Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

Kleegräfe Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt

☐ Büro Lippstadt
Holzstraße 212
59556 Lippstadt
Bad Waldliesborn
Tel.: 02941 /5404
Fax: 02941 /3582
info@kleegraefe.com
www.kleegraefe.com

GUTACHTEN

Projekt: BV: Ausarbeitung des Baugebietes **Nr. 127**
„Kita Detmolder Weg“ in Delbrück-Lippling

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Auftraggeber: STADT DELBRÜCK / FB BAUEN UND PLANEN
Springpatt 3, 33129 Delbrück

Auftragnehmer: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Projekt-Nr.: 21 05 46

Lippstadt, den 15. November 2021

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

- INHALTSVERZEICHNIS -

1. AUFGABENSTELLUNG / VORGANG / LAGE 3

2. UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG 6

2.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE 6
2.2 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE 7

3. VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES 8

3.1 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (LABORVERSUCHE) 9
3.2 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (GELÄNDEVERSUCHE) 10
3.2 BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS 11
3.4 HINWEISGEBUNG BEZÜGLICH DER NIEDERSCHLAGSWASSERABFÜHRUNG 13

4. CHEMISCHE UNTERSUCHUNG 18

4.1 BEWERTUNG DER MISCHPROBE ´MP AUSHUB´ 19

5. INGENIEURGEOLOGISCHE BAUGRUNDBEURTEILUNG 20

5.1 BAUGRUNDBEURTEILENDE LABORVERSUCHE 20
5.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5) 22
5.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG 23
5.4 BODENKLASSEN, BODENGRUPPEN, HOMOGENBEREICHE UND FROSTKLASSEN 24
5.5 HOMOGENBEREICHE GEM. VOB TEIL C 25

6. HINWEISGEBUNGEN ZUR BAUDURCHFÜHRUNG 26

6.1 GEBÄUDEBAU 26
6.2 KANALBAU 36
6.3 STRAßENBAU 41

7. ANLAGEN 45

1. Aufgabenstellung / Vorgang / Lage

In 33129 Delbrück-Lippling wird im Zuge der Ausarbeitung des Bebauungsplanes Nr. 127 „Kita Detmolder Weg“ die Errichtung einer Kindertagesstätte (KITA) geplant (Gemarkung Westerloh, Flur 13, Flurstück Teil aus 3). Über das/die Plangebäude liegen dem AN aufgrund des frühen Planungsstandes noch keine Detailplanungen vor. Es wird davon ausgegangen, dass keine Unterkellerung vorgesehen ist, der Vollständigkeit halber wird diese Bauweise später dennoch kurz beschrieben. Die Beauftragung gliedert sich in folgende Bereiche:

- Baugrund: Aufgabe ist die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und -beurteilung. Hierauf basierend erfolgt eine orientierende Hinweisgebung hinsichtlich der allgemeinen Bebaubarkeit für die zu errichtende Kita, Kanäle sowie Stell- und Bewegungsflächen.
- Versickerung: Die für eine potenzielle Versickerung wichtigen Rahmenbedingungen sind zu ermitteln und die relevanten Eckdaten aufzuzeigen und zu bewerten. Bei positiven Rahmenbedingungen sind Beispieldimensionierungen einer geeigneten Versickerungsanlage zu erstellen. Es handelt sich hierbei nicht um Detailplanungen. Hydrogeologische Geländemodelle wurden nicht erstellt.
- Abfallwirtschaftliche Klassifizierung Aushubboden: Das potenzielle Boden-Überschussmaterial wurde hinsichtlich seiner Wiedereinbaueignung / -zulässigkeit chemisch untersucht und klassifiziert (LAGA / DepV). Der Oberboden wurde bezüglich der Zulässigkeit der Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen beurteilt.

Der Bauherr, STADT DELBRÜCK / FB BAUEN UND PLANEN (Springpatt 3, 33129 Delbrück) beauftragte das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH (Holzstraße 212, 59556 Lippstadt) mit den Untersuchungen sowie der Erstellung des Gutachtens.

Auftraggeber/AG:	STADT DELBRÜCK / FB BAUEN UND PLANEN Springpatt 3, 33129 Delbrück
Bodengutachter/AN:	KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Für die Ausarbeitung stehen dem AN folgende Planunterlagen zur Verfügung:
Lageplan: Maßstab 1:1.000, Stand 01.04.2021

Gelände (07.09.2021)	- Rammkernsondierungen (∅ 60 - 50 mm) - Einmessung in Höhe und Lage - Versickerungsversuche (Auffüllversuche) - Ausbau Grundwassermessstelle (DN 50)	3 Stück 3 Stück 3 Stück 1 Stück
Bodenmechanisches Labor	- Korngrößenanalyse (DIN EN ISO 17892-4) - Wassergehaltsbestimmung (DIN EN ISO 17892-1) - Glühverlustbestimmung (DIN 18 128)	3 Stück 3 Stück 1 Stück
chemisches Labor	- Parameterumfang $LAGA_{Boden}$ + DepV	1 Stück

Tabelle 1: Untersuchungsumfang

Die Lage der drei Ansatzpunkte geht aus dem Lageplan (Anl. 1.1) und der angefertigten Fotodokumentation (Anl. 8.1) hervor.
Die Sondier- / Bohransatzpunkte wurden nach Abschluss der Aufschlussarbeiten lagemäßig eingemessen und höhenmäßig mittels GNSS einnivelliert (Bezug UTM32; DHHN2016 = m NHN).

Lage: Das relevante Areal ist westsüdwestlich des Zentrums von 33129 Delbrück-Lippling gelegen. Die Straße ´Detmolder Weg´, über die auch die zukünftige Zufahrt geplant ist, erschließt das Untersuchungsgebiet von Osten her. Die weitere Umgebung wird durch lockere Wohnbebauung und landwirtschaftlich genutzte Flächen geprägt.

Vorfluter: Ein namentlich nicht benannter Graben verläuft etwa in einer Entfernung von etwa 190 m westlich des Untersuchungsgebietes mit einer etwa südlich gerichteten Entwässerungsrichtung.

Morphologie: Im Untersuchungsgebiet konnten Höhenunterschiede von ca. 0,37 m zwischen den Bohransatzpunkten festgestellt werden. Die Höhenkote bewegt sich i.M. um ca. 85,47 m NHN (85,30-85,67 m NHN).
Es handelt sich um die Frosteinwirkungszone I (gem. RStO 12).

Vornutzung: Das Areal liegt aktuell als landwirtschaftlich genutzte Fläche vor (Wiese). Anderweitige Vornutzungen sind nicht bekannt. Es existieren keine Hinweise/Verdachtsmomente auf Bodenbelastungen.

Erdbebenzone/Gefährdungspotenziale: Nach der *´Karte der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland, hier: NRW´* (1:350.000, Geologischer Dienst NRW, 2006) ist das Arbeitsgebiet in einem ´Gebiet außerhalb von Erdbebenzonen´ gelegen.

Das Online-Fachinformationssystem ´Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW´ des Geologischen Dienstes NRW gibt für das von der Maßnahme betroffene Km-Quadrat 25031 keine besonderen Gefährdungspotenziale an.

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

Radon: Das neue deutsche Strahlenschutzgesetz ist im Dezember 2018 in Kraft getreten. Es enthält in den §§ 121 bis 132 erstmals verbindliche rechtliche Regelungen zum Radonschutz. Der Referenzwert für Radon in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen beträgt demnach 300 Bq/m³.
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.
Hinweis: Gemäß dem *´Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz – StrSchG)´* [Ausfertigungsdatum: 27.06.2017, Stand: 23.10.2020] gilt folgendes (§123, Maßnahmen an Gebäuden; Verordnungsermächtigung, Abs. 1):
„(1) Wer ein Gebäude mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen errichtet, hat geeignete Maßnahmen zu treffen, um den Zutritt von Radon aus dem Baugrund zu verhindern oder erheblich zu erschweren. Diese Pflicht gilt als erfüllt, wenn

1. *die nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erforderlichen Maßnahmen zum Feuchteschutz eingehalten werden und*
2. *in den nach §121 Absatz 1 Satz 1 festgelegten Gebieten zusätzlich die in der Rechtsverordnung nach Absatz 2 bestimmten Maßnahmen eingehalten werden."*

Daher wird die Einhaltung / Durchführung der Maßnahmen zum Feuchte- / Nässeschutz entsprechend dem Stand der Technik / gem. akt. DIN-Normen als vorsorglicher Radon-Schutz angeraten (´Sowieso-Aufwand´).

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

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

2. Untergrunderschließung

2.1 Untergrundschichtung / Geologie

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

Die Sondierungen stellen punktuelle Untergrundaufschlüsse dar, daher kann an anderen Stellen ein von den unten gemachten Angaben abweichender Untergrundaufbau vorliegen. Die Materialansprache und -einteilung (Kies-Sand-Schluff-Ton) im Gelände erfolgt gemäß DIN nach der im Bohrgut vorhandenen Korngröße.

Obwohl aufgrund des verwendeten Sondendurchmessers nicht direkt beprobt, muss innerhalb der Fluviatilsande mit einem gewissen und zur Tiefe hin generell zunehmenden Anteil in Stein- und ggf. Blockkorngröße gerechnet werden.

BS	Ansatz	Mutterboden	Fluviatilsand	Grundwasser	DPL-5	Endteufe
1	*+85,67*	-0,25	ab 0,25	1,48 *= 84,19*	X	5,00
2	*+85,30*	-0,30	ab 0,30	1,23 *= 84,07*	X	5,00
3	*+85,45*	-0,25	ab 0,25	1,10 *= 84,35*	X	5,00

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

Geologie: Das lokale Festgestein wurde bis zu den jeweiligen Endteufen nicht nachgewiesen und besitzt keine Projektrelevanz. Es stehen fluviatil abgelagerte Sande der Weichsel-Stufe aus dem Oberpleistozän an (sog. ´Niederterrasse´). Oberhalb folgen anthropogen überprägte Mutterböden.

Bodenbelastungen: Grundsätzlich wurde das geförderte Bohrgut auch einer umweltgeologischen Bodenansprache unterzogen und auf auffällige bzw. schadstoffbehaftete Inhaltsstoffe kontrolliert. An den geogenen/´gewachsenen´ Böden wurden keine sensorischen Auffälligkeiten erkannt, sodass es sich vermutlich um eine unbelastete Fläche handelt.

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

2.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Bei den erbohrten Feuchteverhältnissen handelt es sich um eine zeitliche Momentaufnahme. Langfristige Messdaten liegen nicht vor (keine behördliche Messstellen im Umfeldbereich). Die ermittelten GW-Flurabstände stellen keine Hoch- / Maximalstände dar. In niederschlagsintensiveren Perioden ist mit einem geringeren Grundwasser-Flurabstand zu rechnen (Anstiegspotenzial).

Grundwasser (Grundwassermessstelle): Nach Bohrende wurde das Bohrloch der BS 1 zu einer DN 50 Permanent-Grundwassermessstellen ausgebaut (siehe Fotodokumentation; Ausbau: ● Spitze, ● 3,0 m Filterrohr, ● 2,5 m Vollrohr, ● Filterkies 0,60 - 5,00 m u.GOK, ● Quelltondichtung 0,30 - 0,60 m u.GOK, ● Sebakappe, ● Betonfundament DN 150 0,10 - 0,30 m u.GOK, ● Betonschutzrohr).
Angeraten werden längerfristige / häufige Folgemessungen zwecks Ermittlung des Schwankungspotentials. Im Besonderen vor Baubeginn muss der GW-Stand erneut ermittelt und auf die Anwendbarkeit der vorgeschlagenen Wasserhaltungsmaßnahmen (s.u.) überprüft werden.
Innerhalb dieser Messstelle wurde am 07.09.2021 im zeitlichen Abstand nach Pegeleinbau ein Grundwasser-Flurabstand von 1,48 m u.GOK gelotet (+84,19 m NHN).

Bei dem ermittelten Grundwasser handelt es sich um einen zusammenhängenden Lockergesteins-Aquifer (Porenwasserleiter).

Des Weiteren konnte in allen drei Bohrungen am Untersuchungstag (07.09.2021) bis zur maximal erreichten Endteufe von 5,00 m u.GOK Grundwasser (GOK = Geländeoberkante) oder ´zusammenhängende Untergrundfeuchte´ direkt angetroffen werden.

Somit wird Grundwasser bzw. ´zusammenhängende Untergrundfeuchte´ bei i.M. 1,27 m u.GOK bzw. bei i.M. +84,20 m NHN angenommen.

Auf den untergrundprägenden Fluviatilsanden ist nicht mit einem nennenswerten Staunässepotenzial zu rechnen.

Für das vorliegende Bauvorhaben wird nach DIN 4022 (Anhang C) und DIN EN ISO 22475-1 aufgrund der Datengrundlage empfohlen, einen **Bemessungswasserstand** von 0,5 m unter der aktuellen Geländeoberkante anzunehmen (Geländeoberkante =

GOK zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen am 07.09.2021; unter Ausklammerung von Hochwasserextremereignissen).

Hydrogeologisches Fazit: Bei einer herkömmlichen Fundamentgründung des nichtunterkellerten Plangebäudes ist eine permanente Nässebeeinflussung der Fundamente durch ´Grundwasser´ einzukalkulieren.
Eine Beeinflussung der Bodenplatte durch Stauwasser ist durch bauliche Maßnahmen und eine entsprechende Abdichtung nach DIN 18 533 zu verhindern.

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

Bodenart	**k_f -Wert in m/s**
- Mutterboden:	
Sand, schwach humos, schwach schluffig, schwach organisch	10^{-5} - 10^{-7}
- Fluviatilsand:	
Sand	10^{-3} - 10^{-6}

Bewertung der Lockergesteinsdurchlässigkeit mittels Durchlässigkeitsbeiwert (nach DIN 18 130)

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

3. Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Im Rahmen der Erschließung des Areals ist aufgrund des § 51a LWG vorgesehen, das anfallende Niederschlagswasser – bei Eignung der Böden sowie der wasserrechtlichen Bestimmungen – im Untergrund versickern zu lassen. Es ist das Versickerungspotenzial des Untergrundes mittels Versickerungsversuchen (´Auffüll-versuchen´) zu ermitteln und anschließend die relevanten Eckdaten aufzuzeigen. In diesem Zusammenhang ist die Ermittlung der Grundwasserstände sehr wichtig. Bei positiven Ergebnissen ist eine Beispieldimensionierung einer Versickerungsanlage zu errechnen.
Es handelt sich hierbei nicht um Detailplanungen. Hydrogeologische Geländemodelle wurden nicht erstellt.

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).*
- *´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)

- Korngrößenanalysen (DIN EN ISO 17892-4): Es wurden drei Korngrößenanalysen durchgeführt, wobei der gründungs- und versickerungsrelevante Fluviatilsand herangezogen wurde (Proben siehe Tab. 5). Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind in der Tabelle 5 und der Anlage 3.1 aufgeführt.
Als Ergebnis zeigt sich, dass der Untergrund von einem enggestuften Sand deutlicher Durchlässigkeit geprägt wird (Mittel-/Feinsand-Gemisch).

- Durchlässigkeiten (DIN 18 130): Die theoretischen Berechnungen des Durchlässigkeitsbeiwertes (Durchlässigkeitskoeffizient) der untersuchten Bodenproben erfolgten nach BEYER sowie für die enggestuften Böden (Fluviatilsand) ergänzend nach HAZEN. Die Ergebnisse zeigen folgende Größenordnungen für die untersuchten Böden:
k_f = ca. 1 * 10^{-4} – 8 * 10^{-5} m/s (DIN 18 130: *´stark durchlässig´* bis *´durchlässig´*),

Die untersuchten Sande weisen kein relevantes Staunässepotenzial auf und besitzen somit eine materialspezifische Versickerungseignung (Einstufung: ´Nichtstauer´ / ´Leiter´).

3.2 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)

Durchführung der Versickerungsversuche (Feldversuche): Die Versickerungsversuche wurden als hydrostatisches Verfahren (Auffüllversuche) mit konstanter Druckhöhe durchgeführt (´open-end-test´). Die Versuchsdurchführung erfolgte innerhalb der Bohrlöcher der BS 1, BS 2 und BS 3. Als versickerungsrelevanter Profilbereich wurde ausschließlich der versickerungsrelevante Fluviatilsand herangezogen.

Als erster Schritt des Versickerungsversuchs erfolgte eine Wässerung des Bohrlochprofils zwecks Sättigung des Bodenaufbaus. Im Anschluss erfolgte eine Wassersäulenfestlegung. Darauf wird die Wasserzugabe pro Zeiteinheit gemessen, welche zur Konstanthaltung dieser o.g. definierten Wassersäulenhöhe benötigt wird.

