

## GEOTECHNISCHER BERICHT

**Projekt:** Errichtung von 16 Reihen- und 4 Doppelhäusern  
Deipenweg / Wiesenpfad, 33104 Paderborn-Schloss Neuhaus



- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

**Auftraggeber:** WEGENER MASSIVHAUS GMBH  
Pagendarmweg 7, 33100 Paderborn

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

**Projekt-Nr.:** 21 09 89

Lippstadt, den 14. Dezember 2021

## - INHALTSVERZEICHNIS -

<b>1. AUFGABENSTELLUNG / VORGANG / LAGE</b>	<b>3</b>
<b>2. UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG</b>	<b>6</b>
2.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE	6
2.2 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE	7
<b>3. CHEMISCHE UNTERSUCHUNG DES AUSHUBMATERIALS</b>	<b>10</b>
3.1 BEWERTUNG DER MISCHPROBE ´MP MUTTERBODEN´	11
3.2 BEWERTUNG DER MISCHPROBEN ´MP BS 1-6´ UND ´MP BS 7-10´	13
<b>4. INGENIEURGEOLOGISCHE BAUGRUNDBEURTEILUNG</b>	<b>14</b>
4.1 BAUGRUNDBEURTEILENDE LABORVERSUCHE	14
4.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5)	16
4.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	17
4.4 BODENKLASSEN, HOMOGENBEREICHE, BODENGRUPPEN UND FROSTKLASSEN	18
4.5 HOMOGENBEREICHE GEM. VOB TEIL C	20
<b>5. VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES</b>	<b>21</b>
5.1 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (GELÄNDE-/AUFFÜLLVERSUCHE)	21
5.2 BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS	22
5.3 HINWEISE ZUR NIEDERSCHLAGSWASSERABFÜHRUNG	24
<b>6. HINWEISGEBUNGEN ZUR BAUDURCHFÜHRUNG</b>	<b>28</b>
6.1 ALLGEMEINE HINWEISGEBUNGEN	30
6.2 ERRICHTUNG DER EG-BODENPLATTEN (PLATTENGRÜNDUNG)	34
<b>7. ANLAGEN</b>	<b>37</b>

## 1. Aufgabenstellung / Vorgang / Lage

In 33104 Paderborn-Schloss Neuhaus wird am 'Deipenweg' die Errichtung von 16 Reihenhäusern und 4 Doppelhäusern geplant (Gemarkung Schloss Neuhaus, Flur 3, Flurstück 2361).

Aufgabe war die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und Baugrundbeurteilung für die Plangebäude sowie gründungstechnische Hinweisgebungen. Zudem sollte eine hydrogeologische Untersuchung des örtlichen Versickerungspotenzials mittels Auffüllversuchen sowie die Dimensionierung eines Versickerungsbauwerks bei ggf. vorliegender Positiveignung der Böden erfolgen.

Die WEGENER MASSIVHAUS GMBH (Pagendarmweg 7, 33100 Paderborn) beauftragte das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH (Holzstraße 212, 59556 Lippstadt) mit den Untersuchungen sowie der Erstellung des Gutachtens.

Auftraggeber: WEGENER MASSIVHAUS GMBH  
Pagendarmweg 7, 33100 Paderborn

Bodengutachter: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH  
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Für die Geländearbeiten sowie die Ausarbeitung steht ein vom Auftraggeber übermittelter Lageplan zur Verfügung (Maßstab 1:500, Stand 15.03.2021). Der Untersuchungsumfang ist in der folgenden Tabelle 1 dargestellt.

Gelände (27.-28.10.2021)	- Rammkernsondierung (Ø 60 - 50 mm)	10 Stück
	- Einmessung in Höhe und Lage	10 Stück
	- Leichte Rammsondierung (DPL-5)	10 Stück
	- Versickerungsversuche (Auffüllversuche)	5 Stück
Bodenmechanisches Labor	- Korngrößenanalyse (DIN EN ISO 17892-4)	5 Stück
	- Wassergehaltsbestimmung (DIN EN ISO 17892-1)	5 Stück
	- Glühverlustbestimmung (DIN 18 128)	1 Stück
Chemisches Labor	- Parameterumfang LAGA <sub>Boden</sub> + DepV	2 Stück
	- Parameterumfang BBodSchV (Anhang 2 Tab. 4.1+4.2)	1 Stück

**Tabelle 1:** Untersuchungsumfang

Die Lage der Baugrunderschließungen geht aus der Anlage 1.1 (Lageplan) hervor. Die Ansatzpunkte wurden mittels GNSS eingemessen (Bezug UTM32U; DHHN92 = m NHN). Der Anlage 9.1 ist eine Fotodokumentation zu entnehmen.

Lage: Das relevante Areal ist östlich des Zentrums des zu 33104 Paderborn gehörigen Stadtteils 'Schloss Neuhaus' gelegen. Am Untersuchungstag befand sich im Nordwesten des überplanten Bereichs ein Wohnhaus. Der 'Deipenweg' erschließt das Gelände von Norden und der 'Wiesenpfad' von Westen her. Der Nahbereich wird durch lockere Wohnbebauung sowie Grünflächen mit Sträuchern und Bäumen geprägt.

Vorfluter: Es befinden sich keine Vorfluter im unmittelbaren Nahbereich des Untersuchungsgebietes. Etwa 300 m südöstlich mäandriert der Hauptvorfluter 'Lippe' mit örtlich etwa südwestlicher Entwässerungsrichtung.

Morphologie: Im Untersuchungsgebiet konnten Höhenunterschiede von 1,15 m zwischen den Bohransatzpunkten festgestellt werden. Die Höhenkoten liegen zwischen +106,58 m NHN und +107,73 m NHN. Großräumig betrachtet liegen keine deutlichen Höhenunterschiede vor. Es handelt sich um die Frosteinwirkungszone I (gem. RStO 12).

Vornutzung: Der nordwestliche (vordere) Bereich des Grundstücks lag am Untersuchungstag mit einem Wohnhaus (Hs.-Nr. 26) bebaut vor. Dem IB KLEEGRÄFE liegen keine Informationen zur Gründung oder dem Rückbau des bestehenden Gebäudes vor. Hinweisgebungen zum Rückbau des Gebäudes sind nicht Bestandteil der Beauftragung.

Anhand der Fotodokumentation wird ein ggf. relevanter Baum- und Strauchbestand auf weiten Bereichen des Grundstücks deutlich (siehe Anlage 7.1).

Bei den folgenden Hinweisgebungen wird davon ausgegangen, dass o.g. Gebäude maßnahmenvorlaufend vollständig und tiefgründig entfernt / rückgebaut wird. Gegebenenfalls vorhandene alte Schächte, Kanäle, Fundamente, Bodenplatten oder sonstige Unterflurbauteile sind vollständig zu entfernen (Stichwort: 'Tiefenenttrümmerung'). Des Weiteren sind alle Bäume und Büsche inklusive der Stubben maßnahmenvorlaufend vollständig und tiefgründig aus dem Baufeld bzw. den Baufeldern zu entfernen.

Auf dem Grundstück entstehende Massendefizite (z.B. Kellerraumverfüllung o.ä.) sind durch volumenkonstantes und verdichtungsfähiges Ersatzmaterial lagenweise aufzubauen und ordnungsgemäß zu verdichten. Die ordnungsgemäße Verdichtung von Massendefiziten ist maßnahmenvorlaufend durch Plattendruckversuche und Rammsondierungen nachzuweisen. Die Lagerungsdichte des Massendefizitaufbaus sollte zur Homogenisierung des Lastabtragbereichs in etwa der Lagerungsdichte der umgebenden Geogenböden entsprechen.

Ver- und Entsorgungsleitungen: Alle Ver- und Entsorgungsleitungen im Grundstücksbereich sind im weiteren Verlauf der Arbeiten zu schützen.

Erdbebenzone/Gefährdungspotenziale: Nach der *‘Karte der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland, hier: NRW’* (1:350.000, Geologischer Dienst NRW, 2006) ist das Arbeitsgebiet in einem *‘Gebiet außerhalb von Erdbebenzonen’* gelegen. Das Online-Fachinformationssystem *‘Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW’* des Geologischen Dienstes NRW gibt für das von der Maßnahme betroffene Km-Quadrat 23842 keine Gefährdungspotenziale an.

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

Radon: Das neue deutsche Strahlenschutzgesetz ist seit Dezember 2018 in Kraft. Es enthält in den §§ 121 bis 132 erstmals verbindliche rechtliche Regelungen zum Radonschutz.

Gemäß Mitteilung des *Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NRW* vom 28.01.2021 kommt es in NRW zu keiner Radonvorsorgegebietsausweisung, da die diesbezüglichen Kriterien in NRW an keinem Ort erfüllt werden.

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

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

## 2. Untergrunderschließung

### 2.1 Untergrundschichtung / Geologie

Die Bodenansprache erfolgte durch einen Dipl.-Geologen nach den entsprechenden DIN-Normen. Die Bohrungen wurden im Bereich der geplanten Wohnhäuser angesetzt. Die Schichtenverzeichnissen wurden zu Schichtprofilen entwickelt und höhenmäßig zueinander in Beziehung gestellt (siehe Anlage 2.1).

Die Materialansprache und -einteilung (Kies-Sand-Schluff-Ton) im Gelände erfolgt gemäß DIN nach der im Bohrgut vorhandenen Korngröße. Die Sondierungen stellen punktuelle Untergrundaufschlüsse dar, daher kann an anderen Stellen ein von den unten gemachten Angaben abweichender Untergrundaufbau vorliegen. Die Ergebnisse sind zusammenfassend in den Tabellen 2a und 2b aufgeführt.

BS	1	2	3	4	5
<b>Wohnhaus Nr.</b>	<b>01 - 04</b>		<b>05 - 06</b>	<b>07 - 09</b>	<b>10 - 11</b>
Ansatz	+107,66	+107,37	+106,98	+107,17	+107,33
Mutterboden	0,00 - 0,50	0,00 - 0,55	0,00 - 0,40	0,00 - 0,70	0,00 - 0,80
Fluviatilsand	ab 0,50	ab 0,55	0,40 - 3,65 ab 4,25	0,70 - 3,80 ab 4,35	ab 0,80
Fluviatilkies	-	-	3,65 - 4,25	3,80 - 4,35	-
Grundwasser	BLZ bei 2,25 = +105,41	2,23 = +105,14	1,94 = +105,04	BLZ bei 2,10 = +105,07	BLZ bei 2,18 = +105,15
DPL-5	X	X	X	X	X
Endteufe	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

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

BS	6	7	8	9	10
<b>Wohnhaus Nr.</b>	<b>12 - 14</b>		<b>15 - 20</b>		
Ansatz	+107,73	+106,58	+106,82	+106,66	+106,92
Mutterboden	0,00 - 0,90	0,00 - 0,40	0,00 - 0,45	0,00 - 0,50	0,00 - 0,55
Fluviatilsand	ab 0,90	ab 0,40	0,45 - 3,50 ab 4,05	ab 0,50	ab 0,55
Fluviatilkies	-	-	3,50 - 4,05	-	-
Grundwasser	BLZ bei 2,10 = +105,63	1,82 = +104,76	1,80 = +105,02	BLZ bei 1,82 = +104,84	1,88 = +105,04
DPL-5	X	X	X	X	X
Endteufe	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

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

Aufgrund des verwendeten Sondendurchmessers konnte kein Material in Stein- und Blockkorngröße erbohrt werden. 'In-situ' kann jedoch sowohl in den Auffüllungen (z.B. Ziegel-, Betonbruch, alte Fundamente o.ä.) als auch im geogenen Profildbereich (z.B. 'fluviatile Steine' o.ä.) Material in Stein- und Blockkorngröße nicht ausgeschlossen werden.

Geologie: Bei den angetroffenen Schichteinheiten handelt es sich durchgängig um Lockergestein. Das oberkretazische Festgestein wurde bis zu den jeweiligen Endteufen in keiner der Bohrungen, auch nicht im ver-/angewitterten Zustand, erbohrt und besitzt somit keine Projektrelevanz.

Der geogene Profildbereich wird von sandigen Flussablagerungen der Weichsel-Kaltzeit, sog. Niederterrassen geprägt. Im oberen Profildbereich wurden organische Oberböden erbohrt.

Bodenbelastungen: Grundsätzlich wurde das geförderte Bohrgut auch einer umweltgeologischen Bodenansprache unterzogen und auf auffällige bzw. schadstoff-behaftete Inhaltsstoffe kontrolliert. Bei dieser organoleptischen Bodenansprache konnten keine auffälligen Bestandteile erkannt werden.

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

## **2.2 Grundwasser / Hydrogeologie**

Bei den angetroffenen Nässeverhältnissen handelt es sich um eine zeitliche Momentaufnahme. Langfristige Messdaten liegen nicht vor. Die Bohrarbeiten wurden in einer niederschlagsmäßig annähernd 'normalen' Herbstperiode durchgeführt. Die angetroffenen Feuchtezustände stellen keine Hoch- oder Maximalstände dar. In länger niederschlagsintensiven Perioden ist mit deutlich höheren Bodenfeuchten bzw. geringeren Grundwasser-Flurabständen zu rechnen (Anstiegspotenzial).

Nach dem Ziehen der Sonden konnte in den Bohrlöchern der BS 2, BS 3, BS 7, BS 8 und BS 10 Grundwasser zwischen 1,80 - 2,23 m unter GOK gelotet werden. In den übrigen Bohrungen konnte jeweils ein Bohrlochzusammenfall (BLZ) zwischen 1,82 - 2,25 m unter GOK festgestellt werden. Die BLZ sind aufgrund der angesprochenen Bodenfeuchte in diesen Profildbereichen vermutlich auf die unmittelbare Vorlage von Grundwasser i.w.S. zurückzuführen.

**An den Untersuchungstagen konnte Grundwasser somit bei im Mittel ca. 2,01 m unter GOK aufgezeigt werden, was einer mittleren Höhenkote von +105,11 m NHN entspricht. Eine klare Grundwasserfließrichtung lässt sich aus den ermittelten Daten jedoch nicht ableiten.**

Von den erbohrten Fluviatilsanden sowie den untergeordnet auftretenden sandigen Kiesen mit überwiegend (sehr) geringem Feinkornanteil geht kein nennenswertes Staunäsepotenzial aus.

Hinsichtlich der Festlegung des für die Faktoren 'Auftrieb' und 'drückende Wasserverhältnisse' ausschlaggebenden 'Bemessungswasserstandes' sei explizit darauf hingewiesen, dass die dafür gemäß DIN 4022, Anhang C 2.2 und DIN 18533 notwendigen Daten, insbesondere was den Punkt 'langjährige Beobachtungsergebnisse aus der Umgebung' anbelangt, bislang keine ausreichende Datengrundlage besteht. Hier ist dann ein sog. 'additiver Zuschlag' (lt. Anhang C) über den höchsten erkundeten Wasserstand zu wählen.

Für das vorliegende Bauvorhaben wird nach DIN 4022 (Anhang C) und DIN EN ISO 22475-1 aufgrund der nicht ausreichenden Datengrundlage sowie dem Grundwasser-Anstiegspotenzial empfohlen, den **Grundwasser-Bemessungswasserstand 1,0 m unter jeweils vorliegender akt. GOK** anzusetzen (akt. GOK = Geländeoberkante zum Zeitpunkt der Untersuchungen am 27.-28.10.2021).

