

## GUTACHTEN

**Projekt:** Untersuchung des Baugebietes  
'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg'  
in Lippstadt-Bökenförde



- Baugrunderkundung / Gründungsberatung /  
hydrogeologische Untersuchung -

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

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

**Projekt-Nr.:** 22 03 04

Lippstadt, den 17. August 2022

## - INHALTSVERZEICHNIS -

<b>1.0 AUFGABENSTELLUNG / VORGANG / LAGE</b>	<b>3</b>
<b>2.0 UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG</b>	<b>6</b>
2.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE	6
2.2 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE	8
<b>3.0 VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES</b>	<b>11</b>
3.1 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (LABORVERSUCHE)	11
3.2 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (GELÄNDEVERSUCHE)	12
3.3 BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS	13
<b>4.0 INGENIEURGEOLOGISCHE BAUGRUNDBEURTEILUNG</b>	<b>15</b>
4.1 BAUGRUNDBEURTEILENDE LABORVERSUCHE	15
4.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5)	19
4.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	20
4.4 BODENKLASSEN, HOMOGENBEREICHE, BODENGRUPPEN UND FROSTKLASSEN	21
4.5 HOMOGENBEREICHE GEM. VOB TEIL C	23
<b>5.0 ORIENT. HINWEISGEBUNGEN ZUR BAUDURCHFÜHRUNG</b>	<b>24</b>
5.1 WOHNGEBÄUDEBAU	24
5.2 KANALBAU	34
5.3 STRAßENBAU	41
<b>6.0 ANLAGEN</b>	<b>47</b>

## **1.0 Aufgabenstellung / Vorgang / Lage**

Im Südosten des zu Lippstadt gehörigen Ortsteils 'Bökenförde' soll auf einem bisher als Ackerfläche genutzten Areal zwischen der 'Langeneicker Straße' und 'Am Wilmsweg' ein Wohngebiet entstehen (Gemarkung Bökenförde, Flur 4, Flurstücke 376, 515 und 85 (teilw.)).

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:

- Katasterplan (Maßstab 1:1.000, Stand n.b.)
- Vorentwurf städtebauliches Konzept (Maßstab n.b., Stand n.b.)

Die Lage der Ansatzpunkte geht aus dem Lageplan in Anlage 1.1 und der Fotodokumentation in Anlage 8.1 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 (28.-29.04.2022)	- Rammkernsondierungen (Ø 60 - 50 mm)	10 Stück
	- Einmessung der Bohransatzpunkte	10 Stück
	- Einmessung zusätzlicher Punkte im Bereich der Verkehrserschließung des Baugebietes	12 Stück
	- Rammsondierungen (DPL-5)	10 Stück
	- Versickerungsversuche im Gelände	4 Stück
	- Errichtung einer Grundwassermessstelle (DN 40)	1 Stück
Boden- mechanisches Labor	- Korngrößenanalyse (DIN EN ISO 17892-4)	5 Stück
	- Wassergehaltsbestimmung (DIN EN ISO 17892-1)	5 Stück
	- Zustandsgrenzenbestimmung (DIN EN ISO 17892-12)	1 Stück
	- Glühverlustbestimmung (DIN 18 128)	1 Stück

**Tabelle 1:** Untersuchungsumfang

Lage / Vornutzung: Das Untersuchungsgebiet befindet sich ca. 5,5 km südöstlich des Zentrums von 59555 Lippstadt am südöstlichen Rand des Ortsteils 'Bökenförde'. Das insgesamt ca. 20.000 m<sup>2</sup> große Baugebiet erstreckt sich über die Flurstücke 376, 515 und 85 (teilw.).

Die Flurstücke 376 und 515 (insgesamt ca. 17.000 m<sup>2</sup>) werden im Norden von der 'Langeneicker Straße' und im Süden von der Straße 'Am Wilmsweg' begrenzt. Im Westen schließt Wohnbebauung, im Osten landwirtschaftliche Flächen an. Die Verkehrserschließung soll für den Autoverkehr von der 'Langeneicker Straße' und für den Fuß- und Radverkehr von der Straße 'Am Wilmsweg' erfolgen.

Das Flurstück 85 ist südlich der Straße 'Am Wilmsweg' gelegen, über welche voraussichtlich auch die Zufahrt vorgesehen ist. Von dem insgesamt ca. 29.000 m<sup>2</sup> großen Flurstück sind ca. 3.000 m<sup>2</sup> dem Baugebiet zugehörig.

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

Vorfluter: Die 'Gieseler' als nächstgelegener Vorfluter befindet sich etwa 300 m westlich des Untersuchungsgebietes und fließt in etwa westliche Richtung.

Morphologie: Am Untersuchungstag konnten Höhenunterschiede von 2,52 m zwischen den Bohransatzpunkten festgestellt werden. Die Höhenkoten liegen zwischen +97,32 m NHN und +99,84 m NHN. Das Gelände fällt nach Südwesten hin ein. Es handelt sich um die Frosteinwirkungszone I (gem. RStO 12).

Das Baugebiet liegt an der nördlichen Grenze ca. 0,23 m bis 0,64 m höher als die 'Langeneicker Straße'. An der südlichen Grenze liegt das Baugebiet ca. 0,07 m bis

0,12 m tiefer als die Straße 'Am Wilmsweg'. Für die Verkehrserschließung werden entsprechende Aufhöhungs- bzw. Abtragsarbeiten notwendig.

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 das von der Maßnahme betroffene 500 x 500 m-Planquadrat 'verkarstungsfähiges Gestein' als Gefährdungspotenzial an.

Das Areal ist außerhalb von ausgewiesenen oder geplanten Heilquellen- oder Trinkwasserschutzzonen sowie außerhalb festgesetzter Überschwemmungsgebiete gelegen.

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 grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden (z.B. 'Findlinge', 'nordische Geschiebe' o.ä.).

BS	1	2	3	4	5
Ansatz	+98,80	+98,08	+97,65	+97,73	+99,84
Füll-Mutterboden	-0,55	-0,60	-0,50	-0,45	-0,40
Lösslehm	0,55-4,80	0,60-4,40	0,50-4,50	0,45-4,00	0,40-4,80
Glaziallehm	4,80-5,50	ab 4,40	4,50-5,50	ab 4,00	ab 4,80
Glazialsand	5,50-5,75	-	-	-	-
Glazialkies	ab 5,75	-	ab 5,50	-	-
Grundwasser	2,50	4,00	3,20	3,80	BLZ 4,80
DPL-5	X	X	X	X	X
Endteufe	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00

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

BLZ = Bohrlochzusammenfall; braun = organische Anteile

BS	6	7	8	9	10
Ansatz	+99,13	+99,04	+98,15	+97,32	+97,58
Füll-Mutterboden	-0,30	-0,20	-0,20	-0,30	-0,40
Lösslehm	0,30-4,00	0,20-4,20	0,20-2,75	0,30-0,80 0,80-3,45	0,40-3,40
Glazialehm	ab 4,00	ab 4,20	ab 2,75	ab 3,45	ab 3,40
Grundwasser	BLZ 2,90	2,80	4,20	4,20	3,60
DPL-5	X	X	X	X	X
Endteufe	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00

**Tabelle 2b:** Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse, Angaben in m u. GOK / m NHN  
BLZ = Bohrlochzusammenfall; **braun** = organische Anteile

Geologie: Das lokale Festgestein (oberkreidezeitlicher Tonmergelstein der Coniac-Stufe) wurde bis zu den jeweiligen Endteufen nicht erbohrt und besitzt keine Projektrelevanz.

Untergrundprägende Einheit stellt ein äolisch abgelagerter Lösslehm dar, welcher stratigraphisch in das oberpleistozäne Quartär (sog. Weichsel-Stufe) einzuordnen ist. Unter dem Löss folgen die den tieferen Untergrund prägenden eiszeitlichen Grundmoräne-Ablagerungen (Saale Kaltzeit). Die Grundmoräne besteht überwiegend aus sandig-tonig-kiesigen Schluffen. Lokal weisen die Grundmoräne-Ablagerungen relevante Kies- oder Sandanteile auf (Glazialkies/-sand).

Zuoberst steht ein durch menschliche Einflüsse umgelagerter Mutterboden/Oberboden an.

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

An den erbohrten Böden konnten keine sensorischen Auffälligkeiten erkannt werden.

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<sub>Boden</sub>/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 (28.-29.04.2022) konnte in acht Bohrungen Grundwasser zwischen 2,50 m und 4,20 m u. GOK gelotet werden. In zwei Bohrungen kam es nach dem Ziehen der Sonden jeweils zu einem Bohrlochzusammenfall bei 2,90 m bzw. 4,80 m u. GOK. Die BLZ sind aufgrund der angesprochenen Untergrundfeuchte (*feucht-nass*) vermutlich auf die unmittelbare Vorlage von 'zusammenhängender Untergrundfeuchte' zurückzuführen.

Aufgrund der unterschiedlichen Höhe der geloteten 'Grundwasserstände' und den Bohrlochzusammenfällen handelt es sich bei der Untergrundfeuchte vermutlich um einen geschlossenen Stau-/Kapillarwassersaum, nicht um Grundwasser im eigentlichen Sinne.

Eingeschaltete Sand- und Kieslinsen können anfallendes Stauwasser 'wie ein Schwamm' aufnehmen und dieses als Schichtwasser der Morphologie folgend weitergeben. Bei einem Anschnitt einer solchen Sand- oder Kieslinse (z.B. bei der Ausschachtung einer Baugrube) kann es zu erheblichen Wasserzutritten kommen ('Leerlaufen' der Sand/Kies-linsen).

Bedingt durch die Ablagerungsgeschichte kann das untergeordnete Auftreten solcher sandig-kiesigen Einschaltungen innerhalb der gesamten Grundmoräne nicht ausgeschlossen werden.

Stauanässepotenzial: Von den untergrundprägenden Löss- und Glaziallehmern geht ein ausgeprägtes Stauanässepotenzial aus. Nach Offenlegung ist bei Niederschlagsereignissen mit Stauwasser sowie einer Konsistenzverringern von bindigen Böden zu rechnen.

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

Die Glazialsande und -kiese führen in Abhängigkeit des Grades der Verlehmung kein nennenswertes bis moderates Staunässepotenzial.

Pegelausbau: Das Bohrloch der Bohrsondierung BS 1 wurde nach Bohrende 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)
Einbau am		29.04.2022
Art		überflur
Durchmesser / Material		DN 40 / PVC
OK Gelände (GOK) [m NHN]		98,69
OK Pegel (POK) [m NHN]		99,19
Ausbautiefe [m u. GOK]		5,50
Vollrohr [lfdm]		2,50
Filterrohr [lfdm] / Schlitzweite [mm]		3,00 / 0,3
Pegel-Fuß / Pegel-Kopf		Spitze / Seba-Kappe
Betonfundament		X
Schutzdreieck (Metall)		X
Wasserstand nach Einbau	[m u. GOK]	2,50
	[m NHN]	96,19

**Tabelle 3:** Ausbaudaten und Grundwasserstände der Grundwassermessstellen

**Es wird empfohlen, die GW-Messstelle 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.**

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 sowie dem ausgeprägten Staunässepotenzial der bindigen Böden empfohlen, den Bemessungswasserstand für den **Faktor Stauwasser** in Höhe der aktuellen lokalen GOK anzusetzen (akt. GOK = Geländeoberkante zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen).

