

GEOTECHNISCHER BERICHT

Projekt: Erschließung BG „Uhlenkamp“
Bebauungsplan Nr. 9
in 59510 Lippetal-Hovestadt



- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Auftraggeber: GEMEINDE LIPPETAL
Bahnhofstraße 7, 59510 Lippetal

Auftragnehmer: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Projekt-Nr.: 25 01 25

Ort / Datum: Lippstadt / 10. Juni 2025

Umfang: 71 Seiten Textteil, 38 Seiten Anlagen

Geschäftsführer

Udo Kleegräfe
Dipl.-Ing. (FH) Jochen Kleegräfe
Lars Henkel

Bankverbindung

Sparkasse Hellweg-Lippe
BIC: WELADED1SOS
IBAN: DE79 4145 0075 0430 0282 90

Volksbank Beckum-Lippstadt
BIC: GENODEM1LPS
IBAN: DE94 4166 0124 0763 6562 00

- INHALTSVERZEICHNIS -

1.0 Projekteinleitung	3
1.1 Vorgang / Planung / Aufgabenstellung.....	3
1.2 Hintergrundinformationen / Georisiken / Schutzzonen	4
2.0 Untergrunderschließung.....	6
2.1 Untergrundschichtung / Geologie.....	6
2.2 Grundwasser / Hydrogeologie	7
3.0 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes	11
3.1 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Laborversuche).....	11
3.2 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)	11
3.3 Wasserrechtliche Bewertung des Versickerungspotenzials	12
4.0 Abfalltechnische Beurteilung der Aushubmassen	17
4.1 Methodik / Parameterumfang / Bewertungsgrundlagen	17
4.2 Hinweise zu den Einsatzmöglichkeiten von MEBs	18
4.3 Bewertung der Mischproben	20
4.4 Fazit / Empfehlungen Aushubmaterial	21
5.0 Baugrundbewertung	22
5.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche	22
5.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche (DPL-5)	26
5.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung.....	27
5.4 Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen und Frostklassen	28
5.5 Homogenbereiche gem. VOB Teil C.....	31
6.0 Hinweisgebungen zur Baudurchführung.....	32
6.1 Wohngebäudebau	33
6.1.1 Allgemeine Hinweisgebungen.....	34
6.1.2 Gründungsempfehlung Plattengründung (NU + U).....	41
6.2 Kanalbau	44
6.3 Straßenbau.....	53
6.4 Regenrückhaltebecken (RRB)	60
7.0 Schlussbemerkung	66
Literaturverzeichnis	67
Anlagen.....	71

1.0 Projekteinleitung

1.1 Vorgang / Planung / Aufgabenstellung

Die GEMEINDE LIPPETAL beabsichtigt die Erschließung des Baugebietes „Uhlenkamp“ (Bebauungsplan Nr. 9) in 59510 Lippetal-Hovestadt (Gemarkung Nordwald, Flur 1, Flurstück 375). Das überplante Gebiet umfasst ca. 2,55 ha und soll etwa 31 Grundstücke für Einfamilienhäuser, ein Grundstück für ein Mehrfamilienhaus mit vier Wohneinheiten sowie ein Grundstück für Betreutes Wohnen umfassen. Ferner werden eine Erschließungsstraße sowie Gehwege, Grünflächen, Regen- und Schmutzwasserkanäle sowie ein Regenrückhaltebecken (RRB) vorgesehen.

Aufgabe war die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und Baugrundbeurteilung. Hierauf basierend erfolgen ingenieurgeologische Hinweisgebungen hinsichtlich einer zukünftigen Bebauung. Ergänzend wird das Versickerungspotenzial des Untergrundes mittels Versickerungsversuchen (‘Auffüllversuchen’) ermittelt und beurteilt sowie das potenzielle Boden-Aushubmaterial hinsichtlich seiner Wiedereinbaueignung/-zulässigkeit chemisch untersucht und klassifiziert

Die GEMEINDE LIPPETAL (Bahnhofstraße 7, 59510 Lippetal) beauftragte das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH (Holzstraße 212, 59556 Lippstadt) auf Basis eines Angebotes vom 16.01.2025 mit den Untersuchungen sowie der Anfertigung des Geotechnischen Berichts.

Auftraggeber: GEMEINDE LIPPETAL
Bahnhofstraße 7, 59510 Lippetal

Auftragnehmer: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Für die Geländearbeiten sowie die Erstellung des Geotechnischen Berichts steht der am 13.01.2025 vom AG übersandte Konzeptplan zur Entwässerung zur Verfügung (Maßstab 1:500, Stand 10.01.2025) [U1].

Die Lage der Ansatzpunkte geht aus dem Lageplan in Anlage 1.1 und der Fotodokumentation in Anlage 9.1 hervor. Nach Abschluss der Aufschlussarbeiten sind die Sondier- und Bohransatzpunkte georeferenziert mit einem satellitengestützten Gerät der Fa. TOPCON lagemäßig eingemessen und höhenmäßig einnivelliert worden (Bezug UTM32, DHHN2016 = m NHN).

Der Untersuchungsumfang ist in der nachfolgenden Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Untersuchungsumfang

Gelände (27.03.2025 + 03.06.2025)	- Rammkernsondierung (Ø 60 - 50 mm)	6 Stück
	- Rammsondierung (DPL-5)	6 Stück
	- Einmessung in Lage und Höhe	6 Stück
	- Versickerungsversuch im Gelände	2 Stück
	- Errichtung einer Grundwassermessstelle	1 Stück
Boden- mechanisches Labor	- Korngrößenanalyse (nach DIN EN ISO 17892-4) [1]	5 Stück
	- Wassergehaltsbestimmung (nach DIN EN ISO 17892-1) [2]	5 Stück
	- Zustandsgrenzenbestimmung (nach DIN EN ISO 17892-12) [3]	2 Stück
	- Glühverlustbestimmung (nach DIN EN 17685-1) [4]	2 Stück
Chemisches Labor	- Parameterumfang EBV (nach Anlage 1, Tabelle 3) [5]	2 Stück

1.2 Hintergrundinformationen / Georisiken / Schutzzonen

Lage: Das Untersuchungsgebiet liegt zwischen den Ortsteilen Hovestadt und Nordwald der Gemeinde Lippetal. Das überplante Areal wird im Westen vom Friedhofsgelände, im Norden von der Straße 'Auf dem Felde' und im Osten von der 'Nordwalder Straße' begrenzt. Von letzterer erfolgt zukünftig die Erschließung der Grundstücke. Im Süden grenzen landwirtschaftliche Flächen an. Das nähere Umfeld wird von Wohnbebauung sowie landwirtschaftlichen Flächen geprägt. Das Areal lag am Untersuchungstag als unbebaute Ackerfläche vor [6].

Vorfluter: Der Hauptvorfluter 'Lippe' befindet sich ca. 550 m nördlich des Arbeitsgebietes und entwässert in westliche Richtung. Das Schloss Hovestadt mit seinem Schlossgraben ist ca. 250 m nordöstlich gelegen [6] [7].

Morphologie: Zwischen den Bohransatzpunkten konnten Höhenunterschiede von ca. 1,81 m ermittelt werden. Die Höhenkote schwankt zwischen +73,14 m und +74,95 m NHN. Die Fläche fällt in Richtung Nordosten hin ein. Das Gebiet befindet sich innerhalb der Frosteinwirkungszone I [8].

Vornutzung: Über eine multitemporale Luftbilddauswertung über das Portal TIM-online [6] kann eine Nutzung als Ackerfläche bis mindestens ins Jahr 1958 belegt werden. Informationen über anderweitige bzw. vorherige Nutzungsarten liegen dem IB KLEEGRÄFE nicht vor. Es existieren keine Hinweise/Verdachtsmomente auf Bodenbelastungen.

Erdbebenzone/Gefährdungspotenziale: Gemäß Erdbebenzonenkarte [9] ist das Arbeitsgebiet in einem 'Gebiet außerhalb von Erdbebenzonen' gelegen. Die noch ausstehende, bauaufsichtliche Einführung des neuen Eurocode 8, einschließlich des nationalen Anhangs

NA:2021, kann in örtlich stark veränderten Erdbebenlasten resultieren. Maßgeblich bei einer Bemessung ist das jeweils aktuelle Normenwerk.

Das Online-Fachinformationssystem 'Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW' [10] [11] gibt für die von der Maßnahme betroffenen 500 x 500 m-Planquadrate 'Gasaustritte in Bohrungen' als Gefährdungspotenzial an. Für die Bereiche Bergbau, Verkarstung, Methan-ausgasung, Auslaugung und Erdbeben liegen keine besonderen Gefährdungspotenziale vor. Bei Vorgenanntem handelt es sich nicht um grundstücksbezogene Informationen, sondern lediglich um flächenbezogene Auskünfte für die betreffenden Planquadrate.

Schutzzonen: Das gegenständliche Untersuchungsgebiet liegt außerhalb von Naturschutz-, FFH-, und Natura2000-Gebieten sowie außerhalb von festgesetzten oder geplanten Heilquellen- oder Trinkwasserschutzzonen [7] [12].

Überschwemmungsgebiete: Das Arbeitsgebiet ist außerhalb festgesetzter Überschwemmungsgebiete gelegen und wird auf Grundlage von rechnerischen Hochwassermodellen in Abhängigkeit der Seltenheit eines Hochwasserereignisses auch nicht von Hochwasser beeinflusst [7] [12] [13].

Radon: Das Areal liegt gemäß der Radonvorsorgegebiets-Übersichtskarte von Deutschland [14] außerhalb von ausgewiesenen Radonvorsorgegebieten.

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

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. Ebenfalls nicht Bestandteil der Beauftragung ist die Einholung von Auskünften aus dem Altlastenkataster und/oder die Durchführung einer orientierenden Altlastenuntersuchung/Gefährdungsabschätzung.

2.0 Untergrunderschließung

2.1 Untergrundschichtung / Geologie

Es wurden insgesamt sechs Kleinrammbohrungen (BS) sowie sechs leichte Rammsondierungen (DPL) im Untersuchungsbereich niedergebracht. Die Ansatzpunkte sowie die Erkundungstiefen wurden durch das IB KLEEGRÄFE auf Basis der DIN 4020 [15] und dem gültigen Eurocode 7 [16] festgelegt. Die Geländearbeiten erfolgten am 27.03.2025.

Die Bodenansprache erfolgte durch einen fachkundigen Geologen nach der DIN EN ISO 14688-1 [17]. Die Bohrungen wurden gemäß DIN 4023 [18] zu Schichtprofilen entwickelt und höhenmäßig zueinander in Beziehung gestellt (Anlage 2.1).

Die Materialansprache und -einteilung (Kies-Sand-Schluff-Ton) im Gelände erfolgt nach der im Bohrgut vorhandenen Korngröße. Bedingt durch den verwendeten Sondendurchmesser konnte Material in Stein- und Blockkorngröße nicht direkt beprobt werden. Innerhalb der Auffüllungen und Geogenablagerungen muss daher mit dem untergeordneten Vorhandensein von Material in Stein- und Blockkorngröße gerechnet werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Beschreibung der Bodenverhältnisse im Untersuchungsbereich auf den Bohrungen beruht. Abweichende Bodenverhältnisse zwischen den Bohransätzen können aufgrund der punktuellen Untergrundaufschlüsse nicht ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind in der Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse (in m u. GOK / m NHN)

BS	1	2	3	4	5	6
Ansatz	+74,07	+74,63	+74,95	+74,31	+73,78	+73,14
Mutterboden	-0,35	-0,35	-0,35	-0,30	-0,35	-0,30
Füll-Sand	-	0,35-1,10	0,35-0,80	-	-	-
Fluviatillehm	0,80-1,50	1,10-3,20	0,80-3,30 3,30-3,80	0,90-2,90 2,90-3,40	1,20-2,80	1,20-1,70 2,10-2,80
Fluviatilsand	0,35-0,80 1,50-2,40	-	3,80-4,20	0,30-0,90 3,40-3,95	0,35-1,20 2,80-3,20	0,30-1,20 1,70-2,10
Verwitterungslehm	2,40-2,90	3,20-3,60	-	-	3,20-3,60	2,80-3,10
Verwitterungskies	ab 2,90	ab 3,60	ab 4,20	ab 3,95	ab 3,60	ab 3,10
Grundwasser	1,60 / +72,47	1,80 / +72,83	1,80 / +73,15	1,90 / +72,41	2,10 / +71,68	2,10 / +71,04
Endteufe BS/DPL	5,70*/4,60*	5,40*/4,80*	6,00/4,90*	6,00/5,50*	5,50*/4,90*	5,70*/3,80*

Legende: BS = Bohrsondierung, DPL = leichte Rammsondierung, * = kein weiterer Bohr-/Rammfortschritt,
braun = organische/humose Anteile

Geologie: Das örtliche Festgestein, ein Tonmergel- bis Kalkmergelstein der Oberkreide (Santon-Stufe), wurde in allen Bohrungen in verwitterter Form erbohrt. Oberhalb folgen jüngere Flussablagerungen sowie ein anthropogen umgelagerter organischer Oberboden. Örtlich konnten zudem aufgefüllte Sande angetroffen werden.

Verwitterungen: Bei den angetroffenen 'Verwitterungsbildungen' handelt es sich zwar der Korngröße nach um ein vorwiegend lehmig-kiesiges Material, dieses wurde jedoch aus einem übergeordneten Verband entnommen. Es handelt sich nicht um ein korngestütztes Lockergestein im engeren Sinne (wie z. B. Flussskies oder Auenlehm), sondern um ein zu unterschiedlichen Graden ver- bzw. angewittertes Halbfest- bis Festgestein. Dies wird auch durch die zweigeteilte Signatur in den Schichtenprofilen berücksichtigt.

Bodenbelastungen: Grundsätzlich wurde das geförderte Bohrgut auch einer umweltgeologischen Bodenansprache unterzogen und auf auffällige bzw. schadstoffbehaftete Inhaltsstoffe kontrolliert. Hinzuweisen sei darauf, dass sich diese Aussagen ausschließlich auf die bisherigen Bodenproben beziehen und Bohrungen punktuelle Aufschlüsse darstellen.

Innerhalb der angetroffenen Böden konnten bei der Boden-/Materialansprache weder auffällige Inhaltsstoffe noch geruchliche/organoleptische Auffälligkeiten festgestellt werden.

2.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Es handelt sich bei den angetroffenen Feuchteverhältnissen um eine zeitliche Momentaufnahme. Langfristige Messdaten liegen dem AN nicht vor. Die Geländearbeiten erfolgten in einer, im Vergleich zum vieljährigen Mittel gesehenen, niederschlagsmäßig sehr trockenen Jahresperiode im März 2025 [19]. Die angetroffenen Feuchte-/Nässeverhältnisse stellen daher weder relative Hoch- noch Maximalstände dar. In dauerhaft niederschlagsintensiven Perioden wird mit einem mäßigen bis deutlichen Anstiegspotenzial bzw. mit geringeren Grundwasser-Flurabständen sowie höheren Bodenfeuchten gerechnet.

Untergrundnässe: Am 27.03.2025 konnte in allen Bohrungen Grundwasser bzw. eine 'zusammenhängende Untergrundfeuchte' direkt zwischen 1,60 m und 2,10 m u. GOK bzw. zwischen +71,04 m und +73,15 m NHN gelotet werden. Es liegt ein nördliches Grundwassergefälle vor, sodass die Angabe einer mittleren Höhenkote nicht zielführend ist.

Pegelausbau: Am 03.06.2025 wurde im Bereich des geplanten Regenrückhaltebeckens ergänzend eine DN 50-Permanent-Grundwassermessstelle (überflur) ausgebaut. Die Ausbaudaten sind der Anlage 2.2 zu entnehmen. Grundwasser wurde bei 2,11 m u. GOK bzw. einem Niveau von +70,58 m NHN gelotet.

Es wird empfohlen, die GW-Messstelle regelmäßig in relativ kurzen Intervallzeiträumen zu loten oder bestenfalls einen Datenlogger einzusetzen, um das Untergrundwasserschwankungs- und -anstiegspotenzial belastbar zu konkretisieren. Sinnvoll ist die Durchführung dieser Messungen über mind. eine hydrologische Jahresperiode.

Behördliche Messstellen: Gemäß dem Online-Portal 'Elwas-Web' [7] befindet sich die Messstelle „Schoneberg ML112“ (LGD-Nr. 091141400) ca. 1 km östlich des Untersuchungsgebietes. Die Messstelle weist ebenfalls eine Entfernung zur nördlich gelegenen 'Lippe' von ca. 550 m auf und ist innerhalb des Grundwasserkörpers 'Münsterländer Oberkreide / Beckumer Berge / 2' gelegen (s. u.). Aufgrund der Entfernung zum Arbeitsgebiet ist die weitere Ableitung statistischer Größen dennoch nicht ohne entsprechende Unsicherheiten möglich.

Die Grundwassermessstelle weist über den gesamten Messzeitraum (02.08.1965 – 05.05.2025; 2.638 Messwerte) einen durchschnittlichen Grundwasserstand von +71,42 m NHN auf. Dies entspricht ca. 1,13 m u. GOK am Standort der g. g. Messstelle. Der höchste Grundwasserstand innerhalb der letzten 10 Jahre (zeHGW) lag bei einem Niveau von ca. +72,00 m NHN (= ca. 0,55 m u. GOK der Messstelle), der mittlere höchste Grundwasserstand der letzten 20 Jahre (MHGW) bei einem Niveau von ca. +71,85 m NHN (= ca. 0,70 m u. GOK der Messstelle).

Grundwasserkörper: Gemäß Auskunft des Online-Portals 'Elwas-Web' [7] zum Grundwasserkörper handelt es sich im Untersuchungsgebiet um den Grundwasserkörper 'Münsterländer Oberkreide / Beckumer Berge / 2'.

G. g. Grundwasserkörper repräsentiert einen Kluft-Grundwasserleiter, der durch die Ton-/ Kalkmergelsteine der Oberkreide charakterisiert wird. Die Festgesteine werden von quartären Ablagerungen überlagert, die im Bereich der Lippe-Niederung bzw. in Bachtälern grundwasserführend auftreten können, wenn auch bei geringer Ergiebigkeit. Der Grundwasserflurabstand ist gering und bewegt sich zwischen 0,5 m und rd. 4,0 m.

Grundwassergleichenkarten: Bei der Betrachtung der zugänglichen Grundwassergleichenkarte für 'mittlere Grundwasserverhältnisse von 2006 bis 2015' [20] ist das Arbeitsgebiet zwischen den Isolinien +73 m NHN und +75 m NHN gelegen. Dies entspricht einem Grundwasserflurabstand von < 0,5 m u. GOK.

Staunäsepotenzial: Die Füll- und Fluviatilsande sowie die Verwitterungskiese führen in Abhängigkeit des Grades der Verlehmung kein nennenswertes bis ein mäßig hohes Staunäsepotential.

Die Fluviatil- und Verwitterungslehme sowie stark verlehnte Sande weisen demgegenüber ein ausgeprägtes Staunäsepotenzial auf. Nach Offenlegung ist bei Niederschlagsereignissen mit Stauwasser sowie einer Konsistenzverringern von bindigen/verlehnten Böden zu rechnen. Es

ist in diesem Zusammenhang auf die Nässe sensibilität und -anfälligkeit dieser Böden hinzuweisen, welche bei einer Wassergehaltszunahme (= Feuchteerhöhung) eine Baugrundgüteverschlechterung infolge einer Konsistenzabnahme (Aufweichungen) aufzeigen. Die Konsistenz ist eine veränderliche Baugrundgröße.

Bemessungswasserstand: Hinsichtlich der Festlegung des für die Faktoren 'Auftrieb' und 'drückende Wasserverhältnisse' ausschlaggebenden Bemessungswasserstandes sei darauf hingewiesen, dass die dafür gemäß DIN 18533 [21] bzw. Merkblatt BWK-M8 [22] notwendigen Daten, insbesondere was den Punkt 'langjährige Beobachtungsergebnisse aus der Umgebung' anbelangt, eine beschränkt ausreichende Datengrundlage besteht.

Der Bemessungswasserstand für den Faktor '**Stauwasser**' wird aufgrund der verlehmt/bindigen Böden in Höhe der aktuellen örtlichen Geländeoberkante bzw. in Höhe der Unterkante des zukünftigen RStO-Aufbaus angesetzt (GOK am 27.03.2025).

Der Bemessungswasserstand für den Faktor '**Grundwasser**' – im Sinne des höchsten zu erwartenden Grundwasserstandes (**zeHGW**) – wird aufgrund des Anstiegspotenzials bei ca. 0,5 m u. örtlicher aktueller GOK angesetzt.

Der für versickerungstechnische Fragestellungen relevante '**mittlere höchste Grundwasserstand**' (**MHGW**) wird basierend auf den Ergebnissen der herangezogenen Messstelle Dritter (s. o.) zunächst bei ca. 0,7 m u. örtlicher aktueller GOK angesetzt.

Bei Anwendung des zeHGW und/oder des MHGW wird eine Rücksprache mit der zuständigen Behörde bzw. eine Anfrage bei dem LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND KLIMA NRW (LANUK, kostenpflichtig) empfohlen.

Die Angabe eines '**höchsten Hochwasserstandes**' (**HHW**) bei potenziellen HQ₁₀₀-Ereignissen ist in der Maßnahme nicht erforderlich.

Zusammenfassung der Bemessungswasserstände:

Bemessungswasserstand 'Stauwasser':	akt. GOK / Unterkante RStO-Aufbau
Bemessungswasserstand 'Grundwasser' (zeHGW):	0,5 m u. GOK
mittlerer höchster Grundwasserstand (MHGW):	0,7 m u. GOK
höchster Hochwasserstand (HHW):	nicht erforderlich

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

Bodenart	k_f -Wert in m/s
<u>sandiger Mutterboden:</u>	
Sand, (stark) schluffig, organisch.....	$10^{-6} - 10^{-8}$
<u>Füll-Sand:</u>	
Sand, (stark) schluffig, schwach kiesig, u. U. schwach organisch.....	$10^{-6} - 10^{-9}$
<u>Fluviatillehm:</u>	
Schluff, schwach bis stark sandig, (schwach) tonig, u. U. schwach kiesig.....	$10^{-7} - 10^{-9}$
<u>Fluviatilsand:</u>	
Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig.....	$10^{-5} - 10^{-7}$
<u>Verwitterungslehm:</u>	
Schluff, (stark) tonig, schwach kiesig.....	$10^{-8} - 10^{-10}$
<u>Verwitterungskies/-schutt:</u>	
Kies (stark) schluffig, tonig.....	$10^{-5} - 10^{-7}$

Bewertung der Gesteinsdurchlässigkeit nach DIN 18130 [23]:

- | | | |
|----------------------------|---------------------|-----|
| • stark durchlässig: | $> 10^{-4}$ | m/s |
| • durchlässig: | $10^{-5} - 10^{-6}$ | m/s |
| • gering durchlässig: | $10^{-7} - 10^{-8}$ | m/s |
| • sehr gering durchlässig: | $< 10^{-8}$ | m/s |

3.0 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Es ist zu überprüfen, ob das anfallende Niederschlagswasser - bei Eignung der Böden sowie der wasserrechtlichen Bestimmungen - im Untergrund versickert werden kann.