**Hydrogeologisches Fazit:** Grundwasser konnte am Untersuchungstag bei i.M. 2,05 m unter GOK aufgezeigt werden. Es besteht ein Grundwasser-Anstiegspotenzial. Der Bemessungswasserstand ist aufgrund des Anstiegspotenzials etwa 1,0 unter der jeweils aktuellen GOK anzusetzen. Eine Beeinflussung der Unterflurbauteile durch Grundwasser ist durch eine Abdichtung nach DIN 18 533 zu verhindern. Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die 'Expositionsklassen für Betonbauteile' zu berücksichtigen.

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

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

Oberboden:

Sand, organisch, schwach schluffig .....  $10^{-5} - 10^{-6}$

Fluviatilsand:

Sand .....  $10^{-4} - 10^{-6}$

Fluviatilkies:

Kies, stark sandig .....  $10^{-4} - 10^{-5}$

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. Chemische Untersuchung des Aushubmaterials

Es wurden zwei Mischproben des Aushubmaterials auf den Parameterumfang gemäß LAGA<sub>Boden</sub> und Deponieverordnung untersucht, um qualifizierte Aussagen zur Wiedereinbaueignung bzw. Entsorgung treffen zu können.

Die chemischen Analysen der Proben führte die HORN & CO. ANALYTICS GMBH (Otto-Hahn-Straße 2, 57482 Wenden) durch, welche die entsprechenden Zulassungen besitzt. Die detaillierten Analysenergebnisse sind der Anlage 8.1 zu entnehmen.

**Methodik / Parameterumfang:** Die Parameterauswahl (siehe Tabelle 3) erfolgte unter orientierenden Gesichtspunkten. Es handelt sich um Geogenböden, welche bei der Maßnahme vermutlich in Teilbereichen aufgenommen werden müssen.

Bei den untersuchten Proben handelt es sich um aus Bohrungseinzelproben zusammengestellte Mischproben. Die in den Mischproben enthaltenen Einzelproben sind der Tabelle 3 sowie die Details zur Probenahme (Bodenart, Entnahmetiefe, etc.) der Anlage 2 (Schichtendarstellung) zu entnehmen. Zusammenfassende Probenahmeprotokolle (z.B. zur Vorlage bei der Deponie) liegen KLEEGRÄFE-intern vor und können bei Bedarf nachgereicht werden.

Untersuchungsumfang	Mischprobenzusammenstellung
- LAGA <sub>Boden</sub> , Feststoff + Eluat; 1 Stück - Deponieverordnung; 1 Stück	´MP BS 1-6´: 1/2 + 1/3 + 1/4 + 2/2 + 2/3 + 2/4 + 2/5 + 2/6 + 3/2 + 3/3 + 3/4 + 4/2 + 4/3 + 4/4 + 5/2 + 5/3 + 5/4 + 5/5 + 6/2 + 6/3
- LAGA <sub>Boden</sub> , Feststoff + Eluat; 1 Stück - Deponieverordnung; 1 Stück	´MP BS 7-10´: 7/2 + 7/3 + 7/4 + 8/2 + 8/3 + 8/4 + 9/2 + 9/3 + 9/4 + 10/2 + 10/3 + 10/4
- BBodSchV (Anh. 2, Tab. 4.1+4.2)	´MP Mutterboden´: 1/1 + 2/1 + 3/1 + 4/1 + 5/1 + 6/1 + 7/1 + 8/1 + 9/1 + 10/1

**Tabelle 3:** Analysenparameter / Probenauswahl

Die Analyse und Bewertung der ´MP BS 1-6´ und ´MP BS 7-10´ erfolgte jeweils auf den Parameterumfang gemäß LAGA<sub>Boden</sub>, da der Anteil an ´mineralischen Fremdstoffen´ weniger als 10 Vol.-% beträgt und dieser den vollständigeren Parameterumfang beinhaltet. Natursteinabraum gilt definitionsgemäß nicht als ´mineralischer Fremdstoff´. Ergänzend wurde jeweils der Parameterumfang gemäß Deponieverordnung (DepV) untersucht.

Die Analyse der 'MP Mutterboden' erfolgte auf die Vorsorgewerte der BBodSchV aufgrund der Vorlage eines besonderen Schutzgutes gemäß BBodSchV.

Die bodenmechanischen Anforderungen sind beim Wiedereinbau zu beachten

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

- *Technischen Regeln - Ländergemeinschaft Abfall: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen (LAGA-Richtlinie M 20, Stand 1997ff und die 'Technische Regel Boden' TR Boden, Stand 05.11.2004).*
- *Deponieverordnung DepV ('Verordnung über Deponien und Langzeitlager', Stand: 27.04.2009, letzte Änderung: 30.06.2020).*
- *Bundesbodenschutzgesetz (BBODSCHG, März 1999ff) / die Bundesbodenschutzverordnung (BBODSCHV; März 1999ff).*

### **3.1 Bewertung der Mischprobe 'MP Mutterboden'**

Verdachtspunkte: Es wurden an den Ansatzpunkten oberflächennah, z.T. anthropogen beeinflusste Böden angesprochen. Konkrete Verdachtspunkte aufgrund der Vornutzung liegen nicht vor.

Beprobungstiefen: Es wurde eine flächendeckende Mischprobe aus den erbohrten Proben der Oberböden zusammengestellt und analysiert.

Organoleptisch erfolgte eine sorgfältige und fachgerechte Bodenansprache durch einen erfahrenen Dipl.-Geologen (Sachverständiger i.S.d. § 18 BBodSchG). Bei der Bodenansprache konnten keine potentiell auffälligen Bestandteile erkannt werden.

Bewertung: Die Boden-/Auffüllungs-Bewertung erfolgt nach der folgenden Richtlinie/ Verordnung.

- Vorsorgewerte und Prüfwerte der *Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung* (BBodSchV, Stand 12.07.1999; Anhang 2, Tabellen 1.4, 4.1 und 4.2).

#### **Zuordnung nach BBodSchG/V**

Zur Bewertung der Analyseergebnisse der Mischprobe 'MP Mutterboden' wurden die u.g. BBODSCHG/V-Vorsorgewerte (*hier relevant: Vorsorgewerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch für die Nutzungsart 'Kinderspielflächen'*) herangezogen.

Die untersuchten und in der BBodSchV aufgeführten und projektrelevanten Parameter weisen nachfolgende Prüfwerte auf (Tabelle 4):

Parameter / Prüfwerte in (mg/kg)	Analyse-ergebnisse [mg/kg]	Kinderspiel- flächen [mg/kg]	Industrie- und Gewerbegrundstücke [mg/kg]
Benzo(a)pyren (PAK-Anteil)	0,022	2	12
Polychlorierte Biphenyle (PCB <sub>6</sub> )	< 0,01	0,4	40
Cyanide (gesamt)	n.b.	50	100
Aldrin	n.b.	2	-
DDT	n.b.	40	-
Pentachlorphenol	n.b.	50	250
Hexachlorcyclohexan	n.b.	5	400
Hexachlorbenzol	n.b.	4	200
Schwermetalle Arsen	n.b.	25	140
Blei	18,2	200	2.000
Cadmium	< 0,1	10	60
Chrom	< 10	200	1.000
Nickel	< 10	70	900
Quecksilber	< 0,1	10	80

**Tabelle 4:** relevante Prüfwerte zur Boden-Beurteilung (BBodSchV) in n.b. = nicht bestimmt; grün = Prüfwert eingehalten

Bewertung nach BBodSchV: Die untersuchte Probe unterschreitet in den gemessenen Konzentrationen die o.g. Parameter der Prüfwerteliste der BBodSchV der relevanten Nutzungsart 'Kinderspielflächen' (Anlage 8.1). **Die Probe 'MP Mutterboden' ist unter Berücksichtigung eines nicht vollumfänglichen Analyseumfanges als unauffällig/unbedenklich einzustufen.**

Parameter	MP Mutterboden [mg/kg]	Vorsorgewerte <sub>Sand</sub> (bestehende Bodenschicht)	70%-Vorsorgewerte (neue Bodenschicht)
Cadmium	< 0,1	0,40 mg/kg	0,28 mg/kg
Blei	18,3	40,00 mg/kg	28,00 mg/kg
Chrom	< 10	30,00 mg/kg	21,00 mg/kg
Kupfer	< 10	20,00 mg/kg	14,00 mg/kg
Quecksilber	< 0,1	0,10 mg/kg	0,07 mg/kg
Nickel	< 10	15,00 mg/kg	10,50 mg/kg
Zink	33,5	60,00 mg/kg	42,00 mg/kg
PCB	< 0,01	0,05 mg/kg	0,05 mg/kg
Benzo(a)pyren	0,022	0,30 mg/kg	0,30 mg/kg
PAK <sub>16</sub>	< 1,0	3,00 mg/kg	3,00 mg/kg

**Tabelle 5:** Analysenergebnisse / Vorsorgewerte Metalle + organische Stoffe [mg/kg]  
grün = Vorsorgewert eingehalten

Wie der Tabelle 7 zu entnehmen ist, hält die analysierte Oberbodenmischprobe alle Vorsorgewerte für Böden (Vorsorgewerte Metalle und organische Stoffe für Böden mit einem Humusgehalt  $\leq 8$  %) der Bundesbodenschutzverordnung sowohl für die Wiederaufbringung auf eine bestehende durchwurzelbare Bodenschicht als auch zur Herstellung einer neuen durchwurzelbaren Bodenschicht ein. Aus gutachterlicher Sicht kann der Mutterboden bevorzugt in g.g. Funktion eingesetzt werden.

### 3.2 Bewertung der Mischproben 'MP BS 1-6' und 'MP BS 7-10'

Die Analysenergebnisse zeigen keine Auffälligkeiten. Das Material der Mischproben 'MP BS 1-6' und 'MP BS 7-10' kann somit gemäß **LAGA<sub>Boden</sub> Z0** und **Deponieklasse DK 0** eingestuft werden.

## 4. Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

### 4.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche

Korngrößenanalyse (DIN EN ISO 17892-4): Es wurden fünf Korngrößenanalysen mit den im Gründungs-/Lastabtragsbereich anstehenden Sanden durchgeführt. In den Anlagen 3.1 - 3.2 sind die Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Ergebnisse der Analysen sind zusammenfassend in der Tabelle 6 aufgeführt.

Probe / (Genese)	Profilbereich m u.GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	d <sub>10</sub> (mm)	k <sub>r</sub> -Wert (m/s)*	Wassergehalt w
1/4 (S)	1,40 - 2,30	1,5		<b>98,3</b>	0,2	0,12915	1,7 x 10 <sup>-4</sup>	7,77 %
2/7 (S)	2,50 - 3,75	1,8		<b>96,4</b>	1,8	0,11916	1,4 x 10 <sup>-4</sup>	18,38 %
3/6 (S)	3,65 - 4,25	1,9		<b>59,0</b>	<b>39,1</b>	0,15328	1,6 x 10 <sup>-4</sup>	12,66 %
6/3 (S)	1,85 - 2,60	1,4		<b>98,5</b>	0,1	0,12387	1,5 x 10 <sup>-4</sup>	17,27 %
9/4 (S)	1,75 - 2,85	1,2		<b>97,8</b>	1,0	0,12972	1,7 x 10 <sup>-4</sup>	20,05 %

**Tabelle 6:** Ergebnisse der Korngrößenanalysen/Wassergehaltsbestimmungen

Genese: S = Fluvialsand; **fett** = prägend;

\*k<sub>r</sub>-Wertebestimmung: nach BEYER bei nicht bindigen Böden;

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

Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen zeigen, dass die bodenmechanischen Eigenschaften von Fein- und Mittelsand geprägt werden. In einigen Profilbereichen kann ein deutlicher kiesiger Anteil vorliegen.

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

Probe 1/4: Sand	(DIN 18 196: SE)
Probe 2/7: Sand	(DIN 18 196: SE)
Probe 3/6: Sand, stark kiesig	(DIN 18 196: SW)
Probe 6/3: Sand	(DIN 18 196: SE)
Probe 9/4: Sand	(DIN 18 196: SE)

Durchlässigkeit: Der Durchlässigkeitsbeiwert kann bei nicht bindigen Böden orientierend anhand der Kornverteilungskurve nach BEYER bestimmt werden. Es ergeben sich Durchlässigkeiten in einer Größenordnung von k<sub>r</sub> ~ 1,0 x 10<sup>-4</sup> m/s, welche nach DIN 18 130 als 'stark durchlässig' zu bezeichnen sind.

Wassergehaltsbestimmungen (DIN EN ISO 17892-1): Die untersuchten Böden weisen eine 'erhöhte' bis 'starke' Durchfeuchtung von w = 7,77 % bis w = 20,05 % auf (Anlage 4.1). Der Wassergehalt liegt weitgehend im Bereich einer

materialspezifischen Wassersättigung. Hier wird der Einfluss von Grundwasser deutlich.

Ungleichförmigkeitszahl: Die analysierten Sande der Proben 1/4, 2/5 6/3 und 9/4 weisen Ungleichförmigkeitszahlen von  $U \leq 3$  auf und sind damit als gleichförmig und enggestuft zu bezeichnen (SE-Sand). Diese SE-Sande weisen eine gewisse 'Verdichtungsunwilligkeit' auf, was hinsichtlich einer Nachverdichtung als ungünstig zu beurteilen ist und einer Schotterung zwecks Untergrundverbesserung bedarf. Stark kiesige Sande (Probe 3/6) verfügen aufgrund der weiteren Stufung über eine ausreichende Nachverdichtungseignung (SW-Sand).

Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): Nach der Frostempfindlichkeitsklassifikation der ZTVE-StB sind die untersuchten Böden aufgrund der prägenden Sandanteile in die Frostempfindlichkeitsklasse F 1 einzustufen ('nicht frostempfindlich').

Glühverlustbestimmungen (DIN 18 128): An der als 'schwach organisch' angesprochenen Bodenprobe 5/3 wurde ergänzend eine Glühverlustbestimmung durchgeführt (Glühverlust als Mittelwert von drei Versuchen; siehe Anlage 5.1). Das Ergebnis der Untersuchung ist zusammenfassend in der Tabelle 7 aufgeführt.

Probe	Material	Gruppen- symbol	Profilbereich (m u.GOK)	Organik / Glühverlust (% $V_{gl}$ )	Fazit
5/3	Fluviatilsand	SE	1,10 - 1,60	2,62	<i>nicht organischer Boden</i>

**Tabelle 7:** Ergebnisse der Glühverlustbestimmung

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

Nach DIN 1054 sind nicht bindige (sandige) Böden erst mit  $V_{gl} \geq 3 \%$  als *organische Böden* zu bezeichnen. Die Ergebnisse der Untersuchungen weisen innerhalb der Fluviatilsande (noch) keine erhöhten Organikgehalte auf. Aufgrund der punktuellen Untergrundaufschlüsse können erhöhte Organikgehalte in anderen Bereichen des Baugrundes jedoch grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden. Organische Böden beeinträchtigen die bodenmechanischen Eigenschaften und dürfen nicht zum Lastabtrag herangezogen werden. Organische Böden sind aus dem Baugrund zu entfernen oder mittels Fundament-Tieferführung zu durchhörtern.

**Bodenmechanisches Fazit:** Die bodenmechanischen Eigenschaften des Untergrundes werden von Fein- und Mittelsand geprägt. Die weitgehend 'stark' durchfeuchteten Bodenproben sind als 'stark durchlässig' einzustufen und der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 zuzuordnen ('nicht frostempfindlich'). Durch die Glühverlustbestimmung konnten zunächst keine organischen Böden nachgewiesen werden. Aufgrund der punktuellen Untergrundaufschlüsse können organische Böden in anderen Bereichen des Baufeldes jedoch grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden.

