

## GUTACHTEN

**Projekt:** Stadt Delbrück – Erschließung Baugebiet Nr. 124 'Lipshof'  
in 33129 Delbrück-Hagen



### Baugrunderkundung / Gründungsberatung

**Auftraggeber:** Stadt Delbrück / FB Bauen und Planen  
33129 Delbrück, Springpatt 3

**Auftragnehmer:** Kleegräfe Geotechnik GmbH  
59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn, Holzstraße 212

**Projekt-Nr.:** 21 03 09

Lippstadt, den 23. September 2021

- INHALTSVERZEICHNIS -

<b>1. <u>VORGANG / AUFGABENSTELLUNG / LAGE</u></b>	<b>3</b>
<b>2. <u>UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG</u></b>	<b>5</b>
2.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE	5
2.2 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE	6
<b>3. <u>ERMITTLUNG UND BEURTEILUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS</u></b>	<b>10</b>
3.1 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (LABORVERSUCHE)	10
3.2 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (GELÄNDEVERSUCHE)	11
3.3 BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS / RAHMENBEDINGUNGEN	12
3.4 HINWEISGEBUNG BEZÜGLICH DER NIEDERSCHLAGSWASSERABFÜHRUNG	14
<b>4. <u>CHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN</u></b>	<b>20</b>
4.1 MUTTERBODEN: BEURTEILUNG AUFBRINGUNG AUF LANDWIRTSCHAFT. FLÄCHEN	20
4.2 ABFALLWIRTSCHAFTLICHE BEURTEILUNG DES AUSHUBBODENS	21
<b>5. <u>INGENIEURGEOL. BEURTEILUNG DES BAUGRUNDINVENTARS</u></b>	<b>24</b>
5.1 BODENCHARAKTERISIERENDE LABORVERSUCHE	24
5.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5)	26
5.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	27
5.4 BODENKLASSEN / BODENGRUPPEN / FROSTKLASSEN / HOMOGENBEREICH	28
<b>6. <u>INGENIEURGEOL. HINWEISGEBUNGEN ZUR BAUDURCHFÜHRUNG</u></b>	<b>29</b>
6.1 GEBÄUDEBAU	29
6.2 KANALBAU	39
6.3 STRAßENBAU	43
<b>7. <u>ANLAGEN</u></b>	<b>47</b>

## 1. Vorgang / Aufgabenstellung / Lage

Die Stadt Delbrück beabsichtigt die Erschließung des Baugebietes Nr. 124 'Lipshof' im OT Hagen für Wohnbebauung. 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 errichtenden Wohngebäude, für die Kanäle und die Anliegerstraße.
- 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-Überschusssmaterial wurde hinsichtlich seiner Wiedereinbaueignung / -zulässigkeit chemisch untersucht und klassifiziert (LAGA / DepV). Der Oberboden wurde bezüglich der Zulässigkeit der Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen beurteilt.

Die STADT DELBRÜCK / FACHBEREICH BAUEN UND PLANEN, Springpatt 3 in 33129 Delbrück, beauftragte das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH, Holzstraße 212 in 59556 Lippstadt, mit den Untersuchungen sowie der Gutachtenerstellung.

Für die Ausarbeitung steht dem AN der Planentwurf Nr. 124 'Lipshof' (Übersichtsplan 1:10.000, Stand: 25.02.2021) zur Verfügung:

Tabelle 1: Untersuchungsumfang (Gelände und Labor)

Gelände (15.04.2021)	- Rammkernsondierungen (Ø 50 - 60 mm) - Leichte Rammsondierungen (DPL-5) - Einmessung in Höhe und Lage - Durchführung Versickerungsversuche - Ausbau Grundwassermessstelle (DN 50)	3 Stück 3 Stück 3 Stück 3 Stück 1 Stück
Boden- mechanisches Labor	- Korngrößenanalysen (DIN EN ISO 17892-4) - Wassergehaltsbestimmungen (DIN EN ISO 17892-1) - Glühverlustbestimmungen (DIN 18 128)	6 Stück 6 Stück 2 Stück
Chemisches Labor	- Parameterumfang LAGA (TR Boden, 2004) - Parameterumfang Deponieverordnung (DepV, 2011) - BBodSchV Vorsorgewerte (Aufbringung landwirtsch. Flächen)	2 Stück 1 Stück 1 Stück

Die Lage der Bohrungen geht aus der Anlage 1.1 (Lageplan) hervor. Nach Bohrende wurden die Bohransatzpunkte lagemäßig eingemessen und höhenmäßig einnivelliert. Der Anlage 9.1 ist eine Fotodokumentation zu entnehmen.

- Lage: Das Areal befindet sich im Norden von Delbrück-Hagen. Das Baugebiet wird durch die Schlinger Straße (Ostgrenze) und Rixelstraße (Südgrenze) begrenzt. Westlich wird die Fläche durch ein namenloses Gewässer (‘Gewässer Nr. 43’) begrenzt. Im Norden existieren landwirtschaftlich genutzte Flächen. Das südliche Umfeld bildet lockere Wohnbebauung und Gebäude des Allgemeinbedarfs.

- Vornutzung: Das Areal wird aktuell landwirtschaftlich genutzt (siehe Anlage 9.1 Fotodokumentation). Anderweitige Vornutzungen sind nicht bekannt. Es existieren im Vorfeld keine Hinweise / Verdachtsmomente auf Bodenbelastungen.

- Morphologie: Das Areal liegt ebenso wie sein Umfeld eben vor. Es konnte eine sehr geringe Höhendifferenz von 15 cm zwischen den Bohransatzpunkten ermittelt werden, wobei der Westen und Norden geringfügig tiefergelegen sind als der Süden / Südosten des Areals. Die Höhenkote bewegt sich um +86 mNHN (RStO-Frosteinwirkungszone I).

- Erdbebenzone: 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.

- Gefährdungspotenziale: Das Online-Fachinformationssystem ‘Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW’ des Geologischen Dienstes NRW gibt für die beiden von der Maßnahme betroffenen Kilometerquadrate 23827 und 23593 keine besonderen Gefährdungspotenziale für die Bereiche • Bergbau, • Methanausgasung, • Verkarstung / Auslaugung und • Erdbeben an.

- Weltkriegs-/Militärrückstände / Bodendenkmäler: Kenntnisse über das Vorhandensein von Weltkriegs- und Militärrückständen (Munition, Bomben, etc.) oder archäologische Artefakte / Bodendenkmäler liegen dem AN nicht vor und die diesbezügliche Ermittlung ist nicht Bestandteil der Beauftragung.

**Die in dieser Stellungnahme gemachten Angaben sind ausschließlich projektbezogen zu verwenden.**

## 2. Untergrunderschließung

### 2.1 Untergrundschichtung / Geologie

Es wurden insgesamt drei Bohrungen flächendeckend innerhalb des Areals positioniert (Straßenbereich / Kanaltrasse und Gebäudebereich). Die Schichtendarstellungen sind in der Anlage 2.1 dargestellt. Die Bodenansprache erfolgte durch einen Dipl.-Geologen nach den relevanten DIN-Normen.

Der Tabelle 2 sind die exakten Mächtigkeitsangaben zu entnehmen. Die Geländearbeiten erfolgten am 15.04.2021 in einer niederschlagsmäßig 'normalen' Frühjahrsperiode.

Tabelle 2: Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse (15.04.2021)

(**fett**, prägend)

BS	Ansatz	Beeinflussung	Mutterboden	<b>Fluviatilsand</b>	DPL-5		Grundwasser		Endteufe
					$n_{10} > 6$	$n_{10} > 4$	Bohrloch	Pegel	
1	+86,15	0-0,20		<b>ab 0,20</b>	bis 1,10 +85,05	ab 1,10 +85,05	1,10 +85,05	kein Pegel	5,00
2	+86,05	-	0-0,20	<b>ab 0,20</b>	bis 0,70 +85,35	ab 0,70 +85,35	(0,70) +85,35	kein Pegel	5,00
3	+86,00	-	0-0,20	<b>ab 0,20</b>	bis 0,78 +85,22	ab 0,78 +85,22	0,90 +85,10	<b>0,78</b> <b>+85,22</b>	5,00
Ø	+86,07		0-0,20	<b>ab 0,20</b>	ab 0,98 +91,74	ab 3,28 +89,44	0,90 +85,17	<b>0,78</b> <b>+85,22</b>	5,00

m u.GOK / m ü.NHN, **blau**: Ausbau Pegel Klammer: Bohrlochzusammenfall

**DPL-5  $n_{10} \geq 6$**  ~ mitteldicht (über Grundwasser)      **DPL-5  $n_{10} > 4$**  ~ mitteldicht (im Grundwasser)

- **Auffüllungen / Versiegelungen** liegen an keinem Ansatzpunkt vor und werden aufgrund der landwirtschaftlichen Vornutzung auch nicht erwartet. Erkannt wurde lediglich innerhalb der BS 1 eine geringe Beeinflussung des 'Mutterbodens'.
- **'Mutterboden'**: Alle Bohrungen weisen einen 'Mutterboden' der mittleren Mächtigkeit von 0,20 m auf. Innerhalb der BS 1 existiert eine geringe anthropogene Beeinflussung des Oberbodens. Es handelt sich um einen verlehnten Sand mit einem organischen Anteil (feucht).
- **Fluviatilsand**: Die fluviatilgenetischen Sande prägen den Untergrund des betreffenden Areals. Überwiegend handelt es sich um ein Mittelsand-/Feinsand-Gemisch. Die Sande weisen weitgehend eine mitteldichte Lagerung auf und liegen ab i.M. 0,90 m u.GOK grundwassergesättigt nass vor (Stand: 15.04.2021).

**Geologie:** Bis zu den jeweiligen Endteufen wurde ausschließlich Lockermaterial erbohrt. Das tieferliegende und nicht erbohrte oberkretazische Grundgebirge besitzt keine Projektrelevanz. Die Sande stellen pleistozäne Niederterrassensedimente dar.

**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/m<sup>3</sup>.

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- / Nässe-schutz entsprechend dem Stand der Technik / gem. akt. DIN-Normen als vorsorglicher Radon-Schutz angeraten ('Sowieso-Aufwand').

## 2.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Bei den angetroffenen Feuchteverhältnissen handelt es sich um eine zeitliche Momentaufnahme. Langfristige Messdaten liegen eingeschränkt vor (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 3 zu einer DN 50 Permanent-Grundwassermessstellen ausgebaut (siehe Fotodokumentation; Ausbau: ● Spitze, ● 1,0 m Filterrohr, ● 3,0 m Vollrohr, ● Filterkies 1,00-4,00 m u.GOK, ● Quelltondichtung 0-1,0 m u.GOK, ● Sebakappe, ● Betonfundament DN 150).

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 Messstellen wurde am 15.04.2021 im zeitlichen Abstand nach Pegelbau ein Grundwasser-Flurabstand von 0,78 m gelotet (+85,22 mNHN). G.g. Pegelstand stellt gegenüber den fehlerbehafteten Bohrlochmessungen (z.T. Bohrlochzusammenfall) die deutlich genauere und belastbare Messung dar.**

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

► Einordnung Niederschlagshöhe April 2021: In der folgenden Tabelle 3 sind die Niederschlagshöhen der Monate März und April der Jahre 2018-2021 im Raum Delbrück aufgeführt (Quelle: [www.proplanta.de/wetter-statistik](http://www.proplanta.de/wetter-statistik)).

Tabelle 3: Auflistung der Niederschlagsmenge im Raum Delbrück (quelle: www. Proplanta.de/wetter-statistik)

Jahr	2018	2019	2020	2021
März	34 mm	63 mm	55 mm	57 mm
April	41 mm	39 mm	23 mm	35 mm

Vorgenannte Tabelle belegt eindeutig, dass die am 15.04.2021 durchgeführten Geländearbeiten in einer herkömmlichen Niederschlagsperiode durchgeführt wurden. Hiervon ausgehend wird unterstellt, dass auch die GW-Verhältnisse zum o.g. Zeitpunkt herkömmliche, 'apriltypische' Verhältnisse widerspiegeln.

► Behördlich gelistete Messstelle im Umfeldbereich: Im unmittelbaren Nahbereich zum Baugebiet existiert keine Grundwassermessstellen. Die dem Baugebiet nächstgelegene Messstelle befindet sich ca. 700 m östlich (Bereich, Friedhofsweg, ca. Hs.-Nr. 12). Die Daten dieser Messstelle werden aufgrund gleichartiger Untergrundverhältnisse (Sand prägend) orientierend herangezogen, dürfen jedoch nicht direkt auf das Arbeitsgebiet übertragen werden.

Die Kenndaten und Hauptwerte dieser Messstelle wurden vom Fachinformationssystem **ELWAS** des *Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Natur- und Verbraucherschutz NRW* online gestellt ([www.elwasweb.nrw.de](http://www.elwasweb.nrw.de)) und sind in der Tabelle 4 zusammenfassend aufgeführt.

Tab. 4: Kenndaten und Hauptwerte der nahegelegenen Grundwassermessstellen (aus: [www.elwasweb.nrw.de](http://www.elwasweb.nrw.de))

Messstellen-Nr. (LGD-Nr.)	021170307	
Name, Bezeichnung	OL 280 Hagen´	
Eigentümer / Betreiber	Land NRW	
Art / Errichtung	GW-Messstelle / 02.11.1964	
GOK (Geländehöhe)	+87,83 mNHN	
Messturnus / Lotung / Zeitraum	1964-bis 1995: wöchentlich 1995-2018: monatlich ab 2018: halbjährlich	(ges. 1.942 Messungen)
Grundwasserstände	min.	+85,55 mNHN / 2,28 m u.GOK (12.08.2014)
	max.	<b>+87,61 mNHN / 0,22 m u.GOK</b> (01.01.1968)
	Schwankung	2,06 m

► Vorfluter: Die Hauptvorflut stellt der ca. 280 m südlich mit westlicher Entwässerungsrichtung verlaufende Haustenbach. Des Weiteren existieren südlich der Rixelstraße (Schalksgraben) und westlich des Areal (n.n., ‘Gewässer Nr. 42’) Gräben.

► Behördliche Angaben Haustenbach-Hochwasser: Nach Anfrage bei der ‘Bezirksregierung Detmold Dez. 54.7’ [Obere Wasserbehörde], Herr Habbe) bezüglich der hydraulischen Berechnungen der Hochwasserspiegellagen des Haustenbach auf Höhe des Arbeitsgebietes wurden folgende Daten zur Verfügung gestellt (Stand: 2017):

Tabelle 5: Behördliche Angaben der Hochwasserspiegellagen Haustenbach (Höhe Arbeitsgebiet)

Haustenbach-Stationierung	km 20,3	
‘Ereignis’ theoretisch einmal in	100 Jahren	1.000 Jahre
Hochwasser	HW <sub>100</sub>	HW <sub>extrem</sub>
Wasserstände Haustenbach (mNHN)	<b>+85,85 mNHN</b>	<b>+85,95 mNHN</b>
Hinweis AN	gemittelte Höhe der 3 Bohransätze / akt. GOK: +86,07 mNHN	

Des Weiteren teilt Herr Habbe folgendes mit: „...*Hochwasserabflüsse mit höheren Wasserständen als beim HQ<sub>100</sub> sind naturgemäß nicht auszuschließen.* ...“.

**Es existiert infolge der erheblichen Durchlässigkeit des Untergrundes eine relative hydraulische Abhängigkeit zwischen dem Haustenbach-Flusswasserstand und dem Grundwasserstand des Arbeitsgebietes. Dies bedeutet, dass bei einer Hochwasserführung des Haustenbach – wenn auch zeitlich verzögert – parallel ein GW-Anstieg im Bauflächenbereich einhergeht.**

Bei Betrachtung der vorstehenden Tabelle wird deutlich, dass die EG-Bodenplatte nichtunterkellertes Plangebäude voraussichtlich ausschließlich bei Höhen der UK Bodenplatte von  $> +86,00$  mNHN bei Hochwasserereignissen des Haustenbach nicht beeinflusst werden (basierend auf o.g. behördlichen Angaben, Angabe ohne Berücksichtigung von Extremereignissen).