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

Bodenart	$k_f$ -Wert in m/s
<u>- Lösslehm:</u> Schluff, (schwach) feinsandig, schwach tonig. ....	$10^{-7} - 10^{-9}$
<u>- Glaziallehm:</u> Schluff, schwach bis stark kiesig, (schwach) sandig, z.T. (schwach) tonig. ...	$10^{-7} - 10^{-9}$
<u>- Glazialsand:</u> Sand, stark kiesig, schwach schluffig, schwach tonig.....	$10^{-3} - 10^{-6}$
<u>- Glazialkies:</u> Kies, stark sandig. ....	$10^{-3} - 10^{-5}$

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:** 'Zusammenhängende Untergrundfeuchte' konnte an den Untersuchungstagen zwischen 2,50 m und 4,80 m u. GOK gelotet werden. Es handelt sich um einen geschlossenen Stau-/Kapillarwassersaum, nicht um Grundwasser im eigentlichen Sinne. Es existiert ein ausgeprägtes Staunässepotenzial bis zur Geländeoberkante. Der Bemessungswasserstand für den Faktor Stauwasser ist in Höhe der aktuellen lokalen GOK anzusetzen.

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 fünf Korngrößenanalysen an den geogenen/gewachsenen und versickerungsrelevanten Lösslehmen und dem Grundmoränenmaterial 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 Lösslehms erhebliche bindige und prägende Schluffanteile aufweisen. Diese bindigen Böden besitzen mit Durchlässigkeiten von  $k_f \sim 10^{-7}$  bis  $\sim 10^{-8}$  m/s keine ausreichend hohen Durchlässigkeiten. Das Material der Grundmoräne zeigt stark variierende Anteile bindiger Bestandteile und besitzt je nach Verlehmungsgrad ausreichend hohe ( $k_f \sim 10^{-5}$  m/s) bis (sehr) geringe ( $k_f \sim 10^{-8}$  m/s) Durchlässigkeiten.

Von Böden mit einem (deutlichen) Anteil bindiger Komponenten geht ein ausgeprägtes Staunässepotenzial 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 2, BS 3, BS 7 und BS 10 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.

Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind in der Anlage 7.1 sowie in der folgenden Tabelle 4 dargestellt.

Bohrloch	BS 2	BS 3	BS 7	BS 10
Bereich (m u. GOK)	1,00 – 4,00	1,00 – 3,48	1,00 – 2,36	1,00 – 3,58
Versickerungsmedium	Lösslehm	Lösslehm	Lösslehm	Lösslehm, Glaziallehm
Versuch 1 (m/s)	$\sim 4,4 \cdot 10^{-6}$	$\sim 2,4 \cdot 10^{-6}$	$\sim 4,5 \cdot 10^{-6}$	$\sim 2,4 \cdot 10^{-6}$
Versuch 2 (m/s)	$\sim 4,1 \cdot 10^{-6}$	$\sim 2,0 \cdot 10^{-6}$	$\sim 4,5 \cdot 10^{-6}$	$\sim 2,0 \cdot 10^{-6}$
Bewertung DIN 18 130	'durchlässig'			
DWA-Bewertung	Versickerungseignung bei $k_f > 1 \cdot 10^{-6}$ m/s			
MURL-Bewertung	Versickerungseignung bei $k_f > 5 \cdot 10^{-6}$ m/s			
Bewertung Unterzeichner	<u>grenzwertige Versickerungseignung</u>			

**Tabelle 4:** Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (Geländeversuche)

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

### 3.3 Bewertung des Versickerungspotenzials

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 i.e.S. nicht angetroffen. Die diesbezügliche wasserrechtliche Voraussetzung (1 m Mindestabstand zwischen Anlagenfuß und max. GW-Stand) kann daher vermutlich großflächig eingehalten werden.

Fazit: Die Grundwasserverhältnisse am 28.-29.04.2022 lassen wasserrechtlich eine Versickerung zu. Ob diese Verhältnisse permanent gegeben sind muss aufgrund des relevanten Staunässepotentials (s.u.) bezweifelt werden. Die theoretische Eignung muss daher wegen des hohes Staunässepotenzials kritisch gesehen werden.

Materialspezifische Bewertung: Die Versickerungsversuche (Feldversuche) belegen für den untersuchten Boden mäßig hohe Durchlässigkeiten im Bereich von  $k_f \sim 10^{-6}$  m/s (DIN 18 130: Grenzbereich von 'durchlässig' bzw. 'gering durchlässig'). Die Durchlässigkeiten bewegen sich am unteren Rand des versickerungstechnischen Zulässigkeitsbereiches und stellen einen versickerungstechnischen Grenzbereich dar.

Die theoretischen Berechnungen der Wasserdurchlässigkeit anhand der Kornsummenkurven belegen für den untergrundprägenden Lösslehm Durchlässigkeiten im Bereich von  $k_f \sim 10^{-7}$  m/s bis  $\sim 10^{-8}$  m/s (DIN 18 130: 'gering durchlässig'). Die untersuchten Proben der Grundmoräne zeigen stark heterogene Durchlässigkeiten im Bereich von  $\sim 10^{-5}$  m/s bis  $\sim 10^{-8}$  m/s (DIN 18 130: 'durchlässig' bis 'gering durchlässig').

Fazit: Der versickerungsrelevante Boden führt je nach Verlehmungsgrad ein ausgeprägtes Staunässepotenzial.

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

Gefährdungspotenzial: Bei zu geringen Durchlässigkeiten des Untergrundes besteht die Gefahr eines Rückstaus der eingegebenen Wässer. Infolge der Staunässebildung wird eine Aufweichung der bindigen Böden verursacht, was eine Konsistenzverringering (= Baugrundgüteverschlechterung) zur Folge hat. Nicht zuletzt kann es zu Vernässungen, oberflächlichen, hangabwärts gerichteten Abflüssen und Schäden an tieferliegenden Bestandsgebäuden oder Bauwerken kommen. Hierzu sei angemerkt, dass grundsätzlich der Einleiter der Wässer hinsichtlich potenzieller Schäden haftet. Die Abführung der Niederschlagswässer in den Untergrund kann nicht dauerhaft gewährleistet werden.

**Fazit Versickerungsfähigkeit:** Aus gutachterlicher Sicht wird von einer gezielten Versickerung der Niederschlagswässer aufgrund der folgenden Punkte abgeraten:

- materialspezifisch differierende Eignung mit grenzwertigen sowie nicht ausreichenden Durchlässigkeiten,
- Gefährdungspotenzial durch zu besorgenden Rückstau/Oberflächenabfluss,
- Konsistenzverringering = Baugrundgüteverschlechterung

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

Die Möglichkeit einer Einleitung der gesammelten Niederschlagswässer in einen lokalen Vorfluter ist vor Ort zu prüfen und mit der UNTEREN WASSERBEHÖRDE abzustimmen. Vorbehaltlich der Zustimmung des TIEFBAUAMTES wird eine Einleitung in das Kanalsystem vorgeschlagen.

## 4.0 Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

### 4.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche

Korngrößenanalyse (DIN EN ISO 17892-4): Es wurden fünf 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)	$k_f$ -Wert (m/s)*	Wassergehalt w
1/7 (S <sub>glazial</sub> )	5,50-5,75	19,0		<b>56,1</b>	<b>24,9</b>	<0,063	<1,0 x 10 <sup>-5</sup>	20,82 %
3/7 (G <sub>glazial</sub> )	5,50-6,60	23,1		<b>41,8</b>	<b>35,1</b>	<0,063	<1,0 x 10 <sup>-5</sup>	14,24 %
6/3 (U <sub>Löss</sub> )	1,15-2,00	11,7	<b>72,4</b>	15,9	-	0,0773	~5,0 x 10 <sup>-8</sup>	21,65 %
8/4 (U <sub>Löss</sub> )	2,75-4,10	9,7	<b>72,3</b>	16,5	1,5	0,0127	~1,6 x 10 <sup>-7</sup>	22,51 %
8/5 (U <sub>glazial</sub> )	4,10-5,00	9,2	<b>29,2</b>	<b>34,4</b>	<b>27,2</b>	0,0094	~7,8 x 10 <sup>-8</sup>	15,02 %

**Tabelle 5:** Ergebnis der Korngrößenanalysen/Wassergehaltsbestimmungen

Genese: U<sub>Löss</sub> = Lösslehm, U<sub>glazial</sub> = Glaziallehm, S<sub>glazial</sub> = Glazialsand, G<sub>glazial</sub> = Glazialkies; **fett** = prägend;

\* $k_f$ -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**

Nach dem Ergebnis der Korngrößenanalysen handelt es sich bei den untersuchten Lösslehm-Proben jeweils um einen homogen beschaffenen, feinsandigen Schluff. Es handelt sich hinsichtlich der Korngrößenverteilung um einen typischen Lössboden. Diese Böden stehen einem rolligen (Feinst-)Sand bodenmechanisch erheblich näher, als einem von Tonmineralen geprägten (bindigen) Boden.

Das Material der Grundmoräne wird von sandig-kiesigen Bestandteilen geprägt. Bindige Anteile liegen in variierender Größenordnung vor. Die bindigen Anteile beeinflussen bzw. bestimmen, je nach Größenordnung, die bodenmechanischen Eigenschaften und die Durchlässigkeit.

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

1/7: Sand, kiesig, bindig	(DIN 18 196: SU*/ST)
3/7: Sand-Kies-Gemisch, bindig	(DIN 18 196: SU*/ST)
6/3: Schluff, sandig, schwach tonig	(DIN 18 196: UL/TL/SU*)
8/4: Schluff, sandig, schwach tonig	(DIN 18 196: UL/TL/SU*)
8/5: bindiger Boden, stark sandig, kiesig	(DIN 18 196: SU*/ST/UL)

Durchlässigkeit: Die theoretischen Berechnungen der Durchlässigkeitsbeiwerte (Durchlässigkeitskoeffizient) nach MALLETT / PACQUANT ergeben für die untersuchten bindigen Böden  $k_f$ -Werte von  $\sim 10^{-7}$  m/s bis  $\sim 10^{-8}$  m/s, welche nach DIN 18 130 als 'gering' bis 'sehr gering durchlässig' zu bezeichnen sind. Es liegt ein ausgeprägtes Staunäsepotenzial vor.

Die weniger verlehnten Proben der Grundmoräne führen nach BEYER Durchlässigkeiten in der Größenordnung von  $k_f < 1,0 \times 10^{-5}$  m/s (gem. DIN 18130 (noch) 'durchlässig').

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 Wasserrückhaltepotenzial der bindigen Böden.

Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): Nach der Frostempfindlichkeitsklassifikation der ZTVE-StB ist der Boden aufgrund der prägenden bindigen Bestandteile in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 einzustufen ('sehr frostempfindlich').

Zustandsgrenzenbestimmung (DIN EN ISO 17892-12): Die Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen wurde ergänzend an der Probe 6/3 (Lösslehm) vorgenommen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 6 zusammengefasst und in der Anlage 5.1 dargestellt.

Probe	Fließgrenze W <sub>L</sub>	Ausrollgrenze W <sub>P</sub>	Plastizitätszahl I <sub>P</sub>	Wassergehalt w	Konsistenzzahl I <sub>C</sub>
6/3	30,1 %	21,4 %	8,7 %	21,6 %	0,97 ('steif')

**Tabelle 6:** Ergebnisse der Zustandsgrenzenbestimmung

Bei Einsatz der gewonnenen Daten in das Plastizitätsdiagramm nach CASAGRANDE liegt die untersuchte Bodenprobe 6/3 am Übergang der nach DIN 18 196 bezeichneten Bodengruppen 'leicht plastische Tone' (TL), 'leicht plastische Schluffe' (UL) und 'Sand-Ton-Gemische' (ST).

Bei Betrachtung der Plastizitätszahlen sowie Einsetzung in den sog. Konsistenzbalken nach ATTERBERG ergibt sich ein sehr schmaler Bildsamkeitsbereich, sodass bei Wassergehaltsänderungen (Zunahme) deutlich schneller die Gefahr einer Konsistenzverringerung existiert (deutliche Nässesensibilität).

Ausgehend von der Konsistenzzahl liegen die Lehme im ungestörten Zustand in 'steifer' Konsistenz vor. Bei Freilegung (Wegnahme der Überlagerungsspannung) und/oder

Vorlage ungünstiger Witterungsbedingungen, kann eine Konsistenzabnahme bis zum weichen oder weich-breiigen Zustand erfolgen.

