4 * 10 ⁻⁴	~3,3 * 10 ⁻⁴	~1,1 * 10 ⁻⁴
Versuch 3 (m/s)	-	-	~3,1 * 10 ⁻⁴	-
Bewertung DIN 18 130	‘durchlässig‘	‘stark durchlässig‘		
DWA-Bewertung	Versickerungseignung bei k _f > 1 * 10 ⁻⁶ m/s			
MURL-Bewertung	Versickerungseignung bei k _f > 5 * 10 ⁻⁶ m/s			
Bewertung Unterzeichner	ausreichende Versickerungseignung			

Tabelle 4b: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (Geländeversuche)

DIN 18 130 k_f -Werte: stark durchlässig / durchlässig / gering durchlässig / sehr gering durchlässig

3.3 Bewertung des Versickerungspotenzials

Materialspezifische Bewertung: Die gegenüber der Korngrößenanalyse eindeutig aussagekräftigeren Versickerungsversuche belegen für den herangezogenen Profilbereich Durchlässigkeiten von $k_f \sim 3,3 \cdot 10^{-4}$ m/s bis $\sim 5,1 \cdot 10^{-5}$ m/s, welche nach DIN 18 130 als ‘stark durchlässig’ bis ‘durchlässig’ zu bezeichnen sind.

Die ermittelten Durchlässigkeiten liegen somit innerhalb des zur Versickerung zulässigen Bereichs und stellen ein versickerungstechnisch gut geeignetes Medium dar.

Die theoretischen Berechnungen der Wasserdurchlässigkeit anhand der Kornsummenkurven belegen für den untergrundprägenden Fluviatilsand ebenfalls ausreichend hohe Durchlässigkeiten im Bereich von $k_f \sim 10^{-4}$ m/s bis $\sim 10^{-5}$ m/s.

Der eher tiefer liegende Lösslehm weist hingegen (sehr) geringe Durchlässigkeiten im Bereich von $k_f \sim 10^{-7}$ m/s bis $\sim 10^{-8}$ m/s auf.

Der versickerungsrelevante Boden führt somit je nach Verlehmungsgrad ein ausgeprägtes Staunäsepotenzial.

Eine durchgängig ausreichende Versickerungsleistung und Eingabe in den tieferen Untergrund existiert nicht und kann dauerhaft nicht gewährleistet werden.

Grundwasserrelevante Faktoren: Eine bei der Versickerung von Niederschlagswässern sehr wichtige und mitentscheidende Größe ist das Vorhandensein von Grundwasser und sein Flurabstand. Es sollte aus hydrogeologischen, umweltgeologischen sowie wasserrechtlichen Aspekten ein Mindestabstand des tiefstgelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum höchstgelegenen Grundwasserstand (= geringster Flurabstand) von 1,0 m nicht unterschritten werden. Genannter Mindestabstand wird in dem grundlegenden Regelwerk der DWA-Regelwerk A 138 empfohlen.

Bei den Geländearbeiten wurde Grundwasser bei i.M. 0,91 m u. GOK bzw. auf einem Niveau von i.M. +74,31 m NHN angetroffen.

Als Bemessungswasserstand wird gutachterlicherseits ein Anstieg bis in Höhe der aktuellen mittleren GOK (+75,22 m NHN) empfohlen (vorbehaltlich potenzieller Hochwasser-/Extremereignisse).

Es können weder 'tiefreichende' Formen der Niederschlagswasserversickerung noch 'flache' Bauweisen hinsichtlich des einzuhaltenden Mindestabstandes zugelassen werden, da dauerhaft von einem häufigen und deutlichen Unterschreiten des o.g. Mindestabstandes auszugehen ist.

Die diesbezügliche wasserrechtliche Voraussetzung (1 m Mindestabstand zwischen Anlagenfuß und max. GW-Stand) kann daher nicht eingehalten werden. Eine Versickerung wäre u.U. bei einer deutlichen Geländeerhöhung (Aufschüttung) möglich (bis mind. 1,0 m über den Bemessungswasserstand).

Gefährdungspotenzial: Bei dem versickerungsrelevanten Boden (Fluviatilsand) handelt es sich durchgängig um einen 'gewachsenen/geogenen' Boden. Schadstoffmobilisierungen sind demnach nicht zu befürchten / zu erwarten.

Vorflutereingabe: Vor einer potenziellen - wasserrechtlich grundsätzlich gleichberechtigten - ortsnahen Vorfluter-Einleitung oder Teileinleitung z.B. in den im Süden befindlichen 'Bastertgraben' muss ein sog. 'Hydraulischer Nachweis' die ausreichende Aufnahmekapazität nachweisen und es muss in Abhängigkeit der anzuschließenden Flächen ggf. die Schädlosigkeit der Einleitung, z.B. durch vorgeschaltete Reinigungsstufen belegt werden. Die hydraulische Erreichbarkeit (Stichwort Freigefälleleitungen) bleibt von den o.g. Voraussetzungen unangetastet. Die Einleitung der gesammelten Niederschlagswässer in einen lokalen Vorfluter ist mit der UNTEREN WASSERBEHÖRDE abzustimmen

Fazit Versickerungsfähigkeit: Versickerungen sind innerhalb des Untersuchungsgebietes bodenphysikalisch theoretisch in ausreichendem Maße möglich. **Zum aktuellen Kenntnisstand muss jedoch von einer wasserrechtlichen Unzulässigkeit einer Versickerung ausgegangen werden.**

Auf Grundlage der ermittelten GW-Flurabstände ist eine Versickerung anfallender Niederschlagswässer im Untersuchungsgebiet ohne eine deutliche Heraushebung des Grundstückes nicht zulässig. Folglich wird die Errichtung eines RW-Kanals für die Wässer notwendig, die nicht über eine alternative Niederschlagswasserabführung gefasst werden können.

Durch die langfristige Ermittlung von ausreichend aussagefähigen Daten zum GW-Schwankungspotenzial und durch (behördlicherseits / fachplanerischerseits gestützte) Festlegung eines belastbaren Bemessungswasserstandes sollte hier zunächst Planungssicherheit geschaffen werden. Bis dahin wird der GW-Bemessungswasserstand abgeschätzt (auf Höhe der aktuellen mittleren GOK).

Basierend auf zu ermittelnden, belastbaren Daten kann dann ggf. von Seiten des AG eine Prüfung erfolgen, in wieweit Maßnahmen möglich sind einen Mindestabstand zum Grundwasser, z.B. durch Flächenaufhöhung dauerhaft sicher zu stellen.

4.0 Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

4.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche

Korngrößenanalyse (DIN EN ISO 17892-4): Es wurden sechs Korngrößenanalysen mit den anstehenden Böden durchgeführt. In der Anlage 3.1 sind die Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Ergebnisse der Analysen sind zusammenfassend in der Tabelle 5 aufgeführt.

Probe / (Genese)	Profilber. m u. GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	d ₁₀ /d ₂₀ (mm)	k _r -Wert (m/s)*	Wasser- gehalt w
2/2 (S)	0,50-1,70	3,6		96,4	-	0,0973	$\sim 9,5 \times 10^{-5}$	16,96 %
6/7 (U)	3,40-4,30	8,1	60,7	31,2	-	0,0174	$\sim 3,2 \times 10^{-7}$	18,44 %
8/3 (S)	1,30-2,10	2,6		96,4	1,0	0,1082	$\sim 1,2 \times 10^{-4}$	22,04 %
13/5 (S)	3,30-4,50	28,0		68,1	3,9	<0,063	$< 1,0 \times 10^{-5}$	12,45 %
15/5 (U)	2,65-3,80	9,0	50,4	40,6	-	0,0155	$\sim 2,5 \times 10^{-7}$	23,71 %
17/7 (U)	3,10-3,60	12,7	53,7	33,0	0,6	0,0053	$\sim 2,1 \times 10^{-8}$	20,37 %

Tabelle 5: Ergebnis der Korngrößenanalysen/Wassergehaltsbestimmungen

Genese: S = Fluvialsand, U = Fluvialschluff; **fett** = prägend;

*k_r-Wertebestimmung nach MALLET & PACQUANT bei bindigen Böden, nach BEYER bei nicht bindigen Böden

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

Als wichtigstes Ergebnis ist das prägende Vorhandensein von sandigen Bestandteilen zu nennen, welche den Charakter dieses Materials bestimmen. Daneben liegen teilweise innerhalb der Sande auch relevante bindige Anteile vor, welche die bodenmechanischen Eigenschaften und die Durchlässigkeit beeinflussen.

Der untersuchte Fluvialschluff wird von bindigen Komponenten geprägt, wobei auch hier jeweils ein deutlicher Sandanteil vorliegt.

Bodenbezeichnung (DIN 4022) und Bodenklassen (DIN 18 196):

2/2: Sand	(DIN 18 196: SE)
6/7: Schluff, stark sandig, schwach tonig	(DIN 18 196: UL/TL/SU*)
8/3: Sand	(DIN 18 196: SE)
13/5: Sand, bindig	(DIN 18 196: SU*/ST)
15/5: Schluff, stark sandig, schwach tonig	(DIN 18 196: UL/TL/SU*)
17/7: Schluff, stark sandig, schwach tonig	(DIN 18 196: UL/TL/SU*)

Durchlässigkeit: Die Durchlässigkeitsbeiwerte können für den Fluviatilsand orientierend anhand der Kornverteilungskurve nach BEYER bestimmt werden. Es ergeben sich Durchlässigkeiten in der Größenordnung von $k_f \sim 1,2 \times 10^{-4}$ m/s bis $< 1,0 \times 10^{-5}$ m/s, welche nach DIN 18 130 als 'stark durchlässig' bis noch als 'durchlässig' bezeichnet werden können. Die Fluviatilsande besitzen somit keine relevante bis allenfalls mäßige aufstauende Wirkung für eindringende Oberflächenwässer ($\Rightarrow$ kein nennenswertes bis allenfalls geringes Staunäsepotential).

Für die Proben des Fluviatilschluff ergeben sich nach MALLETT / PACQUANT (bei bindigen Böden) Durchlässigkeiten von $k_f \sim 3,7 \times 10^{-7}$ m/s bis $\sim 2,1 \times 10^{-8}$ m/s, welche nach DIN 18 130 als 'gering durchlässig' zu bezeichnen sind. Es liegt ein ausgeprägtes Staunäsepotential vor.

Ungleichförmigkeit: Die Sand-Proben mit einem (sehr) geringen bindigen Anteil weisen eine niedrige Ungleichförmigkeitszahl von $U \leq 3$ auf. Diese sandigen Böden können nach DIN 1054 als 'gleichförmig' klassifiziert werden und weisen eine gewisse 'Verdichtungsunwilligkeit' auf, was hinsichtlich einer Nachverdichtungseignung als ungünstig zu beurteilen ist.

Wassergehaltsbestimmung (DIN EN ISO 17892-1, Anlage 4.1): Die ergänzend auf ihren Wassergehalt hin untersuchten Proben weisen 'normale' bis 'erhöhte' Grade der Durchfeuchtung auf, welche einen feuchten bis wassergesättigt nassen Zustand aufzeigen. Deutlich wird das erheblich höhere Wasserrückhaltepotential der bindigen Böden.

Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): Nach der Frostempfindlichkeitsklassifikation der ZTVE-StB muss ein Großteil der untersuchten Böden aufgrund häufig vorhandener bindiger Anteile in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 eingestuft werden ('sehr frostempfindlich').

Lediglich der Sand mit einem bindigen Anteil $< 15\%$ kann in die Frostempfindlichkeitsklassen F 1 bis F 2 eingestuft werden ('nicht frostempfindlich' bzw. 'gering bis mittel frostempfindlich').

Das gesamte Untergrundinventar sollen einheitlich und 'auf der sicheren Seite liegend' der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 zugeordnet werden.

Glühverlustbestimmung (nach DIN 18 128): An ausgewählten Bodenproben wurden ergänzend Glühverlustbestimmungen durchgeführt (Anlage 5.1). Die untenstehenden Proben wurden im Gelände als schwach 'organische'/'humose'

Böden angesprochen. Die Ergebnisse der Untersuchungen (Glühverlust als Mittelwert von drei Versuchen; siehe Anlage 5.1) sind der folgenden Tabelle 6 zu entnehmen.

Neben der aktuellen DIN EN ISO 14688-2 erfolgt eine Bewertung gem. der 'alten' DIN 1054, da diese zwischen bindigen und nichtbindigen Böden differenziert und somit eine detailliertere Charakterisierung / Einstufung liefert.

Probe	Material	Tiefenlage (m u. GOK)	Glühverlust V_{gl}	DIN 1054	DIN EN ISO 14688-2
1/6	Fluv.-Schluff	3,70-4,40	3,91	nicht organischer Boden	schwach organisch
3/7	Fluv.-Schluff	4,50-5,70	7,13	organischer Boden	mittel organisch
4/7	Fluv.-Schluff	4,20-4,70	7,92	organischer Boden	mittel organisch
6/10	Fluv.-Schluff	5,60-6,00	5,31	organischer Boden	schwach organisch
14/4	Fluv.-Sand	1,30-2,10	1,43	nicht organischer Boden	nicht organisch
15/2	Fluv.-Sand	0,20-1,15	3,34	organischer Boden	schwach organisch
17/4	Fluv.-Sand	1,10-1,90	1,35	nicht organischer Boden	nicht organisch
17/11	Fluv.-Sand, torfig	5,50-5,70	3,32	organischer Boden	schwach organisch

Tabelle 6: Ergebnisse der Glühverlustbestimmungen

DIN 1054-Klassifizierung: 'nicht organischer Boden' (nichtbindige Böden < 3 %, bindige Böden < 5 %)
'organischer Boden' (nichtbindige Böden 3-20 %, bindige Böden 5-20%)
'hochorganischer Boden' (> 20 %)

DIN EN ISO 14688-2: 'nicht organisch' (< 2 % der Trockenmasse ≤ 2 mm)
'schwach organisch' (2-6 % der Trockenmasse ≤ 2 mm)
'mittel organisch' (6-20 % der Trockenmasse ≤ 2 mm)
'stark organisch' (> 20 % der Trockenmasse ≤ 2 mm)

Die Ergebnisse der Untersuchungen weisen innerhalb der untersuchten Böden häufig leicht erhöhte Organikgehalte nach, welche die bodenmechanischen Eigenschaften in geringem Maße negativ beeinflussen können. Innerhalb der als 'torfig' angesprochenen Bodenprobe konnte ebenfalls lediglich ein gering erhöhter organischer Anteil nachgewiesen werden.

Aufgrund der punktuellen Untergrundaufschlüsse können organische Böden in anderen Bereichen des Baufeldes grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden. Organische Böden beeinträchtigen die Baugrundgüte, dürfen nicht zum Lastabtrag herangezogen

werden und sind vollständig aus dem Baufeld abzuschieben. Im Zweifel ist der Bodengutachter hinzuzuziehen.

Bodenmechanisches Fazit: Das geogene Erdplanum wird von nicht bis deutlich verlehmtten Sand-Böden geprägt, die deutlich durchfeuchtet vorliegen und Durchlässigkeiten von $k_f \sim 10^{-4}$ m/s bis $\sim 10^{-5}$ m/s ('stark durchlässig' bis (noch) 'durchlässig') aufzeigen.

Die eher im tieferen Profilbereich zwischengeschalteten Schluff-Böden werden von bindigen Anteilen geprägt und zeigen 'geringe' Durchlässigkeiten im Bereich von $k_f \sim 10^{-7}$ m/s bis $\sim 10^{-8}$ m/s. Es ist von einer ausgeprägten Witterungs- und Bewegungsempfindlichkeit dieser Profilbereiche auszugehen.

Das Untergrundinventar weist in Abhängigkeit des Verlehmungsgrades ein nicht vorhandenes bis deutliches Staunäsepotenzial auf und sollte gesamtheitlich und 'auf der sicheren Seite liegend' in die Frostepfindlichkeitsklasse F 3 ('sehr frostepfindlich') eingestuft werden.

Durch die Glühverlustbestimmung konnten leicht erhöhte organische Böden im Lastabtragsbereich nachgewiesen werden.

4.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche (DPL-5)

Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an die DIN 4094 bzw. DIN EN ISO 22476-2 und TP BF-StB Teil B15.1 und wurden mit der sog. leichten Rammsonde durchgeführt (DPL = 'Dynamic Probing Light 5', 5 cm² Spitzenquerschnitt). Die DPL erfolgten jeweils nahe der BS 1 bis BS 17. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe n_{10} gegen die Tiefe. Die Ramm diagrams der DPL sind in der Anlage 2.1 grafisch dargestellt und den jeweiligen Rammkernsondierungen gegenübergestellt. Ausgewertet werden nur die Bereiche unterhalb der ohnehin abzuschiebenden Oberböden.