#### **4.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche (DPL-5)**

Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an die DIN 4094 bzw. DIN EN ISO 22476-2 und TP BF-StB Teil B15.1 und wurden mit der sog. leichten Rammsonde durchgeführt (DPL = 'Dynamic Probing Light 5', 5 cm<sup>2</sup> Spitzenquerschnitt). Die DPL erfolgten jeweils nahe der Bohrsondierungen. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe  $n_{10}$  gegen die Tiefe. Die Rammdiagramme der DPL sind in der Anlage 2.1 grafisch dargestellt und den jeweiligen Rammkernsondierungen gegenübergestellt. Ausgewertet werden lediglich die Bereiche unterhalb der ohnehin aufzunehmenden organischen Böden und Füllböden.

- ⇒ Fluviatilsand bis ca. 2,0 - 3,0 m unter GOK: In den im oberen und im mittleren Profilbereich erbohrten Sanden werden bis ca. 2,0 - 3,0 m unter GOK überwiegend niedrige bis mittlere Schlagzahlen von  $n_{10} \sim 5 - 12$  erzielt. Vermutlich hat hier eine Auflockerung der Sande im Grundwasserschwankungsbereich stattgefunden. Lediglich untergeordnet werden kurzzeitig geringfügig höhere Schlagzahlen erreicht. Die Sande liegen somit überwiegend in einer lockeren bis z.T. locker-mitteldichten Lagerung vor. Erst die durchgehende Vorlage von locker-mitteldicht gelagerten und organikfreien Sanden bietet projektbezogen eine ausreichende Gründungseignung.
- ⇒ Fluviatilsand und -kies ab ca. 2,0 - 3,0 m unter GOK: Im mittleren und unteren Profilbereich findet eine deutliche Zunahme der Schlagzahlen statt. Es werden überwiegend mittlere Schlagzahlen von  $n_{10} \sim 20 - 40$ , untergeordnet auch  $n_{10} > 80$  erreicht. Die dadurch aufgezeigten mitteldichten bis z.T. dichten Lagerungsverhältnisse der Sande und Kiese bieten eine ausreichende Gründungseignung.

### 4.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 8 werden, basierend auf örtlichen Erfahrungs- und Literaturwerten, Schwankungsbreiten der bodenmechanischen Kennwerte für die gründungsrelevanten Bodenschichten aufgeführt. Sie stellen gemäß DIN 1054 'vorsichtige Schätzwerte der Mittelwerte' (charakteristische Werte) dar.

BODENART	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi_k$ bzw. $\varphi_{s,k}$ (°)	$c_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$E_{s,k}$ (kN/m <sup>2</sup> )
<u>Schotterpolster</u> : Kies, sandig, schwach schluffig; ± dicht	21,0 - 22,0	13,0 - 14,0	35,0 - 37,5	0	60.000 - 100.000 <b>RW 80.000</b>
<u>Fluviatilsand</u> : Sand; locker	17,0 - 18,0	9,0 - 10,0	30,0	0	10.000 - 15.000 <b>RW 12.000</b>
<u>Fluviatilsand</u> : Sand; locker-mitteldicht	17,0 - 18,0	9,0 - 10,0	30,0	0	15.000 - 20.000 <b>RW 17.000</b>
<u>Fluviatilsand</u> : Sand; mitteldicht	18,0	10,0	32,5	0	20.000 - 30.000 <b>RW 25.000</b>
<u>Fluviatilsand</u> : Sand; dicht	19,0	11,0	35,0	0	35.000 - 45.000 <b>RW 35.000</b>
<u>Fluviatilkies</u> : Kies, sandig; +/- dicht	21,0 - 22,0	13,0 - 14,0	35,0	0	50.000 - 70.000 <b>RW 50.000</b>

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

$\gamma$  = Wichte des erdfeuchten Bodens  
 $\varphi_k$  = Reibungswinkel  
 $c_k$  = Kohäsion  
 RW = Rechenwert

$\gamma'$  = Wichte d. Bodens unter Auftrieb  
 $\varphi_{s,k}$  = Ersatzreibungswinkel  
 $E_{s,k}$  = Steifenziffer

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

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

Schichtglieder (Grobgliederung)	Boden- klassen <sub>alt</sub> (DIN 18 300)	Homogen- bereich Gewerk <b>Erdarbeiten</b>	Gruppensymbol (DIN 18 196)	‘Frostklasse’ ZTVE-StB	Boden- lösung
Mutterboden <sup>1)</sup>	1	-	A (OH)	F 2	‘Löffel- bagger’
Fluviatilsand <sup>1)</sup>	3	<b>Erd 1</b>	SE/SW	F 1	
Fluviatilkies	3, u.U. 2		GW	F 1	
Steine/Blöcke <sup>3)4)</sup>	3 - 5, ggf. 6/7		X/Y	F 1	

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

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

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

<sup>3)</sup> > 30 Gewichts-% Steinanteil  $\varnothing > 0,01 \text{ m}^3$  bis  $0,1 \text{ m}^3$  Einstufung in Bk 6

<sup>4)</sup> Steine über  $0,1 \text{ m}^3$  Rauminhalt = Bk 7

Für die Entfernung des z.T. aufgefüllten Mutterbodens erfolgt keine Ausweisung eines eigenen Homogenbereiches, da dieser gem. DIN 18320 ohnehin separat zu handhaben ist.

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

Diese Aussage gilt nicht für ggf. im Untergrund befindliches Material in Stein-/Blockkorngröße und ggf. im Untergrund befindliche, bislang unbekannte anthropogene Strukturen (Fundamente, Bodenplatten, Schächte, Kanäle, o.ä.).

Ebenso gilt dies nicht für ggf. anzutreffenden ‘fluviatile Steine’, die aufgrund der Genese des Untergrundmaterials grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden können. Bodenklasse 7 z.B. beinhaltet (neben Fels) auch Blöcke mit einem Kugeldurchmesser  $> 0,6 \text{ m}$  ( $> 0,1 \text{ m}^3$  Rauminhalt).

Erläuterungen zu Tabelle 9

Bodenklassen (DIN 18 300 <sub>alt</sub> )	Bodenklasse 1: Bodenklasse 2: Bodenklasse 3: Bodenklasse 4: Bodenklasse 5: Bodenklasse 6: Bodenklasse 7:	Oberboden fließende Bodenarten leicht lösbar Bodenarten mittelschwer lösbar Bodenarten schwer lösbar Bodenarten leicht lösbarer Fels oder vergl. Bodenarten schwer lösbarer Fels
Homogenbereich	Erd 1:	Eigenschaften siehe Tabelle 10
Gruppensymbol nach DIN 18 196	A OH SE/SW GW X/Y	Auffüllungen grob- u. gemischtkörnige Böden mit humosen Beimengungen eng- /weitgestufte Sande weitgestufte Kiese Steine/Blöcke
Frostklasse nach ZTVE-StB	F 1 F 2	nicht frostempfindlich gering bis mittel frostempfindlich

#### 4.5 Homogenbereiche gem. VOB Teil C

Die Festlegung von Homogenbereichen (Tabelle 10) erfolgt für das Gewerk 'Erdarbeiten' gem. DIN 18 300: 2019-09 im Hinblick auf die anzusetzende Geotechnische Kategorie 1 (GK 1; 'Kleiner Erdbau'). Grundlage ist der Einsatz eines ausreichend starken Baggers zur Bodenlösung (~ 20 t-Klasse). Sollten diesbezüglich andere Gerätschaften zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung gebeten, um die Homogenbereiche entsprechend anpassen zu können.

Nr. nach VOB	Kennwert/Eigenschaft	Wertebereich
2a, 2b	Anteil Steine und Blöcke	< 20 %
2c	Anteil große Blöcke	< 2 %
6	undrainierte Scherfestigkeit	n.b.
9	Konsistenz	n.b.
12	Plastizitätszahl	n.b.
14	Lagerungsdichte D	~ 0,30 - 0,65
20	Bodengruppe	SE, SW, GW X, Y
21	Ortsübliche Bezeichnung	Niederterrasse

**Tabelle 10:** Kennwerte für Homogenbereich Erd 1; n.b. = nicht bestimmbar

## 5. Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Es ist die Errichtung von Versickerungsbauwerken zur Versickerung der auf den versiegelten Flächen der geplanten Wohnhäuser anfallenden Niederschlagswässer geplant. Anhand der durch die Korngrößenanalyse sowie durch die Versickerungsversuche (Auffüllversuche) im Gelände ermittelten Durchlässigkeiten soll - bei physikalischer Eignung der Böden und Einhaltung rechtlicher Bestimmungen - die Bemessung eines entsprechenden Versickerungsbauwerks durchgeführt werden.

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

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

### 5.1 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Gelände-/Auffüllversuche)

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

Durchführung der Versickerungsversuche im Gelände: Die Versickerungsversuche wurden als hydrostatische Verfahren (Auffüllversuche) mit konstanter Druckhöhe durchgeführt ('open-end-test'). Für die Durchführung der Versuche wurde jeweils ein temporärer Pegel im Bohrloch der BS 2, BS 3, BS 5, BS 7 und BS 10 verwendet.

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

Die Ergebnisse der Versuche sind der Anlage 6.1 zu entnehmen. In der Tabelle 11 sind zusammenfassend die Ergebnisse der Versickerungsversuche dargestellt.

Bohrloch	BS 2	BS 3	BS 5	BS 7	BS 10
Bereich (m u.GOK)	1,00 - 2,23 m	1,00 - 1,85 m	1,00 - 2,24 m	1,00 - 1,72 m	1,00 - 1,88 m
Versickerungs-Medium	Fluviatilsand	Fluviatilsand	Fluviatilsand	Fluviatilsand	Fluviatilsand
Versuch 1 (m/s)	~ 1,86 x 10 <sup>-4</sup>	~ 1,32 x 10 <sup>-4</sup>	~ 3,05 x 10 <sup>-4</sup>	~ 3,92 x 10 <sup>-4</sup>	~ 6,58 x 10 <sup>-5</sup>
Versuch 2 (m/s)	~ 1,93 x 10 <sup>-4</sup>	~ 6,77 x 10 <sup>-5</sup>	~ 1,78 x 10 <sup>-4</sup>	~ 2,59 x 10 <sup>-4</sup>	~ 6,54 x 10 <sup>-5</sup>
Bewertung DIN 18 130	‘stark durchlässig’	‘stark - ‘ bis ‘durchlässig’	‘stark durchlässig’		‘durchlässig’
DWA -Bewertung	Versickerungseignung nach DWA: $k_f > 1,0 \times 10^{-6}$ m/s				
MURL -Bewertung	Versickerungseignung nach MURL: $k_f > 5,0 \times 10^{-6}$ m/s				
Bewertung	<u>ausreichende Versickerungseignung</u>				

**Tabelle 11:** Ermittlung der Durchlässigkeitsbeiwerte (Geländeversuche)

## 5.2 Bewertung des Versickerungspotenzials

Materialspezifische Bewertung: Die Versickerungsversuche belegen für den herangezogenen Profilbereich Durchlässigkeiten von  $k_f \sim 6,54 \times 10^{-5}$  m/s bis  $k_f \sim 3,92 \times 10^{-4}$  m/s (DIN 18 130: ‘durchlässig’ bis ‘stark durchlässig’). Durch die Korngrößenanalyse konnte rechnerisch eine mittlere Durchlässigkeit in der Größenordnung von  $k_f \sim 1,0 \times 10^{-4}$  m/s ermittelt werden.

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

Grundwasserrelevante Faktoren: Eine bei der Versickerung von Niederschlagswässern mitentscheidende Größe ist das Vorhandensein von Grundwasser und sein Flurabstand. In dem grundlegenden *DWA-Regelwerk A 138* wird empfohlen, aus hydrogeologischen und umweltgeologischen Aspekten einen Mindestabstand des am tiefsten gelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage

zum höchstgelegenen Grundwasserstand (= Bemessungswasserstand) von 1,0 m nicht zu unterschreiten.

**Der Entwurf des Arbeitsblattes DWA-A 138-1 (Stand 11/2020) eröffnet bei ´geringer stofflicher Belastung´ anfallender Wässer auch die Möglichkeit Sickerstrecken von 0,5 - 1,0 m als ausreichend anzusehen. Hierzu wird jedoch eine Rücksprache und Genehmigung mit der zuständigen Fachbehörde notwendig.**

Bei dem o.g. Bemessungswasserstand von 1,0 m unter aktueller GOK kann nur bei der Errichtung einer ´flachen´ Versickerungsanlage (Mulde) sowie eines vertikalen Mindestabstandes von ca. **0,7 m** zwischen Anlagenfuß und Bemessungswasserstand dauerhaft ein ausreichender Abstand zum Grundwasser gewahrt werden. **Es wird die diesbezügliche Rücksprache mit der zuständigen Fachbehörde erforderlich.**

Potenzielle Versickerungen dürfen somit ausschließlich oberflächennah erfolgen (Muldenanlagen). Die Sohle einer Versickerungsmulde sollte somit nicht tiefer als max. 0,3 m unter jeweils aktueller GOK reichen. Die o.g. wasserrechtlichen Mindestabstände zwischen Anlagenfuß und vermutetem GW-Hochstand können bei einer Muldenversickerung vermutlich dauerhaft eingehalten werden.

Auffüllungen/Mutterboden: Innerhalb der aufgefüllten Mutterböden können Schadstoffmobilisierungen aufgrund der punktuellen Untersuchungen nicht gänzlich ausgeschlossen werden, daher wird empfohlen diese vollständig aus dem Bereich des Versickerungsbauwerkes zu entfernen und ggf. durch ausreichend durchlässiges Material zu ersetzen.

Fluviatilsand: Die Sande sind mit der aufgezeigten Durchlässigkeit zur Versickerung von Regenwasser grundsätzlich geeignet. Alle gängigen technischen Hinweisgebungen (z.B. DWA-A 138) und gesetzlichen Erlasse (RdErl. des MURL NRW) beurteilen die Größenordnung der dargestellten  $k_f$ -Werte als versickerungsg geeignet.

Grundsätzlich sollte unter Sicherheitsaspekten bei der Anlagendimensionierungsberechnung ein abgeminderter Durchlässigkeitsbeiwert verwendet werden, um Material-Heterogenitäten und langfristige Verschlechterungen zu berücksichtigen.

Bodenzusammensetzung/-genese: Am Bohransatzpunkt steht ab ca. 0,4 - 0,8 m unter GOK der versickerungstechnisch geeignete Fluviatilsand an. Hierbei handelt es sich um einen gewachsenen/geogenen Boden, so dass Schadstoffmobilisierungen

nicht zu befürchten sind. Das Massendefizit zwischen der Unterkante der Anlage und der Oberkante des Fluviatilsandes ist durch ausreichend durchlässiges Material mit  $k_f \geq 5,0 \times 10^{-5}$  m/s aufzubauen.

**Fazit:** Versickerungen sind bei Zugrundelegung des Boden- und Grundwasserinventars technisch möglich. Die Versickerung kann materialspezifisch unmittelbar in den unter den Mutterböden erbohrten Fluviatilsanden durchgeführt werden.

Wasserrechtlich ist eine Versickerung nur zulässig, sofern eine fachbehördliche Genehmigung für einen vertikalen Mindestabstand von ca. 0,7 m zwischen Anlagenfuß und Bemessungswasserstand (Sickerstrecke) erteilt wird. Hierzu wird eine ergänzende Abstimmung mit der Fachbehörde des Kreises Paderborn (Untere Wasserbehörde) erforderlich.

Wird diese Genehmigung nicht erteilt kann ein ausreichender Mindestabstand zwischen der Unterkante einer Versickerungsanlage und dem Bemessungswasserstand z.B. durch eine Anhöhung des Geländes erfolgen.