► Bemessungswasserstand Grundwasser: Unter Berücksichtigung der o.g. Angaben der Wasserspiegellage wird der **Bemessungswasserstand Grundwasser mit  $+85,85$  mNHN** festgelegt (=  $HW_{100}$ -Wert). **Vorgenannter Bemessungswert berücksichtigt keine Extremereignisse.**

► Hinweis zu Überschwemmungsgebiet: Dem Schreiben der Bez.-Regierung Detmold vom 07.09.2021 ist ein Lageplan 'Überschwemmungsgebiet festgesetzt Haustenbach' beigelegt. Demnach ist eine kleine Teilfläche des relevanten Bebauungsgebietes (geschätzt ca. 5-10 % der Gesamtfläche) als Überschwemmungsgebiet festgesetzt (siehe Anlage 6.1). Betreffende Teilfläche ist im Westen des Areals nahe des namenlosen Gewässers an der Westgrenze gelegen.

Die Angabe korreliert mit der Angabe der 'Hochwassergefahrenkarte GSK 2784-Glenne – Mittlere Wahrscheinlichkeit, Bezirksregierung Detmold ( $H_{Q100}$ )'.

Bei Zugrundelegung der 'Hochwassergefahrenkarte GSK 2784-Glenne – Niedrige Wahrscheinlichkeit, Bezirksregierung Detmold ( $H_{Q_{extrem}}$ )' wird geschätzt ca. 35-40 % der relevanten Fläche überflutet.

Wohnungsbau: Bei einer Unterkellerung unterliegt das KG einer weitgehend permanenten GW-Beeinflussung ('drückendes Wasser').

Bei einer Nichtunterkellerung kann eine seltene GW-Beeinflussung der Gründungskörper (Fundamente) bei den aktuellen GOK-Höhen nicht ausgeschlossen werden. Eine GW-Einflussnahme auf die Bodenplatte wird bei einer Nichtunterkellerung ausschließlich bei einer deutlichen Heraushebung der OKFF EG über die aktuelle GOK nicht erwartet (Empfehlung: OKFF EG mind. 0,50 m oberhalb der akt. GOK).

Kanalbau: Die zu verlegenden Plankanäle liegen innerhalb des Grundwassers. Bei der Kanalverlegung wird eine GW-Absenkung notwendig.

Bemessungswasserstand:  $+85,85$  mNHN (ohne Extremereignisse)

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

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

- Fluviatilsand (untergrundprägend):

Mittelsand-/Feinsand-Gemisch, z.T. schw. grobsandig . . . . .  $10^{-3} - 10^{-4}$

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. Ermittlung und Beurteilung des Versickerungspotenzials**

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 (‘Auffüllversuchen’) 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 sowie Bewertungen 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 sechs Korngrößenanalysen durchgeführt, wobei der gründungs- und versickerungsrelevante Fluviatilsand herangezogen wurde (Proben siehe Tab. 10). Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind in der Tabelle 10 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 folgender Größenordnungen für die untersuchten Böden:  
 $k_f = \text{ca. } 1 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$  (DIN 18 130: 'stark 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').

Für die Durchführung der Versuche wurden die zwei mit einem Temporärpegel ausgebauten Bohrlöcher der BS 1 und BS 2 sowie die Grundwassermessstelle BS/GWM 3 herangezogen. Als erster Schritt der Versickerungsversuche erfolgte eine ausreichende Wässerung des jeweiligen Bohrlochprofils zwecks Sättigung des Bodenaufbaus. Im Anschluss erfolgte eine Wassersäulenfestlegung.

Darauf wird die Wasserzugabe pro Zeiteinheit gemessen, welche zur Konstanthaltung dieser o.g. definierten Wassersäulenhöhe benötigt wird.

Die Versickerungsversuche wurden auf der Grundwasseroberfläche durchgeführt, was zulässig ist, solange ausschließlich die Durchlässigkeiten der darüber liegenden Bodenschichten bestimmt werden. Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind in der Anlage 7.1 sowie in der folgenden Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (Geländeversuche)

Versuchspunkt	BS 1 (Temporärpegel)	BS 2 (Temporärpegel)	BS/GWM 3 (Grundwassermessstelle / Pegel)
Grundwasser (15.04.21)	1,00 m u.GOK	0,70 m u.GOK	0,78 m u.GOK
Gültigkeitsbereich	0,50-1,00 m	0,20-0,70 m	0,38-0,78 m
Versickerungsmedium	Fluviatilsand	Fluviatilsand	Fluviatilsand
Versuch 1 ( $k_f$ in m/s)	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Versuch 2 ( $k_f$ in m/s)	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Bewertung DIN 18 130	'stark durchlässig'		
MURL Bewertung	Versickerungseignung nach MURL: $k_f > 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$		

### 3.3 Bewertung des Versickerungspotenzials / Rahmenbedingungen

► Materialspezifische Bewertung: Die Versickerungsversuche belegen deutliche Durchlässigkeiten der untergrundprägenden Fluviatilsande, die sich durchgängig im Bereich von  $k_f = 4 \cdot 10^{-4}$  bis  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s bewegen (DIN 18 130: 'stark durchlässig'). Hierbei handelt es sich um hohe Durchlässigkeiten im wasserrechtlich zulässigen und bodenphysikalisch ausreichenden Bereich.

► Grundwasserrelevante Faktoren: Es sollte aus hydrogeologischen, umweltgeologischen und wasserrechtlichen Aspekten ein Mindestabstand des tiefstgelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum höchstgelegenen Grundwasserstand (= geringster Flurabstand) von 1 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 'Liphof' auf +85,85 mNHN festgelegt (= 0,22 m u. gemittelter akt. GOK).

**Ausgehend von den aktuellen Höhenverhältnissen sind Versickerungsanlagen gleich welcher Bauweise (Mulden, Becken, Rigolen, Schächte, etc.) innerhalb des B-Plangebietes 'Liphof' nicht 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 +86,07 mNHN und einem Bemessungswasserstand von +85,85 mNHN ausgegangen.

- **Variante A (Regelfall: Abstand UK Anlage / Bemessungswasserstand: 1,00 m): notwendige Mindestaufhöhung Umfeld Muldenbereich auf +87,20 mNHN (= plus 1,13 m).**
- **Variante B (Ausnahme-/Sonderfall: Abstand UK Anlage / Bemessungswasserstand: 0,60 m) notwendige Mindestaufhöhung Umfeld Muldenbereich auf +86,80 mNHN (= plus 0,73 m).**

Vorgenannte Höhen gelten für die OK Muldenböschung und nicht für den Muldensohlbereich.

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  $k_f \geq 1 \cdot 10^{-4}$  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 / 'Inertboden'). Schadstoffmobilisierungen sind demnach nicht zu befürchten / zu erwarten.

Fazit: Hydrogeologische / versickerungsrelevante Rahmenbedingungen

- Boden: Der prägende Flugsand ( $k_f \geq 1 \cdot 10^{-4}$  m/s) ist 'stark durchlässig'. Der enggestufte Sand weist wasserrechtlich zulässige und bodenphysikalisch ausreichende Durchlässigkeiten auf.
- Grundwasser: Unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes (+85,85 mNHN) sind Versickerungen ausschließlich nach einer Geländeaufhöhung mit geeignetem Material um mind. 1,13 m (Regelfall: Abstand UK Mulde / Bemessungswasserstand 1,00 m) bzw. um mind. 0,73 m (Ausnahme-/Sonderfall: 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] +86,85 mNHN, Var. B [0,6 m Abstand] +86,45 mNHN).
- Alternative zur Versickerung: Ergänzend und / oder alternativ kann u.U. nach Vorlage eines sog. 'Hydraulischen Nachweises' eine Einleitung / Teileinleitung der anfallenden Wässer in die westlich und südlich angrenzenden Gräben erfolgen.

**Notwendig wird eine Abstimmung mit der Fachbehörde sowie deren Zustimmung.**

### 3.4 Hinweisgebung bezüglich der Niederschlagswasserabführung

► **Alternative 1: Vorflutereinleitung in Gräben / Gräben:** Eine Alternative stellt die ortsnahe Einleitung der Niederschlagswässer in die nahegelegenen Gräben westlich und südlich des Erweiterungsareals. Bei einer Einleitung in den südlich gelegenen 'Schalksgraben' müsste jedoch die Rixelstraße gequert werden, da der Graben sich auf der südlichen Straßenseite befindet. 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 / die Gräben hydraulisch ausreichend aufnahmefähig sind.

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 Aral möglich. Grundsätzlich sollte vorab eine Abstimmung mit der zuständigen Fachbehörde erfolgen (Kreis Paderborn / Untere Wasserbehörde).

Versickerungsmedium stellen ausschließlich die Fluviatilsande. Die Hinweisgebungen berücksichtigen ausschließlich folgende Wässer:

- Niederschlagswasser der Wohngebäude und Garagen (Dachflächen).
- Niederschlagswasser der Wohnstraße/Anliegerstraße des Wohngebietes.

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. 1,13 m (Var. A Abstand: 1,0 m, Regelfall) bzw. um 0,73 m (Var. B Abstand 0,6 m, Ausnahmefall) aufgehöhht werden.** Entsprechend muss die OK der Planstraßen angepasst werden. Da i.d.R. die OK der Planstraßen in Baugebieten 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 ‘Mutterboden’ sowie alle potenziellen organischen und verlehmtten 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  $k_f \geq 1 \cdot 10^{-4}$  m/s). Die Durchlässigkeit des zum Einbau vorgesehenen Materials sollte gutachterlich abgenommen werden. Sollte beim Gebäudebau der anstehender Fluvialsand (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 Wohngebäude-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 Stellplätze und der Anliegerstraße dürfen aufgrund der Reinigung durch die 'belebte Bodenzone' (s.u.) in eine Muldenversickerungsanlage eingeleitet werden.

Angeschlossene undurchlässige Flächen ( $A_u$ ): Die Unterzeichner gehen pro Wohnhaus von einer jeweiligen Grundfläche von ca. 140 m<sup>2</sup> inkl. Garage aus (Schätzung). Die Gebäude-Einzugsgebietsfläche beträgt somit geschätzte  $A_E = 140$  m<sup>2</sup>. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass die Gebäude mit ziegelbedeckten Schrägdächern errichtet werden (mittlerer Abflussbeiwert  $\psi_m = 0,9$ ). Hieraus ergibt sich eine 'angeschlossene undurchlässige Fläche'  $A_u$  von ca. 126 m<sup>2</sup> für ein Wohnhaus inkl. Garage.

Anpassungen der Muldendimension aufgrund größerer oder kleinerer Flächen können durch Interpolation angeglichen oder kurzfristig nachgereicht 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, verlehnte 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  $k_f \geq 8 \cdot 10^{-5}$  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.

Durchlässigkeitsbeiwert: Der AN verwendet bei den Dimensionierungsberechnungen aufgrund der Durchströmung der 'belebten Bodenzone' einen Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 8 \cdot 10^{-5}$  m/s, welcher einen Sicherheitsabschlag gegenüber den ermittelten Werten beinhaltet.

Details Mulde: Die Böschungsneigung der Mulde sollte einen Winkel von 26° (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.

Die bei der Dimensionierungsberechnung der Mulde angegebene 'verfügbare Versickerungsfläche' (hier: 11 m<sup>2</sup>) betrifft ausschließlich den horizontalen Sohlbereich der Mulde. Die Böschungen zählen nicht hierzu.

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.

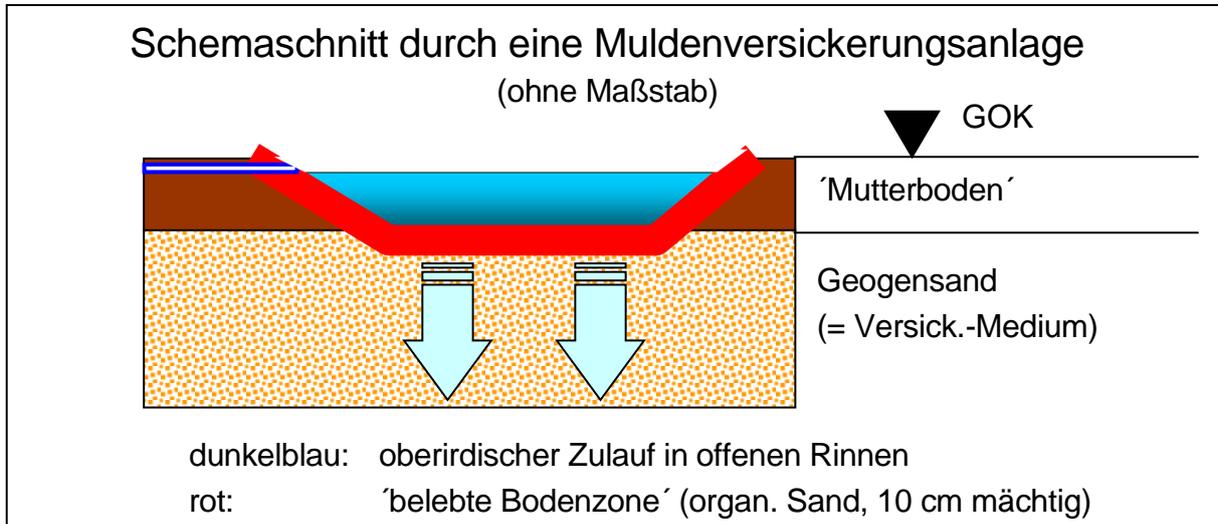
Sicherheitsabschläge: Im Hinblick auf potenzielle Abnahmen der Versickerungsleistung wurden folgende Sicherheitsabschläge berücksichtigt:

- Zugrundelegung von  $n = 0,2$  ('5-jähriges Regenereignis').
- Gegenüber den ermittelten Durchlässigkeiten wird bei der Dimensionierung ein abgeminderter Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 8 \cdot 10^{-5}$  m/s angesetzt.
- Es wurde ein Zuschlagsfaktor von  $f_z = 1,2$  gewählt (Risikomaß: gering).

Mulden-Dimensionierungsberechnung: In der Anlage 7.2 ist die Dimensionierung einer Mulde nach DWA-A 138 angegeben. Hinsichtlich der Niederschlagsspende wurde das Rasterfeld 'Delbrück NW' (Spalte 23, Zeile 45) herangezogen (KOSTRA-DWD 2010R, Version 3.2.3). Bemessungsergebnisse:

- angeschlossene undurchlässige Fläche $A_u$ :	126	m <sup>2</sup> (Dachfläche WH + Garage)
- max. zulässige Muldenwassertiefe:	0,25	m
- Versickerungsfläche $A_s$	11,0	m <sup>2</sup>
- mittlere Einstauhöhe $z_M$ :	0,24	m
- Mächtigkeit 'belebte Bodenzone':	0,10	m
- notwendiges Speichervolumen $V$ :	2,7	m <sup>3</sup>
- rechnerische Entleerungszeit $t_e$ :	0,75	h ( $n = 1$ )
- rechnerische Entleerungszeit $t_e$ :	1,69	h ( $n = 0,2$ )

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



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 einzuhaltenen 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  $\psi_m = 0,9$ ) 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 Untersuchungen

### 4.1 Mutterboden: Beurteilung Aufbringung auf landwirtschaftl. Flächen

Der Oberboden / 'Mutterboden' des Bebauungsplangebietes wurde hinsichtlich der Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen (auf bestehende Oberböden) untersucht und beurteilt.

#### **Methodik / Auffälligkeiten:**

Material- und Geruchsauffälligkeiten: Der relevante Oberboden ('Ackerboden') wurde auf umweltgeologisch auffällige Inhaltsstoffe kontrolliert. Auffälligkeiten wie Asche sowie Schwarzdeckenbruch wurden nicht erkannt. Innerhalb der BS 1 wurde eine geringe Anthropogenbeeinflussung durch Pflugbearbeitung festgestellt (Ziegelbruch in Spuren). Bei dem relevanten Oberboden handelt es sich weitgehend um einen verlehnten Sand / ein Sand-Lehm-Gemisch mit organischen Anteilen. Geruchliche Auffälligkeiten wurden – abgesehen vom typischen 'Mutterboden' Geruch – nicht erkannt.

Parameterumfang: Die Analysen erfolgten auf den Parameterumfang gemäß 'Vorsorgewerte' der *Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung* (BBodSchV, Anhang 2, Abs. 4, 'Vorsorgewerte für Metalle' und 'Vorsorgewerte für organische Stoffe').

**Mischprobenzusammenstellung:** Es wurden eine flächendeckende Mischprobe (MP) erstellt:

'MP Mutterboden': geogener und anthropogen beeinflusster Oberboden (BS 1-3)

Es handelt sich hierbei weitgehend um einen verlehnten Sand / ein Sand-Lehm-Gemisch mit organischen Anteilen.

Die chemischen Analysen der Probe führte die *Horn & Co. Analytics GmbH*, Wenden, durch, welche die entsprechenden Zulassungen besitzt. Die detaillierten Analyseergebnisse sind der Anlage 8.1 zu entnehmen.