Hingewiesen wird darauf, dass die Versickerungsversuche auf der GW-Spiegelfläche durchgeführt wurden, was zulässig ist, solange ausschließlich die Durchlässigkeit der oberhalb der GW-Spiegelfläche befindlichen Profilbereiche bestimmt wird.

Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind in der Anlage 6.1 (Versickerungsversuche im Gelände) sowie in der folgenden Tabelle 3 dargestellt.

Bohrloch	**BS 1** (GWM / Pegel)	**BS 2** (Temporärpegel)	**BS 3** (Temporärpegel)
Versick.-Medium	Fluviatilsand		
Gültigkeitsbereich	0,50-1,48 m u.GOK	0,50-1,23 m u.GOK	0,50-1,10 m u.GOK
Grundwasser (07.09.2021)	1,48 m u.GOK	1,23 m u.GOK	1,10 m u.GOK
Versuch 1 (k_f in m/s)	~2,32 * 10^{-3}	~1,19 * 10^{-3}	~1,26 * 10^{-3}
Versuch 2 (k_f in m/s)	~1,16 * 10^{-3}	~8,30 * 10^{-4}	~8,42 * 10^{-4}
Bewertung DIN 18 130	´stark durchlässig´		
DWA + MURL Bewertung	Versickerungseignung nach DWA: $k_f > 1 * 10^{-6}$ m/s Versickerungseignung nach MURL: $k_f > 5 * 10^{-6}$ m/s		

Tabelle 3: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (Geländeversuche)

3.2 Bewertung des Versickerungspotenzials

Materialspezifische Bewertung: Die Versickerungsversuche belegen für den herangezogenen Profilbereich einheitliche Durchlässigkeiten im Bereich von k_f = 8,4 * 10^{-4} - 1,3 * 10^{-3} m/s (DIN 18 130: ~ ´stark durchlässig´). Sie bewegen sich innerhalb des versickerungstechnischen Zulässigkeitsbereiches und stellen einen versickerungstechnisch gut geeigneten Bereich dar.

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 und umweltgeologischen Aspekten ein Mindestabstand des tiefst gelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum höchstgelegenen Grundwasserstand (= geringster Flurabstand) von 1,0 m nicht unterschritten werden. Dies fordert der o.g. Runderlass des Umweltministeriums vom 18.05.1998. In Ausnahmefällen ist – nach fachbehördlicher Zustimmung – u.U. ein geringerer Abstand von 0,60 m zulässig (Sonder-/Ausnahmefall). Genannter Mindestabstand von 1,0 m wird ebenfalls in dem grundlegenden technischen Regelwerk der DWA-Regelwerk A 138 empfohlen.
Bei den Geländearbeiten wurde zusammenhängendes Grundwasser ermittelt. Der Grundwasser-Bemessungswasserstand wurde für das B-Plangebiet 127 ´Kita Detmolder Weg´ auf +84,97 m NHN festgelegt (= 0,50 m u. gemittelter akt. GOK).

Ausgehend von den aktuellen Höhenverhältnissen sind Versickerungsanlagen gleich welcher Bauweise (Mulden, Becken, Rigolen, Schächte, etc.) innerhalb des B-Plangebietes 127 ´Kita Detmolder Weg´ nicht ohne weiteres zulässig, da davon ausgegangen werden muss, dass der o.g. wasserrechtliche Mindestabstand nicht dauerhaft eingehalten werden kann.

Evtl. existiert nach fachbehördlicher Abstimmung und Zustimmung die Möglichkeit der Herstellung wasserrechtlich zulässiger Rahmenbedingungen mittels einer (deutlichen) Geländeaufhöhung.

Wasserrechtlich ist ein Vertikalabstand von 1,0 m, in Ausnahmefällen von 0,60 m zwischen UK Versickerungsanlage und Bemessungswasserstand einzuhalten.

Unter der Annahme der Errichtung einer ´flachen´ Versickerungsmulde mit einer Einstauhöhe von h = 0,25 m und einer Muldentiefe von t = 0,35 m (notwendiger ´Freibord´ zur hydraulischen Zuleitung: h = 0,10 m) werden folgende Aufhöhungen im Bereich der

Mulden notwendig, um einen ausreichenden Abstand zum Grundwasser dauerhaft einhalten zu können.

Es wird hierbei von der gemittelten aktuellen Areal-Geländehöhe von +85,47 m NHN und einem Bemessungswasserstand von +84,97 m NHN ausgegangen.

- **Variante A (Regelfall: Abstand UK Anlage / Bemessungswasserstand: 1,00 m): notwendige Mindestaufhöhung Umfeld Muldenbereich auf +86,32 m NHN (= plus 0,85 m).**

- **Variante B (Ausnahme-/Sonderfall: Abstand UK Anlage / Bemessungswasserstand: 0,60 m) notwendige Mindestaufhöhung Umfeld Muldenbereich auf +85,92 m NHN (= plus 0,45 m).**

Vorgenannte Höhen gelten für die OK Muldenböschung und nicht für den Mulden-Sohlbereich.

Als Aufhöhungsmaterial darf ausschließlich ein wasserrechtlich unbedenklicher, lehm- und organikfreier, geogener Sand Verwendung finden (z.B. SE, SW; wichtig: bindiger Anteil < 5 %), welcher einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f \geq 1 * 10^{-4}$ m/s erreicht. Der Sand darf nicht verdichtet, sondern lediglich mit der Baggerschaufel angedrückt werden. Der anstehende Sand ist diesbezüglich geeignet. Die bodenmechanischen Eigenschaften des zur Verwendung vorgesehenen Schüttgutes sollten vorab überprüft und das Material diesbezüglich freigegeben werden.

Vorgenanntes gilt vorbehaltlich der Zustimmung der zuständigen Wasserbehörde (Kreis Paderborn / Untere Wasserbehörde), mit welcher sich abgestimmt werden muss.

► Bodengenese: Bei den versickerungsrelevanten Sanden unterhalb der Oberbodenschichten handelt es sich weitgehend um geogene, unauffällige Böden. Punktuell existieren unbedenkliche Anthropogenbeeinflussungen (Pflügung / ´Inert-boden´). Schadstoffmobilisierungen sind demnach nicht zu befürchten / zu erwarten.

Fazit: Hydrogeologische / versickerungsrelevante Rahmenbedingungen

● Boden: Der prägende Fluviatilsand (k_f ≥ 1 * 10^{-4} m/s) ist ´stark durchlässig´. Der enggestufte Sand weist wasserrechtlich zulässige und bodenphysikalisch ausreichende Durchlässigkeiten auf.

● Grundwasser: Unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes (+84,97 m NHN) sind Versickerungen ausschließlich nach einer Geländeaufhöhung mit geeignetem Material um mind. 0,85 m (Regelfall: Abstand UK Mulde / Bemessungswasserstand 1,00 m) bzw. um mind. 0,45 m (Ausnahme-/Sonderfall nach Genehmigung: Abstand UK Mulde / Bemessungswasserstand 0,60 m) zulässig.

● Empfehlung: Aus gutachterlicher Sicht wird nach einer Geländeaufhöhung vorgenannter Mindesthöhe eine Versickerung der anfallenden Niederschlagswässer mittels ´flacher´ Versickerungsmulden mit einem max. Wasseraufstau von 0,25 m und 0,10 m ´Freibord´ (Muldentiefe max. 0,35 m) angeraten (UK Mulde: Var. A [1,0 m Abstand] +86,32 m NHN, Var. B [0,6 m Abstand] +85,92 m NHN).

Notwendig wird eine Abstimmung mit der Fachbehörde sowie deren Zustimmung.

3.4 Hinweisgebung bezüglich der Niederschlagswasserabführung

Alternative 1: Vorflutereinleitung in Graben / Gräben: Eine Alternative stellt die ortsnahe Einleitung der Niederschlagswässer in den unmittelbar nordwestlich des Untersuchungsgebietes beginnenden Graben (Quelle: Planauskunft Stadt Delbrück; erhalten am 18.08.2021; siehe Lageplan Anlage 1.1) der in einen weiter nordwestlich verlaufenden (tieferen) Graben entwässert. Der wasserrechtlich relevante RdErl. d. MURL NRW trifft im Abschnitt 2.2.3 folgende Aussage:
*„Die Alternativen der Niederschlagswasserbehandlung Versickern, Verrieseln, ortsnahe Einleitung, sind nach der Gesetzesregulierung grundsätzlich **gleichberechtigt**..."*

Das unmittelbare Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in einen Graben stellt eine Gewässerbenutzung i.S. des § 3 Abs. 1 Nr. 4 u. 5 WHG dar. Nach § 2 Abs. 1 WHG bedarf die Benutzung der Gewässer (hier: Einleitung) grundsätzlich einer behördlichen Erlaubnis (§ 7 WHG).

Sollte eine Grabeneinleitung angedacht werden, so ist zunächst vorab zu klären, ob der Graben hydraulisch ausreichend aufnahmefähig ist.

Ein sog. ´**hydraulischer Nachweis**´ wird notwendig. Die weitere diesbezügliche Abstimmung und der entsprechende Nachweis sollte von einem Wasserbau-Ingenieurbüro aufgestellt werden. Die Ausführungsplanung sollte ebenfalls durch ein Wasserbau-Ingenieurbüro erfolgen.
Hingewiesen wird darauf, dass infolge der periodisch sehr geringen Grundwasser-Flurabstände bei einem evtl. angedachten Rückhaltebauwerk (Erdbecken) ein lediglich geringes / sehr geringes Einstauvolumen anzusetzen ist bzw. vorliegt. Abgedichtete Bauwerke unterliegen Auftrieb und müssen aufwendig gegen Auftrieb gesichert werden. In diesem Fall muss ein höherer GW-Stand als der Bemessungswasserstand angesetzt werden. Detailplanungen müssen durch ein Wasserbau-Ingenieurbüro erfolgen.
Eine Abstimmung mit den Fachbehörden wird notwendig und angeraten.

Alternative 2: Versickerung im B-Plangebiet: Die dargestellten exemplarischen und orientierenden Hinweisgebungen beziehen sich auf die örtliche Herstellung versickerungstechnisch zulässiger Verhältnisse und setzen die wasserrechtliche Zulässigkeit einer Versickerung voraus.
Versickerungen sind bodenphysikalisch im betreffenden Areal möglich. Grundsätzlich sollte vorab eine Abstimmung mit der zuständigen Fachbehörde erfolgen (Kreis Paderborn / Untere Wasserbehörde).

Versickerungsmedium stellen ausschließlich die Fluviatilsande. Die Hinweis-gebungen berücksichtigen ausschließlich folgende Wässer:
- Niederschlagswasser der Gebäude (Dachflächen).
- Niederschlagswasser der Stell-/Bewegungsflächen.

Hinweise zur Geländeaufhöhung: Eine Versickerung der anfallenden Niederschlagswässer ist innerhalb des B-Plangebietes erst nach Schaffung zulässiger Rahmenbedingungen möglich. **Die aktuelle GOK muss um mind. 0,85 m (Var. A Abstand: 1,0 m, Regelfall) bzw. um 0,45 m (Var. B Abstand 0,6 m, Ausnahmefall) aufgehöht werden**. Entsprechend muss die OK der Stell- und Bewegungsflächen angepasst werden. Da i.d.R. die OK der Befestigungen sowie der Erdgeschosshöhen (OKFF-EG) ohnehin zumeist (deutlich) höher als die OK des jeweiligen Urgeländes geplant werden, handelt es sich bei der angeratenen Geländeaufhöhung nicht bzw. lediglich teilweise um einen Mehraufwand.
Sehr wichtig ist, dass im Bereich der Versickerungsmulde der anstehende ´Mutter-boden´ sowie alle potenziellen organischen und/oder verlehmten Böden entfernt werden. Das Aufbauplanum muss im Muldenbereich zzgl. Überstand einen lehmfreien Sand aufzeigen.

Eingebaut werden darf im Versickerungs- / Muldenbereich inklusiv eines Überstandes ausschließlich ein wasserwirtschaftlich unbedenklicher, geogener, lehmfreier und organikfreier Sand oder Sandkies in einer ausreichenden Durchlässigkeit (von $k_f \geq 6 * 10^{-6}$ m/s). Die Durchlässigkeit des zum Einbau vorgesehenen Materials sollte gutachterlich abgenommen werden. Sollte beim Gebäudebau der anstehender Fluviatilsand (organikfrei, lehmfrei) als Aushub anfallen, so kann dieses zum Geländeaufbau verwendet werden. Das Aufhöhungsmaterial darf im Versickerungs- / Muldenbereich inkl. Überstand nicht verdichtet, sondern lediglich mit der Baggerschaufel ´angedrückt´ werden.

Qualität der zu versickernden Wässer:

- Dachflächenwässer: Die Gebäude-Dachflächenwässer werden nach MURL-Erlass als ´unbelastetes´ (´unverschmutztes´) Niederschlagswasser eingestuft.
- Fahrflächen / Bewegungsflächen / Zufahrten: Die Wässer dieser Flächen werden als ´schwach belastet´ (´gering verschmutzt´) eingestuft. Die Wässer der Stell- und Bewegungsflächen dürfen aufgrund der Reinigung durch die ´belebte Bodenzone´ (s.u.) in eine Muldenversickerungsanlage eingeleitet werden.

Angeschlossene undurchlässige Flächen (A_u): Die Unterzeichner gehen projektbezogen von einer versiegelten Fläche von insgesamt ca. 1.000 m² inkl. Stell-/ Bewegungsflächen aus (Schätzung abgeleitet aus der ausgewiesenen Baugrenze von 40 x 30 m).
Die Muldendimension kann aufgrund des frühen Planungsstandes noch nicht angegeben werden. Im Folgenden werden allgemeine Hinweisgebungen für eine Muldenversickerungsanlage gegeben, diese können relativ kurzfristig an eine Detailplanung angepasst werden.

Vorschlag: Versickerung über Mulde mit ´belebter Bodenzone´:
Vorgeschlagen wird die Schaffung von **dezentralen Mulden-Versickerungsanlagen mit einer ´belebten Bodenzone´ (d = 10 cm), einer Muldentiefe (UK) von 35 cm und einer max. zulässigen Wassertiefe (Aufstauhöhe) von 25 cm (´Freibord´: 10 cm)**. Tiefreichende Versickerungsanlagen wie Rigolen / Schächte sind unzulässig bzw. werden als nicht sinnvoll beurteilt. Das zu versickernde Wasser durchläuft bei einer Muldenversickerung folgende Reinigungsstufen:

1. Mulde (Reinigung über Absatz, Sedimentation)
2. ´Belebte Bodenzone´, Mindestmächtigkeit: 10 cm (mikrobiologische Reinigung und mechanische Filterwirkung)
3. Sickerraum (Reinigung über Filterwirkung)

Entfernung potenzieller Schluffe / Verlehmungen / organischer Böden / Auffüllungen: Ausschließlich der geogene Fluviatilsand stellt das geeignete Versickerungsmedium. Der gesamte ´Mutterboden´ muss im Muldenbereich plus Überstand abgezogen werden. Ebenfalls müssen potenzielle organische Böden sowie Schluffe, verlehmte Sande und Auffüllungen entfernt werden. Dies sollte durch geeignetes Fachpersonal abgenommen werden. Vorgenannte ungeeignete Böden sind bis auf den geeigneten Geogensand zu entfernen. Angeraten wird eine ingenieurgeologische Planumabnahme. Erst anschließend kann der Aufbau mit geeignetem Material erfolgen (s.u.). Potenzielle Massendefizite sind mit Geogensand aufzufüllen, welcher im eingebauten Zustand nachweislich eine Durchlässigkeit von $k_f > 10^{-4}$ m/s aufweist. Der Sand muss locker eingeschoben werden und darf lediglich mit der Baggerschaufel leicht ´angedrückt´ werden.

´Belebte Bodenzone´: Die Mulden sollten mit einer 0,10 m mächtigen ´belebten Bodenzone´ ausgestattet werden. Diese sitzt dem geogenen Fluviatilsand auf. Die ´belebte Bodenzone´ muss aus einem gut durchlässigen Sand bestehen. Die Durchlässigkeit dieses humifizierten Sandes muss $k_f \geq 8 * 10^{-5}$ m/s im eingebauten Zustand betragen. Die ´belebte Bodenzone´ kann durch Saateinmischung des geogenen Fluviatilsandes hergestellt werden, da dieser ausreichende Durchlässigkeiten aufweist.

Abstände: Es sollte ein Mindestabstand von 3 m zu nichtunterkellerten und von 6 m zu unterkellerten Gebäuden / Bauwerken eingehalten werden. Versickerungsanlagen müssen des Weiteren einen Mindestabstand von 2 m zu Grundstücksgrenzen einhalten.