Die Hinweisgebungen, Untersuchungen sowie Bewertung des Versickerungspotenzials erfolgen in enger Anlehnung an das Arbeitsblatt DWA-A 138-1 [24], dem LANUV-Arbeitsblatt 52 [25] sowie dem RdErl. IV B 5 - 673/2-29010/ IV B 6 - 031 002 0901 [26].

3.1 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Laborversuche)

Im bodenmechanischen Labor wurden insgesamt fünf Korngrößenanalysen an den untergrundprägenden Fluviatilböden (Lehm, untergeordnet Sand) und Verwitterungsbildungen durchgeführt (Lehm, Kies). In der Anlage 3.1 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Ergebnisse der Analysen sind zusammenfassend in der Tabelle 7 (Kap. 5.1) aufgeführt.

Die Korngrößenanalysen ergaben sehr geringe Durchlässigkeiten von $k_f \sim 10^{-7}$ m/s bis $< 10^{-9}$ m/s, wobei für den Verwitterungskies ein höherer k_f -Wert erwartet wird, als labortechnisch ermittelt (vgl. Kap. 5.1). Aufgrund der im Gelände angesprochenen Feinkornanteile innerhalb des Verwitterungskies wird von Durchlässigkeiten $\leq 10^{-6}$ m/s ausgegangen. Es ist durchgängig keine ausreichende Versickerungsleistung zu erwarten.

3.2 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)

Zur Ermittlung der hydraulischen Leitfähigkeit (= Wasserdurchlässigkeit) ist es notwendig, den k_f -Wert („Durchlässigkeitsbeiwert“) für die relevanten Lockersedimente festzustellen. Die Auswertung der Versickerungsversuche (hydrostatisches Verfahren mittels Auffüllversuche; gem. DWA-A 138-1 [24] Tab. 11 Korrekturfaktor $f_{\text{Methode}} = 0,8$) 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)“.

Die Versickerungsversuche wurden als hydrostatisches Verfahren (Auffüllversuche) mit konstanter Druckhöhe durchgeführt (‘open-end-test’). Für die Durchführung der Versuche wurden die Bohrlöcher der Ansatzpunkte BS 3 und BS 6 verwendet. Als erster Schritt des jeweiligen Versickerungsversuchs erfolgte 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 7.1 zu entnehmen. In der Tabelle 3 sind die Ergebnisse dieser Versickerungsversuche dargestellt.

Tabelle 3: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (Geländeversuche)

Bohrloch	BS 3	BS 6
Gültigkeitsbereich (m u. GOK)	0,80-1,70	0,50-1,30
Versickerungsmedium	Fluviatillehm	Fluviatillehm/-sand
Versuch 1 (k_f in m/s)	$\sim 3,9 \times 10^{-5}$	$\sim 7,2 \times 10^{-6}$
Versuch 2 (k_f in m/s)	$\sim 4,0 \times 10^{-5}$	$\sim 3,9 \times 10^{-6}$
Bewertung DIN 18 130	durchlässig	durchlässig
DWA-Bewertung	Versickerungseignung nach DWA: $k_f > 1,0 \times 10^{-6}$ m/s	
Bewertung Unterzeichner	ausreichende Versickerungseignung	

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

Auffällig ist die Abnahme der Versickerungsleistung zwischen dem 1. und dem 2. Versuch im Bohrloch BS 6. Dies spricht für eine zeitverzögerte Quellung.

3.3 Wasserrechtliche Bewertung des Versickerungspotenzials

Gemäß DWA-A 138-1 Kapitel 5.1.2 Tabelle 3 [24] sind insgesamt sieben Kriterien hinsichtlich einer möglichen Versickerung vor Ort zu bewerten (s. Tabelle 4). Diese werden in den folgenden Abschnitten näher erläutert und bezogen auf das Arbeitsgebiet bewertet.

Grundwasserrelevante Faktoren (Abstand der Sohle einer Versickerungsanlage zum 'mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW)'): Eine bei der Versickerung von Niederschlagswässern sehr wichtige und mitentscheidende Größe ist das Vorhandensein von Grundwasser und sein Flurabstand.

Bei einem Mindestabstand des tiefstgelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum maßgeblichen mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW) von ≥ 1 m ist i. d. R. eine ausreichende Mächtigkeit des Sickerraums gegeben.

Beläuft sich die Mächtigkeit des Sickerraums auf < 1 m ist eine Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde erforderlich. Auch in Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebieten gelten weitergehende Anforderungen, die mit der zuständigen Behörde abzustimmen sind.

Gemäß den Ausführungen in Kap. 2.2 wird der 'mittlere höchster Grundwasserstand' (MHGW) zunächst bei 0,7 m u. GOK angesetzt. Die Mächtigkeit des Sickerraums beträgt damit < 1 m. Aufgrund der eingeschränkten Datengrundlage ist der angegebene MHGW nur als orientierend anzusehen und sollte mit der Genehmigungsbehörde abgestimmt werden.

Bodengenese / Schadstoffverdacht: *Im Vorfeld ist eine mögliche Belastung des Arbeitsgebietes durch Schadstoffe zu ermitteln. Ein Schadstoffverdacht kann u. a. bei Atablagerungen, altlastenverdächtigen Flächen oder aufgrund einer z. B. industriellen Vornutzung gegeben sein. Bodenbelastungen können entweder zum Untersagen oder zu spezifischen Anforderungen an die bauliche Ausführung der Versickerungsanlage führen.*

Aufgrund der bekannten Vornutzung ausschließlich als Ackerfläche und den unauffälligen chemischen Analysenergebnissen (s. Kap. 4) besteht kein Verdachtspotenzial für Bodenbelastungen.

Wasserrechtliche Bewertung (Schutzgebiete): *In Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebieten gelten weitergehende Anforderungen. In der Regel ist in der Schutzzone I das Versickern von gesammeltem Niederschlagswasser nicht zulässig und in den Schutzzonen II und III stark eingeschränkt.*

Das Arbeitsgebiet ist außerhalb festgesetzter Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebiete gelegen.

Materialspezifische Bewertung (Durchlässigkeit des Untergrundes): *Wesentliche Voraussetzung für das Versickern von Niederschlagswasser ist die ausreichende Wasserdurchlässigkeit des Bodens. Eine vollständige Versickerung ist in der Regel bei Durchlässigkeitsbeiwerten von k_f 1×10^{-3} m/s bis 1×10^{-6} m/s gegeben. Bei k_f -Werten $> 1 \times 10^{-3}$ m/s werden zusätzliche Maßnahmen zum Stoffrückhalt sowie eine Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde erforderlich.*

Die theoretischen Berechnungen der Wasserdurchlässigkeit anhand der Kornsummenkurven belegen für die untergrundprägenden bindigen/verlehmten Böden (sehr) geringe Durchlässigkeiten und keine Versickerungseignung. Die Versickerungsversuche im Gelände weisen demgegenüber deutlich höhere k_f -Werte auf, die theoretisch eine ausreichende Versickerungseignung anzeigen.

Aufgrund der Materialzusammensetzung weisen die versickerungsrelevanten Fluviatil- und Verwitterungslehme sowie die stark verlehnten Sande jedoch für gewöhnlich zu geringe Durchlässigkeiten hinsichtlich der Eingabe von Versickerungswässern auf.

Gefährdungspotenziale (z. B. Karstgesteine, Quellböden, Bodenverflüssigung, Unterspülung): *Es ist zu prüfen, ob im Arbeitsgebiet oder im näheren Umfeld geotechnische Gefährdungen, z. B. durch Bodenverflüssigung, Quellböden, Unterspülung oder Karstgesteine vorliegen bzw. nicht ausgeschlossen werden können. Hinsichtlich einer zulässigen Versickerung von Niederschlagswässern wird u. U. eine Abstimmung mit der zuständigen Behörde erforderlich.*

Der GEOLOGISCHE DIENST NRW [10] weist für das Arbeitsgebiet 'Gasaustritte in Bohrungen' als Gefährdungspotenzial aus. Dies wird im Zuge von versickerungstechnischen Fragestellungen als nicht relevant angesehen.

Mindestabstände zu Gebäuden/Bauwerken: *Versickerungsanlagen dürfen keine Schäden an Gebäuden oder anderen Anlagen verursachen. Daher ist es wichtig, Mindestabstände zu Gebäuden einzuhalten, wobei die Tiefe von Baugruben (z. B. bei einer Unterkellerung) bzw. Fundamenten sowie die Lage der Grundwasseroberfläche berücksichtigt werden müssen.*

Die Einhaltung von Mindestabständen zu Gebäuden/Bauwerken und Grundstücksgrenzen ist vom Fachplaner zu prüfen bzw. bei der Dimensionierung eines Versickerungsbauwerkes zu berücksichtigen. In Abstimmung mit den Eigentümern von Nachbargrundstücken sowie bei bautechnischer Berücksichtigung (Stichwort: 'Bauwerksabdichtung') können diese Abstände unter Umständen auch unterschritten werden.

Topographische Lage: *Es ist zu prüfen, ob sich der Standort der Versickerungsanlage in der Nähe eines Hangs gelegen ist. In einem topografisch stark bewegten Gelände ist von deutlichen Einschränkungen bei der Versickerung auszugehen. Es besteht u. a. eine Gefährdung durch Hangrutschungen oder Wasseraustritten am Hang.*

Das Gelände fällt in nördliche und östliche Richtung hin schwach ein. Eine Gefährdung durch Hangrutschungen oder Wasseraustritten am Hang wird aus gutachterlicher Sicht als gering bewertet.

Legende Tabelle 4:

- ¹⁾ sind alle Kriterien der Spalte 2 erfüllt, ist eine Versickerung von Niederschlagswasser möglich
- ²⁾ wenn mindestens ein Kriterium der Spalte 3 zutrifft sind durch Fachplanende technische und planerische Maßnahmen aufzuzeigen, um eine Versickerung zu ermöglichen
- ³⁾ wenn die Kriterien der Spalte 3 nicht erfüllt werden bzw. technische oder planerische Maßnahmen nicht möglich sind oder eines der Kriterien der Spalte 4 zutrifft ist eine Versickerung in der Regel nicht zulässig

☒ = trifft projektbezogen zu

(☒) = bedarf einer behördlichen und/oder planerischen Prüfung / Genehmigung

Tabelle 4: Ausschnitt aus Tabelle 3 der DWA-A 138-1 [24]: Überprüfung der Umsetzbarkeit einer entwässerungstechnischen Versickerung inkl. projektbezogener Auswertung

1	2	3	4
	Versickerung ist möglich ¹⁾	Versickerung ist potenziell möglich ²⁾	Versickerung ist nicht möglich ³⁾
Grundwasser und Boden	<input type="checkbox"/> Abstand Sohle Versickerungsanlage zum MHGW ≥ 1 m	<input checked="" type="checkbox"/> Abstand Sohle Versickerungsanlage zum MHGW < 1 m	
	<input checked="" type="checkbox"/> Keine Altlasten, altlastenverdächtige Flächen oder schädliche Bodenveränderungen vorhanden	<input type="checkbox"/> Örtlich begrenzte Altlasten, altlastenverdächtige Flächen oder schädliche Bodenveränderungen liegen in der Nähe vor. Die Mobilisierung von Schadstoffen ist unwahrscheinlich oder kann beseitigt werden.	<input type="checkbox"/> Altlasten, altlastenverdächtige Flächen oder schädliche Bodenveränderungen liegen im Boden vor. Es besteht die Gefahr der Mobilisierung von Schadstoffen durch die entwässerungstechnische Versickerung.
	<input checked="" type="checkbox"/> Kein Trinkwasserschutzgebiet; Risiko einer Verschmutzung durch die Versickerungsanlage ist nicht gegeben/sehr gering	<input type="checkbox"/> Trinkwasserschutzgebiet liegt vor; Risiko einer Verschmutzung durch die Versickerungsanlage ist aber sehr gering (Einzelfallbetrachtung)	<input type="checkbox"/> Trinkwasserschutzgebiet liegt vor; Risiko einer Verschmutzung durch die Versickerungsanlage ist nicht vernachlässigbar
	<input checked="" type="checkbox"/> $k_f \geq 1 \times 10^{-6}$ m/s	<input type="checkbox"/> $k_f < 1 \times 10^{-6}$ m/s und der Anschluss an durchlässige Bodenschichten oder eine gedrosselte Ableitung ist möglich	<input type="checkbox"/> $k_f < 1 \times 10^{-6}$ m/s und der Anschluss an durchlässige Bodenschichten oder eine gedrosselte Ableitung ist nicht möglich (Ausnahme breitflächige Versickerung)
	<input checked="" type="checkbox"/> Eine geotechnische Gefährdung im Projektgebiet (z. B. Bodenverflüssigung, Quellböden, Unterspülung, Karstgesteine) durch die Versickerungsanlage ist ausgeschlossen	<input type="checkbox"/> Geotechnische Gefährdungen sind im näheren Umfeld möglich, aber nicht am Standort der Versickerungsanlage	<input type="checkbox"/> Geotechnische Gefährdungen liegen am Standort vor
Umfeld	<input checked="" type="checkbox"/> Mindestabstände zu Gebäuden/Baugruben und sonstigen baulichen Strukturen sind einzuhalten/unkritisch	<input type="checkbox"/> Mindestabstände zu Gebäuden/Baugruben und sonstigen baulichen Strukturen sind nicht einzuhalten; bautechnische Sicherungen sind möglich (z. B. weiße oder schwarze Wanne)	<input type="checkbox"/> Mindestabstände zu Gebäuden/Baugruben und sonstigen baulichen Strukturen sind nicht einzuhalten; bautechnische Sicherungen sind nicht möglich
	<input checked="" type="checkbox"/> Der Standort der Versickerungsanlage liegt nicht in der Nähe eines Hangs	<input type="checkbox"/> Der Standort der Versickerungsanlage liegt in der Nähe eines Hangs. Hangrutschung oder Wasseraustritt des infiltrierten Oberflächenwassers an einem Hang sind unwahrscheinlich bzw. nicht nachteilig.	<input type="checkbox"/> Hangrutschung oder nachteiliger Wasseraustritt des infiltrierten Oberflächenwassers an einem Hang sind wahrscheinlich

Fazit Versickerungsfähigkeit: Die bei einer potenziellen Versickerung vom Wasserrecht geforderte dauerhaft schadlose Abführung von Niederschlagswasser kann bei den bestehenden topographischen und geologischen Rahmenbedingungen aus gutachterlicher Sicht **nicht** gewährleistet werden.

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

- Mächtigkeit des Sickerraums < 1 m,
- materialspezifisch differierende Eignung mit zu geringen/grenzwertigen Durchlässigkeiten,
- Gefährdungspotenzial durch Quellung / Aufweichung und dadurch verursachten Rückstau / Oberflächenabfluss,
- einer zu erwartenden Konsistenzverringern = Baugrundgüteverschlechterung.

Vorbehaltlich der Zustimmung des Tiefbauamtes wird eine Einleitung in das Kanalsystem vorgeschlagen.

Wird entgegen der gutachterlichen Empfehlung eine Versickerung vorgesehen, ist hinsichtlich der oben genannten Punkte eine Abstimmung mit der zuständigen Behörde erforderlich (Genehmigung).

4.0 Abfalltechnische Beurteilung der Aushubmassen

4.1 Methodik / Parameterumfang / Bewertungsgrundlagen

Es ist bei der Maßnahme mit anfallenden Überschuss-/Aushubböden zu rechnen. Daher erfolgt eine umweltrelevante Untersuchung des potenziell aufzunehmenden Aushubs. Ziel ist die Kenntnisnahme des konkreten Schadstoffpotenzials sowie die Beurteilung einer Wiedereinbau-eignung/-zulässigkeit und die Aufzeigung eines geeigneten Entsorgungsweges.

Methodik / Parameterumfang: Das Bodenmaterial im Arbeitsgebiet wurde bereichsweise zu zwei Mischproben zusammengefasst und auf den Parameterumfang gemäß Ersatzbaustoff-verordnung (Matrix 'Bodenmaterial' nach Anlage 1, Tabelle 3) [5] untersucht.

Bei den untersuchten Proben handelt es sich um aus Bohrungseinzelproben zusammengestellte Mischproben. Die in den Mischproben enthaltenen Einzelproben sind der Tabelle 5 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.

Tabelle 5: Analysenparameter / Mischprobenbenennung (Einzelprobenauswahl)

Feststoffanalysen (Boden)		
Mischprobe	enthaltene Einzelproben	Parameterumfang
MP BS 1-3	1/2 + 1/3 + 1/4 + 1/5 + 1/6 + 2/2 + 2/3 + 2/4 + 2/5 + 3/2 + 3/3 + 3/4 + 3/5	EBV (Matrix: Bodenmaterial, Anlage 1, Tabelle 3)
MP BS 4-6	4/2 + 4/3 + 4/4 + 4/5 + 5/2 + 5/3 + 5/4 + 5/5 + 6/2 + 6/3 + 6/4 + 6/5 + 6/6	

Die chemischen Analysen führte das die notwendigen Zulassungen besitzende Chemielabor HORN & CO. ANALYTICS GMBH, Otto-Hahn-Straße 2 in 57482 Wenden, durch. Die Labor-Analysenberichte sind als Kopie der Anlage 8.1 zu entnehmen.

Anmerkung Parameterumfang Ersatzbaustoffverordnung (EBV): Die Analyse der Mischproben erfolgte auf die Parameter der **Ersatzbaustoffverordnung (EBV)** für die Matrix 'Bodenmaterial' gemäß Anlage 1, Tabelle 3 [5]. Hintergrund ist hier die am 01.08.2023 in Kraft getretene Mantelverordnung, welche die länderspezifischen Regelungen (u. a. LAGA_{Boden}) abgelöst hat. Die Mantelverordnung umfasst die Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, die Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung sowie Änderungen der Deponie- und Gewerbeabfallverordnung.

Es wird darauf hingewiesen, dass am 01.01.2024 ein explizites Ablagerungsverbot nach §7 Abs. 3 der Deponieverordnung [27] für Abfälle in Kraft getreten ist, die einer Verwertung zugeführt werden können. Ausgenommen hiervon sind diejenigen Abfälle, bei denen eine Ablagerung auf Deponien den Schutz von Mensch und Umwelt am besten oder in gleichwertiger Weise wie die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling gewährleistet.

Bewertungsgrundlagen: Die Boden-Bewertung erfolgt hinsichtlich einer Wiedereinbaubeurteilung/-zulässigkeit nach EBV [5] sowie ergänzend nach DepV [27].

Gegebenenfalls vorliegende bodenmechanische Anforderungen sind beim Wiedereinbau gesondert zu beachten. Die Anwendung der EBV ist auf die Herstellung von 'technischen Bauwerken' beschränkt. Anwendungsfälle, die in den Zuständigkeitsbereich der Bundes-Bodenschutzverordnung fallen (z.B. Geländeaufhöhung, Wiedernutzbarmachung, Rekultivierung oder Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht auf technischen Bauwerken), werden nachfolgend nicht betrachtet.

4.2 Hinweise zu den Einsatzmöglichkeiten von MEBs

Die Einsatzmöglichkeiten von mineralischen Ersatzbaustoffen (MEBs) in technischen Bauwerken sind der Anlage 2 der Ersatzbaustoffverordnung zu entnehmen. Für Bodenmaterial sind z. B. die Tabellen 5 (BM-0*/BM-F0*) bis 8 (BM-F3) relevant.

Der Einbau hat oberhalb der in Anlage 2 vorgesehenen Grundwasserdeckschicht bzw. der sog. „Grundwasserfreien Sickerstrecke“ zu erfolgen.

Dabei beschreibt die „Grundwasserfreie Sickerstrecke“ den Abstand zwischen der Unterkante des unteren Einbauhorizontes des mineralischen Ersatzbaustoffs und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand.

Die Bodenart im Bereich der „Grundwasserfreien Sickerstrecke“ muss dabei den Hauptgruppen der Bodenarten Sand, Lehm, Schluff oder Ton entsprechen, damit eine Funktion als Grundwasserdeckschicht vorliegt. Der Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen ist grundsätzlich unzulässig, wenn die Grundwasserdeckschicht aus Böden mit den Gruppensymbolen GE, GW, GI, GU und GT besteht. Die Grundwasserdeckschicht kann natürlich vorliegen oder hergestellt werden. Die Herstellung einer künstlichen Deckschicht bedarf der behördlichen Zustimmung.

In den Einbautabellen werden die Konfigurationen der „Grundwasserfreien Sickerstrecke“ unterschieden in „ungünstig“ (0,1 - 1 m + 0,5 m Sicherheitsabstand; s. Abb. 1) und „günstig - Sand“ bzw. „günstig - Lehm, Schluff, Ton“ (> 1 m + 0,5 m Sicherheitsabstand; s. Abb. 2).

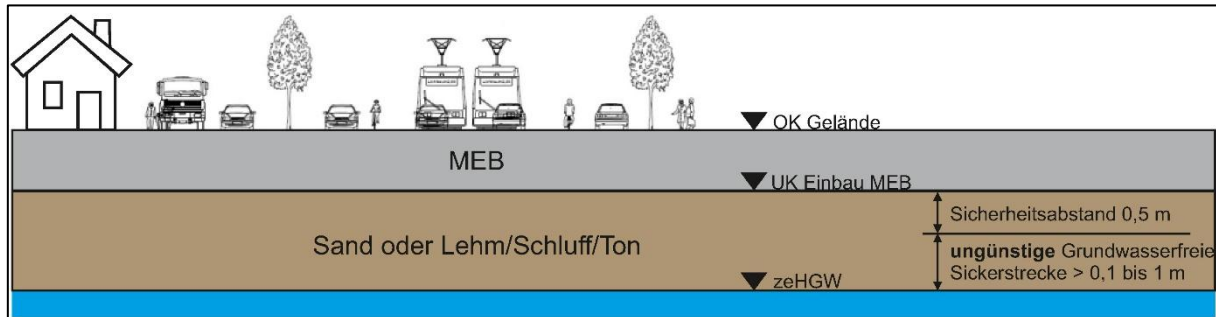


Abbildung 1: Konfiguration der Grundwasserdeckschichten – ungünstig

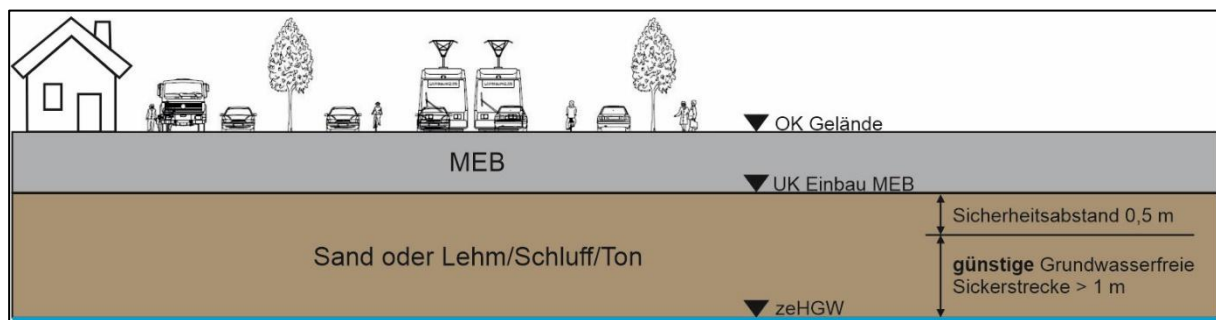


Abbildung 2: Konfiguration der Grundwasserdeckschichten – günstig

Hinweis: In Wasser- sowie Heilquellenschutzgebieten der Zone I ist der Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen unzulässig. In Schutzgebieten der Zone II darf Bodenmaterial der Klasse BM-0 eingebaut werden. Innerhalb von Schutzbereichen der Zone III sind die Einsatzmöglichkeiten von mineralischen Ersatzbaustoffen auf günstige Eigenschaften der Grundwasserdeckschichten (Sand oder Lehm, Schluff, Ton; grundwasserfreie Sickerstrecke > 1 m + 0,5 m Sicherheitsabstand) beschränkt.