- ⇒ Fluviatilsand (oberer und mittlerer Profilbereich): Der Fluviatilsand des oberflächennahen und mittleren Profilbereichs zeigt sehr wechselhafte Schlagzahlen von n_{10} ~2 bis ~12, vereinzelt höher. Es liegen lockere bis maximal mitteldichte Lagerungen vor. Diese Böden sind ganz überwiegend nicht unmittelbar gründungsg geeignet.
- ⇒ Fluviatilschluff-Einschaltungen: Die erbohrten bindigen Böden zeigen ganz überwiegend Schlagzahlen von n_{10} >10. Es liegen mindestens steife Konsistenzen vor. In der Regel erfolgt eine tiefenorientierte Schlagzahlzunahme auf n_{10} >20. Die Schlagzahlerhöhung resultiert in diesem Profilbereich vermutlich aus einer durch die Untergrundfeuchte induzierten, verstärkten Mantelreibung der DPL (Schlagzahlverfälschung). Die vermutlich eher weichsteif konsistenten Schluffe bieten ebenfalls keine unmittelbare Gründungseignung.
- ⇒ Fluviatilsand/-kies (tiefer Profilbereich): Die Fluviatilsande und lokal erbohrten Fluvialkiese des tieferen Profilbereichs weisen Schlagzahlen von n_{10} ~10 auf. Es folgt eine Schlagzahlzunahme auf n_{10} >20, teils deutlich höher. Es liegen mindestens mitteldichte bis dichte Lagerungszustände vor. Diese Böden sind entsprechend unmittelbar gründungsg geeignet.

4.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 7 werden, abgeleitet aus den bodenmechanischen Laborversuchen und basierend auf örtlichen Erfahrungs- und Literaturwerten, Schwankungsbreiten der bodenmechanischen Kennwerte für die gründungsrelevanten Bodenschichten aufgeführt. Sie stellen 'vorsichtige Schätzwerte der Mittelwerte' (charakteristische Werte) dar.

BODENART	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	$\varphi_k / \varphi_{s,k}$ (°)	c_k (kN/m ²)	$E_{s,k}$ (kN/m ²)
<u>neue Schotterung</u> : Kies, sandig, schwach bindig; ± dicht	21,0 - 22,0	13,0 - 14,0	35,0 - 37,5	0	60.000 - 100.000 RW 80.000
<u>Fluviatilschluff</u> : Schluff, z.T. (schw.) tonig, z.T. schw.-stark sandig, z.T. schw. kiesig, z.T. organ. Anteile; weich-steif	19,0 - 20,0	9,0 - 10,0	25,0	0 - 2 RW 2	4.000 - 8.000 RW 6.000
<u>Fluviatilsand</u> : Sand, z.T. (schw.) schluffig, z.T. organ. Anteile; ± locker	17,0 - 17,5	9,0 - 9,5	27,5	0	10.000 - 15.000 RW 12.000
<u>Fluviatilsand</u> : Sand, z.T. (schw.) schluffig, z.T. organ. Anteile; mitteldicht-dicht	18,0 - 19,0	10,0 - 11,0	32,5 - 35,0	0	20.000 - 30.000 RW 25.000
<u>Fluviatilkies</u> : Kies, schw.-stark sandig, z.T. schw. schluffig; mitteldicht-dicht	20,0 - 21,0	12,0 - 13,0	32,5 - 35,0	0	30.000 - 50.000 RW 40.000

Tabelle 7: Bodenmechanische Kennwerte der gründungsrelevanten Bodeneinheiten

γ = Wichte des erdfeuchten Bodens

φ_k = Reibungswinkel

c_k = Kohäsion

RW = Rechenwert

γ' = Wichte d. Bodens unter Auftrieb

$\varphi_{s,k}$ = Ersatzreibungswinkel

$E_{s,k}$ = Steifeziffer

4.4 Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen und Frostklassen

In der folgenden Tabelle 8 erfolgt die Angabe der Bodenklassen (DIN 18 300_{alt}), der Homogenbereiche (DIN 18 300: 2019-09, DIN 18 303: 2016-09), die Angabe des Gruppensymbols, der Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke (DIN 18 196), die Angabe der Frostklasse (ZTVE-StB) sowie die Vorgehensweise zur Lösung der Böden.

Schichtglieder (Grobgliederung)	Boden- klassen _{alt} (DIN 18 300)	Homogen- bereich Gewerk Erdarbeiten u. Verbauarbeiten	Gruppensymbol (DIN 18 196)	‘Frostklasse’ ZTVE-StB	Boden- lösung
Füll-Mutterboden ¹⁾	1	-	A (OU/OH)	F 2 - F 3 ²⁾	‘Löffel- bagger’
Fluviatilschluff ¹⁾	4, u.U. 2	ERD 1 / VER 1	UL/TL/UM/TM/SU*	F 3	
Fluviatilsand ¹⁾	3 - 4, u.U. 2		SE/SU/SU*/ST	F 1 - F 3 ²⁾	
Fluviatilkies ³⁾	3 - 5, u.U. 6		GW/GU/GU*/GT/X	F 1 - F 3 ²⁾	
Steine/Blöcke ³⁾⁴⁾	5 - 6, u.U. 7		A (X/Y), X/Y	F 1	

Tabelle 8: Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen, Frostklassen;

¹⁾ bei Wassersättigung bewegungsempfindlich

²⁾ abhängig vom Feinkornanteil

³⁾ Steingehalte > 30 Gew.-% mit mehr als 0,01 – 0,1 m³ Rauminhalt = Bk 6

⁴⁾ Steine über 0,1 m³ Rauminhalt = Bk 7

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

Erdarbeiten: Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Böden mittels ‘normalen’ Löffelbagger-Einsatzes möglich sein wird (überwiegend Bodenklassen 3 bis 4, Homogenbereich ERD 1).

Diese Aussage gilt nicht für ggf. im Untergrund befindliches Material in Stein-/Blockkorngröße wie z.B. ‘fluviatile Steine’ o.ä., welches aufgrund der Genese des Untergrundmaterials grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden kann.

Ebenso gilt diese Aussage nicht für ggf. im Untergrund befindliche, bislang unbekannte anthropogene Strukturen (Fundamente, Bodenplatten, Schächte, Kanäle, o.ä.).

Eine Aufnahme der Bodenklassen 6 und 7 in die Ausschreibung empfiehlt sich daher als Eventualposition für die Bergung von g.g. Grobmaterial. Die Bodenklasse 6 z.B. beinhaltet (neben leicht lösbarem Fels) auch vergleichbar schwer zu lösende Bodenarten und Aushubmassen mit Steinanteilen (Korndurchmesser > 63 mm) von mehr als 30 %. Bodenklasse 7 z.B. beinhaltet (neben Fels) auch Blöcke mit einem Kugeldurchmesser > 0,6 m (> 0,1 m³ Rauminhalt).

Erläuterung Tabelle 8

nach DIN 18 300	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 vergl. Bodenarten schwer lösbarer Fels
Homogenbereich	ERD 1 / VER 1:	Eigenschaften siehe Tabelle 9
nach DIN 18 196	A OU OH GW GU/GU* GT SE SU/SU* ST UL/UM TL/TM X/Y	Auffüllung Schluffe mit organischen Beimengungen grob- oder gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art weitgestufte Kies-Sand-Gemische Kies-Schluff-Gemische Kies-Ton-Gemische enggestufte Sande Sand-Schluff-Gemische Sand-Ton-Gemische leicht / mittelpastische Schluffe leicht / mittelpastische Tone Steine / Blöcke
nach ZTVE-StB	F 1 F 2 F 3	nicht frostempfindlich gering bis mittel frostempfindlich sehr frostempfindlich

4.5 Homogenbereiche gem. VOB Teil C

Die Festlegung von Homogenbereichen (Tabelle 9) erfolgt für das Gewerk 'Erdarbeiten' gem. DIN 18 300: 2019-09 im Hinblick auf die anzusetzende **Geotechnische Kategorie GK 2**. Für das gegebenenfalls auszuführende Gewerk 'Verbauarbeiten' gem. DIN 18303:2016-09 gelten die Angaben analog. Grundlage ist der Einsatz eines ausreichend starken Baggers zur Bodenlösung. Sollten diesbezüglich andere Gerätschaften oder Verfahren zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung gebeten, um die Homogenbereiche entsprechend anpassen zu können.

Kennwert / Eigenschaft	Gewerke 'Erdarbeiten' + 'Verbauarbeiten'
	Homogenbereiche ERD 1 + VER 1
Kornverteilung (Körnungsband)	siehe Anlage 3.1 zzgl. Stein-/Bockanteil
Definition v. Steinen + Blöcken	u.U. Bauschutt, Flusststeine
Anteil Steine und Blöcke	< 20 % (Schätzung)
Anteil große Blöcke	< 2 % (Schätzung)
Mineral. Zusammensetzung der Steine und Blöcke	Tonmergelstein, u.U. granitoide Gesteine
Dichte	$\rho_s = 2,65 - 2,85 \text{ g/cm}^3$ (Korndichte)
Kohäsion	$\leq 10 \text{ kN/m}^2$ bzw. n.b.
undrainierte Scherfestigkeit	$\leq 150 \text{ kN/m}^2$ bzw. n.b.
Sensitivität	n.b.
Wassergehalt	~ 3 - 35 % bzw. n.b.
Konsistenz	~ weich bis steif-halbfest bzw. n.b.
Konsistenzzahl	~ 0,4 - 1,2 bzw. n.b.
Plastizität	gering bzw. n.b.
Plastizitätszahl	~ 0,10 - 0,35 bzw. n.b.
Durchlässigkeit	ca. $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$
Lagerungsdichte D	~0,25 bis ~0,65 bzw. n.b.
Kalkgehalt	n.b.
Sulfatgehalt	n.b.
Organischer Anteil	$\leq 10 \%$ (Schätzung)
Abrasivität	kaum abrasiv - schwach abrasiv (LAK 50-250 g/t)
Bodengruppen	UL, UM, TL, TM, GW, GU, GU*, GT, SE, SU, SU*, ST, X, Y
Ortsübliche Bezeichnung	Fluviatilablagerungen

Tabelle 9: Kennwerte Homogenbereiche ERD 1 + VER 1 (Abgrenzung: Tab. 8);
n.b.: nicht bestimmbar

5.0 Orient. Hinweisgebungen zur Baudurchführung

Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorliegenden Detailplanung soll an dieser Stelle eine orientierende, überschlägige (Baugrund-) Beurteilung des zu untersuchenden Areals vorgenommen werden. **Diese orientierende Untersuchung ersetzt keine detaillierte Einzelprojekt-Baugrunduntersuchung.** Die Hinweisgebungen gliedern sich in die drei Bereiche Wohngebäudebau, Kanalbau und Straßenbau.

5.1 Wohngebäudebau

Dem AN liegt keine Information über eine Bauweise mit oder ohne Unterkellerung vor. Grundsätzlich ist die Aussage zu treffen, dass sowohl Wohngebäudeerrichtungen mit als auch ohne Unterkellerung möglich sind.

Es sei vorab angemerkt, dass es sich bei dem im Untersuchungsgebiet vorgefundenen Untergrund um einen ortsüblichen Baugrund handelt.

Annahme Gründungshöhen: Bezüglich des Gebäudebaus wird bei einer Unterkellerung eine übliche Gründungsebene auf ca. 3,3 m u. GOK (= Unterkante KG-Sohlplatte) und bei einer Nichtunterkellerung eine Gründungsteufe von ca. 0,3 m u. GOK (= Unterkante EG-Bodenplatte) angenommen.

Ebenso wird eine geringe ortsübliche Heraushebung der Oberkante Fertigfußboden des Erdgeschosses (OKFF EG) über die aktuelle GOK angenommen (ca. 15 cm).

Die frostfreie Gründung ist in der Frosteinwirkungszone I ab 0,8 m unter zukünftiger Geländeoberkante möglich.

Bei Vorlage konkreter Planungsunterlagen müssen die aus den Annahmen abgeleiteten ingenieurgeologischen Hinweisgebungen ggf. angepasst / ergänzt werden.

Innerhalb des Gründungs-/Lastabtragsniveaus werden folgende Baugrundverhältnisse erwartet:

- Nichtunterkellerung: Nach Abzug der flächig anstehenden organischen Oberböden bis im Mittel ca. 0,51 m u. GOK (teils bis 0,90 m u. GOK) stehen locker gelagerte Fluviatilsande an, die keine unmittelbare Gründungseignung besitzen. Es werden bodenverbessernde Maßnahmen in Form eines Bodenaustauschs notwendig. Es bietet sich der Lastabtrag über eine elastisch gebettete und bewehrte Bodenplatte auf einem Schotterpolster aus Güteschotter an (Plattengründung). Zur frostfreien Gründung der Bodenplatte ist ein Schotterpolster (Mindestgüte: Frostschuttschicht) bis mindestens 0,8 m unter zukünftiger GOK notwendig. Bei angenommenen Gründungshöhen entspricht dies einem ca. 0,50 m mächtigen Schotterpolster.
- Unterkellerung: Auf angenommenem UK-KG-Sohlplattenniveau von ca. 3,30 m u. GOK stehen locker bis mitteldicht gelagerte Sande sowie weich-steif konsistente Fluviatilschluffe an. Zur Gründung über eine elastisch gebettete Bodenplatte ist eine mind. 0,5 m mächtige Ausgleich- und Sauberkeitsschicht aus Güteschotter unter der Bodenplatte einzubringen.
- Grundwasser bzw. 'zusammenhängende Untergrundfeuchte' konnte an den Untersuchungstagen bei i.M. 0,91 m u. GOK bzw. +74,31 m NHN gelotet werden. Der Bemessungswasserstand für den Faktor Grundwasser ist in Höhe der aktuellen mittleren GOK (+75,22 m NHN) anzusetzen (unter Ausklammerung von Hochwasser-/Extremereignissen).
Eine Nässebeeinflussung der Unterflurbauteile ist durch bauliche Maßnahmen zu verhindern. Erdberührte Bauteile sind gemäß DIN 18 533 Lastfall W2.1-E ('mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe') bzw. W2.2-E ('hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Wassersäule') abzudichten. Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die 'Expositionsklassen für Betonbauteile' zu berücksichtigen. Von statischer Seite ist entsprechend dem Bemessungswasserstand der Faktor Auftrieb zu berücksichtigen.

Kurzfassung: Bei vorliegenden Untergrundverhältnissen wird gutachterlicherseits sowohl bei einer Nichtunterkellerung als auch bei einer Unterkellerung der Lastabtrag über eine elastisch gebettete und bewehrte Bodenplatte auf einem Schotterpolster aus Güteschotter angeraten (Plattengründung). Individual-Baugrunduntersuchungen werden angeraten. Es sollte für jedes Plangebäude eine einheitliche Gründung auf dem Fluvialsand oder -schluff angestrebt werden.

Für die Plattengründung sollte zunächst ein Erdplanum bis mind. 0,5 m unter Unterkante Bodenplatte abgeschoben werden. Restmächtigkeiten organischer und aufgeweichter Böden sind zusätzlich aufzunehmen. Nach einer ingenieurgeologischen Abnahme des Erdplanums sollte zunächst die Auflage eines Geotextils erfolgen. Durch das Geotextil wird nachweislich die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit des Güteschotters erhöht. Anschließend kann das mind. 0,5 m große Massendefizit lagig aufgebaut und (dynamisch) verdichtet werden. Auf dem nachweislich verdichteten Schotterpolster kann die elastische Bettung der Bodenplatte erfolgen.

In Abhängigkeit der Grundwassersituation zum Zeitpunkt der Baumaßnahme und dem entsprechenden Bauvorhaben (Unterkellerung / Nichtunterkellerung) kann eine bauzeitliche Grundwasserabsenkung bis mind. 0,5 m unter tiefster Aushubsohle notwendig werden.

Zudem ist im Falle einer Unterkellerung ggf. ein Verbau einzukalkulieren / einzusetzen.

Allgemeine Maßnahmenvorschläge

Zeitliche Durchführung der Tiefbau- und Gründungsarbeiten: Die Auskofferungs- und Erdplanumsarbeiten sollten möglichst während einer trockenen Wetterlage durchgeführt werden, um keine Aufweichung der bindigen Böden sowie keine erhöhten Grundwasserstände und einen daraus resultierenden bautechnischen Mehraufwand zu riskieren. Bei Starkregenereignissen und Schneefall sowie während anhaltender Frostperioden sind Stillstandzeiten einzukalkulieren.

Aushub: Sehr wichtig ist, dass der gründungsrelevante Boden durch den Aushub nicht in seiner natürlichen Lagerung gestört wird. Daher muss die Ausschachtung mit einer Baggerschaufel ohne Zähne ('Schneidbestückung' / 'Flachlöffel') ohne Auflockerungen durchgeführt werden. Es sollte bei der Auskofferrung rückschreitend und beim Schottereinbau 'vor-Kopf' gearbeitet werden, um die Baufläche nicht durch Fahrzeugbefahrung zu zerstören. Bindige Böden auf Aushubniveau dürfen nicht nachverdichtet werden und sollten nicht befahren werden. Es sollte ausschließlich ein Minibagger auf Schotter innerhalb der Baugrube verkehren. Dynamische Belastungen sind zu vermeiden. Aufgrund der Nässesensibilität ist der z.T. bindige Boden nach Freilegung und Abnahme unmittelbar mit Schotter anzudecken. Störungen der natürlichen Lagerung sowie Aufweichungen sind aufzunehmen und durch Schotter zu ersetzen.