Positionierung Versickerungsanlage/-n: Die Positionierung sollte unter Berücksichtigung der o.g. Mindestabstände vorgenommen werden. Sinnvoll erscheint eine Positionierung innerhalb der zukünftigen Gartenbereiche. **Bemerkung**: aufgrund der vorgesehenen Nutzung des Areals als ´KITA´ muss unter allen Umständen verhindert werden, dass sich Kinder im Falle eines Aufstauens von Niederschlagwässer im Bereich der Mulde aufhalten können (Stichwort: ´Ertrinkungsgefahr´).

Details Mulde: Die Böschungsneigung der Mulde sollte einen Winkel von 26º (1:2) nicht überschreiten. Die Mulde kann hinsichtlich der Formgebung bei Beachtung der notwendigen Versickerungsfläche frei gewählt werden. Hinzuweisen ist auf die Notwendigkeit von Pflegearbeiten hinsichtlich einer Funktions-Aufrechterhaltung:

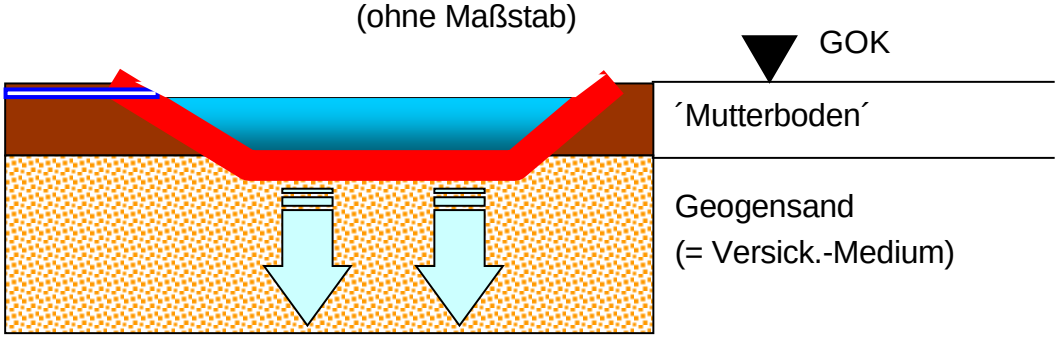
- Mahd (Intervall: mindestens jährlich sowie bei Bedarf, Entfernung des Mähgutes).
- Regelmäßige Entfernung von Laub und Störstoffen (im Herbst und bei Bedarf).
- Verhinderung von Auskolkungen im Einlaufbereich (Steinschüttung oder Pflasterung oder widerstandsfähige Vegetation).

Die Mulde sollte weder bei der Errichtung noch im späteren Betriebszustand mit schwerem Gerät befahren werden, um schädliche Verdichtungen zu unterbinden.

Zulauf: Der Zulauf sollte oberirdisch in offenen Zuleitungsrinnen erfolgen, da ansonsten die hydraulische Muldeneinleitung durch unterirdische Rohre bei Beachtung der Frostsicherheit und der notwendigen Sickerraumhöhe nicht möglich wird.

In der folgenden Schemaskizze ist ein Schnitt durch die Muldenversickerung dargestellt.

Schemaschnitt durch eine Muldenversickerungsanlage
(ohne Maßstab)



dunkelblau: oberirdischer Zulauf in offenen Rinnen
rot: ´belebte Bodenzone´ (organ. Sand, 10 cm mächtig)

Hinweise zur Versickerung der Straßenwässer: Es existiert nach einer Aufhöhung (s.o.) die Möglichkeit der Versickerung der anfallenden Straßenwässer über Straßen-Seitengräben. Es handelt sich um ´schwach belastetes´ Niederschlagswasser, was eine Vorreinigung über eine ´belebte Bodenzone´ notwendig macht.
Der Straßenseitengraben (Tiefe: 35 cm, max. Wassereinstau 25 cm) sollte eine ´belebte Bodenzone´ in einer Mächtigkeit von 10 cm aufweisen. Wie o.g. müssen alle ´Mutterböden´ sowie alle potenziellen bindige Böden, organische Böden und Auffüllungen bis auf den geogenen Fluviatilsand abgezogen werden. Die einzuhaltenden Mindesthöhen der Aufhöhung zur Einhaltung des wasserrechtlichen

Mindestabstandes zum Bemessungswasserstand sind den o.g. Angaben zu entnehmen.
Potenzielle Aufhöhungen müssen mit geeignetem Geogensand erfolgen. Sinnvoll ist eine ingenieurgeologische Abnahme / Eignungsprüfung des Einbaumaterials. Die Mulde sollte horizontal ausgebildet sein und bedarf regelmäßiger Pflegearbeiten (s.o.).
Bei Vorlage exakter Straßenflächengrößen kann ein Mulden-System genauer dimensioniert werden.
Für die Vorplanung sind bei angenommenen Straßenbreiten-Varianten von 4, 5 bzw. 6 m und einer Asphalt-Vollversiegelung (mittlerer Abflussbeiwert ψ_m = 0,9) sowie bei einer einseitigen Grabenführung jeweils folgende Graben- (= Mulden-) Breiten einzuplanen (jeweils ca. 10 % der Straßenfläche):

- Straßenbreite 4 m: horizontale Graben-/Muldenbreite: ca. 0,40 m
- Straßenbreite 5 m: horizontale Graben-/Muldenbreite: ca. 0,50 m
- Straßenbreite 6 m: horizontale Graben-/Muldenbreite: ca. 0,60 m.

4. Chemische Untersuchung

Um bei Abfuhr der Böden Aussagen zur Wiederverwendungsfähigkeit bzw. zum Entsorgungsweg treffen zu können wurde ergänzend eine chemische Untersuchung auf die Parameterumfänge gemäß $LAGA_{Boden}$/TR-Boden und Deponieverordnung durchgeführt (siehe unten).

Methodik / Parameterumfang: Die Parameterauswahl (siehe Tabelle 4) erfolgte unter orientierenden Gesichtspunkten.

Feststoffanalysen (Boden)	
Parameterumfang: **- $LAGA_{Boden}$**, Feststoff + Eluat **- Deponieverordnung**	´MP Aushub´: 1/2 + 2/2 + 3/2

Tabelle 4: Analysenparameter / Probenauswahl

Es handelt sich bei dem Probenmaterial um das als Fluviatilsand (´MP Aushub´) angesprochene Bodenmaterial, welches im Zuge der geplanten Maßnahme potentiell

aufgenommen werden muss. Aus genanntem Material wurde bereichsweise eine entsprechend benannte Mischprobe zusammengefasst.

Die Analysen erfolgten auf den Parameterumfang gemäß LAGA$_{Boden}$, da dieser den vollständigeren Parametersatz beinhaltet. Die Bewertung erfolgt ebenfalls nach LAGA$_{Boden}$, da der Anteil an ´mineralischen Fremdstoffen´ weniger als 10 Vol.-% beträgt. Natursteinabraum gilt definitionsgemäß nicht als ´mineralischer Fremdstoff´.
Ergänzend wurde jeweils der Parameterumfang gemäß Deponieverordnung (DepV) untersucht.

Die chemischen Analysen führte das die notwendigen Zulassungen besitzende Chemielabor HORN & CO. ANALYTICS GMBH, Otto-Hahn-Straße 2 in 57482 Wenden, durch. Die Labor-Analysenberichte sind als Kopie der Anlage 6.1 zu entnehmen.

Die Boden-Bewertung erfolgt hinsichtlich einer Wiedereinbaubeurteilung/-zulässigkeit nach den folgenden Richtlinien:

- die *Technischen Regeln - Ländergemeinschaft Abfall: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen* (**LAGA**-Richtlinie M 20, Stand 1997ff und die ´Technische Regel Boden´ TR Boden, Stand 05.11.2004) und
- die Deponieverordnung DepV (´Verordnung über Deponien und Langzeitlager´, Stand: 27.04.2009, letzte Änderung: 30.06.2020).

Die bodenmechanischen Anforderungen sind beim Wiedereinbau zu beachten.

4.1 Bewertung der Mischprobe ´MP Aushub´

- Zuordnung nach LAGA$_{Boden}$ (Feststoff + Eluat)

Die Analyse ergab keine Auffälligkeiten. Das Material der Mischprobe ´MP Aushub´ kann somit gemäß LAGA$_{Boden}$ Z0 eingestuft werden. Das Material kann ´uneingeschränkt offen´ wiedereingebaut werden.

- Zuordnung Deponieklasse nach DepV

Die Analysenergebnisse weisen für die ´MP Aushub´ keine Auffälligkeiten auf. Somit kann eine Zuordnung in die Deponieklasse DK 0 erfolgen.

Gesamtfazit ´MP Aushub´: LAGA$_{Boden}$ Z0 und DK 0

5. Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

5.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche

- Korngrößenanalysen (DIN EN ISO 17892-4): Es wurden drei Korngrößenanalysen mit dem im Gründungs-/Lastabtragsbereich anstehenden Fluviatilsand durchgeführt. In der Anlage 3.1 sind die Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Ergebnisse der Analysen sind in der Tabelle 5 aufgeführt.

Probe / (Genese)	Profilber. m u.GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	d_{10} (mm)	k_f-Wert (m/s)*	Wasser-gehalt w
1/3 (S)	1,10-2,00	2,7		**97,3**	-	0,0930	~8,7x10^{-5}	23,13 %
2/3 (S)	1,05-1,75	1,2		**98,8**	-	0,0996	~1,1x10^{-4}	19,88 %
3/2 (S)	0,25-1,30	1,7		**98,3**	-	0,0916	~8,4x10^{-5}	16,15 %

Tabelle 5: Ergebnisse der Korngrößenanalysen/Wassergehaltsbestimmungen

Genese: S = Fluviatilsand; **fett** = prägend; * k_f-Wertbestimmung: nach BEYER

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

Als wichtigstes Ergebnis ist das Vorhandensein nicht bindiger, d.h. sandiger Komponenten zu nennen, welche den Charakter der jeweiligen Böden prägen. Bindige Anteile liegen lediglich in deutlich untergeordneter Größenordnung vor.

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

1/3: Sand (DIN 18 196: SE)
2/3: Sand (DIN 18 196: SE)
3/2: Sand (DIN 18 196: SE)

- Durchlässigkeit: Der Durchlässigkeitsbeiwert kann orientierend anhand der Kornverteilungskurve nach BEYER bestimmt werden. Es ergibt sich eine Durchlässigkeit in der Größenordnung von $k_f \sim 10^{-4}$ bis 10^{-5} m/s für den Fluviatilsand, welcher nach DIN 18 130 als ~ ´durchlässig´ bis ´stark durchlässig´ bezeichnet werden kann.
Die Fluviatilsande führen kein nennenswertes Staunässepotential.

- Wassergehaltsbestimmungen (DIN EN ISO 17892-1): Der untersuchte Boden weist, vermutlich aufgrund der festgestellten lokalen Grundwasserbeeinflussung eine ´erhöhte´ Durchfeuchtung (w = 16,15 – 23,13 %) im Bereich einer materialspezifischen Wassersättigung auf (Anlage 4.1).

- Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): Nach der Frostempfindlichkeitsklassifikation der ZTVE-StB kann der untersuchte Fluviatilsand in die Frostempfindlichkeitsklasse F 1 eingestuft werden (´nicht frostempfindlich´).

- Glühverlustbestimmungen (nach DIN 18 128): Bei der Bodenansprache wurde an einzelnen Proben ein geringer organischer Nebengemenganteil erkannt. Die in der Tabelle 6 aufgeführten beiden Bodenproben wurden auf ihren Organikanteil hin untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen (Glühverlust als Mittelwert von drei Versuchen; siehe Anlage 5.1) sind der folgenden Tabelle 6 zu entnehmen.

Einheit	Probe	Tiefenlage (m u.GOK)	Glühverlust V_{gl}	DIN EN ISO 14688-2	DIN 1054
Sand	2/3	1,05-1,75	**0,51 %**	*nicht organisch*	*nicht organisch*
Sand	3/2	0,25-1,30	**0,77 %**	*nicht organisch*	*nicht organisch*

Tabelle 6: Ergebnisse der Glühverlustbestimmungen

DIN 1054-Klassifizierung:	*´nichtorganischer 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)

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 ermöglicht.
Die Ergebnisse belegen innerhalb beider Proben einen sehr geringen Organikanteil, welcher von der DIN 1054 als *´nicht organisch´* und von der DIN EN ISO 14688-2 ebenfalls als *´nicht organisch´* klassifiziert wird.
Ein erhöhtes Setzungspotenzial geht von der nachgewiesenen Größenordnung des Organikanteils nicht aus. Stärkere organische Einschaltungen können jedoch nicht völlig innerhalb / unterhalb der gründungsrelevanten Teufen ausgeschlossen werden. Sehr wichtig ist die sorgfältige Kontrolle der Aushubfläche auf deutliche organische Bestandteile und deren vollständigen Entfernung

Bodenmechanisches Fazit: Das geogene Erdplanum wird von nicht bindigen Böden (Fluviatilsand) geprägt, die ´erhöht´ durchfeuchtet vorliegen. Der nicht frostempfindliche Boden (F 1-Boden) weist kein nennenswertes Staunässepotenzial auf. Innerhalb der untersuchten Bodenproben muss nicht mit erhöhten organischen Anteilen gerechnet werden.

5.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche (DPL-5)

Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an DIN 4094 sowie EN ISO 22476-2 und wurden mit der sog. Leichten Rammsonde durchgeführt (DPL 5 = ´Dynamic Probing Light´ 5). Es wurden insgesamt drei Leichte Rammsondierungen durchgeführt. Die Rammsondierungen wurden im Nahbereich zu den drei Bohrungen BS 1-3 durchgeführt (Beispiel: BS 1 / DPL 1). Die Ergebnisdarstellung erfolgte in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringteufe n_{10} gegen Tiefe.
Die Rammdiagramme der DPL sind in der Anlage 2.1 grafisch dargestellt und den Rammkernsondierungen gegenübergestellt.

- Fluviatilsand des oberen / nicht grundwassererfüllten Profils (i.M. bis ca. 1,10 m u.GOK): Der hangende Sand weist mäßige bis mittelhohe Schlagzahlen von weitgehend n_{10} = 6-12 auf. Dies entspricht bei enggestuften Sanden oberhalb der grundwassererfüllten Zone einer weitgehend lockere bis mitteldichten Lagerung.

- Fluviatilsande des tieferen / grundwassererfüllten Profils (i.M. ab. 1,10 m u.GOK): Die Sande des tieferen Profils führen weitgehend mittelhohe Schlagzahlen von n_{10} = 12/16-18/22 (z.T. >25). Dies entspricht bei enggestuften Sanden innerhalb der grundwassererfüllten Zone umgerechnet einer weitgehend mitteldichten, z.T. **mitteldichten-dichten Lagerung**.
  Der Sand weist in seiner natürlichen Lagerung eine ausreichende Gründungseignung auf.

5.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 7 werden, abgeleitet aus den bodenmechanischen Laborversuchen und basierend auf örtlichen Erfahrungs- und Literaturwerten, Schwankungsbreiten der bodenmechanischen Kennwerte für die gründungsrelevanten Bodenschichten aufgeführt. Sie stellen gemäß DIN 1054 ´vorsichtige Schätzwerte der Mittelwerte´ (charakteristische Werte) dar.

BODENART	γ (kN/m³)	γ' (kN/m³)	φ_k bzw. $\varphi_{s,k}$ (°)	c_k (kN/m²)	$E_{s,k}$ (kN/m²)
Schotterung (neu): Kies, (schwach) sandig, schwach schluffig; +/- dicht	21,0 - 22,0	13,0 - 14,0	35,0 - 37,5	0	60.000 - 100.000 **RW 80.000**
Fluviatilsand: Sand, schwach schluffig, nicht organisch; locker	17,0 - 17,5	9,0 - 9,5	30,0	0	12.000 - 18.000 **RW 15.000**
Fluviatilsand: Sand; mitteldicht bis dicht	18,0 - 18,5	10,0 - 10,5	32,5	0	20.000 - 30.000 **RW 25.000**

Tabelle 7: Bodenmechanische Kennwerte der gründungsrelevanten Bodeneinheiten

γ = Wichte des erdfeuchten Bodens
γ' = Wichte d. Bodens unter Auftrieb
φ_k = Reibungswinkel
$\varphi_{s,k}$ = Ersatzreibungswinkel
c_k = Kohäsion
$E_{s,k}$ = Steifeziffer
RW = Rechenwert

5.4 Bodenklassen, Bodengruppen, Homogenbereiche und Frostklassen

In der Tabelle 8 erfolgt die Angabe der Bodenklassen (DIN 18 300_{alt}), der Homogenbereiche (DIN 18 300 :2019-09), 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 (DIN 18 300)	Homogenbereich (DIN 18 300: 2019-09)	Gruppensymbol (DIN 18 196)	´Frostklasse´ ZTVE-StB	Boden-lösung
(Füll-) Mutterboden[1)]	1	-	(A) OH	F 2	´Löffel-bagger´
Fluviatilsand[1)]	3, u.U. 2	ERD 1	SE	F 1	

Tabelle 8: Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen, Frostklassen

[1)] bei Wassersättigung bewegungsempfindlich

Erläuterung Tabelle 8

nach DIN 18 300	Bodenklasse 1: Bodenklasse 2: Bodenklasse 3:	Oberboden fließende Bodenarten leicht lösbare Bodenarten
Homogenbereich (DIN 18 300: 2019-09)	ERD 1:	mit Löffelbagger lösbar (siehe Tab. 9)
nach DIN 18 196	OH SE	grob- und gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art enggestufte Sande
nach ZTVE-StB	F 1 F 2	nicht frostempfindlich gering-mittel frostempfindlich

Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Böden mindestens bis zu den jeweils erreichten Endteufen mittels ´normalen´ Löffelbagger-Einsatzes möglich sein wird (überwiegend Bodenklasse 3, Homogenbereich ERD 1).