Hinweise zum Einbau von MEBs im Untersuchungsbereich: Der „höchste zu erwartende Grundwasserstand (zeHGW)“ wurde basierend auf den vorliegenden Daten zunächst bei 0,5 m u. aktueller örtlicher GOK angesetzt (vgl. Kap. 2.2), womit keine ausreichende grundwasserfreie Sickerstrecke für den Einbau von MEBs vorliegt.

Sofern ein Einbau von MEBs bei den verschiedenen Baumaßnahmen vorgesehen wird, kann im Zuge von Einzelprojekt-Untersuchungen eine umfangreichere Bewertung / Prüfung der örtlichen Einbauzulässigkeit erfolgen. Hierzu sollte eine konkrete Höhenplanung vorliegen und vorab eine Rücksprache mit der Behörde hinsichtlich des zeHGW erfolgen.

Es wird darauf hingewiesen, dass MEBs der Einstufung BM-0/BG-0 unabhängig von der Grundwasser-/Deckschicht-Situation eingebaut werden dürfen.

4.3 Bewertung der Mischproben

In der folgenden Tabelle 6 werden die Mischproben entsprechend den Analysenergebnissen gemäß EBV [5] eingestuft. Es werden die Parameter aufgeführt, für die eine Überschreitung von Materialwerten vorliegt. Es werden die Materialwerte für die Bodenmatrix 'Lehm/Schluff' berücksichtigt.

Tabelle 6: Ergebnisse der chemischen Untersuchungen nach EBV

Mischprobe	auffällige / klassifizierungsrelevante Parameter	Einstufung
MP BS 1-3	<i>keine</i>	BM-0
MP BS 4-6	pH-Wert (Eluat) ¹⁾	BM-0

Legende: ¹⁾ Gemäß Anlage 1 Tabelle 3 Fußnote 4 der EBV sind der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit stoffspezifische Orientierungswerte, bei deren Abweichungen die Ursache zu prüfen ist.

Die Böden im Bereich der Ansatzpunkte BS 1 bis BS 3 zeigen keine Auffälligkeiten und sind in die EBV-Materialklasse BM-0 zu stellen.

Die untersuchte Mischprobe „MP BS 4-6“ weist einen erhöhten pH-Wert im basischen Bereich auf. Es liegen keine weiteren auffälligen Konzentrationen vor, sodass der erhöhte pH-Wert nicht auf eine Verunreinigung/Schadstoffbelastung i. e. S., sondern auf die Vorlage von ggf. kalkhaltigen Böden (s. Kap. 2.1) zurückgeführt wird. Aus gutachterlicher Sicht kann daher eine Einstufung gemäß BM-0 erfolgen.

Gemäß EBV sind bei BM-0-Material nachteilige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit oder schädliche Bodenveränderungen nicht zu besorgen. Auch ein Einbau nach den Maßgaben der novellierten BBodSchV ist ggf. möglich.

Bei einer ggf. erforderlichen Entsorgung kann Bodenmaterial der Einstufung BM-0 nach § 6, Absatz 1a der DepV [27] in die Deponieklasse DK 0 eingestuft werden, wobei auf das seit dem 01.01.2024 geltende Ablagerungsverbot hingewiesen wird (s. o.). Zudem wird darauf hingewiesen, dass für eine deponieseitige Verwendung in besonderer Funktion (z. B. geologische Barriere) ergänzende Analysen/Untersuchungen erforderlich werden können.

4.4 Fazit / Empfehlungen Aushubmaterial

Das Material der Mischproben ist auf Grundlage der Analysenergebnisse gemäß BM-0 und DK 0 einzustufen. **Für die Ausschreibung sind die o. g. Klassifizierungen maßgeblich. Die hier durchgeführten Sondierungen und entnommenen sowie untersuchten Proben stellen punktuelle Untergrundaufschlüsse dar, daher können spätere chemische Analysen (an anderen Untersuchungspunkten) von den o. g. Zuordnungen abweichende Einstufungen ergeben. In einem LV sollten daher sicherheitshalber Eventualpositionen für „andersartig“ bzw. „höher“ belastete Aushubböden vorgesehen werden.**

Aktuelle chemische Analysen: Die durchgeführten Analysen gemäß Ersatzbaustoffverordnung [5] besitzen nach § 14, Abs. 1 der EBV unbegrenzte Gültigkeit, „sofern sich die Beschaffenheit des Bodens zum Zeitpunkt des Aushubs oder des Abschiebens, insbesondere aufgrund der zwischenzeitlichen Nutzung, nicht verändert hat“. Anderenfalls ist zur Abfuhr vorgesehenes Bodenmaterial gemäß EBV (Anl. 1, Tab. 3) erneut zu untersuchen.

Für potenzielle Analysen gemäß Deponieverordnung [27] gilt für gewöhnlich eine Gültigkeit von etwa ½ Jahr. Vorgenannte Zeitspanne wird von Annahmestellen i. d. R. als Stichtag für die Beurteilung einer aktuellen Analytik herangezogen.

Sofern ergänzende Untersuchungen notwendig werden, ist zur Abfuhr vom Standort vorgesehenes Bodenmaterial nach Aushub dann zunächst in Mietenform zwischenzulagern und entsprechend zu beproben und zu analysieren. Hierdurch entsteht ein bautechnischer und zeitlicher Aufwand in der Maßnahme. Das Risiko der Gewährleistung des Baufortschritts liegt in diesem Fall gänzlich beim ausführenden Bauunternehmen.

Alternativ empfiehlt sich durch den Tiefbauunternehmer im Beisein des IB KLEEGRÄFE bereits einige Wochen vor tatsächlichem Maßnahmenstart Baggerschürfe durchzuführen und diese entsprechend des geplanten Wiederverwendungs- bzw. Entsorgungsweges chemisch zu untersuchen. Je nach Baustart und Bauausführung bietet es sich dann an, entsprechende Analysen gemäß EBV [5], novellierter BBodSchV [28] und/oder DepV [27] durchführen zu lassen. Sofern eine Verfüllmaßnahme zur Verfügung steht, die vor dem 16.07.2021 genehmigt wurde, kann ggf. eine Analyse gemäß LAGA_{Boden} [29] erforderlich werden. Auf Grundlage dieser aktuellen Untersuchungen kann dann ein angepasster Verbringungsweg direkt zum Maßnahmenstart aufgezeigt werden.

Darüber hinaus eröffnet die EBV die Möglichkeit, Bodenmaterial ohne Analyse in ein BImSchG-genehmigtes Zwischenlager zu verbringen. Das Material geht dann in den Besitz des Zwischenlagerbetreibers über. Bei weiterer Betrachtung dieser Möglichkeit sollten jedoch zuvor enge Abstimmungen bezüglich des Vorgehens mit dem Tiefbauer/Zwischenlagerbetreiber erfolgen.

5.0 Baugrundbewertung

5.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche

Korngrößenanalysen: Es wurden fünf Korngrößenanalysen nach DIN EN ISO 17892-4 [1] zur Charakterisierung der gründungsrelevanten Böden durchgeführt. In der Anlage 3.1 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Körnungsbreite zur Verwendung innerhalb der Homogenbereiche ergibt sich aus der Zusammenschau der Kornsummenkurven. Die Ergebnisse der Analysen sind zusammenfassend in der nachfolgenden Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 7: Ergebnisse der Korngrößenanalysen/Wassergehaltsbestimmungen

Probe / (Genese)	Profilber. m u. GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	k _f -Wert (m/s)*	Wassergehalt w	Bodengruppe
1/4 (S)	1,50-2,40	9,9	24,8	59,4	5,9	$\sim 3,2 \times 10^{-7}$	18,42 %	SU*/UL
2/4 (U)	1,70-2,90	12,9	69,7	17,1	0,3	$\sim 3,6 \times 10^{-8}$	22,96 %	UL/TL
4/5 (U)	2,90-3,40	9,3	76,1	14,6	-	$\sim 8,2 \times 10^{-8}$	26,69 %	UM/TM
5/8 (G _{Zv})	4,00-5,00	22,4	71,3	6,3	-	$\sim 1,5 \times 10^{-9}$	11,59 %	UM/UA
6/6 (U _{Zv})	2,80-3,10	27,6	66,8	5,6	-	$< 1,0 \times 10^{-9}$	18,01 %	UM/UA

Legende:

Genese: S = Fluvialsand, U = Fluviatillehm, G_{Zv} = Verwitterungskies, U_{Zv} = Verwitterungslehm; **fett** = prägend

* k_f-Wertbestimmung: bei bindigen Böden nach MALLET & PACQUANT

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

Hinweis: Der Stein- ($\varnothing \geq 63$ mm) und der Blockanteil ($\varnothing \geq 200$ mm) kann wegen des maximalen Bohr- \varnothing (≤ 60 mm) in den Korngrößenanalysen nicht berücksichtigt werden.

Bei der untersuchten Fluvialsand-Probe handelt es sich um einen schluffigen, schwach tonigen Sand. Die in erhöhten Konzentrationen nachgewiesenen Feinkornanteile beeinflussen die Durchlässigkeit des Bodens und dessen Frostempfindlichkeit. Gemäß bautechnisch relevanter DIN 18196 [30] können diese Böden den Bodengruppen SU* (Sand-Schluff-Gemische) bis UL (leicht plastische Schluffe) zugeordnet werden.

Die bodenmechanischen Kenndaten der Fluviatillehme werden klar von den bindigen Anteilen bestimmt. Diese Böden können gemäß DIN 18196 den Bodengruppe UL/TL (leicht plastische Schluffe/Tone) und UM/TM (mittelpastische Schluffe/Tone) zugeordnet werden.

Die untersuchten Verwitterungsbildungen weisen gemäß den durchgeführten Korngrößenanalysen prägende bindige Anteile und keine Kiesanteile auf. Der deutliche bindige Anteil ist vermutlich auf die Probenaufbereitung zurückzuführen (Ton-/Kalkstein löst sich im Disper-

gierungsmittel). In-situ wird insbesondere innerhalb des Verwitterungskies/-schutt ein deutlich höherer Kies-/Stein-/Blockanteil sowie höhere Durchlässigkeiten als in Tabelle 7 aufgeführt erwartet. Die Böden sind nach DIN 18196 zunächst den Bodengruppen UM und UA (mittel/ ausgeprägt plastische Schluffe) zuzuordnen. Für den Verwitterungskies sollte eher die Bodengruppe GU* (Kies-Schluff-Gemische) angesetzt werden.

Durchlässigkeiten: Der Durchlässigkeitsbeiwert kann bei bindigen/verlehnten Böden orientierend anhand der Kornverteilungskurve nach MALLETT / PACQUANT [31] bestimmt werden. Es ergeben sich k_f -Werte von $\sim 10^{-7}$ m/s bis $\sim 10^{-9}$ m/s, die nach DIN 18130 [23] als 'gering durchlässig' bis 'sehr gering durchlässig' zu bezeichnen sind.

Wie oben bereits aufgeführt, weist der Verwitterungskies gemäß der Korngrößenanalyse sehr geringe Durchlässigkeiten von $k_f \sim 10^{-9}$ m/s auf. In-situ wird innerhalb des Verwitterungsschutts mit einem deutlich höherer Kies-/Stein-/Blockanteil gerechnet sowie höhere Durchlässigkeiten ($k_f \sim 10^{-6}$ m/s bis $\sim 10^{-7}$ m/s) erwartet.

Insgesamt weist das Untergrundinventar ein deutliches Staunäsepotenzial auf.

Wassergehalt: Die gemäß DIN EN ISO 17892-1 [2] auf Ihren Wassergehalt hin untersuchten Proben weisen in Abhängigkeit ihrer vermuteten Porosität sowie ihrer vor Ort angetroffenen Lagerungsdichte/Konsistenz eine 'normale' bis 'erhöhte' Durchfeuchtung auf.

Es wird darauf hingewiesen, dass bindige/verlehnte sowie sandige Böden bei Wassersättigung zum Fließen neigen und daher von einer ausgeprägten Witterungs- und Bewegungsempfindlichkeit des gesamten Untergrundinventars auszugehen ist ('alte' Bodenklasse 2).

Verdichtungsempfindlichkeit: Die Verdichtungsempfindlichkeit von Böden kann anhand der Beschreibung der Körnungslinie durch die Ungleichförmigkeitszahl C_u sowie die Krümmungszahl C_c nach der DIN EN ISO 14688-2 [32] abgeleitet werden. Auch nach der bautechnisch relevanten DIN 18196 [30] kann der Boden als eng- oder weitgestuft klassifiziert werden, welches die Verdichtungsfähigkeit ableiten lässt. Mithilfe eines Merkblattes des GEOLOGISCHEN DIENSTES NRW [33] können die Ergebnisse ausgewertet werden.

Böden mit einem Feinkornanteil von > 15 m.-% dürfen unabhängig ihrer Ungleichförmigkeitszahl keinesfalls direkt verdichtet werden, da dies die Bodenstruktur zerstört.

Frostempfindlichkeit: Nach der Frostempfindlichkeitsklassifikation der ZTV E-StB [34] sind die untersuchten Böden aufgrund der erhöhten bis prägenden Feinkornanteile in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 zu stellen ('sehr frostempfindlich').

Zustandsgrenzen-Ermittlung: Die Bestimmung der Zustandsgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenzen) nach der DIN EN ISO 17892-12 [3] wurde ergänzend an zwei Proben durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 8 zusammengefasst und in den Anlagen 5.1 und 5.2 dargestellt.

Tabelle 8: Ergebnisse der Zustandsgrenzen-Ermittlung (Fließ-/Ausrollgrenzen)

Probe / (Genese)	Fließgrenze WL	Ausrollgrenze WP	Plastizitätszahl Ip	Wassergehalt w	Konsistenzzahl Ic	Boden- gruppe
2/4 (U)	29,6 %	18,3 %	11,3 %	23,0 %	0,59 ('weich')	TL
4/5 (U)	36,3 %	25,3 %	11,0 %	26,7 %	0,87 ('steif')	TM/UM

Legende: U = Fluviatillehm, TL = leicht plastische Tone, TM = mittel plastische Tone, UM = mittel plastische Schluffe

Bei Einsatz der gewonnenen Daten in das Plastizitätsdiagramm nach CASAGRANDE [35] liegt die Probe 2/4 im Bereich der nach DIN 18196 [30] bezeichneten Bodengruppe 'leicht plastische Tone' (TL) und die Probe 4/5 im Bereich der Bodengruppen TM/UM ('mittel plastische Tone/Schluffe') am Übergang zu den Bodengruppen TL/UL ('leicht plastische Tone/Schluffe').

Bei Betrachtung der Plastizitätszahlen sowie Einsetzung in den sog. Konsistenzbalken nach ATTERBERG [36] ergibt sich für die untersuchten Proben jeweils ein sehr schmaler Bildsamkeitsbereich, sodass bei Wassergehaltsänderungen (Zunahmen) sehr schnell die Gefahr einer Konsistenzverringering existiert (ausgeprägte Nässesensibilität).

Ausgehend von der Konsistenzzahl liegt der Boden im ungestörten Zustand in weicher bis steifer Konsistenz vor. Nach Auskoffierung (Wegnahme der Überlagerungsspannung) und/oder ungünstigen Witterungsbedingungen ist eine Konsistenzabnahme bis hin zum weich-breigen Zustand möglich.

Glühverlustbestimmung: Innerhalb der Füllböden und Fluviatillehme wurde vermehrt eine Organikführung erkannt. Es wurden daher zwei Proben gemäß DIN EN 17685-1 [4] repräsentativ auf ihren Organikanteil hin untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen (Glühverlust als Mittelwert von drei Versuchen; siehe Anlage 6.1) sind der folgenden Tabelle 9 zu entnehmen. Die Bewertung erfolgt gemäß der aktuellen DIN EN ISO 14688-2 [32].

Tabelle 9: Ergebnisse der Glühverlustbestimmungen

Probe / (Genese)	Profilbereich (m u. GOK)	Glühverlust (V _{gl})	DIN EN ISO 14688-2
3/6 (U)	3,30-3,80	2,39 %	<i>schwach organisch</i>
4/5 (U)	2,90-3,40	1,61 %	<i>nicht organisch</i>

Legende: U = Fluviatillehm

'nicht organisch' (< 2 % der Trockenmasse ≤ 2 mm) *'mittel organisch'* (6-20 % der Trockenmasse ≤ 2 mm)
'schwach organisch' (2-6 % der Trockenmasse ≤ 2 mm) *'stark organisch'* (> 20 % der Trockenmasse ≤ 2 mm)

Wie der Tabelle 9 zu entnehmen ist, sind die untersuchten Proben als ´nicht organisch´ bis (sehr) ´schwach organisch´ zu klassifizieren. Es erfolgt noch keine nennenswerte negative Beeinflussung der bodenmechanischen Kennwerte.

Aufgrund der punktuellen Untergrundaufschlüsse können organische Böden in anderen Bereichen des Areals nicht ausgeschlossen werden. Organische Böden im Sinne der o. g. Definition verfügen über keine Gründungseignung und müssen aus Gründungs-/Lastabtrag-bereichen entfernt werden. Im Zweifel ist der Bodengutachter hinzuzuziehen.

Hiervon zu trennen sind die zuoberst anstehenden organischen Mutterböden/Oberböden, die als Schutzgut ohnehin aus dem Baufeld zu entfernen sind.

Bodenmechanisches Fazit: Das Erdplanum wird von bindigen/verlehmten Böden geprägt, die in normaler bis erhöhter Durchfeuchtung vorliegen. Die Böden führen ein deutliches Staunäsepotenzial und sind der Frostepfindlichkeitsklasse F 3 zugehörig. Im ungestörten Zustand wurden weiche bis steife Konsistenzen der bindigen Böden nachgewiesen. Es ist auf die Witterungsempfindlichkeit dieser Böden hinzuweisen. Gemäß den durchgeführten Glühverlustbestimmungen konnten keine relevanten Organikgehalte nachgewiesen werden, sodass die bodenmechanischen Eigenschaften nicht in nennenswertem Maße negativ beeinflusst werden.

5.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche (DPL-5)

Die Untersuchungen erfolgten gemäß der DIN EN ISO 22476-2 [37] und TP BF-StB Teil B15.1 [38] und wurden mit der sog. leichten Rammsonde durchgeführt (DPL = 'Dynamic Probing Light 5', 5 cm² Spitzenquerschnitt). Die Rammsondierungen wurden in unmittelbarer Nähe zu den zuvor durchgeführten Rammkernsondierungen angesetzt (Beispiel: BS 1 / DPL 1). Die Ergebnisdarstellung erfolgt in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringteufe n_{10} gegen die Tiefe. Die Rammdiagramme der DPL sind in der Anlage 2.1 grafisch dargestellt und den jeweiligen Rammkernsondierungen gegenübergestellt. Ausgewertet werden nur die Bereiche unterhalb organischer Mutterböden/Oberböden.

- ⇒ Füll-/Fluviatilablagerungen (bis ca. 2 m u. GOK): Die lehmig-sandigen Böden erreichen bis ca. 2 m u. örtlicher GOK lediglich geringe DPL-Schlagzahlen um $n_{10} \sim 5$ bis < 10 . Diese lockeren Lagerungen bzw. weichen Konsistenzen bieten keine unmittelbare Eignung zum Lastabtrag.
- ⇒ / ⇒ Fluviatilablagerungen (ab ca. 2 m u. GOK): Ab g. g. Tiefenniveau steigen die Schlagzahlen auf $n_{10} \geq 10$ bis z. T. ~ 20 an. Dies entspricht mitteldichten bis dichten Lagerungen bzw. weich-steifen bis steifen Konsistenzen.
- ⇒ Verwitterungszone: Die lehmig-kiesigen Verwitterungsbildungen weisen hohe Schlagzahlen von $n_{10} \gg 20$ und damit dichte Lagerungen bzw. halbfeste Konsistenzen auf. Die Rammsondierungen mussten aufgrund der hohen Lagerungsdichten vor Erreichen der Bohrendteufen abgebrochen werden.

5.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 10 werden, abgeleitet aus den bodenmechanischen Laborversuchen und basierend auf örtlichen Erfahrungs- und Literaturwerten, Schwankungsbreiten der bodenmechanischen Kennwerte für die gründungsrelevanten Bodenschichten aufgeführt. Sie stellen 'vorsichtige Schätzwerte der Mittelwerte' (charakteristische Werte) dar.

Tabelle 10: Bodenmechanische Kennwerte der gründungsrelevanten Bodeneinheiten

BODENART	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	$\varphi_k / \varphi_{s,k}$ (°)	c_k (kN/m ²)	$E_{s,k}$ (kN/m ²)
<u>neue Schotterung</u> : Kies, sandig; ± dicht	21,0 - 22,0	13,0 - 14,0	35,0 - 37,5	0	60.000 - 100.000 RW 80.000
<u>Füll-Sand / Fluviatilsand (aufgelockert)</u> : Sand, (stark) bindig, schwach kiesig; locker	17,0 - 17,5	8,0 - 8,5	27,5 - 30,0	0	8.000 - 15.000 RW 12.000
<u>Fluviatilsand</u> : Sand, (stark) bindig, schwach kiesig; mitteldicht bis dicht	18,0 - 19,0	9,0 - 10,0	30,0 - 32,5	0	20.000 - 30.000 RW 25.000
<u>Fluviatilehm (aufgeweicht)</u> : Schluff, (schwach) sandig, schwach tonig; weich	18,0 - 18,5	8,0 - 8,5	22,5 - 27,5	0	3.000 - 5.000 RW 4.000
<u>Fluviatilehm</u> : Schluff, (schwach) sandig, schwach tonig; weich-steif bis steif	19,0 - 19,5	9,0 - 9,5	22,5 - 27,5	0 - 2 RW 2	8.000 - 12.000 RW 8.000
<u>Verwitterungslehm</u> : Schluff, (stark) tonig, schwach sandig, schwach kiesig; vorw. halbfest	19,5 - 20,0	9,5 - 10,0	22,5 - 27,5	5 - 10 RW 7	15.000 - 25.000 RW 18.000
<u>Verwitterungskies</u> : Kies, (stark) bindig, schwach sandig; dicht	21,0 - 21,5	13,0 - 13,5	35,0	0	40.000 - 60.000 RW 50.000

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

5.4 Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen und Frostklassen

In der folgenden Tabelle 11 erfolgt die Zuweisung der Homogenbereiche der relevanten Gewerke Landschaftsbau-, Erd- und Verbauarbeiten für gleichartige Baugrundeigenschaften. Im Rahmen dessen erfolgt die Angabe der alten Bodenklassen für Erdarbeiten, die Zuteilung der Bodengruppen für bautechnische Zwecke sowie die Angabe der Frostepfindlichkeitsklassen.