Glühverlustbestimmung (nach DIN 18 128): Die im Gelände als schwach organisch angesprochene Probe 9/2 wurde ergänzend auf ihren Organikanteil hin untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen (Glühverlust als Mittelwert von drei Versuchen; siehe Anlage 6.1) sind der folgenden Tabelle 7 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.

Material	Probe	Tiefenlage (m u. GOK)	Glühverlust $V_{gl}$	DIN 1054	DIN EN ISO 14688-2
Lösslehm	9/2	0,30-0,80	2,90 %	<i>nicht organischer Boden</i>	<i>schwach organisch</i>

**Tabelle 7:** 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)

Nach DIN 1054 sind bindige Böden (Lehme/Schluffe) erst mit  $V_{gl} \geq 5 \%$  als *organische Böden* zu bezeichnen. Die Ergebnisse der Untersuchungen weisen innerhalb des Gründungs- und Lastabtragsbereichs keine erhöhten Organikgehalte auf. Aufgrund der punktuellen Untergrundaufschlüsse können organische Böden jedoch 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 abzuschleifen. Im Zweifel ist der Bodengutachter hinzuzuziehen.

**Bodenmechanisches Fazit:** Der geogene Untergrund stellt sich zweigeteilt dar. Der Lösslehm wird von sandigen, schwach tonigen Schluffen geprägt und besitzt geringe Durchlässigkeiten von  $k_f \sim 10^{-7}$  m/s bis  $\sim 10^{-8}$  m/s.

Die den tieferen Untergrund prägenden Grundmoräne-Ablagerung besitzen stark variierende sandige, kiesige sowie bindige Anteile und weisen Durchlässigkeiten von  $k_f \sim 10^{-5}$  m/s bis  $\sim 10^{-8}$  m/s auf.

Das Untergrundinventar weist damit in Abhängigkeit des Verlehmungsgrades ein mäßiges bis deutliches Staunässepotenzial auf und ist als 'sehr frostempfindlich' einzustufen.

Es ist von einer ausgeprägten Witterungs- und Bewegungsempfindlichkeit des gesamten Bodeninventars auszugehen.

Durch die Glühverlustbestimmung konnten zunächst keine organischen 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 cm<sup>2</sup> Spitzenquerschnitt). Die DPL erfolgten jeweils nahe der BS 1 bis BS 10. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe  $n_{10}$  gegen die Tiefe. Die Rammdiagramme der DPL sind in der Anlage 2.1 grafisch dargestellt und den jeweiligen Rammkernsondierungen gegenübergestellt. Ausgewertet werden nur die Bereiche unterhalb der ohnehin abzuschiebenden Oberböden.

- ⇒ Böden bis i.M. ca. 1,8 m u. GOK: Bis in eine Tiefe von i.M. 1,8 m u. GOK (teils bis ca. 2,2 m u. GOK) zeigen die erbohrten Lösslehme zunächst sehr geringe Schlagzahlen von  $n_{10}$  ~3 bis ~8. Die allenfalls weich konsistenten bindigen Böden bieten keine unmittelbare Gründungseignung. Es werden bodenverbessernde Maßnahmen notwendig (Bodenaustausch gegen Guteschotter).
- ⇒⇒ Böden bis i.M. ca. 3,5 m u. GOK: Die in einer Tiefe von ca. 1,8 - 3,5 m unter GOK erbohrten Böden zeigen Schlagzahlen von  $n_{10}$  ~9 bis ~15 (vereinzelt höher). Die weich-steif konsistenten bindigen Böden bieten ebenfalls keine unmittelbare Gründungseignung.
- ⇒⇒ Böden ab i.M. ca. 3,5 m u. GOK: Ab einer Tiefe von ca. 3,5 m unter GOK findet in den dort erbohrten Böden eine Zunahme der Schlagzahlen statt. Bis zur Endtiefe werden überwiegend mittlere Schlagzahlen von  $n_{10}$  ~15 bis >30, teils deutlich höher, erreicht. Die Schlagzahlerhöhung resultiert in diesem Profilbereich vermutlich aus einer durch die Untergrundfeuchte induzierten, verstärkten Mantelreibung der DPL (Schlagzahlverfälschung). Die vermutlich eher weich-steif konsistenten Löss- und Glaziallehme bieten ebenfalls keine unmittelbare Gründungseignung.

### 4.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 8 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	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi_k / \varphi_{s,k}$ (°)	$c_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$E_{s,k}$ (kN/m <sup>2</sup> )
<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 <b>RW 80.000</b>
<u>neues V1-Material</u> : Kies, sandig, schwach schluffig; mitteldicht-dicht	20,0 - 21,0	12,0 - 13,0	35,0	0	40.000 - 60.000 <b>RW 50.000</b>
<u>Lößlehm (aufgeweicht)</u> : Schluff, (schwach) sandig, schwach tonig; weich	18,0 - 18,5	8,0 - 8,5	22,5 - 25,0	0	3.000 - 5.000 <b>RW 3.000</b>
<u>Lößlehm</u> : Schluff, (schwach) sandig, schwach tonig; weich-steif	18,5 - 19,0	8,5 - 9,0	25,0	0 - 2 <b>RW 2</b>	5.000 - 7.000 <b>RW 6.000</b>
<u>Glaziallehm</u> : Schluff, schwach bis stark kiesig, schwach bis stark sandig, z.T. (schwach) tonig; steif	19,0 - 19,5	9,0 - 9,5	25,0 - 27,5	2 - 5 <b>RW 2</b>	7.000 - 10.000 <b>RW 8.000</b>
<u>Glazialsand</u> : Sand, stark kiesig, schwach schluffig, schwach tonig; mitteldicht-dicht	18,0 - 19,0	9,0 - 10,0	32,5 - 35,0	0	20.000 - 30.000 <b>RW 25.000</b>
<u>Glazialkies</u> : Kies, stark sandig, schwach schluffig; mitteldicht-dicht	20,0 - 21,0	12,0 - 13,0	32,5 - 35,0	0	30.000 - 50.000 <b>RW 40.000</b>

**Tabelle 8:** Bodenmechanische Kennwerte der gründungsrelevanten Bodeneinheiten

$\gamma$  = Wichte des erdfeuchten Bodens

$\varphi_k$  = Reibungswinkel

$c_k$  = Kohäsion

RW = Rechenwert

$\gamma'$  = Wichte d. Bodens unter Auftrieb

$\varphi_{s,k}$  = Ersatzreibungswinkel

$E_{s,k}$  = Steifeziffer

#### 4.4 Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen und Frostklassen

In der folgenden Tabelle 9 erfolgt die Angabe der Bodenklassen (DIN 18 300<sub>alt</sub>), der Homogenbereiche (DIN 18 300: 2019-09, DIN 18 303: 2016-09), die Angabe des Gruppensymbols, der Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke (DIN 18 196), die Angabe der Frostklasse (ZTVE-StB) sowie die Vorgehensweise zur Lösung der Böden.

Schichtglieder (Grobgliederung)	Boden- klassen <sub>alt</sub> (DIN 18 300)	Homogen- bereich Gewerk <b>Erdarbeiten u. Verbauarbeiten</b>	Gruppensymbol (DIN 18 196)	'Frostklasse' ZTVE-StB	Boden- lösung
Füll-Mutterboden <sup>1)</sup>	1	-	A (OU)	F 3	'Löffel- bagger'
Lösslehm <sup>1)</sup>	4, u.U. 2	<b>ERD 1 / VER 1</b>	UL/TL/UM/TM/SU*	F 3	
Glaziallehm <sup>1)</sup>	4 - 5, u.U. 2		UL/TL/UM/TM/TA	F 3	
Glazialsand <sup>1)</sup>	3 - 4, u.U. 2		SE/SU/SU*/ST	F 1 - F 3 <sup>2)</sup>	
Glazialkies <sup>3)</sup>	3 - 5, u.U. 6		GW/GU/GU*/GT/X	F 1 - F 3 <sup>2)</sup>	
Steine/Blöcke <sup>3)4)</sup>	5 - 6, u.U. 7		A (X/Y), X/Y	F 1	

**Tabelle 9:** Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen, Frostklassen;

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

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

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

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

Für den Mutterboden erfolgt keine Ausweisung eines eigenen Homogenbereiches, da dieser ohnehin separat 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 5, Homogenbereich ERD 1).

Diese Aussage gilt nicht für ggf. im Untergrund befindliches Material in Stein-/Blockkorngröße wie z.B. 'Findlinge', 'nordische Geschiebe' 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 m<sup>3</sup> Rauminhalt).

#### Erläuterung Tabelle 9

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 10
nach DIN 18 196	A OU GW GU/GU* GT SE SU/SU* ST UL/UM TL/TM/TA X/Y	Auffüllung Schluffe mit organischen Beimengungen weitgestufte Kies-Sand-Gemische Kies-Schluff-Gemische Kies-Ton-Gemische enggestufte Sande Sand-Schluff-Gemische Sand-Ton-Gemische leicht / mittelplastische Schluffe leicht / mittel / ausgeprägt plastische 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 10) 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. Findlinge, Geschiebe
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	~ breiig bis steif-halbfest bzw. n.b.
Konsistenzzahl	~ 0,3 - 1,2 bzw. n.b.
Plastizität	gering bzw. n.b.
Plastizitätszahl	~ 0,15 - 0,50 bzw. n.b.
Durchlässigkeit	ca. $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$
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, TA GW, GU, GU*, GT, SE, SU, SU*, ST, X, Y
Ortsübliche Bezeichnung	Lösslehm, Grundmoräne

**Tabelle 10:** Kennwerte Homogenbereiche ERD 1 + VER 1 (Abgrenzung: Tab. 9);  
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. 0,4 m u. GOK stehen zunächst bis mindestens 1,3 m u. GOK, z.T. bis ca. 2,2 m u. GOK aufgeweichte Lösslehme 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. Gutachterlicherseits wird bei den vorliegenden Untergrundverhältnissen der Einbau eines mind. 1,0 m mächtigen Schotterpolsters unterhalb der Bodenplatte zur Untergrundverbesserung angeraten.
- Unterkellerung: Auf angenommenem UK-KG-Sohlplattenniveau von ca. 3,30 m u. GOK stehen weich-steif konsistente Lösslehme und steif konsistente Glaziallehme 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 zwischen 2,50 m und 4,80 m u. GOK gelotet werden. Bei der Untergrundfeuchte handelt es sich vermutlich um einen geschlossenen Stau-/Kapillarwassersaum und nicht um Grundwasser im eigentlichen Sinne. Es existiert ein ausgeprägtes Staunässepotenzial bis zur Geländeoberkante. Der Bemessungswasserstand für den Faktor Stauwasser ist in Höhe der aktuellen lokalen GOK anzusetzen.  
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  $\leq 3$  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 Lösslehm bzw. auf der Grundmoräne angestrebt werden.

Für die Plattengründung sollte zunächst ein Erdplanum bis mind. 1,0 m unter UK EG-Bodenplatte (bei Nichtunterkellerung) bzw. bis mind. 0,5 m unter UK KG-Sohlplatte (bei Unterkellerung) 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. 1,0 m bzw. 0,5 m große Massendefizit lagig aufgebaut und (dynamisch) verdichtet werden. Auf dem nachweislich verdichteten Schotterpolster kann die elastische Bettung der Bodenplatte erfolgen.

Bei der Verdichtung des Bodenplattenunterbaus ist das Verdichtungsgerät AN-seits derart auszuwählen, dass ein konsistenzverringender Schwingungseintrag in die bindigen Böden auszuschließen ist.

Im Falle einer Unterkellerung ist 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 Auskofferung 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: Ausgehend von den Verhältnissen an den Untersuchungstagen wird für das Untersuchungsgebiet sowohl für nicht unterkellerte, als auch für unterkellerte Bauvorhaben lediglich die Vorhaltung einer 'offenen Wasserhaltung' notwendig, um anfallendes Tagwasser oder zutretendes Stau-/Schichtenwasser abführen zu können.