### 5.3 Hinweise zur Niederschlagswasserabführung

Es ist vorab die Frage zu klären, ob für das Bauvorhaben seitens der Stadt Paderborn ein 'Anschluss- und Benutzungszwang' für vorhandene Entwässerungssysteme vorliegt. Für die weiteren Ausführungen wird davon ausgegangen, dass kein Anschlusszwang besteht.

Anhand der Ergebnisse der im Gelände mittels der Auffüllversuche gewonnenen Durchlässigkeiten zeigt sich eine ausreichende Versickerungseignung des Untergrundes. Die Dimensionierung der Versickerungsmulde sollte anhand eines detaillierten Flächenmaßes der anzuschließenden Flächen erfolgen.

Vorflutereingabe: Aufgrund des Nichtvorhandenseins eines Vorfluters im unmittelbaren Nahbereich existiert keine Möglichkeit einer Einleitung von Niederschlagswässern.

#### Qualität der Wässer (nach RdErl. MURL NRW):

Das anfallende Niederschlagswasser wird von den Unterzeichnern in Anlehnung an den Erl. des MURL NRW folgender Verschmutzungsstufe zugeordnet:

- (a) Dachflächenwasser: Da es sich um eine Dachfläche eines Wohnhauses im ländlichen Gebiet handelt, sind die anfallenden Dachflächenwässer als 'nicht belastet' (nicht verschmutzt) zu charakterisieren.

**Angeschlossene undurchlässige Flächen ( $A_u$ ):** Bei dem zu versickernden Wasser handelt es sich um Niederschlagswässer von Dachflächen. Da zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung keine Flächenaufmaße vorliegen, wird zunächst eine exemplarische Dachfläche von 1.000 m<sup>2</sup> ( $A_E$ ) angenommen (Einheitsfläche). Für die schrägen Dachflächen kann ein Abflussbeiwert von  $\Psi = 0,9$  angesetzt werden. Somit ergibt sich eine ‘angeschlossene undurchlässige Fläche’ ( $A_u$ ) von ~ 900 m<sup>2</sup>. Die konkrete Dimensionierung einer Versickerungsmulde sollte anhand der später tatsächlich angeschlossenen Flächen durchgeführt werden.

**Abstände:** Die zu errichtende Mulde muss einen Sicherheitsabstand von mind. 6,0 m zu unterkellerten Gebäudeteilen einhalten, sofern diese nicht über entsprechende Abdichtungen verfügen sollten. Bei nichtunterkellerten Gebäuden ist ein Abstand von 3,0 m einzuhalten. Versickerungsanlagen müssen des Weiteren einen Mindestabstand von 2,0 m zu Grundstücksgrenzen einhalten, sofern von dem betroffenen Nachbarn keine unterzeichnete und von der Behörde genehmigte Einverständniserklärung vorliegt.

**Versickerung:** Es sollte ausschließlich der Fluviatilsand ‘flächig’ im Bereich des Grundstücks als Versickerungsmedium herangezogen werden. Es sollte ein abgeminderter Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 5,0 \times 10^{-5}$  m/s angesetzt werden, um Material-Heterogenitäten und langfristige Verschlechterungen zu berücksichtigen.

**Abnahme/Kontrolle der Durchlässigkeit:** Notwendig ist die sorgfältige ingenieurgeologische Abnahme der Aushubsole, wobei die Grundwassersituation und die Versickerungsleistung zu überprüfen und gegebenenfalls eine Maßnahmenanpassung durchzuführen ist. Die Arbeiten zur Erstellung der Versickerungsanlagen sollten gutachterlich durch das IB KLEEGRÄFE begleitet werden.

**‘Belebte Bodenzone’:** Die Mulde muss mit einer 20 cm mächtigen ‘belebten Bodenzone’ ausgestattet werden. Die ‘belebte Bodenzone’ kann durch Beimischung von Humus in den anstehenden Fluviatilsand oder durch Einbringen eines 20 cm mächtigen humifizierten Sandes erstellt werden. Die Durchlässigkeit der ‘belebten Bodenzone’ muss  $k_f \geq 5,0 \times 10^{-5}$  m/s im eingebauten Zustand betragen.

**Details Mulde:** Die Mulde kann unter einer Böschungsneigung mit einem Winkel von 26° (1:2) geböscht werden. Die Mulde kann hinsichtlich der Formgebung bei Beachtung der notwendigen Versickerungsfläche und o.g. Mindestabständen 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 darf 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' betrifft ausschließlich den horizontalen Sohlbereich der Mulde. Die Böschungen zählen nicht hierzu.

Zulauf: Der Zulauf sollte nach den Richtlinien der DWA 'möglichst' oberirdisch in offenen Zuleitungsrinnen erfolgen, da ansonsten die hydraulische Muldeneinleitung durch unterirdische Rohre bei Beachtung der Frostsicherheit sowie der notwendigen Sickerraumhöhe nicht möglich ist.

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

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

Frostfall: Es sollte ein ausreichend dimensionierter 'Notüberlauf' für die Muldenwässer geschaffen werden (z.B. durch 'liegendes' U-Rohr aus PVC). Dieser 'Notüberlauf' sollte an der Oberkante der Mulde ansetzen. Der Überlauf ist lediglich als Sicherung für den *Frostfall* der Muldensohle notwendig.

Mulden-Dimensionierungsberechnung: In der Anlage 7.1 ist die Dimensionierung einer zunächst favorisierten 0,3 m tiefen Mulde nach DWA-A 138 angegeben. Aus Sicherheitsgründen wird bei der nachfolgenden Beispielberechnung das '5-jährige-Regenereignis' ( $n = 0,2$ ) zugrunde gelegt und ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 5,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$  berücksichtigt.

Es erfolgt die Berechnung einer einzelnen Versickerungsanlage. Die geometrische Ausgestaltung der Mulde ist letztlich wahlfrei, solange die in Tabelle 12 errechneten Rahmenbedingungen (Flächen, Volumen, etc.) erreicht werden.

Es erfolgt zunächst die dimensionierte einer Anlage, die die vollständige Versickerung von Niederschlagswasser einer exemplarisch angesetzten  $1.000 \text{ m}^2$  ( $A_E$ ) großen Dachfläche in den Untergrund leistet ( $A_U \sim 900 \text{ m}^2$ ).

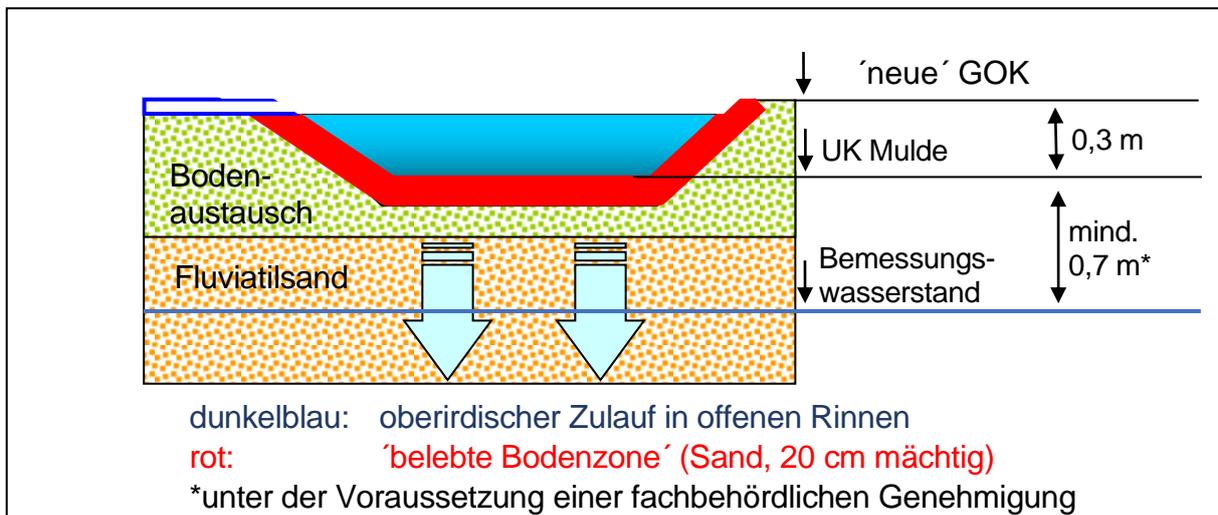
Parameter	$A_E = 1.000 \text{ m}^2$ ( $A_u \sim 900 \text{ m}^2$ )
Gesamtmuldentiefe	0,30 m
Versickerungsfläche	86,15 m <sup>2</sup>
Mächtigkeit der belegte Bodenzone	0,20 m
rechnerische Entleerungszeit $t_E$	3,3 h
Muldenvolumen $V_{s,mu}$	25,84 m <sup>3</sup>

**Tabelle 12:** Dimensionierung einer Muldenanlage nach DWA-A 138

Böschchen/Verbau: Die vorliegenden Böden (Fluviatilsande) können mit einem max. Böschungswinkel von  $\beta = 45^\circ$  geböscht werden.

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

**Nachfolgend wird schematisch eine Schnittdarstellung der gutachterlicherseits favorisierten Versickerungsmulde dargestellt (unmaßstäblich).**



## 6. Hinweisgebungen zur Baudurchführung

Aufgabe war die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und Baugrundbeurteilung für das Plangebäude sowie gründungstechnische Hinweisgebungen. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen kann das aktuelle Bauvorhaben vermutlich in die **Geotechnische Kategorie 1 (GK 1)** eingestuft werden.

Planung: Es ist die Errichtung von 16 nicht unterkellerten Reihenhäusern und 4 Doppelhäusern auf einem derzeit z.T. bebauten Grundstück am 'Deipenweg' in 33104 Paderborn-Schloss Neuhaus geplant. Die einzelnen Wohneinheiten der Reihen- und Doppelhäuser werden jeweils mit einer Grundfläche von ca. 12 m x 6 m geplant.

Die OKFF-EG wird in dem zur Verfügung gestellten Lageplan nicht angegeben. Es erfolgen daher zunächst entsprechende Annahmen, wobei nicht davon auszugehen ist, dass das Areal in nennenswertem Umfang aufgehöhht oder abgetragen werden soll, um ein einheitlicheres Gründungsniveau herzustellen.

Es wird davon ausgegangen, dass die OKFF-EG der einzelnen Wohneinheiten jeweils in Höhe der örtlichen Geländeoberkante (GOK) zu liegen kommen. Die Unterkante der EG-Bodenplatten wird zunächst ca. 0,40 m unter OKFF-EG angenommen.

Die zukünftige GOK wird ca. -0,15 m unter der OKFF-EG angenommen. Die frostfreie Gründung der Plangebäude kann in der Frosteinwirkungszone I ab 0,8 m unter zukünftig GOK erfolgen.

### Angaben/Annahmen relevanter Höhen:

- |   |                |              |
|---|----------------|--------------|
| - OKFF-EG ( <b>Annahme</b> ):                           | ±0,00 m        | aktuelle GOK |
| - zukünftige GOK ( <b>Annahme</b> ):                    | -0,15 m        |              |
| - UK EG-Bodenplatte ( <b>Annahme</b> ):                 | -0,40 m        |              |
| - UK Aushub / Schotterpolster:                          | <b>-1,00 m</b> |              |
| - Grundwasser (27.-28.10.2021): i.M. 2,01 m u. GOK      |                |              |
| - Bemessungswasserstand: 1,0 m unter akt. mittlerer GOK |                |              |

**Sollten Planungsunterlagen vorliegen, die (deutlich) von den o.g. Angaben / Annahmen abweichen, wird um Rücksprache zwecks Empfehlungsanpassung gebeten.**

Innerhalb des Gründungs-/Lastabtragsniveaus werden folgende Baugrundverhältnisse erwartet:

- Boden UK EG-Bodenplatte (Annahme ca. 0,4 m u.GOK): Die angenommene Unterkante der EG-Bodenplatte kommt innerhalb geringer Restmächtigkeiten der organischen Oberböden zu liegen. Die oberflächennah erbohrten organischen Böden dürfen nicht zum Lastabtrag herangezogen werden und sind flächendeckend aus dem Baufeld zu entfernen. Es besteht keine unmittelbare Gründungseignung der Böden auf dem Niveau der UK-Bodenplatte. Es werden bodenverbessernde Maßnahmen notwendig (Bodenaustausch gegen Güteschotter).
- Grundwasser konnte am Untersuchungstag bei i.M. 2,01 m unter GOK aufgezeigt werden. Es existiert ein deutliches Anstiegspotenzial. Der Bemessungswasserstand ist aufgrund des Anstiegspotenzials sowie der nicht ausreichenden Datengrundlage bei 1,0 m unterhalb der am Untersuchungstag angetroffenen mittleren GOK anzusetzen. Einer Grundwasserbeeinflussung von erdberührten Bauteilen ist somit gemäß DIN 18 533 durch eine entsprechende Abdichtung entgegenzuwirken. Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die 'Expositionsklassen für Betonbauteile' zu berücksichtigen.

**Gründungsvorschlag:** Bei vorliegenden Untergrundverhältnissen wird gutachterlicherseits die (frostfreie) Gründung der Plangebäude über eine elastisch gebettet und bewehrte Bodenplatte auf einem Schotterpolster aus Güteschotter favorisiert (**Plattengründung**).

Ein Lastabtrag über Streifenfundamente wird aufgrund der unzureichenden Lagerungsdichte und Tragfähigkeit der Sande bis z.T. ca. 2 - 3 m unter aktueller GOK nicht favorisiert.

Oberböden sind als Schutzgut zunächst abzuschleifen. Anschließend ist in den Baufeldern der Wohngebäude flächig ein Erdplanum **bis mindestens 0,6 m unter UK Bodenplatte** im Überstand auszuheben. Restmächtigkeiten organischer Böden und bindiger Böden sind zusätzlich aufzunehmen und durch Güteschotter zu ersetzen. Nach einer ingenieurgeologischen Abnahme des Erdplanums sollte vor dem Aufbau des Schotterpolsters flächig die Auflage eines Trennvlies (Geotextil) erfolgen.

Anschließend sind unter der Bodenplatte mind. 0,6 m Güteschotter lagig einzubauen und ordnungsgemäß (dynamisch) zu verdichten. Auf dem nachweislich verdichteten Schotterpolster kann anschließend die elastische Bettung der Bodenplatte erfolgen.

## 6.1 Allgemeine Hinweisgebungen

Ehem. Altbestand / Massendefizitaufbau: Es wird bei den folgenden Hinweisgebungen davon ausgegangen, dass das Altbestand-Gebäude (Hs.-Nr. 26), inkl. Garage und Keller und sonstiger Unterflurbauteile wie z.B. alte Fundamente, Bodenplatten, etc.; sowie alle potenziellen vorhandenen Kanäle, Schächte, Leitungen, Stiche und Tanks etc. und alle Büsche / Bäume inkl. Wurzelstöcken vollständig aus dem zukünftigen Baufeld entfernt worden sind. Massendefizite sind durch volumenkonstantes und verdichtungsfähiges Material lagig aufzubauen und ordnungsgemäß zu verdichten. Die qualifizierte Rückverfüllung von Massendefiziten ist vor dem Beginn der Gründungsarbeiten durch Plattendruckversuche und/oder Rammsondierungen zu belegen. Die Lagerungsdichte des Massendefizitaufbaus sollte zur Homogenisierung des Lastabtragbereichs  $\pm$  der Lagerungsdichte der umgebenden Geogenböden entsprechen.