**Analysenergebnisse** (siehe Anlage 8.1): Alle Analyseergebnisse unterschreiten die 'Vorsorgewerte für Metalle' (Bodenart Lehm/Schluff) sowie die 'Vorsorgewerte für organische Stoffe' (Böden mit Humusgehalt < 8 %). Das Auf- und Einbringen von diesem Oberboden auf oder in eine (bestehende) durchwurzelbare Bodenschicht ist somit zulässig. Empfohlen wird eine Abstimmung mit der zuständigen Fachbehörde.

**Hinweis:** Weitere, umfassende Beurteilungen des Mutterbodens erfolgen ergänzend mittels der u.g. LAGA-Analysen.

## 4.2 Abfallwirtschaftliche Beurteilung des Aushubbodens

**Veranlassung:** Es ist bei der Maßnahme mit Anfall von Überschuss- / Aushubboden zu rechnen. Daher erfolgen umweltrelevante Untersuchungen des potenziell aufzunehmenden Aushubs mit dem Ziel der Kenntnisnahme des konkreten Schadstoffpotenzials sowie der Beurteilung einer Wiedereinbaueignung/-zulässigkeit bzw. der Aufzeigung eines geeigneten Entsorgungsweges.

**Hinweis:** Da es sich bei dem Mutterboden um ein hochwertiges und sensibles Schutzgut handelt, wurden – da die Vorsorgewerte der BBodSchV lediglich einen eingeschränkten Parameterumfang beinhalten – ergänzende Analysen durchgeführt. Obwohl Mutterboden streng genommen nicht nach LAGA untersucht und beurteilt werden kann / darf, wurde aufgrund der umfangreichen Einzelparameter betreffender Parameterumfang an dem Mutterboden analysiert.

In der ‚LAGA-Richtlinie M 20, Stand 1997ff‘ bzw. in den ‚Technischen Regeln für die Verwertung von Bodenmaterial TR Boden, Stand 05.11.2004‘ wird Bodenmaterial wie folgt definiert: *„Bodenmaterial im Sinne dieser Technischen Regeln ist Material aus Böden im Sinne von § 2 Abs. 1 BBodSchG und deren Ausgangssubstrate, jedoch ohne Mutterboden<sup>1</sup> (AS 17 05 04)“*. Die Fußnote 1 besagt, dass sich „Mutterboden“ (bzw. humoses Oberbodenmaterial) aufgrund seines Humusgehaltes nicht für die von der TR Boden erfassten Verwertungsmöglichkeiten eignet. Die TR Boden sieht als mögliche Verwertung für „Mutterböden“ das Auf- oder Einbringen auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht, wobei jeweils die Anforderungen des § 12 BBodSchV zu beachten sind.

Die LAGA-Analysen des Mutterbodens dienen daher ausschließlich der Orientierung und die Einstufung ist für diese Bodeneinheit nicht im engeren Sinne anzuwenden.

**Methodik / Auffälligkeiten:** Die für die Mischprobenerstellung herangezogenen Einzelproben stellen Bohrgutentnahmen der Rammkernsondierungen dar. Der Oberboden / ‚Mutterboden‘ wurde im Rahmen dieser Untersuchungen orientierend / ergänzend herangezogen (s.o.). Organoleptisch erfolgte eine fachgerechte Bohrgutansprache durch einen erfahrenen Dipl.-Geologen.

Grobkornanteile und Material- / Geruchsauffälligkeiten: Es handelt sich durchgängig um Geogenmaterial. Lediglich innerhalb der BS 1 weist der dortige Oberboden eine geringfügige Anthropogenbeeinflussung (Pflügen?) auf. Dort wurde ein Ziegelstückchen als Fremdanteil erkannt.

Bei dem Oberboden handelt es sich weitgehend um einen verlehmtten Sand / ein Sand-Lehm-Gemisch mit organischen Anteilen und bei dem unterlagernden Boden um einen enggestuften Sand ohne relevante bindige Anteile.

Geruchliche Auffälligkeiten des Bodens wurden nicht wahrgenommen.

Untersuchungsumfang: Die Analysen beider Mischproben erfolgten auf den Parameterumfang gemäß LAGA<sub>Boden</sub>, da dieser den vollständigeren Parametersatz beinhaltet. Ergänzend wurde die Fluviatilsand-Mischprobe auf den Parameterumfang gemäß Deponieverordnung (DepV) untersucht.

Prüflabor: 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 7.2 zu entnehmen.

**Parameterumfang / Mischprobenzusammenstellung:** Es wurden insgesamt zwei Mischproben (MP) erstellt:

- MP Mutterboden: Oberboden BS 1-3
- MP BS 1-3: Geogenboden BS 1-3 (Fluviatilsand)

Tabelle 7: Analysenparameter / Probenauswahl (Mischplan)

Feststoffanalysen (Boden)		
Parameterumfang <b>LAGA</b> (TR Boden, 2004) und Deponieverordnung <b>DepV</b>	<u>MP BS 1-2</u>	1/2 + 1/3 + 1/4 2/2 + 2/3 + 2/4 + 2/5 3/3 + 3/3 + 3/4
Parameterumfang <b>LAGA</b> (TR Boden, 2004)	<u>MP Mutterboden</u>	1/1 + 2/1 + 3/1

**Bewertungsgrundlagen:** Die Bewertung erfolgt hinsichtlich einer Wiedereinbaubewertung sowie der Aufzeigung der Entsorgung nach folgenden Regelwerken:

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

**Analysenergebnisse / Bewertung:** In der folgenden Tabelle 8 erfolgt eine zusammenfassende Darstellung der Bewertung der untersuchten Proben, basierend auf den Analysenergebnissen.

Tabelle 8: Einstufung / Bewertung anhand der Analysenergebnisse

Misch- probe	LAGA <sup>TR</sup> Boden 2004		Deponieverordnung (DepV)	
	Einstufung	klassifizierungs- relevante Parameter	Deponie- klasse	klassifizierungs- relevante Parameter
<b>MP BS 1-2</b>	<b>Z0<sub>Boden</sub><sup>1)</sup></b>	-	<b>DK0</b>	-
<b>MP Mutterboden</b>	(s.u.)		(keine Analyse)	

1) = vorbehaltlich einer bodenmechanischen Eignung

Da Mutterboden nicht nach LAGA beurteilt werden darf (s.o.), erfolgt eine individuelle Betrachtung der untersuchten Parameter. Auffällig ist hierbei, dass alle untersuchten Parameter völlig unbedenkliche Größenordnungen ohne Gefährdungspotenzial führen. Der mutterbodenspezifische / genotypische Parameter TOC (TS) weist mit 2,08 % einen herkömmlichen Organikanteil auf.

Fazit: Der Mutterboden führt keine Auffälligkeiten / kein Gefährdungspotenzial.

Tabelle 9: LAGA-Zuordnungsclassen / Deponieclassen nach DepV

<b>Zuordnungsclassen gem. LAGA-Bestimmungen</b>	<b>Z0</b>	Wiederverwertung im <b>uneingeschränkten, offenen Einbau</b> .
	<b>Z1.1</b>	Wiederverwertung im <b>eingeschränkten, offenen Einbau unter ungünstigen hydrogeologischen Standortbedingungen</b> (z.B. Wegebau, Unterbau von Gebäuden, unterhalb durchwurzelter Bodenschichten).
	<b>Z1.2</b>	Wiederverwertung im <b>eingeschränkten, offenen Einbau unter günstigen hydrogeologischen Standortbedingungen</b> (z.B. Standorte, bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch ausreichend mächtige Deckschichten mit hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt ist oder Standorte mit hohem Grundwasserflurabstand).
	<b>Z2</b>	Wiederverwertung im <b>eingeschränkten Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen</b> (z.B. Anlage von befestigten Flächen in Industrie- und Gewerbegebieten sowie sonstige Verkehrsflächen als Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht oder gebundener Tragschicht unter weniger durchlässiger Deckschicht). Der Abstand zwischen Unterkante Schüttkörper und max. Grundwasserstand muss mind. 2 m betragen.
	<b>&gt;Z2</b>	<b>Wiederverwertung nicht zulässig</b> . Material muss einer fachgerechten Entsorgung zugeführt werden.
<b>Deponie- classen</b>	<b>DK0</b>	Oberirdische Deponie für Inert-Abfälle (z.B. unbelasteter Boden / Bauschutt)
	<b>DK1-2</b>	Oberirdische Deponie für nicht gefährliche Abfälle
	<b>DK3</b>	Oberirdische Deponie für nicht gefährliche und gefährliche Abfälle

**Empfehlung:** Bei der Ausschreibung der Erdarbeiten sollten vorgenannte Einstufungen mit angegeben werden. Dem ausführenden Unternehmen sollten die Analyseergebnisse zur Verfügung gestellt werden.

**Ergänzender Hinweis:** Die aktuellen Analysen werden von den Entsorgern / Aushub-Annahmestellen i.d.R. max. sechs, z.T. lediglich drei Monate anerkannt.

## 5. Ingenieurgeol. Beurteilung des Baugrundinventars

### 5.1 Bodencharakterisierende Laborversuche

- Korngrößenanalysen (DIN EN ISO 17892-4): Es wurden sechs Stück Korngrößenanalysen durchgeführt (6 x Siebanalyse), wobei der gründungs- und versickerungsrelevante Fluviatilsand untersucht wurde (Proben siehe Tabelle 10). In den Anlagen 3.1 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven graphisch dargestellt. Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind in der Tabelle 10 aufgeführt.

Tabelle 10: Ergebnisse der Korngrößenanalysen und Wassergehaltsbestimmungen

**fett** = prägend

Einheit	Fluviatilsand												
Probe	1/2		1/5		2/3		2/5		3/3		3/5		
Profil (m u.GOK)	0,20-1,20		3,00-4,00		0,70-1,60		2,50-3,40		0,60-1,30		2,00-3,00		
Ton (%)	n.b.	1	n.b.	2	n.b.	2	n.b.	1	n.b.	1	n.b.	1	
Schluff (%)	n.b.		n.b.		n.b.		n.b.		n.b.		n.b.		
Feinsand (%)	<b>43</b>		<b>40</b>		<b>43</b>		<b>41</b>		<b>36</b>		<b>42</b>		
Mittelsand (%)	<b>53</b>	99	<b>53</b>	98	<b>52</b>	98	<b>54</b>	99	<b>67</b>	99	<b>52</b>	99	
Grobsand (%)	3		5		3		4		6		5		
Kies (%)	-		-		-		-		-		-		
d <sub>10</sub> (mm)	0,115		0,112		0,114		0,119		0,137		0,117		
U-Wert (d <sub>60</sub> /d <sub>10</sub> )	2,2		2,4		2,2		2,2		2,4		2,2		
k <sub>f</sub> -Wert (m/s)	BEYER	1 * 10 <sup>-4</sup>		2 * 10 <sup>-4</sup>		1 * 10 <sup>-4</sup>							
	HAZEN	2 * 10 <sup>-4</sup>		2 * 10 <sup>-4</sup>									
Wassergehalt w	10,04 %		20,13 %		21,38 %		20,71 %		20,03 %		21,10 %		

Bewertung DIN 18 130: **stark durchlässig** / **durchlässig** / **gering durchlässig** / **sehr gering durchlässig**

Der Untergrund wird von einem enggestuften Mittelsand-/Feinsand-Gemisch (Fluviatilsand) deutlicher Durchlässigkeit geprägt.

- Bodenbezeichnung (DIN 4022), Bodenklasse (DIN 18 196), Frostklasse (ZTVE-StB)

Tabelle 11: Klassifizierung der untersuchten Proben nach DIN 4022, DIN 18 196, ZTVE-StB

Einheit	Probe	DIN 4022	DIN 18 196	ZTVE-StB Frostklasse
Fluviatilsand	1/2	<b>Mittelsand-/Feinsand-Gemisch</b>	SE	F1
	1/5	<b>Mittelsand-/Feinsand-Gemisch</b> , schw. grobsandig	SE	F1
	2/3	<b>Mittelsand-/Feinsand-Gemisch</b>	SE	F1
	2/5	<b>Mittelsand-/Feinsand-Gemisch</b>	SE	F1
	3/3	<b>Mittelsand-/Feinsand-Gemisch</b> , schw. grobsandig	SE	F1
	3/5	<b>Mittelsand-/Feinsand-Gemisch</b> , schw. grobsandig	SE	F1

Einstufung ZTVE-StB: F1 (sehr frostempfindlich) / F2 (gering-mittel frostempfindlich) / F3 (sehr frostempfindlich)

- Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): Der untersuchte Fluviatilsand ist der Klasse F1 (*‘nicht frostempfindlich’*) zugehörig.

- Durchlässigkeiten (DIN 18 130): Die theoretischen Berechnungen des Durchlässigkeitsbeiwertes (Durchlässigkeitskoeffizient) der untersuchten Bodenproben erfolgten nach BEYER sowie für die enggestuften Sandböden ergänzend nach HAZEN. Die Ergebnisse zeigen folgender Größenordnungen für die untersuchten Böden:

$k_f = \text{ca. } 1 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$  (DIN 18 130: *‘stark durchlässig’*),

Fazit: sehr geringes / nicht vorhandenes Staunässe- / Rückhaltepotenzial (Einstufung: **‘Nichtstauer’ / ‘Leiter’**).

- Ungleichförmigkeit: Aufgrund der durchgängig niedrigen Ungleichförmigkeitszahl von  $U < 3$  wird der untergrundprägende Sand nach DIN 1054 als *‘gleichförmig’* eingestuft. Deutlich wird eine enge Stufung der Sande, was eine sog. *‘Verdichtungsunwilligkeit’* verursacht / verursachen kann.

- Wassergehaltsbestimmungen (DIN EN ISO 17892-1, Anlage 4.1, Tabelle. 10): Die ermittelten Wassergehalte der untersuchten Fluviatilsand-Bodenproben von überwiegend  $w = 20 / 21 \%$  belegen bei den vorhandenen, prägenden Sandböden einen weitgehend grundwassergesättigten nassen Zustand.

- Glühverlustbestimmungen (nach DIN 18 128): Bei der Bodenansprache wurde an einzelnen Proben ein geringer organischer Nebengemenganteil erkannt. Die in der Tabelle 12 aufgeführten zwei 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 12 zu entnehmen.

Tabelle 12: Ergebnisse der Glühverlustbestimmungen

Einheit	Probe	Tiefenlage (m u.GOK)	Glühverlust $V_{gl}$	DIN EN ISO 14688-2	DIN 1054
Sand	2/5	2,50-3,40	<b>0,35 %</b>	<i>nicht organisch</i>	<i>nicht organisch</i>
Sand	3/3	0,60-1,30	<b>0,82 %</b>	<i>nicht organisch</i>	<i>nicht organisch</i>

DIN 1054-Klassifizierung:	<i>'nichtorganischer Boden'</i>	(nichtbindige Böden < 3 %, bindige Böden < 5 %)
	<i>'organischer Boden'</i>	(nichtbindige Böden 3-20 %, bindige Böden 5-20%)
	<i>'hochorganischer Boden'</i>	(> 20 %)
DIN EN ISO 14688-2:	<i>'nicht organisch'</i>	(< 2 % der Trockenmasse ≤ 2 mm)
	<i>'schwach organisch'</i>	(2-6 % der Trockenmasse ≤ 2 mm)
	<i>'mittel organisch'</i>	(6-20 % der Trockenmasse ≤ 2 mm)
	<i>'stark organisch'</i>	(> 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.

Fazit: Die untergrundprägende Einheit stellt ein enggestufter Mittel-/Feinsand (SE). Das frostunempfindliche Material weist eine hohe Durchlässigkeit auf. Es handelt sich um einen Baugrund mittlerer Güte.

## 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 Eindringtiefe  $n_{10}$  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. 0,90 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 **mitteldichten Lagerung**.
- Fluviatilsande des tieferen / grundwassererfüllten Profils (i.M. ab 0,90 m u.GOK): Die Sande des tieferen Profils führen weitgehend mittelhohe Schlagzahlen von  $n_{10} = 8/10-12/14$ . Dies entspricht bei enggestuften Sanden innerhalb der grundwassererfüllten Zone umgerechnet einer weitgehend mitteldichten, z.T. **mittel-dichten-dichten Lagerung**.  
Der Sand weist in seiner natürlichen Lagerung eine ausreichende Gründungseignung auf.