Ver- und Entsorgungsleitungen: Alle örtlichen Ver- und Entsorgungsleitungen sind im weiteren Verlauf der Arbeiten zu schützen. Sofern Bereiche von Leitungen überbaut werden sollen, sind gefährdete Leitungen zu sichern oder umzulegen.

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

Komplette Entfernung der 'Mutterböden' und potenzieller sonstiger oberflächen-naher organischer Böden sowie Aufweichungen und Auffüllungen. Wichtig ist die sorgfältige Kontrolle des Geogenplanums auf deutliche Aufweichungen sowie deren vollständige Entfernung im Rahmen einer ingenieurgeologischen Abnahme des Erdplanums.

Wasserhaltung: Der Grundwasserflurabstand betrug an den Untersuchungstagen (25.-27.04.2022) zwischen 0,70 m bis 1,10 m u. GOK (= +74,07 m NHN bis +74,54 m NHN). Es existiert ein Grundwasser-Anstiegspotenzial. Je nach Planung

und Zeitpunkt der Baumaßnahme(n) kann/wird eine bauzeitliche Grundwasserabsenkung notwendig werden.

Die aktuellen Grundwasserstände sollten in jedem Fall vor dem Maßnahmenstart in einem Baggerschurf o.ä. gelotet werden. Den dabei gewonnenen Erkenntnissen entsprechend sollten die Maßnahmen ggf. kurzfristig angepasst werden.

Im Fall einer Nichtunterkellerung wird bei Verhältnisse wie an den Untersuchungstagen bereichsweise eine 'geschlossene Wasserhaltung' notwendig sein (s.u.). Zum Ende einer länger niederschlagsarmen und verdunstungsintensiven Sommerperiode liegen ggf. niedrigere Grundwasserstände vor, sodass bei einer Nichtunterkellerung eine 'offene' bzw. 'verstärkt offene Wasserhaltung' ausreichend sein kann. Die aktuellen Grundwasserstände sind vor dem Maßnahmenstart zu erkunden. Der Einsatz einer 'geschlossenen Wasserhaltung' ist einzukalkulieren.

Im Fall einer Unterkellerung wird aufgrund der Untersuchungsergebnisse von einer Grundwasserbeeinflussung der Baugrube ausgegangen, sodass der Einsatz einer geschlossenen Wasserhaltung in Form einer Vakuum-Filteranlage sowie eine zusätzliche 'offene Wasserhaltung' (s.u.) bauzeitlich und vorlaufend notwendig wird.

Das vorhandene Grundwasser muss bis mindestens 0,5 m unter (tiefster) Aushubsohle bauzeitlich abgesenkt werden. Ausgehend von einem Aushubniveau von ca. 3,8 m u. GOK (OK Erdplanum / UK Schotter) wird eine Absenkung bis mindestens ca. 4,3 m u. GOK notwendig werden. Bei Verhältnissen wie an den Untersuchungstagen werden somit Absenkhöhen von bis zu ca. 3,6 m zu gewährleisten sein.

Bei den vorliegenden Bodenverhältnissen wird eine vorlaufende Entwässerung / Grundwasserabsenkung durch eine Vakuum-Filteranlage angeraten (baugruben-umlaufend). Aufgrund der bindigen Schluff-Einschaltungen müssen die Filterlanzen voraussichtlich gebohrt und nicht gespült werden.

Neben der reinen Grundwasserabsenkung erfolgt auch eine Sicherung der Baugrube gegen plötzliche niederschlagsbedingte Wasserzutritte sowie eine Stabilisierung der lastabtragenden Sande und Schluffe. Insbesondere muss hier ein hydraulischer Grundbruch verhindert werden.

Gutachterlicherseits sei angemerkt, dass sich durch die wechselnden Feinkornanteile im Untergrund (stark) unterschiedliche Durchlässigkeiten der Böden ergeben (können). In den erbohrten Sanden ist mit (sehr) hohen Durchlässigkeiten ($k_f \sim 10^{-4} - 10^{-5} \text{ m/s}$) zu rechnen. Die Fluvatilschluffe werden hingegen (sehr) geringe Durchlässigkeiten ($\sim 10^{-7} - 10^{-8} \text{ m/s}$) besitzen. **Aufgrund der wechselnden Feinkornanteile sind die**

vorgefundenen Böden hinsichtlich der Wasserabsenkung als eindeutig ‘schwierige Böden’ zu klassifizieren. Es sollte die Verwendung von sog. ‘Oto-Filtern’ geprüft werden. Die Einbindetiefe der Lanzen bedarf der Spezifizierung durch den Absenker.

Aufgrund der teils starken Durchlässigkeit der Sande und der u.U. großen Absenkhöhe ist von erheblichen anfallenden Wassermengen bei Maßnahmenstart und im quasistationären Zustand auszugehen. Somit sollten ergänzend Pumpensümpfe (‘offene Wasserhaltung’) im Zentralbereich eingeplant werden, um die ‘geschlossene Wasserhaltung’ (Vakuum-Filterlanzen) zu unterstützen.

Die unterschiedlichen Durchlässigkeiten müssen bei der Planung der Absenkanlage berücksichtigt werden. Das gesamte Lanzenprofil muss ‘saugend’ ausgebildet sein, um im Falle von intensiven Niederschlagsereignissen und damit einhergehenden GW-Anstiegen auch das gesamte Profil zuverlässig entwässern zu können.

Die Lanzen binden bei einer Unterkellerung ganz überwiegend in den Fluvatilsand unterhalb von Lehm-Einschaltungen ein. Die oberhalb liegenden Lehme wirken dabei als ‘Grundwasser-Nichtleiter’ bzw. ‘Grundwasser-Stauer’ und werden nicht zuverlässig entwässert werden. **Ergänzend zur ‘geschlossenen Wasserhaltung’ wird daher eine ‘offene Wasserhaltung’** zur Abführung des Grund-/Stau-/Schichtenwassers der Lehme notwendig.

Es muss das gesamte Bodenprofil zuverlässig entwässert werden. Detailfestlegungen müssen vom Absenker vorgenommen werden. Lanzenabstand, Vakuumdruck und Vorlaufzeit sind von der ausführenden Firma zu bestimmen, da diese Faktoren geräteabhängig sind. Den angefragten Firmen sollte für die Angebotserstellung das Gutachten zur Verfügung gestellt werden. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens ist letztlich Sache des Auftragnehmers.

Die Lanzen benötigen eine ausreichend lange Vorlaufzeit und müssen permanent und ausfallgesichert bis Rohbaufertigstellung und ausreichendem Gegendruck in Betrieb bleiben. Die baugrubenumlaufenden Lanzen müssen durchgängig einen ‘geschlossenen’ Ring um das Baufeld bilden.

Bezüglich der Einleitung der bei der GW-Absenkung anfallenden Wässer in den Kanal und/oder ein offenes Gewässer ist die Erlaubnis bei den STADTWERKEN LIPPSTADT bzw. bei der UNTEREN WASSERBEHÖRDE des KREIS SOEST zu beantragen.

Die absenkende Firma hat zu gewährleisten, dass durch die absenkenden Maßnahmen keine schädigenden Auswirkungen (Setzungen) an Nachbarbauwerken eintreten. Die Grundwasserabsenkung sollte nicht länger als unbedingt notwendig betrieben werden.

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

Böschchen / Verbau: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubenteufen $> 1,25$ m geböscht oder verbaut werden. Das vorliegende Lockergestein kann im entwässerten Zustand unter einem maximalen Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ geböscht werden. Wasser-gesättigte Böden dürfen nicht geböscht werden und erfordern einen Verbau nach DIN 4124. Es wird davon ausgegangen, dass im Bereich der Baugruben ein umlaufendes Böschchen möglich ist. Böschungen sind mittels windgesicherter Folie vor Witterungseinflüssen zu schützen. Auf in ausreichender Breite (≥ 2 m) 'lastfrei' zu haltende Böschungs-Oberkanten wird hingewiesen (ausreichender Kran-Abstand, keine Material-Lagerung / Haufwerke / Mieten, etc.).

Sollte ein Böschchen unter Einhaltung des mind. einzuhaltenden Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ nicht möglich sein, ist die Baugrube zu verbauen. Hierzu können maßnahmenbezogene Empfehlungen nachgereicht werden.

Ingenieurgeologische Abnahme: Nach Freilegung des Erdplanums (Bodenplattenbereich) sowie nach Auskoffnung der Baugruben sollte eine ingenieurgeologische Abnahme erfolgen, um die exakten Bodenverhältnisse zu bestimmen sowie die vorgeschlagenen Gründungsmaßnahmen den konkreten Verhältnissen anzupassen. Insbesondere ist die ausreichende Konsistenz / Lagerungsdichte der Böden zu überprüfen. Ggf. sind angepasste Maßnahmen vorzunehmen. Bei der Ausführung der Gründungsarbeiten sind die örtlichen Baugrundverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Voruntersuchungen zu überprüfen.

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

Die zulässigen Materialien werden gutachterlicherseits auf diejenigen der nach DIN 18 196 entsprechenden Bodengruppen GW, GI, SW, GU und GT beschränkt. Das verdichtungsfähige und volumenkonstante Material darf maximal einen bindigen Anteil

von 5 % aufweisen (Frostempfindlichkeitsklasse F 1). Der organische Anteil des Einbaumaterials darf 2-Massen% nicht überschreiten.

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

Geotextil: Vor dem Auftragen von Schotter als Arbeitsraumverfüllung und Bodenplattenunterbau sollte die Auflage eines Geotextils erfolgen (Vorschlag: Geotextilrobustheitsklasse GRK 3, mechanisch verfestigt, Flächengewicht ≥ 150 g/m², Stempeldurchdruckkraft $F_{P,5\%} \geq 1,5$ kN; Bemessungsfall AS 3/AB 2). Durch das Geotextil erfolgt eine Trennung von Erdplanum und aufzubringendem Schotter, was die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit des darüber aufzubauenden Schotterpolsters nachweislich erhöht.

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

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

Außenseitiger Horizontalüberstand: Der Einbau geeigneten Materials muss im außenseitigen Überstandsbereich erfolgen. Der Horizontalüberstand (Außenkante Bodenplatte - OK Abtreppung Auftragsmaterial zur Außenseite) muss mindestens der späteren Gesamtaufbauhöhe entsprechen. Das Auftragsmaterial sollte am außenseitigen Ende des Überstandes unter maximal 45° einfallen.

Frostsicherheit: Die frostfreie Gründung des Gebäudes kann in der Frosteinwirkungszone I ab 0,8 m unter zukünftiger GOK erfolgen. Bei gegebenen Gründungsvorschlägen über eine elastisch gebettete Bodenplatte auf einem ausreichend dimensionierten Schotterpolster bzw. einer geplanten Unterkellerung existiert bereits eine ausreichende Frostsicherheit der Gründungsebene.

Verdichtungsprüfungen: Die ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) vor Gründung kontrolliert werden. Auf der OK des ordnungsgemäß eingebauten Güteschotters sollten Plattendruckversuche ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 70 - 80 \text{ MPa}$ nachweisen (abhängig von der statischen Forderung).

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: Die Oberböden, sonstige organische und bindige Böden sowie enggestufte Sande sind unbehandelt generell nicht wiedereinbaueeignet. In Bereichen zukünftiger Straßen- oder Wegenutzung und Stellplatznutzung sowie setzungsempfindlichen Bereichen sollte ein verdichtungsfähiges Mineralgemisch eingebaut werden.

Der anfallende gering verlehmt Sand kann bei einer noch nachzuweisenden Einstufung nach LAGA_{BodenZ0} bzw. behördlicher Zustimmung wiedereingebaut werden. Die Sande sollten aufgrund der engen Stufung in Mischung mit Schotter (1:1 bis 1:2) wiedereingebaut werden, um eine Nachverdichtungseignung herzustellen.

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

Diese Anmerkung gilt zunächst unabhängig von einer noch nachzuweisenden chemischen Wiedereinbauzulässigkeit.

Trockenhaltung der Bauwerke: Eine Beeinflussung der Unterflurbauteile durch Grund-/Stau-/Schichtenwasser ist durch bauliche Maßnahmen zu verhindern. Ausgehend von einer periodischen bis permanenten Beeinflussung der Bodenplatten durch Grund-, Stau- und Schichtwasser sollten diese entsprechend DIN 18 533 Lastfall W2.1-E ('mäßige Einwirkung von drückendem Wasser $\leq 3 \text{ m}$ Eintauchtiefe') bzw. W2.2-E ('hohe Einwirkung von drückendem Wasser $> 3 \text{ m}$ Wassersäule') abgedichtet werden. Bemessungswasserstand für den Faktor Grundwasser gemäß DIN 18 533 ist die aktuelle mittlere GOK (am 25.-27.04.2022). Unabhängig hiervon sollten die Hinweise der DIN 18 195 ('Bauwerksabdichtung') beachtet werden. Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die 'Expositionsklassen für Betonbauteile' zu berücksichtigen. Von statischer Seite ist der Faktor Auftrieb zu berücksichtigen.

Höhengleiche Gründung: Grundsätzlich sind anbindende Gebäudebereiche (Wohnhaus/Bestand/Garage/Carport o.ä.) höhengleich zu gründen. Seitliche Lasteinträge sind zu vermeiden bzw. von statischer Seite zu bemessen und konstruktiv zu bewerten. Im Anbindebereich sollte eine ausreichend dimensionierte Trennfuge eingebracht werden um Setzungsunterschiede kompensieren und Knickmomente vermeiden zu können.

Gründungsempfehlung: Plattengründung

Bei den dargestellten Untergrundverhältnissen wird seitens des AN sowohl bei einer geplanten Unterkellerung (U) als auch einer Nichtunterkellerung (NU) die Gründung über eine elastisch gebettete Bodenplatte angeraten.

Es wird folgender möglicher Ablauf zur Bodenplattengründung vorgeschlagen:

- Für die Plattengründung sollte zunächst ein Erdplanum bis 0,8 m u. GOK (NU) bzw. bis 3,8 m u. GOK (U) abgeschoben werden.
- Durch eine ingenieurgeologische Abnahme sollten die Verhältnisse auf dem Erdplanum auf Übereinstimmung mit den Voruntersuchungen überprüft werden.
- Restmächtigkeiten von organischen und aufgeweichten Böden sind zusätzlich aufzunehmen und durch Güteschotter zu ersetzen.
- Auflage eines Geotextils auf das Erdplanum (Güte: GRK 3; s.o.). Dieses sollte seitlich bis OK Güteschotter 'hochgezogen' werden. Das Vlies bewirkt eine Trennung von Erdplanum und dem weiteren Auftragsmaterial und erhöht nachweislich die Verdichtbarkeit und Langlebigkeit der Schotterung.
- Unter der Bodenplatte sind anschließend mind. jeweils 0,5 m (NU/U) **Güteschotter** (Beschaffenheit s.o.) zur Homogenisierung des Untergrundes und Bettung der Bodenplatte lagig einzubauen und ordnungsgemäß zu verdichten.
Das Verdichtungsgerät ist AN-seits derart auszuwählen, dass ein konsistenzverringender Schwingungseintrag in die bindigen Böden auszuschließen ist.
- Geeignetes Material ist im deutlichen Überstand einzubauen, so dass der Lastabtragswinkel von 45° gewährleistet ist.
- Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (statische Lastplattendruckversuche gem. DIN 18134) vor Gründung kontrolliert werden (Forderung Gründungsplanum auf OK Schotter: **$E_{v2} \geq 70 - 80 \text{ MPa}$**).
- Auf dem nachweislich verdichteten Schotterpolster kann die elastische Bettung der Bodenplatte erfolgen.

Bodenpressung / Bettungsmodul (Bodenplatte: Angaben der Eingangsparameter für die FEM-Berechnung): Die Berechnung der Fundamentplatten sowie der Setzungen und Sohldruckverteilung im Fall einer Unterkellerung sowie der Nichtunterkellerung 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 Tabelle 7), 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.

Bei g.g. orientierenden Setzungsberechnungen mit dem Programm GGU-Footing wird für die Einflussbreite an der Unterkante der Gründungsplatte eine 'Ersatzfläche' angesetzt (15,0 x 1,0 m). G.g. Länge von 15,0 m stellt die angenommene längste Wandscheibe dar. **Es ist jeweils innerhalb der Einzelparzellen zu überprüfen, ob die den Setzungsberechnungen zugrunde gelegten Annahmen zutreffen.**

Die charakteristische (maximale) Beanspruchung des Baugrundes wird auf Grundlage von Erfahrungswerten zunächst auf $\sigma_{R,d} = 200 \text{ kN/m}^2$ begrenzt ($\sigma_{E,k} \sim 140 \text{ kN/m}^2$) und sollte ohne Rücksprache mit dem IB KLEEGRÄFE keinesfalls überschritten werden.