Diese Aussage gilt nicht für ggf. im Untergrund befindliches Material in Stein-/Block-Form oder ggf. im Untergrund befindliche pleistozäne Geschiebe und/oder Findlinge, welche nicht gänzlich ausgeschlossen werden können.

Anfallender ´Oberboden´ ist als ´Schutzgut´ ohnehin separat zu handhaben (gem. DIN 18 320) weshalb hier kein gesonderter Homogenbereich ausgewiesen wird.

5.5 Homogenbereiche gem. VOB Teil C

Die Festlegung von Homogenbereichen (Tabelle 9) erfolgt für das Gewerk ´Erdarbeiten´ gem. DIN 18 300: 2019-09 im Hinblick auf die anzusetzende Geotechnische Kategorie GK 1. Für das ggf. auszuführende Gewerk ´Verbauarbeiten´ gem. DIN 18 303: 2016-09 gelten die Angaben analog. Grundlage ist der Einsatz eines ausreichend starken Baggers zur Bodenlösung. Sollten diesbezüglich andere Gerätschaften zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung gebeten, um die Homogenbereiche entsprechend anpassen zu können.

Nr. nach VOB	Kennwert/Eigenschaft	Wertebereich
2a, 2b	Anteil Steine und Blöcke	< 10 %
2c	Anteil große Blöcke	<< 1 %
6	undrainierte Scherfestigkeit	n.b.
9	Konsistenz	n.b.
12	Plastizitätszahl	n.b.
14	Lagerungsdichte D	~ 0,15 -> 0,50 bzw. n.b.
20	Bodengruppe	SE, SU
21	Ortsübliche Bezeichnung	Niederterrasse

Tabelle 9: Kennwerte für Homogenbereich ERD 1 (Abgrenzung siehe Tabelle 8)

n.b. = nicht bestimmbar

6. Hinweisgebungen zur Baudurchführung

Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorliegenden Detailplanung erfolgt eine orientierende, überschlägige (Baugrund-) Beurteilung des zu untersuchenden Areals. **Diese Untersuchung ersetzt keine detaillierte Einzelprojekt-Baugrunduntersuchung.** Die Hinweisgebungen gliedern sich in die zwei Bereiche Gebäudebau und ´Straßenbau´.

6.1 Gebäudebau

Dem AN liegt keine Information über eine Bauweise mit oder ohne Unterkellerung vor. Grundsätzlich ist die Aussage zu treffen, dass sowohl Gebäudeerrichtungen mit als auch ohne Unterkellerung möglich sind.
Bei den vorliegenden Grundwasserverhältnissen macht eine Bauweise mit Unterkellerung einen Mehraufwand gegenüber einer Nichtunterkellerung erforderlich (Gründungsniveau und Kellergeschoss innerhalb des grundwasserbeeinflussten Bereiches ⇒ Schutz des KG vor ´drückendem´ Wasser, ⇒ Notwendigkeit einer bauzeitlichen Grundwasserabsenkung).

Annahme Gründungshöhen / Vorschlag OKFF EG-Höhe: Bezüglich des Gebäudebaus wird bei einer Unterkellerung von einer Gründungsteufe auf ca. 2,5 m u.GOK und bei einer Nichtunterkellerung von einer (frostfreien) Gründungsteufe auf ca. 0,8 m u.GOK ausgegangen. Ebenso wird von einer Heraushebung der OKFF EG über die aktuelle GOK ausgegangen.

Infolge der Rahmenbedingungen (geringer Grundwasser-Flurabstand) müsste hinsichtlich der Schaffung einer Versickerungseignung die Parzelle im B-Plangebiet gegenüber der aktuellen GOK (deutlich) aufgehöht werden (vorbehaltlich der Detailklärung mit der Wasserbehörde). Entsprechend muss die OK der Planstraßen angepasst werden.
Vorbehaltlich der Ergebnisse der Detailabstimmung mit der zuständigen Wasserbehörde wird dringend empfohlen, dass die OKFF EG etwa 0,50 m oberhalb der aktuellen GOK vorgesehen wird.

Boden- und Grundwasserverhältnisse:

Nichtunterkellerung: Nach Abtrag des ´Mutterbodens´ steht ein Mittelsand-/Feinsand-Gemisch in enger Stufung an. Die Lagerungsdichten können mit weitgehend mitteldicht angegeben werden.
Ausgehend von einer angenommenen Bodenplattenstärke (Gesamtaufbau) von rund d = 0,30 m, einer OKFF EG von 0,50 m oberhalb der aktuellen GOK (vorbehaltlich der Detailklärung bez. der Versickerung) und einer gemittelten Mutterboden-Stärke von 0,25-0,30 m existiert ein gemitteltes Massendefizit von ca. 0,45-0,50 m zwischen freigelegtem Erdplanum und UK Bodenplatte.
Bei einer Nichtunterkellerung kann eine Nässe-Beeinflussung potenzieller Fundamente / Frostschützen nicht ausgeschlossen werden. Eine GW-Einflussnahme auf die Bodenplatte ist bei einer Nichtunterkellerung bei o.g. Höhenangaben (OKFF EG mind. 0,50 m höher als akt. GOK) unwahrscheinlich. Eine Abdichtung gemäß DIN 18 533 W1.1-E ist jedoch lediglich ausreichend, wenn zwischen tiefstgelegenem abzudichtendem Bauwerk (hier UK-Bodenplatte) und dem Bemessungswasserstand (+84,97 m NHN) eine mindestens 50 cm Schicht aus sehr durchlässigem (kf > 10^{-4}) nachgewiesen wird (z.B. Schotterpolster aus Güteschotter. o.Ä.), andernfalls wird eine Abdichtung nach DIN 18 533 W2.1-E notwendig.

Unterkellerung: Es steht ganz überwiegend ein Mittelsand-/Feinsand-Gemisch in enger Stufung an. Dieser weist weitgehend eine mitteldichte Lagerung auf:
Bei einer Unterkellerung unterliegt das KG einer weitgehend permanenten GW-Beeinflussung (´drückendes Wasser´).

Kurzfassung: Der relevante Untergrund weist projektbezogen eine ausreichende Gründungseignung für eine Flachgründung auf. Grundsätzlich sollte auf einem organikfreien/-armen Fluviatilsand gegründet werden.

- Nichtunterkellerung: Es wird ein Lastabtrag über eine bewehrte Bodenplatte vorgeschlagen. Bei einer Nichtunterkellerung wird eine deutliche Heraushebung der OKFF EG oberhalb der aktuellen GOK angeraten (mind. 0,50 m oberhalb akt. GOK, vorbehaltlich der zu klärenden Aufhöhung wg. Versickerung). Es sollte eine Mindeststärke von 50 cm an Güteschotterunterbau gewährleistet werden (Stichwort Kapillarbrechung; **nur so** ist eine Abdichtung gem. DIN 18 533 W1.1-E möglich). Hierbei handelt es sich weitgehend um ´Sowieso-Kosten´ infolge der Oberbodenentfernung.
- Unterkellerung: Weitgehend steht ein organikfreier/-armer Sand an. Es wird eine Plattengründung und Abdichtung gegen ´drückendes´ Wasser angeraten. Eine Unterkellerung bedingt eine bauzeitliche **GW-Absenkung**.

Im Bauflächen- und Lastabtragsbereich sind alle deutlich organischen Böden vollständig zu entfernen (sofern angetroffen) und durch Schotter bzw. geeigneten Kiessand zu ersetzen. Wichtig: Homogenisierung der Lagerungsdichten (Nachverdichtung; **Achtung:** in Situ-Sand lässt sich aufgrund niedriger Ungleichförmigkeit vermutlich nicht ohne weiteres verdichten).

Maßnahmenvorschläge

´Mutterboden´: Der Oberboden, potenzielle Auffüllungen und bindige sowie organische Böden sollten vollständig entfernt werden.
Potenzielle Massendefizite im Bodenplattenbereich müssen lagenweise (max. Lagenstärke 30 cm) mit Güteschotter oder geeignetem, abgestuftem und verdichtungsfähigem Kiessand (bindiger Anteil < 5 %) ersetzt werden.
Wichtig ist die sorgfältige Kontrolle des Geogenplanums auf deutliche organische Bestandteile und/oder Auffüllungen sowie deren vollständige Entfernung.

Aushub: Sehr wichtig ist, dass der gründungsrelevante Sand durch die Auskofferung 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. Der Sand (SE-Sand,

U < 3 → geringe Ungleichförmigkeit führt zu Verdichtungsunwilligkeit) auf Aushubniveau sollte nicht ohne eine verdichtungsfähige Auflage nachverdichtet werden und sollte nicht befahren werden. Es sollte ausschließlich ein Minibagger auf Schotter innerhalb der Baugrube verkehren. Störungen der natürlichen Lagerung sind aufzunehmen und durch Schotter zu ersetzen.

Böschen / Verbau: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubenteufen > 1,25 m geböscht / verbaut werden. Folgende Böschungswinkel können angesetzt werden:
- ´Mutterboden´: $\beta = 45°$
- Fluviatilsand: $\beta = 45°$

G.g. Angaben setzen voraus, dass die Böden nicht wassergesättigt bzw. entwässert vorliegen. Wassergesättigte Bereiche dürfen nicht geböscht werden und erfordern einen Verbau nach DIN 4124. Die Böschungskanten sollten auf einer Mindestbreite von b ≥ 2 m lastfrei gehalten werden. Die Böschung ist mittels windgesicherter Folie vor witterungsbedingten Aufweichungen zu schützen.

a) Maßnahmenvorschläge bei Nichtunterkellerung:

Massendefizit nach Oberbodenabzug: Der ´Mutterboden´ ist in einem ersten Schritt vollständig aufzunehmen. Angeraten wird die Verwendung einer ´Glattschneide´ / ´Schneidbestückung´, damit der Geogensand auf Erdplanum nicht in seiner natürlichen Lagerung gestört wird.
Unter der Annahme eines Bodenplatten-Gesamtaufbaus von ca. 0,30 m sowie der deutlichen ´Heraushebung´ der OKFF EG (ca. 0,50 m oberhalb der akt. GOK, vorbehaltlich der zu klärenden Aufhöhung wg. Versickerung, s.o.) existiert aufgrund der Oberbodenstärke (i.M. 0,25-0,30 m) ein i.M. ca. 0,40-0,50 m starkes Massendefizit zwischen freigelegtem Erdplanum und UK Bodenplatte.

Bauzeitliche Wasserhaltung: Es wird bei den vorgefundenen GW-Verhältnissen vermutlich eine offene Wasserhaltung ausreichend sein, um ggf. anfallende Niederschlagswässer abzuleiten. Deutliche GW-Anstiege werden u.U. den Einsatz einer verstärkten offenen Wasserhaltung notwendig werden lassen.

Bodenplattenbereich: Zunächst sollte das vom Oberboden freigelegte sandige Erdplanum im Zuge einer ingenieurgeologischen Abnahme auf seine Lagerungsdichte überprüft werden. Es muss eine mindestens mitteldichte Lagerung vorliegen. Die enggestuften Sande weisen aufgrund ihrer geringen

Ungleichförmigkeit eine gewisse ´Verdichtungsunwilligkeit´ auf und sollten daher nicht ohne verdichtungsfähige Auflage (V1-Material) verdichtet werden.
Das Massendefizit zwischen UK Bodenplatte und freigelegtem Erdplanum (i.M. ca. 0,40-0,50 m bei einer Aufhöhung um 0,50 m, s.o.) sollte mit geeignetem Material lagenweise eingebaut (max. Lagenstärke: 30 cm) und ordnungsgemäß verdichtet werden (100 % Proctordichte). Angeraten wird die Verwendung von Güteschotter oder von geeignetem, verdichtungsfähigem und abgestuftem Kiessand (bindiger Anteil < 5 %; Durchlässigkeit: kf > 10^{-4}). Sollte Kiessand als Aufbaumaterial verwendet werden, so sollte für die oberen 30 cm unterhalb der Bodenplatte Güteschotter (z.B. 0/45 mm HKS) verwendet werden. Grundsätzlich sollte der stark durchlässige (nach DIN 18 533) Unterbau nicht weniger als 50 cm betragen (Mindeststärke / Kapillarbrechung).
Auf OK Schotter (UK-Bodenplatte) sollte ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 80$ MN/m² nachgewiesen werden (in Abhängigkeit der statischen Erfordernisse).

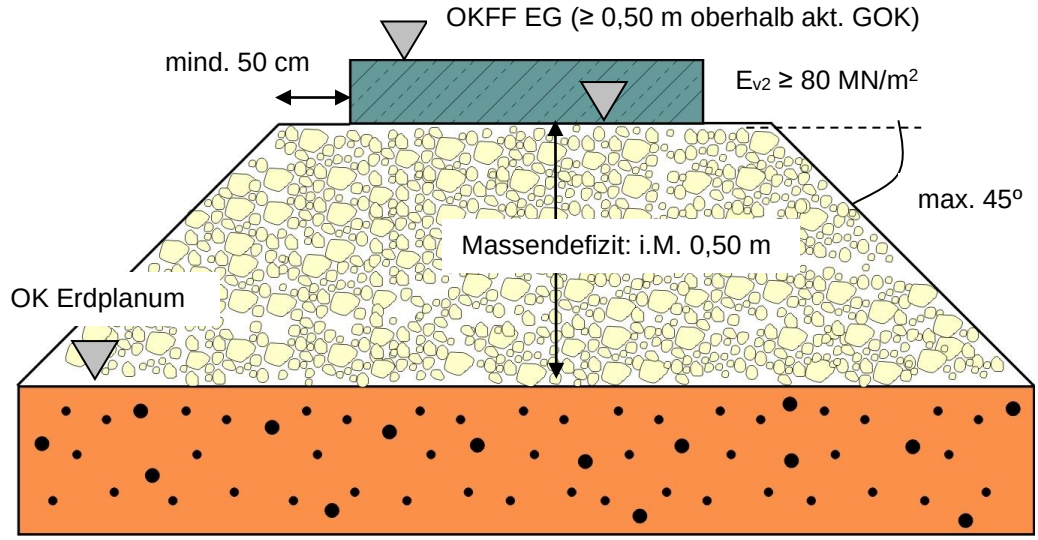
Außenseitiger Horizontalüberstand: Der Einbau des Güteschotters muss ebenfalls im außenseitigen Überstandsbereich erfolgen. Der Horizontalüberstand (Außenkante Bodenplatte – OK Abtreppung Schotter zur Gartenseite) sollte mind. 0,5 m betragen. Der Güteschotter sollte am außenseitigen Ende des g.g. mind. 0,5 m breiten Überstandes abgetreppt unter max. 40º gegen die Horizontale einfallen.

Gründungsempfehlung: Aufgrund der notwendigen Oberbodenentfernung und Aufhöhung existiert ein deutliches Massendefizit zwischen UK Bodenplatte und freigelegtem Erdplanum. Dieses Massendefizit muss mit Güteschotter aufgebaut werden. Idealerweise wird dieser Massendefizitaufbau als Tragschicht für eine lastabtragende Bodenplatte genutzt.
Aus g.g. Gründen wird die Gründung über eine **bewehrte Bodenplatte** empfohlen. Das Wohnhaus sowie eine potenziell anbindende Garage sollten ihre Lasten über eine gleichartige Gründung abtragen.
Unter der Annahme einer ´Heraushebung´ der OKFF EG von ca. 0,50 m oberhalb der akt. GOK (vorbehaltlich der zu klärenden Aufhöhung wg. Versickerung, s.o.) sowie eines Bodenplatten-Gesamtaufbaus von ca. 0,30 m wird aufgrund des Massendefizites nach Entfernung des Oberbodens mit einem i.M. ca. 0,40-0,50 m starken Unterbau unter UK Bodenplatte gerechnet (Annahme: Güteschotter). Bei der u.g. Berechnung wird von einem Mindest-Güteschotterunterbau von 0,50 m ausgegangen.
Die ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) vor Gründung kontrolliert werden

(Forderung auf OK Schotter: E_{v2} ≥ 80 MN/m², in Abhängigkeit der statischen Forderungen).