Zur Absicherung sollten die Grundwasserverhältnisse vor Beginn der Aushubtätigkeiten durch einen oder mehrere Baggerschürfe aktualisiert werden, um die Wasserhaltungsmaßnahmen ggf. anpassen zu können.

Eingeschaltete Sand- und Kieslinsen können anfallendes Stauwasser 'wie ein Schwamm' aufnehmen und dieses als Schichtwasser der Morphologie folgend weitergeben. Bei einem Anschnitt einer solchen Sand- oder Kieslinse (z.B. bei der Ausschachtung einer Baugrube) kann es zu erheblichen Wasserzutritten kommen ('Leerlaufen' der Sand/Kieslinsen).

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 ( $\geq 2$  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 Auskofferung 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  $E_{v2} \geq 70-80$  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  $\geq 150$  g/m<sup>2</sup>, Stempeldurchdrückkraft  $F_{P,5\%} \geq 1,5$  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.

Frostfreiheit: 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  $E_{v2} \geq 70 - 80$  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.

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

Diese Anmerkung gilt zunächst unabhängig von einer 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  $\leq 3$  m Eintauchtiefe') bzw. W2.2-E ('hohe Einwirkung von drückendem Wasser  $> 3$  m Wassersäule') abgedichtet werden. Bemessungswasserstand für den Faktor Stauwasser gemäß DIN 18 533 ist die aktuelle lokale GOK (am 28.-29.04.2022).

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 1,3 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. 1,0 m (NU) bzw. 0,5 m (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 Sohlspannung und Setzung ergibt - theoretisch die Sohldruckverteilung und die Setzungen bereits im Vorfeld kennen, die sich jedoch erst aus den Berechnungsergebnissen ergeben.

Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tabelle 8), 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.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind der Tabelle 11a (Nichtunterkellerung) und 11b (Unterkellerung) zu entnehmen.

charakteristische Beanspruchung $\sigma_{E,k}$ <b>Nichtunterkellerung (NU)</b>	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul $k_s$
$\sigma_{E,k} \sim 140 \text{ kN/m}^2$ 1,0 m Schotterpolster	1,0 x 15,0 m	ca. 2,50 cm	5,6 MN/m <sup>3</sup>

**Tabelle 11a:** 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 > 1,5 cm betragen, was in der Regel nicht zu einer Überbeanspruchung der Bauwerkskonstruktion führt.

Bettungsmodul-Nichtunterkellerung: Es sollte zunächst ein Bettungsmodul von  $k_s = 5 \text{ MN/m}^3$  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 $\sigma_{E,k}$ <b>Unterkellerung (U)</b>	'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. 1,67 cm	8,4 $\text{MN/m}^3$

**Tabelle 11b:** 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. Die Setzungsdifferenzen betragen rechnerisch < 1 cm, was in der Regel nicht zu einer Überbeanspruchung der Bauwerkskonstruktion führt.

Bettungsmodul-Unterkellerung: 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.

## 5.2 Kanalbau

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

Gemäß vorliegenden Kanalbestandsplänen ist in der 'Langeneicker Straße' ein Regenwasserkanal (DN 300 B) in einer Tiefe von ca. 1,8 m u. GOK und ein Schmutzwasserkanal (DN 250 STZ) in einer Tiefe von ca. 2,3 m u. GOK verlegt. Es wird davon ausgegangen, dass geplante Regen- und Schmutzwasserkanäle den Baugebietes an die Bestandskanäle der 'Langeneicker Straße' angeschlossen werden sollen.

Es wird daher zunächst eine Verlegung in offener Bauweise in einer Verlegetiefe von ca. 1,8 m (RW) und 2,3 m (SW) 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. 1,8 m bis 2,3 m u. GOK stehen überwiegend weichsteif konsistente Lösslehme an. Dieser Profilbereich wird von Böden der Bodenklasse 4, ggf. 2 geprägt ('Löffelbaggereinsatz'). Es werden Bodenverbesserungen notwendig. Bei Wegnahme der Überlagerungsspannung und/oder Vorlage ungünstiger Witterungsbedingungen, kann eine Konsistenzabnahme bis hin zum weich-breiligen Zustand erfolgen. Die ausgeprägte Witterungsempfindlichkeit der Lösslehme verbleibt als bautechnisch zu beachtender kritischer Faktor.

Bei den zu erreichenden Aushubtiefen wird mit einer permanenten Schicht- und Stauwasserbeeinflussung der Kanalgräben/Schachtbauwerke gerechnet.

Für den Faktor 'Auftrieb' ist rechnerisch ein Stauwasseranstieg bis zur Geländeoberkante heranzuziehen (siehe Bemessungswasserstand).

## Hinweisgebungen zum Kanalbau

Zeitliche Durchführung der Tiefbau- und Gründungsarbeiten: Die Auskofferungs- und Gründungsarbeiten sollten möglichst während einer trockenen Wetterlage/-periode im Sommer durchgeführt werden, da die vorliegenden bindigen Böden eine hohe Wasseraufnahmefähigkeit und Nässesensibilität aufweisen. In niederschlagsintensiven Perioden sollten Stillstandszeiten einkalkuliert werden.

Wasserhaltung: Bei Verhältnissen wie an den Untersuchungstagen (28.04.-29.04.2022) wird die Vorhaltung bzw. der Einsatz einer 'offenen Wasserhaltung' vermutlich ausreichend sein um ggf. anfallendes Stau- und Tagwasser abzuführen.

Auftriebssicherheit: Aufgrund der Lage aller Kanäle im Schwankungsbereich der Untergrundnässe (Stau- und Schichtwasser) ist der Faktor Auftrieb bis zum Bemessungswasserstand zu berücksichtigen (siehe Kapitel 2.2).

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) eingebracht 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  $a = 100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$  bei 'normalen' Böden bzw. auf  $a = 100 \text{ mm} + 1/5 \text{ DN}$  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 =  $45^\circ$ ).

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.**

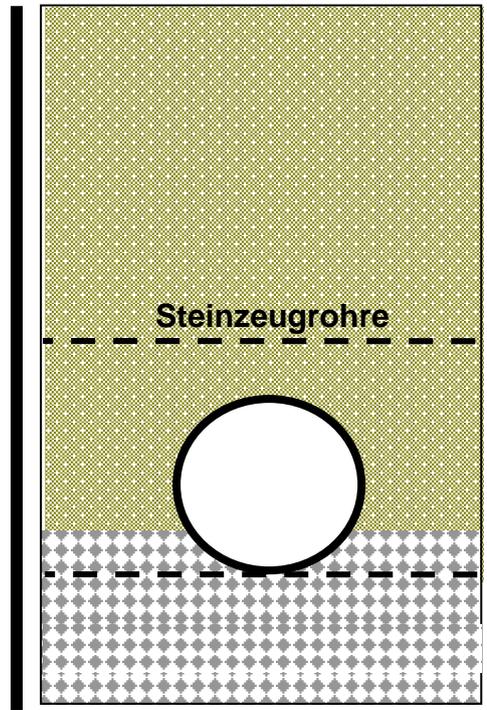
Die Bettungsschicht muss immer im Druckausbreitungswinkel des Kanals / Bauteils eingebracht werden (Mineralgemisch  $45^\circ$ ). Der Sohlbereich sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden.

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

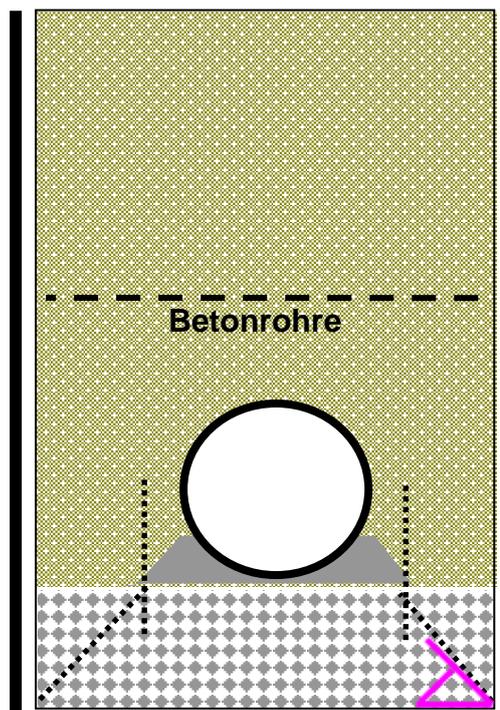


**Hauptverfüllung:**  
grobkörniges Material  
(Schotter, Bankette,  
Vorabsiebung)

*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



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

**Rohrüberdeckung und  
Seitenverfüllung**  
Schotter 0/32

↑ Bettung plus  
Untergrundverbesserung  
↓ Schotter 0/32

45° Druckausbreitung

Bauteil mit Fuß

**Gründung:** Die Gründungsverhältnisse im Bereich der Kanäle werden als homogen angesehen. Die Böden weisen, basierend auf den aktuellen Untergrundaufschlüssen innerhalb der aktuellen Plantrasse einen Verbesserungsbedarf auf. Aufweichungen und organische Böden sind vollständig aus dem Gründungsbereich zu entfernen und durch volumenkonstantes und verdichtungsfähiges Material zu ersetzen. Im Bereich von weich-steifen Lehmen sind bodenverbessernde Maßnahmen in deutlicherem Umfang einzukalkulieren. Die Gründung sollte hier auf mind. ca. 30 cm Güteschotter erfolgen.

Die bodenverbessernden Maßnahmen sind abhängig vom 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).

Nachfolgend werden die vorzuschlagenden Maßnahmen für die Plantrasse tabellarisch kurz zusammengefasst (Tabelle 12).

Plankanal	
Wasserhaltung	(verstärkt) offene 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 12:** 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 ZTVE-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: Das Erdplanum führt nach Abzug der organischen Oberböden prägende bindige Anteile und sollten einheitlich in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (*‘sehr frostempfindlich‘*) eingestuft werden. Nach der ZTVE-StB sind Frostschutzmaßnahmen grundsätzlich erforderlich. **Ausgangswert ist eine Stärke des frostsicheren Oberbaus von 50 cm** im Bereich der Fahrstraße in der **Bk0,3**. 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 13:** 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 bindigen Böden, die einheitlich 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 hinsichtlich möglicher Aufweichungen des Erdplanums keinen erhöhten bautechnischen Aufwand betreiben zu müssen.

Wasserhaltung: Grundwasser wurde an den Untersuchungstagen (28.04.-29.04.2022) nicht oberhalb der Trassensohle angetroffen. Bei Verhältnissen wie an den Untersuchungstagen wird die Vorhaltung bzw. der Einsatz einer 'offenen Wasserhaltung' ausreichend sein um ggf. anfallendes Stau- und Tagwasser 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. 0,30 m Untergrundverbesserung ausgehoben werden.

Nach Auskoffnung 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/m<sup>2</sup>; 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.

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.

Auf den lehmigen Erdplanumsböden ist davon auszugehen, dass vorgenannter Verformungsmodul nicht erzielt werden kann. Bindige Böden auf Erdplanum sollten nicht (direkt) dynamisch nachverdichtet werden, da hierdurch die Bodenstruktur zerstört wird. **Untergrundverbesserungen sollten zunächst vorab für 100 % der zu erstellenden 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. 30 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 Frostschuttschicht 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.