Zeitliche Durchführung der Tiefbauarbeiten: Die Auskofferungs- und Erdplanumsarbeiten sollten möglichst während einer trockenen Wetterlage durchgeführt werden, um keine Aufweichung des Erdplanums sowie erhöhten Grundwasserstände und damit ggf. einen erhöhten bautechnischen Aufwand zu riskieren.

Ver- und Entsorgungsleitungen: Alle Ver- und Entsorgungsleitungen im Grundstücksbereich sind im weiteren Verlauf der Arbeiten zu schützen.

‘Schneidbestückung’: Der Aushub sollte mit einer Baggerschaufel ohne Zähne (‘Schneidbestückung’) durchgeführt werden, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden. Die Baufläche sollte nicht mit Radfahrzeugen befahren werden, um das Planum nicht zu zerstören.

Der Aushub sollte daher vorzugsweise ‘rückschreitend’, der Schottereinbau ‘vor-Kopf’ durchgeführt werden.

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

Wasserhaltung: Bei Verhältnissen wie am Untersuchungstag (27.-28.10.2021) und der geplanten Errichtung von nichtunterkellerten Gebäuden wird die Vorhaltung bzw. der Einsatz einer ‘offenen Wasserhaltung’ als ausreichend erachtet, um ggf. anfallendes Tagwasser zu fassen und abzuleiten.

Bei deutlich hohen Grundwasserständen in länger niederschlagsintensiven Perioden wird ggf. auch der Einsatz einer verstärkten offenen Wasserhaltung notwendig.

Sollten entgegen den bisherigen Annahmen Unterkellerungen vorgesehen werden, so wird um Rückmeldung gebeten, um die Hinweisgebungen entsprechend anpassen zu können.

Böschung/Verbau: Nach DIN 4124 sind Gruben ab einer Teufe > 1,25 m generell zu verbauen bzw. zu böschen. Das vorliegende nicht wassererfüllte bzw. entwässerte Lockergestein kann generell unter einem max. Böschungswinkel von  $\beta = 45^\circ$  geböscht werden.

Wassergesättigte Böden dürfen nicht geböscht werden. Böschungen sind mittels windgesicherter Folie gegen Witterungseinflüsse zu schützen. Böschungskanten sind auf mindestens 2,0 m lastfrei zu halten.

Ingenieurgeologische Abnahme: Im Besonderen ist die Aufnahme von organischen Böden aus dem Erdplanumsbereich zu kontrollieren bzw. nachzuweisen. **Bei der Abnahme erkannte Restmächtigkeiten organischer Böden sind zusätzlich aufzunehmen und durch Güteschotter zu ersetzen.**

Bei der Ausführung der Gründungsarbeiten sind die örtlichen Baugrundverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Voruntersuchungen zu überprüfen. Zudem sollte im Zuge einer ingenieurgeologischen Abnahme die qualifizierte Rückverfüllung von Massendefiziten durch Plattendruckversuche und/oder Rammsondierungen verifiziert werden.

Die Lagerungsdichte des Massendefizitaufbaus sollte zur Homogenisierung des Lastabtragbereichs in etwa derjenigen der umgebenden Geogenböden entsprechen.

Arbeitsraumverfüllung: Die Verfüllung von Arbeitsräumen sollte lagenweise mit einem verdichtungsfähigen Mineralgemisch erfolgen (V1-Material, max. Lagenmächtigkeit 30 cm). Die Arbeitsraumverfüllung sollte mit  $D_{Pr} > 100\%$  Proctordichte erfolgen.

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

Geotextil: Auf das Erdplanum sollte zunächst die Auflage eines Geotextils erfolgen und seitlich bis zur Unterkante der Bodenplatte 'hochgezogen' werden (Vorschlag: Geotextilrobustheitsklasse GRK 3, mechanisch verfestigt, Flächengewicht  $\geq 150 \text{ g/m}^2$ , Stempeldurchdrückkraft  $F_{P,5\%} \geq 1,5 \text{ kN}$ ; Bemessungsfall AS 3/AB 2). Durch das Geotextil erfolgt eine Trennung von möglicherweise zeitweilig grundwasserbeeinflusstem Erdplanum und aufzubringendem Schotter, was die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit des darüber aufzubauenden Schotterpolsters nachweislich erhöht.

Bodenplattenunterbau: Das mind. 0,6 m mächtige Massendefizit unter der Bodenplatte ist durch **Güteschotter** (Beschaffenheit siehe 'Material') aufzubauen und auf 100 % Proctordichte zu verdichten. Die Lagenmächtigkeit sollte 0,3 m nicht überschreiten. Auf OK Schotter (= Planum Bodenplatte) sollte ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 70-80 \text{ MPa}$  nachgewiesen werden (in Abhängigkeit der statischen Erfordernisse).

Material: Der Bodenplattenunterbau sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (Güteschotter, z.B. 0/45 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen, Mindestgüte 'Frostschuttschicht'). Der Schotter sollte nach den 'Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau - Ausgabe 2004' (TL Gestein-StB 04) zertifiziert sein. Dies sollte von der Bauleitung anhand der

Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden. Die Verdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} = 100\%$  erfolgen.

Das Material muss zudem eine Durchlässigkeit von  $k_f > 1,0 \times 10^{-4}$  m/s aufweisen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel zu achten ( $45^\circ$ ).

Verdichtungsüberprüfungen: Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Massendefizitaufbaus bzw. des Schotterpolsters unterhalb der Bodenplatte sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) kontrolliert werden. Auf der OK des ordnungsgemäß eingebauten Ersatzmaterials sollten Plattendruckversuche ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 70-80$  MPa nachweisen (Abhängig von der statischen Forderung).

Frostsicherheit: Die frostfreie Gründung des Gebäudes kann ab 0,8 m unter der zukünftigen Geländeoberkante erfolgen. Bei favorisierter Gründung auf einem 0,6 m mächtigen Schotterpolster aus Güteschotter existiert bereits eine ausreichende Frostschutzschicht unter der Bodenplatte. Auf die separate Errichtung von Frostschutzschürzen aus Schotter oder Beton kann in diesem Fall verzichtet werden.

Wiedereinbaufähigkeit anfallender Böden: Organische Böden und enggestufte Sande ( $\rightarrow$  verdichtungsunwillig) sind grundsätzlich nicht wiedereinbaueeignet. In Bereichen zukünftiger Straßen- oder Wegenutzung und Stellplatznutzung sowie setzungsempfindlichen Bereichen sollte ein verdichtungsfähiges Mineralgemisch (V1-Material) eingebaut werden. Nicht organischer Sand kann ggf. im sog. 'Sandwich'-Verfahren in Wechsellagerung mit Güteschotter oder in Mischung mit einem Schotter wieder eingebaut werden.

Ist davon auszugehen, dass Bereiche einer reinen Gartennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann ausgehobenes organisches Material dort wiederverfüllt werden. In diesem Fall ist mit Nachsackungen zu rechnen, welche nachgearbeitet werden müssen.

Trockenhaltung der Bauwerke: Eine Beeinflussung der Unterflurbauteile durch Grundwasser ist durch bauliche Maßnahmen zu verhindern. Ausgehend von einer periodischen Beeinflussung erdberührter Bauteile durch Grundwasser bis ca. 1,0 m unter akt. mittlerer GOK sind die Bodenplatten entsprechend der DIN 18 533 nach Lastfall W1.1-E abzudichten. Unabhängig hiervon sollten die Hinweise der DIN 18 195 ('Bauwerksabdichtung') beachtet werden. Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die 'Expositionsklassen für Betonbauteile' zu berücksichtigen.

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

## **6.2 Errichtung der EG-Bodenplatten (Plattengründung)**

Vorschlag Gründungsart: Angeraten wird der Lastabtrag über eine elastisch gebettete und bewehrte Bodenplatte (**Plattengründung**). Ausgehend von einer periodischen Grundwasser-Beeinflussung bis 1,0 m unter akt. GOK und der Verwendung von ´stark durchlässigem´ Schottermaterial ist die Bodenplatte gemäß DIN 18 533 Lastfall W1.1-E abzudichten. Außerdem ist maßnahmenvorlaufend die qualifizierte Rückverfüllung von den durch den Rückbau entstandenen Massendefiziten durch Plattendruckversuche und Rammsondierungen nachzuweisen.

Es wird folgender möglicher zeitlicher Ablauf zur Bodenplattengründung vorgeschlagen:

- Zunächst sollte ein Erdplanum bis 0,6 m unter geplanter UK Bodenplatte ausgehoben werden. Die Böden sollten dabei nicht in ihrer natürlichen Lagerung gestört werden (→ Schneidbestückung).
- Anschließend sollte eine ingenieurgeologische Abnahme des Erdplanums erfolgen, um die Ergebnisse der Voruntersuchungen mit den tatsächlichen Verhältnissen auf dem Erdplanum zu vergleichen. Restmächtigkeiten organischer Böden sind zusätzlich zu entfernen und durch Güteschotter zu ersetzen.
- Auflage eines Geotextils auf das Erdplanum (Güte: GRK 3; s.o.). Das Geotextil sollte seitlich bis OK Schotter ´hochgezogen´ werden. Es bewirkt eine Trennung von Erdplanum und dem weiteren Auftragsmaterial und erhöht nachweislich die Verdichtbarkeit und Langlebigkeit der Schotterung.
- Das mind. 0,6 m mächtige Massendefizit unter der Bodenplatte ist durch Güteschotter (Beschaffenheit s.o.) lagig aufzubauen und fachgerecht (dynamisch) zu verdichten. Eine Schottergesamtmächtigkeit von mind. 0,6 m ist sicherzustellen.
- Der Güteschotter sollte im deutlichen Überstand (> 0,5 m) eingebaut werden, so dass der Lastabtragswinkel von 45° gewährleistet ist.

- Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfungen (statische Lastplattendruckversuche gem. DIN 18134) vor der Gründung kontrolliert werden (Forderung Gründungsplanum auf OK Schotter:  $E_{v2} \geq 70-80$  MPa).
- Auf dem nachweislich verdichteten Schotterpolster kann die bewehrte Bodenplatte elastisch gebettet 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). Um bei g.g. Verfahren den Bettungsmodul  $k_s$  im Voraus genau zu bestimmen, müsste man - da der Bettungsmodul sich aus der Proportionalität zwischen Sohldruck und Setzung ergibt - theoretisch die Sohldruckverteilung und die Setzungen bereits im Vorfeld kennen, die sich jedoch erst aus den Berechnungsergebnissen ergeben.

Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tabelle 8), das relevante Schichtmodell sowie orientierende Setzungsberechnungen zwecks Erhaltung eines Eingangs-Bettungsmoduls geliefert. Diese Setzungsberechnungen dienen lediglich der Gewinnung eines Eingangs-Bettungsmoduls und müssen durch die FEM spezifiziert werden. Es wird von einer Gründung auf einem ordnungsgemäß verdichteten und mind. 0,6 m mächtigen Schotterpolster aus Güteschotter ausgegangen.

**Die charakteristische (maximale) Beanspruchung des Baugrundes wird auf Grundlage von Erfahrungswerten mit ähnlichen Bauwerken zunächst auf  $\sigma_{E,k} \sim 200$  kN/m<sup>2</sup> begrenzt ( $\sigma_{R,d} = 280$  kN/m<sup>2</sup>).**

Unter Berücksichtigung von aktuell nicht vorliegender Statik kann der vorgenannte Wert noch angepasst werden. Die Länge der längsten Wandscheibe wird in Anlehnung an die größte Gesamtlänge der Reihenhäuser zunächst mit 24,0 m angesetzt ('Ersatzfläche' = 24,0 m x 1,0 m). Der Ansatz von Untergrundnässe erfolgt basierend auf den Untersuchungsergebnissen vom 27.-28.10.2021. Die Ergebnisse der Berechnungen sind der Tabelle 13 zu entnehmen.

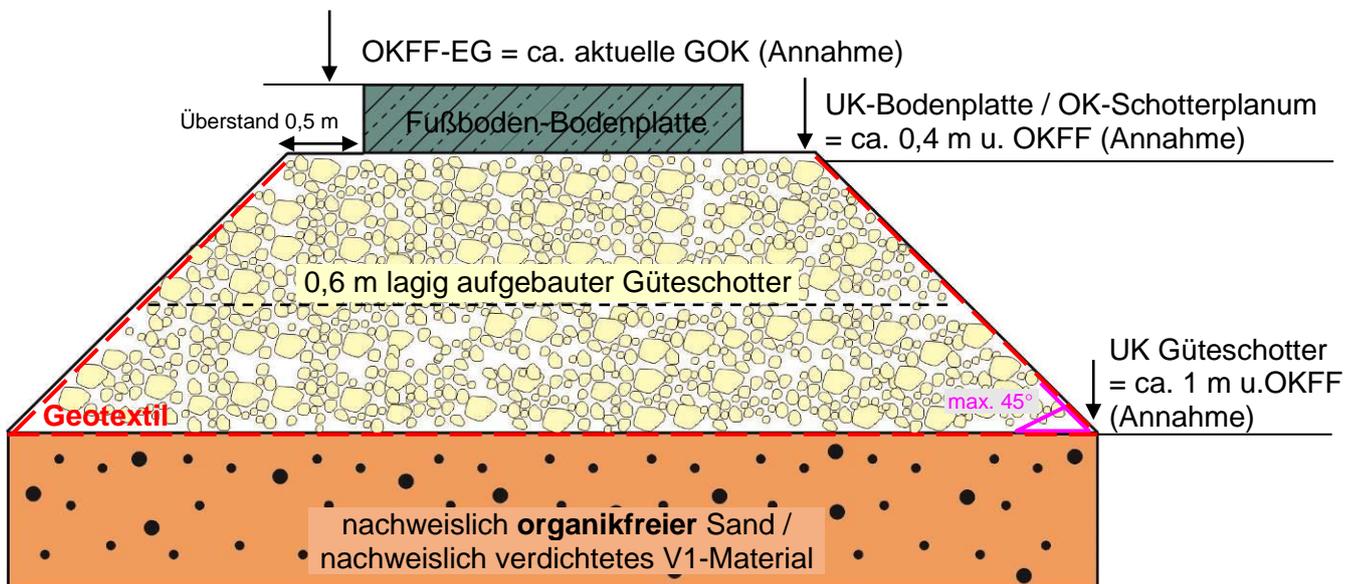
Sohlspannung $\sigma$ / Unterbau	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul $k_s$
$\sigma_{E,k} \sim 200 \text{ kN/m}^2$ / 0,6 m Güteschotter	24,0 x 1,0 m	ca. 1,64 cm	11,9 MN/m <sup>3</sup>

**Tabelle 13:** Orient. Setzungsberechnungen / Eingangs-Bettungsmodul (Bodenplatte)

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

Bettungsmodul: Es sollte zunächst ein Bettungsmodul von  $k_s = 10 \text{ MN/m}^3$  angenommen werden. Da der Bettungsmodul anhand der tatsächlich anfallenden Lasten berechnet wird, ist der angegebene Wert lediglich als Einstiegsgröße für die weiteren statischen Berechnungen nach der 'Finite-Elemente-Methode' zu sehen.

Nachfolgend wird die vom IB Kleegräfe favorisierte Gründung des Plangebäudes schematisch skizziert (Schnittdarstellung, unmaßstäblich). Grundlage sind die z.T. angenommenen Gründungshöhen.