Tabelle 11: Bodenklassen, Bodengruppen, Frostklassen, Homogenbereiche

Schichtglieder	Bodenklasse (DIN 18300 _{alt}) [39]	Bodengruppe (DIN 18196) [30]	Frostklasse (ZTV E-StB) [34]	Homogenbereiche Gewerke Landschaftsbau- arbeiten [40], Erdarbeiten [41] u. Verbauarbeiten [42]	
Mutterboden ¹⁾	1	A (OH/OU), OH/OU	F 2 - F 3 ²⁾	LAND 1	
Füll-Sand ¹⁾	3 - 4, u. U. 2	A (SW/SU/SU*/ST)	F 1 - F 3 ²⁾	ERD 1	VER 1
Steine/Blöcke ³⁾⁴⁾	6 - 7	X/Y	F 1		
Fluviatillehm ¹⁾	4, u. U. 2	UL/TL/UM/TM/SU*	F 3		
Fluviatilsand ¹⁾	3 - 4, u. U. 2	SU/SU*/ST/ST*/UL	F 1 - F 3 ²⁾		
Verwitterungslehm ¹⁾	4, u. U. 2	Zv/UL/TL/UM/TM/UA/TA	F 3 - F 2		
Verwitterungskies ³⁾ (ab DPL $n_{10} > 60$)	3 - 4, u. U. 5/6	Zv/GU/GU*/GT/X	F 2 - F 3 ²⁾		VER 2

Legende: ¹⁾ bei Wassersättigung bewegungsempfindlich,

²⁾ abhängig vom Feinkornanteil,

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

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

Homogenbereich **LAND 1**: Für den Mutterboden erfolgt die Ausweisung eines eigenen Homogenbereichs für das Gewerk Landschaftsbauarbeiten nach der DIN 18320 [40]. Organische Oberböden sind getrennt zu behandeln, da sie gemäß der geltenden Norm nicht in das Eigentum des beauftragten Tiefbauunternehmens übergehen, sondern als schützenswertes Gut gelten. Die Homogenbereiche werden nach DIN 18196 [30], DIN 18915 [43] sowie nach dem Stein- und Block-Anteil zugeteilt. Da die Eigenschaften zur Bodenlösung nicht nennenswert anders sind und dem IB KLEEGRÄFE der weitere Nutzweg nicht bekannt ist, erfolgt keine Angabe der spezifischen Eigenschaften gemäß DIN 18320.

Homogenbereich **ERD 1**: Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Böden überwiegend mittels Löffelbagger-Einsatzes mit Schneidbestückung/Zahnbestückung möglich sein wird.

Die obigen Aussagen gelten nicht für ggf. im Untergrund befindliches Material in Stein- bzw. Block Korngröße welches aufgrund der Genese des Untergrundmaterials grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden kann. Ebenso gilt diese Aussage nicht für (bislang unbekannte) anthropogene Strukturen wie z. B. alte Tanks, Schächte, Bodenplatten, Fundamente oder sonstige Unterflurbauteile. Diese sollten grundsätzlich vollständig aus dem Baufeld entfernt werden. Hierfür wäre u. U. ein erhöhter Lösungsaufwand erforderlich.

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

Es wird empfohlen, die entsprechenden EBV-/DK-Material-/Zuordnungsklassen der anfallenden Aushubmassen (siehe Kapitel 4) über gesonderte Positionen im Leistungsverzeichnis abzufragen (Zulagen), da die übrigen Eigenschaften für das einsetzbare Erdbaugerät nicht nennenswert anders sind. Die Ausweisung gesonderter Homogenbereiche unter Berücksichtigung der chemischen Zuordnung erfolgt daher nicht.

Homogenbereiche **VER 1** und **VER 2**: Bei der potenziellen Einbringung herkömmlicher, nicht einbindender Verbauten ist durchgängig der Homogenbereich VER 1 anzusetzen, da diese Verbautypen keine 'Einbindung' erfordern. Bei der Einbringung von einbindenden Verbauten (z. B. Bohlträgern, Spundwänden, o. ä.) ist ab einem Tiefenniveau mit DPL-Schlagzahlen von etwa $n_{10} > 60$ der Homogenbereich VER 2 anzusetzen.

Die Ausweisung von zwei Homogenbereichen für das Gewerk 'Verbauarbeiten' beruht daher ausschließlich auf den zu erwartenden bautechnischen Erschwernissen aufgrund der festgestellten, in der Regel zur Tiefe hin zunehmenden Lagerungsdichten/Konsistenzen. Es sei bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass für das Einheben von Verbauten entsprechend leistungsfähige Gerätschaften heranzuziehen sind, deren Einsatzgewicht ggf. (deutlich) über denen des Erdbaus liegen kann.

Sollten diesbezüglich andere Gerätschaften oder Verbauarten zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung gebeten, um die Homogenbereiche entsprechend anpassen zu können.

Tabelle 12: Erläuterung Tabelle 11

Norm	Symbol/Bezeichnung	Erläuterung
nach alter DIN 18300 [39]	Bodenklasse 1: Bodenklasse 2: Bodenklasse 3: Bodenklasse 4: Bodenklasse 5: Bodenklasse 6: Bodenklasse 7:	Oberböden fließende Bodenarten leicht lösbare Bodenarten mittelschwer lösbare Bodenarten schwer lösbare Bodenarten leicht lösbarer Fels oder vergl. Bodenarten schwer lösbarer Fels
nach DIN 18196 [30]	A OH OU GU/GU* GT SW SU/SU* ST/ST* UL/UM/UA TL/TM/TA X/Y Zv	Auffüllung grob- und gemischtkörnige Böden mit Anteilen humoser Art Schluffe mit organischen Anteilen Kies-Schluff-Gemische Kies-Ton-Gemische weitgestufte Sande Sand-Schluff-Gemische Sand-Ton-Gemische leicht / mittel / ausgeprägt plastische Schluffe leicht / mittel / ausgeprägt plastische Tone Steine / Blöcke Fels verwittert
nach ZTV E-StB [34]	F 1 F 2 F 3	nicht frostempfindlich gering bis mittel frostempfindlich sehr frostempfindlich
Homogenbereiche nach DIN 18300 [41] und DIN 18303 [42]	ERD 1 / VER 1+2:	Eigenschaften siehe Tabelle 13

5.5 Homogenbereiche gem. VOB Teil C

Die Festlegung von Homogenbereichen (Tabelle 13) erfolgt im Hinblick auf die anzusetzende Geotechnische Kategorie GK 2. Ausgewiesen werden das Gewerk 'Erdarbeiten' gem. DIN 18300 [41] sowie das ebenfalls auszuführende Gewerk 'Verbauarbeiten' gem. DIN 18303 [42].

Tabelle 13: Kennwerte für Homogenbereiche ERD 1, VER 1+2 (Abgrenzung: Tab. 11)

Kennwert / Eigenschaft	Homogenbereiche (Wertebereiche)	
	Gewerke 'Erdarbeiten' + 'Verbauarbeiten'	
	ERD 1 + VER 1	VER 2
Kornverteilung mit Körnungsbändern	siehe Anlage 3.1, zzgl. Stein-/Blockanteil	
Definition von Steinen + Blöcken	<u>Auffüllungen</u> : Bauschutt i. w. S. <u>Geogen</u> : nordische Geschiebe/Findlinge, Verwitterungsrelikte	
Anteil Steine und Blöcke	≤ 20 % (Schätzung)	
Anteil große Blöcke	≤ 2 % (Schätzung)	
mineral. Zusammensetzung der Steine und Blöcke	<u>Auffüllungen</u> : ggf. anthropogene Reste (Bauschutt, Ziegel etc.), <u>Geogen</u> : ggf. Geschiebe/'Findlinge', Ton-/Mergelstein, Flussskiesel	
Dichte	$\rho_s = 2,65 - 2,85 \text{ g/cm}^3$ (Korndichte)	
Kohäsion	≤ 15 kN/m ²	≤ 20 kN/m ²
undrainierte Scherfestigkeit	≤ 150 kN/m ²	≤ 200 kN/m ²
Sensitivität	n. b.	
Wassergehalt	~ 3 % bis 50 %	
Konsistenz	weich-breiig bis halbfest	≥ halbfest
Konsistenzzahl	~ 0,25 bis 1,2 bzw. n. b.	≥ 1,2
Plastizität	gering bis ausgeprägt bzw. n. b.	
Plastizitätszahl	~ 0,10 bis 0,35 bzw. n. b.	
Durchlässigkeit	ca. $k_f = 1 \times 10^{-3}$ bis $1 \times 10^{-10} \text{ m/s}$	
Lagerungsdichte	~ 0,15 bis 0,65	> 0,65
Kalkgehalt	n. b.	
Sulfatgehalt	n. b.	
Organischer Anteil	≤ 5 % (Schätzung)	
Abrasivität	n. b. (bei Bedarf LCPC-Versuch)	
Bodengruppen	A, X, Y, GU, GU*, GT, SW, SU, SU*, ST, ST*, UL, TL, UM, TM, UA, TA, Zv	
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, Flussablagerungen, Verwitterungsbildungen	

Legende: n. b.: nicht bestimmbar bzw. nicht bestimmt

6.0 Hinweisgebungen zur Baudurchführung

Die GEMEINDE LIPPETAL beabsichtigt im Ortsteil Hovestadt die Erschließung des Baugebietes „Uhlenkamp“ (B-Plan Nr. 9) für Wohnbebauung (Gemarkung Nordwald, Flur 1, Flurstück 375). Es werden Grundstücke für Ein- und Mehrfamilienhäuser vorgesehen. Des Weiteren ist die Anlegung von Erschließungsstraßen und Gehwegen, die Verlegung eines Kanalnetzes sowie die Errichtung eines Regenrückhaltebeckens (RRB) geplant.

Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorliegenden Detailplanung soll an dieser Stelle eine orientierende, überschlägige (Baugrund-) Beurteilung des zu untersuchenden Areals vorgenommen werden. **Diese orientierende Untersuchung ersetzt keine detaillierte Einzelprojekt-Baugrunduntersuchung.**

Aufgabe war die ingenieurgeologische Erkundung und Bewertung des Untergrundinventars im übergeplanten Bereich. Hierauf basierend wurden Aussagen über die Boden-/Grundwasserverhältnisse sowie die Tragfähigkeit gegeben. Zudem wurde die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes untersucht und bewertet (Kap. 3) sowie die potenziell anfallenden Aushubmassen abfallwirtschaftlich klassifiziert (Kap. 4).

Die orientierenden Hinweisgebungen gliedern sich in die Bereiche

- Wohngebäudebau → Kap. 6.1
- Verlegung von potentiellen Kanälen in ´offener Bauweise´ → Kap. 6.2
- Herstellung des Straßenoberbaus von Erschließungsstraßen → Kap. 6.3
- Errichtung eines Regenrückhaltebeckens (RRB) → Kap. 6.4

Basierend auf den Untersuchungsergebnissen kann das aktuelle Bauvorhaben zunächst in die Geotechnische Kategorie 2 (GK 2) eingestuft werden.

6.1 Wohngebäudebau

Dem AN liegen keine Informationen über die zukünftigen Bauweisen vor. Grundsätzlich ist die Aussage zu treffen, dass sowohl Gebäudeerrichtungen mit als auch ohne Unterkellerung möglich sind. Es sei vorab angemerkt, dass es sich bei dem im Untersuchungsgebiet vorgefundenen Untergrund um einen ortsüblichen Baugrund handelt.

Annahme Gründungshöhen: Bezüglich des Gebäudebaus wird bei einer Unterkellerung von einer üblichen Gründungsebene auf ca. 2,5 m u. GOK (= Unterkante KG-Sohlplatte) und bei einer Nichtunterkellerung auf ca. 0,3 m u. GOK (= Unterkante EG-Bodenplatte) ausgegangen. Ebenso wird eine geringe ortsübliche Heraushebung der Oberkante Fertigfußboden des Erdgeschosses (OKFF EG) über die angenommene zukünftige GOK angesetzt (ca. 15-20 cm). Es wird von einem rechteckigen Gebäudegrundriss von 12 m x 10 m ausgegangen.

Gemäß [U1] wird die Oberkante Erschließungsstraße bei einem Niveau von +73,35 m NHN bis +74,98 m NHN liegen. Dies entspricht \pm der aktuellen örtlichen Geländeoberkante am 27.03.2025. Die frostfreie Gründung ist in der Frosteinwirkungszone I ab 0,8 m unter zukünftiger Geländeoberkante möglich.

Bei Vorlage konkreter Planungsunterlagen müssen die aus den Annahmen abgeleiteten ingenieurgeologischen Hinweisgebungen ggf. angepasst / ergänzt werden (ergänzende Einzelprojekt-Untersuchung).

Innerhalb des Gründungs-/Lastabtragniveaus werden folgende Baugrundverhältnisse erwartet:

- Nichtunterkellerung: Die angesetzte Unterkante potenzieller EG-Bodenplatten (ca. 0,3 m u. akt. örtl. GOK) kommt innerhalb der organischen Oberböden, z. T. im Übergangsbereich zu locker gelagerten Sanden zu liegen. Die Oberböden sind als Schutzgut vollständig abzuschieben, separat zu lagern und in gleicher Funktion zu sichern. Die unterhalb folgenden locker gelagerten Sande bieten ebenfalls keine unmittelbare Gründungseignung.
- Unterkellerung: Auf angenommenem UK KG-Sohlplattenniveau von ca. 2,50 m u. akt. örtl. GOK stehen vorwiegend weich-steif konsistente Fluviatillehme an, die eine mäßig gute Eignung zum Lastabtrag aufweisen.
- Grundwasser konnte an den Untersuchungstagen (27.03.2025, 03.06.2025) direkt zwischen 1,60 m und 2,11 m u. GOK bzw. zwischen +70,58 m und +73,15 m NHN angetroffen werden. Der Bemessungswasserstand für den Faktor Grundwasser wird bei 0,5 m u. örtl. GOK angesetzt. Der Bem.-Wasserstand für den Faktor Stauwasser ist in Höhe der akt. örtl. GOK anzusetzen.

Es ist mit einer periodischen bis permanenten Nässebeeinflussung der Bodenplatten und potenzieller Fundamente zu rechnen, was die Beachtung entsprechender Expositionsklassen bzw. Abdichtungen erforderlich macht. Von statischer Seite ist entsprechend dem ungünstigsten Bemessungswasserstand der Faktor Auftrieb zu berücksichtigen.

Kurzbeurteilung: Der relevante Untergrund weist projektbezogen eine ausreichende Gründungseignung für eine Flachgründung auf. Die genaue Gründungssituation ist maßnahmenspezifisch zu prüfen und anzupassen.

Nichtunterkellerung: Aufgrund der tiefreichenden Auflockerungen/Aufweichungen wird eine Gründung über eine bewehrte Bodenplatte auf einem Schotterpolster aus Güteschotter als sinnvoll erachtet. Der Abzug der flächig anstehenden organischen Oberböden kann dabei als 'sowieso'-Aufwand angesehen werden. Unterhalb der tragenden Bodenplatte sollte mind. 0,80 m Güteschotter eingebaut werden. Das restliche Massendefizit kann mit einem geeigneten Mineralgemisch (V1-Material) aufgebaut werden.

Unterkellerung: Für das KG wird ebenfalls eine Gründung über eine bewehrte Bodenplatte vorgeschlagen (Plattengründung). Unterbau: 50 cm Schotter.

6.1.1 Allgemeine Hinweisgebungen

Baureifmachung des Geländes: Für die weiteren Hinweisgebungen wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass alle potenziellen unterirdischen Bauteile / Gewerke (Mauern, Wände, Schächte, Kanäle, Tanks, Altfundamente, Bodenplatten, etc.) vollständig rückgebaut wurden und keine Altbauteile (mehr) vorliegen. Ebenso entfernt werden müssen vorhandene Bäume und Sträucher etc. mitsamt Wurzelballen.

Es wird davon ausgegangen, dass vorhandene oder durch die o. g. Arbeiten entstandene Massendefizite nötigenfalls mit einem geeigneten Mineralgemisch qualifiziert rückverfüllt wurden.

Rückverfüllungen sind unter Beachtung der Einbaubedingungen der EBV [5] für MEBs und ggf. BBodSchV [28] derart herzustellen, dass die Eigenschaften denen der gewachsenen Böden entsprechen, um einen möglichst gleichartigen Baugrund zu gewährleisten. Die qualifizierte Rückverfüllung ist vor Beginn der Gründungsarbeiten durch Plattendruckversuche und/oder Rammsondierungen zu belegen.

Ver- und Entsorgungsleitungen: Alle örtlichen Ver- und Entsorgungsleitungen sind im weiteren Verlauf der Arbeiten zu schützen. Sofern Bereiche von Leitungen überbaut werden

sollen, sind gefährdete Leitungen zu identifizieren und zu sichern oder umzulegen oder ggf. fachgerecht zu überbauen.

Zeitliche Durchführung: Die Auskofferungs- und Gründungsarbeiten sollten möglichst während einer trockenen Wetterlage durchgeführt werden, um hinsichtlich einer Wasserhaltung oder potenzieller Aufweichungen des Erdplanums keinen zusätzlichen bautechnischen Aufwand betreiben zu müssen. Bei Starkregen- oder Hochwasserereignissen, Schneefall und während anhaltender Frostperioden sind Stillstandzeiten einzukalkulieren.

Aushub: Der Aushub sollte im Homogenbereich ERD 1 soweit möglich mit einem Baggerlöffel mit 'Schneidbestückung' erfolgen, um eine unnötige Auflockerung des Bodens zu verhindern. Es sollte bei der Auskofferung rückschreitend und beim Einbau von Ersatzmaterial 'vor-Kopf' gearbeitet werden. Das ungeschützte Erdplanum darf nicht befahren und die Aushubsohle sollte nicht direkt nachverdichtet werden.

Bodenaushubgrenzen: Die Bodenaushubgrenzen zur Gebäude- bzw. Mauersicherung sind nach DIN 4123 [44] einzuhalten.

Komplette Entfernung der 'Mutterböden' und potenzieller sonstiger oberflächennaher organischer Böden. Wichtig ist die sorgfältige Kontrolle des Geogenplanums auf organische Anteile sowie deren vollständige Entfernung im Rahmen einer ingenieurgeologischen Abnahme des Erdplanums.

Wasserhaltung: Ausgehend von den Verhältnissen an den Untersuchungstagen (27.03.2025, 03.06.2025) und den vorgenannten Höhenannahmen, wird für eine Unterkellerung eine 'geschlossene' Wasserhaltung notwendig. Für eine Nichtunterkellerung wird eine 'offene' Wasserhaltung ausreichend sein. Die Grundwasserverhältnisse sollten vor Beginn der Aushubtätigkeiten durch Pegellotungen in der ausgebauten Grundwassermessstelle sowie durch einen oder mehrere Baggerschürfe aktualisiert werden, um die Wasserhaltungsmaßnahmen entsprechend anpassen zu können.

Geschlossene Wasserhaltung: Bei den vorliegenden Bodenverhältnissen wird für eine Unterkellerung eine vorlaufende Entwässerung/Grundwasserabsenkung durch eine Vakuum-Filteranlage angeraten (baugrubenumlaufend). Die Filterlanzen müssen voraussichtlich gebohrt werden (Bohrfilter).

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

Bei den zu erwartenden Durchlässigkeitsbeiwerten der zu entwässernden Böden von überwiegend $k_f \sim 10^{-7} - 10^{-9}$ m/s handelt es sich um Verhältnisse, welche teilweise den Grenz-Anwendungsbereich einer Vakuum-Absenkungsanlage darstellen und daher als 'schwierig' gelten müssen. Von Seiten des Absenkers sollte hier die Verwendung sog. 'Oto-Filter' geprüft werden. Die Einbindetiefe der Lanzen bedarf der Spezifizierung durch den Absenker.

Das gesamte Lanzenprofil muss 'saugend' ausgebildet sein, um im Falle von intensiven Niederschlagsereignissen und damit einhergehenden GW-Anstiegen auch das gesamte Profil zuverlässig entwässern zu können. Detailfestlegungen müssen vom Absenker vorgenommen werden. Lanzenabstand, Vakuumdruck und Vorlaufzeit sind von der ausführenden Firma zu bestimmen, da diese Faktoren geräteabhängig sind. Den angefragten Firmen sollte für die Angebotserstellung das Gutachten zur Verfügung gestellt werden. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens ist letztlich Sache des Auftragnehmers.

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

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

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

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

Böschchen / Verbau (bauzeitlich): Nach DIN 4124 [45] sind Baugruben ab Tiefen von $> 1,25$ m zu böschchen oder zu verbauen. Das vorliegende Lockergestein kann im nicht wassererfüllten bzw. entwässerten Zustand unter einem maximalen Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ geböschet werden. Sollten nachweislich steif konsistente bindige Böden angeschnitten werden, ist ein Böschchen unter $\beta = 60^\circ$ zulässig. Bei Unsicherheiten hinsichtlich der KonsistenzEinstufung ist der Bodengutachter hinzuzuziehen.

Vorgenannte Angaben setzen voraus, dass die Schichteinheiten nicht wassergesättigt bzw. entwässert vorliegen. Wassergesättigte Bodenbereiche dürfen nicht geböschet werden und erfordern einen Verbau nach DIN 4124.

Potenzielle (Abtrags-)Böschungen müssen mittels windgesicherter Folie vor Witterungseinflüssen gesichert werden. Auf in ausreichender Breite (≥ 2 m) 'lastfrei' zu haltende Böschungsoberkanten wird hingewiesen (ausreichender Kran-Abstand, keine Material-Lagerung / Haufwerke / Mieten, etc.).

Bei einer Nichtunterkellerung wird erst ab einer Baugrubentiefe $> 1,25$ m ein Abböschchen / Verbau der nicht wassergesättigten Böden notwendig.