Das Geotextil ist rechnerisch nicht erfasst. Ein Ansatz von Untergrundnässe erfolgt auf Basis der Untersuchungsergebnisse.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind der Tabelle 10a (Nichtunterkellerung) und 10b (Unterkerllung) zu entnehmen.

charakteristische Beanspruchung $\sigma_{E,k}$ Nichtunterkellerung (NU)	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul k_s
$\sigma_{E,k} \sim 140 \text{ kN/m}^2$ 0,5 m Schotterpolster	1,0 x 15,0 m	ca. 1,63 cm	8,6 MN/m ³

Tabelle 10a: Orient. Setzungsberechnungen zum Erhalt eines Eingangs-Bettungsmodul für eine geplante Nichtunterkellerung (**EG-Bodenplatte**)

Bei den genannten Setzungen handelt es sich um die Gesamtsetzungen, welche in dem relevanten Baugrund innerhalb gleichartig gegründeter Bauteile ohne größere Setzungsunterschiede auftreten. Die Setzungsdifferenzen werden rechnerisch nicht > 1,0 cm betragen, was in der Regel nicht zu einer Überbeanspruchung der Bauwerkskonstruktion führt.

Bettungsmodul-Nichtunterkellerung: Es sollte zunächst ein Bettungsmodul von $k_s = 7,5 \text{ MN/m}^3$ angenommen werden. Da der Bettungsmodul anhand der tatsächlich anfallenden Lasten berechnet wird, ist der angegebene Wert lediglich als Einstiegsgröße für die weiteren statischen Berechnungen nach der 'Finite-Elemente-Methode' zu sehen.

charakteristische Beanspruchung $\sigma_{E,k}$ Unterkellerung (U)	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul k_s
$\sigma_{E,k} \sim 140 \text{ kN/m}^2$ 0,5 m Schotterpolster Erdplanum: Lehm	1,0 x 15,0 m	ca. 2,45 cm	5,7 MN/m^3
$\sigma_{E,k} \sim 140 \text{ kN/m}^2$ 0,5 m Schotterpolster Erdplanum: Sand	1,0 x 15,0 m	ca. 0,63 cm	22,2 MN/m^3

Tabelle 10b: Orient. Setzungsberechnungen zum Erhalt eines Eingangs-Bettungsmodul für eine geplante Unterkellerung (**KG-Sohlplatte**)

Bei den genannten Setzungen handelt es sich um die Gesamtsetzungen, welche in dem relevanten Baugrund innerhalb gleichartig gegründeter Bauteile ohne größere Setzungsunterschiede auftreten.

Bei einer einheitlichen Gründung auf Lehm oder Sand werden die Setzungsdifferenzen rechnerisch nicht > 1,5 cm betragen, was in der Regel nicht zu einer Überbeanspruchung der Bauwerkskonstruktion führt.

Bei einer Gründung der Bodenplatte auf Lehm und Sand können die Setzungsdifferenzen > 1,5 cm betragen.

Bettungsmodul-Unterkellerung: Es sollte zunächst ein Bettungsmodul von $k_s = 5 \text{ MN/m}^3$ (bei einer Gründung auf Lehm) bzw. $k_s = 20 \text{ MN/m}^3$ (bei einer Gründung auf Sand) angenommen werden. Da der Bettungsmodul anhand der tatsächlich anfallenden Lasten berechnet wird, ist der angegebene Wert lediglich als Einstiegsgröße für die weiteren statischen Berechnungen nach der 'Finite-Elemente-Methode' zu sehen.

5.2 Kanalbau

Im Zuge der Erschließung des Wohngebietes wird die Installation von Schmutzwasser- und vermutlich Regenwasserkanälen geplant / vorgesehen werden. Dem IB KLEEGRÄFE liegen keine Informationen über geplante Ausbautiefen oder Durchmesser der Kanäle vor.

Es wird daher zunächst eine Verlegung in offener Bauweise in einer Verlegetiefe von ca. 1,0 m bis 2,0 m unter GOK angenommen. Es folgen Hinweisgebungen zum Einbau von Steinzeugrohren (o.ä.) und Betonrohren. Sollten diesbezüglich konkrete / geänderte Planunterlagen vorliegen wird um Mitteilung zwecks Empfehlungsanpassung gebeten.

Boden- und Grundwasserverhältnisse Plankanäle: Bei einer angenommenen Verlegetiefe der Kanäle von ca. 1,0 m bis 2,0 m u. GOK stehen überwiegend locker gelagerte Fluviatilsande an. Dieser Profilbereich wird von Böden der Bodenklasse 3-4, ggf. 2 geprägt ('Löffelbaggereinsatz'). Es werden Bodenverbesserungen notwendig. Bei den zu erreichenden Aushubtiefen wird mit einer permanenten Grundwasserbeeinflussung der Kanalgräben/Schachtbauwerke gerechnet.

Hinweisgebungen zum Kanalbau

Zeitliche Durchführung der Tiefbau- und Gründungsarbeiten: Die Auskofferungs- und Gründungsarbeiten sollten möglichst während einer trockenen Wetterlage/-periode im Sommer durchgeführt werden, um keine Aufweichung der bindigen Böden sowie keine erhöhten Grundwasserstände und einen daraus resultierenden bautechnischen Mehraufwand zu riskieren. In niederschlagsintensiven Perioden sollten Stillstandszeiten einkalkuliert werden.

Wasserhaltung: Das vorhandene Grundwasser muss bis mindestens 0,5 m unter (tiefster) Aushubsole bauzeitlich abgesenkt werden. Ausgehend von einem Aushubniveau von ca. 2,15 m u. GOK (OK Erdplanum / UK Bettungsschicht, ohne Untergrundverbesserung) wird eine Absenkung bis mindestens ca. 2,65 m u. GOK notwendig werden. Bei Verhältnissen wie an den Untersuchungstagen werden somit Absenkhöhen von bis zu ca. 1,95 m zu gewährleisten sein.

Bei den vorliegenden Bodenverhältnissen wird eine vorlaufende Entwässerung bzw. Grundwasserabsenkung durch eine Vakuum-Filteranlage angeraten (baugrubenumlaufend). Neben der reinen Grundwasserabsenkung erfolgt auch eine Stabilisierung der lastabtragenden Fluviatilsande. Insbesondere muss hier ein hydraulischer Grundbruch verhindert werden.

Die Einbindetiefe der Lanzen bedarf der Spezifizierung durch den Absenker. Es muss das gesamte Bodenprofil zuverlässig entwässert werden. Detailfestlegungen müssen vom Absenker vorgenommen werden. Lanzenabstand, Vakuumdruck und Vorlaufzeit sind von der ausführenden Firma zu bestimmen, da diese Faktoren geräteabhängig sind. Den angefragten Firmen sollte für die Angebotserstellung das Gutachten zur Verfügung gestellt werden.

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

Es sollten immer nur kurze Trassenabschnitte abgesenkt werden.

Ob beidseitig des Kanalgrabens Vakuumlanzen eingespült werden sollten, ist von der ausführenden Firma zu konkretisieren. Von großer Wichtigkeit ist eine ausreichende Vorlaufzeit der Vakuumanlage.

Die Lanzen benötigen eine ausreichend lange Vorlaufzeit und müssen permanent und ausfallgesichert bis Rohbaufertigstellung und ausreichendem Gegendruck in Betrieb bleiben.

Bezüglich der Einleitung der bei der GW-Absenkung anfallenden Wässer in den Kanal und/oder ein offenes Gewässer ist die Erlaubnis bei den STADTWERKEN LIPPSTADT bzw. bei der UNTEREN WASSERBEHÖRDE DES KREIS SOEST zu beantragen.

Die absenkende Firma hat zu gewährleisten, dass durch die absenkenden Maßnahmen keine schädigenden Auswirkungen (Setzungen) an Nachbarbauwerken eintreten. Die Grundwasserabsenkung sollte nicht länger als unbedingt notwendig betrieben werden.

Auftriebssicherheit: Aufgrund der bei herkömmlichen Gründungsteufen permanenten Lage der Kanäle unterhalb des Bemessungswasserstandes (Bemessungswasserstand aktuelle mittlere GOK) sind die Kanäle gegen Auftrieb zu sichern.

Verbau / Böschchen: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubenteufen > 1,25 m geböscht / verbaut werden. Das vorliegende Lockergestein kann im entwässerten Zustand unter einem maximalen Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ geböscht werden. Böschungen sind mittels windgesicherter Folie vor Witterungseinflüssen zu schützen. Wassergesättigte Böden dürfen nicht geböscht werden und erfordern einen Verbau nach DIN 4124.

Vor allem im Straßenbereich wird ein Verbau zur Aushubminimierung empfohlen. Dort kann ein herkömmlicher Verbau nach DIN 4124 ('Normverbau' nach Wahl des AN)

eingbracht werden. Es existiert weitgehend die Möglichkeit eines Verbaus der entwässerten Böden mit herkömmlichen 'Grabenverbauplatten'. Es sollten immer nur relativ kurze Trassenabschnitte geöffnet werden.

Schneidbestückung / Bodenlösung: Die Lösung der Böden im geplanten Kanalgraben sollte soweit wie möglich mit einem Löffelbagger mit sog. 'Schneidbestückung' erfolgen, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden.

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

Gründung / Rohraufleger: Bei der Kanalverlegung sind die Vorgaben der DIN EN 1610 ('*Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen*') sowie das technische Merkblatt ATV/DVWK-A 139 ('*Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen*') zu beachten.

Als Regelausführung ist darin eine untere Bettungsschicht mit einer Mächtigkeit von mind. 100 mm bei herkömmlichen Bodenverhältnissen erforderlich. Ergänzend empfiehlt die ATV/DVWK-A 139 zwecks Vermeidung von Setzungen und Rohrschäden, dass die Bettungsschicht in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser grundsätzlich auf $a = 100 \text{ mm}$ plus $1/10 \text{ DN}$ bei 'normalen' Böden bzw. auf $a = 100 \text{ mm}$ plus $1/5 \text{ DN}$ bei felsigen Böden (DN in mm) erhöht wird.

Der AN empfiehlt somit einen homogenen Güteschotter-Unterbau (0/32 mm) in der Mindeststärke von $d = 0,15 \text{ m}$ (+ Untergrundverbesserung).

Bei Betonrohrdurchmessern von DN 200-600 ist eine Bettung aus verdichtungsfähigem Material mit einem Größtkorn von $< 40 \text{ mm}$ herzustellen (z.B. 0/32 mm Güteschotter). Erst ab Durchmessern größer DN 600 kann ein gröberes Größtkorn zugelassen werden. Die Bettungsschicht muss im Druckausbreitungswinkel des Kanals / Bauteils eingebracht werden (Mineralgemisch = 45°).

Bei Steinzeugrohren (o.ä.) wird eine Bettung in einem rundkörnigen Material mit geringeren Größtkorndurchmessern vorgesehen (0/8 Kies-Sand, ggf. auch 0/11).

Das eingebaute Material muss ordnungsgemäß verdichtet werden (Verdichtungsgrad: $> 97 \%$ Proctordichte).

Grundsätzlich sind Aufweichungen, Auffüllungen und potenzielle organische Böden nach Aushub aufzunehmen und gegen Schotter auszutauschen.

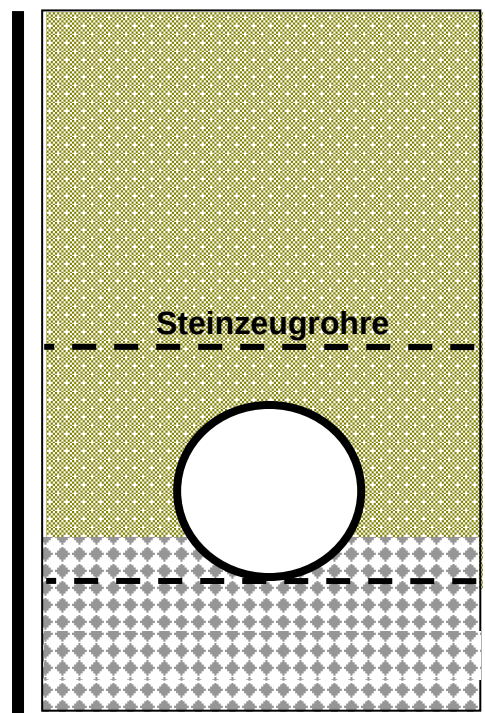
Die Bettungsschicht muss immer im Druckausbreitungswinkel des Kanals / Bauteils eingebracht werden (Mineralgemisch 45°). Der Sohlbereich sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden.

Die sogenannte '**Hauptverfüllung**' darf nach DIN EN 1610 keine Bestandteile mit einem Größtkorn von mehr als 300 mm enthalten oder Anteile deren Größtkorn die Dicke der Abdeckung 'c' oder die Hälfte der zu verdichtenden Schicht beinhalten.

Die empfohlenen Verfahren für die Verlegung des **Kanals** sind unten schematisch und unmaßstäblich skizziert:

OK Kanalgrabenverfüllung = UK RStO-Aufbau

verbauter
Kanalgraben



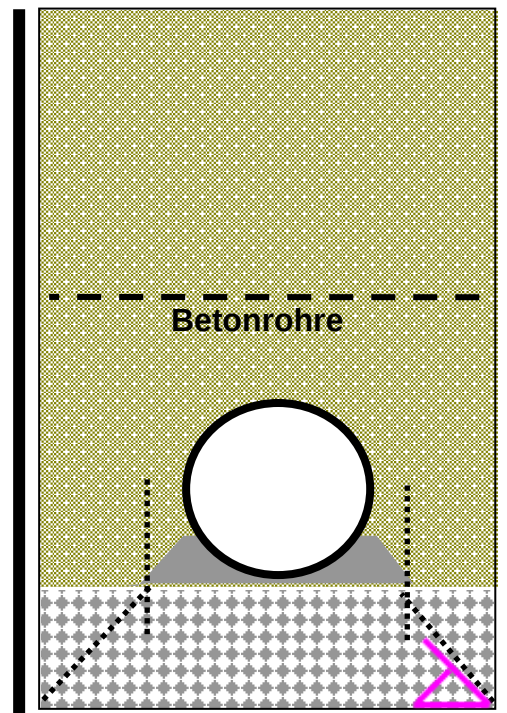
Hauptverfüllung:
grobkörniges Material
(Schotter, Bankette,
Vorabsiebung)

Rohrleitungszone
Kies-Sand 0/8
'obere Bettung' (b)
Kies-Sand 0/8
'untere Bettung' (a)
Kies-Sand 0/8

OK Kanalgrabenverfüllung = UK RStO-Aufbau

verbauter
Kanalgraben

Bauteil mit Fuß



Hauptverfüllung

z.B. Schotter, Bankette,
Vorabsiebung, o.ä.

**Rohrüberdeckung und
Seitenverfüllung**

Schotter 0/32

↑ Bettung plus
Untergrundverbesserung
↓ Schotter 0/32

45° Druckausbreitung

Gründung: Die Gründungsverhältnisse im Bereich des Plankanals werden aufgrund der ggf. zum Teil vorliegenden organischen Böden als gering bis stark verbesserungsbedürftig angesehen.

Für die Gründung im Bereich von mitteldicht gelagerten und organikfreien Sanden wird zur Homogenisierung des Lastabtragsbereichs eine Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht in einer Stärke von ca. 20 cm notwendig werden (Beschaffenheit 'Schotter' s.u.).

Aufweichungen und organische Böden sind vollständig aus dem Gründungsbereich zu entfernen und durch volumenkonstantes und verdichtungsfähiges Material zu ersetzen. Im Bereich von locker gelagerten Sanden sind bodenverbessernde Maßnahmen in deutlicherem Umfang einzukalkulieren. Die Gründung sollte hier auf ca. 30 cm Güteschotter erfolgen.

Sollten auf der Sohle der Rohrleitungsgräben organische Böden freigelegt werden, so besteht keine unmittelbaren Gründungseignung. Hier ist durch einen Bodenaustausch gegen Güteschotter eine tiefreichende Untergrundverbesserung durchzuführen. Gegebenenfalls kann auch der Einbau eines Geogitters bzw. einer Geogitter-Geotextil Kombination zur Untergrundstabilisierung als sinnvoll erachtet werden.

Die bodenverbessernden Maßnahmen sind abhängig von den tatsächlichen Untergrundverhältnissen im Bereich des Sohlniveaus und sollten im Zuge einer ingenieurgeologischen Abnahme vor Ort festgelegt sowie vorab in Versuchs- und Probefeldern konkretisiert werden (Mächtigkeit Schotterpolster, ggf. Einbau Geogitter).

Nachfolgend werden die vorzuschlagenden Maßnahmen für die Plantrasse tabellarisch kurz zusammengefasst (Tabelle 11).

Plankanal	
Wasserhaltung	geschlossene Wasserhaltung
Verbau	Normverbau (Gleitschienenverbau)
Gründung/Bettung	0/8 mm Kies-Sand (Steinzeugrohr) 0/32 mm Güteschotter (Betonrohr)
Leitungszone	Kies-Sand 0/8 mm (Steinzeugrohr) Güteschotter 0/32 mm (Betonrohr)
Grabenverfüllung	V 1-Material gem. ZTV-A StB
Verdichtung im Graben	dynamisch
Verdichtung im Oberbau	dynamisch

Tabelle 11: Maßnahmen für Plankanalverlegung in 'offener Bauweise'

Schotter-Material 0/32 mm: Das Auftragsmaterial zur Gründung bzw. das Ersatzmaterial bei einem Bodenaustausch sollte im Bereich des Betonkanals aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (z.B. 0/32 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 Schotterverdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 97 - 100 \%$ erfolgen.