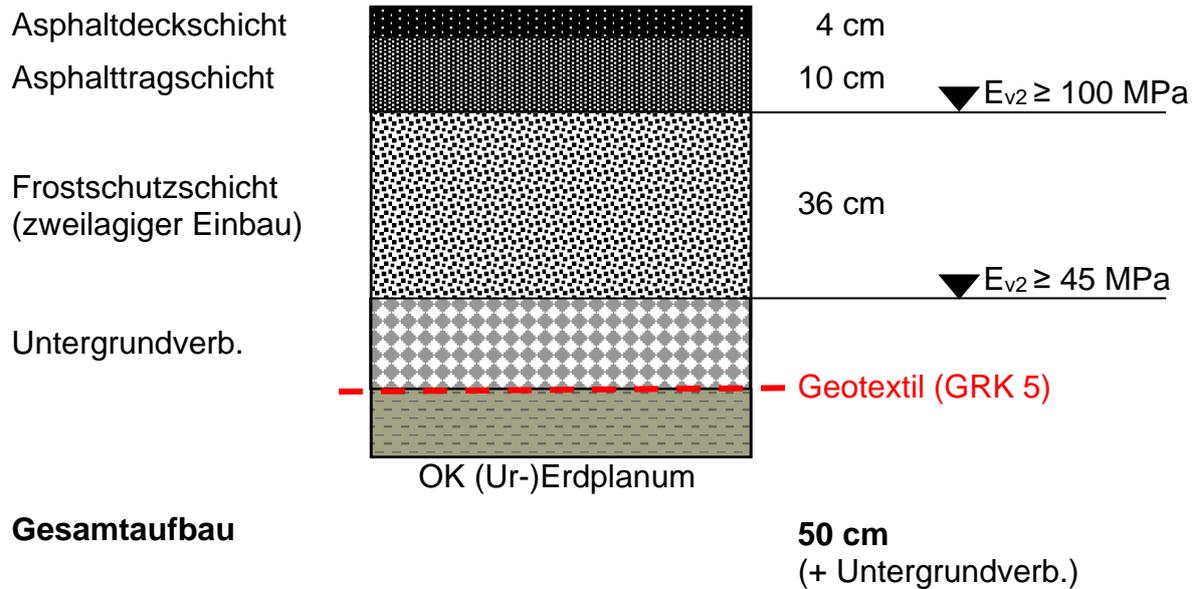
Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: Bindige und/oder organische Böden sind nicht in lastabtragenden Bereichen wiedereinbaufähig. Die bindigen bzw. einen hohen bindigen Nebengemengeanteil aufweisenden Böden erreichen im unverbesserten Zustand nicht die erforderliche Proctordichte von  $d_{pr} \geq 95 \%$  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 die angenommene Belastungsklasse unmaßstäblich skizziert (nach RStO 12 Tafel 1, Zeile 1 und Tafel 3, Zeile 1):

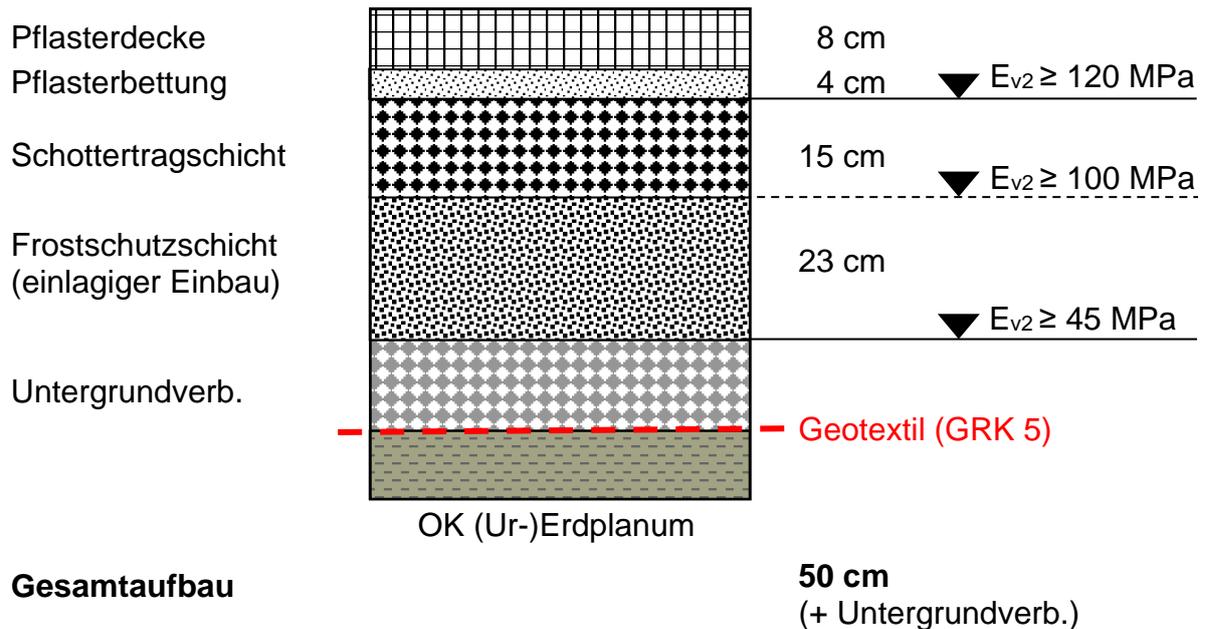
## Bk0,3 – Bauweise mit Asphaltdecke

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 SZ<sub>18</sub> entspricht (Los-Angeles-Koeffizient LA<sub>20</sub>).

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<sub>CS35</sub>, welches zusätzlich einen erhöhten Widerstand gegen Zertrümmerung/Abrieb besitzt. Hierzu wird vorgeschlagen ein Material zu wählen, dessen Prüfkörnung der Kategorie SZ<sub>18</sub> entspricht (Los-Angeles-Koeffizient LA<sub>20</sub>).

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: Zustandsgrenzenbestimmung
- Anlage 6.1: Glühverlustbestimmung
- Anlage 7.1: Versickerungsversuche im Gelände
- Anlage 8.1: Fotodokumentation

*Kleegräfe*  
- Geotechnik GmbH -

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

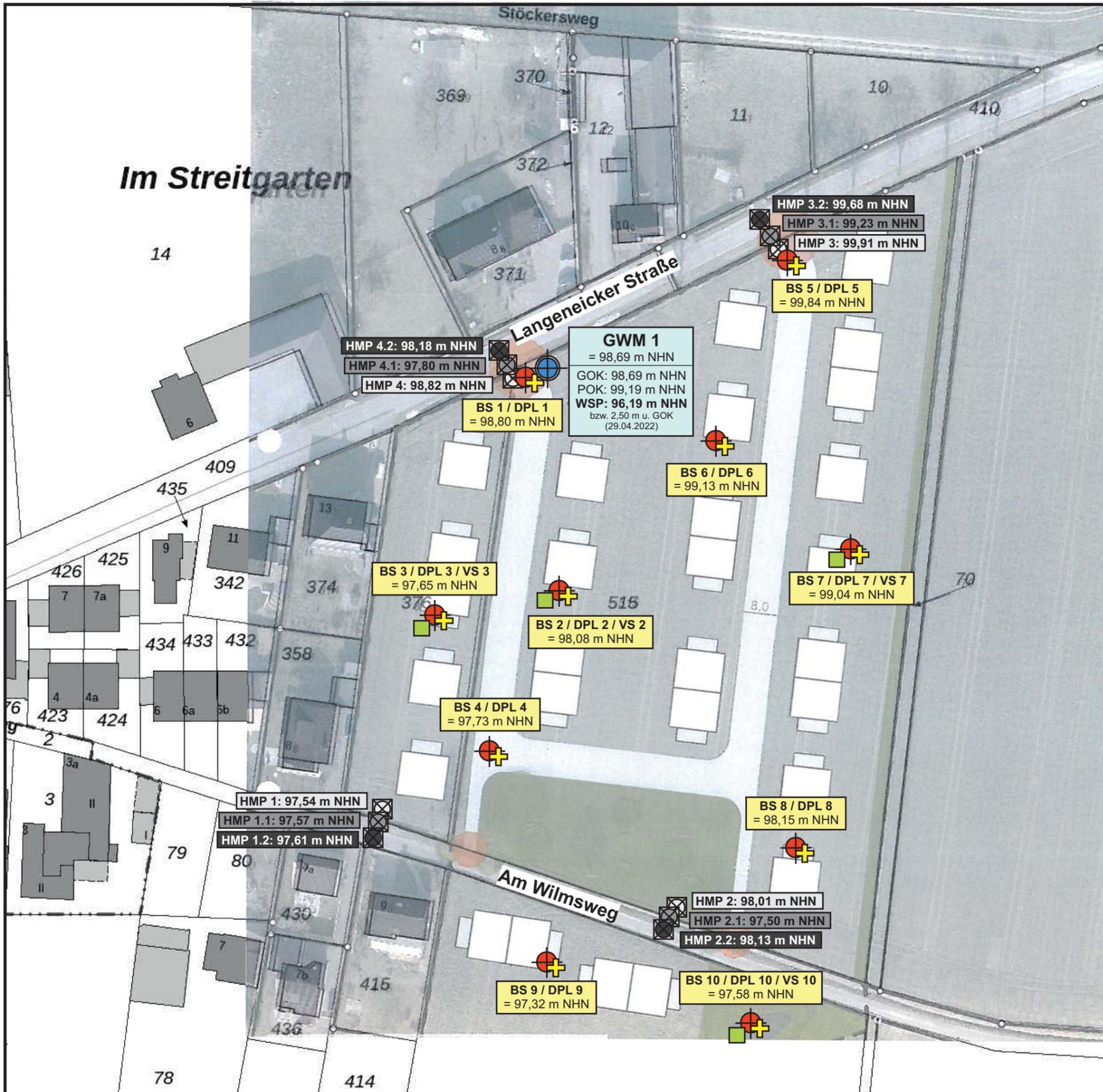
P. Gebbeken  
(M.Sc. Geowiss.)



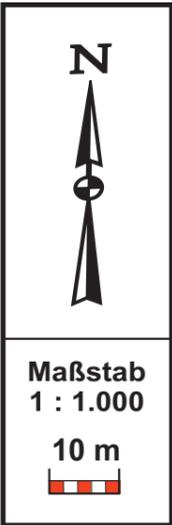
Verteiler: GWL GEMEINNÜTZIGE WOHNUNGSBAUGESELLSCHAFT LIPPSTADT GMBH  
(Dr.-Arnold-Hueck-Straße 2, 59557 Lippstadt) (PDF)

ANLAGE 1.1

Lageplan (1:1.000)



# Lippstadt (Bökenförde)



**Zeichenerklärung:**

	<b>BS</b>	Kleinbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
	<b>DPL</b>	Rammsondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2
	<b>GWM</b>	Grundwassermessstelle (Ø 2")
	<b>VS</b>	Versickerungsversuch im Gelände
	<b>HMP X</b>	Höhenmesspunkt Feld
	<b>HMP X.1</b>	Höhenmesspunkt Grabensohle
	<b>HMP X.2</b>	Höhenmesspunkt Straßenmitte