### 5.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

Tabelle 13: Charakteristische Bodenkenngrößen der relevanten Bodenarten

BODENART	$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (°)	$c'_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$E_{s,k}$ (kN/m <sup>2</sup> )
<b><u>Einzubauende Schottertrag-schicht</u></b> (dicht)	22,0	14,0	37,5	0	80.000
<b><u>Oberer Fluviatilsand</u></b> (überw. bis ca. 0,9 m u.GOK): Mittel-/Feinsand-Gemisch, z.T. schwach grobsandig; überw. mitteldicht (angetroffen)	17,5 - 18,0	9,5 - 10,0	32,5	0	20.000
<b><u>Unterer Fluviatilsand</u></b> (überw. ab ca. 0,90 m u.GOK): Mittel-/Feinsand-Gemisch, z.T. schwach grobsandig; überw. mitteldicht, z.T. mittel-dicht-dicht (angetroffen)	18,0 - 18,5	10,0 - 10,5	32,5	0	20.000 - 30.000 RW 25.000

$\gamma_k$  = Wichte des erdfeuchten Bodens

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

$\phi'_k$  = Reibungswinkel des drainierten Bodens

RW = Rechenwert

$c'_k$  = Kohäsion des drainierten Bodens

$E_{s,k}$  = Steifeziffer

## 5.4 Bodenklassen / Bodengruppen / Frostklassen / Homogenbereich

Tabelle 14: Bodenklassen, Bodengruppen, Frostklassen, Homogenbereich

Schichtglieder (Grobgliederung)	Bodenklassen (DIN 18 300)	Gruppensymbol (DIN 18 196)	‘Frostklasse’ ZTVE-StB	Boden- lösung	Homogen- bereich
beeinflusster ‘Mutterböden’ <sup>1)</sup>	1 / period. 2	A (OH-OU)	F2-F3	‘Löffel- bagger’	-
‘Mutterboden’ <sup>1)</sup>	1 / period. 2	OH-OU	F2-F3		
Fluviatilsand	3	SE	F1		Nr. 1

<sup>1)</sup> bei Wassersättigung bewegungsempfindlich (Gefahr der Konsistenzverring. bis zu breiiger Konsistenz = BK 2)

Für die Entfernung des ‘Mutterbodens’ erfolgt keine Ausweisung eines eigenen Homogenbereiches, da dieser ohnehin separat zu handhaben ist.

Erläuterung Tabelle 14

nach DIN 18 300	Bodenklasse 1: Bodenklasse 2: Bodenklasse 3:	Oberboden (‘Mutterboden’) fließende Bodenarten leicht lösbare Bodenarten
nach DIN 18 196	A OH OU SE	Auffüllungen grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art Schluffe mit organischen Beimengungen enggestufte Sande
nach ZTVE-StB 09	F 1 F 2 F 3	nicht frostempfindlich gering bis mittel frostempfindlich sehr frostempfindlich
Homogenbereiche DIN 18 300: 2019-09	Nr. 1:	Eigenschaften siehe Tabelle 15

**Bodenlösung / Erdbau (Wohnbebauung / Kanalbau / Straßenbau):** Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Lockergesteinsböden mittels ‘normalem’ Löffelbagger möglich sein wird (Bodenklassen 1-3, überw. 3).

**Homogenbereiche gem. VOB Teil C:** Die Festlegung von Homogenbereichen erfolgt für das Gewerk ‘Erdbau’ gem. DIN 18 300:2019-09 im Hinblick auf die anzusetzende Geotechnische Kategorie GK 1 (‘Kleiner Erdbau’).

## Homogenbereich (DIN 18 300: 2019-09): Nr. 1

Tabelle 15: Kennwerte für **Homogenbereich Nr. 1**

Nr. nach VOB	Kennwert / Eigenschaft	Wertebereich
2a, 2b	Anteil Steine und Blöcke	≤ 1 % (Schätzung)
2c	Anteil große Blöcke	0 % (Schätzung)
6	undrainierte Scherfestigkeit	-
9	Konsistenz	-
12	Plastizitätszahl	-
14	Lagerungsdichte D	~ 0,25 – 0,65
20	Bodengruppen	überw. SE
21	Ortsübliche Bezeichnung	Fluviatilsand

## **6. Ingenieurgeol. Hinweisgebungen zur Baudurchführung**

Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorliegenden Detailplanung erfolgt eine orientierende, überschlägige (Baugrund-) Beurteilung des zu untersuchenden Areal. **Diese Untersuchung ersetzt keine detaillierte Einzelprojekt-Baugrunduntersuchung.** Die Hinweisgebungen gliedern sich in die drei Bereiche Wohngebäudebau, Kanalbau 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. 0,4 m u.GOK (Plattengründung) ausgegangen. Ebenso wird von einer deutlichen Heraushebung der OKFF EG über die aktuelle GOK ausgegangen.

**Infolge der Rahmenbedingungen (geringer Grundwasser-Flurabstand) müssen hinsichtlich der Schaffung einer Versickerungseignung die Parzellen im B-Plangebiet gegenüber der aktuellen GOK deutlich aufgehöhht 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 mindestens 0,50 m oberhalb der aktuellen GOK verläuft.**

#### 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  $d = 0,40$  m, einer OKFF EG von mind. 0,50 m oberhalb der aktuellen GOK (vorbehaltlich der Detailklärung bez. der Versickerung) und einer gemittelten Mutterbodenstärke von 0,20 m existiert ein gemitteltes Massendefizit von ca. 0,30 m zwischen freigelegtem Erdplanum und UK Bodenplatte.

Bei einer Nichtunterkellerung kann eine Nässe-Beeinflussung potenzieller Fundamente / Frostschtzen 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.

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 30 cm an Güteschotterunterbau gewährleistet werden (Stichwort Kapillarbrechung). Hierbei handelt es sich weitgehend um 'Sowiesokosten' 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 und durch Schotter bzw. geeigneten Kiessand zu ersetzen. Wichtig: Homogenisierung der Lagerungsdichten (Nachverdichtung).

### 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 Auskoffierung 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 Auskoffierung rückschreitend und beim Schottereinbau 'vor-Kopf' gearbeitet werden, um die Baufläche nicht durch Fahrzeugbefahrung zu zerstören. Der Sand auf Aushubniveau muss 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.

Böschchen / Verbau: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubenteufen > 1,25 m geböscht / verbaut werden. Folgende Böschungswinkel können angesetzt werden:

- 'Mutterboden':  $\beta = 45^\circ$
- Fluviatilsand:  $\beta = 45^\circ$

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  $b \geq 2$  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. 0,40 m sowie der deutlichen 'Heraushebung' der OKFF EG (mind. 0,50 m oberhalb der akt. GOK, vorbehaltlich der zu klärenden Aufhöhung wg. Versickerung, s.o.) existiert aufgrund der Oberbodenstärke (i.M. 0,20 m) ein i.M. ca. 0,30 m starkes Massendefizit zwischen freigelegtem Erdplanum und UK Bodenplatte.

Bauzeitliche Wasserhaltung: Es wird bei den vorgefundenen GW-Verhältnissen vermutlich keine Wasserhaltung notwendig werden. Deutliche GW-Anstiege werden u.U. den Einsatz einer offenen bzw. verstärkten offenen Wasserhaltung notwendig werden lassen.

Bodenplattenbereich: Zunächst sollte das vom Oberboden freigelegte sandige Erdplanum sorgfältig nachverdichtet werden. Es muss eine mindestens mitteldichte Lagerung vorliegen.

Das Massendefizit zwischen UK Bodenplatte und freigelegtem Erdplanum (i.M. ca. 0,30 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 %). 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 Schotter-Unterbau nicht weniger als 30 cm betragen (Mindeststärke / Kapillarbrechung).

Auf OK Schotter (Bodenplatte) sollte ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$  nachgewiesen werden (in Abhängigkeit der statischen Erfordernisse).

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

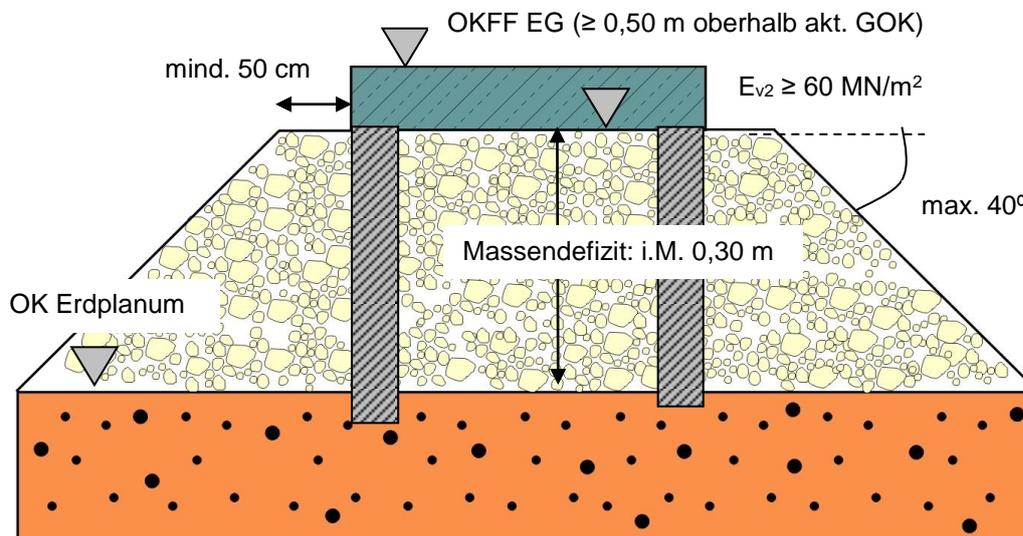
Gründungsempfehlung: Aufgrund der notwendigen Oberbodenentfernung und Aufhöhung existiert ein deutliches Massendefizit zwischen UK Bodenplatte und freigelegtem Erdplanum. Dieses Massendefizit muss mit Güteschotter aufgebaut werden. Idealerweise wird dieser Massendefizitaufbau als Tragschicht für eine 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 mind. 0,50 m oberhalb der akt. GOK (vorbehaltlich der zu klärenden Aufhöhung wg. Versickerung, s.o.) sowie eines Bodenplatten-Gesamtaufbaus von ca. 0,40 m wird aufgrund des Massendefizites nach Entfernung des Oberbodens mit einem i.M. ca. 0,30 m starken Unterbau unter UK Bodenplatte gerechnet (Annahme: Güteschotter). Bei der u.g. Berechnung wird von einem Mindest-Güteschotterunterbau von 0,30 m ausgegangen. Die ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) vor Gründung kontrolliert werden (Forderung auf OK Schotter:  $E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$ , 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  $d = 0,40$  m, Annahme)
- gelb.: Massendefizitaufbau mit Güteschotter ( $d = \text{i.M. } 0,30$  m, mind.  $0,30$  m)
- grün: Untergrund (organikfreier/-armer Sand)
- grau: Beton-Frostschutzschürzen

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. 13), das relevante Schichtmodell (mind.  $0,30$  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 ( $12 \times 1,0$  m). G.g. Länge von  $12$  m stellt die vermutlich längste Wandscheibe dar (übliche Wohnhauslänge).

Als Unterbau wird ein Schotterpaket der Stärke von mind.  $0,30$  m angesetzt. Bei der Berechnung wird ein GW-Flurabstand von  $1,0$  m u. OKFF EG 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 16 zu entnehmen.

Tabelle 16: Orient. Setzungsberechnungen zw. Erhaltung Eingangs-Bettungsmoduls (Plattengründung NU)

Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ / Unterbau	‘Ersatzfläche’	Setzung s	Bettungsmodul $k_s$
$\sigma_{R,d} = 250 \text{ kN/m}^2$ (mind. 0,30 m Schotter)	1,0 x 12,0 m	ca. 1,2 cm	<b>15,3 MN/m<sup>3</sup></b>

Frostschutzmaßnahmen: Es ist bei einer Nichtunterkellerung in frostsicherer Tiefe zu gründen (t = mind. 0,8 m unter zukünftige außenseitiger GOK, Streifenfundamente) bzw. bei einer Plattengründung (Nichtunterkellerung) 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 3 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 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 zugrunde gelegt, bedeutet dies eine ‘drückende’ Wassersäule von ca. 1,7 m auf dem Aushubniveau. Dies bedingt eine abzusenkende Wassersäule von ca. 2,2 m. Es wird jedoch in aller Deutlichkeit darauf hingewiesen, dass es sich bei den ermittelten GW-Ständen um herkömmliche, ‘normale’ Stände handelt, welche in niederschlagsergiebigere Perioden ansteigen können.

Der AN schlägt eine bauzeitliche Wasserhaltung mittels Vakuumpflanzen vor. Die deutlich vorhandene Gefahr eines ‘hydraulischen Grundbruchs’ wird ganz erheblich reduziert. Von großer Wichtigkeit ist der Vorlauf dieser Anlage vor Beginn der Auskofferungsarbeiten.

Nach Auskoffnung wird der flächige Einbau von Schotter in einer Stärke von ca. 20-25 cm als Flächenfilter angeraten (Schutz gegen Ausspülungen). Der Flächenfilter müssen offen in einem oder mehrere zentral anzulegenden Pumpensämpfen entwässert werden.

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

Es sollte hierfür eine Firma beauftragt werden, welche ausreichende Erfahrungen mit Vakuum-Grundwasserabsenkungen besitzt. Lanzenabstand, Vakuumdruck und Vorlaufzeit sind von der ausführenden Firma zu bestimmen, da diese Faktoren geräteabhängig sind. Die hierfür benötigten Eckdaten (Durchlässigkeit, Bodenverhältnisse, etc.) sind diesem Gutachten zu entnehmen, weshalb das Gutachten den angefragten Firmen zur Angebotskonkretisierung zur Verfügung stehen sollte. Letztlich erfolgt die Gerätewahl nach Wahl des Auftragnehmers.

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.

Die absenkende Firma hat zu gewährleisten, dass durch die absenkenden Maßnahmen keine schädigenden Auswirkungen (Setzungen) an Nachbarbauwerken eintreten.

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 Bohrerergebnisse auf einem weitgehend mitteldicht gelagerten Fein-/Mittelsand bzw. auf dem o.g. 20-25 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. 13), 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 (12,0 x 1,0 m). G.g. Länge von 12 m stellt die vermutlich längste Wandscheibe dar (übliche Wohnhauslänge).

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 (20-25 cm Schotter) wird bei der Berechnung nicht angesetzt. Der angegebene Bemessungswert des Sohlwiderstandes sollte nicht überschritten werden.

Tab. 17: Orient. Setzungsberechnungen zw. Erhaltung Eingangs-Bettungsmoduls (Plattengründung Unterkeller.)

Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul $k_s$
$\sigma_{R,d} = 300 \text{ kN/m}^2$	1,0 x 12,0 m	ca. 1,3 cm	<b>16,0 MN/m<sup>3</sup></b>

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 Auskoffering 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. Mauer-sicherung sind nach DIN 4123 einzuhalten.

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

Verdichtungsüberprüfung: Die ordnungsgemäße Verdichtung des Massendefizitaufbaus nach Oberbodenentfernung (Nichtunterkellerung) sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) kontrolliert werden (Forderung OK Schotter:  $E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$ ; in Abhängigkeit von den statischen Forderungen).

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: Ein Teil des anfallenden Baugrubenaushubs (‘Mutterboden’, organische und u.U. bindige Böden) ist nicht wieder einbaufähig. 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 Wohnstraße. Details wie Nennweitendurchmesser und Sohliefen liegen dem AN nicht vor.

Vermutet wird eine Sohlentiefe des RW-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 0,78 m u. akt. GOK vorlag (Pegel GWM 3, +85,22 mNHN). Dies entspricht bei einer angenommenen Sohlentiefe von 1,50 m u. akt. GOK einer gemittelten ‘drückenden’ Wassersäule von ca. 0,72 m auf Sohlniveau (Stichtag).

Es existiert ein deutliches Anstiegspotenzial (Bemessungswasserstand: 0,22 m unter aktuelle GOK / +85,85 mNHN).

Wasserhaltung: Grundsätzlich muss Grundwasser bis mind. 0,5 m unter Aushubsohle abgesenkt werden. Unter Hinzuziehung des Rohraufagers (s.u., Sandbereich: ca. 0,20 m) ergibt sich – die Verhältnisse des Stichtages zugrunde gelegt – folgende Absenkhöhe: ca. 1,42 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.

Böschchen/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  $\beta = 45^\circ$  geböscht werden. Evtl. vorliegende grundwassererfüllte 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 gedungenen 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 / Rohraufleger: Bei der Kanalverlegung sind die Vorgaben der DIN EN 1610 ('Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen') sowie das technische Merkblatt ATV/DVWK-A 139 ('Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen') zu beachten.