Sollte ein Betonkanal geringfügig oberhalb eines Steinzeugkanals geplant werden, kann zur Vereinfachung anstelle eines 0/32 mm HKS-Kalksteinschotter ein Kies-Sand-Material 0/8 mm (s.u.) im Bereich des Betonkanals eingebracht werden.

Kies-Sand-Material 0/8 mm: Das Material für die untere/obere Bettung, die Seitenverfüllung und die Rohrüberdeckung im Bereich von Steinzeugrohren kann in der vorliegenden Maßnahme aus einem rundkörnigen, natürlichen Kies-Sand-Gemisch mit einem Größtkorn von 8 mm bestehen. Die Stärke der 'oberen Bettung' ist nach DIN EN 1610 in Abhängigkeit des örtlich verwendeten Rohrdurchmessers zu wählen.

Rohrleitungszone und Grabenverfüllung: Die Steinzeug-Kanäle verfügen typischerweise nicht über einen Fuß. Die Lagesicherung erfolgt hier zunächst über die 'obere Bettung'. Daneben sind ggf. gesonderte Anforderungen des Leitungsbetreibers zu berücksichtigen.

Unter Beachtung der oberhalb der Kanaltrasse verlaufenden Verkehrswege wird zur Vermeidung von späteren Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen empfohlen, den *Kanalgraben bzw. die Verfüllzone* mit einem raumbeständigen und verdichtungsfähigen Material (Verdichtbarkeitsklasse V1 gem. ZTV-A) zu verfüllen. In Frage für ein Mineralgemisch kommen hier z.B. Güteschotter, Vorabsiebungsmaterial, Bankettenmaterial bzw. Mischungen der vorgenannten Baustoffe.

Dieses Material ist lagenweise (0,3 m) einzubringen und mittels adäquater Verdichtungsgeräte zu verdichten. Bei der Verdichtung der Füllmaterialien sind gemäß ZTV-E-StB Proctordichten zwischen 97 und 98 % (bis 1 m unter Planum) und 100 % der einfachen Proctordichte (< 1 m unter Planum) einzuhalten.

Bodenpressung: Es sollte eine einheitliche max. Bodenpressung $\sigma_{zul.}$ auf dem Gründungsniveau von $\sigma_{E,k} = 150 \text{ kN/m}^2$ nicht überschritten werden, um lastinduzierte Gesamtsetzungen zu minimieren bzw. Setzungsunterschiede zu vermeiden.

Lagerungsdichteüberprüfung: Die Verdichtung des Gründungsplanums der (Schacht-)Bauwerke sollte vor den Gründungsarbeiten mittels (dynamischen) Plattendruckversuchen überprüft und kontrolliert werden. Es sollte hierbei in den Fundamentbereichen auf dem Gründungsniveau der Bauwerke für das Verformungsmodul ein Wert von $E_{v2} = 60\text{-}80 \text{ MPa}$ erreicht werden.

Die ausreichende Verdichtung der Grabenverfüllung sollte ebenfalls mittels (statischen) (Last-)Plattendruckversuchen und Rammsondierungen nachgewiesen werden.

Ingenieurgeologische Abnahme: Hierbei sollte eine Überprüfung der vorliegenden Bodenverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen erfolgen. Der ausreichend tragfähige Baugrund muss nachgewiesen werden. Bei Abweichungen von den Untersuchungsergebnissen kann kurzfristig eine Anpassung der zu treffenden Maßnahmen gegeben werden.

Wiedereinbaueignung von Böden: Aushubböden dürfen nur bei physikalischer und chemischer Eignung wieder eingebaut werden. Dies ist nachzuweisen. Es sollten nur chemisch unbedenkliche, volumenkonstante und verdichtungsfähige Böden in lastabtragenden Bereichen wieder eingebaut werden.

Organische Böden oder unaufbereitete bindige Böden können nicht in lastabtragenden oder setzungsempfindlichen Bereichen wieder eingebaut werden.

Sofern davon auszugehen ist, dass Bereiche auch weiterhin einer reinen Gartennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann ein chemisch unbedenkliches organisches oder bindiges Material dort wiederverfüllt werden. In diesem Fall ist mit Nachsackungen zu rechnen, welche nachgearbeitet werden müssen. Grundsätzlich kann nur Material in lastabtragenden Bereichen angebaut werden, welches eine ausreichende Verdichtungsfähigkeit besitzt.

5.3 Straßenbau

Planung: Es soll eine Wohnstraße innerhalb des Baugebietes errichtet werden. Diesbezüglich liegen dem AN keine Details vor.

Zugrundeliegende Richtlinie: *‘Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen’ - RStO 12* (FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement, Ausgabe 2012).

Einstufung Belastungsklasse (Annahme): Angaben zu den Belastungsklassen liegen nicht vor. Nach der RStO 12 ist die zu errichtende Straße vermutlich der Belastungsklasse *‘Wohnweg / Wohnstraße (unterer Bereich)’ (Bk0,3)* zugehörig. Sollte die Einstufung der Belastungsklasse nicht zutreffen, wird um Rückmeldung zwecks Empfehlungsanpassung gebeten.

Verhältnisse auf Planum: Die oberflächennah anstehenden aufgefüllten organischen Oberböden sind grundsätzlich vollständig aus dem Baufeld der Straßentrasse zu entfernen. Die darunter anstehenden Fluviatilsande führen z.T. einen geringen Anteil bindiger Komponenten und können in die Frostepfindlichkeitsklasse F 1 bis F 3 eingestuft werden. Auf der *‘sicheren Seite liegend’* sollte die Frostepfindlichkeitsklasse F 3 angesetzt werden (*‘sehr frostepfindlich’*). Nach der ZTVE-StB sind Frostschutzmaßnahmen somit grundsätzlich erforderlich.

Ausgangswert ist eine Stärke des frostsicheren Oberbaus von 50 cm (Bk0,3) im Bereich der Fahrstraßen.

Massendefizite sind durch volumenkonstantes, verdichtungsfähiges und frostfreies Material (Güteschotter) lagenweise aufzubauen und ordnungsgemäß zu verdichten.

Mehr-/Minderdicken gem. Tabelle 7 RStO 12: Das Areal wird in die Frosteinwirkungszone I gestellt. Es ergibt sich damit 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, bzw. nicht auszuschließen ist.

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

Es wird angenommen, dass Entwässerungseinrichtungen (über Abläufe und Rohrleitungen) bei der Planung der Straßenbaumaßnahme berücksichtigt werden. Diesbezüglich kann eine Minderdicke geltend gemacht werden. Sollte die Entwässerung der Fahrbahn lediglich über Mulden, Gräben bzw. Böschungen erfolgen, kann die g.g. Minderdicke nicht angesetzt 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 12: 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 sind.

➤ **Fahrstraße Bk0,3: 50 cm**

Fazit: Bei der Planstraße handelt es sich um eine Straße die als 'Wohnweg / Wohnstraße' vermutlich der Belastungsklasse Bk0,3 zuzuordnen ist. Nach der vollständigen Entfernung des organischen Oberbodens gründet die Straße einheitlich auf überwiegend gering verlehmtten Sanden, die 'auf der sicheren Seite liegend' in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 einzustufen sind ('sehr frostempfindlich'). Aufgrund dieser Rahmenbedingungen ist nach der RStO 12 eine Mindeststärke des frostsicheren Oberbaus von 50 cm zu bemessen.

Hinweise zur Errichtung im Vollausbau (Straßenbau)

Zeitliche Durchführung: Es wird angeraten, die Arbeiten in einer erfahrungsgemäß trockenen Witterungsperiode durchzuführen, um keine Aufweichung der bindigen Böden sowie keine erhöhten Grundwasserstände und einen daraus resultierenden bautechnischen Mehraufwand zu riskieren. Bei Starkregenereignissen und Schneefall sowie während anhaltender Frostperioden sind Stillstandzeiten einzukalkulieren.

Wasserhaltung: Grundwasser wurde an den Untersuchungstagen (25.-27.04.2022) nicht oberhalb der Trassensohle angetroffen. Bei Verhältnissen wie an den Untersuchungstagen wird die Vorhaltung bzw. der Einsatz einer 'offenen Wasserhaltung' ausreichend sein um ggf. anfallende Niederschlagswässer auffangen und abführen zu können.

Böschchen/Verbau: Nach DIN 4124 muss erst ab Baugrubenteufen > 1,25 m geböscht / verbaut werden. Die vorliegenden Böden können – sofern nötig und soweit sie in einem nicht wassergesättigten bzw. entwässerten Zustand vorliegen – bauzeitlich mit einem max. Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ geböscht werden.

Errichtung / Straßenaufbau: Zunächst sollte ein Erdplanum bis mind. ca. 0,50 m unter zukünftiger Straßen-Oberkante (RStO-Regelaufbau) + ggf. 0,15 m Untergrundverbesserung ausgehoben werden.

Nach Auskoffierung bis auf die benötigte Tiefe ist das Erdplanum ergänzend auf relevante organische Anteile oder Aufweichungen 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.

Zahnbestückung/Schneidbestückung: Die Herstellung eines Feinplanums (bzw. Planum der Untergrundverbesserung) sollte mit einem Löffelbagger mit sog. 'Schneidbestückung' erfolgen, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden.

Einbau eines Geotextils: Im gesamten Trassenbereich sollte zunächst die flächige Auflage eines Geotextils erfolgen um eine Umlagerung des Feinkornanteils zu unterbinden. Sinnvoll erscheint der Einbau eines Geotextils der Geotextilrobustheitsklasse GRK 5 (mechanisch verfestigt, Flächengewicht >300 g/m²; Stempeldurchdruckkraft > 3,5 kN).

Durch das Geotextil erfolgt eine Trennung von bindigem Erdplanum und aufzubringendem Schotter, was die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit des Schotters nachweislich erhöht.

Material-Straßenunterbau: Der Straßenunterbau / Frostschutzschicht / Material der Untergrundverbesserung 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; Mindestgüte 'Frostschutzschicht') 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.

Verdichtungsüberprüfungen und Unterbauverbesserung: Auf dem Erdplanum sind die nach RStO 12 geforderten Verformungsmoduln durch statische Verdichtungsüberprüfungen (statische Lastplattendruckversuche gem. DIN 18 134) nachzuweisen. Die RStO 12 setzt auf dem **Erdplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$** voraus.

Die Böden auf Erdplanum liegen nicht gesichert in ausreichend hohen Lagerungsdichten vor (siehe Rammsondierungen). Es ist daher nicht davon auszugehen, dass überall ein ausreichender Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ erreicht wird.

Untergrundverbesserungen sollten für 100 % der Flächen einkalkuliert werden.

Die vorzunehmenden Verbesserungen sind abhängig von den tatsächlichen Verhältnissen auf Erdplanum. Details sind durch eine ingenieurgeologische Abnahme vor Ort festzulegen sowie in Versuchs- und Probefeldern zu konkretisieren. Es sollte vorab mit einer Untergrundverbesserung von ca. 15 cm kalkuliert werden. Nach der RStO darf die Untergrundverbesserung nicht auf die Dicke des frostsicheren Aufbaus angerechnet werden.

Verformungsmodul auf Schotterplanum: Für schwarzdeckenversiegelte Fahrwege wird nach der RStO 12 ein Verformungsmodul von mindestens **$E_{v2} = 100 \text{ MPa}$** (Bk0,3; Errichtung in Anlehnung an RStO 12, Tafel 1, Zeile 1) gefordert. Für Pflasterbauweisen ergibt sich in der Belastungsklasse Bk0,3 (Annahme: Tafel 3, Zeile 1) der Nachweis eines Verformungsmoduls von mindestens **$E_{v2} = 120 \text{ MPa}$** auf

der Oberkante Schottertragschicht. Auf der Oberkante Frostschutzschicht ist ein Verformungsmodul von mindestens **$E_{v2} = 100 \text{ MPa}$** nachzuweisen.

Die Verformungsmodul-Forderungen der RStO 12 sollten mittels statischen Lastplattendruckversuchen (gem. DIN 18 134) flächendeckend auf dem Schotterplanum nachgewiesen werden.

Bauweise Bewegungs-/Stellflächen: Die Pkw-Fahrflächen sollten vollversiegelt werden. Angeraten wird eine Schwarzdecke. Alternativ kann im Bereich der Pkw-Stellplätze ein Pflaster eingebaut werden.

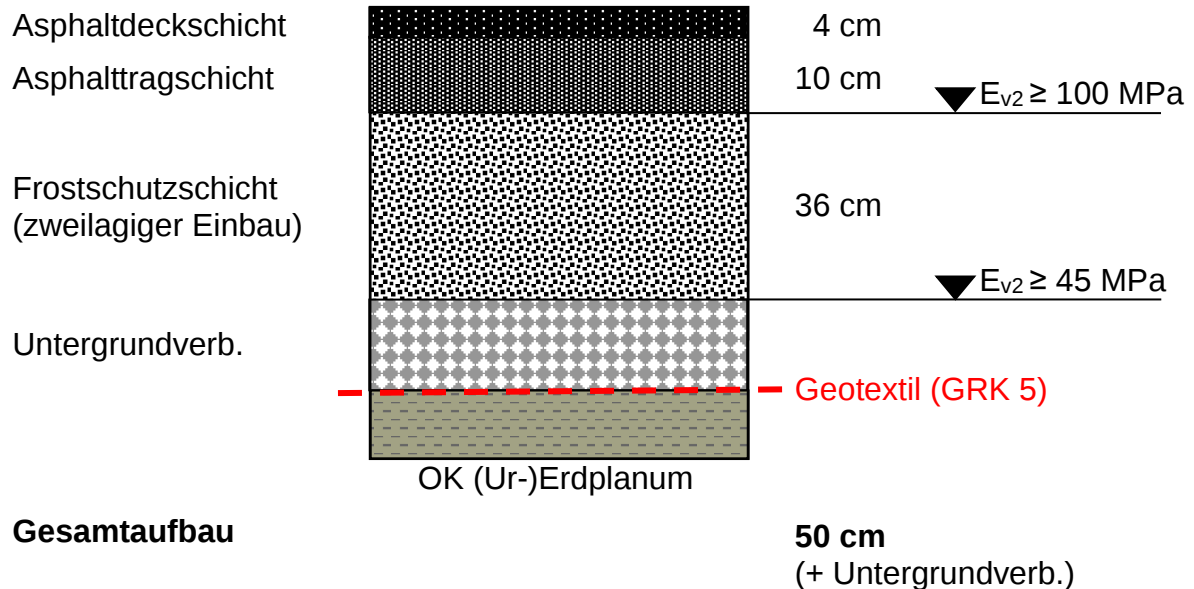
Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: Bindige und/oder organische Böden sind nicht in lastabtragenden Bereichen wiedereinbaufähig. Die bindigen bzw. einen hohen bindigen Nebengemengeanteil aufweisenden Böden erreichen im unverbesserten Zustand nicht die erforderliche Proctordichte von $d_{pr} \geq 95 \%$ und es sind Verformungsmodule $E_{v2} \leq 45 \text{ MPa}$ zu erwarten. Demnach werden die Verdichtungsanforderungen nach ZTV E-StB 17 für einen leicht bindigen Boden als Planum (für Fahrwege) nicht erfüllt.

Ist davon auszugehen, dass Bereiche einer reinen Garten-/Grün- bzw. landwirtschaftlichen Nutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so können potenzielle ausgehobene bindige, +/- verlehnte oder organische Materialien wiederverfüllt werden. Entstehende Sackungen sind dort ggf. nachzuarbeiten. Diese Anmerkung gilt zunächst unabhängig von einer noch nachzuweisenden chemischen Wiedereinbauzulässigkeit.