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

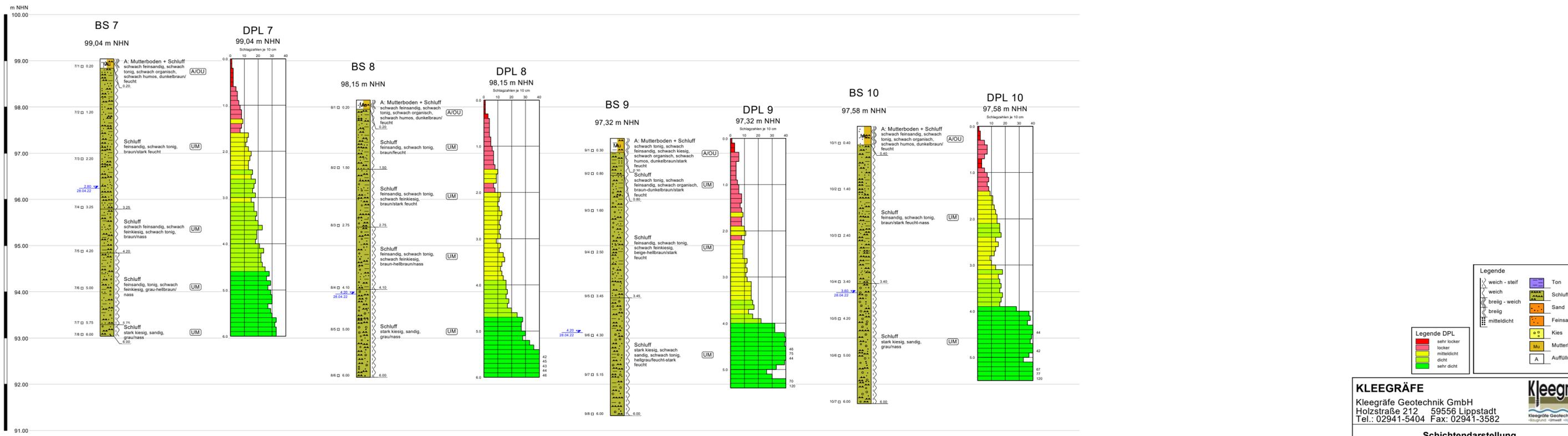
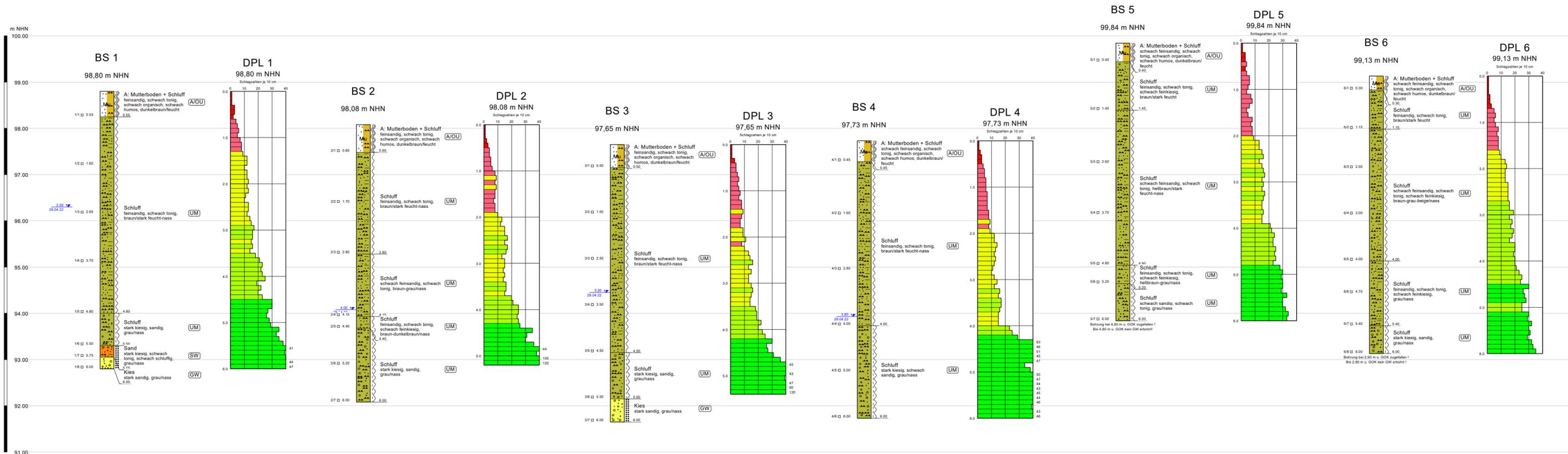


<b>Lageplan</b>	
<b>Maßnahme:</b>	Baugebiet 'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg' in Lippstadt-Bökenförde
<b>Bearb.-Nr.</b>	220304 A 3
<b>- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrogeologische Untersuchung -</b>	Anlage: 1.1
<b>Auftraggeber:</b>	GWL GEMEINNÜTZIGE WOHNUNGSBAUGES. LIPPSTADT GMBH Dr.-Arnold-Hueck-Straße 2 59557 Lippstadt
<b>Blatt:</b>	1
<b>Datum:</b>	August 2022
<b>Zeichner:</b>	Klee/Gebb
<b>Maßstab:</b>	M. 1 : 1.000

Plangrundlagen: Vorentwurf 'städtebauliches Konzept', GWL (Stand 28.02.2022) / TIM-online (www.tim-online.nrw.de (Stand 08.08.2022))

## ANLAGE 2.1

### Schichtendarstellung / Rammdiagramme



**Legende**

- weich - steif
- weich
- breiig - weich
- breiig
- mitteldicht
- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

**Legende DPL**

- Ton
- Schluff
- Sand
- Feinsand
- Kies
- Mutterboden
- Auffüllung

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

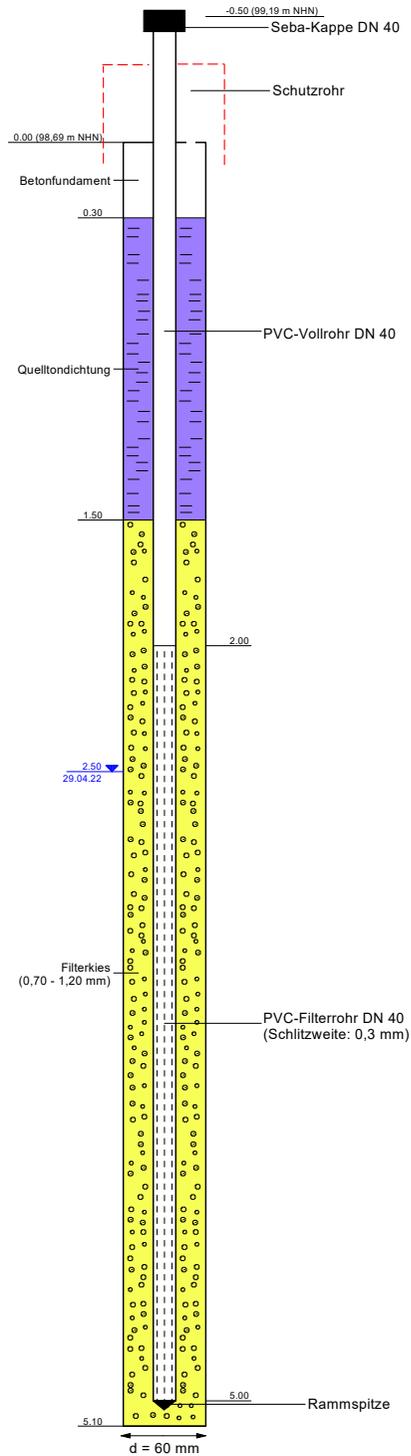
**Schichtendarstellung**

Maßnahme: Baugelände 'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg' in Lippstadt-Bökenförde	Bearb.-Nr.: 220304
	Anlage 2.1
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrogeologische Untersuchung -	Geologe:
Auftraggeber: GWL Gemeinnützige Wohnungsbauges. Lippstadt GmbH	Herr Schulte
Dr.-Arnold-Hueck-Straße 2 59557 Lippstadt	Datum: 28.-29.04.2022

ANLAGE 2.2

Ausbauprofil GWM 1

# GWM 1



Legende	
	Ton
	Kies
	Filterrohr

## KLEEGRÄFE

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



### Schichtendarstellung

<b>Maßnahme:</b> Baugebiet 'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg' in Lippstadt-Bökenförde	Bearb.-Nr.
	220304
<b>- Baugrunderkundung / Gründungsberatung /            hydrogeologische Untersuchung -</b>	Anlage 2.2
	Geologe:
<b>Auftraggeber:</b> GWL Gemeinnützige Wohnungsbauges. Lippstadt GmbH Dr.-Arnold-Hueck-Straße 2 59557 Lippstadt	Herr Schulte
	Datum:
	29.04.2022

## ANLAGE 3.1

### Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)

# Körnungslinie

Baugebiet 'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg'

in 59558 Lippstadt-Bökenförde

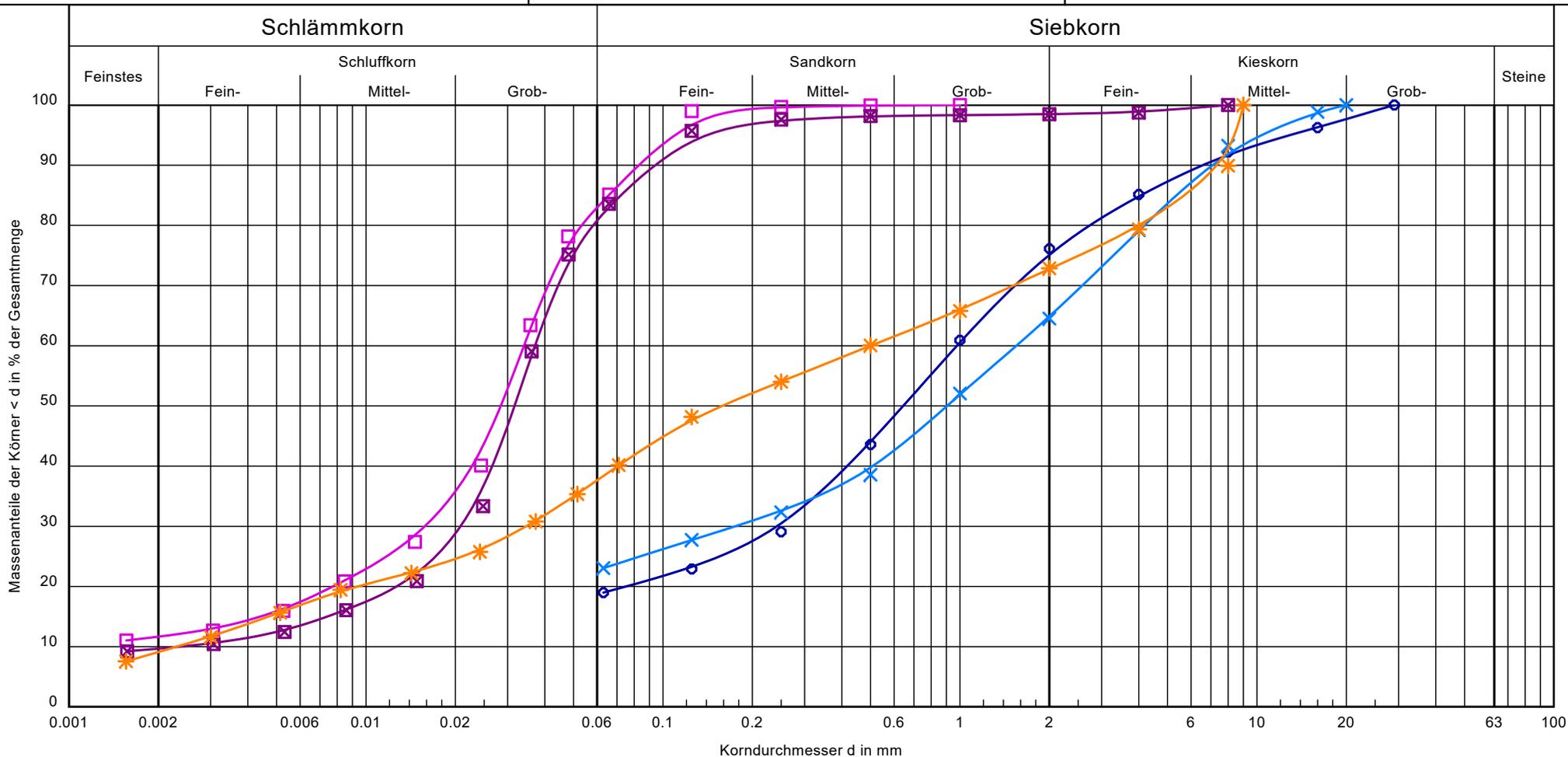
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Prüfungsnummer: 1/7, 3/7, 6/3, 8/4, 8/5