Bei einer Unterkellerung wird ein Abböschchen notwendig. Sollte ein Böschchen unter Einhaltung der mind. einzuhaltenden Böschungswinkel (s. o.) nicht möglich sein, ist die Baugrube zu verbauen. Hierzu können maßnahmenbezogene Empfehlungen nachgereicht bzw. im Zuge der Detailerkundungen angegeben werden.

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

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

Anforderungen an ein Mineralgemisch zum Ausgleich von Massendefiziten und zur Arbeitsraumverfüllung: Das nachfolgend beschriebene Mineralgemisch darf nur für den Ausgleich potenzieller Massendefizite sowie zur Verfüllung von Arbeitsräumen eingesetzt werden. Grundsätzlich darf ausschließlich volumenkonstantes, nicht schrumpf- und quellfähiges sowie verdichtungsfähiges Material eingebaut werden. Holz, Plastik, bindige Böden, organische Böden sowie Gips, etc. dürfen daher nicht eingebaut werden.

Es darf ausschließlich Material eingebaut werden, welches der ZTV A-StB [46] Verdichtbarkeitsklasse V 1 zugehörig ist (V1-Material, max. Lagenmächtigkeit 30 cm). Die zulässigen Materialien werden gutachterlicherseits auf diejenigen der nach DIN 18196 [30] entsprechenden Boden Gruppen GW, GI und SW beschränkt. Das verdichtungsfähige und volumenkonstante Material

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

Das eingebaute Material ist auf $D_{Pr} > 100$ % Proctordichte zu verdichten. Die Lagenmächtigkeit sollte 0,3 m nicht überschreiten. Auf Oberkante sollte ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 70-80$ MPa nachgewiesen werden.

Vorgesehenes Einbaumaterial ist mit dem IB KLEEGRÄFE im Vorfeld hinsichtlich der geforderten bodenmechanischen Leistungen und der ausreichenden Homogenität abzustimmen. Zudem sind die Vorgaben der EBV hinsichtlich der einzuhaltenden Materialwerte der mineralischen Ersatzbaustoffe zu beachten (siehe Kapitel 4).

Bodenplattenunterbau: Der angeratene Bodenplatten-Unterbau sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (Güteschotter, z. B. 0/45 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen, Mindestgüte 'Frostschuttschicht'). Der Schotter sollte nach der TL Gestein-StB [47] zertifiziert sein. Das Material sollte von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden. Der Güteschotter ist lagenweise aufzutragen und ordnungsgemäß zu verdichten. Die Verdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100$ % erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel zu achten (45°).

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

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

Art und Umfang der Verdichtungsüberprüfungen: Gemäß der ZTV E-StB [34] kann bei grob- und gemischtkörnigen Böden (Feinkornanteil < 15 m.-%) die Bestimmung des Verdichtungsgrades mittels statischen (nach DIN 18134 [48]) oder dynamischen Plattendruckversuchen (nach TP BF-StB [38]) erfolgen. Bei Anwendung von dynamischen Plattendruckversuchen ist der Umfang der Prüfungen im Vergleich zu statischen Plattendruckversuchen zu verdoppeln. Bei bindigen Böden (Feinkornanteil > 15 m.-%) sind ausschließlich statische Plattendruckversuche zur Bestimmung des Verdichtungsgrades zulässig.

Die Bestimmung der Mindestanzahl durchzuführender Verdichtungskontrollen ist der nachfolgenden Tabelle 14 zu entnehmen.

Tabelle 14: Mindestanzahl der Eigenüberwachungsprüfungen (Gebäudebau)

Bereich	Mindestanzahl der Eigenüberwachungsprüfungen (Prüfverfahren: statischer Plattendruckversuch ¹⁾)
Untergrund, Planum, Unterbau je Schüttlage	je angefangene 1.000 m ² , mind. jedoch 2 Prüfungen
bei abschnittweisem Bauen	je angefangene 1.000 m ² bzw. mind. je 100 m und mind. 2 Prüfungen
Bauwerkshinterfüllung ²⁾	mind. eine Prüfung auf dem Planum je 100 m ² , mind. eine Prüfung in jeder dritten Schüttlage (Annahme: Schüttlagendicke von max. 30 cm) und mind. eine Prüfung je Widerlager

Legende: ¹⁾ bei dynamischen Plattendruckversuchen ist die Anzahl zu verdoppeln

²⁾ die ZTV E-StB empfiehlt, die Hinterfüllung nach Fertigstellung durch mind. zwei Rammsondierungen, die die gesamte Hinterfüllungshöhe durchteufen, abschließend zu prüfen.

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden (Hinweise für das gesamte Untersuchungsgebiet): Gemäß den Ausführungen des Kapitels 4 sind die anfallenden Böden unter chemischen Gesichtspunkten als zulässige Einbaumaterialien (BM-0) zu klassifizieren.

Unter bodenmechanischen Gesichtspunkten sind die anfallenden/aufzunehmenden bindigen und verlehmtten Böden nicht unmittelbar bzw. im nicht aufbereiteten Zustand nicht für den Wiedereinbau in lastabtragenden Bereichen geeignet. Ist davon auszugehen, dass Bereiche einer reinen Garten-/Grünflächen-Nutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann das ausgehobene verdichtungsunwillige oder auch organische sowie potenzielles bindiges Material wiederverfüllt werden. Es muss dort jedoch mit Sackungen und der Notwendigkeit von Nacharbeiten gerechnet werden. Dies gilt ebenfalls für verfüllende Zwecke ohne Lastauftrag, jedoch nicht innerhalb von Arbeitsräumen.

Frostsicherheit: Die frostfreie Gründung von Gebäuden kann in der Frosteinwirkungszone I ab 0,8 m unter zukünftiger GOK erfolgen.

Bei einer geplanten Unterkellerung existiert unter Annahme o. g. Gründungshöhen bereits eine ausreichende Frostsicherheit der Gründungsebene.

Bei einer Nichtunterkellerung ist bei einer Plattengründung ein ausreichend mächtiges Schotterpolster aus Güteschotter oder alternativ ergänzende tiefergeführte Frostschutzschürzen aus Schotter oder Beton einzubauen.

Trockenhaltung der Bauwerke: Eine Beeinflussung der Unterflurbauteile durch Grund- und Stau-/Schichtenwasser ist durch bauliche Maßnahmen zu verhindern.

Bemessungswasserstand für den Faktor Grundwasser gemäß DIN 18533 ist 0,5 m u. akt. GOK, Bem.-Wasserstand für den Faktor Stauwasser die aktuelle GOK am 27.03.2025. Die tatsächlich erforderliche Abdichtung ist schließlich abhängig von der Bauwerksdimensionierung sowie der Gründung.

Ausgehend von einer periodischen bis permanenten Beeinflussung der Bodenplatten durch Grund-/Stauwasser sollten diese in Abhängigkeit der Einbindung entsprechend DIN 18533 [21] Lastfall W2.1-E (‘mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe’) bzw. W2.2-E (‘hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe’) abgedichtet werden. Alternativ dazu können Bauweisen nach WU-Richtlinie [49] in Betracht gezogen werden.

Unabhängig hiervon sollten die Hinweise der DIN 18195 [50] (‘Bauwerksabdichtung’) beachtet werden. Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die ‘Expositionsklassen für Betonbauteile’ zu berücksichtigen. Von statischer Seite ist der Faktor Auftrieb zu berücksichtigen.

Höhengleiche Gründung: Grundsätzlich sind anbindende Gebäudebereiche (Wohnhaus/Garage/Carport, Unterkellerung und Nichtunterkellerung, Bodenplatte und Streifenfundament o. ä.) höhengleich zu gründen. Dadurch werden ungleichmäßige Setzungen, strukturelle Verformungen und Schäden, die auftreten könnten, wenn die Lasten nicht gleichmäßig verteilt werden, verhindert.

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.

Baugrundmodell: Auf Basis der durchgeführten Feld- und Laboruntersuchungen lässt sich für die folgenden orientierenden Berechnungen auf Basis der Bohrungen ein überschlägiges Baugrundmodell entwickeln, welches für die Bewertung der Tragfähigkeit bzw. der Baugrundverhältnisse herangezogen wird.

Tabelle 15: Baugrundmodell auf Basis der Untersuchungsergebnisse (Gelände + Labor)

Schicht	Eigenschaften		Tiefe (m u. akt. GOK)
1. Mutterboden	organischer zu schützender Oberboden		bis ca. 0,35
2. Füll-Sand / Fluviatilsand	Sand, (stark) bindig, schwach kiesig	Lagerung: locker	bis i. M. 1,00
3. Fluviatillehm / Verwitterungslehm	Schluff, schwach bis stark tonig, (schwach) sandig	Konsistenz: weich	bis i. M. 2,00
		Konsistenz: weich-steif bis steif	bis 2,90 / 4,20
5. Verwitterungskies	Kies, (stark) schluffig, tonig	Lagerung: dicht bis sehr dicht	ab 2,90 / 4,20

6.1.2 Gründungsempfehlung Plattengründung (NU + U)

Bei den dargestellten Untergrundverhältnissen wird seitens des AN bei einer Nichtunterkellerung (NU) und bei einer Unterkellerung (U) die Gründung über eine elastisch gebettete Bodenplatte empfohlen.

Es wird folgender möglicher Ablauf zur Bodenplattengründung vorgeschlagen:

- Für eine Bauweise mit Keller ist zunächst eine qualifizierte Grundwasserabsenkung zu installieren (mittels Vakuum-Filteranlage). Für eine Bauweise ohne Keller wird eine 'offene' Wasserhaltung ausreichend sein.
- Anschließend ist großflächig ein Erdplanum bis mind. 0,80 m unter Unterkante Bodenplatte bei einer Nichtunterkellerung und 0,50 m u. Unterkante Bodenplatte bei einer Unterkellerung unter Berücksichtigung der einzuhaltenden Böschungswinkel abzuschieben. Sollte ein Abböschchen nicht möglich sein ist ein Verbau zu installieren.
- Die anstehenden organischen Oberböden sowie Restmächtigkeiten aufgelockerter Sande sind flächig und vollständig aus dem Baufeld abzuschieben ('Sowieso-Aufwand'). Die unterlagernden Böden sollten dabei nicht in ihrer natürlichen Lagerung gestört werden (→ Schneidbestückung).
- Anschließend sollte eine ingenieurgeologische Abnahme des Erdplanums erfolgen, um die Organikfreiheit und ausreichende Lagerungsdichte des Erdplanums zu belegen.
- Auflage eines Geotextils auf das Erdplanum (Güte: GRK 3). 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.

- Unter der EG-Bodenplatte sind anschließend mind. 0,80 m und unter der KG-Bodenplatte mind. 0,50 m Güteschotter zur Homogenisierung des Untergrundes und Bettung der Bodenplatte lagig einzubauen (Lagenmächtigkeit von 0,30 m) und ordnungsgemäß zu verdichten.
- Der Güteschotter sollte im deutlichen Überstand eingebaut werden, sodass der Lastabtragwinkel von 45° gewährleistet ist.
- Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfungen vor der Gründung kontrolliert werden (Forderung Gründungsplanum auf OK Schotter: $E_{v2} \geq 70 - 80 \text{ MPa}$, vorbehaltlich statischer Erfordernisse und Vorgaben des Bodenplattenherstellers).
- Auf dem nachweislich verdichteten Schotterpolster kann die elastische Bettung der Bodenplatte erfolgen.

Bodenpressung / Bettungsmodul (**Bodenplatte**: Angaben der Eingangsparameter für die FEM-Berechnung): Die Berechnung der Fundamentplatten sowie der Setzungen und Sohldruckverteilung 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, müssten theoretisch die Sohldruckverteilung und die Setzungen bereits im Vorfeld bekannt sein. Diese ergeben sich jedoch erst aus den Berechnungsergebnissen, da der Bettungsmodul sich aus der Proportionalität zwischen Sohlspannung und Setzung ergibt.

Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tabelle 10), das zusammengebaute Baugrundmodell (siehe Tabelle 15) 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. Im vorliegenden Fall wird von einer Gründung auf einem 0,80 m bzw. 0,50 m mächtigen Schotterpolster aus Güteschotter auf weich (EG) bzw. weich-steif bis steif (KG) konsistenten Lehmen ausgegangen.

Bei g. g. orientierenden Setzungsberechnungen mit dem Programm GGU-Footing wird für die Einflussbreite an der Unterkante der Gründungsplatte eine 'Ersatzfläche' angesetzt (12 x 1 m). **Es ist jeweils innerhalb der Einzelparzellen zu überprüfen, ob die den Setzungsberechnungen zugrunde gelegten Annahmen zutreffen.**

Die charakteristische (maximale) Beanspruchung des Baugrundes wird auf Grundlage von Erfahrungswerten mit ähnlichen Bauwerken zunächst mit $\sigma_{E,k} \sim 140 \text{ kN/m}^2$ angesetzt ($\sigma_{R,d} = 200 \text{ kN/m}^2$). Unter Berücksichtigung von aktuell nicht vorliegender Statik kann der vorgenannte Wert noch angepasst werden.

Das Geotextil ist rechnerisch nicht erfasst. Ein Ansatz von Untergrundnässe erfolgt basierend auf den Untersuchungsergebnissen.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind den Tabellen 16a (Nichtunterkellerung) und 16b (Unterkellerung) zu entnehmen.

Tabelle 16a: Orient. Setzungsberechnungen für eine NU (EG-Bodenplatte)

charakteristische Beanspruchung $\sigma_{E,k}$ Nichtunterkellerung (NU)	‘Ersatzfläche’	Setzung s	Bettungsmodul k_s
$\sigma_{E,k} \sim 140 \text{ kN/m}^2$ 0,80 m Schotterpolster	12 m x 1 m	ca. 2,12 cm	6,6 MN/m ³

Tabelle 16b: Orient. Setzungsberechnungen für eine U (KG-Bodenplatte)

charakteristische Beanspruchung $\sigma_{E,k}$ Unterkellerung (U)	‘Ersatzfläche’	Setzung s	Bettungsmodul k_s
$\sigma_{E,k} \sim 140 \text{ kN/m}^2$ 0,50 m Schotterpolster	12 m x 1 m	ca. 1,11 cm	12,7 MN/m ³

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 < 1,5 cm, was in der Regel nicht zu einer Überbeanspruchung der Bauwerkskonstruktion führt.

Bettungsmodul: Es sollte zunächst ein Bettungsmodul von $k_s = 5 \text{ MN/m}^3$ bei einer Nichtunterkellerung und $k_s = 10,0 \text{ MN/m}^3$ bei einer Unterkellerung 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.

6.2 Kanalbau

Im Zuge der weiteren Erschließung des Wohngebietes wird gemäß [U1] die Installation von Regen- und Schmutzwasserkanälen geplant. Der Schmutzwasserkanal soll in Kunststoff (PVC) mit einem Nenndurchmesser von DN 250 und der Regenwasserkanal in Beton mit Nenndurchmessern von DN 300 und DN 400 ausgeführt werden. Der Regenwasserkanal mündet in das geplante Regenrückhaltebecken im Nordosten des Plangebietes, welches die eingeleiteten Niederschlagswässer zurückhält und in gedrosselter Form weitergibt. Die Übergabe der (gedrosselten) Regenwässer und der Schmutzwässer ist in Bestandskanäle an der 'Nordwalder Straße' vorgesehen.

Es werden die in den Tabellen 17a und 17b aufgeführten Boden- und Grundwasserverhältnisse erwartet.

Tabelle 17a: Boden-/Grundwasserverhältnisse auf Sohlniveau des **SWK**

Bohrung	Ist-GOK	Plan-Bauwerk	Sohle geplant	Grundwasser	Boden auf Plansohle ²⁾
BS 1	+74,07	S 3	+71,48	1,60 / +72,47	Verwitterungslehm, weich-steif bis steif
BS 2	+74,63	S 2 / S 3	+72,09 ¹⁾	1,80 / +72,83	Fluviatilehm, steif
BS 3	+74,95	S 1	+72,98	1,80 / +73,15	Fluviatilehm, weich-steif
BS 4	+74,31	S 5	+72,34	1,90 / +72,41	Fluviatilehm, weich bis weich-steif
BS 5	+73,78	S 6 / S 7	+71,48 ¹⁾	2,10 / +71,68	Fluviatilehm, weich-steif
BS 6	+73,14	S 8	+70,89	2,10 / +71,04	Fluviatilehm, weich bis weich-steif

Legende: Angaben in m u. GOK / m NHN, **BLZ** = Bohrlochzusammenfall

¹⁾ interpoliert, ²⁾ basierend auf den punktuellen Aufschlüssen. Zwischenbereiche können u. U. davon abweichen
unmittelbar gründungsg geeignet / geringfügiger Verbesserungsbedarf / deutlicher Verbesserungsbedarf

Tabelle 17b: Boden-/Grundwasserverhältnisse auf Sohlniveau des **RWK**

Bohrung	Ist-GOK	Plan-Bauwerk	Sohle geplant	Grundwasser	Boden auf Plansohle ²⁾
BS 1	+74,07	R 3	+71,90	1,60 / +72,47	Fluviatilsand, locker bis mitteldicht
BS 2	+74,63	R 2 / R 3	+72,51 ¹⁾	1,80 / +72,83	Fluviatilsand, weich-steif
BS 3	+74,95	R 1	+73,40	1,80 / +73,15	Fluviatillehm, weich
BS 4	+74,31	R 5	+72,75	1,90 / +72,41	Fluviatillehm, weich
BS 5	+73,78	R 6 / R 7	+71,89 ¹⁾	2,10 / +71,68	Fluviatilsand, weich-steif
BS 6	+73,14	R 8	+71,25	2,10 / +71,04	Fluviatilsand, locker

Legende: Angaben in m u. GOK / m NHN, **BLZ** = Bohrlochzusammenfall

¹⁾ interpoliert, ²⁾ basierend auf den punktuellen Aufschlüssen. Zwischenbereiche können u. U. davon abweichen
unmittelbar gründergeeignet / geringfügiger Verbesserungsbedarf / deutlicher Verbesserungsbedarf

Boden- und Grundwasserverhältnisse Plankanäle: Bei den o. g. Verlegetiefen der Kanäle stehen vorwiegend Lehme in weicher bis steifer Konsistenz sowie untergeordnet verlehnte Sande in lockerer bis mitteldichter Lagerung an. Es werden größtenteils bodenverbessernde Maßnahmen erforderlich.

Es wird darauf hingewiesen, dass bindige/verlehnte sowie sandige Böden bei Wassersättigung zum Fließen neigen und daher von einer ausgeprägten Witterungs- und Bewegungsempfindlichkeit dieser Böden auszugehen ist.

Bei den zu erreichenden Aushubtiefen wird mit einer periodischen bis permanenten Grund- und Stauwasserbeeinflussung der Kanalgräben/Schachtbauwerke gerechnet. Für den Faktor 'Auftrieb' ist rechnerisch ein Stauwasseranstieg bis in Höhe der Unterkante des zukünftigen RStO-Aufbaus und ein Grundwasseranstieg bis 0,5 m u. akt. örtl. GOK heranzuziehen (s. Kap. 2.2).

Maßnahmenvorschläge:

Zeitliche Durchführung: Es wird angeraten, die Arbeiten in einer erfahrungsgemäß niederschlagsarmen Witterungsperiode durchzuführen, um hinsichtlich einer Wasserhaltung oder potenzieller Aufweichungen des Erdplanums keinen zusätzlichen bautechnischen Aufwand betreiben zu müssen. Bei Starkregen- oder Hochwasserereignissen, Schneefall und während anhaltender Frostperioden sind Stillstandzeiten einzukalkulieren.

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

Wasserhaltung: Ausgehend von den Verhältnissen an den Untersuchungstagen (27.03.2025, 03.06.2025) wird für die Errichtung der Kanäle und deren Schachtbauwerke eine 'geschlossene' Wasserhaltung notwendig. Es wird auf die Hinweisgebungen zur Wasserhaltung in Kap. 6.1.1 verwiesen.

Böschchen / Verbau: Nach DIN 4124 [45] sind Baugruben ab Tiefen von > 1,25 m zu böschchen oder zu verbauen. Das vorliegende Lockergestein kann im nicht wassererfüllten bzw. entwässerten Zustand unter einem maximalen Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ geböschcht werden. Sollten nachweislich steif konsistente bindige Böden angeschnitten werden, ist ein Böschchen unter $\beta = 60^\circ$ zulässig. Bei Unsicherheiten hinsichtlich der KonsistenzEinstufung ist der Bodengutachter hinzuzuziehen.

Böschungen sind mittels windgesicherter Folie vor Witterungseinflüssen zu schützen. Wassergesättigte Böden dürfen nicht geböschcht werden und erfordern einen Verbau nach DIN 4124.

Da die Kanaltassen innerhalb unversiegelter Flächen herzustellen sein werden, wird davon ausgegangen, dass hier ausreichende Platzverhältnisse vorliegen, um die Anlage (raumgreifender) Böschungen umsetzen zu können.

Sollte ein Böschchen nicht möglich sein oder gewünscht werden, kann ein Verbau eingebracht werden. Die in Tabelle 10 (bodenmechanische Kennwerte) aufgeführten Werte sollten grundsätzlich zur Bemessung eines Verbaus herangezogen werden.

In längeren zusammenhängenden Abschnitten ohne querende Leitungen bzw. nahe kritischer Infrastruktur kann bei den herzustellenden Grubentiefen z. B. ein Einfachgleitschienenverbau eingesetzt werden.

Bei örtlichen Leitungsquerungen wird die Verwendung eines sogenannten Dielenkammerverbaus empfohlen. Letztgenannter Verbautyp kann auch als 'Dielenkammer-Schacht' im Bereich von Schachtbauwerken ausgeführt werden.

Das IB KLEEGRÄFE empfiehlt dringend für die Errichtung des Verbaus eine erfahrene Fachfirma zu wählen. Diesbezüglich angefragten Firmen sollte das Gutachten zur Angebotskonkretisierung zur Verfügung gestellt werden.

Alternative, aber nach aktuellem Kenntnisstand maßnahmenbezogen vermutlich unwirtschaftliche Verbauverfahren können auf Anfrage gerne benannt und bei ausdrücklichem Interesse im Detail beschrieben werden.

Aushub: Die Herstellung eines Feinplanums sollte soweit möglich mit einem Löffelbagger mit sog. 'Schneidbestückung' erfolgen, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden. Der Aushub sollte 'rückschreitend' und der Einbau von Schotter oder sonstigen Mineralgemischen 'vor Kopf' durchgeführt werden.

Bodenaushubgrenzen: Die Bodenaushubgrenzen zur Gebäude- bzw. Mauersicherung sind nach DIN 4123 [44] einzuhalten.

Auftriebssicherheit: Aufgrund der Lage aller Kanäle im Schwankungsbereich der Untergrundnässe (Grund-/Stauwasser) ist der Faktor Auftrieb bis zum ungünstigsten Bemessungswasserstand zu berücksichtigen (siehe Kapitel 2.2). Die Auftriebssicherheit beträgt mind. $n_a = 1,1$.