In der folgenden Schemaskizze ist der o.g. Aufbau Bodenplattenbereich dargestellt.

Skizze der Gründung über bewehrte Bodenplatte (Nichtunterkellerung)
(Schemaschnitt ohne Maßstab)



blau: bewehrte Bodenplatte (Gesamtaufbau d = 0,30 m, Annahme)
gelb:. Massendefizitaufbau mit Güteschotter (d = i.M. 0,50 m, mind. 0,50 m)
grün: Untergrund (organikfreier/-armer Sand)

Bodenpressung / Bettungsmodul (Bodenplatte: Angaben der Eingangsparameter für die FEM-Berechnung): Die Berechnung der Fundamentplatte sowie der Setzungen und Sohldruckverteilung erfolgt von Seiten der Statik nach der Finite-Elemente-Methode (FEM).
Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tab. 7), das relevante Schichtmodell (mind. 0,50 m Güteschotter über Geogensand / mitteldicht) sowie orientierende Setzungsberechnungen zwecks Erhaltung eines Eingangs-Bettungs-moduls 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 eine ´Ersatzfläche´ für die Einflussbreite an der UK der Gründungsplatte angesetzt (30,0 x 1,0 m). G.g. Länge von 30 m stellt die **vermutlich** längste Wandscheibe dar (Annahme).
Als Unterbau wird ein Schotterpaket der Stärke von mind. 0,50 m angesetzt. Bei der Berechnung wird ein GW-Flurabstand von 0,5 m u. $GOK_{aktuell}$ (Bemessungswasserstand) berücksichtigt.
Der angegebene Bemessungswert des Sohlwiderstandes sollte hinsichtlich der Einhaltung der Grundbruchsicherheit ohne vertiefende Detailuntersuchungen nicht überschritten werden.
Die Ergebnisse der Berechnungen sind der Tabelle 10 zu entnehmen.

Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ / Unterbau	´Ersatzfläche´	Setzung s	**Bettungsmodul k_s**
$\sigma_{R,d}$ = 250 kN/m² / mind. 0,50 m Schotter	1,0 x 30,0 m	ca. 1,2 cm	**14,5 MN/m³**

Tabelle 10: Orient. Setzungsberechnungen zw. Erhaltung Eingangs-Bettungsmoduls (Plattengründung NU)

Frostschutzmaßnahmen: Es ist bei einer Nichtunterkellerung in frostsicherer Tiefe zu gründen (t = mind. 0,8 m unter zukünftige außenseitiger GOK) bei einer Plattengründung (Nichtunterkellerung) ist ggf. eine gebäudeumlaufende ´Frostschutzschürze´ aus Beton einzubringen (t = mind. 0,8 m unter zukünftige außenseitiger GOK). Dies gilt auch für Garagenbauten.

b) Maßnahmenvorschläge bei Unterkellerung:

Wasserhaltung: Wichtig ist die aktuelle Ermittlung des GW-Flurabstandes vor Beginn der Arbeiten. Mittels Lotung der installierten Grundwassermessstelle GWM 1 sowie eines ergänzenden Baggerschurfes vor Beginn der jeweiligen Ausschachtung sollte der exakte GW-Flurabstand ermittelt und die genauen, evtl. gegenüber u.g. Maßnahmen veränderten Wasserhaltungsmaßnahmen festgelegt werden.
Die Verhältnisse zum Zeitpunkt der Geländearbeiten machen eine deutliche Grundwasserabsenkung notwendig.
Das vorhandene Grundwasser muss bis mindestens 0,5 m unter Aushubniveau bauzeitlich abgesenkt werden. Es wird von einem notwendigen Aushub von ca. 2,5 m u. aktueller GOK ausgegangen.
Die Verhältnisse bei den Geländearbeiten (07.09.2021 GW = +84,20 m NHN) zugrunde gelegt, bedeutet dies eine ´drückende´ Wassersäule von ca. 1,5 m auf dem

Aushubniveau. Dies bedingt eine abzusenkende Wassersäule von ca. 2,0 m. Es wird jedoch in aller Deutlichkeit darauf hingewiesen, dass es sich bei den ermittelten GW-Ständen um herkömmliche, ´normale´ Stände´ handelt, welche in niederschlagsergiebigeren Perioden ansteigen können.
Vorgeschlagen und gutachterlicherseits eindeutig favorisiert wird der Einsatz eines Vakuumverfahrens bei Errichtung der ´geschlossenen Wasserhaltung´. Eine derartige Anlage bietet auch eine höhere Sicherheit bei kurzzeitigen Grundwasseranstiegen nach Starkregenereignissen.
Bei den zu erwartenden Durchlässigkeitsbeiwerten der zu entwässernden Böden von k_f ~ 10^{-4} m/s bis 10^{-5} m/s (Fluviatilsande) handelt es sich um Verhältnisse, welche den Standard-Anwendungsbereich einer Vakuum-Absenkungsanlage darstellen. Das Lanzenprofil sollte so ausgebildet sein, dass auch kurzzeitige GW-Anstiege, z.B. nach intensiven Niederschlagsereignissen, abgefangen werden können. Es sollte daher eine Firma beauftragt werden, welche ausreichende Erfahrungen mit Vakuum-Grundwasserabsenkungen besitzt.

Von großer Wichtigkeit ist eine ausreichende Vorlaufzeit der Vakuumanlage. Die GW-Absenkung muss bis mindestens 0,5 m unter tiefster Aushubsohle reichen. Wichtig ist die ausreichende Tiefe der Absenkung, damit sich die Überschneidung / Schnittlinien der Absenktrichter unterhalb der Baugrubensohle befinden (Vermeidung eines hydraulischen Grundbruches).

Ausgehend von den anstehenden Böden und der maximalen anzunehmenden Absenkhöhe sind Reichweiten der Absenktrichter (nach SICHARDT, 1928) von kleiner 10 m zu erwarten. Im fraglichen Radius befindliche Gebäude/Bauwerke werden daher allenfalls geringumfänglich betroffen sein.

Es wird nicht mit dem Auftreten von Nachsetzungen durch die Wasserhaltung gerechnet.

Zur Angebotskonkretisierung sollte den angefragten Firmen das Bodengutachten zur Verfügung gestellt werden. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens ist letztlich Sache des Auftragnehmers.

Bezüglich der (Wieder-)Einleitung der bei einer GW-Absenkung anfallenden Wässer in einen städtischen Kanal ist die Erlaubnis bei der Stadtverwaltung Bielefeld einzuholen.

Vorschlag Gründungsart / Bauweise: Angeraten wird ein Lastabtrag über eine bewehrte Bodenplatte. Ausgehend von der permanenten Grundwasserbeeinflussung

der UG-Bauteile wird die gesamte UG-Errichtung in Betonwannenbauweise oder vergleichbare Bauweisen bis zur Geländeoberkante angeraten. Die Druckwasserfestigkeit muss bis auf Höhe des Bemessungswasserstandes sichergestellt sein. Lichtschächte und Kellereingänge müssen ebenfalls druckwasserfest gesichert werden und sollten bis zur GOK hochgezogen werden.

Gründung: Die KG-Gründung erfolgt bei Betrachtung der Bohrergebnisse auf einem weitgehend mitteldicht gelagerten Fein-/Mittelsand bzw. auf dem o.g. 15-20 cm Schotter (Flächenfilter, s.o.). Neben der Funktion als Flächenfilter dient der Schotter als verdichtungsfähige Auflage, um die ´verdichtungsunwilligen´ Sande nachzuverdichten. Zwecks Homogenisierung der Lagerungsdichten sollte eine sorgfältige Nachverdichtung der Sande erfolgen (mind. 100 % der einfachen Proctordichte). Der Sand sollte mittels ´Schneidbestückung´ gelöst werden, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden.

Potenzielle Schluffe und organische Bildungen auf Aushubniveau müssen vollständig entfernt und durch Schotter ersetzt werden.

Bodenpressung / Bettungsmodul (Bodenplatte: Angaben der Eingangsparameter für die FEM-Berechnung): Die Berechnung der Fundamentplatte sowie der Setzungen und Sohldruckverteilung erfolgt von Seiten der Statik nach der Finite-Elemente-Methode (FEM).
Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tab. 7), das relevante Schichtmodell sowie orientierende Setzungsberechnungen zwecks Erhaltung eines Eingangs-Bettungsmoduls geliefert.
Diese Setzungsberechnungen dienen lediglich der Gewinnung eines Eingangs-Bettungsmoduls und müssen durch die FEM spezifiziert werden.
Bei g.g. orientierenden Setzungsberechnungen mit dem Programm GGU-Footing wird eine ´Ersatzfläche´ für die Einflussbreite an der UK der Gründungsplatte angesetzt (30,0 x 1,0 m). G.g. Länge von 30 m stellt die vermutlich längste Wandscheibe dar (Annahme).
Des Weiteren wird von einer Gründung auf ca. 2,5 m u. aktueller GOK auf einem mindestens mitteldicht gelagerten Fluviatilsand ausgegangen.
Die o.g. Filterschicht im Sandbereich (15-20 cm Schotter) wird bei der Berechnung nicht angesetzt. Der angegebene Bemessungswert des Sohlwiderstandes sollte nicht überschritten werden.

Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$	´Ersatzfläche´	Setzung s	**Bettungsmodul k_s**
$\sigma_{R,d}$ = 300 kN/m²	1,0 x 30,0 m	ca. 1,3 cm	**15,8 MN/m³**

Tabelle 11: Orient. Setzungsberechnungen zw. Erhaltung Eingangs-Bettungsmoduls (Plattengründung Unterkeller.)

Frostsicherheit: Der unterkellerte Bereich wird in frostsicherer Tiefe gegründet.

Trockenhaltung der Gebäudebauwerke (Unterkellerung): Die Unterflurbauteile unterliegen einer permanenten GW-Beeinflussung. Die Nässebeeinflussung (Grundwasser) muss bei der Auswahl der Betonsorte berücksichtigt werden (Stichworte: Expositionsklassen).
Lastfalleinstufung: DIN 18 533: ***´Wassereinwirkungsklasse W2.1-E´*** (bei einer max. KG-Einbindung (UK Bodenplatte) von 3,0 m unter aktueller GOK, bei tieferreichender Einbindung gesonderte Einzelfallfestlegung). Von Seiten der Statik sollte für das KG die Gefahr von Auftrieb ermittelt und eine ausreichende Auftriebsicherheit berücksichtigt werden.

Allgemeine Hinweisgebung:

Material: Das angeratene Schotterpolster / Unterbaumaterial sowie potenzielles Aufhöhungsmaterial im Baufeld plus Überstandsbereich sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (z.B. 0/45 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen). Der Schotter sollte nach den *´Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau –Ausgabe 2004´* (TL Gestein-StB 04) zertifiziert sein. Dies sollte von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden. Die Verdichtung des Schotters sollte mit einem gründungsspezifisch angepassten Verdichtungsgrad erfolgen.
Es ist der Druckausbreitungswinkel für Schotter (45°) zu beachten. Der Einbau von RC-Material wird in Verbindung mit dem Bemessungswasserstand abgelehnt.

Ingenieurgeologische Abnahmen: Nach Auskofferung der jeweiligen Baugrube sollte eine ingenieurgeologische Abnahme erfolgen, um die Bodenverhältnisse abzunehmen sowie die vorgeschlagenen Gründungsmaßnahmen den konkreten Verhältnissen anzupassen. Im Besonderen sollte die Organikfreiheit kontrolliert werden.

Bei der Ausführung der Gründungsarbeiten sind die örtlichen Baugrundverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Voruntersuchungen zu überprüfen.

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

Fugentrennung / höhengleiche Gründung: Bei einer Anbindung der Garage (oder ähnliche Bauwerke) an das Hauptgebäude sollte eine Fugentrennung zwischen den beiden Bauwerken vorgesehen werden. Grundsätzlich sollten beide Bauwerke gleichartig und höhengleich gegründet werden (Platte oder Streifenfundament).
Sollte die Kombination Hauptgebäude (unterkellert) mit anbindendem Anbau (nichtunterkellert) vorgesehen werden, so ist auf eine höhengleiche Gründung im Anbindebereich zu achten. D.h. die Streifenfundamente des Anbaus sind bis zur UK Fundamente / Bodenplatte des KG zu führen. Die Anbaufundamenttieferführung darf dort, wo die Anbindung an das KG-Fundament/-Bodenplatte endet unter max. 30º abgetreppt gegen die Horizontale ansteigen. Die Fundamenttieferführungen müssen aus Fundamentbeton (mind. C20/25 oder höherwertig) bestehen.

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: Ein Teil des anfallenden Baugrubenaushubs (´Mutterboden´, organische und u.U. bindige Böden) ist nicht wiedereinbaufähig. Ist davon auszugehen, dass zu verfüllende Bereiche auch weiterhin einer reinen Gartennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann das ausgehobene organische sowie potenzielle bindige Material dort wiederverfüllt werden. Es muss jedoch mit Nacharbeiten gerechnet werden. Dies gilt ebenfalls für verfüllende Zwecke, jedoch nicht innerhalb von Gebäude-Arbeitsräumen.
Der organikfreie Fluviatilsand kann bei bindigen Anteilen < 15 % wieder eingebaut werden. Der Sand sollte jedoch nicht als Oberbau für Bewegungs- / Stellflächenbereiche verwendet werden. Da der organikfreie Sand infolge seiner engen Stufung eine ´Verdichtungsunwilligkeit´ aufweist, sollte bei Einbau in lastabtragenden Bereichen die Verdichtungseignung/-fähigkeit durch Mischung mit einem Schotter erfolgen um eine breitere Stufung herzustellen (Mischungsverhältnis Schotter-Sand = 1:2).
Die einzelnen Lagenmächtigkeiten sollten 0,30 m nicht überschreiten und jeweils ordnungsgemäß verdichtet werden. Überschüssiger organikfreier Sand (bindiger Anteil < 15 %) kann für die vorgesehenen Geländeaufhöhung verwendet werden.

6.2 Kanalbau

Planung / Annahme: Vermutlich erfolgt die Verlegung des Kanals / der Kanäle im Verlauf der geplanten Zufahrt. Details wie Nennweitendurchmesser und Sohltiefen liegen dem AN nicht vor.
Vermutet wird eine Sohltiefe des SW-Kanals von ca. 2,0 m. Des Weiteren wird von einer ungefähren Geländeanhebung im Zuge der Verkehrsflächenerrichtung von ca. 0,50 m gegenüber der aktuellen GOK ausgegangen (Vermutung / Annahme), so dass der / die Plankanäle ca.1,5 m u. aktueller GOK zum Liegen kommen.

Boden-/Grundwasserverhältnisse auf verm. Kanal-Gründungsniveau: Laut Bohrergebnissen steht auf dem angenommenen Sohlniveau ein Fluviatilsand an (überwiegend mitteldicht gelagert). Der Aushubanteil wird weitgehend von den Bodenklassen 1 bis 3 gebildet (´Löffelbaggereinsatz´).
Der Kanal wird innerhalb grundwassererfüllter Bereiche gegründet, wobei zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen ein Grundwasserflurabstand von 1,48 m u. akt. GOK vorlag (Pegel GWM 1, +84,19 m NHN). Dies entspricht bei einer angenommenen Sohltiefe von 1,50 m u. akt. GOK einer gemittelten ´drückenden´ Wassersäule von ca. 0,23 m auf Sohlniveau (Stichtag).
Es existiert ein deutliches Anstiegspotenzial (Bemessungswasserstand: 0,50 m unter aktuelle GOK / +84,97 m NHN).

Wasserhaltung: Grundsätzlich muss Grundwasser bis mind. 0,5 m unter Aushubsohle abgesenkt werden. Unter Hinzuziehung des Rohrauflagers (s.u., Sandbereich: ca. 0,20 m) ergibt sich – die Verhältnisse des Stichtages zugrunde gelegt – folgende Absenkhöhe: ca. 0,93 m (bei angenommener Sohltiefe von 1,50 m u. akt. GOK).
Bei den vorliegenden Bodenverhältnissen (enggestufter Mittel-/Feinsand) bietet sich die Absenkung durch ein Vakuumverfahren an (**vorlaufende Vakuum-Spüllanzen**). Es sollte hierfür eine Firma beauftragt werden, welche ausreichende Erfahrungen mit Vakuum-Grundwasserabsenkungen besitzt. Angeraten wird eine Probeabsenkung in einem kleineren Teilabschnitt hinsichtlich der Anwendungseignung.
Dem Anbieter sollte dieses Gutachten zur Verfügung gestellt werden. Er muss auf die deutliche Durchlässigkeit der untergrundprägenden Sande hingewiesen werden. Es sollten immer nur kurze Trassenabschnitte abgesenkt werden.
Aufgrund des geringen GW-Flurabstandes und eines sich hieraus ergebenden hohen GW-Absenkwertes sollten u.U. beidseitig des Kanalgrabens Vakuumlanzen eingespült werden, was jedoch von der ausführenden Firma zu konkretisieren ist. Von großer Wichtigkeit ist eine ausreichende Vorlaufzeit der Vakuumanlage. Die

GW-Absenkung muss bis mindestens 0,5 m unter Aushubniveau reichen (Absenktiefe am Stichtag s.o.).
Es empfiehlt sich, vor Beginn der Baumaßnahme den Grundwasser-Flurabstand in anzulegenden Baggerschürfen und in dem Pegel zu aktualisieren, um u.U. die notwendigen Maßnahmen anzupassen.