Probe entnommen am: 28.-29.04.2022

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analysen



Bezeichnung:	Probe 1/7	Probe 3/7	Probe 6/3	Probe 8/4	Probe 8/5
Bodenart:	S, u, fg', mg'	S, u, fg, mg'	U, fs, t'	U, t', fs'	S, u, t', fg', mg'
Tiefe:	5,50 - 5,75 m	5,50 - 6,60 m	1,15 - 2,00 m	2,75 - 4,10 m	4,10 - 5,00 m
kf-Wert [m/s]:	<1,0 x 10 <sup>-5</sup> m/s (Beyer)	<1,0 x 10 <sup>-5</sup> m/s (Beyer)	~5,0 x 10 <sup>-8</sup> m/s (M&P)	~1,6 x 10 <sup>-7</sup> m/s (M&P)	~7,8 x 10 <sup>-8</sup> m/s (M&P)
T/U/S/G [%]:	- /19.0/56.1/24.9	- /23.1/41.8/35.1	11.7/72.4/15.9/ -	9.7/72.3/16.5/1.5	9.1/29.2/34.4/27.2
Cu/Cc:	-/-	-/-	-/-	15.8/5.0	217.3/1.0
d10 [mm]	-	-	-	0.0023	0.0023

Bericht: 220304  
 Anlage: 3.1

# Körnungslinie

Baugebiet 'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg'

in 59558 Lippstadt-Bökenförde  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 08.08.2022

Prüfungsnummer: 1/7, 3/7, 6/3, 8/4, 8/5

Probe entnommen am: 28.-29.04.2022

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analysen

Bezeichnung: Probe 1/7  
 Bodenart: S, u, fg', mg'  
 Tiefe: 5,50 - 5,75 m  
 kf-Wert [m/s]:  $<1,0 \times 10^{-5}$  m/s (Beyer)  
 T/U/S/G [%]: - / 19.0 / 56.1 / 24.9  
 Cu/Cc: -/-  
 d10 [mm] -  
 d10/d30/d60 [mm]: - / 0.242 / 0.977  
 Siebanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 237.53

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
29.0	0.00	0.00	100.00
16.0	8.94	3.76	96.24
8.0	9.58	4.03	92.20
4.0	16.80	7.07	85.13
2.0	21.40	9.01	76.12
1.0	36.16	15.22	60.90
0.5	41.12	17.31	43.59
0.25	34.41	14.49	29.10
0.125	14.68	6.18	22.92
0.063	9.32	3.92	19.00
Schale	45.12	19.00	-
Summe	237.53		
Siebverlust	0.00		

# Körnungslinie

Baugebiet 'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg'

in 59558 Lippstadt-Bökenförde  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 08.08.2022

Prüfungsnummer: 1/7, 3/7, 6/3, 8/4, 8/5

Probe entnommen am: 28.-29.04.2022

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analysen

Bezeichnung: Probe 3/7  
 Bodenart: S, u, fg, mg'  
 Tiefe: 5,50 - 6,60 m  
 kf-Wert [m/s]:  $<1,0 \times 10^{-5}$  m/s (Beyer)  
 T/U/S/G [%]: - / 23.1 / 41.8 / 35.1  
 Cu/Cc: -/-  
 d10 [mm] -  
 d10/d30/d60 [mm]: - / 0.175 / 1.548  
 Siebanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 329.26

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
20.0	0.00	0.00	100.00
16.0	3.80	1.15	98.85
8.0	18.48	5.61	93.23
4.0	46.18	14.03	79.21
2.0	48.38	14.69	64.51
1.0	41.02	12.46	52.06
0.5	44.44	13.50	38.56
0.25	20.45	6.21	32.35
0.125	15.16	4.60	27.74
0.063	15.42	4.68	23.06
Schale	75.93	23.06	-
Summe	329.26		
Siebverlust	0.00		

# Körnungslinie

Baugebiet 'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg'

in 59558 Lippstadt-Bökenförde  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 08.08.2022

Prüfungsnummer: 1/7, 3/7, 6/3, 8/4, 8/5

Probe entnommen am: 28.-29.04.2022

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analysen

Bezeichnung: Probe 6/3  
 Bodenart: U, fs, t'  
 Tiefe: 1,15 - 2,00 m  
 kf-Wert [m/s]:  $\sim 5,0 \times 10^{-8}$  m/s (M&P)  
 T/U/S/G [%]: 11.7 / 72.4 / 15.9 / -  
 Cu/Cc: -/-  
 d<sub>10</sub> [mm] -  
 d<sub>10</sub>/d<sub>30</sub>/d<sub>60</sub> [mm]: - / 0.016 / 0.034  
 Siebanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 39.25  
 Schlämmanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 38.85  
 Korndichte [g/cm<sup>3</sup>]: 2.650  
 Aräometer:  
 Bezeichnung: Standard Aräometer  
 Volumen Aräometerbirne [cm<sup>3</sup>]: 67.40  
 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50  
 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00  
 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20  
 Meniskuskorrektur C<sub>m</sub> / R'<sub>0</sub>: 0.50 / 0.70  
 d<sub>1</sub> = 20.0 d<sub>2</sub> = 40.0 d<sub>3</sub> = 60.0 d<sub>4</sub> = 80.0  
 d<sub>5</sub> = 100.0 d<sub>6</sub> = 120.0 d<sub>7</sub> = 140.0 mm

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
1.0	0.00	0.00	100.00
0.5	0.03	0.08	99.92
0.25	0.10	0.25	99.67
0.125	0.27	0.69	98.98
Schale	38.85	98.98	-
Summe	39.25		
Siebverlust	0.00		

## Schlämmanalyse

Zeit		R' <sub>h</sub>	R' <sub>h</sub> + R <sub>0</sub>	Korngröße	T	H <sub>r</sub>	η	Durchgang
[h]	[min]	[-]	R <sub>0</sub> =C <sub>m</sub> +R' <sub>0</sub> [-]	[mm]	[°C]	[mm]	[-]	[%]
0	0.5	19.60	20.80	0.0660	20.9	119.29	0.98373	85.11
0	1	17.90	19.10	0.0480	20.9	126.09	0.98373	78.15
0	2	14.30	15.50	0.0358	20.9	140.49	0.98373	63.42
0	5	8.60	9.80	0.0244	20.9	163.29	0.98373	40.10
0	15	5.50	6.70	0.0146	20.9	175.69	0.98373	27.42
0	46	3.90	5.10	0.0085	21.1	182.09	0.97900	20.87
2	0	2.70	3.90	0.0053	21.8	186.89	0.96275	15.96
6	0	1.90	3.10	0.0031	22.2	190.09	0.95365	12.68
24	0	1.50	2.70	0.0016	20.8	191.69	0.98610	11.05

# Körnungslinie

Baugebiet 'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg'

in 59558 Lippstadt-Bökenförde  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 08.08.2022

Prüfungsnummer: 1/7, 3/7, 6/3, 8/4, 8/5

Probe entnommen am: 28.-29.04.2022

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analysen

Bezeichnung: Probe 8/4  
 Bodenart: U, t', fs'  
 Tiefe: 2,75 - 4,10 m  
 kf-Wert [m/s]:  $\sim 1,6 \times 10^{-7}$  m/s (M&P)  
 T/U/S/G [%]: 9.7 / 72.3 / 16.5 / 1.5  
 Cu/Cc: 15.8/5.0  
 d10 [mm] 0.0023  
 d10/d30/d60 [mm]: 0.002 / 0.021 / 0.037  
 Siebanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 39.97  
 Schlämmanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 38.25  
 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 [%]
8.0	0.00	0.00	100.00
4.0	0.51	1.28	98.72
2.0	0.10	0.25	98.47
1.0	0.07	0.18	98.30
0.5	0.05	0.13	98.17
0.25	0.24	0.60	97.57
0.125	0.75	1.88	95.70
Schale	38.25	95.70	-
Summe	39.97		
Siebverlust	0.00		

## Schlämmanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	$R'_h$ [-]	$R'_h + R_0$ $R_0 = C_m + R'_0$ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	$H_r$ [mm]	$\eta$ [-]	Durchgang [%]
0	0.5	19.60	20.80	0.0658	21.1	119.29	0.97900	83.58
0	1	17.50	18.70	0.0481	21.1	127.69	0.97900	75.14
0	2	13.50	14.70	0.0361	21.1	143.69	0.97900	59.07
0	5	7.10	8.30	0.0248	21.1	169.29	0.97900	33.35
0	15	4.00	5.20	0.0148	21.1	181.69	0.97900	20.89
0	46	2.80	4.00	0.0086	21.1	186.49	0.97900	16.07
2	0	1.90	3.10	0.0053	21.8	190.09	0.96275	12.46
6	0	1.40	2.60	0.0031	22.2	192.09	0.95365	10.45
24	0	1.10	2.30	0.0016	20.6	193.29	0.99087	9.24

# Körnungslinie

Baugebiet 'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg'

in 59558 Lippstadt-Bökenförde  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 08.08.2022

Prüfungsnummer: 1/7, 3/7, 6/3, 8/4, 8/5

Probe entnommen am: 28.-29.04.2022

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analysen

Bezeichnung: Probe 8/5  
 Bodenart: S, u, t', fg', mg'  
 Tiefe: 4,10 - 5,00 m  
 kf-Wert [m/s]:  $\sim 7,8 \times 10^{-8}$  m/s (M&P)  
 T/U/S/G [%]: 9.1 / 29.2 / 34.4 / 27.2  
 Cu/Cc: 217.3/1.0  
 d<sub>10</sub> [mm] 0.0023  
 d<sub>10</sub>/d<sub>30</sub>/d<sub>60</sub> [mm]: 0.002 / 0.035 / 0.500  
 Siebanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 63.59  
 Schlämmanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 30.64  
 Korndichte [g/cm<sup>3</sup>]: 2.650  
 Aräometer:  
 Bezeichnung: Standard Aräometer  
 Volumen Aräometerbirne [cm<sup>3</sup>]: 67.40  
 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50  
 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00  
 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20  
 Meniskuskorrektur C<sub>m</sub> / R'<sub>0</sub>: 0.50 / 0.70  
 d<sub>1</sub> = 20.0 d<sub>2</sub> = 40.0 d<sub>3</sub> = 60.0 d<sub>4</sub> = 80.0  
 d<sub>5</sub> = 100.0 d<sub>6</sub> = 120.0 d<sub>7</sub> = 140.0 mm

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
9.0	0.00	0.00	100.00
8.0	6.41	10.08	89.92
4.0	6.73	10.58	79.34
2.0	4.12	6.48	72.86
1.0	4.50	7.08	65.78
0.5	3.64	5.72	60.06
0.25	3.84	6.04	54.02
0.125	3.71	5.83	48.18
Schale	30.64	48.18	-
Summe	63.59		
Siebverlust	0.00		

## Schlämmanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' <sub>h</sub> [-]	R' <sub>h</sub> + R <sub>0</sub> R <sub>0</sub> =C <sub>m</sub> +R' <sub>0</sub> [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H <sub>r</sub> [mm]	η [-]	Durchgang [%]
0	0.5	14.70	15.90	0.0709	21.2	138.89	0.97665	40.16
0	1	12.80	14.00	0.0515	21.2	146.49	0.97665	35.36
0	2	11.00	12.20	0.0373	21.2	153.69	0.97665	30.81
0	5	9.00	10.20	0.0242	21.2	161.69	0.97665	25.76
0	15	7.60	8.80	0.0142	21.1	167.29	0.97900	22.23
0	46	6.50	7.70	0.0082	21.2	171.69	0.97665	19.45
2	0	5.00	6.20	0.0051	21.8	177.69	0.96275	15.66
6	0	3.40	4.60	0.0030	22.2	184.09	0.95365	11.62
24	0	1.80	3.00	0.0016	20.7	190.49	0.98848	7.58

## ANLAGE 4.1

### Wassergehaltsbestimmungen

Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212  
59556 Lippstadt

Bericht: 220304

Anlage: 4.1

**Wassergehalt** nach DIN EN ISO 17892-1

Baugebiet 'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg'

in 59558 Lippstadt-Bökenförde  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 08.08.2022

Prüfungsnummer: 1/7, 3/7, 6/3, 8/4, 8/5

Entnahmestelle: BS 1, BS 3, BS 6, BS 8

Tiefe: 1,15 - 6,60 m (min.-max.)