Ausführung des Oberbaus: Ein möglicher Aufbau - ohne konkrete Untergrundverbesserung - ist nachfolgend für die angenommene Belastungsklasse unmaßstäblich skizziert (nach RStO 12 Tafel 1, Zeile 1 und Tafel 3, Zeile 1):

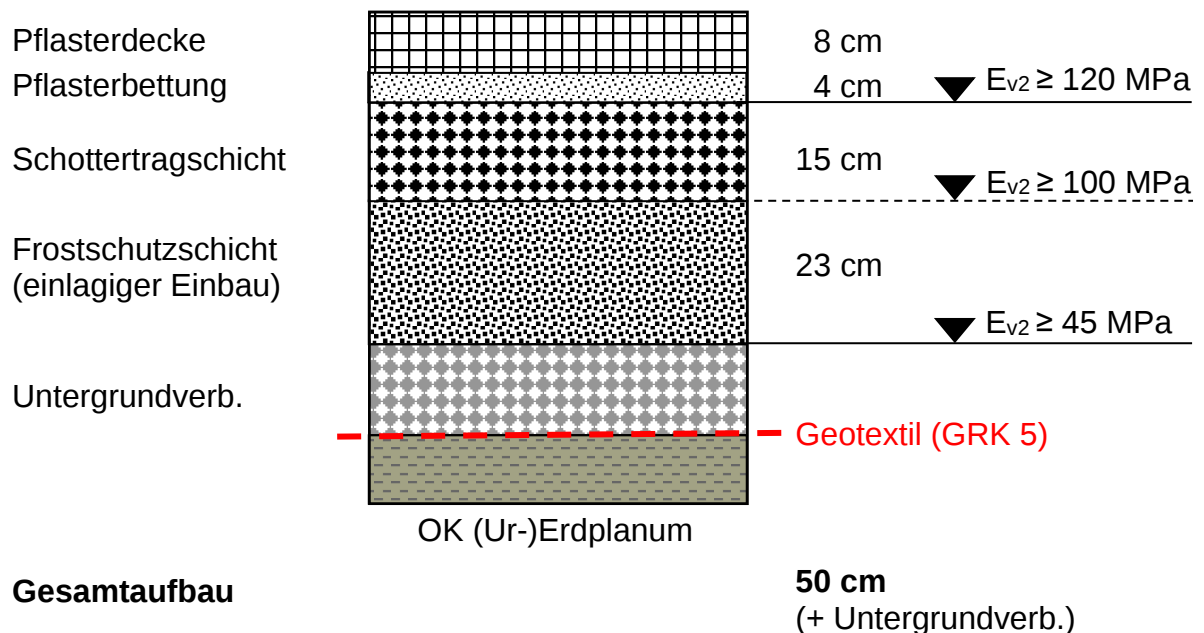
Bk0,3 – Bauweise mit Asphaltdecke

OK Fahrbahn (Schemaskizze; unmaßstäblich)



Bk0,3 – Bauweise mit Pflasterdecke

OK Fahrbahn (Schemaskizze; unmaßstäblich)



Auswahl des Bettungsmaterials: Für die Fläche erscheint die Wahl eines nach TL G SoB-StB geprüften Baustoffgemisches 0/5 oder 0/8 sinnvoll. Material der Körnungen 2/5 oder 2/8 ist nach ZTV Pflaster StB für Flächen, die von Kraftfahrzeugen befahren werden, nicht mehr vorzusehen.

Empfohlen wird die Verwendung eines 'gebrochenen' Materials, welches einen erhöhten Widerstand gegen Zertrümmerung/Abrieb besitzt. Hierzu wird vorgeschlagen ein Material zu wählen, welches der Kategorie SZ₁₈ entspricht (Los-Angeles-Koeffizient LA₂₀).

Im Vorfeld ist die Filterstabilität zum vorgesehenen Schottermaterial und zum einzusetzenden Fugenmaterial zu prüfen.

Auswahl des Fugenmaterials: Für die Fläche erscheint die Wahl eines nach TL G SoB-StB geprüften Baustoffgemisches 0/4 oder 0/5 sinnvoll. Bei wünschenswertem Einsatz eines Verbundsteinpflasters mit geringen Fugenbreiten kann ein entsprechend geprüftes Baustoffgemisch 0/2 zweckmäßig sein.

Empfohlen wird die Verwendung eines 'gebrochenen' Materials der Kategorie E_{cs35}, welches zusätzlich einen erhöhten Widerstand gegen Zertrümmerung/Abrieb besitzt. Hierzu wird vorgeschlagen ein Material zu wählen, dessen Prüfkörnung der Kategorie SZ₁₈ entspricht (Los-Angeles-Koeffizient LA₂₀).

Im Vorfeld ist die Filterstabilität zum vorgesehenen Bettungsmaterial zu prüfen.

6.0 Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:1.000)
- Anlage 2.1: Schichtendarstellung / Rammdiagramme
- Anlage 2.2: Ausbauprofil GWM 1
- Anlage 3.1: Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)
- Anlage 4.1: Wassergehaltsbestimmungen
- Anlage 5.1: Glühverlustbestimmung
- Anlage 6.1: Versickerungsversuche im Gelände
- Anlage 7.1: Fotodokumentation

Kleegräfe
- Geotechnik GmbH -

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

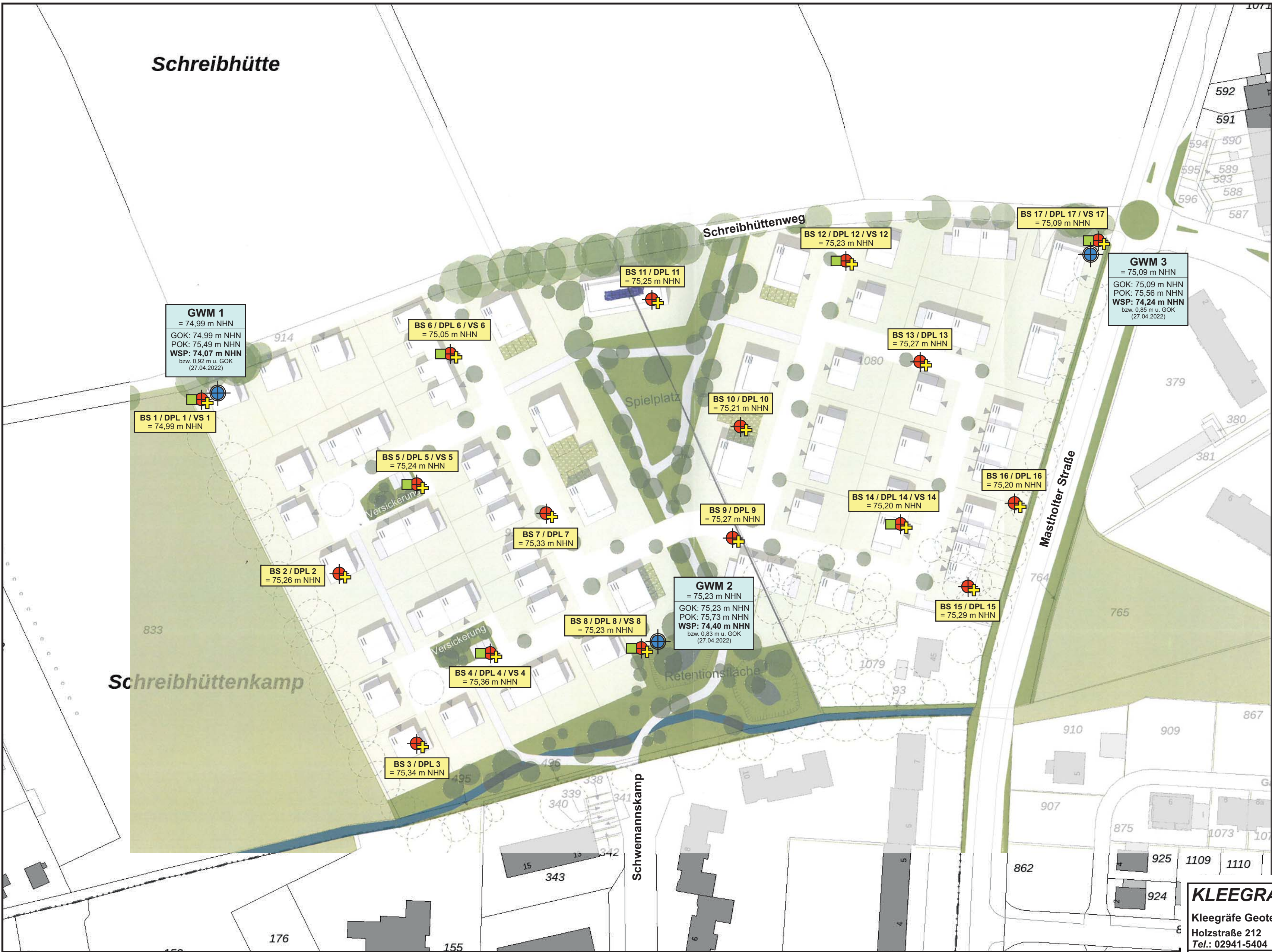
P. Gebbeken
(M.Sc. Geowiss.)



Verteiler: GWL GEMEINNÜTZIGE WOHNUNGSBAUGESELLSCHAFT LIPPSTADT GMBH
(Dr.-Arnold-Hueck-Straße 2, 59557 Lippstadt) (PDF)

ANLAGE 1.1

Lageplan (1:1.000)



Lippstadt

N

Maßstab
1 : 1.000

Zeichenerklärung:

- BS** Kleinbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
- DPL** Rammsondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2
- GWM** Grundwasser-messstelle (Ø 2")
- VS** Versickerungsversuch im Gelände

KLEEGRÄFE

KleeGräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212 59556 Lippstadt - Bad Waldliesborn

Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582

KleeGräfe Geotechnik GmbH

*Baugrund - Umwelt - Hydrogeologie

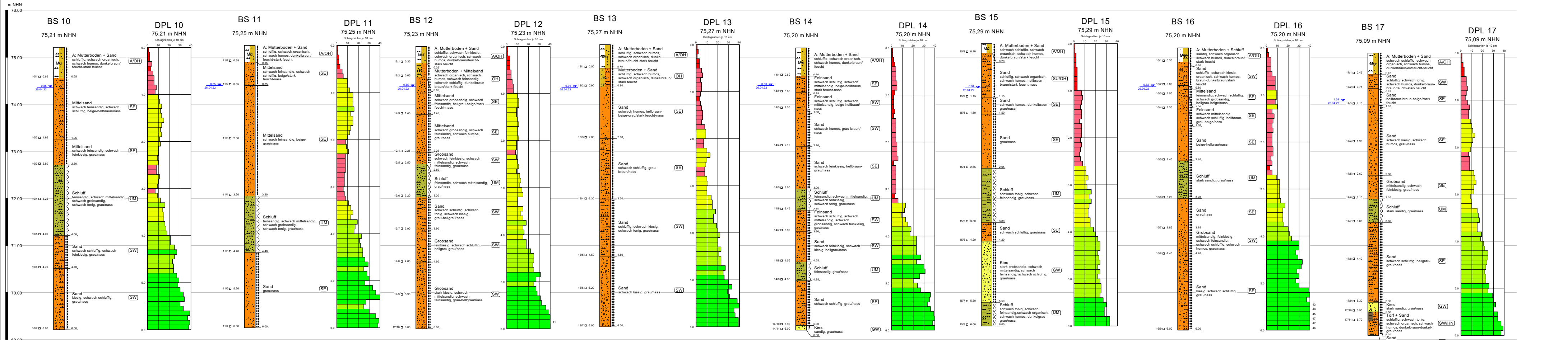
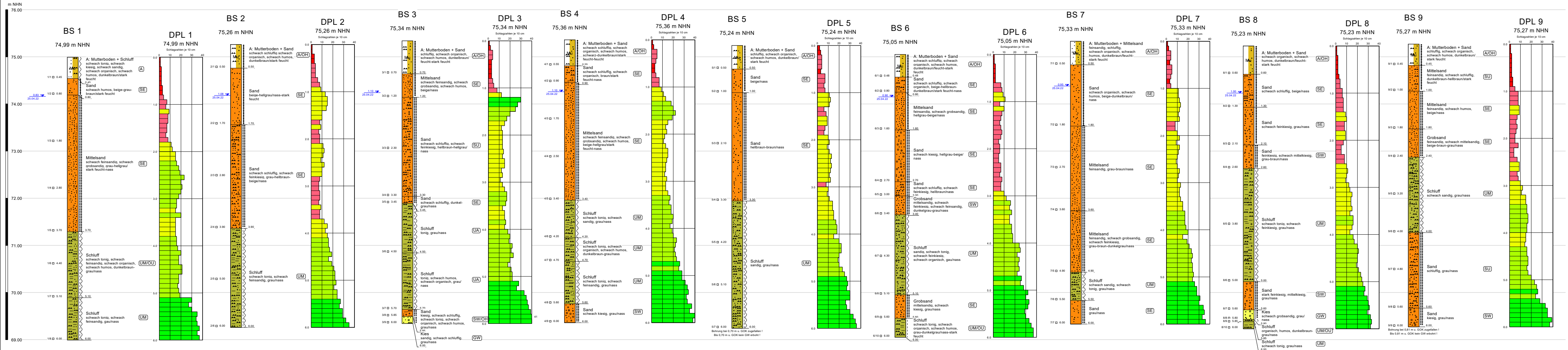
Lageplan

Maßnahme: Untersuchung eines Baugebietes, 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg' in 59555 Lippstadt	Bearb.-Nr.
	220303
	A2
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrogeologische Untersuchung -	Anlage: 1.1
Auftraggeber: GWL GEMEINNÜTZIGE WOHNUNGSBAUGES. LIPPSTADT GMBH Dr.-Arnold-Hueck-Straße 2 59557 Lippstadt	Blatt: 1
	Aug. 2022
	Klee/Gebb
	M. 1 : 1.000

Plangrundlagen: Entwurf 'städtebauliches Konzept', GWL Lippstadt (Stand 28.02.2022) / TIM-online (www.tim-online.nrw.de); abgerufen am 10.08.2022

ANLAGE 2.1

Schichtendarstellung / Rammdiagramme



Legende DPL

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

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

Schichtendarstellung

Maßnahme: Untersuchung eines Baugebietes, 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg' in 59555 Lippstadt

Bearb.-Nr.: 220303

Anlage 2.1

-Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrogeologische Untersuchung-

Geologe: Herr Schulte

Datum: 25.-27.04.2022

Auftraggeber: GWL Gemeinnützige Wohnungsbauges. Lippstadt GmbH

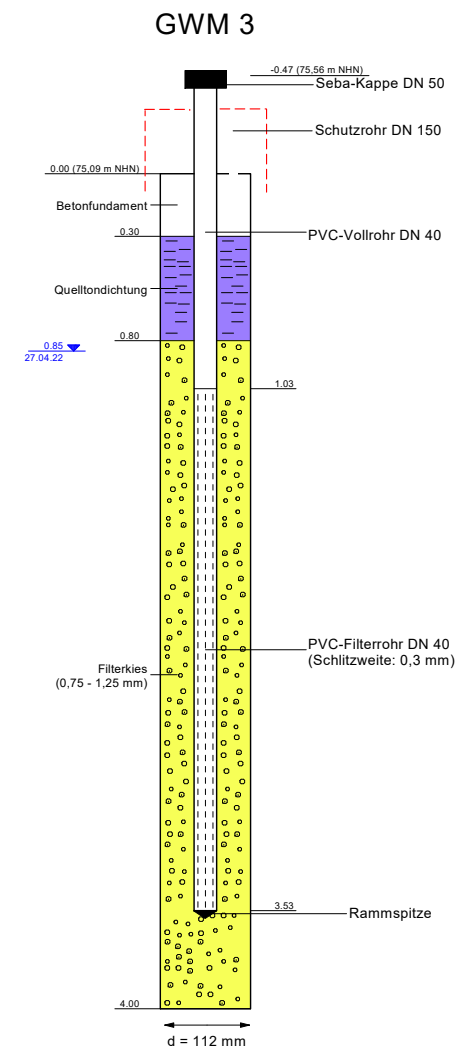
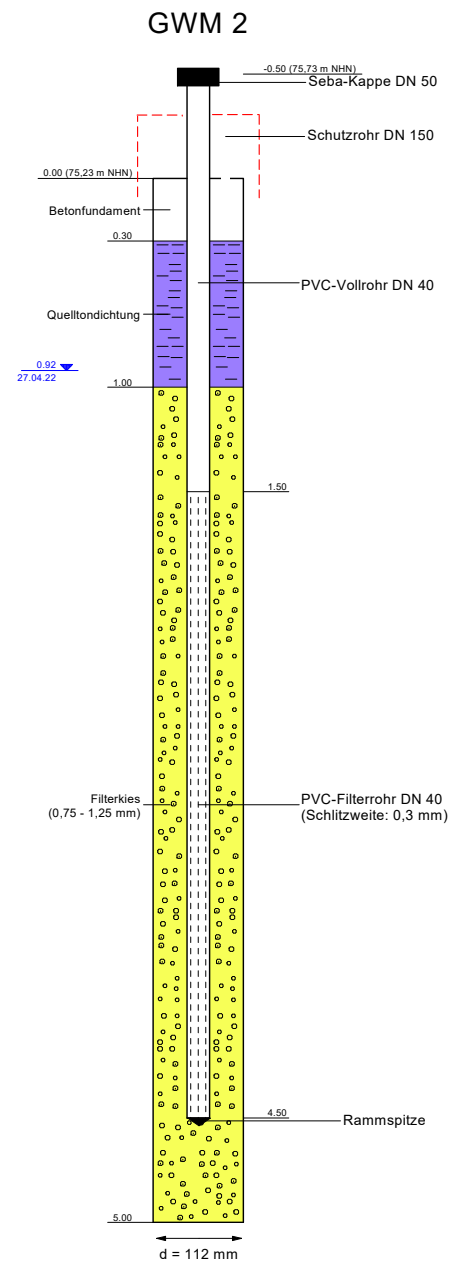
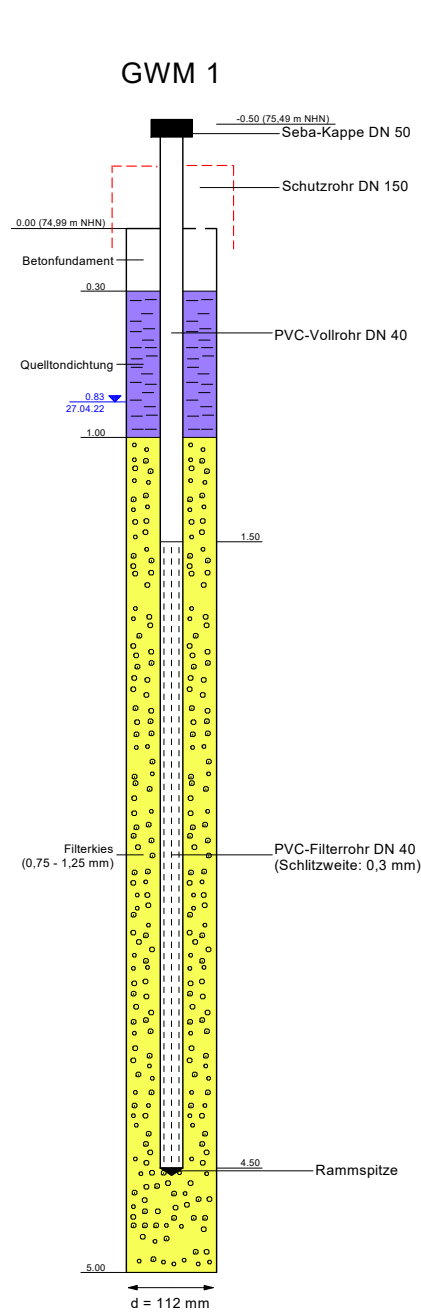
Dr.-Arnold-Hueck-Straße 2 59557 Lippstadt