Als Regelausführung ist darin eine untere Bettungsschicht mit einer Mächtigkeit von mind. 100 mm bei herkömmlichen Bodenverhältnissen erforderlich.

Ergänzend empfiehlt die ATV/DVWK-A 139 zwecks Vermeidung von Setzungen und Rohrschäden, dass die Bettungsschicht in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser grundsätzlich auf  $a = 100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$  (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 (Rohraufleger). 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 Rohrauflegers 'hochziehen', um das Bodenaustauschmaterial weitgehend zu 'ummanteln'.

Bodenpressung: Es sollte eine Bodenpressung auf dem Gründungsniveau von  $\sigma_{zul.} = 180 \text{ kN/m}^2$  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 wird eine Wohnstraße innerhalb des Baugebietes errichtet (siehe Anlage 1.1 Lageplan).

**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 Oberbaus 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 verlehmtter 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  $d = \text{ca. } 0,20 \text{ m}$  auf.**

Errichtung / Straßenaufbau: In einem ersten Schritt sollten die hangenden beeinflussten und geogenen 'Mutterböden' vollständig abgezogen werden. Ergänzend sollten potenzielle Schluffe sowie verlehnte 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 Auskoffierung ist das Erdplanum sorgfältig im Rahmen einer ingenieurgeologischen Abnahme auf relevante organische Anteile zu kontrollieren. Der Sand sollte nachverdichtet werden.

**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:  $45^\circ$ ). Die Einbaustärke einzelner Lagen sollte 30 cm nicht überschreiten.

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

Die RStO 12 setzt auf dem Erdplanum ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$  voraus. Auf dem auf Erdplanum anstehenden enggestuftem 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. 0,20 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:

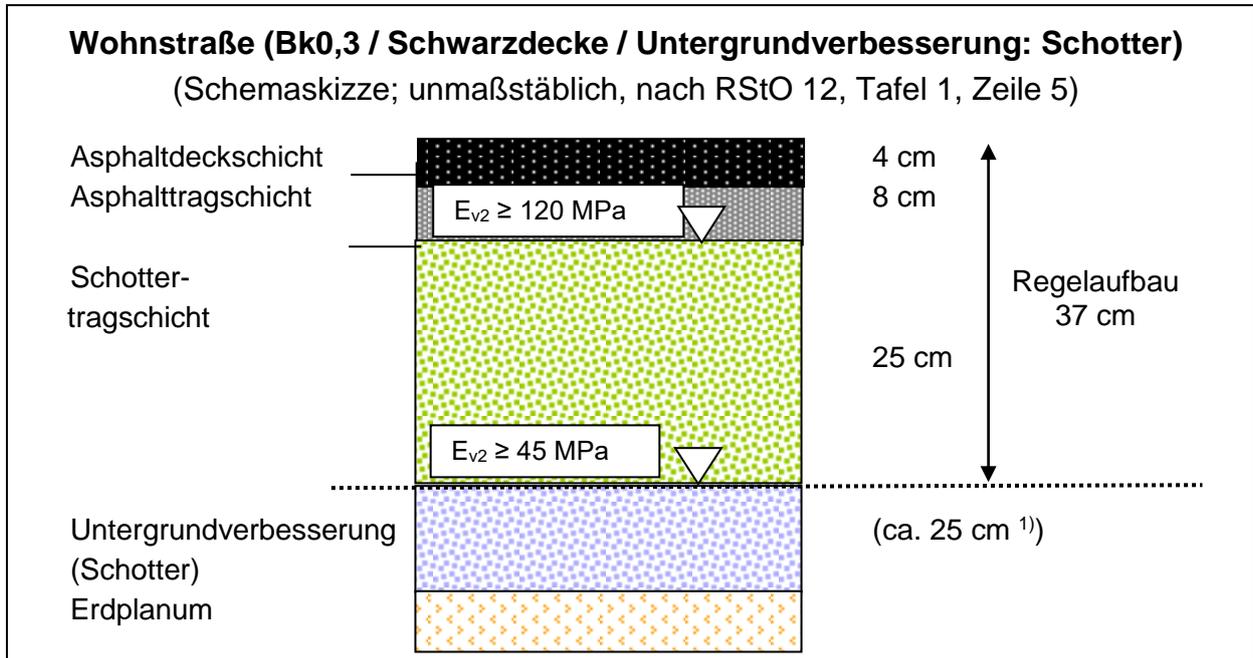
- Belastungsklasse Bk0,3 (Wohnstraße / Pkw-Parkplatz):  $E_{v2} \geq 120$  MPa

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

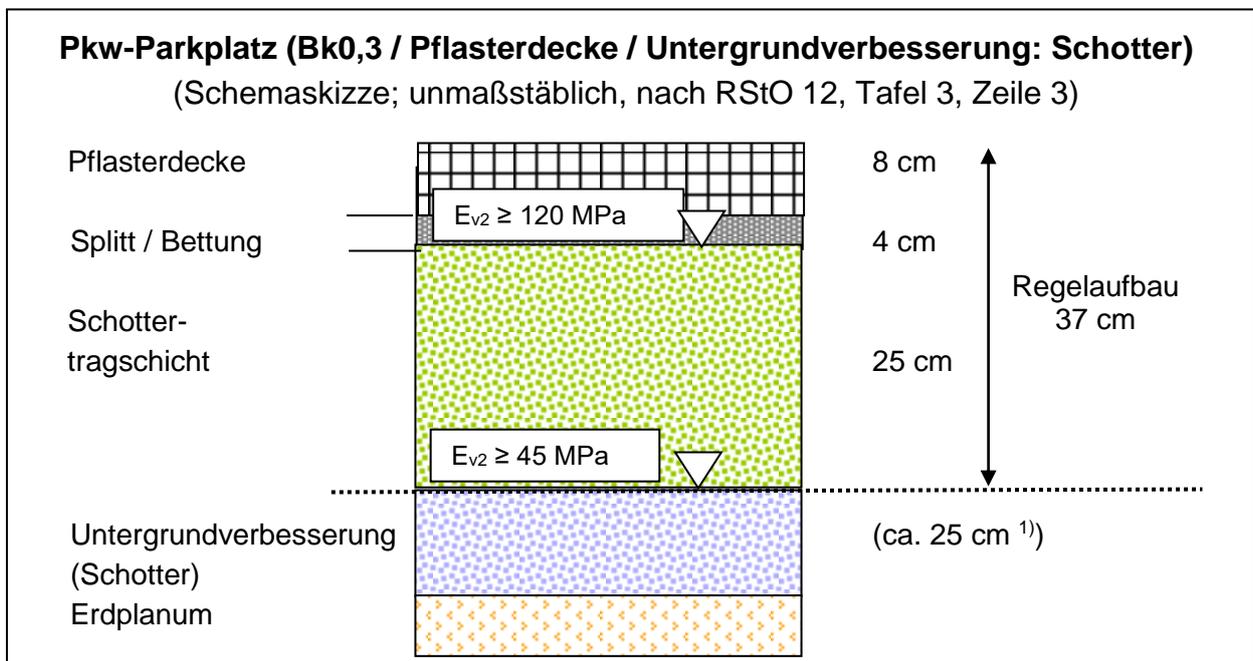
Ausführung des Oberbaus: Nachfolgend ist ein möglicher Aufbau nach RStO 12 für den Fahrbahn- und Parkplatzbereich unmaßstäblich skizziert. Die Schemaskizzen betreffen folgende Bauweisen:

- 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



<sup>1)</sup> in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Probefeldanlage



<sup>1)</sup> in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Probefeldanlage

## 7. Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:1.000)
- Anlage 2.1: Schichtendarstellung und Rammdiagramme
- Anlage 3.1: Korngrößenanalysen / Kornsummenkurven
- Anlage 4.1: Wassergehaltsbestimmungen
- Anlage 5.1: Glühverlustbestimmungen
- Anlage 6.1: Überschwemmungsgebiet / HW<sub>100</sub>-Angabe (Bez.-Reg. Detmold)
- Anlage 7.1: Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)
- Anlage 7.2: Dimensionierung einer Versickerungsmulde nach DWA-A 138
- Anlage 8.1: Chemische Analysen (Oberboden, Vorsorgewerte BBodSchV)
- Anlage 8.2: Chemische Analysen (Boden, LAGA und DepV)
- Anlage 9.1: Fotodokumentation

*Kleegräfe*  
*Geotechnik GmbH*

Jochen Kleegräfe  
- Dipl.-Ing. FH (BDG), Geschäftsführer -

Paul Girhards  
- Dipl.-Geologe (BDG) -

Verteiler: Stadt Delbrück / FB Bauen und Planen  
33129 Delbrück, Springpatt 3 (1 x Druck, pdf)

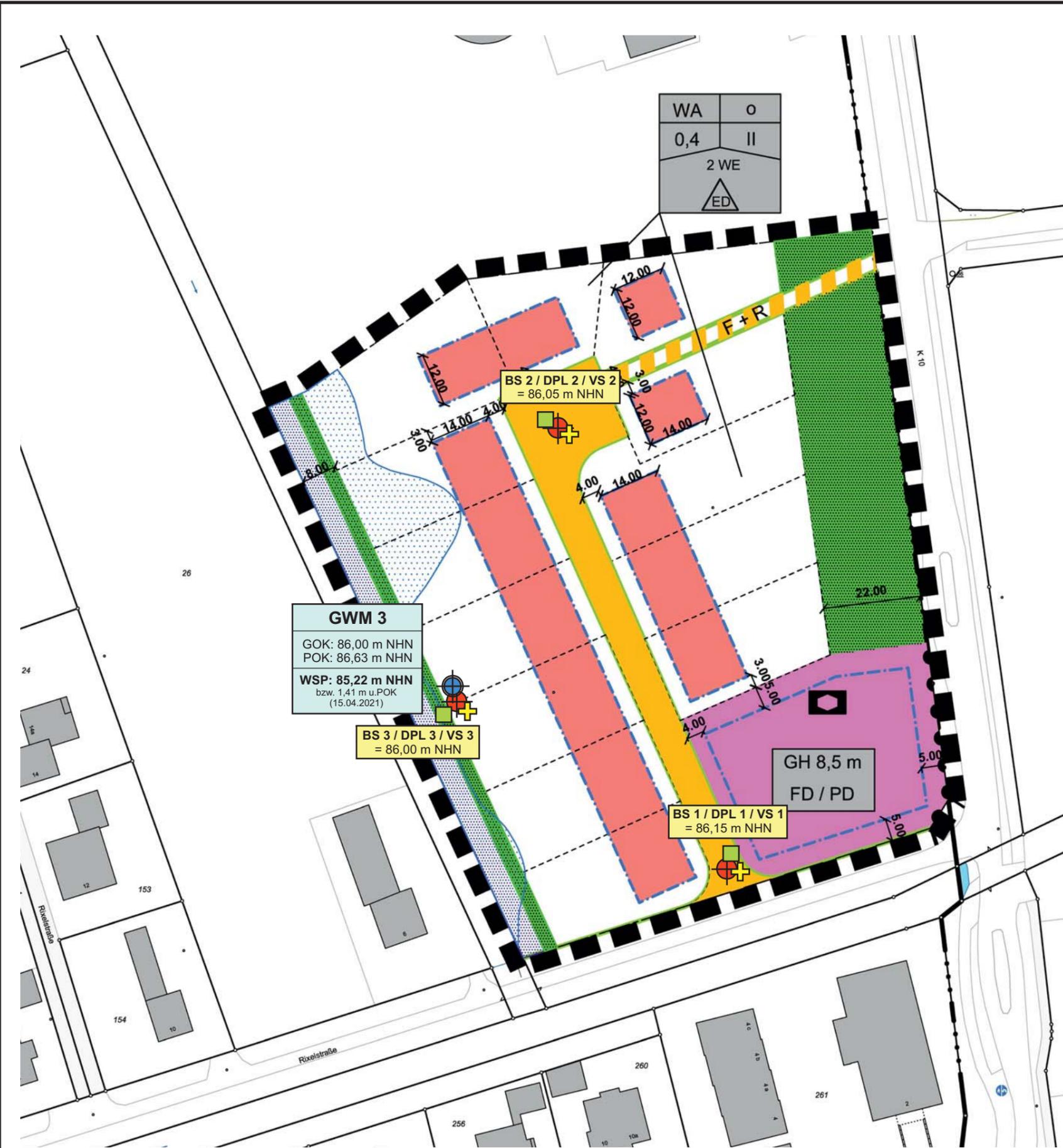
ANLAGE 1.1  
Lageplan (1:1.000)

# Delbrück-Hagen

N

Maßstab  
1 : 1.000

10 m



**Zeichenerklärung:**

- BS Kleinbohrung (DIN EN ISO 22475-1)
- DPL Rammsondierung (DIN EN ISO 22476-2)
- GWM Grundwassermessstelle (Ø 2'')
- VS Versickerungsversuch im Gelände

## KLEEGRÄFE

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

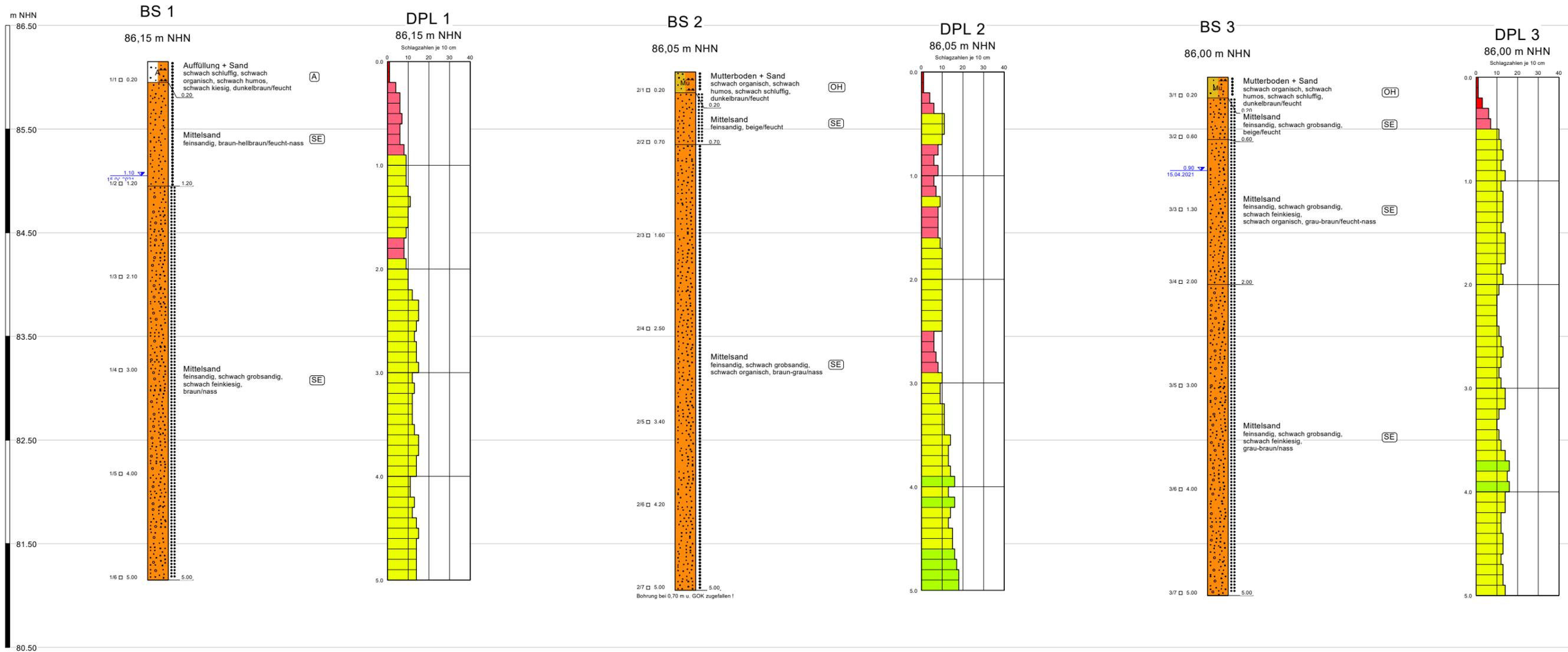
Kleegräfe Geotechnik GmbH  
• Baugrund • Umwelt • Hydrogeologie

### Lageplan

<b>Maßnahme:</b> Erschließung des Baugebietes Nr. 124 „Lipshof“ in Delbrück-Hagen	<b>Bearb.-Nr.</b> 210309
	<b>Anlage:</b> 1
<b>- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -</b>	<b>Blatt:</b> 1
	Juli 2021
	Klee/Gebb/Stb M. 1 : 1.000
<b>Auftraggeber:</b> Stadt Delbrück FB Bauen und Planen Springpatt 3 33129 Delbrück	