Bodenart: diverse

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelproben

Probe entnommen am: 28.-29.04.2022

Probenbezeichnung:	Probe 1/7	Probe 3/7	Probe 6/3	Probe 8/4	Probe 8/5	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	637.31	817.65	248.07	269.93	242.83	
Trockene Probe + Behälter [g]:	587.86	770.76	239.18	258.62	235.59	
Behälter [g]:	350.33	441.50	198.11	208.37	187.40	
Porenwasser [g]:	49.45	46.89	8.89	11.31	7.24	
Trockene Probe [g]:	237.53	329.26	41.07	50.25	48.19	
Wassergehalt [%]	20.82	14.24	21.65	22.51	15.02	

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

### Zustandsgrenzenbestimmung

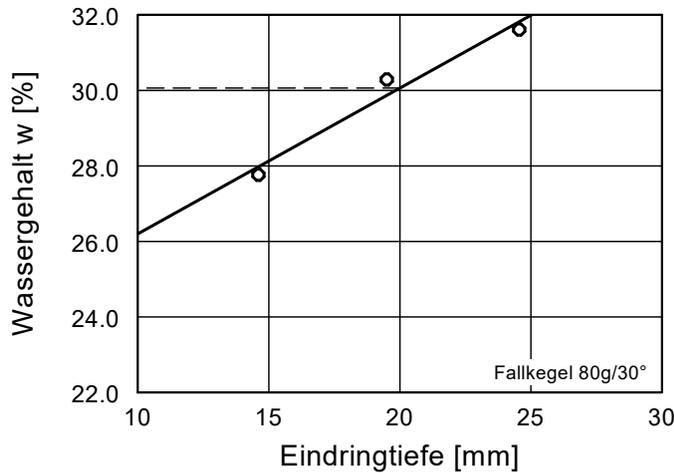
### Zustandsgrenzen

Baugebiet 'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg'  
 in 59558 Lippstadt-Bökenförde  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

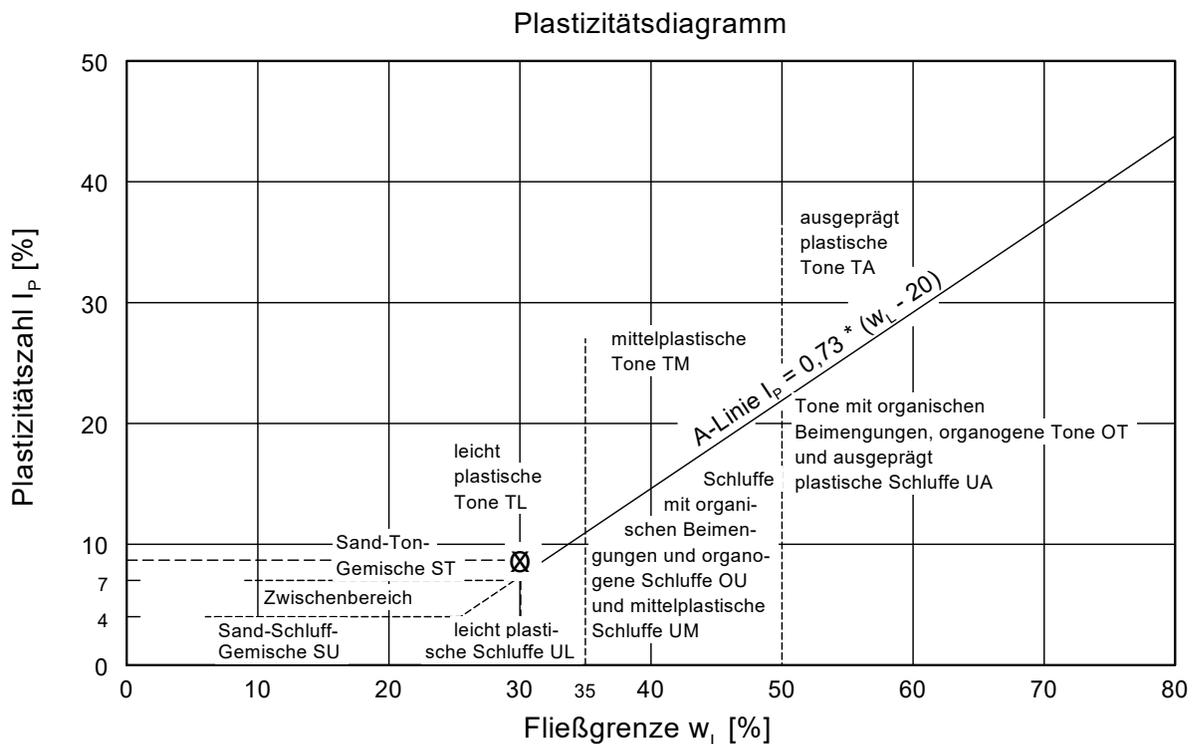
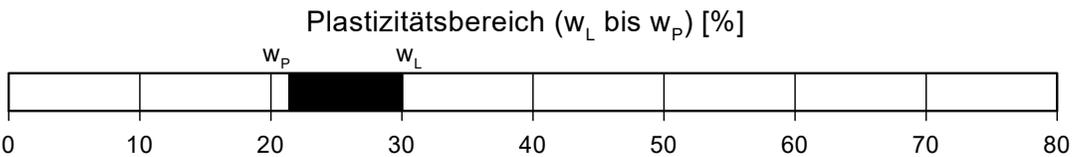
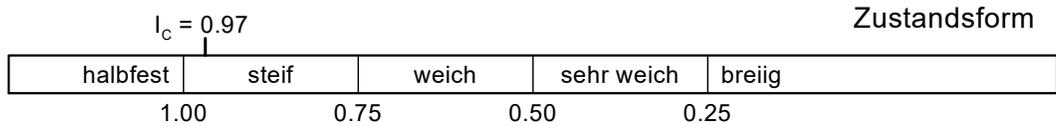
Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 08.08.2022

Prüfungsnummer: Probe 6/3  
 Entnahmestelle: BS 6  
 Tiefe: 1,15 - 2,00 m  
 Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelprobe  
 Bodenart: Schluff  
 Probe entnommen am: 28.04.2022



Wassergehalt  $w = 21.6 \%$   
 Fließgrenze  $w_L = 30.1 \%$   
 Ausrollgrenze  $w_p = 21.4 \%$   
 Plastizitätszahl  $I_p = 8.7 \%$   
 Konsistenzzahl  $I_c = 0.97$



## ANLAGE 6.1

### Glühverlustbestimmung

Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212  
59556 Lippstadt

Bericht: 220304

Anlage: 6.1

**Glühverlust** nach DIN 18 128

Baugebiet 'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg'

in 59558 Lippstadt-Bökenförde  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrol. Untersuchung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 08.08.2022

Prüfungsnummer: Probe 9/2

Entnahmestelle: BS 9

Tiefe: 0,30 - 0,80 m

Art der Entnahme: Bohrungs-Einzelprobe

Bodenart: organischer Schluff

Probe entnommen am: 28.04.2022

Probenbezeichnung	Probe 9/2	Probe 9/2	Probe 9/2			
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	51.82	51.58	50.77			
Geglühte Probe + Behälter [g]	51.14	50.83	50.06			
Behälter [g]	27.58	26.32	26.53			
Massenverlust [g]	0.68	0.75	0.71			
Trockenmasse vor Glühen [g]	24.24	25.26	24.24			
Glühverlust [-]	2.81	2.97	2.93			

Probenbezeichnung						
Ungeglühte Probe + Behälter [g]						
Geglühte Probe + Behälter [g]						
Behälter [g]						
Massenverlust [g]						
Trockenmasse vor Glühen [g]						
Glühverlust [-]						

Probenbezeichnung						
Ungeglühte Probe + Behälter [g]						
Geglühte Probe + Behälter [g]						
Behälter [g]						
Massenverlust [g]						
Trockenmasse vor Glühen [g]						
Glühverlust [-]						

Probenbezeichnung						
Ungeglühte Probe + Behälter [g]						
Geglühte Probe + Behälter [g]						
Behälter [g]						
Massenverlust [g]						
Trockenmasse vor Glühen [g]						
Glühverlust [-]						

## ANLAGE 7.1

### Versickerungsversuche im Gelände

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes  $k_f$

Maßnahme: Baugebiet 'Langeneicker Straße' / 'Am Wilmsweg'  
Ort: 59558 Lippstadt - Bökenförde  
Datum: 28.-29.04.2022

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	r mm	h m	Zeit min	Wasser- menge l	Q m <sup>3</sup> /s	$k_f$ m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Gültigkeitsbereich und Versickerungs-Medium)
VS 2	1	30	3,05	5	0,67	2,23E-06	<b>4,44E-06</b>	Grundwasser bei 4,05 m u. GOK
	2	30	3,05	5	0,62	2,07E-06	<b>4,11E-06</b>	1,00 - 4,00 m u. GOK (Lösslehm)
VS 3	1	30	2,48	5	0,30	1,00E-06	<b>2,44E-06</b>	Grundwasser bei 3,48 m u. GOK
	2	30	2,48	5	0,25	8,33E-07	<b>2,04E-06</b>	1,00 - 3,48 m u. GOK (Lösslehm)
VS 7	1	25	1,36	5	0,25	8,33E-07	<b>4,46E-06</b>	Grundwasser bei 2,36 m u. GOK
	2	25	1,36	5	0,25	8,33E-07	<b>4,46E-06</b>	1,00 - 2,36 m u. GOK (Lösslehm)
VS 10	1	30	2,58	5	0,30	1,00E-06	<b>2,35E-06</b>	Grundwasser bei 3,58 m u. GOK
	2	30	2,58	5	0,26	8,67E-07	<b>2,04E-06</b>	1,00 - 3,58 m u. GOK (Lösslehm, Glaziallehm)

Erläuterung

r - Brunnenradius, mm  
h - Wasserstandshöhe über der Grundwasseroberfläche, m  
Q - Wasserzugabe in m<sup>3</sup>/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 8.1

### Fotodokumentation

## Fotodokumentation

## Seite 1

Situation am 28.04.2022 - 29.04.2022



**Foto 1:** Übersichtsfoto; Blickrichtung ~W

Situation am 28.04.2022 - 29.04.2022



**Foto 2:** Übersichtsfoto Graben; Blickrichtung ~W

**Fotodokumentation**

**Seite 2**

Situation am 28.04.2022 - 29.04.2022



**Foto 3:** Bereich der Bohrung BS 1 (Markierung), Blickrichtung ~N

Situation am 28.04.2022 - 29.04.2022



**Foto 4:** Bereich der GWM 1 (Markierung), Blickrichtung ~N

## Fotodokumentation

## Seite 3

Situation am 28.04.2022 - 29.04.2022



**Foto 5:** Bereich der Bohrungen BS 2 und BS 3 (Markierungen), Blickrichtung ~W

Situation am 28.04.2022 - 29.04.2022



**Foto 6:** Bereich der Bohrung BS 4 (Markierung), Blickrichtung ~SW

## Fotodokumentation

Seite 4

Situation am 28.04.2022 - 29.04.2022



**Foto 7:** Bereich der Bohrung BS 5 (Markierung), Blickrichtung ~S

Situation am 28.04.2022 - 29.04.2022



**Foto 8:** Bereich der Bohrung BS 6 (Markierung), Blickrichtung ~SW

## Fotodokumentation

## Seite 5

Situation am 28.04.2022 - 29.04.2022



**Foto 9:** Bereich der Bohrung BS 7 (Markierung), Blickrichtung ~N

Situation am 28.04.2022 - 29.04.2022



**Foto 10:** Bereich der Bohrung BS 8 (Markierung), Blickrichtung ~N

## Fotodokumentation

Seite 6

Situation am 28.04.2022 - 29.04.2022



**Foto 11:** Bereich der Bohrungen BS 9 und BS 10 (Markierungen), Blickrichtung ~SO