## 7. Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:500)
- Anlage 2.1: Schichtendarstellung / Rammdiagramme
- Anlage 3.1 - 3.2: Korngrößenanalyse (Kornsummenkurven)
- Anlage 4.1: Wassergehaltsbestimmung
- Anlage 5.1: Glühverlustbestimmung
- Anlage 6.1: Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)
- Anlage 7.1: Dimensionierung einer Versickerungsmulde (n. DWA-A 138)
- Anlage 7.1: Analyseprotokolle Feststoff-Mischprobe
- Anlage 9.1: Fotodokumentation

*Kleegräfe*  
- Geotechnik GmbH -



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



B. Langheim  
(M.Sc. Geowissenschaften)



Verteiler: WEGENER MASSIVHAUS GMBH  
Pagendarmweg 7, 33100 Paderborn

(1 x + pdf)

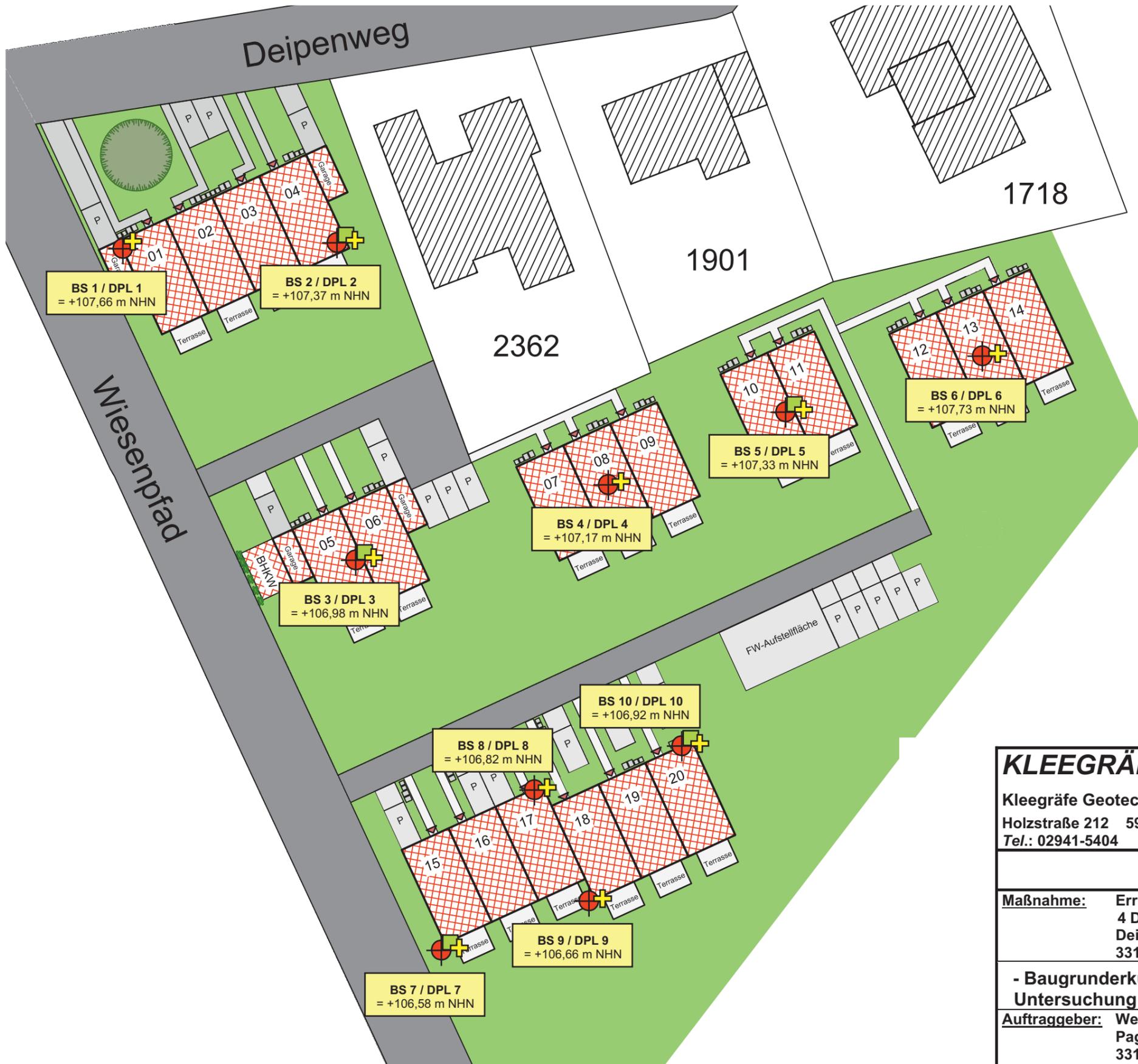
ANLAGE 1.1

Lageplan (1:500)

# Paderborn



Maßstab  
1 : 500  
5,0 m



## Zeichenerklärung:

-  **BS** Kleinbohrung (DIN EN ISO 22475-1)
-  **DPL** Rammsondierung (DIN EN ISO 22476-2)
-  Versickerungsversuch im Gelände

## KLEEGRÄFE

Kleegräfe Geotechnik GmbH

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



## Lageplan

<b>Maßnahme:</b> Errichtung von 16 Reihenhäusern und 4 Doppelhäusern Deipenweg / Ecke Wiesenpfad 33104 Paderborn Schloß-Neuhaus	<b>Bearb.-Nr.</b> 210989
	<b>Anlage:</b> 1
<b>- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / Untersuchung des Versickerungspotenzials -</b> <b>Auftraggeber:</b> Wegener Massivhaus GmbH Pagendarmweg 7 33100 Paderborn	<b>Blatt:</b> 1
	Dez / 2021
	Klee/Lang M. 1 : 500

## ANLAGE 2.1

### Schichtendarstellung / Rammdiagramme



ANLAGE 3.1 - 3.2

Korngrößenanalyse (Kornsummenkurven)

# Körnungslinie

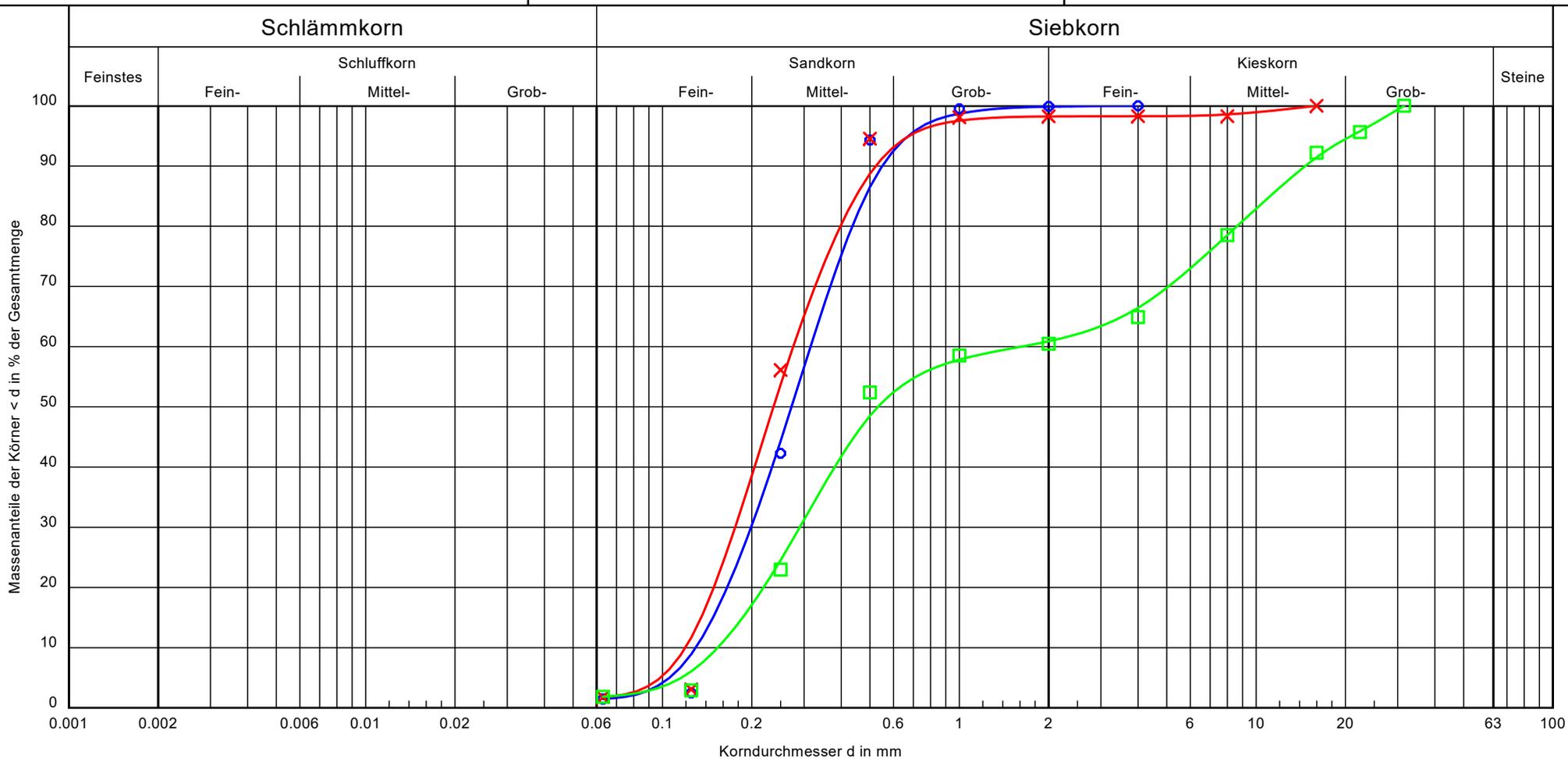
Errichtung von 16 Reihen- und 4 Doppelhäusern  
Ecke Deipenweg / Wiesenpfad, 33104 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Prüfungsnummer: Proben 1/4, 2/7, 3/6

Probe entnommen am: 27.-28.10.2021

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-Analyse



Bezeichnung:	Probe 1/4	Probe 2/7	Probe 3/6
Tiefe:	1,40 - 2,30 m	2,50 - 3,75 m	3,65 - 4,26 m
Entnahmestelle:	BS 1	BS 2	BS 3
Cu/Cc	2.4/1.0	2.3/0.9	10.5/0.3
T/U/S/G [%]:	- /1.5/98.4/0.2	- /1.8/96.4/1.8	- /1.9/59.0/39.1

Bemerkungen:  
1/4: kf-Wert (Beyer):  $1,7 \times 10^{-4}$  m/s  
2/7: kf-Wert (Beyer):  $1,4 \times 10^{-4}$  m/s  
3/6: kf-Wert (Beyer):  $1,6 \times 10^{-4}$  m/s

Bericht: 210989  
Anlage: 3.1

# Körnungslinie

Errichtung von 16 Reihen- und 4 Doppelhäusern

Ecke Deipenweg / Wiesenpfad, 33104 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 10.12.2021

Prüfungsnummer: Proben 1/4, 2/7, 3/6

Probe entnommen am: 27.-28.10.2021

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-Analyse

Bezeichnung: Probe 1/4  
 Tiefe: 1,40 - 2,30 m  
 Entnahmestelle: BS 1  
 Cu/Cc 2.4/1.0  
 T/U/S/G [%]: - / 1.5 / 98.4 / 0.2  
 d10/d30/d60 [mm]: 0.129 / 0.199 / 0.315  
 Siebanalyse:  
 Trockenmasse [g]: 226.54

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.23	0.10	99.90
1.0	0.91	0.40	99.50
0.5	11.73	5.18	94.32
0.25	117.88	52.03	42.28
0.125	90.11	39.78	2.51
0.063	2.30	1.02	1.49
Schale	3.38	1.49	-
Summe	226.54		
Siebverlust	0.00		

# Körnungslinie

Errichtung von 16 Reihen- und 4 Doppelhäusern

Ecke Deipenweg / Wiesenpfad, 33104 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 10.12.2021

Prüfungsnummer: Proben 1/4, 2/7, 3/6

Probe entnommen am: 27.-28.10.2021

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-Analyse

Bezeichnung: Probe 2/7

Tiefe: 2,50 - 3,75 m

Entnahmestelle: BS 2

Cu/Cc 2.3/0.9

T/U/S/G [%]: - / 1.8 / 96.4 / 1.8

d10/d30/d60 [mm]: 0.119 / 0.176 / 0.276

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 405.82

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
16.0	0.00	0.00	100.00
8.0	6.97	1.72	98.28
4.0	0.06	0.01	98.27
2.0	0.08	0.02	98.25
1.0	0.67	0.17	98.08
0.5	14.35	3.54	94.55
0.25	155.87	38.41	56.14
0.125	215.26	53.04	3.09
0.063	5.26	1.30	1.80
Schale	7.30	1.80	-
Summe	405.82		
Siebverlust	0.00		

# Körnungslinie

Errichtung von 16 Reihen- und 4 Doppelhäusern

Ecke Deipenweg / Wiesenpfad, 33104 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 10.12.2021

Prüfungsnummer: Proben 1/4, 2/7, 3/6

Probe entnommen am: 27.-28.10.2021

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-Analyse

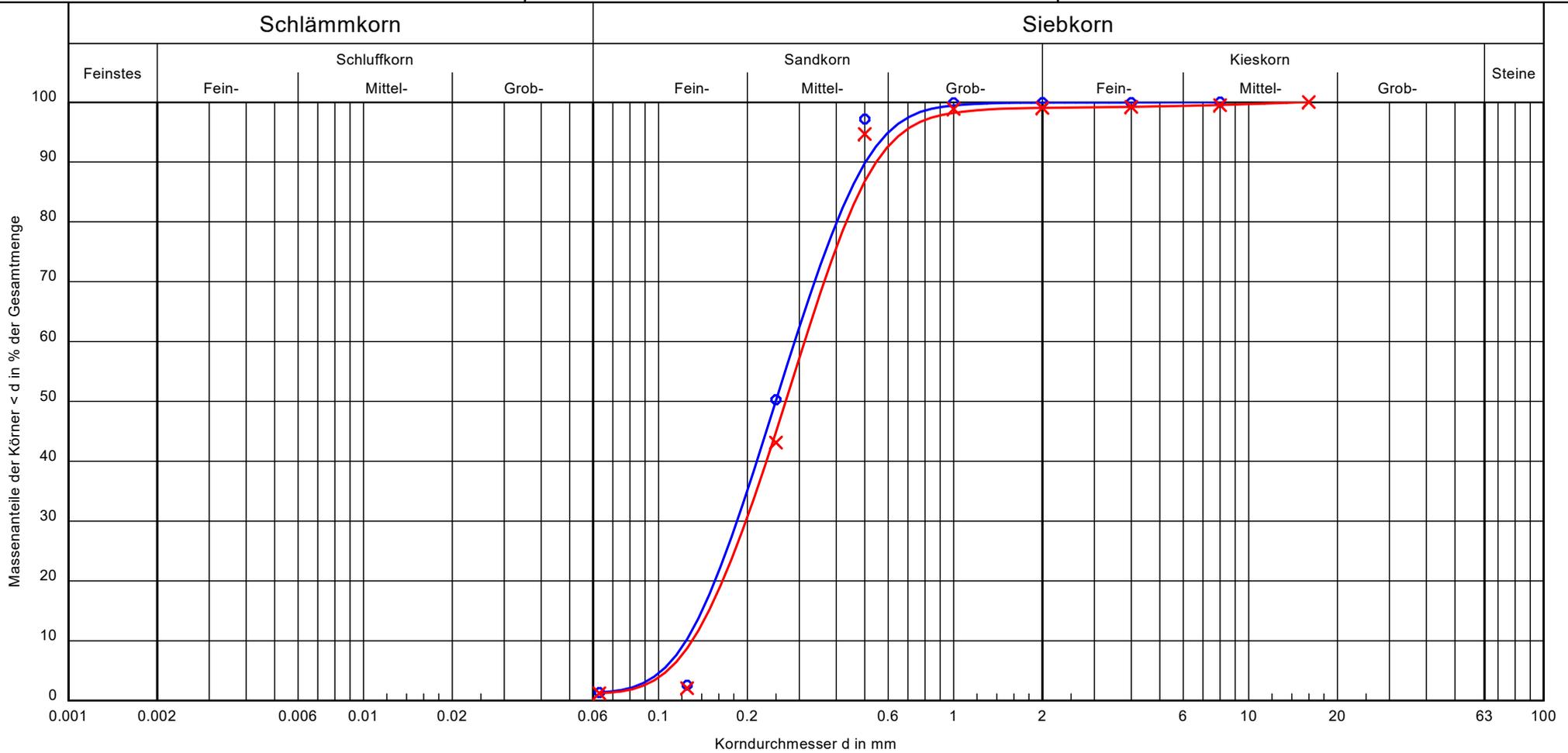
Bezeichnung: Probe 3/6  
Tiefe: 3,65 - 4,26 m  
Entnahmestelle: BS 3  
Cu/Cc 10.5/0.3  
T/U/S/G [%]: - / 1.9 / 59.0 / 39.1  
d10/d30/d60 [mm]: 0.153 / 0.290 / 1.613  
Siebanalyse:  
Trockenmasse [g]: 329.10