Die absenkende Firma hat dafür Sorge zu tragen, dass die GW-Absenkung keine schädigenden Auswirkungen auf Bauwerke ausübt (Stichwort: Setzungsschäden).

Sowohl für die GW-Absenkung als auch für die Einleitung der bei der GW-Absenkung anfallenden Wässer in den städtischen Kanal und/oder ein offenes Gewässer ist die Erlaubnis bei der Stadtverwaltung / Stadtwerken bzw. bei der Unteren Wasserbehörde zu beantragen.

Böschen/Verbau: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubenteufen > 1,25 m geböscht / verbaut werden. Die Böden können - soweit sie in einem nicht wassergesättigten bzw. entwässerten Zustand vorliegen - mit einem max. Böschungswinkel von $\beta = 45°$ geböscht werden. Evtl. vorliegende grundwasser-erfüllte Abschnitte sind nach DIN 4124 zu sichern.

Verbau Trassenbereich: Bei Anwendung eines ´geschlossenen Systems´ zur Wasserhaltung (z.B. Vakuum-Filterlanzen, s.o.) besteht alternativ zur (raumgreifenden) Anlage von Böschungen auch die Möglichkeit eines Verbaus der entwässerten Böden mit herkömmlichen ´Grabenverbauplatten´.
Dies bedingt jedoch bei der GW-Beeinflussung der relevanten Tiefen die vorlaufende GW-Absenkung bis mindestens 0,5 m unter Aushubniveau. Sinnvoll ist in diesem Fall die Öffnung lediglich kurzer Trassenabschnitte.

Verbau Bauwerkbereich: Sollte keine vorlaufende Vakuumanlage zum Einsatz kommen, wird aufgrund der gegebenen Verhältnisse zumindest bei größeren Ausschachtungstiefen und gedrungenen Baugruben (z.B. Schachtbauwerke) ein verformungsarmer Verbau mittels ´Schloss-Spundbohlen´ angeraten, wobei eine Mindestrammtiefe von 5 m u.GOK, vermutlich tiefer vorhanden ist. Aufgrund der Schlösser der Spundbohlen existiert ein minimaler seitlicher Wasseranfall. Angeraten wird eine Vakuum-Grundwasserabsenkung. Wichtig ist die ausreichende Tiefe der Absenkung, damit sich die Überschneidung / Schnittlinien der Absenktrichter unterhalb der Baugrubensohle befinden (Vermeidung eines hydraulischen Grundbruches).

Auftriebsicherheit: Aufgrund der bei herkömmlichen / angenommenen Gründungsteufen dauerhaften Positionierung des Plankanals innerhalb des

Grundwassers sind die Gründungskörper gegen Auftrieb zu sichern. Die Auftriebsicherheit beträgt mind. n_a = 1,1.

Gründung / Rohrauflager: 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 mm plus 1/10 DN (DN in mm) erhöht wird.
In Abhängigkeit vom konkreten DN-Maß erhöht sich somit die Bettungsschichthöhe. Empfohlen wird vom AN bei den vorgefundenen Bodenverhältnissen (überw. mitteldicht gelagerter, enggestufter Mittel-/Feinsand) für die Gründung auf dem geogenen und organikfreien Sand in Abhängigkeit vom konkreten DN-Maß eine ca. 20 cm mächtige herkömmliche verdichtungsfähige Bettungsschicht (Rohrauflager). Die Sande sollten zuvor nachverdichtet werden.

Bei PP-Rohren darf kein gebrochenes Material verwendet werden. Bei Rohrdurchmessern (Beton) von DN 200 bis DN 600 ist eine Bettung aus verdichtungsfähigem Material herzustellen, welche ein Größtkorn von < 40 mm aufweist (z.B. 0/32 mm HKS).
Das eingebaute Material muss ordnungsgemäß verdichtet werden (Verdichtungsgrad: > 97 % Proctordichte).
Sowohl die Bettungsschicht als auch die u.U. notwendig werdende Stabilisierungsschicht müssen im Druckausbreitungswinkel des Kanals / Bauteils eingebracht werden (Mineralgemisch 45°).
Der Sohlbereich sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden. Hierbei ist die Notwendigkeit des ergänzenden Einbaus einer Stabilisierungsschicht unterhalb der Bettungsschicht zu spezifizieren. Der Aushub sollte mit ´Schneidbestückung´ erfolgen, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden.
Grundsätzlich müssen potenzielle bindige und / oder organische Böden im Sohlbereich aufgenommen und durch Schotter ersetzt werden.

Rohrleitungszone und Grabenverfüllung: Bei Rohrleitungen mit Fuß kann auf ein Sandbett verzichtet werden; hier erfolgt eine direkte Auflagerung auf dem Schotter. Für die Leitungszone sollte ein steinfreier, möglichst sandiger Boden

verwendet werden. Hierfür kann der organikfreie und nichtbindige Geogensand verwendet werden. Der bindige Anteil muss jedoch < 15 % betragen.
Unter Beachtung des vermutlich oberhalb der Kanaltrasse verlaufenden Verkehrsweges wird zur Vermeidung von späteren Setzungsdifferenzen empfohlen, den Kanalgraben mit nichtbindigem, wasserwirtschaftlich unbedenklichem, raumbeständigem und verdichtungsfähigem Material zu verfüllen.
Dieses Material ist in Lagenstärken von max. 30 cm einzubringen und mittels adäquater Verdichtungsgeräte zu verdichten. Bei der Verdichtung der Füllmaterialien sind gemäß ZTVE-StB 94 Proctordichten zwischen 97 und 98 % (bis 1 m unter Planum) und 100 % der einfachen Proctordichte (< 1 m unter Planum) einzuhalten.
Alternativ kann der enggestufte, organikfreie SE-Sand (Aushubmaterial) bei einem geringen bindigen Anteil (< 15 %) in Mischung mit einem Schotter (Verhältnis Schotter-Sand = 1:2) in Lagen von max. 30 cm eingebaut werden. Stärker bindige Sande dürfen nicht eingebaut werden.
Bei Unklarheiten hinsichtlich der Wiedereinbaueignung sollte der Bodengutachter hinzugezogen werden.
Als oberste Lage sollte HKS-Schotter verwendet werden. Organische Böden, bindige Böden sowie Auffüllungen dürfen nicht wieder eingebaut werden.

Geotextil: Grundsätzlich sollte ein Geotextil vor Auftrag des Mineralgemisches eingelegt werden (Güte: GRK 3). Dieses Vlies ist seitlich in der Stärke des Rohrauflagers ´hochzuziehen´, um das Bodenaustauschmaterial weitgehend zu ´ummanteln´.

Bodenpressung: Es sollte eine Bodenpressung auf dem Gründungsniveau von $\sigma_{zul.}$ = 180 kN/m² in diesem Bereich nicht überschritten werden, um Setzungsunterschiede auf den Kanalstrecken zu vermeiden.

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: s.o. (Gebäudebau)

6.3 Straßenbau

Planung: Es gibt (noch) keine detaillierten Planunterlagen, daher werden im Folgenden Annahmen getroffen.
Infolge der Rahmenbedingungen (geringer Grundwasser-Flurabstand) erfolgt u.U. hinsichtlich der Schaffung einer Versickerungseignung im B-Plangebiet eine Geländeaufhöhung gegenüber der aktuellen GOK (vorbehaltlich der Detailklärung mit der Wasserbehörde). Entsprechend muss die OK der Planstraßen angepasst werden.

Zugrundeliegende Richtlinie: Die Hinweisgebungen erfolgen in Anlehnung an die *´Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012´* (RStO 12, FGSV).

Einstufung Belastungsklasse (Annahme): Angaben zu den Bauklassen liegen dem AN nicht vor. Nach der RStO 12 (*´Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen´*, Ausgabe 2012) sind die zu errichtenden Verkehrs- / Bewegungsflächen vermutlich folgender Verkehrs- / Straßenart zugehörig (Annahme):
Bk0,3 (´Wohnstraße´, Straßenkategorie ES V)

Sollten die vorgenannten (angenommenen) Einstufungen nicht zutreffen, so wird um Benachrichtigung von Seiten der Planung zwecks Anpassung gebeten.

Bodenverhältnisse auf Erdplanum: Das Erdplanum führt nach Abzug der Oberböden einen enggestuften Mittel-/Feinsand (DIN 18 196: SE), welcher der Frostempfindlichkeitsklasse F1 zugehörig ist (*´nicht frostempfindlich´*).
Frostschutzmaßnahmen werden im Sandbereich nicht notwendig. Dies bedingt jedoch die vollständige Entfernung organischer sowie potenzieller bindiger Böden und verlehmter Sande (bindiger Anteil > 5 %) auf Erdplanum und den Ersatz durch Güteschotter (gem. TL Gestein-StB 04). Die abzuziehenden ´Mutterböden´ weisen im Mittel eine Mächtigkeit von d = ca. 0,25 m auf.

Errichtung / Straßenaufbau: In einem ersten Schritt sollten die hangenden beeinflussten und geogenen ´Mutterböden´ vollständig abgezogen werden. Ergänzend sollten potenzielle Schluffe sowie verlehmte Sande und organische Böden aufgenommen und durch Schotter ersetzt werden. Potenzielle Massendefizite sind lagenweise mit Güteschotter aufzubauen und ordnungsgemäß zu verdichten. Der Bagger sollte ´rückschreitend´ arbeiten. Das freigelegte Planum darf vor Andeckungen nicht mit Radfahrzeugen befahren werden. Nach Auskofferung ist das Erdplanum sorgfältig im Rahmen einer ingenieurgeologischen Abnahme auf

relevante organische Anteile zu kontrollieren. Der Sand sollte nicht ohne Schotterpolster nachverdichtet werden (niedrige Ungleichförmigkeit und somit verdichtungsunwillig).

Der Oberbau-Aufbau der Verkehrsflächen sollte nach der *´Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen´* (RStO 12) erfolgen.

´Schneidbestückung´: Die Herstellung des Feinplanums (bzw. Planum der Untergrundverbesserung, s.u.) sollte ebenso wie der Abzug der Böden mit einem Löffelbagger mit sog. ´Schneidbestückung´ erfolgen.

Material: Das Mineralgemisch / Material der Schottertragschicht sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (z.B. 0/45 mm HKS). Der Schotter sollte nach den *´Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau – Ausgabe 2004´* (TL Gestein-StB 04) zertifiziert sein. Dies sollte von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden.
Die Schotterverdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von D_{Pr} = 100 % erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel zu achten (Schotter: 45°). Die Einbaustärke einzelner Lagen sollte 30 cm nicht überschreiten.

Verdichtungsüberprüfungen und Unterbauverbesserung: Auf dem Erd- und Schotterplanum sollten die je nach RStO-Bauweise geforderten Verformungsmodule durch Verdichtungsüberprüfungen nachgewiesen werden (statische Lastplattendruckversuche gem. DIN 18 134).
Die RStO 12 setzt auf dem Erdplanum ein Verformungsmodul von **$E_{V2} \geq 45$ MPa** voraus. Auf dem auf Erdplanum anstehenden enggestuftem und locker gelagertem SE-Sand wird g.g. Verformungsmodul nicht durchgängig möglich sein, so dass vor Auftrag der RStO-Schichtstärken zunächst Schotter aufgebracht und verdichtet werden sollte (Unterbauverbesserung). Aus Erfahrung solle für die Kalkulation eine ca. 0,25 m mächtige Untergrundverbesserung bestehend aus einem Kalksteinschotter eingeplant werden. Die Stärke dieser Untergrundverbesserung sollte in einem Probefeld konkretisiert werden. Die Untergrundverbesserung darf nicht auf die RStO-Oberbaumächtigkeit angerechnet werden.

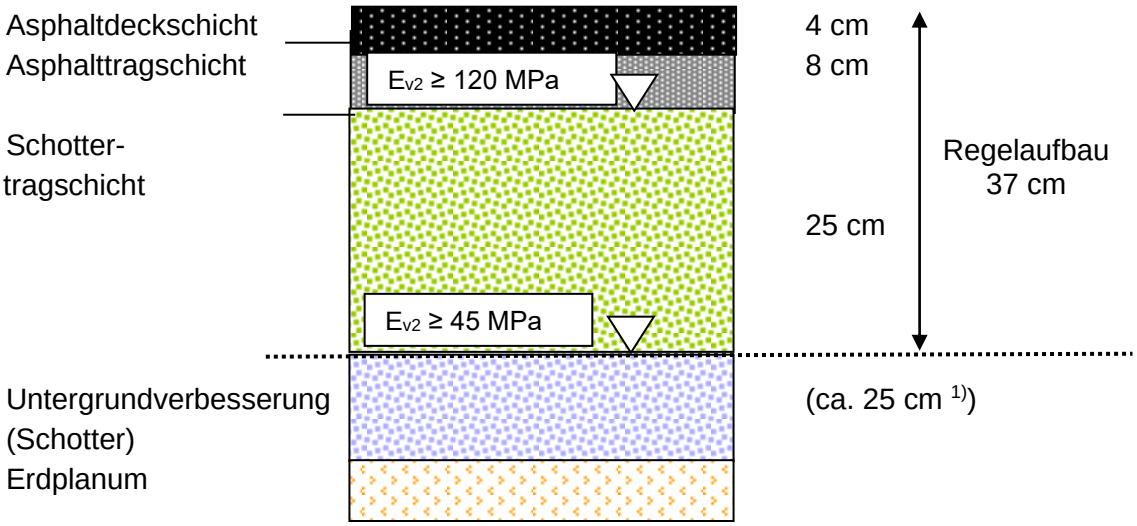
Verformungsmodul auf Schotterplanum: Sehr wichtig ist der flächendeckende Nachweis eines Verformungsmoduls von $E_{V2} \geq 45$ MPa auf dem (verbesserten) Erdplanum mittels statischen Lastplattendruckversuchen, da ansonsten der von der RStO geforderte Verformungsmodul auf Schotterplanum nicht erreicht werden kann.
RStO-Forderungen OK Schotterplanum:
- Belastungsklasse Bk0,3 (Wohnstraße / Pkw-Parkplatz): $E_{V2} \geq 120$ MPa

Genannte Forderungen sollten mittels statischen Lastplattendruckversuchen (gem. DIN 18 134) auf dem Schotterplanum nachgewiesen werden.