ANLAGE 2.1

Schichtendarstellung / Rammdiagramme



**Legende DPL**

	sehr locker
	locker
	mitteldicht
	dicht
	sehr dicht

**Legende**

	locker bis sehr locker		Sand
	mitteldicht		Feinsand
			Mittelsand
			Mutterboden
			Auffüllung

<b>KLEEGRÄFE</b> Kleegräfe Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582		
<b>Schichtendarstellung</b>		
<b>Maßnahme:</b> Erschließung des Baugebietes Nr. 124 "Lipshof" in Delbrück-Hagen	<b>Bearb.-Nr.:</b> 210309 Anlage 2.1	
<b>- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -</b>		<b>Geologe:</b> Herr Luhmann
<b>Auftraggeber:</b> Stadt Delbrück FB Bauen und Planen Springpatt 3, 33129 Delbrück	<b>Datum:</b> 15.04.2021	

A N L A G E 3.1

Korngrößenanalysen  
(Kornsummenkurven)

# Körnungslinie

Baubgebiet "Lipshof"

Delbrück-Hagen

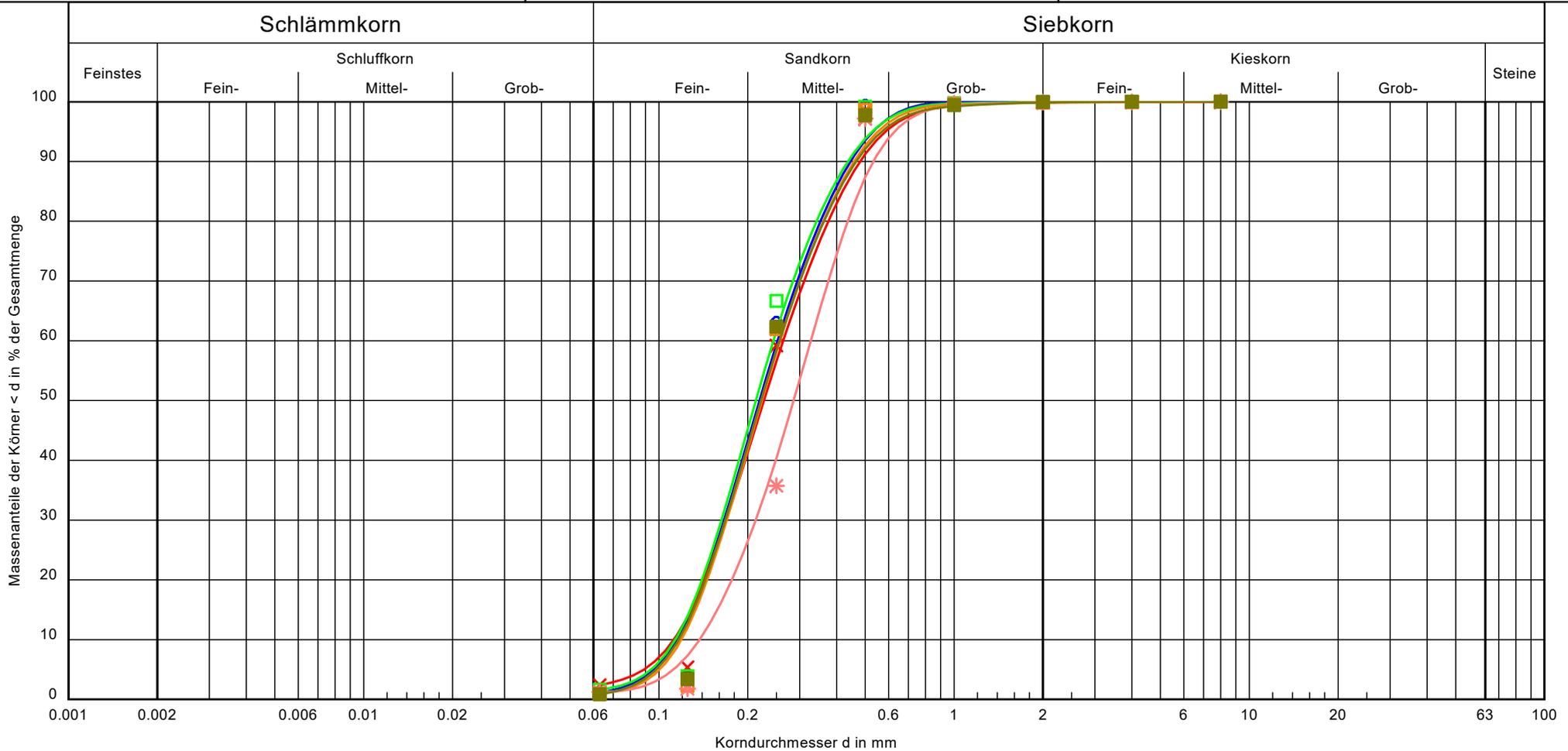
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Prüfungsnummer: Proben: 1/2, 1/5, 2/3, 2/5, 3/3, 3/5

Probe entnommen am: 15.04.2021

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen



Bezeichnung:	Probe 1/2	Probe 1/5	Probe 2/3	Probe 2/5	Probe 3/3	Probe 3/5
Bodenart:	fS, mS	mS, fS	fS, mS	fS, mS	mS, fs, gs'	fS, mS
Tiefe:	0,20 - 1,20 m	3,00 - 4,00 m	0,70 - 1,60 m	2,50 - 3,40 m	0,60 - 1,30 m	2,00 - 3,00 m
k [m/s] (BEYER):	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$1.4 \cdot 10^{-4}$	$1.9 \cdot 10^{-4}$	$1.4 \cdot 10^{-4}$
Entnahmestelle:	BS 1	BS 1	BS 2	BS 2	BS 3	BS 3
Cu/Cc	2.2/1.0	2.4/1.0	2.2/1.0	2.2/0.9	2.4/1.0	2.2/0.9

Bemerkungen:  
 1/2: kf-Wert (BEYER):  $\sim 1,3 \times 10^{-4}$  m/s  
 1/5: kf-Wert (BEYER):  $\sim 1,3 \times 10^{-4}$  m/s  
 2/3: kf-Wert (BEYER):  $\sim 1,3 \times 10^{-4}$  m/s  
 2/5: kf-Wert (BEYER):  $\sim 1,4 \times 10^{-4}$  m/s  
 3/3: kf-Wert (BEYER):  $\sim 1,9 \times 10^{-4}$  m/s  
 3/5: kf-Wert (BEYER):  $\sim 1,4 \times 10^{-4}$  m/s

Bericht:  
210309  
Anlage:  
3.1

# Körnungslinie

Baubgebiet "Lipshof"

Delbrück-Hagen  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 27.07.2021

Prüfungsnummer: Proben: 1/2, 1/5, 2/3, 2/5, 3/3, 3/5

Probe entnommen am: 15.04.2021

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 1/2  
 Bodenart: fS, mS  
 Tiefe: 0,20 - 1,20 m  
 k [m/s] (BEYER): 1.325E-4  
 Entnahmestelle: BS 1  
 Cu/Cc 2.2/1.0  
 d10/d30/d60 [mm]: 0.115 / 0.166 / 0.252  
 Siebanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 205.92

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
2.0	0.00	0.00	100.00
1.0	0.12	0.06	99.94
0.5	0.88	0.43	99.51
0.25	74.65	36.25	63.26
0.125	122.11	59.30	3.96
0.063	5.88	2.86	1.11
Schale	2.28	1.11	-
Summe	205.92		
Siebverlust	0.00		

# Körnungslinie

Baubgebiet "Lipshof"

Delbrück-Hagen  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 27.07.2021

Prüfungsnummer: Proben: 1/2, 1/5, 2/3, 2/5, 3/3, 3/5

Probe entnommen am: 15.04.2021

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 1/5  
 Bodenart: mS, f<sub>s</sub>  
 Tiefe: 3,00 - 4,00 m  
 k [m/s] (BEYER): 1.256E-4  
 Entnahmestelle: BS 1  
 Cu/Cc 2.4/1.0  
 d10/d30/d60 [mm]: 0.112 / 0.169 / 0.264  
 Siebanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 358.21

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
8.0	0.00	0.00	100.00
4.0	0.07	0.02	99.98
2.0	0.24	0.07	99.91
1.0	0.88	0.25	99.67
0.5	9.01	2.52	97.15
0.25	135.95	37.95	59.20
0.125	192.72	53.80	5.40
0.063	10.69	2.98	2.41
Schale	8.65	2.41	-
Summe	358.21		
Siebverlust	0.00		

# Körnungslinie

Baubgebiet "Lipshof"

Delbrück-Hagen  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 27.07.2021

Prüfungsnummer: Proben: 1/2, 1/5, 2/3, 2/5, 3/3, 3/5

Probe entnommen am: 15.04.2021

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 2/3  
 Bodenart: fS, mS  
 Tiefe: 0,70 - 1,60 m  
 k [m/s] (BEYER): 1.288E-4  
 Entnahmestelle: BS 2  
 Cu/Cc 2.2/1.0  
 d10/d30/d60 [mm]: 0.114 / 0.163 / 0.244  
 Siebanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 278.00

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.17	0.06	99.94
1.0	0.52	0.19	99.75
0.5	1.76	0.63	99.12
0.25	90.16	32.43	66.69
0.125	174.54	62.78	3.90
0.063	6.28	2.26	1.64
Schale	4.57	1.64	-
Summe	278.00		
Siebverlust	0.00		

# Körnungslinie

Baubgebiet "Lipshof"

Delbrück-Hagen  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 27.07.2021

Prüfungsnummer: Proben: 1/2, 1/5, 2/3, 2/5, 3/3, 3/5

Probe entnommen am: 15.04.2021

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 2/5  
 Bodenart: fS, mS  
 Tiefe: 2,50 - 3,40 m  
 k [m/s] (BEYER): 1.412E-4  
 Entnahmestelle: BS 2  
 Cu/Cc 2.2/0.9  
 d10/d30/d60 [mm]: 0.119 / 0.170 / 0.257  
 Siebanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 218.35

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
8.0	0.00	0.00	100.00
4.0	0.18	0.08	99.92
2.0	0.20	0.09	99.83
1.0	0.47	0.22	99.61
0.5	2.12	0.97	98.64
0.25	80.12	36.69	61.95
0.125	130.27	59.66	2.29
0.063	2.64	1.21	1.08
Schale	2.35	1.08	-
Summe	218.35		
Siebverlust	0.00		

# Körnungslinie

Baubgebiet "Lipshof"

Delbrück-Hagen  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 27.07.2021

Prüfungsnummer: Proben: 1/2, 1/5, 2/3, 2/5, 3/3, 3/5

Probe entnommen am: 15.04.2021

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 3/3  
 Bodenart: mS, fs, gs'  
 Tiefe: 0,60 - 1,30 m  
 k [m/s] (BEYER): 1.885E-4  
 Entnahmestelle: BS 3  
 Cu/Cc 2.4/1.0  
 d10/d30/d60 [mm]: 0.137 / 0.213 / 0.327  
 Siebanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 302.94

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
8.0	0.00	0.00	100.00
4.0	0.11	0.04	99.96
2.0	0.19	0.06	99.90
1.0	0.60	0.20	99.70
0.5	7.67	2.53	97.17
0.25	186.07	61.42	35.75
0.125	102.82	33.94	1.81
0.063	1.68	0.55	1.25
Schale	3.80	1.25	-
Summe	302.94		
Siebverlust	0.00		

# Körnungslinie

Baubgebiet "Lipshof"

Delbrück-Hagen  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 27.07.2021

Prüfungsnummer: Proben: 1/2, 1/5, 2/3, 2/5, 3/3, 3/5

Probe entnommen am: 15.04.2021

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 3/5  
 Bodenart: fS, mS  
 Tiefe: 2,00 - 3,00 m  
 k [m/s] (BEYER): 1.360E-4  
 Entnahmestelle: BS 3  
 Cu/Cc 2.2/0.9  
 d10/d30/d60 [mm]: 0.117 / 0.168 / 0.256  
 Siebanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 330.17

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
8.0	0.00	0.00	100.00
4.0	0.07	0.02	99.98
2.0	0.16	0.05	99.93
1.0	1.72	0.52	99.41
0.5	5.62	1.70	97.71
0.25	116.73	35.35	62.35
0.125	194.58	58.93	3.42
0.063	8.44	2.56	0.86
Schale	2.85	0.86	-
Summe	330.17		
Siebverlust	0.00		

ANLAGE 4.1  
Wassergehaltsbestimmungen

Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212  
59556 Lippstadt

Bericht: 210309

Anlage: 4

## Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Baugebiet "Lipshof"

Delbrück-Hagen

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 27.07.2021

Prüfungsnummer: 1/2, 1/5, 2/3, 2/5, 3/3, 3/5

Entnahmestelle: BS 1, BS 2, BS 3

Tiefe: 0,20 - 4,00 m

Bodenart: -

Art der Entnahme: gestörte Proben

Probe entnommen am: 15.04.2021

Probenbezeichnung:	Probe 1/2	Probe 1/5	Probe 2/3	Probe 2/5	Probe 3/3	Probe 3/5
Feuchte Probe + Behälter [g]:	661.86	819.59	714.22	770.91	910.44	841.34
Trockene Probe + Behälter [g]:	641.18	747.48	654.79	707.14	832.19	771.69
Behälter [g]:	435.26	389.27	376.79	399.25	441.55	441.52
Porenwasser [g]:	20.68	72.11	59.43	63.77	78.25	69.65
Trockene Probe [g]:	205.92	358.21	278.00	307.89	390.64	330.17
Wassergehalt [%]	10.04	20.13	21.38	20.71	20.03	21.10

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

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

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

ANLAGE 5.1  
Glühverlustbestimmung

**KLEEGRÄFE**  
 Geotechnik GmbH  
 Holzstraße 212  
 59556 Lippstadt

Report: 210309  
 Attachment: 5.1

## Glühverlust nach DIN 18 128

**Baugebiet "Lipshof"**

Delbrück-Hagen

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Worker: Frau Gebbeken

Date: 27.07.2021

Test number: 2/5, 3/3  
 Sampling point: BS 2, BS 3  
 Depth: 0,60 - 3,40 m (min.-max.)  
 Type of removal: disturbed samples  
 Soil type: -  
 Sample taken on: 15.04.2021

Sample designation	Probe 2/5	Probe 2/5	Probe 2/5	Probe 3/3	Probe 3/3	Probe 3/3
Unburned sample + container [g]	56.42	58.55	58.81	56.06	56.12	55.88
Burned sample + container [g]	56.30	58.46	58.71	55.83	55.86	55.65
Container [g]	26.63	28.34	29.35	26.96	26.77	26.64
Mass loss [g]	0.12	0.09	0.10	0.23	0.26	0.23
Dry mass before burning [g]	29.79	30.21	29.46	29.10	29.35	29.24
Burn loss [-]	0.40	0.30	0.34	0.79	0.89	0.79