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
31.5	0.00	0.00	100.00
22.4	14.36	4.36	95.64
16.0	11.33	3.44	92.19
8.0	44.97	13.66	78.53
4.0	44.84	13.63	64.90
2.0	14.51	4.41	60.50
1.0	6.46	1.96	58.53
0.5	20.19	6.13	52.40
0.25	96.81	29.42	22.98
0.125	65.98	20.05	2.93
0.063	3.53	1.07	1.86
Schale	6.12	1.86	-
Summe	329.10		
Siebverlust	0.00		

# Körnungslinie

Errichtung von 16 Reihen- und 4 Doppelhäusern  
Ecke Deipenweg / Wiesenpfad, 33104 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -



Bezeichnung:	Probe 6/3	Probe 9/4
Tiefe:	1,85 - 2,60 m	1,75 - 2,85 m
Entnahmestelle:	BS 6	BS 9
Cu/Cc	2.3/0.9	2.4/1.0
T/U/S/G [%]:	- /1.4/98.5/0.1	- /1.2/97.8/1.0

Bemerkungen:  
6/3: kf-Wert (Beyer):  $1,5 \times 10^{-4}$  m/s  
9/4: kf-Wert (Beyer):  $1,7 \times 10^{-4}$  m/s

Bericht:  
210989  
Anlage:  
3.2

# Körnungslinie

Errichtung von 16 Reihen- und 4 Doppelhäusern

Ecke Deipenweg / Wiesenpfad, 33104 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 10.12.2021

Prüfungsnummer: Proben 6/3, 9/4

Probe entnommen am: 27.-28.10.2021

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-Analyse

Bezeichnung: Probe 6/3  
Tiefe: 1,85 - 2,60 m  
Entnahmestelle: BS 6  
Cu/Cc 2.3/0.9  
T/U/S/G [%]: - / 1.4 / 98.5 / 0.1  
d10/d30/d60 [mm]: 0.124 / 0.184 / 0.289  
Siebanalyse:  
Trockenmasse [g]: 260.74

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
8.0	0.00	0.00	100.00
4.0	0.22	0.08	99.92
2.0	0.01	0.00	99.91
1.0	0.12	0.05	99.87
0.5	7.04	2.70	97.17
0.25	122.28	46.90	50.27
0.125	124.33	47.68	2.58
0.063	3.20	1.23	1.36
Schale	3.54	1.36	-
Summe	260.74		
Siebverlust	0.00		

# Körnungslinie

Errichtung von 16 Reihen- und 4 Doppelhäusern

Ecke Deipenweg / Wiesenpfad, 33104 Paderborn  
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 10.12.2021

Prüfungsnummer: Proben 6/3, 9/4

Probe entnommen am: 27.-28.10.2021

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-Analyse

Bezeichnung: Probe 9/4

Tiefe: 1,75 - 2,85 m

Entnahmestelle: BS 9

Cu/Cc 2.4/1.0

T/U/S/G [%]: - / 1.2 / 97.8 / 1.0

d10/d30/d60 [mm]: 0.130 / 0.198 / 0.313

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 377.04

## Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
16.0	0.00	0.00	100.00
8.0	1.95	0.52	99.48
4.0	1.13	0.30	99.18
2.0	0.61	0.16	99.02
1.0	0.62	0.16	98.86
0.5	15.78	4.19	94.67
0.25	194.39	51.56	43.11
0.125	154.66	41.02	2.10
0.063	3.21	0.85	1.24
Schale	4.69	1.24	-
Summe	377.04		
Siebverlust	0.00		

## ANLAGE 4.1

### Wassergehaltsbestimmung

Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212  
59556 Lippstadt

Bericht: 210989

Anlage: 4.1

## Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Errichtung von 16 Reihen- und 4 Doppelhäusern

Ecke Deipenweg / Wiesenpfad

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Herr Langheim

Datum: 10.12.2021#

Prüfungsnummer: Proben 1/4, 2/7, 3/6, 6/3, 9/4

Entnahmestelle: BS 1, BS 2, BS 3, BS 6, BS 9

Tiefe: 1,10 - 4,25 m (min.-max.)

Bodenart: Fluviatilsand

Art der Entnahme: gestörte Probe

Probe entnommen am: 27.-28.10.2021

Probenbezeichnung:	Probe 1/4	Probe 2/7	Probe 3/6	Probe 6/3	Probe 9/4	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	681.08	876.22	837.89	736.95	822.42	
Trockene Probe + Behälter [g]:	663.47	801.61	796.23	691.93	746.81	
Behälter [g]:	436.93	395.79	467.13	431.19	369.77	
Porenwasser [g]:	17.61	74.61	41.66	45.02	75.61	
Trockene Probe [g]:	226.54	405.82	329.10	260.74	377.04	
Wassergehalt [%]	7.77	18.38	12.66	17.27	20.05	

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: 210989  
 Drawing: 5.1

**Glühverlust** nach DIN 18 128  
 Errichtung von 16 Reihen- und 4 Doppelhäusern  
 Ecke Deipenweg / Wiesenpfad, 33104 Paderborn  
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Test number: Probe 5/3  
 Sampling location: BS 5  
 Depth: 1,10 - 1,60 m  
 Type of sampling: disturbed samples  
 Soil type: org. Sand  
 Sample taken on: 27.-28.10.2021

Editor: Herr Langheim

Date: 10.12.2021

Probenbezeichnung	Probe 5/3	Probe 5/3	Probe 5/3			
Ungelühter Probe + Behälter [g]	55.67	54.07	52.26			
Gelühter Probe + Behälter [g]	54.94	53.33	51.63			
Behälter [g]	27.87	27.78	26.30			
Massenverlust [g]	0.73	0.74	0.63			
Trockenmasse vor Glühen [g]	27.80	26.29	25.96			
Glühverlust [-]	2.63	2.81	2.43			

Probenbezeichnung						
Ungelühter Probe + Behälter [g]						
Gelühter Probe + Behälter [g]						
Behälter [g]						
Massenverlust [g]						
Trockenmasse vor Glühen [g]						
Glühverlust [-]						

Probenbezeichnung						
Ungelühter Probe + Behälter [g]						
Gelühter Probe + Behälter [g]						
Behälter [g]						
Massenverlust [g]						
Trockenmasse vor Glühen [g]						
Glühverlust [-]						

Probenbezeichnung						
Ungelühter Probe + Behälter [g]						
Gelühter Probe + Behälter [g]						
Behälter [g]						
Massenverlust [g]						
Trockenmasse vor Glühen [g]						
Glühverlust [-]						

## A N L A G E 6.1

### Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes  $k_f$

Maßnahme: Errichtung von 16 Reihen- und 4 Doppelhäusern  
Ort: Deipenweg / Ecke Wiesenpfad, 33104 Paderborn-Schloss Neuhaus  
Datum: 28.10.2021

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	r mm	h m	Zeit min	Wassermenge l	Q m <sup>3</sup> /s	k <sub>f</sub> m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Versick.-Medium und Gültigkeitsbereich)
BS 2	1	20	1,23	2,65	4,00	2,52E-05	<b>1,86E-04</b>	Grundwasser bei 2,23 m u.GOK Fluviatilsand; 1,00 - 2,23 m u.GOK
	2	20	1,23	2,55	4,00	2,61E-05	<b>1,93E-04</b>	
BS 3	1	20	0,85	5,00	3,70	1,23E-05	<b>1,32E-04</b>	Grundwasser bei 1,85 m u.GOK Fluviatilsand; 1,00 - 1,85 m u.GOK
	2	20	0,85	5,00	1,90	6,33E-06	<b>6,77E-05</b>	
BS 5	1	20	1,24	1,60	4,00	4,17E-05	<b>3,05E-04</b>	Grundwasser bei 2,24 m u.GOK Fluviatilsand; 1,00 - 2,24 m u.GOK
	2	20	1,24	2,75	4,00	2,42E-05	<b>1,78E-04</b>	
BS 7	1	20	0,72	2,15	4,00	3,10E-05	<b>3,92E-04</b>	Grundwasser bei 1,72 m u.GOK Fluviatilsand; 1,00 - 1,72 m u.GOK
	2	20	0,72	3,25	4,00	2,05E-05	<b>2,59E-04</b>	
BS 10	1	20	0,88	5,00	1,91	6,37E-06	<b>6,58E-05</b>	Grundwasser bei 1,88 m u.GOK Fluviatilsand; 1,00 - 1,88 m u.GOK
	2	20	0,88	5,00	1,90	6,33E-06	<b>6,54E-05</b>	

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

Durchlässigkeitsbewertung nach DIN 18 130

k <sub>f</sub>	> 10 <sup>-4</sup>	m/s :	'stark durchlässig'
k <sub>f</sub>	10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-6</sup>	m/s :	'durchlässig'
k <sub>f</sub>	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-8</sup>	m/s :	'gering durchlässig'
k <sub>f</sub>	< 10 <sup>-8</sup>	m/s :	'sehr gering durchlässig'

## ANLAGE 7.1

### Dimensionierung einer Versickerungsmulde (n. DWA-A 138)

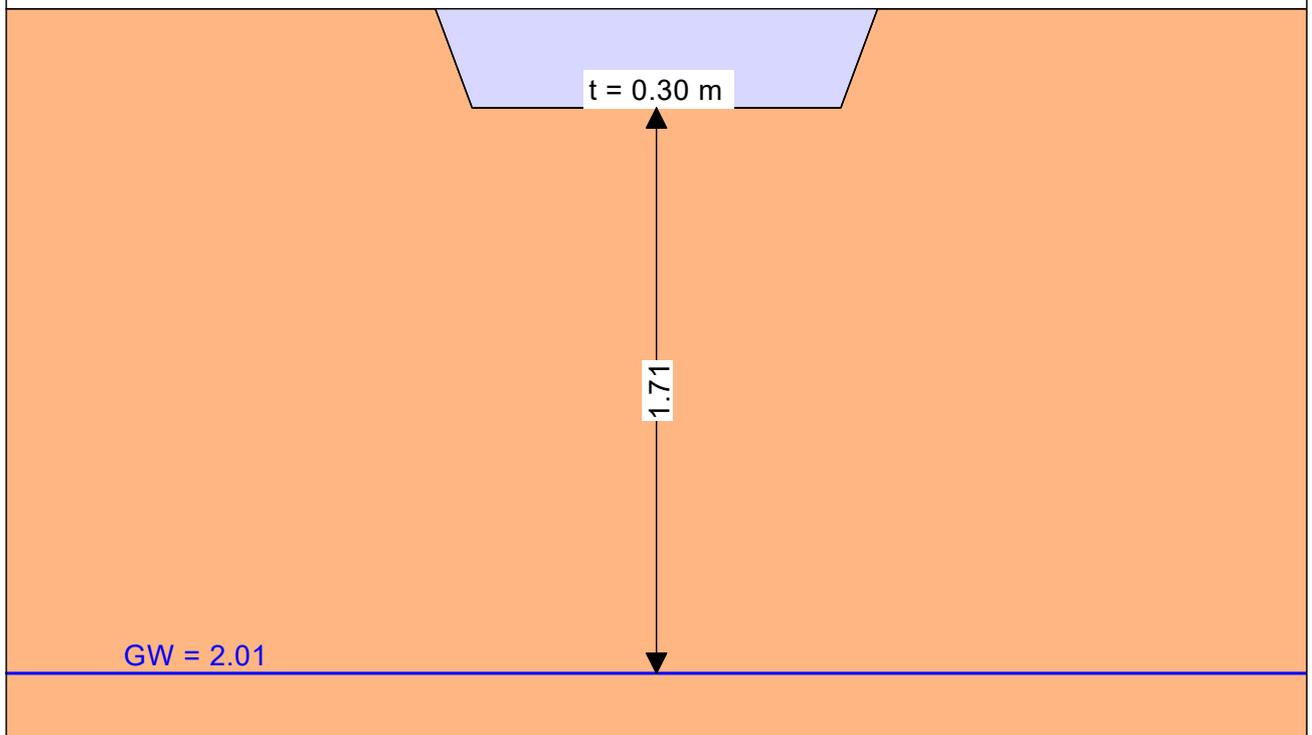
Errichtung von 16 Reihen- und 4 Doppelhäusern  
 Muldenversickerung  
 Durchlässigkeit  $k_f = 5.000 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$   
 Grundwasserflurabstand = 2.01 m  
 Zuschlagsfaktor  $f_z = 1.20$   
 Häufigkeit  $n [1/a] = 0.200$   
 5-jährige Überschreitungshäufigkeit  
 $A_u = 900.0 \text{ m}^2$   
 Zul. Abstand UK Anlage - GW = 0.70 m  
 Vorh. Versickerungsfläche  $A_s = 86.2 \text{ m}^2$   
 $V = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_s \cdot k_f/2] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$   
 Muldentiefe  $t = V / A_s$

**Ergebnis**  
 Erforderliche Muldentiefe  $t = 0.30 \text{ m}$   
 Erforderliches Speichervolumen  $V = 25.84 \text{ m}^3$   
 Maßgebende Regendauer  $D = 60.0 \text{ Minuten}$   
 Regenspende  $r_{D(n)} = 82.5 \text{ Liter/(s} \cdot \text{ha)}$   
 Entleerungszeit = 3.3 Stunden

angeschlossene undurchlaässige Fläche ( $A_u$ ) = 900 m<sup>2</sup>

## Muldenversickerung

$A(\text{Mulde}) = 86.15 \text{ m}^2$



Paderborn (Nord)		
D	$r_{D(0.2)}$ [l/(s·ha)]	V [m³]
5 min	320.0	10.59
10 min	236.7	15.26
15 min	194.4	18.38
20 min	165.8	20.44
30 min	130.6	23.17
45 min	100.4	25.10
60 min	82.5	25.84
90 min	59.4	24.00
2 h	47.1	21.52
3 h	33.9	15.41
4 h	26.8	8.45
6 h	19.4	-6.24
9 h	13.9	-30.44
12 h	11.0	-55.42
18 h	8.0	-106.13
24 h	6.3	-158.89
48 h	3.8	-368.90
72 h	2.8	-584.02

## KLEEGRÄFE

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



### Dimensionierung Versickerungsmulde n. DWA-A 138

<b>Maßnahme:</b> Errichtung von 16- Reihen und 2 Doppelhäusern Deipenweg, 33104 Paderborn	Bearb.-Nr.
	210989
- hydrogeol. Untersuchung des Versickerungsp. -	Anlage 7.1
	Bearbeiter:
<b>Auftraggeber:</b> Wegener Massivhaus GmbH Pagendarmweg 7 33100 Paderborn	Herr Langheim
	Datum:
	10.12.2021

A N L A G E 8.1

Analyseergebnisse Feststoff-Mischproben

## Prüfbericht-Nr: B2119711

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

**Eingangsdatum** 09.11.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202134055  
**Probenehmer / -eingang** AG  
**Prüfört** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 09.11.2021 - 17.11.2021

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

**Probenbezeichnung** MP Mutterboden  
**Herkunftsort** Wegener,PB Deipenweg  
**Entnahmeort** Wegener,PB Deipenweg

### Bemerkung

### Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Trockenrückstand (105°C)	91,4	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Feuchte (105°C)	8,55	%	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)	0,022	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)	1,46	%	DIN EN 15936	1*	Wen	DIN 19539
Königswasseraufschluss (TS)	ja		DIN EN 13346	1*	Wen	DIN EN 13657
Blei (TS)	18,2	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen	DIN EN 1483
Zink (TS)	33,5	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, Sie = Siegen, Wit = Witten

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Proben. Fehlerhaft zur Verfügung gestellte Proben können die Prüfergebnisse beeinträchtigen. Die angegebenen Ergebnisse beinhalten Messunsicherheiten, die bei Bedarf angefordert werden können. Der Prüfbericht darf nur mit Zustimmung der Horn & Co. Analytics GmbH auszugsweise vervielfältigt werden.

### Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

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: B2119711

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

**Eingangsdatum** 09.11.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202134055  
**Probenehmer / -eingang** AG  
**Prüfort** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 09.11.2021 - 17.11.2021

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

**Probenbezeichnung** MP Mutterboden

**Herkunftsort** Wegener,PB Deipenweg

**Entnahmeort** Wegener,PB Deipenweg

**BBodSchV Lehm70** BBodSchV - 70 % Vorsorgewert Lehm eingehalten

**BBodSchV Ton70** BBodSchV - 70 % Vorsorgewert Ton eingehalten

**Vorsorge Org.70** BBodSchV - 70 % Vorsorgewert Böden mit weniger als 8 Prozent Humus eingehalten

**Endeinstufung** BBodSchV - Vorsorgewert 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 Lehm70	BBodSchV Ton70	Vorsorge Org.70
Trockenrückstand (105°C)	91,4	%			
Feuchte (105°C)	8,55	%			
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (kleiner 2	Ja				
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg			
Benzo(a)pyren (TS)	0,022	mg/kg			0,21
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg			2,1
Summe 6 PCB (TS)	<0,01	mg/kg			0,035
TOC (TS)	1,46	%			5,6
Königswasseraufschluss (TS)	ja				
Blei (TS)	18,2	mg/kg	49	70	
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	0,7	1,05	
Chrom (TS)	<10	mg/kg	42	70	
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	28	42	
Nickel (TS)	<10	mg/kg	35	49	
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,35	0,7	
Zink (TS)	33,5	mg/kg	105	140	

Horn & Co. Analytics GmbH, Wenden 17.11.2021



i.A. Dorothea Egbun  
 Projektmanagement

## Prüfbericht-Nr: B2119531

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

**Eingangsdatum** 09.11.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202134050  
**Probenehmer / -eingang** AG  
**Prüfart** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 09.11.2021 - 15.11.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 1-6  
**Herkunftsort** Wegener, PB Deipenweg  
**Entnahmeort** Wegener, PB Deipenweg

### Bemerkung

### Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Probennahmeprotokoll	n.Vorhanden			0	Wen	
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg		DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1	4*	Wen	
Probenvorbereitung	s.Anhang		DIN 19747	1*	Wen	DIN ISO 11464
Feuchte (105°C)	7,49	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Trockenrückstand (105°C)	92,5	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Glühverlust (550°C)	0,76	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
Glührückstand (550°C)	99,2	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
TOC (TS)	0,17	%	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	
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen	DIN EN 1483

## Prüfbericht-Nr: B2119531

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

**Eingangsdatum** 09.11.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202134050  
**Probenehmer / -eingang** AG  
**Prüfört** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 09.11.2021 - 15.11.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 1-6

**Herkunftsort** Wegener, PB Deipenweg

**Entnahmeort** Wegener, PB Deipenweg

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Elution mit dest. Wasser	ja		DIN EN 12457-4	1*	Wen	
pH-Wert (Eluat)	7,57		DIN EN ISO 10523	1*	Wen	
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	28	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen	
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%	DIN 38409-1	1*	Wen	
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	14	mg/L	DIN EN 15216	1*	Wen	
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 14402	1*	Wen	
DOC (Eluat)	5,15	mg/L	DIN EN 1484	1*	Wen	DIN EN 1484
Chlorid-IC (Eluat)	0,63	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403-2	1*	Wen	DIN EN ISO 14403
Fluorid-IC (Eluat)	0,18	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Sulfat-IC (Eluat)	0,47	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	DIN EN ISO 12846	1*	Wen	DIN EN 1483
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	

Akkreditierte Prüfmethode: 1\* = Ja; 2\*=Ja, mit Modifikationen; 3\* Ja, im Unterauftrag // 4\*: Nein; 5\*: Fremdvergabe

Ort der Messung: Wen = Wenden, Wtz = Wetzlar, Sie = Siegen, Wit = Witten

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Proben. Fehlerhaft zur Verfügung gestellte Proben können die Prüfergebnisse beeinträchtigen. Die angegebenen Ergebnisse beinhalten Messunsicherheiten, die bei Bedarf angefordert werden können. Der Prüfbericht darf nur mit Zustimmung der Horn & Co. Analytics GmbH auszugsweise vervielfältigt werden.

### Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

DIN 19539: 2016-12

DIN 19747: 2009-07

DIN 38407-43: 2014-10

## Prüfbericht-Nr: B2119531

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

**Eingangsdatum** 09.11.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202134050  
**Probenehmer / -eingang** AG  
**Prüfort** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 09.11.2021 - 15.11.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 1-6

**Herkunftsort** Wegener, PB Deipenweg

**Entnahmeort** Wegener, PB Deipenweg

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

### Grenzwerteinstufung

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

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

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

### Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Probennahmeprotokoll	n.Vorhanden					
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg					
Probenvorbereitung	s.Anhang					
Feuchte (105°C)	7,49	%				
Trockenrückstand (105°C)	92,5	%				
Glühverlust (550°C)	0,76	%			3	3
Glührückstand (550°C)	99,2	%				

## Prüfbericht-Nr: B2119531

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

**Eingangsdatum** 09.11.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202134050  
**Probenehmer / -eingang** AG  
**Prüfart** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 09.11.2021 - 15.11.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 1-6

**Herkunftsort** Wegener, PB Deipenweg

**Entnahmeort** Wegener, PB Deipenweg

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
TOC (TS)	0,17	%	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	15	45		
Blei (TS)	<10	mg/kg	70	210		
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	1	3		
Chrom (TS)	<10	mg/kg	60	180		
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	40	120		
Nickel (TS)	<10	mg/kg	50	150		
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,5	1,5		
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	0,7	2,1		
Zink (TS)	<10	mg/kg	150	450		
Elution mit dest. Wasser	ja					
pH-Wert (Eluat)	7,57		6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 13	5,5 - 13
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	28	µS/cm	250	250		
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%			0,4	3
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	14	mg/L			400	3000
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,1	0,2
DOC (Eluat)	5,15	mg/L			50	50
Chlorid-IC (Eluat)	0,63	mg/L	30	30	80	1500

## Prüfbericht-Nr: B2119531

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

**Eingangsdatum** 09.11.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202134050  
**Probenehmer / -eingang** AG  
**Prüfort** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 09.11.2021 - 15.11.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 1-6

**Herkunftsort** Wegener, PB Deipenweg

**Entnahmeort** Wegener, PB Deipenweg

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,005	0,005		
Cyanid, I. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L			0,01	0,1
Fluorid-IC (Eluat)	0,18	mg/L			1	5
Sulfat-IC (Eluat)	0,47	mg/L	20	20	100	2000
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L			0,006	0,03
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	0,014	0,014	0,05	0,2
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L			2	5
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	0,04	0,04	0,05	0,2
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	0,0015	0,0015	0,004	0,05
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,0125	0,0125	0,05	0,3
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L			0,05	0,3
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,2	1
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	0,015	0,015	0,04	0,2
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	0,0005	0,0005	0,001	0,005
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L			0,01	0,03
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	0,15	0,15	0,4	2

Horn & Co. Analytics GmbH, Wenden 15.11.2021



i.A. Dorothea Egbun  
Projektmanagement

## Prüfbericht-Nr: B2119532

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

**Eingangsdatum** 09.11.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202134051  
**Probenehmer / -eingang** AG  
**Prüfort** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 09.11.2021 - 15.11.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 7-10  
**Herkunftsort** Wegener, PB Deipenweg  
**Entnahmeort** Wegener, PB Deipenweg

### Bemerkung

### Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Probennahmeprotokoll	n.Vorhanden			0	Wen	
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg		DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1	4*	Wen	
Probenvorbereitung	s.Anhang		DIN 19747	1*	Wen	DIN ISO 11464
Feuchte (105°C)	10,3	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Trockenrückstand (105°C)	89,7	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Glühverlust (550°C)	0,61	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
Glührückstand (550°C)	99,4	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
TOC (TS)	0,16	%	DIN EN 15936	1*	Wen	DIN 19539
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	0,013	%	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	
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen	DIN EN 1483

## Prüfbericht-Nr: B2119532

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

**Eingangsdatum** 09.11.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202134051  
**Probenehmer / -eingang** AG  
**Prüfort** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 09.11.2021 - 15.11.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 7-10

**Herkunftsort** Wegener, PB Deipenweg

**Entnahmeort** Wegener, PB Deipenweg

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Elution mit dest. Wasser	ja		DIN EN 12457-4	1*	Wen	
pH-Wert (Eluat)	7,56		DIN EN ISO 10523	1*	Wen	
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	35	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen	
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%	DIN 38409-1	1*	Wen	
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	17,5	mg/L	DIN EN 15216	1*	Wen	
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 14402	1*	Wen	
DOC (Eluat)	5,87	mg/L	DIN EN 1484	1*	Wen	DIN EN 1484
Chlorid-IC (Eluat)	0,20	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403-2	1*	Wen	DIN EN ISO 14403
Fluorid-IC (Eluat)	0,13	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Sulfat-IC (Eluat)	<0,1	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	DIN EN ISO 12846	1*	Wen	DIN EN 1483
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	

Akkreditierte Prüfmethode: 1\* = Ja; 2\*=Ja, mit Modifikationen; 3\* Ja, im Unterauftrag // 4\*: Nein; 5\*: Fremdvergabe

Ort der Messung: Wen = Wenden, Wtz = Wetzlar, Sie = Siegen, Wit = Witten

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Proben. Fehlerhaft zur Verfügung gestellte Proben können die Prüfergebnisse beeinträchtigen. Die angegebenen Ergebnisse beinhalten Messunsicherheiten, die bei Bedarf angefordert werden können. Der Prüfbericht darf nur mit Zustimmung der Horn & Co. Analytics GmbH auszugsweise vervielfältigt werden.

### Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

DIN 19539: 2016-12

DIN 19747: 2009-07

DIN 38407-43: 2014-10

## Prüfbericht-Nr: B2119532

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

**Eingangsdatum** 09.11.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202134051  
**Probenehmer / -eingang** AG  
**Prüfort** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 09.11.2021 - 15.11.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 7-10

**Herkunftsort** Wegener, PB Deipenweg

**Entnahmeort** Wegener, PB Deipenweg

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

### Grenzwerteinstufung

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

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

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

### Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Probennahmeprotokoll	n.Vorhanden					
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg					
Probenvorbereitung	s.Anhang					
Feuchte (105°C)	10,3	%				
Trockenrückstand (105°C)	89,7	%				
Glühverlust (550°C)	0,61	%			3	3
Glührückstand (550°C)	99,4	%				

## Prüfbericht-Nr: B2119532

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

**Eingangsdatum** 09.11.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202134051  
**Probenehmer / -eingang** AG  
**Prüfart** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 09.11.2021 - 15.11.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 7-10

**Herkunftsort** Wegener, PB Deipenweg

**Entnahmeort** Wegener, PB Deipenweg

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
TOC (TS)	0,16	%	0,5	1,5	1	1
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	0,013	%			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	15	45		
Blei (TS)	<10	mg/kg	70	210		
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	1	3		
Chrom (TS)	<10	mg/kg	60	180		
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	40	120		
Nickel (TS)	<10	mg/kg	50	150		
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,5	1,5		
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	0,7	2,1		
Zink (TS)	<10	mg/kg	150	450		
Elution mit dest. Wasser	ja					
pH-Wert (Eluat)	7,56		6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 13	5,5 - 13
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	35	µS/cm	250	250		
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%			0,4	3
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	17,5	mg/L			400	3000
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,1	0,2
DOC (Eluat)	5,87	mg/L			50	50
Chlorid-IC (Eluat)	0,20	mg/L	30	30	80	1500

## Prüfbericht-Nr: B2119532

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

**Eingangsdatum** 09.11.2021  
**Auftrag-Nr.** A190230  
**Probe-Nr.** P202134051  
**Probenehmer / -eingang** AG  
**Prüfort** Horn & Co. Analytics GmbH  
**Untersuchungszeitraum** 09.11.2021 - 15.11.2021

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

**Probenbezeichnung** MP BS 7-10

**Herkunftsort** Wegener, PB Deipenweg

**Entnahmeort** Wegener, PB Deipenweg

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,005	0,005		
Cyanid, I. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L			0,01	0,1
Fluorid-IC (Eluat)	0,13	mg/L			1	5
Sulfat-IC (Eluat)	<0,1	mg/L	20	20	100	2000
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L			0,006	0,03
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	0,014	0,014	0,05	0,2
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L			2	5
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	0,04	0,04	0,05	0,2
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	0,0015	0,0015	0,004	0,05
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,0125	0,0125	0,05	0,3
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L			0,05	0,3
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,2	1
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	0,015	0,015	0,04	0,2
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	0,0005	0,0005	0,001	0,005
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L			0,01	0,03
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	0,15	0,15	0,4	2

Horn & Co. Analytics GmbH, Wenden 15.11.2021



i.A. Dorothea Egbun  
Projektmanagement

A N L A G E 9.1

Fotodokumentation

**Fotodokumentation**

**Seite 1**

**Anlage 9.1**

Situation am 27.-28.09.2021



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

Situation am 27.-28.09.2021



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

**Fotodokumentation**

**Seite 2**

**Anlage 9.1**

Situation am 27.-28.09.2021



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

Situation am 27.-28.09.2021



**Foto 4:** Blickrichtung ~N; Bereich der BS 4 (Markierung)

Situation am 27.-28.09.2021



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

Situation am 27.-28.09.2021



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

Situation am 27.-28.09.2021



**Foto 7:** Blickrichtung ~O; Bereich der BS 5 (Markierung)

Situation am 27.-28.09.2021



**Foto 8:** Blickrichtung ~N; Bereich der BS 6 (Markierung)

Situation am 27.-28.09.2021



**Foto 9:** Blickrichtung ~W; Bereich der BS 7, BS 8, BS 9 und BS 10 (Markierungen)