Ausführung des Oberbaus: Nachfolgend ist ein möglicher Aufbau nach RStO 12 für den Fahrbahn- und Parkplatzbereich unmaßstäblich skizziert. Die Schemaskizzen betreffen folgende Bauweisen:

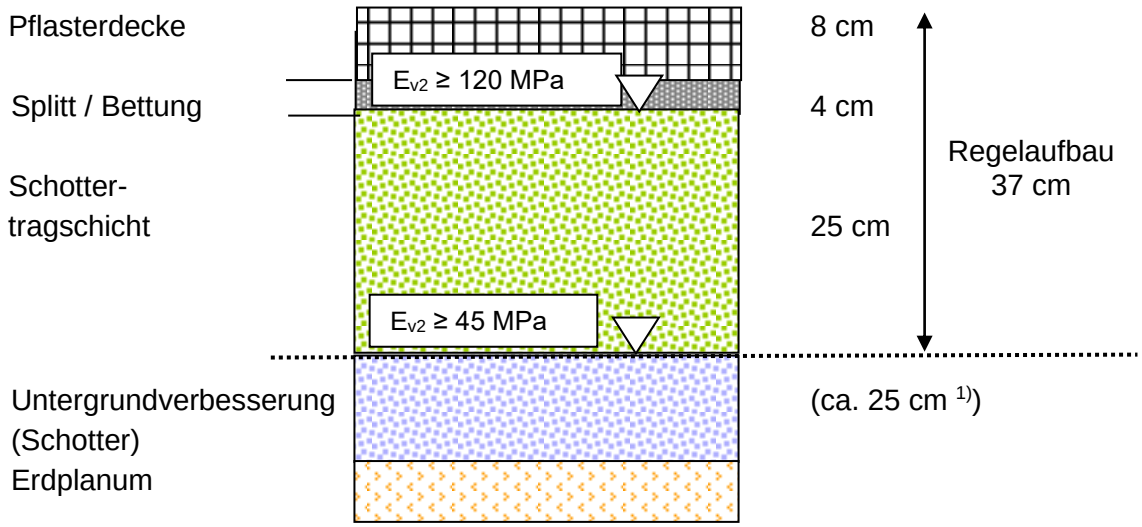
- Wohnstraße: Bauweise mit Asphaltdecke (Bk0,3) n. RStO 12, Tafel 1, Zeile 5
- Pkw-Parkplatz: Bauweise mit Pflasterdecke (Bk0,3) n. RStO 12, Tafel 3, Zeile 3

Wohnstraße (Bk0,3 / Schwarzdecke / Untergrundverbesserung: Schotter)
(Schemaskizze; unmaßstäblich, nach RStO 12, Tafel 1, Zeile 5)



1) in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Probefeldanlage

Pkw-Parkplatz (Bk0,3 / Pflasterdecke / Untergrundverbesserung: Schotter)
(Schemaskizze; unmaßstäblich, nach RStO 12, Tafel 3, Zeile 3)



1) in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Probefeldanlage

7. Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:1.000)
- Anlage 2.1: Schichtendarstellung
- Anlage 3.1: Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)
- Anlage 4.1: Wassergehaltsbestimmungen
- Anlage 5.1: Glühverlustbestimmung
- Anlage 6.1: Versickerungsversuche im Gelände
- Anlage 7.1: Chemische Analysenergebnisse (Feststoff-Mischprobe)
- Anlage 8.1: Fotodokumentation

K l e e g r ä f e
- Geotechnik GmbH -

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

C. Flammang
(M. Sc. Phys. Geographie)

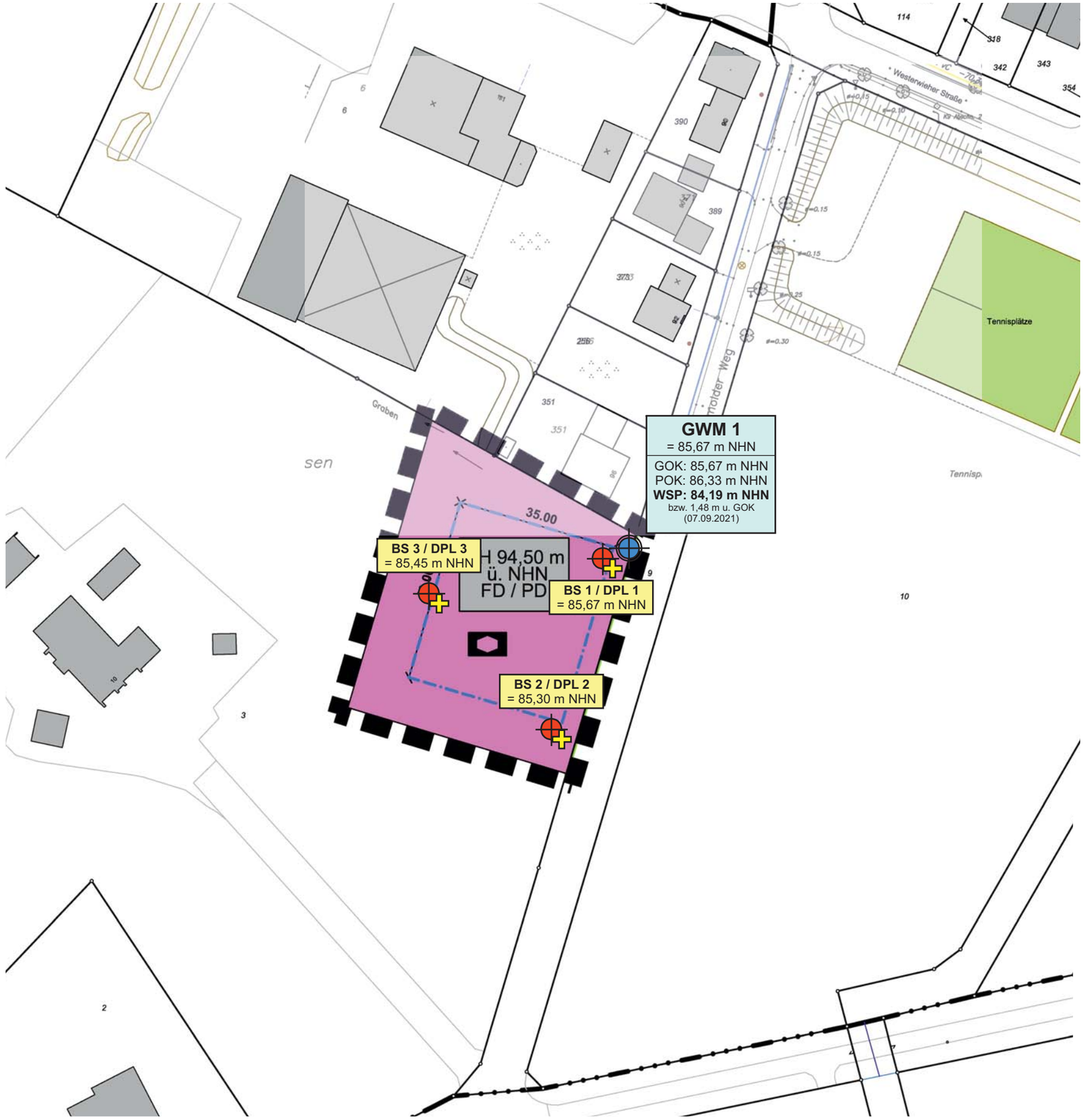
Verteiler: STADT DELBRÜCK / FB BAUEN UND PLANEN
Springpatt 3, 33129 Delbrück (2 x + pdf)

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 1.1

Lageplan (1:1.000)

Delbrück



N

Maßstab
1 : 1.000
10 m

Zeichenerklärung:

- **BS** Kleinbohrung (DIN EN ISO 22475-1)
- **DPL** Rammsondierung (DIN EN ISO 22476-2)
- **GWM** Grundwassermess-stelle (Ø 1 1/2 ``)

KLEEGRÄFE

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

Kleegräfe Geotechnik GmbH
• Baugrund • Umwelt • Hydrogeologie

Lageplan

Maßnahme: Ausarbeitung Baugebiet Nr. 127 „Kita Detmolder Weg“ Delbrück – Lippling	Bearb.-Nr. 210546-1
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -	Anlage: 1
Auftraggeber: STADT DELBRÜCK / FB BAUEN UND PLANEN Springpatt 3 33129 Delbrück	Blatt: 1
	Nov. / 2021
	Klee/Fla
	M. 1 : 1.000

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 2.1

Schichtendarstellung

m NHN

86.00
85.50
85.00
84.50
84.00
83.50
83.00
82.50
82.00
81.50
81.00
80.50
80.00

BS 1

85,67 m NHN

Mu

1/1 □ 0.25 — 0.25

Auffüllung + Mutterboden + Sand
schwach humos, schwach schluffig, schwach organisch, dunkelbraun/trocken-erdfeucht
A

Feinsand
mittelsandig, schwach grobsandig, schwach schluffig, braun-hellbraun/erdfeucht-feucht
SE

1/2 □ 1.10 — 1.10

1.48
07.09.21

1/3 □ 2.00

1/4 □ 3.00

Feinsand
mittelsandig, schwach grobsandig, schwach schluffig, braun/nass
SE

1/5 □ 4.00

1/6 □ 5.00 — 5.00

DPL 1

85,67 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm

0 10 20 30 40

0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0

BS 2

85,30 m NHN

Mu

2/1 □ 0.30 — 0.30

Auffüllung + Mutterboden + Sand
schwach organisch, schwach humos, schwach schluffig, dunkelbraun/trocken-erdfeucht
A

Feinsand
mittelsandig, schwach grobsandig, schwach schluffig, braun/erdfeucht-feucht
SE

2/2 □ 1.05 — 1.05

1.23
07.09.21

2/3 □ 1.75

Feinsand
mittelsandig, schwach grobsandig, schwach schluffig, braun-hellbraun/nass

2/4 □ 3.45 — 3.45

2/5 □ 3.60

Feinsand
mittelsandig, schwach organisch, schwach schluffig, braun-hellbraun/nass
SE

3.60

2/6 □ 4.00

Feinsand
mittelsandig, schwach grobsandig, schwach schluffig, hellbraun-beige/nass
SE

2/7 □ 5.00 — 5.00

DPL 2

85,30 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm

0 10 20 30 40

0.0
1.0
2.0
3.0
4.0

42
41
42

BS 3

85,45 m NHN

Mu

3/1 □ 0.25 — 0.25

Auffüllung + Mutterboden + Sand
schwach humos, schwach schluffig, schwach organisch, dunkelbraun/trocken
A/OH

Feinsand
mittelsandig, schwach grobsandig, schwach schluffig, braun/feucht-nass
SE

1.10
07.09.21

3/2 □ 1.30 — 1.30

3/3 □ 2.30

Feinsand
mittelsandig, schwach grobsandig, schwach schluffig, braun/nass
SE

3/4 □ 3.50

3/5 □ 4.50 — 5.00

DPL 3

85,45 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm

0 10 20 30 40

0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0

Legende DPL

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

Legende

- klüftig
- fest
- halbfest - fest
- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- breiig - weich
- breiig
- nass

- Feinsand
- Mittelsand
- Mu — Mutterboden
- A — Auffüllung

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

Schichtendarstellung

Maßnahme:	Ausarbeitung Baugebiet Nr. 127 "Kita Detmolder Weg" in Delbrück-Lippling	Bearb.-Nr. 210546-1 Anlage 2.1
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -		Geologe:
Auftraggeber:	Stadt Delbrück Marktstr. 6 33129 Delbrück	Herr Jäger Datum: 07.09.2021

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 3.1

Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH

Holzstraße 212
59556 Lippstadt

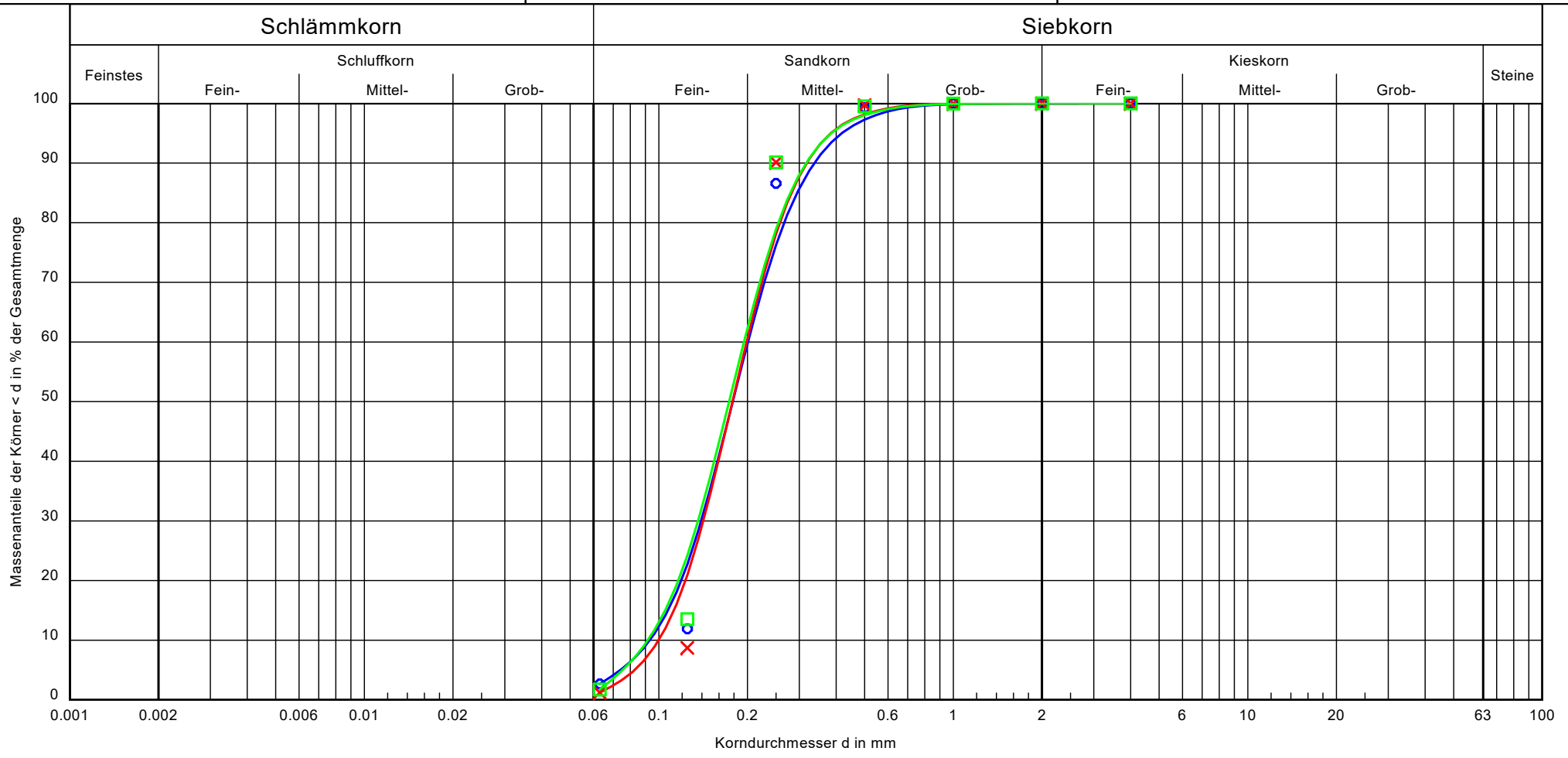
Bearbeiter: Herr Flammang Datum: 08.11.2021

Körnungslinie

Bebauungsplan 127 "KITA"

Delbrück-Lippling
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Prüfungsnummer: 1/3, 2/3, 3/2
Probe entnommen am: 07.09.2021
Art der Entnahme: gestörte Proben
Arbeitsweise: Sieb-Analysen



Bezeichnung:	Probe 1/3	Probe 2/3	Probe 3/2
Bodenart:	fS, m$\bar{s}$	fS, m$\bar{s}$	fS, m$\bar{s}$
Tiefe:	1,10 - 2,00 m	1,05 - 1,75 m	0,25 - 1,30 m
k [m/s] (BEYER):	$8.7 \cdot 10^{-5}$	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$8.4 \cdot 10^{-5}$
Entnahmestelle:	BS 1	BS 2	BS 3
Cu/Cc	2.2/1.0	2.0/1.0	2.1/1.0
T/U/S/G [%]:	- /2.7/97.3/0.0	- /1.2/98.8/0.0	- /1.7/98.2/0.0

Bemerkungen:
1/3: kf-Wert (BEYER): ~8,7 x 10^-5 m/s
2/3: kf-Wert (BEYER): ~1,1 x 10^-4 m/s
3/2: kf-Wert (BEYER): ~8,4 x 10^-5 m/s

Bericht: 210546-1
Anlage: 3.1

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH

Holzstraße 212
59556 Lippstadt

Bericht: 210546-1

Anlage: 3.1

Körnungslinie

Bebauungsplan 127 "KITA"

Delbrück-Lippling
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Flammang

Datum: 08.11.2021

Prüfungsnummer: 1/3, 2/3, 3/2

Probe entnommen am: 07.09.2021

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 1/3
Bodenart: fS, m$\bar{s}$
Tiefe: 1,10 - 2,00 m
k [m/s] (BEYER): 8.650E-5
Entnahmestelle: BS 1
Cu/Cc 2.2/1.0
T/U/S/G [%]: - / 2.7 / 97.3 / 0.0
d10/d30/d60 [mm]: 0.093 / 0.139 / 0.201
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 309.27

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.06	0.02	99.98
1.0	0.04	0.01	99.97
0.5	2.15	0.70	99.27
0.25	39.23	12.68	86.59
0.125	230.94	74.67	11.92
0.063	28.55	9.23	2.68
Schale	8.30	2.68	-
Summe	309.27		
Siebverlust	0.00		

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH

Holzstraße 212
59556 Lippstadt

Bericht: 210546-1

Anlage: 3.1

Körnungslinie

Bebauungsplan 127 "KITA"

Delbrück-Lippling
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Flammang

Datum: 08.11.2021

Prüfungsnummer: 1/3, 2/3, 3/2

Probe entnommen am: 07.09.2021

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 2/3
Bodenart: fS, m$\overline{s}$
Tiefe: 1,05 - 1,75 m
k [m/s] (BEYER): 1.092E-4
Entnahmestelle: BS 2
Cu/Cc 2.0/1.0
T/U/S/G [%]: - / 1.2 / 98.8 / 0.0
d10/d30/d60 [mm]: 0.100 / 0.141 / 0.199
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 334.31

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.02	0.01	99.99
1.0	0.02	0.01	99.99
0.5	0.93	0.28	99.71
0.25	32.08	9.60	90.11
0.125	272.12	81.40	8.72
0.063	25.03	7.49	1.23
Schale	4.11	1.23	-
Summe	334.31		
Siebverlust	0.00		