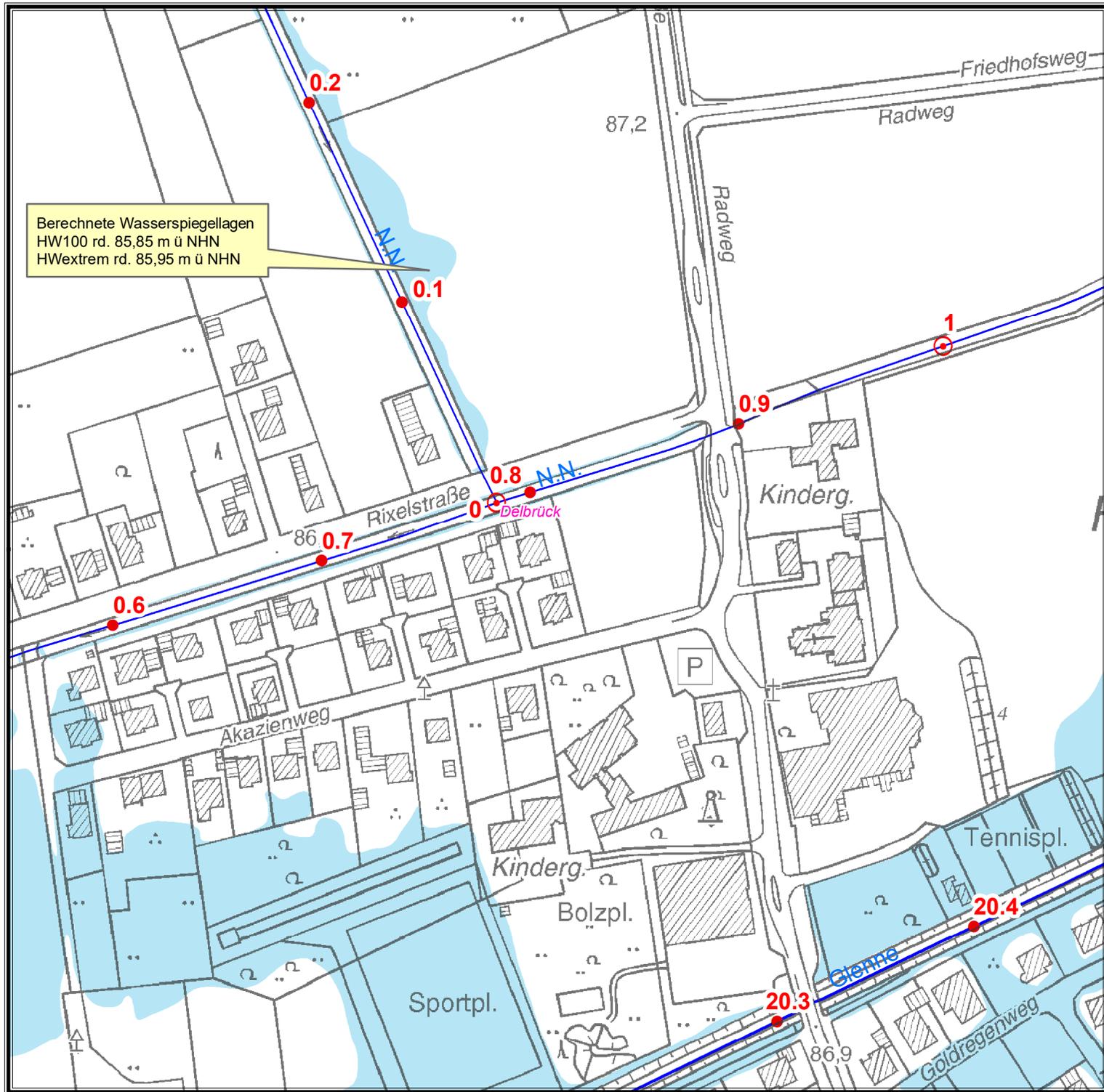
Sample designation						
Unburned sample + container [g]						
Burned sample + container [g]						
Container [g]						
Mass loss [g]						
Dry mass before burning [g]						
Burn loss [-]						

Sample designation						
Unburned sample + container [g]						
Burned sample + container [g]						
Container [g]						
Mass loss [g]						
Dry mass before burning [g]						
Burn loss [-]						

Sample designation						
Unburned sample + container [g]						
Burned sample + container [g]						
Container [g]						
Mass loss [g]						
Dry mass before burning [g]						
Burn loss [-]						

**A N L A G E 6.1**

**Karte Überschwemmungsgebiet / HW<sub>100</sub>-Angabe  
(Bezirksregierung Detmold)**



Berechnete Wasserspiegellagen  
 HW100 rd. 85,85 m ü NHN  
 HWextrem rd. 85,95 m ü NHN

- Legende**
- Überschwemmungsgebiet festgesetzt
  - ▨ Überflutetes Gebiet
  - Überschwemmungsgefährdetes Gebiet
  - Rückgewinnbare Rückhalteflächen

Bezirksregierung Detmold		
<h3>Überschwemmungsgebiet Haustenbach</h3>		
Maßstab: 1:2.500	Festgesetzt mit Rechtsverordnung vom 04.12.2017	
Bearbeitungsstand		

A N L A G E 7.1

Versickerungsversuche im Gelände  
(Auffüllversuche)

Anlage: 7.1

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes  $k_f$

<u>Maßnahme:</u>	Hydrogeol. Ermittlung und Bewertung des Versickerungspotenzials
<u>Ort:</u>	33129 Delbrück-Hagen, Baugebiet Nr. 124 'Lipshof'
<u>Datum:</u>	15.04.2021

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	r mm	h m	Zeit min	Wasser- menge l	Q m <sup>3</sup> /s	$k_f$ m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Versick.-Medium und Gültigkeitsbereich)
BS 1	1	20	0,5	3,3	4	2,02E-05	<b>3,67E-04</b>	GW: 1,00 m; 0,50-1,00 m (Fluv.-Sand)
	2	20	0,5	3,4	4	1,96E-05	<b>3,57E-04</b>	GW: 1,00 m; 0,50-1,00 m (Fluv.-Sand)
BS 2	1	20	0,5	4,5	2	7,41E-06	<b>1,35E-04</b>	GW: 0,70 m; 0,20-0,70 m (Fluv.-Sand)
	1	20	0,5	5,2	2	6,41E-06	<b>1,17E-04</b>	GW: 0,70 m; 0,20-0,70 m (Fluv.-Sand)
BS / GWM 3	1	25	0,4	1	4	6,67E-05	<b>1,21E-03</b>	GW: 0,78 m; 0,38-0,78 m (Fluv.-Sand)
	2	25	0,4	1,03	4	6,47E-05	<b>1,18E-03</b>	GW: 0,78 m; 0,38-0,78 m (Fluv.-Sand)

<u>Erläuterung</u>
r - Brunnenradius, mm
h - Wasserstandshöhe über der Grundwasseroberfläche, m
Q - Wasserzugabe in m <sup>3</sup> /s (Wasserspiegelkonstanthaltung)
$k_f$ - Durchlässigkeitsbeiwert, m/s

<u>Durchlässigkeitsbewertung nach DIN 18 130</u>		
$k_f$	$> 10^{-4}$	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'

**A N L A G E 7.2**

**Dimensionierung einer Versickerungsmulde  
nach DWA-A 138**



Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,  
Abwasser und Abfall e.V.

## A138-XP

Version 2006

Dimensionierung von Versickerungsanlagen

Anlage

Muldendimensionierung

Lizenznr.: 400-0706-0142

### Projekt

Bezeichnung: Baugebiet Nr. 124 'Lipshof', 33129 Delbrück-Hagen Datum: 15.09.2021  
 Bearbeiter: Dipl.-Geol. Paul Girhards  
 Bemerkung: Muldenversickerung über 'belebte Bodenzone'

### Angeschlossene Flächen

Nr.	angeschlossene Teilfläche A_E [m <sup>2</sup> ]	mittlerer Abflussbeiwert Psi,m [-]	undurchlässige Fläche A_u [m <sup>2</sup> ]	Beschreibung der Fläche
1	140,00	0,90	126,00	Dachflächen Wohnhaus + Garage
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
<b>Gesamt</b>	<b>140,00</b>	<b>0,90</b>	<b>126,00</b>	

### Risikomaß

Verwendeter Zuschlagsfaktor f\_z 1,2



Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,  
Abwasser und Abfall e.V.

# A138-XP

Version 2006

Dimensionierung von Versickerungsanlagen

Anlage

Muldendimensionierung

Lizenznr.: 400-0706-0142

## Projekt

Bezeichnung: Baugebiet Nr. 124 'Lipshof', 33129 Delbrück-Hagen Datum: 15.09.2021  
 Bearbeiter: Dipl.-Geol. Paul Girhards  
 Bemerkung: Muldenversickerung über 'belebte Bodenzone'

## Eingangsdaten

angeschlossene undurchlässige Fläche  $A_u$  126 m<sup>2</sup>  
 mittlere Versickerungsfläche  $A_S$  11,0 m<sup>2</sup>  
 wassergesättigte Bodendurchlässigkeit  $k_f$  0,00008 m/s  
 Niederschlagsbelastung Station Delbrück\_2345  
 $n$  0.2 1/a  
 Zuschlagsfaktor  $f_z$  1,2

## Bemessung der Versickerungsmulde

D [min]	$r_{D(n)}$ [l/(s·ha)]	V [m <sup>3</sup> ]	Erforderliche Größe der Anlage
5	300,0	1,3	<u>erforderliches Speichervolumen</u> $V = 2,7 \text{ m}^3$ $V = \left[ (A_u + A_S) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_S \cdot \frac{k_f}{2} \right] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$
10	221,7	1,9	
15	181,1	2,2	
20	154,2	2,4	
30	121,1	2,6	
<b>45</b>	<b>92,6</b>	<b>2,7</b>	
60	75,8	2,6	
90	55,0	2,0	
120	43,6	1,4	
180	31,6	0,0	
240	25,1	0,0	
360	18,1	0,0	
540	13,1	0,0	
720	10,4	0,0	
1080	7,6	0,0	
1440	6,0	0,0	
2880	3,7	0,0	
4320	2,8	0,0	
			<u>rechnerische Entleerungszeit</u> $t_E = 1,69 \text{ h}$ $t_E = 2 \cdot z / k_f$
			<u>Nachweis der Entleerungszeit für n=1/a</u> <b>vorh. <math>t_E = 0,75 \text{ h} &lt; \text{erf. } t_E = 24 \text{ h}</math></b>

A N L A G E 8.1

Chemische Analysen  
(Oberboden, Vorsorgewerte BBodSchV)

## Prüfbericht-Nr: B218045

**Auftraggeber** 14491  
 Kleegräfe Geotechnik GmbH  
 Holzstr. 212  
 D-59556 Lippstadt

**Eingangsdatum** 28.04.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202113561-1  
**Probenehmer / -eingang** AG / Nightstar  
**Prüfart** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 28.04.2021 - 20.05.2021

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

**Probenbezeichnung** MP Mutterboden  
**Herkunftsort** Delbrück, Lipshof  
**Entnahmeort** Delbrück, Lipshof

### Bemerkung

### Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Trockenrückstand (105°C)	85,4	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Feuchte (105°C)	14,6	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (kleiner 2,00 mm)	ja		BBodSchV Anh.1 / 3.1.1	4*	Wen	
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
TOC (TS)	2,06	%	DIN EN 15936	1*	Wen	DIN 19539
Königswasseraufschluss (TS)	ja		DIN EN 13346	1*	Wen	DIN EN 13657
Blei (TS)	11,6	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom (TS)	16,9	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
Zink (TS)	27,3	mg/kg	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

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

BBodSchV Anh.1 / 3.1.1: 1999-07-12	DIN 19539: 2016-12	DIN 38414-20: 1996-01
DIN EN 13346: 2001-04	DIN EN 13657: 2003-01	DIN EN 14346: 2007-03
DIN EN 1483: 2007-07	DIN EN 15308: 2008-05	DIN EN 15527: 2008-09
DIN EN 15936: 2012-11	DIN EN ISO 11885: 2009-09	DIN EN ISO 12846: 2012-08
DIN ISO 18287: 2006-05		

## Prüfbericht-Nr: B218045

**Auftraggeber** 14491  
 Kleegräfe Geotechnik GmbH  
 Holzstr. 212  
 D-59556 Lippstadt

**Eingangsdatum** 28.04.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202113561-1  
**Probenehmer / -eingang** AG / Nightstar  
**Prüfort** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 28.04.2021 - 20.05.2021

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

**Probenbezeichnung** MP Mutterboden

**Herkunftsort** Delbrück, Lipshof

**Entnahmeort** Delbrück, Lipshof

**BBodSchV - Sand** BBodSchV - Vorsorgewert Sand eingehalten

**BBodSchV - Lehm** BBodSchV - Vorsorgewert Lehm eingehalten

**BBodSchV - Ton** BBodSchV - Vorsorgewert Ton eingehalten

**Vorsorge Org.** BBodSchV - Vorsorgewert Böden mit weniger als 8 Prozent Humus eingehalten

**Endeinstufung** BBodSchV - Vorsorgewert Sand, Lehm, Ton und  
 BBodSchV - Vorsorgewert Böden mit weniger als 8 Prozent Humus eingehalten

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	BBodSchV - S	BBodSchV - L	BBodSchV - T	Vorsorge Org.
Trockenrückstand (105°C)	85,4	%				
Feuchte (105°C)	14,6	%				
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (kleiner 2,00	ja					
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg				
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg				0,3
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg				3
Summe 6 PCB (TS)	<0,01	mg/kg				0,05
TOC (TS)	2,06	%				8
Königswasseraufschluss (TS)	ja					
Blei (TS)	11,6	mg/kg	40	70	100	
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	0,4	1	1,5	
Chrom (TS)	16,9	mg/kg	30	60	100	
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	20	40	60	
Nickel (TS)	<10	mg/kg	15	50	70	
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,1	0,5	1	
Zink (TS)	27,3	mg/kg	60	150	200	

Horn & Co. Analytics GmbH, Wenden 20.05.2021



i.A. Dorothea Egbun  
 Projektmanagement

## Prüfbericht-Nr: B217106

**Auftraggeber** 14491  
Kleegräfe Geotechnik GmbH  
Holzstr. 212  
D-59556 Lippstadt

**Eingangsdatum** 28.04.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202113561  
**Probenehmer / -eingang** AG / Nightstar  
**Prüfart** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 28.04.2021 - 07.05.2021

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

**Probenbezeichnung** MP Mutterboden  
**Herkunftsort** Delbrück, Lipshof  
**Entnahmeort** Delbrück, Lipshof

**Bemerkung** Die Einstufung erfolgt auf Kundenwunsch nach LAGA Boden, obwohl per Definition Mutterboden aufgrund seines Humusgehalts (TOC) nicht in den Verwertungsbereich der LAGA Boden fällt.

### Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Probennahme Boden / Abfall	AG		i.A. LAGA PN 98	1*	Wen	DIN 19698-1
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg		DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1	4*	Wen	
Probennahmeprotokoll	n.vorhanden				Wen	
Probenvorbereitung	s.Anlage		DIN 19747	1*	Wen	DIN ISO 11464
Trockenrückstand (105°C)	85,4	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Feuchte (105°C)	14,6	%	DIN EN 14346	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 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
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 17380	1*	Wen	
TOC (TS)	2,08	%	DIN EN 15936	1*	Wen	DIN 19539
Königswasseraufschluss (TS)	ja		DIN EN 13346	1*	Wen	DIN EN 13657
Arsen (TS)	7,87	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (TS)	19,9	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom (TS)	18,0	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
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (TS)	31,0	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Elution mit dest. Wasser	Ja		DIN EN 12457-4	1*	Wen	

## Prüfbericht-Nr: B217106

**Auftraggeber** 14491  
Kleegräfe Geotechnik GmbH  
Holzstr. 212  
D-59556 Lippstadt

**Eingangsdatum** 28.04.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202113561  
**Probenehmer / -eingang** AG / Nightstar  
**Prüfart** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 28.04.2021 - 07.05.2021

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

**Probenbezeichnung** MP Mutterboden  
**Herkunftsort** Delbrück, Lipshof  
**Entnahmeort** Delbrück, Lipshof

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
pH-Wert (Eluat)	6,88		DIN EN ISO 10523	1*	Wen	
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	35	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen	
Chlorid-IC (Eluat)	0,35	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Sulfat-IC (Eluat)	0,92	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 14402	1*	Wen	
Arsen (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	
Kupfer (Eluat)	0,015	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
Zink (Eluat)	0,075	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

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 19698-1: 2014-05	DIN 19747: 2009-07
DIN 38407-43: 2014-10	DIN 38414-17: 2014-04	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 15308: 2008-05	DIN EN 15527: 2008-09	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 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
LAGA PN 98: 2001-12		

## Prüfbericht-Nr: B217106

**Auftraggeber** 14491  
 Kleegräfe Geotechnik GmbH  
 Holzstr. 212  
 D-59556 Lippstadt

**Eingangsdatum** 28.04.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202113561  
**Probenehmer / -eingang** AG / Nightstar  
**Prüfart** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 28.04.2021 - 07.05.2021

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

**Probenbezeichnung** MP Mutterboden  
**Herkunftsort** Delbrück, Lipshof  
**Entnahmeort** Delbrück, Lipshof

### Grenzwerteinstufung

		Einstufung
<b>Z0 Boden - L/S</b>	LAGA Z0 - Boden uneingeschränkter Einbau - Bodenart Lehm/Schluff	überschritten
<b>Z1.1 Boden</b>	LAGA Z1.1 - Boden - eingeschränkter offener Einbau	überschritten
<b>Z1.2 Boden</b>	LAGA Z1.2 - Boden - eingeschränkter offener Einbau	überschritten
<b>Z2 Boden</b>	LAGA Z2 - Boden - eingeschränkter Einbau mit def. techn. Sicherheitsmaßnahmen	eingehalten