Gründung / Rohraufleger: Bei der Kanalverlegung sind die Vorgaben der DIN EN 1610 [51] sowie das technische Merkblatt DWA-A 139 [52] zu beachten.

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

Bei den vorgefundenen Bodenverhältnissen wird bei Nenndurchmessern von DN 250-400 eine ca. 15 cm mächtige verdichtungsfähige Bettungsschicht (Rohraufleger) empfohlen.

Bei Kunststoffrohren (o. ä.) wird die Verwendung eines 0/8 mm oder 0/16 mm Kies-Sand-Gemisches favorisiert. Bei Betonrohren mit Nenndurchmessern von DN 200-600 ist eine Bettung aus verdichtungsfähigem Material mit einem Größtkorn von $< 40 \text{ mm}$ herzustellen (z. B. 0/32 mm Güteschotter). Sollten die Schmutz- und Regenwasserkanäle parallel und mit teils geringem vertikalem Abstand zueinander geführt werden, kann zur Vereinfachung der Bauabläufe auch für

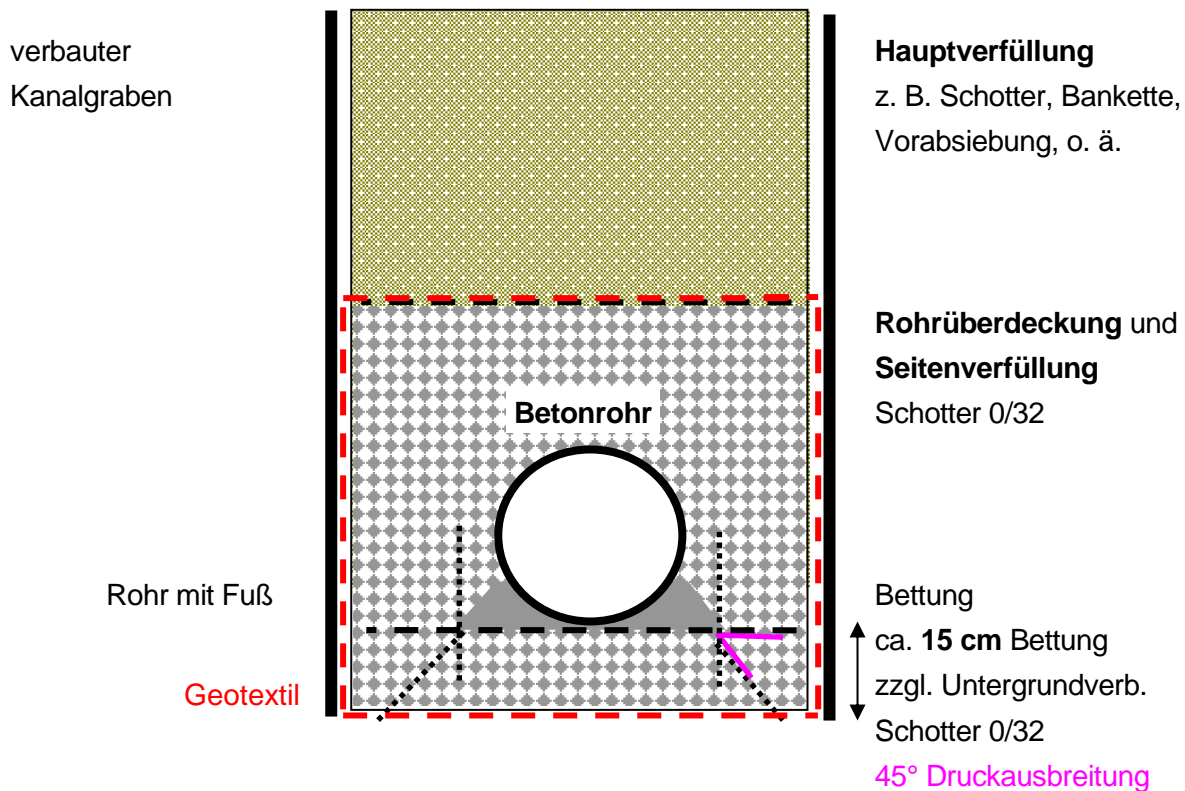
den Regenwasserkanal und dessen Schachtbauwerke statt Schotter auch ein Kies-Sand-Bettungsmaterial verwendet werden.

Die Bettungsschicht muss immer ordnungsgemäß verdichtet (Verdichtungsgrad: > 97 % Proctordichte) und im Druckausbreitungswinkel des Kanals / Bauteils eingebracht werden (Mineralgemisch = 45°).

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

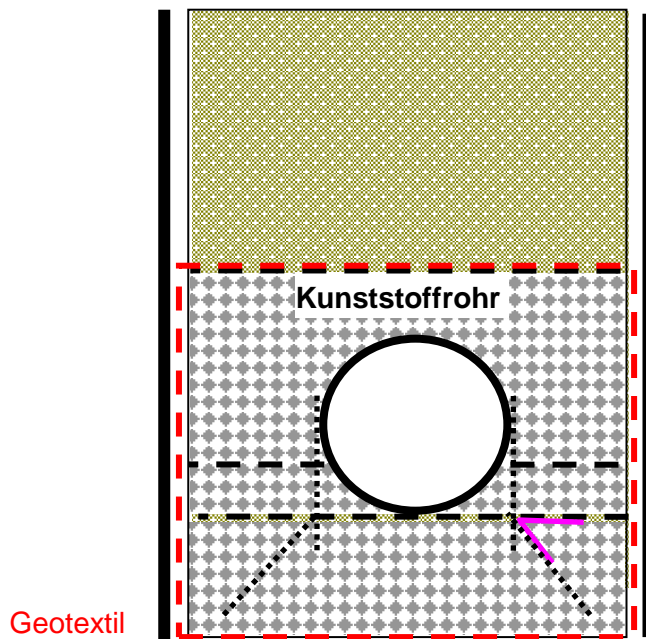
Die empfohlenen Verfahren für die Verlegung von **Regen- und Schmutzwasserkanälen** sind unten schematisch und unmaßstäblich skizziert.

OK Kanalgrabenverfüllung = UK RStO-Aufbau



OK Kanalgrabenverfüllung = UK RStO-Aufbau

verbauter
Kanalgraben



Hauptverfüllung

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

**Rohrüberdeckung und
Seitenverfüllung**

Kies-Sand 0/8 oder 0/16

‘obere Bettung’ (b)

‘untere Bettung’ (a)

ca. 15 cm

zzgl. Untergrundverb.

Kies-Sand 0/8 oder 0/16

45° Druckausbreitung

Gründung: Die Böden im Gründungsbereich weisen, basierend auf den aktuellen Untergrundaufschlüssen, überwiegend einen Verbesserungsbedarf auf. Zusätzlich zur Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht in einer Stärke von mind. 15 cm (s. o.) wird der Einbau einer ca. 15 - 20 cm mächtigen Untergrundverbesserung notwendig. Der Sohlbereich sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden.

Das Einlegen eines Geotextils (GRK 3) unter dem Bettungspolster (einschließlich seitlichem ‘hochziehen’ und ‘umschlagen’) wird aufgrund der prägenden bindigen Böden sowie der Grundwasserbeeinflussung gutachterlicherseits empfohlen.

Schotter-Material 0/32 mm: Das Auftragsmaterial zur Gründung bzw. das Ersatzmaterial bei einem Bodenaustausch kann im Bereich des Betonkanals aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (z. B. 0/32 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen). Der Schotter sollte nach der TL Gestein-StB [47] zertifiziert sein. Dies sollte von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls quell- oder schrumpffähiges Material verwendet werden. Die Schotterverdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 97 - 100 \%$ erfolgen.

Kies-Sand-Material 0/8 mm oder 0/16 mm: Das Material für die untere/obere Bettung, die Seitenverfüllung und die Rohrüberdeckung im Bereich der Kunststoffrohre kann in der vorliegenden Maßnahme aus einem rundkörnigen, natürlichen Kies-Sand-Gemisch mit einem Größtkorn von 8 mm bestehen. Alternativ kann ein Kies-Sand-Gemisch mit einem Größtkorn von 16 mm eingesetzt werden. Die Stärke der 'oberen Bettung' ist nach DIN EN 1610 [51] in Abhängigkeit des örtlich verwendeten Rohrdurchmessers zu wählen.

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

Unter Beachtung der vermutlich oberhalb der Kanaltrasse verlaufenden Verkehrswege wird zur Vermeidung von späteren Setzungen-/Setzungsdifferenzen empfohlen, den Kanalgraben bzw. die Verfüllzone mit einem raumbeständigen und verdichtungsfähigen Material (Verdichtbarkeitsklasse V1 gem. ZTV A-StB [46]) zu verfüllen. In Frage für ein Mineralgemisch kommen hier z. B. Güteschotter, Vorabsiebungsmaterial, Bankettenmaterial, Kies-Sand-Gemische bzw. Mischungen der vorgenannten Baustoffe.

Dieses Material ist lagenweise einzubringen und mittels adäquater Verdichtungsgeräte zu verdichten. Bei der Verdichtung der Füllmaterialien sind gemäß ZTV E-StB [34] Proctordichten zwischen 97 und 98 % (bis 1 m unter Planum) und 100 % der einfachen Proctordichte (< 1 m unter Planum) einzuhalten.

Geotextil: Zur Trennung von Erdplanum und Auftragsmaterial sollte auf Erdplanum zunächst ein Geotextil aufgelegt und seitlich bis zur Oberkante Rohrüberdeckung 'hochgezogen' und 'umgeschlagen' werden (Vorschlag: Geotextilrobustheitsklasse GRK 3, mechanisch verfestigt, Flächengewicht $\geq 150 \text{ g/m}^2$, Stempeldurchdruckkraft FP, 5% $\geq 1,5 \text{ kN}$).

Durch das Geotextil erfolgt eine Trennung von bindigem/verlehmten sowie (zeitweilig) grundwasserbeeinflusstem Erdplanum und aufzubringendem Material, was die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit überlagernder Mineralgemischlagen deutlich verbessert.

Bodenpressung: Es sollte eine einheitliche max. 'Bodenpressung' $\sigma_{\text{zul.}}$ auf dem Gründungsniveau von $\sigma_{\text{E,k}} = 180 \text{ kN/m}^2$ nicht überschritten werden, um lastinduzierte Gesamtsetzungen zu minimieren bzw. Setzungsunterschiede zu vermeiden.

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

Verdichtung der Grabenverfüllung sollte ebenfalls mittels (statischen) (Last-)Plattendruckversuchen und Rammsondierungen (DPL-10) nachgewiesen werden (s. u.).

Art und Umfang der Verdichtungsüberprüfungen: Gemäß der ZTV E-StB [34] kann bei grob- und gemischtkörnigen Böden (Feinkornanteil < 15 m.-%) die Bestimmung des Verdichtungsgrades mittels statischen (nach DIN 18134 [48]) oder dynamischen Plattendruckversuchen (nach TP BF-StB [38]) erfolgen. Bei Anwendung von dynamischen Plattendruckversuchen ist der Umfang der Prüfungen im Vergleich zu statischen Plattendruckversuchen zu verdoppeln. Bei bindigen Böden (Feinkornanteil > 15 m.-%) sind ausschließlich statische Plattendruckversuche zur Bestimmung des Verdichtungsgrades zulässig.

Die Bestimmung der Mindestanzahl durchzuführender Verdichtungskontrollen ist der nachfolgenden Tabelle 18 zu entnehmen.

Tabelle 18: Mindestanzahl der Eigenüberwachungsprüfungen (Kanalbau)

Bereich	Mindestanzahl der Eigenüberwachungsprüfungen	
	Statischer Plattendruckversuch ¹⁾	Rammsondierung
Erdplanum, Rohrbettung	je Einbaulage und je angefangene 1.000 m ² bzw. mind. je 100 m und mind. 2 Prüfungen	-
Leitungsgräben	je angefangene 50 m Länge und pro Meter Grabentiefe	zusätzlich je Haltung und je angefangene 25 m Länge

Legende: ¹⁾ bei dynamischen Plattendruckversuchen ist die Anzahl zu verdoppeln

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

Alternative Grabenverfüllung (Flüssigboden): Alternativ kann eine Verfüllung der Kanalgräben mit so genanntem 'Flüssigboden' erfolgen. Der Hauptvorteil dieses Verfahrens ist im vorliegenden Fall in dem Wegfall der Verdichtungsarbeit im Kanalgraben zu sehen. Darüber hinaus können spätere Setzungen der Kanalgrabenverfüllung minimiert bzw. gänzlich vermieden werden. Durch diese Technik verringert sich die Breite des 'Kanalgrabens'.

Die Anforderungen an die Technik, die in der Lage ist, das Flüssigbodenverfahren umzusetzen, werden in den Güte- und Prüfbestimmungen der RAL Gütegemeinschaft Flüssigboden e. V. [53] beschrieben. Das RAL Gütezeichen 507 stellt den Maßstab zur Erfüllung der erarbeiteten Maßstäbe bei der Anwendung und Gütesicherung des Verfahrens dar.

Für eine Flüssigbodenherstellung vor Ort muss eine größere Fläche (ca. 400 m² - 800 m²) für die Aufbereitung bereitstehen. Ob in der Örtlichkeit eine solche Fläche verfügbar ist, kann vom IB KLEEGRÄFE jedoch nicht beurteilt werden.

Alternativ wäre zu prüfen, inwieweit ein An- und Abtransport der Bodenmassen möglich und wirtschaftlich lohnend ist. Möglicherweise kann eine vollständige Anlieferung eines Flüssigbodens von 'außerhalb' erfolgen.

Weiterhin müssen im Vorfeld die Einbauparameter in Laborversuchen bestimmt werden, bevor ein Einbau von Flüssigboden erfolgen kann. Hierfür sind eine Mindestmenge des für den Einbau vorgesehenen Bodens von ca. 60 l und eine Bearbeitungszeit von mindestens 30 (Werk-)Tagen einzuplanen.

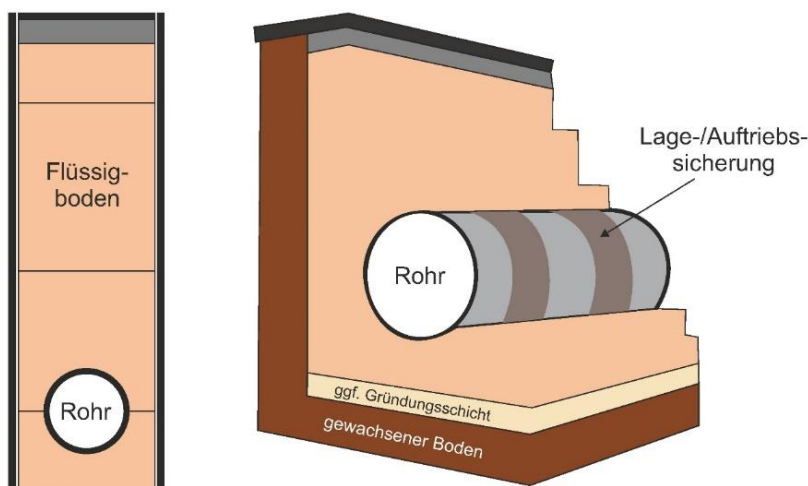
Um die g. g. Prüfungs- und Platzproblematik zu umgehen kann alternativ auf ein geprüftes Fertigprodukt zurückgegriffen werden.

Der Einbau von Flüssigboden ist nur bei Temperaturen von $\geq 2^{\circ}\text{C}$ zulässig. In Perioden mit niedrigeren Temperaturen sind daher Stillstandzeiten einzukalkulieren.

Bei einem Einbau von Flüssigboden müssen die Kanäle mit geeigneten Mitteln gegen ein Aufschwimmen lagestabil gesichert und die einzelnen (Rohr-)Abschnitte gegen das Eindringen von Flüssigboden verschlossen werden.

Für den Einbau von Flüssigboden wird eine Fremdüberwachung durch eine anerkannte Prüfstelle erforderlich.

Das alternative Verfahren für die Verlegung der Kanäle mit einer Grabenverfüllung mittels Flüssigboden ist unten schematisch und exemplarisch unmaßstäblich skizziert.



6.3 Straßenbau

Gemäß [U1] ist im Zuge der Wohngebietserweiterung die Anlegung einer Erschließungsstraße sowie Gehwege vorgesehen. Nähere Informationen liegen dem AN zum aktuellen Zeitpunkt nicht vor, sodass entsprechende Annahmen getroffen werden.

Potenzielle Wohnstraßen werden nach der RStO [8] zunächst der Belastungsklasse Bk0,3 zugeordnet. Sollte die angenommene Einstufungen nicht zutreffen, so wird um Benachrichtigung zwecks Anpassung gebeten.

Geh- und Radwege werden nach der RStO keiner herkömmlichen Belastungsklasse zugeordnet. Stattdessen wird die Tafel 6 der RStO herangezogen. Diese geht bei Geh- und Radwegen von einer möglichen Befahrung ausschließlich durch Fahrzeuge des Unterhaltungsdienstes aus. Jedwede andere Befahrung wird ausdrücklich nicht berücksichtigt.

Es wird davon ausgegangen, dass die Oberflächenbefestigung der Erschließungsstraße in Schwarzdeckenbauweise und die Befestigung der Gehwege in Pflasterbauweise vorgesehen ist.

Verhältnisse auf Planum: Nach Abzug der organischen Oberböden wird das Erdplanum von verlehmtten Sanden sowie Schluffen geprägt, die der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (‘sehr frostempfindlich’) zuzuordnen sind. Nach der ZTV E-StB [34] sind Frostschutzmaßnahmen somit grundsätzlich erforderlich. Es ergibt sich eine **Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 50 cm in der Bk0,3.**

Dicke des frostsicheren Oberbaus bei Geh-/Radwegen: Nach der RStO wird für Planumböden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 eine Mindestdicke des frostfreien Oberbaus von 30 cm notwendig.

Wo die Möglichkeit der Überfahung von Teilen des Gehweges vorgesehen ist, sollte aufgrund einschlägiger Erfahrungen aus Tragfähigkeitsgründen die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus wenigstens 40 cm betragen.

Im Bereich von Überfahrten für Kraftfahrzeuge ist die Befestigungsdicke auf die zu erwartende Verkehrsbelastung abzustimmen. Die Dicke des frostsicheren Oberbaus sollte in diesen Bereichen derjenigen der Fahrtrasse entsprechen, sofern eine häufige Überfahung zu erwarten ist.

Mehr-/Minderdicken gem. Tabelle 14 RStO: Das Areal wird in die Frosteinwirkungszone I gestellt. Es ergibt sich diesbezügliche keine ‘Mehrdicke’. Kleinräumige Klimaunterschiede werden nicht berücksichtigt.

Nach den 'Wasserverhältnissen im Untergrund' ergibt sich nach der RStO eine Notwendigkeit des Zuschlags einer 'Mehrdicke' von 5 cm, da 'Grund- oder Stau-/Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum' nicht auszuschließen ist.

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

Aufgrund der angenommenen Entwässerung der Fahrbahnen über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen kann eine Minderdicke von 5 cm angesetzt werden. Sollte eine Entwässerung der Fahrbahn über Mulden, Gräben oder Böschungen erfolgen, so kommt g.g. Minderdicke nicht zum Tragen.

Dicke des frostsicheren Straßenaufbaus: Die Dicke des frostsicheren Oberbaus ist der Tabelle 19 zu entnehmen. Es wird darauf hingewiesen, dass es sich ausschließlich um die Mindestdicke der Frostsicherheit und nicht um die Stärke zur Erzielung der u. g. Verformungsmoduln handelt.

Tabelle 19: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus nach RStO [8]

Bereich	Fahrstraße	Geh-/Radweg
Einstufung (Annahme)	Bk0,3 ¹⁾	-
Frostempfindlichkeitsklasse	F 3-Boden	
Mindestdicke	50 cm	30 cm
Mehrdicke	+ 5 cm (Grund-/Stau-/Schichtenwasser)	
Minderdicke	- 5 cm (Entwässerungseinrichtungen)	
Gesamtdicke des frostsicheren Aufbaus	50 cm	30 cm ²⁾

Legende: ¹⁾ = vorbehaltlich anderweitiger planerischer Bk-Einstufung

²⁾ = 40 cm bei einer Überführung von Teilen des Gehweges,

Im Bereich von Überfahrten für Kraftfahrzeuge = Oberbaumächtigkeit wie Fahrtrasse

Maßnahmenvorschläge:

Zeitliche Durchführung: Es wird angeraten, die Arbeiten in einer erfahrungsgemäß trockenen Witterungsperiode durchzuführen, um hinsichtlich einer Wasserhaltung oder potenzieller Aufweichungen des Erdplanums keinen zusätzlichen bautechnischen Aufwand betreiben zu müssen. Bei Starkregen- oder Hochwasserereignissen, Schneefall und während anhaltender Frostperioden sind Stillstandzeiten einzukalkulieren.

Wasserhaltung: Grundwasser wurde am Untersuchungstag nicht oberhalb der Trassensohle angetroffen. Bei Verhältnissen wie an dem Stichtag wird die Vorhaltung bzw. der Einsatz einer 'offenen Wasserhaltung' ausreichend sein um ggf. anfallende Niederschlagswasser auffangen und abführen zu können.

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

Errichtung / Straßenaufbau: In einem ersten Schritt sind die Überschussmassen bis auf Unterkante RStO-Aufbau + ggf. Untergrundverbesserung auszukoffern. Hier sind die Hinweise des Kapitels 4 hinsichtlich der chemischen Einstufungen zu beachten.

Nach Auskoffern bis auf die benötigte Tiefe ist das Erdplanum ergänzend auf relevante organische Anteile oder Aufweichungen bzw. Auflockerungen zu kontrollieren. Die Kontrolle des Erdplanums sollte im Rahmen einer ingenieurgeologischen Abnahme durch das IB KLEEGRÄFE erfolgen.

Der weitere Oberbau-Aufbau der Verkehrsflächen hat nach der RStO zu erfolgen.

'Zahnbestückung'/'Schneidbestückung': Der Aushub sollte soweit möglich mit einem Baggerlöffel mit 'Schneidbestückung' erfolgen, um eine unnötige Auflockerung des Bodens zu verhindern. Der Aushub sollte 'rückschreitend' und der Einbau von Schotter oder sonstigen Mineralgemischen 'vor Kopf' durchgeführt werden.

Einbau Geotextil: Vor Auftrag eines Mineralgemisches sollte auf das Erdplanum durchgängig ein Geotextil aufgelegt werden. Dieses bewirkt eine Trennung von verlehmt/bindigen Erdplanum und Auftragsmaterial, was nachweislich die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit des Schotters verbessert. Sinnvoll erscheint der Einbau eines Geotextils der Geotextilrobustheitsklasse **GRK 5** (mechanisch verfestigt, Flächengewicht $\geq 300 \text{ g/m}^2$, Stempeldurchdruckkraft FP, 5% $\geq 3,5 \text{ kN}$).