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH

Holzstraße 212
59556 Lippstadt

Bericht: 210546-1

Anlage: 3.1

Körnungslinie

Bebauungsplan 127 "KITA"

Delbrück-Lippling
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Flammang

Datum: 08.11.2021

Prüfungsnummer: 1/3, 2/3, 3/2

Probe entnommen am: 07.09.2021

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 3/2
Bodenart: fS, m$\underline{s}$
Tiefe: 0,25 - 1,30 m
k [m/s] (BEYER): 8.391E-5
Entnahmestelle: BS 3
Cu/Cc 2.1/1.0
T/U/S/G [%]: - / 1.7 / 98.2 / 0.0
d10/d30/d60 [mm]: 0.092 / 0.136 / 0.195
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 241.64

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.02	0.01	99.99
1.0	0.07	0.03	99.96
0.5	1.09	0.45	99.51
0.25	22.69	9.39	90.12
0.125	185.07	76.59	13.53
0.063	28.50	11.79	1.74
Schale	4.20	1.74	-
Summe	241.64		
Siebverlust	0.00		

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 4.1

Wassergehaltsbestimmungen

Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212
59556 Lippstadt

Bericht: 210546-1

Anlage: 4.1

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

B-Plan 127 "KITA Detmolder Weg"

Delbrück-Lippling
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Flammang Datum: 08.11.2021

Prüfungsnummer: 1/3, 2/3, 3/2
Entnahmestelle: BS 1, BS 2, BS 3
Tiefe: 0,25 - 1,75 m
Bodenart: Fluviatilsand
Art der Entnahme: gestörte Proben
Probe entnommen am: 07.09.2021

Probenbezeichnung:	Probe 1/3	Probe 2/3	Probe 3/2			
Feuchte Probe + Behälter [g]:	782.18	905.57	817.88			
Trockene Probe + Behälter [g]:	710.65	820.41	764.68			
Behälter [g]:	401.38	392.11	435.25			
Porenwasser [g]:	71.53	85.16	53.20			
Trockene Probe [g]:	309.27	428.30	329.43			
Wassergehalt [%]	23.13	19.88	16.15			

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 [%]						

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 5.1

Glühverlustbestimmungen

KLEEGRÄFE
Geotechnik GmbH
Holzstraße 212
59556 Lippstadt

Bericht: 210546-1

Anlage: 5.1

Glühverlust nach DIN 18 128

Bebauungsplan Nr.127 "KITA"

Delbrück-Lippling

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Flammang Datum: 08.11.2021

Prüfungsnummer: 2/3, 3/2
Entnahmestelle: BS 2, BS 3
Tiefe: 0,25 - 1,75 m (min.-max.)
Art der Entnahme: gestörte Proben
Bodenart: Fluviatilsand
Probe entnommen am: 07.09.2021

Probenbezeichnung	Probe 2/3	Probe 2/3	Probe 2/3	Probe 3/2	Probe 3/2	Probe 3/2
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	56.40	56.47	55.10	56.40	58.23	53.48
Geglühte Probe + Behälter [g]	56.27	56.31	54.95	56.16	58.00	53.28
Behälter [g]	26.28	27.76	27.86	27.58	26.52	26.31
Massenverlust [g]	0.13	0.16	0.15	0.24	0.23	0.20
Trockenmasse vor Glühen [g]	30.12	28.71	27.24	28.82	31.71	27.17
Glühverlust [-]	0.43	0.56	0.55	0.83	0.73	0.74

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 [-]						

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 6.1

Versickerungsversuche im Gelände

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

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

Maßnahme:	B-Plan 127 "Kita Detmolder Weg"
Ort:	in Delbrück-Lippling
Datum:	07.09.2021

Versuchsdurchführung mittels ´open-end-test´

Bohrung	Vers. Nr.	r mm	h m	Zeit min	Wasser-menge l	Q m³/s	kf m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Versick.-Medium und Gültigkeitsbereich)
BS 1	1	20	0,98	0,20	3,00	2,50E-04	**2,32E-03**	1,48 m u.GOK
	2	20	0,98	0,40	3,00	1,25E-04	**1,16E-03**	Fluviatilsand; 0,50-1,48 m u.GOK
BS 2	1	30	0,73	0,35	3,00	1,43E-04	**1,19E-03**	1,23 m u.GOK
	2	30	0,73	0,50	3,00	1,00E-04	**8,30E-04**	Fluviatilsand; 0,50-1,23 m u.GOK
BS 3	1	30	0,60	0,40	3,00	1,25E-04	**1,26E-03**	1,10 m u.GOK
	2	30	0,60	0,60	3,00	8,33E-05	**8,42E-04**	Fluviatilsand; 0,50-1,10 m u.GOK

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

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

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 7.1

Chemische Analysenberichte (Feststoff-Mischprobe)

Prüfbericht-Nr: B2119526

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum	09.11.2021
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202134047
Probenehmer / -eingang	AG
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	09.11.2021 - 15.11.2021

Ansprechpartner	**FAX**	**Telefon**
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP Aushub

Herkunftsort Delbrück,Kita

Entnahmeort Delbrück,Kita

Bemerkung

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Probennahmeprotokoll	n.vorhanden			0	Wen	
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg		DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1	4*	Wen	
Probenvorbereitung	s.Anhang		DIN 19747	1*	Wen	DIN ISO 11464
Feuchte (105°C)	14,8	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Trockenrückstand (105°C)	85,2	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Glühverlust (550°C)	0,53	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
Glührückstand (550°C)	99,5	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
TOC (TS)	0,14	%	DIN EN 15936	1*	Wen	DIN 19539
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	<0,01	%	LAGA KW/04	1*	Wen	
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen	
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen	LAGA KW/04
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen	LAGA KW/04
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN 38407-43
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN 38407-43
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN EN ISO 10301
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Summe 6 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	DIN 38414-20	1*	Wen	DIN EN 15308
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	DIN EN 15308	1*	Wen	DIN 38414-20
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 17380	1*	Wen	
Königswasseraufschluss (TS)	ja		DIN EN 13346	1*	Wen	DIN EN 13657
Arsen (TS)	1,14	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen	DIN EN 1483

Prüfbericht-Nr: B2119526

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 09.11.2021
Auftrag-Nr. A190230
Probe-Nr. P202134047
Probenehmer / -eingang AG
Prüfort Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 09.11.2021 - 15.11.2021

Ansprechpartner	FAX	Telefon
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP Aushub
Herkunftsort Delbrück,Kita
Entnahmeort Delbrück,Kita

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Elution mit dest. Wasser	ja		DIN EN 12457-4	1*	Wen	
pH-Wert (Eluat)	7,06		DIN EN ISO 10523	1*	Wen	
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	21	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen	
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%	DIN 38409-1	1*	Wen	
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	10,5	mg/L	DIN EN 15216	1*	Wen	
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 14402	1*	Wen	
DOC (Eluat)	3,08	mg/L	DIN EN 1484	1*	Wen	DIN EN 1484
Chlorid-IC (Eluat)	0,39	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403-2	1*	Wen	DIN EN ISO 14403
Fluorid-IC (Eluat)	0,36	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Sulfat-IC (Eluat)	<0,1	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	DIN EN ISO 12846	1*	Wen	DIN EN 1483
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	

Akkreditierte Prüfmethode: 1* = Ja; 2*=Ja, mit Modifikationen; 3* Ja, im Unterauftrag // 4*: Nein; 5*: Fremdvergabe
Ort der Messung: Wen = Wenden, Wtz = Wetzlar, Sie = Siegen, Wit = Witten
Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Proben. Fehlerhaft zur Verfügung gestellte Proben können die Prüfergebnisse beeinträchtigen. Die angegebenen Ergebnisse beinhalten Messunsicherheiten, die bei Bedarf angefordert werden können.
Der Prüfbericht darf nur mit Zustimmung der Horn & Co. Analytics GmbH auszugsweise vervielfältigt werden.

Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

DIN 19539: 2016-12 DIN 19747: 2009-07 DIN 38407-43: 2014-10

Prüfbericht-Nr: B2119526

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum	09.11.2021
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202134047
Probenehmer / -eingang	AG
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	09.11.2021 - 15.11.2021

Ansprechpartner	FAX	Telefon
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung	MP Aushub
Herkunftsort	Delbrück,Kita
Entnahmeort	Delbrück,Kita

DIN 38409-1: 1987-01
DIN 38414-17: 2017-01
DIN 38414-20: 1996-01
DIN EN 12457-4: 2003-01
DIN EN 13346: 2001-04
DIN EN 13657: 2003-01
DIN EN 14039: 2005-01
DIN EN 14346: 2007-03
DIN EN 1483: 2007-07
DIN EN 1484: 1997-08
DIN EN 1484: 2019-04
DIN EN 15169: 2007-05
DIN EN 15216: 2008-01
DIN EN 15308: 2008-05
DIN EN 15308: 2016-12
DIN EN 15527: 2008-09
DIN EN 15935: 2012-11
DIN EN 15936: 2012-11
DIN EN 27888: 1993-11
DIN EN ISO 10301: 1997-08
DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
DIN EN ISO 10523: 2012-04
DIN EN ISO 11885: 2009-09
DIN EN ISO 12846: 2012-08
DIN EN ISO 14402: 1999-12
DIN EN ISO 14403: 2002-07
DIN EN ISO 14403-2: 2012-10
DIN EN ISO 17380: 2013-10
DIN EN ISO 22155: 2013-05
DIN EN ISO 22155: 2016-07
DIN ISO 11464: 2006-12
DIN ISO 18287: 2006-05
DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1: 2009-04
LAGA KW/04: 2019-09

Grenzwerteinstufung

		Einstufung
Z0 Boden - L/S	LAGA Z0 - Boden uneingeschränkter Einbau - Bodenart Lehm/Schluff	eingehalten
Z1.1 Boden	LAGA Z1.1 - Boden - eingeschränkter offener Einbau	eingehalten
DK 0	Deponieklasse 0 nach Deponieverordnung (aktuelle Version)	eingehalten
DK 1	Deponieklasse 1 nach Deponieverordnung (aktuelle Version)	eingehalten

Endeinstufung LAGA Z0 - Boden (Bodenart Lehm/Schluff) + Deponieklasse 0

Die Angaben hinsichtlich der Endeinstufung erfolgen ohne Gewähr für die inhaltliche Richtigkeit und Vollständigkeit. Die Einstufung ist durch den Auftraggeber zu verifizieren.

Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Probennahmeprotokoll	n.vorhanden					
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg					
Probenvorbereitung	s.Anhang					
Feuchte (105°C)	14,8	%				
Trockenrückstand (105°C)	85,2	%				
Glühverlust (550°C)	0,53	%			3	3
Glührückstand (550°C)	99,5	%				

Prüfbericht-Nr: B2119526

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum	09.11.2021
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202134047
Probenehmer / -eingang	AG
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	09.11.2021 - 15.11.2021

Ansprechpartner	**FAX**	**Telefon**
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP Aushub

Herkunftsort Delbrück,Kita

Entnahmeort Delbrück,Kita

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
TOC (TS)	0,14	%	0,5	1,5	1	1
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	<0,01	%			0,1	0,4
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	3		
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	100	300		
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	100	600	500	
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	1	1		
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg			6	
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	1	1	2	
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg				
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	0,3	0,9		
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	3	9	30	
Summe 6 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	0,05	0,15		
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg			1	
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg		3		
Königswasseraufschluss (TS)	ja					
Arsen (TS)	1,14	mg/kg	15	45		
Blei (TS)	<10	mg/kg	70	210		
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	1	3		
Chrom (TS)	<10	mg/kg	60	180		
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	40	120		
Nickel (TS)	<10	mg/kg	50	150		
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,5	1,5		
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	0,7	2,1		
Zink (TS)	<10	mg/kg	150	450		
Elution mit dest. Wasser	ja					
pH-Wert (Eluat)	7,06		6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 13	5,5 - 13
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	21	µS/cm	250	250		
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%			0,4	3
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	10,5	mg/L			400	3000
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,1	0,2
DOC (Eluat)	3,08	mg/L			50	50
Chlorid-IC (Eluat)	0,39	mg/L	30	30	80	1500

Prüfbericht-Nr: B2119526

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum	09.11.2021
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202134047
Probenehmer / -eingang	AG
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	09.11.2021 - 15.11.2021

Ansprechpartner	**FAX**	**Telefon**
Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe	02941 / 3582	02941 / 5404

Probenbezeichnung MP Aushub

Herkunftsort Delbrück,Kita

Entnahmeort Delbrück,Kita

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,005	0,005		
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L			0,01	0,1
Fluorid-IC (Eluat)	0,36	mg/L			1	5
Sulfat-IC (Eluat)	<0,1	mg/L	20	20	100	2000
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L			0,006	0,03
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	0,014	0,014	0,05	0,2
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L			2	5
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	0,04	0,04	0,05	0,2
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	0,0015	0,0015	0,004	0,05
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,0125	0,0125	0,05	0,3
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L			0,05	0,3
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,2	1
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	0,015	0,015	0,04	0,2
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	0,0005	0,0005	0,001	0,005
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L			0,01	0,03
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	0,15	0,15	0,4	2

Horn & Co. Analytics GmbH, Wenden 15.11.2021

i.A. Dorothea Egbun
Projektmanagement

Formblatt **VA-HuK-025-F1** **Probenvorbereitungsprotokoll**

A. Allgemeine Angaben

Datum	09.11.2021 **Proben-Nr.** P202134047
Auftraggeber	Kleegräfe Geotechnik GmbH
Ansprechpartner	Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe
Probenkennzeichnung	MP Aushub

B. Probenahmeinformationen

Probenahme durch	[ ] *Horn & Co. Analytics GmbH* [X] *Auftraggeber*
PN-Protokoll	[X] *Nein* [ ] *Ja* [ ] *vorhanden* [X] *n. vorhanden*
Vorbereitung vor Ort	[X] Nein [ ] *Ja* [ ] *bekannt* [X] *n. bekannt*
Probenart	MP Aushub
Probenmenge	[X] *Masse[kg]:* 1,5 [ ] *Volumen[L]:*

C. Untersuchungsinformationen

Untersuchung gem. Untersuchungs-parameter	[X] *LAGA Boden* [ ] *LAGA Bauschutt* [X] *DepV* [ ] *PAK nach RuVA-Stb 01* [ ] *sonst.:*
	[ ] *physikalisch* [X] *anorganisch Feststoff* [X] *anorg. Eluat* [X] *leichtflüchtig*
	[ ] *biologisch* [X] *organisch Feststoff* [X] *organ. Eluat*
Bemerkungen	

D. Probenvorbereitung (von der Labor- zur Prüfprobe)

Sortierung	[X] *Nein* [ ] *Ja:*
Siebung	[X] *Nein* [ ] *Ja* **Siebschnitt [mm]**
Durchgang [%]	**Analytik von** [ ] *Durchgang* [ ] *Rückstand* [X] *gesamt*
Zerkleinerung	[ ] *Nein* [X] *Ja* [X] *Brechen* [X] *Shreddern* [ ] *sonstiges:*
Teilung	[ ] *¼-Teilung* [X] *Riffelteiler* [ ] *Rotationsverteiler* [ ] *sonstiges:*

Prüf-/Rückstellproben				
	Originalsubstanz	[ ] *Nein*	[X] *Ja [g]:* 500	[X] *Rückstellprobe*
	Trockensubstanz	[ ] *Nein*	[X] *Ja [g]:* 100	[ ] *Rückstellprobe*
	Probe für Eluat	[ ] *Nein*	[X] *Ja [g]:* 100	[ ] *Rückstellprobe*

E. Probenaufbereitung (von der Prüf- zur Messprobe)

Trocknung	[X] *bei 105°C* [ ] *chemisch* [ ] *Lufttrocknung* [ ] *sonstiges:*
Feinzerkleinerung	[ ] *Nein* [X] *Ja* [X] *Mahlen* [ ] *Schneiden* [ ] *sonstiges:*
Siebung	[X] *Nein* [ ] *Ja* **Endfeinheit [mm]**

Prüf-/Rückstellproben				
	Gemahlene TS	[ ] *Nein*	[X] *Ja [g]:* 50	[X] *Rückstellprobe*

F. Sonstiges

Bemerkungen	
Ort / Datum	**Wenden /** 09.11.2021 **Unterschrift**

i.A. Uwe Droste

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 8.1

Fotodokumentation

Fotodokumentation

Anlage 8.1

Situation am 07.09.2021

Foto 1: Blickrichtung ~W; Bereich der BS 1 und BS 3 (Markierungen)

Situation am 07.09.2021

Foto 2: Blickrichtung ~N; Bereich der BS 2 und BS 3 (Markierungen)

Fotodokumentation

Situation am 07.09.2021

Foto 3: Blickrichtung ~N; Bereich der GWM 1 (Markierung)