**Endeinstufung** LAGA Z2 - Boden

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	Z1.2 Boden	Z2 Boden
Probennahme Boden / Abfall	AG					
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg					
Probennahmeprotokoll	n.vorhanden					
Probenvorbereitung	s.Anlage					
Trockenrückstand (105°C)	85,4	%				
Feuchte (105°C)	14,6	%				
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	3	3	10
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	100	300	300	1000
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	100	600	600	2000
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	1	1	1	1
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	1	1	1	1
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg				
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	0,3	0,9	0,9	3
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	3	9	9	30
Summe 6 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	0,05	0,15	0,15	0,5
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg		3	3	10
TOC (TS)	2,08	%	0,5	1,5	1,5	5
Königswasseraufschluss (TS)	ja					
Arsen (TS)	7,87	mg/kg	15	45	45	150
Blei (TS)	19,9	mg/kg	70	210	210	700

## Prüfbericht-Nr: B217106

**Auftraggeber** 14491  
Kleegräfe Geotechnik GmbH  
Holzstr. 212  
D-59556 Lippstadt

**Eingangsdatum** 28.04.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202113561  
**Probenehmer / -eingang** AG / Nightstar  
**Prüfort** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 28.04.2021 - 07.05.2021

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

**Probenbezeichnung** MP Mutterboden  
**Herkunftsort** Delbrück, Lipshof  
**Entnahmeort** Delbrück, Lipshof

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	Z1.2 Boden	Z2 Boden
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	1	3	3	10
Chrom (TS)	18,0	mg/kg	60	180	180	600
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	40	120	120	400
Nickel (TS)	<10	mg/kg	50	150	150	500
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,5	1,5	1,5	5
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	0,7	2,1	2,1	7
Zink (TS)	31,0	mg/kg	150	450	450	1500
Elution mit dest. Wasser	Ja					
pH-Wert (Eluat)	6,88		6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	35	µS/cm	250	250	1500	2000
Chlorid-IC (Eluat)	0,35	mg/L	30	30	50	100
Sulfat-IC (Eluat)	0,92	mg/L	20	20	50	200
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,005	0,005	0,01	0,02
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,04	0,1
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	0,014	0,014	0,02	0,06
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	0,04	0,04	0,08	0,2
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	0,0015	0,0015	0,003	0,006
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,0125	0,0125	0,025	0,06
Kupfer (Eluat)	0,015	mg/L	0,02	0,02	0,06	0,1
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	0,015	0,015	0,02	0,07
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	0,0005	0,0005	0,001	0,002
Zink (Eluat)	0,075	mg/L	0,15	0,15	0,2	0,6

Horn & Co. Analytics GmbH, Wenden 07.05.2021



i.A. Dorothea Egbun  
Projektmanagement

Formblatt VA-HuK-025-F1

## Probenvorbereitungsprotokoll

### A. Allgemeine Angaben

<b>Datum</b>	28.04.2021	<b>Proben-Nr.</b>	P202113561
<b>Auftraggeber</b>	Kleegräfe Geotechnik GmbH		
<b>Ansprechpartner</b>	Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe		
<b>Probenkennzeichnung</b>	MP Mutterboden		

### B. Probenahmeinformationen

<b>Probenahme durch</b>	<input type="checkbox"/> Horn & Co. Analytics GmbH	<input checked="" type="checkbox"/> Auftraggeber
<b>PN-Protokoll</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> vorhanden <input checked="" type="checkbox"/> n. vorhanden
<b>Vorbereitung vor Ort</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> bekannt <input checked="" type="checkbox"/> n. bekannt
<b>Probenart</b>	Boden	
<b>Probenmenge</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Masse[kg]: auf 1 kg	<input type="checkbox"/> Volumen[L]:

### C. Untersuchungsinformationen

<b>Untersuchung gem. Untersuchungsparameter</b>	<input checked="" type="checkbox"/> LAGA Boden <input type="checkbox"/> LAGA Bauschutt <input type="checkbox"/> DepV <input type="checkbox"/> PAK nach RuVA-Sib 01 <input type="checkbox"/> sonst.:
	<input type="checkbox"/> physikalisch <input checked="" type="checkbox"/> anorganisch Feststoff <input checked="" type="checkbox"/> anorg. Eluat <input checked="" type="checkbox"/> leichtflüchtig
	<input type="checkbox"/> biologisch <input checked="" type="checkbox"/> organisch Feststoff <input checked="" type="checkbox"/> organ. Eluat
<b>Bemerkungen</b>	

### D. Probenvorbereitung (von der Labor- zur Prüfprobe)

<b>Sortierung</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja:		
<b>Siebung</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja	<b>Siebschnitt [mm]</b>	
<b>Durchgang [%]</b>	<b>Analytik von</b> <input type="checkbox"/> Durchgang <input type="checkbox"/> Rückstand <input checked="" type="checkbox"/> gesamt		
<b>Zerkleinerung</b>	<input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Brechen <input checked="" type="checkbox"/> Shreddern <input type="checkbox"/> sonstiges:		
<b>Teilung</b>	<input type="checkbox"/> 1/4-Teilung <input checked="" type="checkbox"/> Riffelteiler <input type="checkbox"/> Rotationsverteiler <input type="checkbox"/> sonstiges:		
<b>Prüf-/Rückstellproben</b>	Originalsubstanz	<input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Ja [g]: 500	<input checked="" type="checkbox"/> Rückstellprobe
	Trockensubstanz	<input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Ja [g]: 100	<input type="checkbox"/> Rückstellprobe
	Probe für Eluat	<input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Ja [g]: 100	<input type="checkbox"/> Rückstellprobe

### E. Probenaufbereitung (von der Prüf- zur Messprobe)

<b>Trocknung</b>	<input checked="" type="checkbox"/> bei 105°C <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> Lufttrocknung <input type="checkbox"/> sonstiges:		
<b>Feinzerkleinerung</b>	<input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Mahlen <input type="checkbox"/> Schneiden <input type="checkbox"/> sonstiges:		
<b>Siebung</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja	<b>Endfeinheit [mm]</b>	
<b>Prüf-/Rückstellproben</b>	Gemahlene TS	<input type="checkbox"/> Nein <input checked="" type="checkbox"/> Ja [g]: 50	<input checked="" type="checkbox"/> Rückstellprobe

### F. Sonstiges

<b>Bemerkungen</b>			
<b>Ort / Datum</b>	Wenden / 28.04.2021	<b>Unterschrift</b>	
			i.A. Maximilian Wagener

ANLAGE 8.2  
Chemische Analysen  
(Boden, LAGA und DepV)

## Prüfbericht-Nr: B217080

**Auftraggeber** 14491  
 Kleegräfe Geotechnik GmbH  
 Holzstr. 212  
 D-59556 Lippstadt

**Eingangsdatum** 28.04.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202113560  
**Probenehmer / -eingang** AG / Nightstar  
**Prüfart** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 28.04.2021 - 06.05.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 1+2

**Herkunftsort** Delbrück, Lipshof

**Entnahmeort** Delbrück, Lipshof

### Bemerkung

### Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Probennahme Boden / Abfall	AG		i.A. LAGA PN 98	1*	Wen	DIN 19698-1
Probennahmeprotokoll	n.vorhanden				Wen	
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg		DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1	4*	Wen	
Probenvorbereitung	s.Anlage		DIN 19747	1*	Wen	DIN ISO 11464
Feuchte (105°C)	14,6	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Trockenrückstand (105°C)	85,5	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Glühverlust (550°C)	0,40	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
Glührückstand (550°C)	99,6	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
TOC (TS)	<0,1	%	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	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	

## Prüfbericht-Nr: B217080

**Auftraggeber** 14491  
KleeGräfe Geotechnik GmbH  
Holzstr. 212  
D-59556 Lippstadt

**Eingangsdatum** 28.04.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202113560  
**Probenehmer / -eingang** AG / Nightstar  
**Prüfört** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 28.04.2021 - 06.05.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 1+2  
**Herkunftsort** Delbrück, Lipshof  
**Entnahmeort** Delbrück, Lipshof

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen	DIN EN 1483
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)	7,62		DIN EN ISO 10523	1*	Wen	
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	15	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen	
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%	DIN 38409-1	1*	Wen	
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	7,5	mg/L	DIN EN 15216	1*	Wen	
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 14402	1*	Wen	
DOC (Eluat)	2,38	mg/L	DIN EN 1484	1*	Wen	DIN EN 1484
Chlorid-IC (Eluat)	0,37	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Cyanid, I. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403-2	1*	Wen	DIN EN ISO 14403
Fluorid-IC (Eluat)	0,15	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Sulfat-IC (Eluat)	0,91	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

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

## Prüfbericht-Nr: B217080

**Auftraggeber** 14491  
 Kleegräfe Geotechnik GmbH  
 Holzstr. 212  
 D-59556 Lippstadt

**Eingangsdatum** 28.04.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202113560  
**Probenehmer / -eingang** AG / Nightstar  
**Prüfart** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 28.04.2021 - 06.05.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 1+2

**Herkunftsort** Delbrück, Lipshof

**Entnahmeort** Delbrück, Lipshof

DIN 19539: 2016-12	DIN 19698-1: 2014-05	DIN 19747: 2009-07
DIN 38407-43: 2014-10	DIN 38409-1: 1987-01	DIN 38414-17: 2014-04
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 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	LAGA PN 98: 2001-12	

### Grenzwerteinstufung

Z0 Boden - Sand	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1	Einstufung
LAGA Z0 - Boden uneingeschränkter Einbau - Bodenart Sand	LAGA Z1.1 - Boden - eingeschränkter offener Einbau	Deponieklasse 0 nach Deponieverordnung (aktuelle Version)	Deponieklasse 1 nach Deponieverordnung (aktuelle Version)	eingehalten

**Endeinstufung** LAGA Z0 - Boden (Bodenart Sand) + 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 - Sand	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Probennahme Boden / Abfall	AG					
Probennahmeprotokoll	n.vorhanden					
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg					
Probenvorbereitung	s.Anlage					
Feuchte (105°C)	14,6	%				
Trockenrückstand (105°C)	85,5	%				
Glühverlust (550°C)	0,40	%			3	3

## Prüfbericht-Nr: B217080

**Auftraggeber** 14491  
 Kleegräfe Geotechnik GmbH  
 Holzstr. 212  
 D-59556 Lippstadt

**Eingangsdatum** 28.04.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202113560  
**Probenehmer / -eingang** AG / Nightstar  
**Prüfört** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 28.04.2021 - 06.05.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 1+2  
**Herkunftsort** Delbrück, Lipshof  
**Entnahmeort** Delbrück, Lipshof

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - Sand	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Glührückstand (550°C)	99,6	%				
TOC (TS)	<0,1	%	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	mg/kg	10	45		
Blei (TS)	<10	mg/kg	40	210		
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	0,4	3		
Chrom (TS)	<10	mg/kg	30	180		
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	20	120		
Nickel (TS)	<10	mg/kg	15	150		
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,1	1,5		
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	0,4	2,1		
Zink (TS)	<10	mg/kg	60	450		
Elution mit dest. Wasser	ja					
pH-Wert (Eluat)	7,62		6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 13	5,5 - 13
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	15	µS/cm	250	250		
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%			0,4	3
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	7,5	mg/L			400	3000
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,1	0,2
DOC (Eluat)	2,38	mg/L			50	50

## Prüfbericht-Nr: B217080

**Auftraggeber** 14491  
 Kleegräfe Geotechnik GmbH  
 Holzstr. 212  
 D-59556 Lippstadt

**Eingangsdatum** 28.04.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202113560  
**Probenehmer / -eingang** AG / Nightstar  
**Prüfort** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 28.04.2021 - 06.05.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 1+2  
**Herkunftsort** Delbrück, Lipshof  
**Entnahmeort** Delbrück, Lipshof

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - Sand	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Chlorid-IC (Eluat)	0,37	mg/L	30	30	80	1500
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,005	0,005		
Cyanid, I. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L			0,01	0,1
Fluorid-IC (Eluat)	0,15	mg/L			1	5
Sulfat-IC (Eluat)	0,91	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 06.05.2021



i.A. Dorothea Egbun  
 Projektmanagement

Formblatt VA-HuK-025-F1

**Probenvorbereitungsprotokoll**

**A. Allgemeine Angaben**

**Datum** 28.04.2021 **Proben-Nr.** P202113560  
**Auftraggeber** KleeGräfe Geotechnik GmbH  
**Ansprechpartner** Herr Dipl.-Ing. (FH) KleeGräfe  
**Probenkennzeichnung** MP BS 1+2

**B. Probenahmeinformationen**

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

**C. Untersuchungsinformationen**

**Untersuchung gem. Untersuchungsparameter**  LAGA Boden  LAGA Bauschutt  DepV  PAK nach RuVA-Sib 01  sonst.:  
 physikalisch  anorganisch Feststoff  anorg. Eluat  leichtflüchtig  
 biologisch  organisch Feststoff  organ. Eluat  
**Bemerkungen**

**D. Probenvorbereitung (von der Labor- zur Prüfprobe)**

**Sortierung**  Nein  Ja:  
**Siebung**  Nein  Ja **Siebschnitt [mm]**  
**Durchgang [%]** **Analytik von**  Durchgang  Rückstand  gesamt  
**Zerkleinerung**  Nein  Ja  Brechen  Shreddern  sonstiges:  
**Teilung**  1/4-Teilung  Riffelteiler  Rotationsverteiler  sonstiges:  
**Prüf-/Rückstellproben** Originalsubstanz  Nein  Ja [g]: 500  Rückstellprobe  
Trockensubstanz  Nein  Ja [g]: 100  Rückstellprobe  
Probe für Eluat  Nein  Ja [g]: 100  Rückstellprobe

**E. Probenaufbereitung (von der Prüf- zur Messprobe)**

**Trocknung**  bei 105°C  chemisch  Lufttrocknung  sonstiges:  
**Feinzerkleinerung**  Nein  Ja  Mahlen  Schneiden  sonstiges:  
**Siebung**  Nein  Ja **Endfeinheit [mm]**  
**Prüf-/Rückstellproben** Gemahlene TS  Nein  Ja [g]: 50  Rückstellprobe

**F. Sonstiges**

**Bemerkungen**  
**Ort / Datum** Wenden / 28.04.2021 **Unterschrift**   
i.A. Maximilian Wagener

ANLAGE 9.1  
Fotodokumentation

**Fotodokumentation**

**Seite 1**

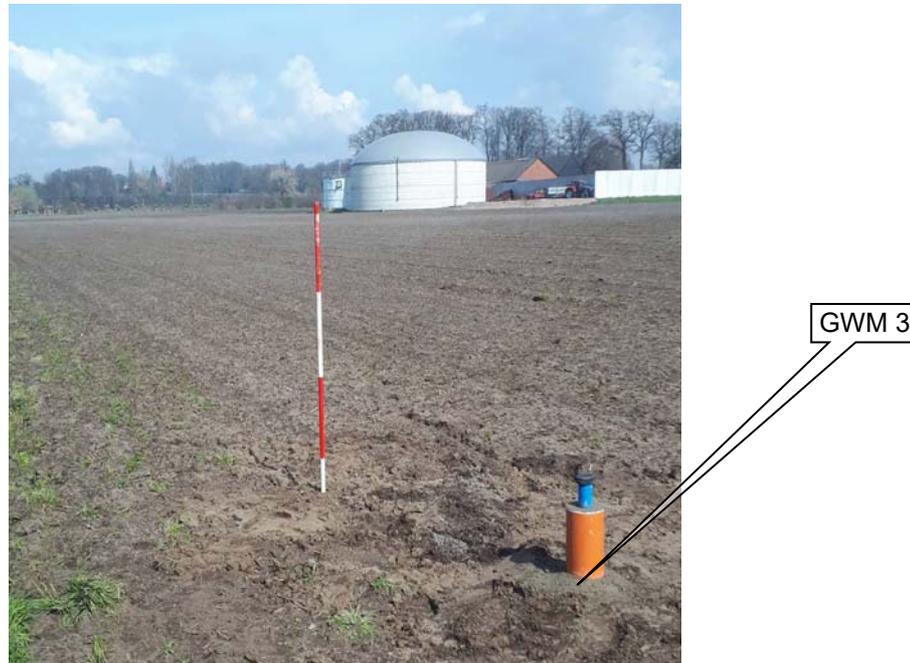
**Anlage 9.1**

Situation am 20./21.07.2021



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

Situation am 20./21.07.2021



**Foto 2:** Blickrichtung ~N; Bereich der BS / GWM 3 (Markierung)