Legende

stief	Ton	Feinkies
stief - stief	Schluff	locker
weich	Sand	Mutterboden
locker bis sehr locker	Feinsand	Aufluffung
mittelstief	Mittelsand	
dicht	Grobsand	
sehr dicht	Kies	

ANLAGE 2.2

Ausbauprofile



Legende	
	Ton
	Kies
	Filterrohr

KLEEGRÄFE		
Kleegräfe Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582		
Ausbauprofile		
Maßnahme: Untersuchung eines Baugebietes, 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg' in 59555 Lippstadt	Bearb.-Nr.	
		220303
		Anlage 2.2
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrogeologische Untersuchung -		Geologe:
Auftraggeber: GWL Gemeinnützige Wohnungsbauges.		Herr Schulte
Lippstadt GmbH		Datum:
Dr.-Arnold-Hueck-Straße 2		27.04.2022
59557 Lippstadt		

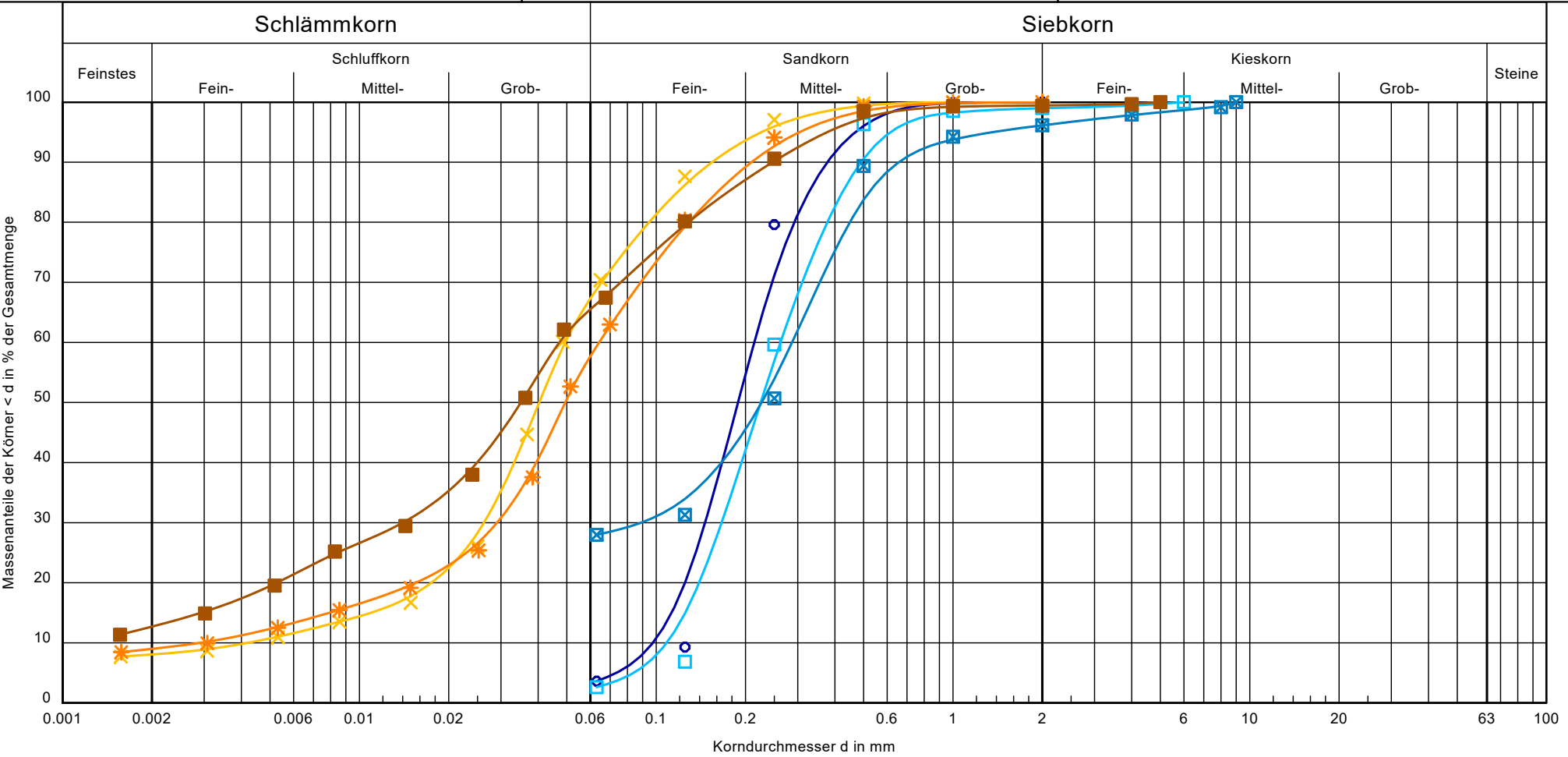
ANLAGE 3.1

Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)

Körnungslinie

Baugebiet 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg'
in 59555 Lippstadt
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Prüfungsnummer: 2/2, 6/7, 8/3, 13/5, 15/5, 17/7
Probe entnommen am: 25.-27.04.2022
Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben
Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analysen



Bezeichnung:	Probe 2/2	Probe 6/7	Probe 8/3	Probe 13/5	Probe 15/5	Probe 17/7	Bericht: 220303 Anlage: 3.1
Bodenart:	fs, mS	U, fs, t', ms'	mS, fs	mS, u, fs, gs'	U, fs, t', ms'	U, fs, t', ms'	
Tiefe:	0,50 - 1,70 m	3,40 - 4,30 m	1,30 - 2,10 m	3,30 - 4,50 m	2,65 - 3,80 m	3,10 - 3,60 m	
kf-Wert [m/s]:	~9,5 x 10^-5 m/s (Beyer)	~3,2 x 10^-7 m/s (M&P)	~1,2 x 10^-4 m/s (Beyer)	<1,0 x 10^-5 m/s (Beyer)	~2,5 x 10^-7 m/s (M&P)	~2,1 x 10^-8 m/s (M&P)	
T/U/S/G [%]:	- /3.6/96.4/ -	8.1/60.8/31.2/ -	- /2.6/96.4/1.0	- /28.0/68.1/3.9	9.0/50.4/40.6/ -	12.7/53.7/33.0/0.6	
Cu/Cc:	2.2/1.0	11.8/3.3	2.4/1.0	-/-	22.2/4.6	-/-	
d10 [mm]	0.0973	0.0042	0.1082	-	0.0029	-	

Körnungslinie

Baugebiet 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg'

in 59555 Lippstadt
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 11.08.2022

Prüfungsnummer: 2/2, 6/7, 8/3, 13/5, 15/5, 17/7

Probe entnommen am: 25.-27.04.2022

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analysen

Bezeichnung: Probe 2/2
Bodenart: fS, mS
Tiefe: 0,50 - 1,70 m
kf-Wert [m/s]: ~9,5 x 10⁻⁵ m/s (Beyer)
T/U/S/G [%]: - / 3.6 / 96.4 / -
Cu/Cc: 2.2/1.0
d₁₀ [mm] 0.0973
d₁₀/d₃₀/d₆₀ [mm]: 0.097 / 0.146 / 0.214
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 220.76

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
2.0	0.00	0.00	100.00
1.0	0.22	0.10	99.90
0.5	1.59	0.72	99.18
0.25	43.21	19.57	79.61
0.125	155.20	70.30	9.30
0.063	12.55	5.68	3.62
Schale	7.99	3.62	-
Summe	220.76		
Siebverlust	0.00		

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH					Bericht: 220303																																																																																									
Holzstraße 212 59556 Lippstadt					Anlage: 3.1																																																																																									
Körnungslinie Baugebiet 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg' in 59555 Lippstadt - Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung - Bearbeiter: Frau Gebbeken Datum: 11.08.2022					Prüfungsnummer: 2/2, 6/7, 8/3, 13/5, 15/5, 17/7 Probe entnommen am: 25.-27.04.2022 Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analysen																																																																																									
Bezeichnung: Probe 6/7 Bodenart: U, fs, t', ms' Tiefe: 3,40 - 4,30 m kf-Wert [m/s]: ~3,2 x 10⁻⁷ m/s (M&P) T/U/S/G [%]: 8.1 / 60.8 / 31.2 / - Cu/Cc: 11.8/3.3 d10 [mm] 0.0042 d10/d30/d60 [mm]: 0.004 / 0.026 / 0.049 Siebanalyse: Trockenmasse [g]: 49.96 Schlammanalyse: Trockenmasse [g]: 43.79 Korndichte [g/cm³]: 2.650 Aräometer: Bezeichnung: Standard Aräometer Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20 Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70 d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0 d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm					Siebanalyse <table><thead><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Rückstand [g]</th><th>Rückstand [%]</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr></thead><tbody><tr><td>1.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.10</td><td>0.20</td><td>99.80</td></tr><tr><td>0.25</td><td>1.37</td><td>2.74</td><td>97.06</td></tr><tr><td>0.125</td><td>4.70</td><td>9.41</td><td>87.65</td></tr><tr><td>Schale</td><td>43.79</td><td>87.65</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>49.96</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siebverlust</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>				Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]	1.0	0.00	0.00	100.00	0.5	0.10	0.20	99.80	0.25	1.37	2.74	97.06	0.125	4.70	9.41	87.65	Schale	43.79	87.65	-	Summe	49.96			Siebverlust	0.00																																																								
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																											
1.0	0.00	0.00	100.00																																																																																											
0.5	0.10	0.20	99.80																																																																																											
0.25	1.37	2.74	97.06																																																																																											
0.125	4.70	9.41	87.65																																																																																											
Schale	43.79	87.65	-																																																																																											
Summe	49.96																																																																																													
Siebverlust	0.00																																																																																													
Schlammanalyse <table><thead><tr><th>Zeit [h]</th><th>Zeit [min]</th><th>R'_h [-]</th><th>R'_h + R₀ R₀=C_m+R'₀ [-]</th><th>Korngröße [mm]</th><th>T [°C]</th><th>H_r [mm]</th><th>η [-]</th><th>Durchgang [%]</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0.5</td><td>20.70</td><td>21.90</td><td>0.0650</td><td>20.6</td><td>114.89</td><td>0.99087</td><td>70.40</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>17.50</td><td>18.70</td><td>0.0484</td><td>20.6</td><td>127.69</td><td>0.99087</td><td>60.11</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>12.70</td><td>13.90</td><td>0.0367</td><td>20.6</td><td>146.89</td><td>0.99087</td><td>44.68</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>6.90</td><td>8.10</td><td>0.0250</td><td>20.6</td><td>170.09</td><td>0.99087</td><td>26.04</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>4.00</td><td>5.20</td><td>0.0149</td><td>20.7</td><td>181.69</td><td>0.98848</td><td>16.72</td></tr><tr><td>0</td><td>46</td><td>3.00</td><td>4.20</td><td>0.0086</td><td>20.9</td><td>185.69</td><td>0.98373</td><td>13.50</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>2.20</td><td>3.40</td><td>0.0053</td><td>21.5</td><td>188.89</td><td>0.96966</td><td>10.93</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>1.50</td><td>2.70</td><td>0.0031</td><td>22.1</td><td>191.69</td><td>0.95591</td><td>8.68</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>1.20</td><td>2.40</td><td>0.0016</td><td>20.4</td><td>192.89</td><td>0.99568</td><td>7.72</td></tr></tbody></table>					Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]	0	0.5	20.70	21.90	0.0650	20.6	114.89	0.99087	70.40	0	1	17.50	18.70	0.0484	20.6	127.69	0.99087	60.11	0	2	12.70	13.90	0.0367	20.6	146.89	0.99087	44.68	0	5	6.90	8.10	0.0250	20.6	170.09	0.99087	26.04	0	15	4.00	5.20	0.0149	20.7	181.69	0.98848	16.72	0	46	3.00	4.20	0.0086	20.9	185.69	0.98373	13.50	2	0	2.20	3.40	0.0053	21.5	188.89	0.96966	10.93	6	0	1.50	2.70	0.0031	22.1	191.69	0.95591	8.68	24	0	1.20	2.40	0.0016	20.4	192.89	0.99568	7.72
Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]																																																																																						
0	0.5	20.70	21.90	0.0650	20.6	114.89	0.99087	70.40																																																																																						
0	1	17.50	18.70	0.0484	20.6	127.69	0.99087	60.11																																																																																						
0	2	12.70	13.90	0.0367	20.6	146.89	0.99087	44.68																																																																																						
0	5	6.90	8.10	0.0250	20.6	170.09	0.99087	26.04																																																																																						
0	15	4.00	5.20	0.0149	20.7	181.69	0.98848	16.72																																																																																						
0	46	3.00	4.20	0.0086	20.9	185.69	0.98373	13.50																																																																																						
2	0	2.20	3.40	0.0053	21.5	188.89	0.96966	10.93																																																																																						
6	0	1.50	2.70	0.0031	22.1	191.69	0.95591	8.68																																																																																						
24	0	1.20	2.40	0.0016	20.4	192.89	0.99568	7.72																																																																																						

Körnungslinie

Baugebiet 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg'

in 59555 Lippstadt
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 11.08.2022

Prüfungsnummer: 2/2, 6/7, 8/3, 13/5, 15/5, 17/7

Probe entnommen am: 25.-27.04.2022

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analysen

Bezeichnung: Probe 8/3
Bodenart: mS, f_s
Tiefe: 1,30 - 2,10 m
kf-Wert [m/s]: ~1,2 x 10⁻⁴ m/s (Beyer)
T/U/S/G [%]: - / 2.6 / 96.4 / 1.0
Cu/Cc: 2.4/1.0
d₁₀ [mm] 0.1082
d₁₀/d₃₀/d₆₀ [mm]: 0.108 / 0.166 / 0.262
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 223.95

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
6.0	0.00	0.00	100.00
4.0	1.58	0.71	99.29
2.0	0.63	0.28	99.01
1.0	1.10	0.49	98.52
0.5	4.97	2.22	96.30
0.25	82.12	36.67	59.63
0.125	118.15	52.76	6.88
0.063	9.52	4.25	2.63
Schale	5.88	2.63	-
Summe	223.95		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

Baugebiet 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg'

in 59555 Lippstadt
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 11.08.2022

Prüfungsnummer: 2/2, 6/7, 8/3, 13/5, 15/5, 17/7

Probe entnommen am: 25.-27.04.2022

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analysen

Bezeichnung: Probe 13/5
Bodenart: mS, u, fs, gs'
Tiefe: 3,30 - 4,50 m
kf-Wert [m/s]: <1,0 x 10⁻⁵ m/s (Beyer)
T/U/S/G [%]: - / 28.0 / 68.1 / 3.9
Cu/Cc: -/-
d₁₀ [mm] -
d₁₀/d₃₀/d₆₀ [mm]: - / 0.089 / 0.287
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 317.39

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
9.0	0.00	0.00	100.00
8.0	2.67	0.84	99.16
4.0	3.95	1.24	97.91
2.0	5.61	1.77	96.15
1.0	6.07	1.91	94.23
0.5	15.42	4.86	89.38
0.25	122.75	38.67	50.70
0.125	61.55	19.39	31.31
0.063	10.57	3.33	27.98
Schale	88.80	27.98	-
Summe	317.39		
Siebverlust	0.00		