Im Bereich von Gehwegen wird ein Geotextil der Geotextilrobustheitsklasse **GRK 3** (mechanisch verfestigt, Flächengewicht $\geq 150 \text{ g/m}^2$, Stempeldurchdruckkraft FP, 5% $\geq 1,5 \text{ kN}$) als ausreichend erachtet.

Schotter-Material: Der Straßenunterbau / Frostschutzschicht / Material der Untergrundverbesserung sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen. Der Schotter sollte nach den TL Gestein-StB [47] zertifiziert sein (funktionsspezifische Mindestgüte: Typ 'Frostschutzschicht' bzw. 'Schottertragschicht').

Dies sollte von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden. Die Schotterverdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100 \%$ erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel zu achten (Schotter: 45°). Die Einbaustärke einzelner Lagen sollte 30 cm nicht überschreiten.

Bettungsmaterial bei Pflasterbauweisen: Für die Fläche erscheint die Wahl eines nach TL SoB-StB [54] geprüften Baustoffgemisches 0/5 oder 0/8 sinnvoll. Material der Körnungen 2/5 oder 2/8 ist nach ZTV Pflaster-StB [55] für Flächen, die von Kraftfahrzeugen befahren werden, nicht mehr vorzusehen.

Empfohlen wird die Verwendung eines 'gebrochenen' Materials, welches einen erhöhten Widerstand gegen Zertrümmerung/Abrieb besitzt. Hierzu wird vorgeschlagen ein Material zu wählen, welches der Kategorie SZ_{18} entspricht (Los-Angeles-Koeffizient LA_{20}). Im Vorfeld ist die Filterstabilität zum vorgesehenen Schottermaterial und zum einzusetzenden Fugenmaterial zu prüfen.

Fugenmaterial bei Pflasterbauweisen: Für die Fläche erscheint die Wahl eines nach TL SoB-StB [54] geprüften Baustoffgemisches 0/4 oder 0/5 sinnvoll. Bei wünschenswertem Einsatz eines Verbundsteinpflasters mit geringen Fugenbreiten kann ein entsprechend geprüftes Baustoffgemisch 0/2 zweckmäßig sein.

Empfohlen wird die Verwendung eines 'gebrochenen' Materials der Kategorie E_{CS35} , welches zusätzlich einen erhöhten Widerstand gegen Zertrümmerung/Abrieb besitzt. Hierzu wird vorgeschlagen ein Material zu wählen, dessen Prüfkörnung der Kategorie SZ_{18} entspricht (Los-Angeles-Koeffizient LA_{20}). Im Vorfeld ist die Filterstabilität zum vorgesehenen Bettungsmaterial zu prüfen.

Wiedereinbaufähigkeit anfallender Böden: s. Kap. 6.1.1.

Verdichtungsüberprüfungen und Unterbauverbesserung: Auf dem Erdplanum sind die nach RStO [8] geforderten Verformungsmoduln durch statische Verdichtungsüberprüfungen gem. DIN 18134 [48] nachzuweisen. Auf dem **Erdplanum wird ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$** vorausgesetzt.

Auf den untergrundprägenden verlehmtten Böden ist davon auszugehen, dass ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ nicht durchgängig erreicht wird, sodass vor Auftrag der RStO-Schichtmächtigkeiten zunächst Schotter aufgebracht und verdichtet werden sollte (Unterbauverbesserung). Untergrundverbesserungen sollten zunächst vorab für ca. 100 % der zu erstellenden Flächen einkalkuliert werden.

Die vorzunehmenden Verbesserungen sind abhängig von den tatsächlichen Verhältnissen auf Erdplanum. Details sind durch eine ingenieurgeologische Abnahme vor Ort festzulegen sowie in

Versuchs- und Probefeldern zu konkretisieren. Es sollte vorab mit einer Untergrundverbesserung von ca. 20 - 25 cm kalkuliert werden. Die Untergrundverbesserung darf nicht auf die Dicke des frostsicheren Aufbaus angerechnet werden.

Verformungsmodul-Forderungen: Sehr wichtig ist der flächendeckende Nachweis eines Verformungsmoduls von $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ auf dem Erdplanum mittels statischen Lastplattendruckversuchen, da ansonsten die von der RStO geforderten Verformungsmodule auf der Frostschutzschicht (FSS) bzw. der Schottertragschicht (STS) nicht erreicht werden können.

Bei einer Errichtung der Verkehrsflächen nach Tafel 1, Zeile 1 (Bk0,3, Schwarzdeckenbauweise) wird nach der RStO auf der OK Frostschutzschicht ein Verformungsmodul von **$E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$** gefordert.

Bei einer Errichtung von Geh-/Radwegen nach Tafel 6, Zeile 2 (Pflasterbauweise) wird auf der Tragschicht ohne Bindemittel (ToB) ein **E_{v2} -Wert von $\geq 100 \text{ MPa}$** gefordert. Sollten Belastungen durch Fahrzeuge (z. B. Wartung und Unterhaltung) ausgeschlossen werden, ist auch ein Verformungsmodul von **$E_{v2} \geq 80 \text{ MPa}$** ausreichend.

Die Verformungsmodul-Forderungen sollten mittels statischen Lastplattendruckversuchen flächendeckend nachgewiesen werden.

Art und Umfang der Verdichtungsüberprüfungen: Gemäß der ZTV E-StB [34] kann bei grob- und gemischtkörnigen Böden (Feinkornanteil < 15 m.-%) die Bestimmung des Verdichtungsgrades mittels statischen (nach DIN 18134 [48]) oder dynamischen Plattendruckversuchen (nach TP BF-StB [38]) erfolgen. Bei Anwendung von dynamischen Plattendruckversuchen ist der Umfang der Prüfungen im Vergleich zu statischen Plattendruckversuchen zu verdoppeln. Bei bindigen Böden (Feinkornanteil > 15 m.-%) sind ausschließlich statische Plattendruckversuche zur Bestimmung des Verdichtungsgrades zulässig.

Die Bestimmung der Mindestanzahl durchzuführender statischer Plattendruckversuche sind der nachfolgenden Tabelle 20 zu entnehmen.

Tabelle 20: Mindestanzahl der Eigenüberwachungsprüfungen (Straßenbau)

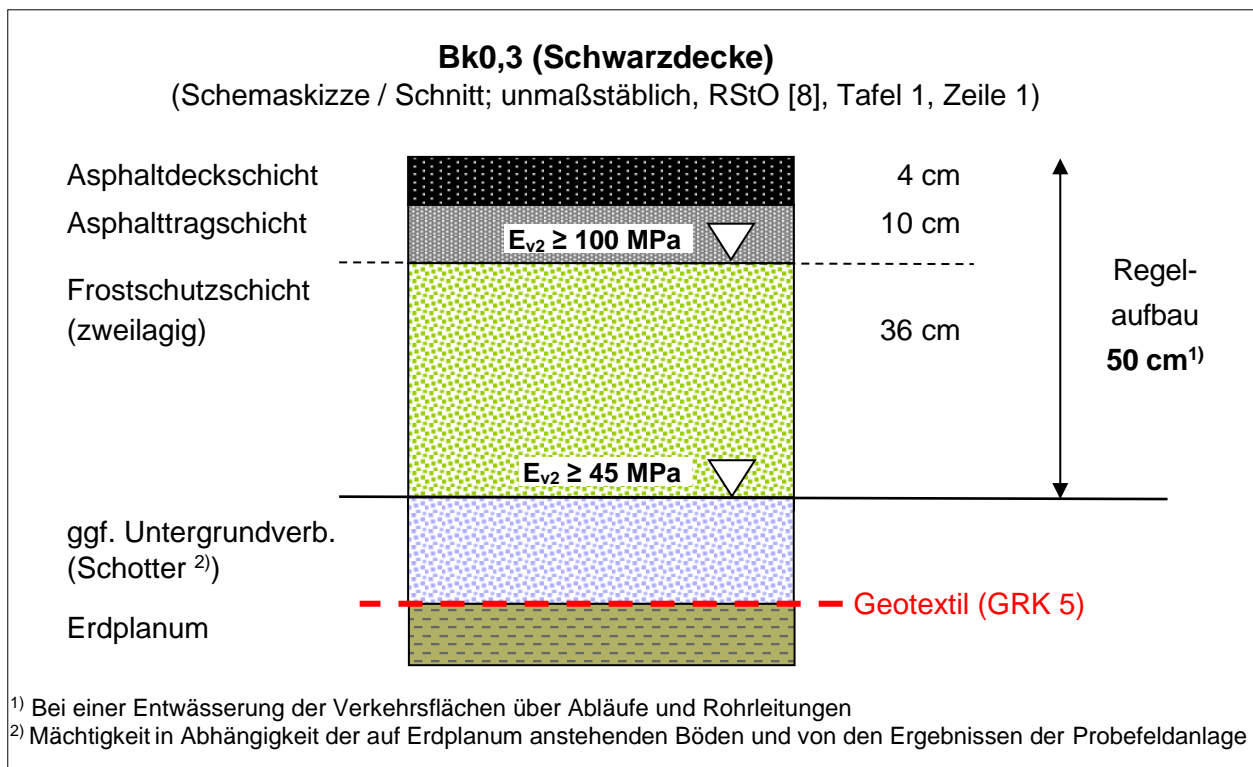
Bereich	Mindestanzahl (Prüfverfahren: statischer Plattendruckversuch ¹⁾)
Erdplanum	je Einbaulage und je angefangene 1.000 m ² bzw. mind. je 100 m und mind. 2 Prüfungen
Frostschutzschicht	
Schottertragschicht	

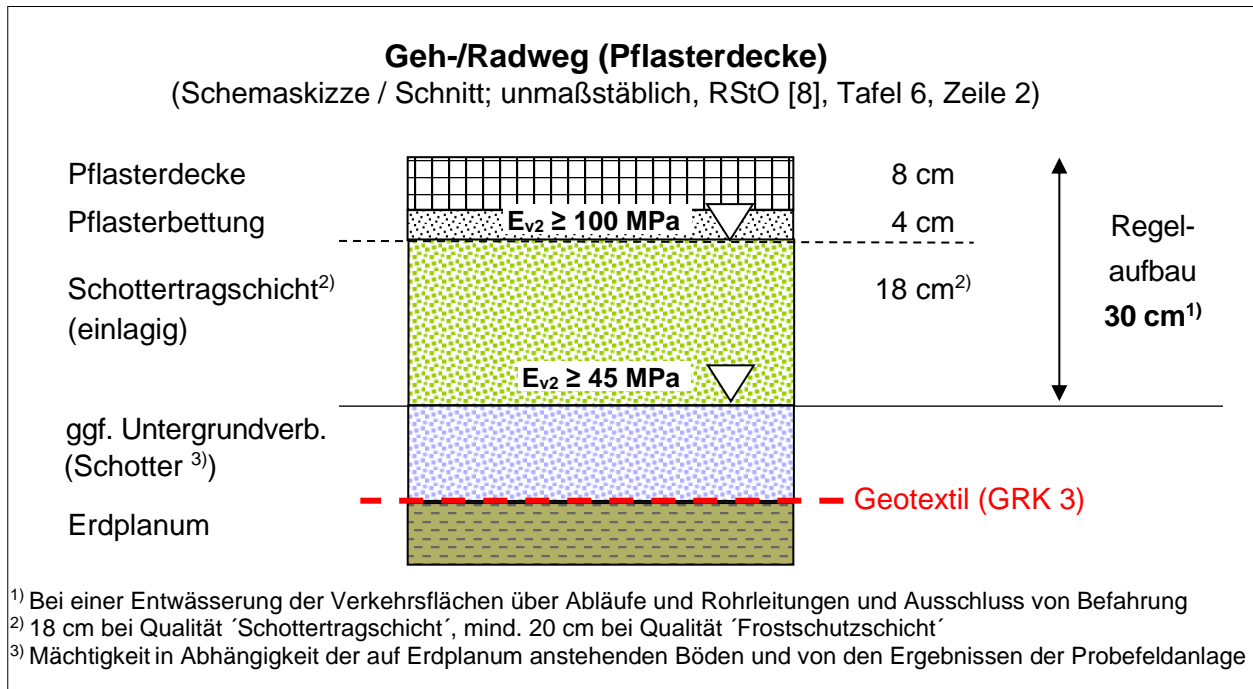
Legende: ¹⁾ bei dynamischen Plattendruckversuchen ist die Anzahl zu verdoppeln

Errichtung von Probefeldern: Um die o. g. Tragfähigkeiten gesichert nachweisen zu können, wird die Überprüfung der Leistungsfähigkeit der empfohlenen Aufbauten aufbauspezifisch durch Anlage ein bzw. mehrerer ausreichend groß dimensionierter Probefelder und entsprechender Verdichtungsprüfungen im Vorfeld angeraten.

Die Ergebnisse der Verdichtungsprüfungen sind vollständig zu dokumentieren und die Ergebnisse im Hinblick auf die flächige Errichtung der Aufbauten durch die Bauleitung und den Bodengutachter bzw. den zuständigen Fachplaner freizugeben.

Ausführung des Oberbaus: Die möglichen Aufbauten sind nachfolgend unmaßstäblich skizziert.





6.4 Regenrückhaltebecken (RRB)

Planung: Der DN 400 B-Regenwasserkanal soll die Wässer in ein geplantes Regenrückhaltebecken (RRB) im Nordosten des Areals einleiten. Das Becken soll ein Vorratsvolumen von ca. 825 m³ erhalten. Die Sohle des RRB ist bei einem Niveau von +70,25 m NHN und die Oberkante des Wasserspiegels bei +72,00 m NHN geplant (Wasserhöhe 1,75 m). Die Dammkrone ist in [U1] bei +73,00 m bis +73,23 m NHN angegeben.

Bei Errichtung des Erdbeckens werden deutliche Aushubmassen anfallen. Es werden weitgehend landwirtschaftlich umgelagerte Oberböden (‘Mutterböden’) und bindige/verlehnte geogene Böden (Fluviatilablagerungen, Verwitterungsbildungen) anfallen. Außerdem wird, die Nässeverhältnisse zum Zeitpunkt der Untersuchungen zugrunde gelegt, vermutlich eine ‘geschlossene’ Wasserhaltung / GW-Absenkung notwendig werden, um das RRB errichten zu können, da die Aushubsohle unterhalb des geloteten Wasserstandes liegt.

Die Dammkrone kommt vermutlich geringfügig oberhalb der aktuellen GOK zu liegen. Es ist davon auszugehen, dass punktuell eine qualifizierte Geländeanhöhung des Geländes mit geeignetem (verdichtungsfähigem) Material durchzuführen ist.

Bodenverhältnisse (RRB): Laut den Ergebnissen der Bohrung BS 6 (Bereich RRB) stehen auf Aushubsohle des RRB weich-steif konsistente Fluvial- und Verwitterungslehme an. Geringfügig unterhalb ist mit dem dicht gelagerten verlehnten Verwitterungskies zu rechnen. Die bindigen Böden weisen im ungestörten Zustand eine weitgehend weich-steife Konsistenz auf. Nach Freilegung kann periodisch eine Konsistenzverringering bis zu einer weichen-breiligen Konsistenz nicht ausgeschlossen werden.

Zeitliche Durchführung: Es wird angeraten, die Arbeiten in einer erfahrungsgemäß trockenen Witterungsperiode durchzuführen. Der Umfang von (zusätzlichen) Maßnahmen zur Wasserhaltung ist insbesondere abhängig vom Grundwasserstand, weshalb auch aus diesem Grunde die Arbeiten nicht in oder unmittelbar nach niederschlagsintensiven Zeiten durchgeführt werden sollten.

Die bindigen/verlehnten Böden sind zudem als witterungsempfindlich einzustufen. Die Baugrundgüte und ein ggf. notwendiger zusätzlicher bautechnischer Aufwand sind hier in erster Linie abhängig vom Grad der Durchfeuchtung.

bauezeitliche Wasserhaltung: Nach aktuellem Kenntnisstand wird eine Mischung von Grund- und Stau-/Schichtwasser oberhalb der geplanten RRB-Sohle vorkommen. Bei Verhältnissen wie an den Untersuchungstagen (27.03.2025, 03.06.2025) wird somit die Vorhaltung bzw. der Einsatz einer ‘geschlossenen Wasserhaltung’ erforderlich, um das Baufeld ausreichend zu entwässern.

Für die Errichtung des RRB wird der Einsatz eines Vakuumverfahrens vorgeschlagen. Die Vakuum-Filterlanzen sind als 'geschlossene Wasserhaltung' (= 'Ring' aus Filterlanzen) zu installieren. Die Filterlanzen müssen voraussichtlich gebohrt und nicht gespült werden. Weitere Hinweise zur 'geschlossenen Wasserhaltung' sind dem Kapitel 6.1.1 zu entnehmen.

Auftriebssicherheit: Aufgrund der Lage des RRB im Niveau des Wasser-Schwankungsbereiches ist der Faktor 'Auftrieb' zu berücksichtigen. Die Auftriebssicherheit sollte fachgerecht durch den Statiker ermittelt und überprüft werden.

Böschchen / Verbau: Bauzeitlich können die nicht wassergesättigten/entwässerten Böden unter max. $\beta = 45^\circ$ geböscht werden. Nachweislich steif konsistente bindige Böden können unter max. $\beta = 60^\circ$ geböscht werden. Bei Unsicherheiten hinsichtlich der KonsistenzEinstufung ist der Bodengutachter hinzuzuziehen.

Die Böden weisen eine hohe Erosionsanfälligkeit auf und sollten daher dauerhaft mit einem flachen Böschungswinkel errichtet werden (siehe unten). Die Böschungen des RRBs sollten durch Vegetation / Begrünung gesichert werden. U.U. ergibt sich im Anfangsstadium vor Vegetationsanwurzelung die Notwendigkeit ergänzender Maßnahmen (z. B. Jutegewebe, Pfahlreihen). Böschungskanten sind auf mind. 2,0 m Lastfrei zu halten.

Abschiebung/Bodenlösung: Die Abschiebung der bindigen/verlehnten Böden sollte mit Geräten erfolgen, welche einen möglichst geringen Anpressdruck auf den Untergrund ausüben. Ansonsten existiert die Gefahr einer Konsistenzverringern der bindigen Böden durch Befahrung. Bagger sollten (sofern möglich) mit 'Schneidbestückung' möglichst 'rückschreitend' arbeiten. Im Felsbereich wird vermutlich ein Bagger mit Zahnbestückung notwendig.

Bei der Abschiebung ist eine sorgfältige Separierung der einzelnen Einheiten durchzuführen. Das freigelegte Planum sollte nicht mit Lkw o. ä. befahren werden. Sollte eine Baustraße im Randbereich notwendig werden, so ist die Stärke der Schotterung abhängig vom aktuellen Konsistenzzustand.

Für die Kalkulation sollte die Einlage eines Geotextils (Güte: GRK 3, 150-200 g/m²) und der Auftrag einer ca. 30 cm starken Schotterlage für eine potenzielle Baustraße im Bereich des RRBs einkalkuliert werden. Zukünftig zu begrünende Schichten sollten möglichst nicht mit schwerem Gerät verdichtet werden, da dies einer natürlichen Entwicklung sowie einem Pflanzen-/ Organismenbesatz entgegensteht.

Da u. U. nach Niederschlägen Stauwasser anfällt bzw. ein höherer Grundwasserstand vorliegt, sollten lediglich kleine Abschnitte abgeschoben / 'geöffnet' werden. Ein Wasserzutritt aus dem RW-Kanal sollte nicht vor Fertigstellung des Erdbeckens erfolgen.

Separierung des Aushubmaterial: Das Aushubmaterial (a: Oberboden, b: Mischboden aus Lehm und Sand, c: Mischboden der Verwitterungszone, d: Felsbruch) muss sorgfältig separiert werden. Im Besonderen ist der 'Mutterboden' von dem restlichen Boden zu trennen. Das Aushubmaterial muss bei Verbleib vor-Ort fachgerecht zwischengelagert werden (Aufmietung und Folienabdeckung). Sehr wichtig ist, dass der als Dammbaumaterial vorgesehene Boden nicht durchfeuchtet wird.

Zwischenlagerung Aushubmaterial: Grundsätzlich ist der gesamte anfallende bindige Aushub wasser- und bewegungsempfindlich. Es existiert eine Abhängigkeit zwischen Wassergehalt und Konsistenzzustand. Die bautechnische Güte der bindigen Böden ist abhängig vom Konsistenzzustand. Aufgeweichte Böden können nicht direkt wieder eingebaut werden und machen einen Mehraufwand erforderlich (u. U. länger andauernde Belüftung, Wassergehaltsreduzierung durch Kalkung, etc.). Daher ist der Schutz der Böden vor Aufweichungen ein sehr wichtiger Aspekt.

Als wichtigste Maßnahme wird die Folienabdeckung ggf. vor Ort zwischengelagerter und zum Wiedereinbau vorgesehener Mieten als Schutz vor Oberflächeneinträgen angeraten. Die Folien müssen mit einer deutlichen Überlappung und langfristig windgesichert angebracht und ergänzend im Sohlbereich ausgelegt werden.

Im Bereich der Mieten sollte der anstehende Oberboden ('Mutterboden') abgeschoben werden, um Vermischungen mit dem Mietenmaterial zu vermeiden.

Abzufahrendes Material kann unter chemischen Gesichtspunkten wie in Kapitel 4 aufgeführt verwendet werden.

Ingenieurgeologische Bewertung Aushubmaterial / Beckensohle: Es liegen keine Information vor, ob eine zusätzliche Aufbringung einer 'künstlichen' technischen oder mineralischen Dichtung im Bereich des Beckens vorgesehen ist.

Im Sohlbereich werden voraussichtlich 'bindige/verlehnte' Böden (Fluviatillehm, bindige/verlehnte Verwitterungszone) vorliegen, die eine gute (natürliche) Abdichtungseignung aufweisen (vgl. Kap. 2.1+2.2 und 5.1; k_f -Werte $\sim 10^{-7}$ bis $\sim 10^{-9}$ m/s). Sollte die verlehnte kiesige Verwitterungszone angetroffen werden oder sich der Verwitterungslehm als stark kiesig darstellen, ist die ausreichende Abdichtung mittels Versickerungsversuchen vor Ort zu verifizieren. Die an dem Verwitterungskies durchgeführte Korngrößenanalyse ist in diesem Zuge nicht als aussagekräftig zu bewerten (vgl. Kap. 5.1). Grundsätzlich sollte bei Freilegung des Erdplanums eine ingenieurgeologische Abnahme erfolgen.

Sollte keine ausreichende natürliche Abdichtung vorliegen, wird die Herstellung einer mineralischen/künstlichen Dichtung erforderlich.

Die zuvor ausgekofferten bindigen Fluviatillehme werden auch bei fachgerechtem Wiedereinbau allenfalls Durchlässigkeitsbeiwerte in der Größenordnung von $k_f \sim 10^{-7}$ m/s einhalten. Dieser Wert ist mit den planerischen Anforderungen an eine entsprechende Abdichtung abzugleichen. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die o. g. geringen Durchlässigkeiten lediglich unter optimalen Einbaubedingungen zu erreichen sind.