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt					Bericht: 220303 Anlage: 3.1																																																																																									
Körnungslinie Baugebiet 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg' in 59555 Lippstadt - Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung - Bearbeiter: Frau Gebbeken Datum: 11.08.2022					Prüfungsnummer: 2/2, 6/7, 8/3, 13/5, 15/5, 17/7 Probe entnommen am: 25.-27.04.2022 Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analysen																																																																																									
Bezeichnung: Probe 15/5 Bodenart: U, fs, t', ms' Tiefe: 2,65 - 3,80 m kf-Wert [m/s]: ~2,5 x 10⁻⁷ m/s (M&P) T/U/S/G [%]: 9.0 / 50.4 / 40.6 / - Cu/Cc: 22.2/4.6 d10 [mm] 0.0029 d10/d30/d60 [mm]: 0.003 / 0.029 / 0.064 Siebanalyse: Trockenmasse [g]: 43.61 Schlammanalyse: Trockenmasse [g]: 35.05 Korndichte [g/cm³]: 2.650 Aräometer: Bezeichnung: Standard Aräometer Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20 Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70 d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0 d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm					Siebanalyse <table><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Rückstand [g]</th><th>Rückstand [%]</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr><tr><td>2.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>1.0</td><td>0.04</td><td>0.09</td><td>99.91</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.29</td><td>0.66</td><td>99.24</td></tr><tr><td>0.25</td><td>2.24</td><td>5.14</td><td>94.11</td></tr><tr><td>0.125</td><td>5.99</td><td>13.74</td><td>80.37</td></tr><tr><td>Schale</td><td>35.05</td><td>80.37</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>43.61</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siebverlust</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr></table>				Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]	2.0	0.00	0.00	100.00	1.0	0.04	0.09	99.91	0.5	0.29	0.66	99.24	0.25	2.24	5.14	94.11	0.125	5.99	13.74	80.37	Schale	35.05	80.37	-	Summe	43.61			Siebverlust	0.00																																																				
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																											
2.0	0.00	0.00	100.00																																																																																											
1.0	0.04	0.09	99.91																																																																																											
0.5	0.29	0.66	99.24																																																																																											
0.25	2.24	5.14	94.11																																																																																											
0.125	5.99	13.74	80.37																																																																																											
Schale	35.05	80.37	-																																																																																											
Summe	43.61																																																																																													
Siebverlust	0.00																																																																																													
Schlammanalyse <table><tr><th>Zeit [h]</th><th>Zeit [min]</th><th>R'_h [-]</th><th>R'_h + R₀ R₀=C_m+R'₀ [-]</th><th>Korngröße [mm]</th><th>T [°C]</th><th>H_r [mm]</th><th>η [-]</th><th>Durchgang [%]</th></tr><tr><td>0</td><td>0.5</td><td>15.90</td><td>17.10</td><td>0.0699</td><td>21.0</td><td>134.09</td><td>0.98136</td><td>62.98</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>13.10</td><td>14.30</td><td>0.0514</td><td>21.0</td><td>145.29</td><td>0.98136</td><td>52.66</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>9.00</td><td>10.20</td><td>0.0384</td><td>21.0</td><td>161.69</td><td>0.98136</td><td>37.56</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>5.70</td><td>6.90</td><td>0.0252</td><td>21.0</td><td>174.89</td><td>0.98136</td><td>25.41</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>4.00</td><td>5.20</td><td>0.0148</td><td>21.0</td><td>181.69</td><td>0.98136</td><td>19.15</td></tr><tr><td>0</td><td>46</td><td>3.00</td><td>4.20</td><td>0.0086</td><td>21.1</td><td>185.69</td><td>0.97900</td><td>15.47</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>2.20</td><td>3.40</td><td>0.0053</td><td>21.7</td><td>188.89</td><td>0.96504</td><td>12.52</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>1.50</td><td>2.70</td><td>0.0031</td><td>22.1</td><td>191.69</td><td>0.95591</td><td>9.94</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>1.10</td><td>2.30</td><td>0.0016</td><td>20.3</td><td>193.29</td><td>0.99810</td><td>8.47</td></tr></table>					Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]	0	0.5	15.90	17.10	0.0699	21.0	134.09	0.98136	62.98	0	1	13.10	14.30	0.0514	21.0	145.29	0.98136	52.66	0	2	9.00	10.20	0.0384	21.0	161.69	0.98136	37.56	0	5	5.70	6.90	0.0252	21.0	174.89	0.98136	25.41	0	15	4.00	5.20	0.0148	21.0	181.69	0.98136	19.15	0	46	3.00	4.20	0.0086	21.1	185.69	0.97900	15.47	2	0	2.20	3.40	0.0053	21.7	188.89	0.96504	12.52	6	0	1.50	2.70	0.0031	22.1	191.69	0.95591	9.94	24	0	1.10	2.30	0.0016	20.3	193.29	0.99810	8.47
Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]																																																																																						
0	0.5	15.90	17.10	0.0699	21.0	134.09	0.98136	62.98																																																																																						
0	1	13.10	14.30	0.0514	21.0	145.29	0.98136	52.66																																																																																						
0	2	9.00	10.20	0.0384	21.0	161.69	0.98136	37.56																																																																																						
0	5	5.70	6.90	0.0252	21.0	174.89	0.98136	25.41																																																																																						
0	15	4.00	5.20	0.0148	21.0	181.69	0.98136	19.15																																																																																						
0	46	3.00	4.20	0.0086	21.1	185.69	0.97900	15.47																																																																																						
2	0	2.20	3.40	0.0053	21.7	188.89	0.96504	12.52																																																																																						
6	0	1.50	2.70	0.0031	22.1	191.69	0.95591	9.94																																																																																						
24	0	1.10	2.30	0.0016	20.3	193.29	0.99810	8.47																																																																																						

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH

Holzstraße 212

59556 Lippstadt

Bericht: 220303

Anlage: 3.1

Körnungslinie

Baugebiet 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg'

in 59555 Lippstadt

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 11.08.2022

Prüfungsnummer: 2/2, 6/7, 8/3, 13/5, 15/5, 17/7

Probe entnommen am: 25.-27.04.2022

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analysen

Bezeichnung: Probe 17/7

Bodenart: U, fs, t', ms'

Tiefe: 3,10 - 3,60 m

kf-Wert [m/s]: ~2,1 x 10⁻⁸ m/s (M&P)

T/U/S/G [%]: 12.7 / 53.7 / 33.0 / 0.6

Cu/Cc: -/-

d10 [mm] -

d10/d30/d60 [mm]: - / 0.014 / 0.047

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 45.24

Schlammanalyse:

Trockenmasse [g]: 36.26

Korndichte [g/cm³]: 2.650

Aräometer:

Bezeichnung: Standard Aräometer

Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40

Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50

Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00

Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20

Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70

d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0

d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
5.0	0.00	0.00	100.00
4.0	0.16	0.35	99.65
2.0	0.11	0.24	99.40
1.0	0.03	0.07	99.34
0.5	0.38	0.84	98.50
0.25	3.58	7.91	90.58
0.125	4.72	10.43	80.15
Schale	36.26	80.15	-
Summe	45.24		
Siebverlust	0.00		

Schlammanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]
0	0.5	17.80	19.00	0.0676	21.3	126.49	0.97432	67.45
0	1	16.30	17.50	0.0489	21.3	132.49	0.97432	62.13
0	2	13.10	14.30	0.0362	21.3	145.29	0.97432	50.77
0	5	9.50	10.70	0.0240	21.3	159.69	0.97432	37.99
0	15	7.10	8.30	0.0143	21.3	169.29	0.97432	29.47
0	46	5.90	7.10	0.0083	21.3	174.09	0.97432	25.21
2	0	4.30	5.50	0.0052	21.8	180.49	0.96275	19.53
6	0	3.00	4.20	0.0030	22.2	185.69	0.95365	14.91
24	0	2.00	3.20	0.0016	20.3	189.69	0.99810	11.36

ANLAGE 4.1

Wassergehaltsbestimmungen

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Baugebiet 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg'

in 59555 Lippstadt

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 11.08.2022

Prüfungsnummer: 2/2, 6/7, 8/3, 13/5, 15/5, 17/7

Entnahmestelle: BS 2, 6, 8, 13, 15, 17

Tiefe: 0,50 - 4,50 m (min.-max.)

Bodenart: Sand, Schluff

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben

Probe entnommen am: 25.-27.04.2022

Probenbezeichnung:	Probe 2/2	Probe 6/7	Probe 8/3	Probe 13/5	Probe 15/5	Probe 17/7
Feuchte Probe + Behälter [g]:	604.85	330.38	660.25	742.37	234.95	264.26
Trockene Probe + Behälter [g]:	567.41	311.39	610.90	702.86	226.44	257.37
Behälter [g]:	346.65	208.38	386.95	385.47	190.55	223.55
Porenwasser [g]:	37.44	18.99	49.35	39.51	8.51	6.89
Trockene Probe [g]:	220.76	103.01	223.95	317.39	35.89	33.82
Wassergehalt [%]	16.96	18.44	22.04	12.45	23.71	20.37

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

Glühverlustbestimmung

Glühverlust nach DIN 18 128

Baugebiet 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg'

in 59555 Lippstadt

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Prüfungsnummer: 1/6, 3/7, 4/7, 6/10, 14/4, 15/2, 17/4, 17/11

Entnahmestelle: BS 1, 3, 4, 6, 14, 15, 17

Tiefe: 0,20 - 6,00 m (min.-max.)

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben

Bodenart: diverse

Probe entnommen am: 25.-27.04.2022

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 11.08.2022

Probenbezeichnung	Probe 1/6	Probe 1/6	Probe 1/6	Probe 3/7	Probe 3/7	Probe 3/7
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	54.95	53.70	51.04	47.00	47.57	50.57
Geglühte Probe + Behälter [g]	54.09	52.66	49.93	45.45	46.16	49.20
Behälter [g]	28.73	26.97	26.77	26.64	28.35	29.34
Massenverlust [g]	0.86	1.04	1.11	1.55	1.41	1.37
Trockenmasse vor Glühen [g]	26.22	26.73	24.27	20.36	19.22	21.23
Glühverlust [-]	3.28	3.89	4.57	7.61	7.34	6.45

Probenbezeichnung	Probe 4/7	Probe 4/7	Probe 4/7	Probe 6/10	Probe 6/10	Probe 6/10
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	45.99	46.96	45.85	50.35	50.37	50.56
Geglühte Probe + Behälter [g]	44.49	45.42	44.39	48.99	49.07	49.48
Behälter [g]	26.30	27.78	27.87	27.26	27.04	26.37
Massenverlust [g]	1.50	1.54	1.46	1.36	1.30	1.08
Trockenmasse vor Glühen [g]	19.69	19.18	17.98	23.09	23.33	24.19
Glühverlust [-]	7.62	8.03	8.12	5.89	5.57	4.46

Probenbezeichnung	Probe 14/4	Probe 14/4	Probe 14/4	Probe 15/2	Probe 15/2	Probe 15/2
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	57.29	61.07	61.49	55.68	54.11	53.69
Geglühte Probe + Behälter [g]	56.86	60.61	61.01	54.77	53.20	52.79
Behälter [g]	26.63	29.35	28.35	28.33	26.97	26.77
Massenverlust [g]	0.43	0.46	0.48	0.91	0.91	0.90
Trockenmasse vor Glühen [g]	30.66	31.72	33.14	27.35	27.14	26.92
Glühverlust [-]	1.40	1.45	1.45	3.33	3.35	3.34

Probenbezeichnung	Probe 17/4	Probe 17/4	Probe 17/4	Probe 17/11	Probe 17/11	Probe 17/11
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	56.55	55.14	57.10	56.80	55.26	54.85
Geglühte Probe + Behälter [g]	56.22	54.74	56.64	55.77	54.29	54.03
Behälter [g]	27.26	27.04	26.37	27.87	27.78	26.30
Massenverlust [g]	0.33	0.40	0.46	1.03	0.97	0.82
Trockenmasse vor Glühen [g]	29.29	28.10	30.73	28.93	27.48	28.55
Glühverlust [-]	1.13	1.42	1.50	3.56	3.53	2.87

ANLAGE 6.1

Versickerungsversuche im Gelände

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

Maßnahme:	Baugebiet 'Mastholter Straße' / 'Schreibhüttenweg'
Ort:	59555 Lippstadt
Datum:	25.-27.04.2022

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	r mm	h m	Zeit min	Wasser- menge l	Q m³/s	k_f m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Gültigkeitsbereich und Versickerungs-Medium)
VS 1	1	25	0,50	5,00	1,85	6,17E-06	8,97E-05	Grundwasser bei 0,83 m u. GOK
	2	25	0,50	5,00	1,65	5,50E-06	8,00E-05	0,33 - 0,83 m u. GOK (Fluviatilsand)
VS 4	1	25	0,70	3,87	4,00	1,72E-05	1,79E-04	Grundwasser bei 1,07 m u. GOK
	2	25	0,70	4,78	4,00	1,39E-05	1,45E-04	0,37 - 1,07 m u. GOK (Fluviatilsand)
VS 5	1	25	0,50	4,00	1,05	4,38E-06	6,36E-05	Grundwasser bei 0,93 m u. GOK
	2	25	0,50	6,00	1,25	3,47E-06	5,05E-05	0,33 - 0,93 m u. GOK (Fluviatilsand)
VS 6	1	25	0,50	5,00	2,00	6,67E-06	9,70E-05	Grundwasser bei 0,83 m u. GOK
	2	25	0,50	5,00	1,88	6,27E-06	9,12E-05	0,33 - 0,83 m u. GOK (Fluviatilsand)
VS 8	1	25	0,60	5,77	2,00	5,78E-06	7,00E-05	Grundwasser bei 0,92 m u. GOK
	2	25	0,60	6,03	2,00	5,53E-06	6,70E-05	0,32 - 0,92 m u. GOK (Fluviatilsand)
VS 12	1	25	0,36	5,00	2,10	7,00E-06	1,41E-04	Grundwasser bei 0,66 m u. GOK
	2	25	0,36	5,00	2,00	6,67E-06	1,35E-04	0,30 - 0,66 m u. GOK (Fluviatilsand)
VS 14	1	25	0,39	5,00	3,70	1,23E-05	2,30E-04	Grundwasser bei 0,69 m u. GOK 0,30 - 0,69 m u. GOK (Fluviatilsand)
	2	25	0,39	3,78	4,00	1,76E-05	3,29E-04	
	3	25	0,39	4,07	4,00	1,64E-05	3,05E-04	
VS 17	1	25	0,50	5,00	2,70	9,00E-06	1,31E-04	Grundwasser bei 0,85 m u. GOK
	2	25	0,50	5,00	2,25	7,50E-06	1,09E-04	0,35 - 0,85 m u. GOK (Fluviatilsand)

<u>Erläuterung</u>
r - Brunnenradius, mm
h - Wasserstandshöhe über der Grundwasseroberfläche, m
Q - Wasserzugabe in m³/s (Wasserspiegelkonstanthaltung)
k_f - Durchlässigkeitsbeiwert, m/s

Durchlässigkeitsbewertung nach DIN 18 130			
k_f	$> 10^{-4}$	m/s :	'stark durchlässig'
k_f	$10^{-5} - 10^{-6}$	m/s :	'durchlässig'
k_f	$10^{-7} - 10^{-8}$	m/s :	'gering durchlässig'
k_f	$< 10^{-8}$	m/s :	'sehr gering durchlässig'

ANLAGE 7.1

Fotodokumentation

Fotodokumentation

Seite 1

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



Foto 1: Übersichtsfoto Baugebiet; Blickrichtung ~S

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



Foto 2: Bereich der BS 1 / GWM 1 (Markierung); Blickrichtung ~ W

Fotodokumentation

Seite 2

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022

BS 2



Foto 3: Bereich der BS 2 (Markierung); Blickrichtung ~ SSO

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022

BS 3



Foto 4: Bereich der BS 3 (Markierung); Blickrichtung ~ S

Fotodokumentation

Seite 3

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



Foto 5: Bereich der BS 4 (Markierung); Blickrichtung ~ ONO

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



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

Fotodokumentation

Seite 4

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



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

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



Foto 8: Bereich der BS 7 (Markierung); Blickrichtung ~ NNW

Fotodokumentation

Seite 5

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



Foto 9: Bereich der BS 8 / GWM 2 (Markierung); Blickrichtung ~ O

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



Foto 10: Bereich der BS 9 (Markierung); Blickrichtung ~ ONO

Fotodokumentation

Seite 6

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022

BS 10



Foto 11: Bereich der BS 10 (Markierung); Blickrichtung ~ SSO

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022

BS 11



Foto 12: Bereich der BS 11 (Markierung); Blickrichtung ~ SSO

Fotodokumentation

Seite 7

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



Foto 13: Bereich der BS 12 (Markierung); Blickrichtung ~ N

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



Foto 14: Bereich der BS 13 (Markierung); Blickrichtung ~ NNW

Fotodokumentation

Seite 8

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



Foto 15: Bereich der BS 14 (Markierung); Blickrichtung ~ NNW

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



Foto 16: Bereich der BS 15 (Markierung); Blickrichtung ~ W

Fotodokumentation

Seite 9

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



Foto 17: Bereich der BS 16 (Markierung); Blickrichtung ~ SSW

Situation am 25.04.2022 - 27.04.2022



Foto 18: Bereich der BS 17 / GWM 3 (Markierung); Blickrichtung ~ W