Sofern die erreichbaren Durchlässigkeitsbeiwerte für die hinreichende Abdichtung grundsätzlich ausreichend sind, wird der Einbau einer mindestens 30 cm starken mineralischen Abdichtung aus zuvor gewonnenem bindigem Fluviatillehm und eine entsprechend vorlaufende Tieferkoffung favorisiert. Somit ist die Beckensohle bis auf ein Niveau von jeweils 30 cm unterhalb der geplanten Sohle abzuziehen. Auf dieses Niveau ist im Anschluss die mineralische Dichtung aufzubringen.

Von einer Verwendung des bindigen Fluviatillehm-Bodenaushubs in lastabtragenden Bereichen wird hingegen abgeraten.

Grundsätzlich ist eine durchgehende ingenieurgeologische Begleitung beim Einbau eines derartigen Bodens sehr wichtig.

Nutzvolumen / Einstauhöhe: Eine (periodische) Verringerung des zur Verfügung stehenden 'Nutzvolumens' durch den Zutritt von Untergrundnässe kann durch das Auftreten von Grund-/Stau- und/oder Schichtwasserzutritten **nicht** ausgeschlossen werden bzw. ist anzunehmen und ist mit einzukalkulieren (Schwankungsbereich des Grundwassers ist dem AN aufgrund fehlender Langzeitdaten nicht bekannt). Außerdem müssen alle Bauwerke gegen Auftrieb geschützt werden.

Böschungsgestaltung: Grundsätzlich sollten die Böschungen (dauerhaft) keinesfalls steiler als 1:2 ausgebildet werden (ca. 26°). Es empfiehlt sich erst +/- horizontale Lagen des Einbaumaterials herzustellen und die gewünschten Böschungen abschließend mittels Schneidbestückung anzulegen bzw. zu profilieren.

Zusätzlich sind der Einlaufbereich sowie der Notüberlauf etc. erosionssicher auszugestalten (widerstandsfähige Bepflanzung oder Wasserbausteine, etc.).

Alternative Kastenbauwerk: Im Untersuchungsgebiet konnte Grundwasser direkt gelotet werden. Es besteht ein ausgeprägtes Anstiegspotenzial. Potenzielle Beckenabdichtungen aus Lehm/Ton und Schweiß-/Teichfolie sind für gewöhnlich nicht geeignet, den von außen einwirkenden Wasserdruck / Auftrieb schadensfrei aufzunehmen.

Alternativ käme daher z. B. ein Kastenbauwerk aus Beton in Frage. Dieses ist - bei Berücksichtigung geeigneter Maßnahmen – geeignet außenseitig einwirkenden Wasserdruck schadensfrei zu kompensieren. Es ist zu beachten, dass das Kastenbauwerk bei einem

Vorratsvolumen von 825 m³ entsprechend groß dimensioniert werden muss, was mit einem erheblichen Aufwand verbunden ist.

Hinweise zur Errichtung eines Beton-Kastenbauwerkes:

- Bemessungswasserstand: Von der Statik sollte ein Bemessungswasserstand von 0,50 m unter aktueller Geländeoberkante berücksichtigt werden.
- Unterbau: Grundsätzlich sollte nach Freilegung des RRB-Sohlbereiches eine ingenieur-geologische Abnahme erfolgen, um die im Folgenden empfohlenen Maßnahmen hinsichtlich ihrer zielgerichteten Anwendungseignung zu überprüfen. Bei den bindigen/verlehmtten Böden auf Erdplanum wird der Einbau eines Schotterpolsters (Empfehlung: 0/45 mm HKS Güteschotter gebrochen) in einer Stärke von ca. d = 0,30 m empfohlen (Festlegung der konkreten Stärke bei Abnahme).
- Zulässige Sohlpressung: Um schädigende, nicht bauwerksverträgliche Setzungsdifferenzen zu vermeiden, sollte die Sohlpressung durch das Kastenbauwerk eine Größenordnung von $\sigma_{zul.} = 100 \text{ kN/m}^2$ nicht überschreiten.
- Verdichtungsüberprüfung: Die ordnungsgemäße Verdichtung des Schotters im Bodenplattenbereich sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) vor Gründung kontrolliert werden (Forderung Gründungsplanum auf OK Schotter: $E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$, in Abhängigkeit von den statischen Erfordernissen).

Trockenhaltung / Wassereinwirkung: Die Unterflurbauteile des RRB unterliegen einer periodischen bis permanenten außenseitigen Untergrundwasser-Beeinflussung. Die Nässebeeinflussung muss bei der Auswahl der Betonsorte (bei Kastenbauwerk, Drosselbauwerk, etc.) berücksichtigt werden (Stichworte: Expositionsklassen). Lastfalleinstufung: DIN 18533 [21]: 'Wassereinwirkungsklasse W2.1-E'. Angeraten wird die Verfüllung der Arbeitsräume mit durchlässigem Bodenmaterial. Von Seiten der Statik sollte für die Unterflurbauteile die Gefahr von Auftrieb ermittelt und eine ausreichende Auftriebssicherheit berücksichtigt werden (s. o.).

Schotter-Material: Das Auftragsmaterial zur Gründung bzw. Ersatzmaterial bei einem Bodenaustausch sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (Güteschotter, z. B. 0/45 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen). Der Schotter sollte nach der TL Gestein-StB [47] zertifiziert sein. Dies sollte von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls quell- oder schrumpffähiges Material verwendet werden. Die Schotterverdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 97 - 100 \%$ erfolgen.

Lagerungsdichteüberprüfung: Die Verdichtung des Gründungsplanums sollte vor den Gründungsarbeiten mittels (dynamischen) Plattendruckversuchen überprüft und kontrolliert werden.

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

Ingenieurgeologische Abnahme: Nach Freilegung des Erdplanums sollte eine ingenieurgeologische Abnahme erfolgen, um die exakten Bodenverhältnisse abzunehmen sowie die vorgeschlagenen Gründungsmaßnahmen den konkreten Verhältnissen anzupassen. Insbesondere ist die ausreichende Konsistenz der Böden zu überprüfen und bei zu geringen Konsistenzen geeignete Maßnahmen zu empfehlen. Bei der Ausführung der Gründungsarbeiten sind die örtlichen Baugrundverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Voruntersuchungen zu überprüfen.

Einzäunung / Sicherheitsmaßnahmen: Sofern dem IB KLEEGRÄFE bekannt, gibt es aktuell keine rechtlichen Regelungen zur Umzäunung von Regenrückhaltebecken. Aus Sicherheitsaspekten wird gutachterlicherseits stets empfohlen, ein RRB einzuzäunen, um Unfällen vorzubeugen. Die Sicherheitslage müssen die kommunalen Entwässerungsbetriebe jedoch für jeden Einzelfall selbst einschätzen.

Bereits einfache Maßnahmen können die Sicherheit jedoch deutlich erhöhen. Hierzu gehört beispielsweise die Ausbildung von flachen Böschungen (geringes Gefälle), ein eher flach dimensioniertes Becken, ein geringes Stauziel, Bepflanzung als Barriere zwischen Fußwegen und Becken, Hinweisschilder und Weitere.

7.0 Schlussbemerkung

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

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Die bei Personen verwendeten maskulinen Formen sind jedoch für alle Geschlechter zu verstehen.

Kleegräfe
- Geotechnik GmbH -



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



P. Gebbeken
(M. Sc. Geowiss.)



Verteiler: GEMEINDE LIPPETAL
Bahnhofstraße 7, 59510 Lippetal

(PDF)

Projekt: Erschließung des Baugebietes „Uhlenkamp“ in 59510 Lippetal-Hovestadt
- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Seite 66 von 71

Literaturverzeichnis

- [1] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN EN ISO 17892-4:2017-04, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung (ISO 17892-4:2016). Deutsche Fassung*, 2017.
- [2] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN EN ISO 17892-1:2022-08, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts (ISO 17892-1:2014 + Amd 1:2022). Deutsche Fassung*, 2022.
- [3] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN EN ISO 17892-12:2022-08, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 12: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen (ISO 17892-12:2018 + Amd 1:2021 + Amd 2:2022). Deutsche Fassung*, 2022.
- [4] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN EN 17685-1:2023-04 Erdarbeiten – Chemische Prüfverfahren – Teil 1: Bestimmung des Glühverlusts (EN 17685-1:2023). Deutsche Fassung*, 2023.
- [5] Bundesministerium der Justiz Deutschland, *Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung - ErsatzbaustoffV)*, Ausfertigungsdatum: 09.07.2021, letzte Änderung: 13.07.2023.
- [6] Bezirksregierung Köln (Hrsg.), „Tim-Online,“ Stand der Berichtserstellung. [Online]. Available: <https://www.tim-online.nrw.de> (nicht rechtsverbindlich).
- [7] Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW (Hrsg.), „Elwas-Web,“ Stand der Berichtserstellung. [Online]. Available: <https://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/index.xhtml> (nicht rechtsverbindlich).
- [8] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), *Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO)*, Ausgabe 2012/Fassung 2024.
- [9] Geologischer Dienst NRW (Hrsg.), *Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland 1:350.000. Bundesland Nordrhein-Westfalen*, 2018.
- [10] Geologischer Dienst NRW (Hrsg.), „Gefährdungspotentiale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen,“ Stand der Berichtserstellung. [Online]. Available: https://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger (nicht rechtsverbindlich).
- [11] Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung Bergbau und Energie in NRW (Hrsg.), *Gefährdungspotentiale des Untergrundes. Bergbau*, 2024.
- [12] Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW (Hrsg.), „Umweltportal NRW,“ Stand der Berichtserstellung. [Online]. Available: <https://www.umweltportal.nrw.de/karten> (nicht rechtsverbindlich).

- [13] Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW (Hrsg.), „Hochwassergefahrenkarten.NRW,“ Stand der Berichterstellung. [Online]. Available: <https://www.hochwasserkarten.nrw.de> (nicht rechtsverbindlich).
- [14] Bundesamt für Strahlenschutz Deutschland (Hrsg.), „Karte der Radon-Vorsorgegebiete,“ Stand der Berichterstellung. [Online]. Available: <https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/karten/vorsorgegebiete.html> (nicht rechtsverbindlich).
- [15] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 4020:2010-12. Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2. Deutsche Fassung*, 2010.
- [16] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 1997-2:2010-10. Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds (EN 1997-2:2007 + AC:2010). Deutsche Fassung*, 2010.
- [17] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN EN ISO 14688-1:2022-11 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2017). Deutsche Fassung*, 2020.
- [18] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 4023:2023-02. Geotechnische Untersuchungen und Erkundung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen. Deutsche Fassung*, 2023.
- [19] V. Pawlik, „Statista. Durchschnittlicher Niederschlag pro Monat in NRW,“ Stand der Gutachtererstellung. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/576867/umfrage/durchschnittlicher-niederschlag-pro-monat-in-nordrhein-westfalen/> (nicht rechtsverbindlich).
- [20] Ministerium für Information und Technik NRW (Hrsg.), *Grundwassergleichen für mittlere Verhältnisse 2006-2015 (UTM-Projektion). Shape-Datei EPSG25832*, 2023.
- [21] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18533-1:2023-10 Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze. Entwurf. Deutsche Fassung*, 2023.
- [22] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e. V. (BWK) (Hrsg.), *Merkblatt 8: Ermittlung des Bemessungswasserstandes für Bauwerksabdichtungen*, 2009.
- [23] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18130-2:2015-08, Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 2: Feldversuche. Deutsche Fassung*, 2015.
- [24] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft DWA (Hrsg.), *Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb. Arbeitsblatt DWA-A 138-1*, 2024.
- [25] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (Hrsg.), *Anlagen zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung – Planung, Bau und Betrieb von belebten oberirdischen Anlagen. Arbeitsblatt 52*, 2021.

- [26] Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW (Hrsg.), *Runderlass Niederschlagswasserbeseitigung gem. § 51 a des Landeswassergesetzes. IV B 5 - 673/2-29010/IV B 6 - 031 002 0901*, 1998.
- [27] Bundesministerium der Justiz Deutschland (Hrsg.), *Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV)*, Ausfertigungsdatum: 27.04.2009, letzte Änderung: 03.07.2024.
- [28] Bundesministerium der Justiz Deutschland (Hrsg.), *Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodschV)*, Ausfertigungsdatum: 09.07.2021.
- [29] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (Hrsg.), *LAGA-Mitteilungen 20 - Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln*, Ausfertigungsdatum: 06.11.2003 (Teil I), 05.11.2004 (Teil II).
- [30] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18196:2023-02 Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke. Deutsche Fassung*, 2023.
- [31] C. Mallet und J. Paquant, *Erdstaudämme*, Berlin: VEB Verlag Technik, 1954.
- [32] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN EN ISO 14688-2:2022-11 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-2:2017). Deutsche Fassung*, 2022.
- [33] Geologischer Dienst NRW (Hrsg.), „Verdichtungsempfindlichkeit von Böden,“ 2023. [Online]. Available: https://www.gd.nrw.de/wms_html/bk50_wms/pdf/VER.pdf. [Zugriff am 2025].
- [34] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB 17)*, Ausgabe 2017.
- [35] A. Casagrande, *Classification and identification of soils. Trans. ASCE* 113, S. 901-991, 1948.
- [36] A. Atterberg, *Über die physikalische Bodenuntersuchung und über die Plastizität der Tone. Internationale Mitteilung für Bodenkunde* 1: S.10., 1911.
- [37] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN EN ISO 22476-2:2012-03: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen (ISO 22476-2:2005 + Amd 1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 22476-2:2005 + A1:2011*, 2012.
- [38] Forschungsgesellschaft Für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), *Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau. TP BF-StB Teil B 15.1 Leichte Rammsondierung DPL-5 und Mittelschwere Rammsondierung DPM-10*, Ausgabe 2012.
- [39] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18300:2012-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten. Zurückgezogen*, 2012.

- [40] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18320:2019-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Landschaftsbauarbeiten*, 2019.
- [41] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18300:2019-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten*, 2019.
- [42] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18303:2016-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Verbauarbeiten*, 2016.
- [43] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18915:2018-06: Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Bodenarbeiten*, 2018.
- [44] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 4123:2013-04, Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude*, 2013.
- [45] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 4124:2012-01, Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten*, 2012.
- [46] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTV A-StB 12)*, Ausgabe 2012.
- [47] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), *Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TL Gestein-StB 04/23)*, Ausgabe 2004/Fassung 2023.
- [48] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18134:2012-04, Baugrund – Versuche und Versuchsgeräte - Plattendruckversuch*, 2012.
- [49] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.), *DAfStb-Richtlinie. Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)*, Dezember 2017.
- [50] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18195:2017-07: Abdichtung von Bauwerken - Begriffe*, 2017.
- [51] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN EN 1610:2015-12, Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen. Deutsche Fassung EN 1610:2015*, 2015.
- [52] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft DWA (Hrsg.), *Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen. Arbeitsblatt DWA-A 139*, 2019.
- [53] Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V. (Hrsg.), *RAL – Flüssigboden. Gütesicherung RAL – GZ 507*, 2023.
- [54] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), *Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau (TL SoB-StB 20)*, Ausgabe 2020.
- [55] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Verkehrsflächen mit*

Anlagen

→ 28 Anlagenblätter + 10 Zwischenblätter

A N L A G E 1.1

Lageplan (1:1.000)

Lippetal-Hovestadt



Maßstab
1 : 1.000

10 m

Zeichenerklärung:

- BS** Kleinbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
- DPL** Leichte Rammsondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2
- VS** Versickerungsversuch im Gelände
- GWM** Grundwassermessstelle

KLEEGRÄFE

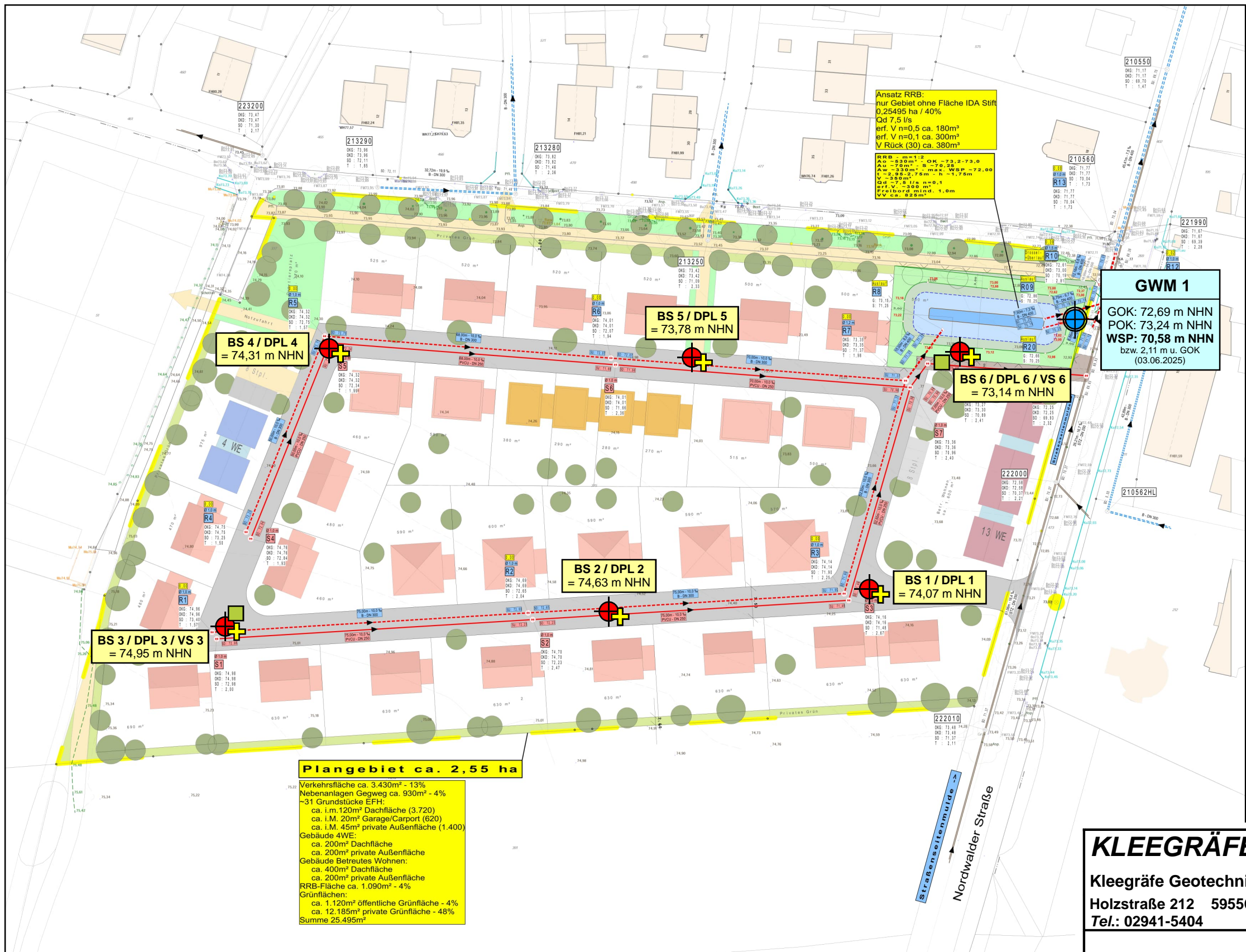
Kleegräfe Geotechnik GmbH

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



Lageplan

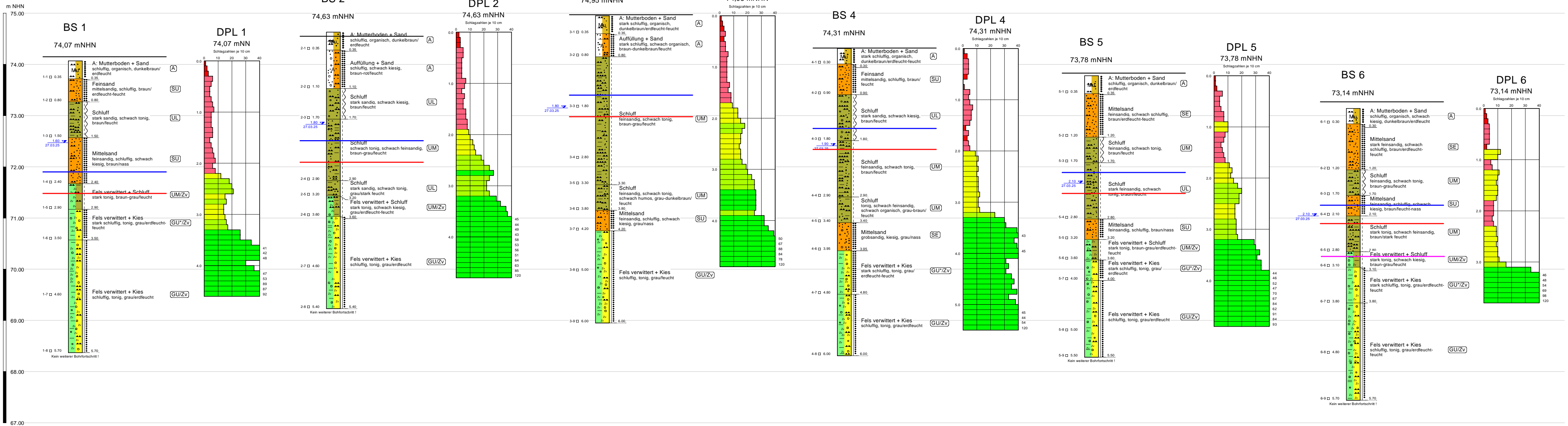
Maßnahme: Erschließung BG „Uhlenkamp“ Ecke Nordwalder Straße / Auf dem Felde 59510 Lippetal-Hovestadt	Bearb.-Nr. 250125 A3
	Anlage: 1.1
- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -	
Auftraggeber: GEMEINDE LIPPETAL Bahnhofstraße 7 59510 Lippetal	Blatt: 1 von 1
	Mai 2025
	Klee/Gebb
	M. 1 : 1.000



Plangrundlage: Konzeptplan zur Entwässerung im Vorentwurf, GNEGEL GmbH (Maßstab 1:500, Stand 10.01.2025)

ANLAGE 2.1

Schichtendarstellung / Rammdiagramme



~ zukünftige GOK

~ Sohle RWK

~ Sohle SWK

~ Sohle RRB

steif

weich - steif

locker bis sehr locker

mitteldicht

dicht

sehr locker

locker

mitteldicht

dicht

sehr dicht

Fels verwittert

Auffüllung

Mutterboden

Kies

Mittelsand

Feinsand

Sand

Schluff

KleeGräfe

KleeGräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212 59556 Lippstadt

Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582

Schichtendarstellung

Maßnahme: Erschließung BG "Uhlenkamp"

Ecke Nordwalder Straße

59510 Lippetal-Hovestadt

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Auftraggeber: Gemeinde Lippetal

Bahnhofstraße 7

59510 Lippetal

Bearb.-Nr.

250125

Anlage 2.1

Geologe:

Hr. Wulf

Datum:

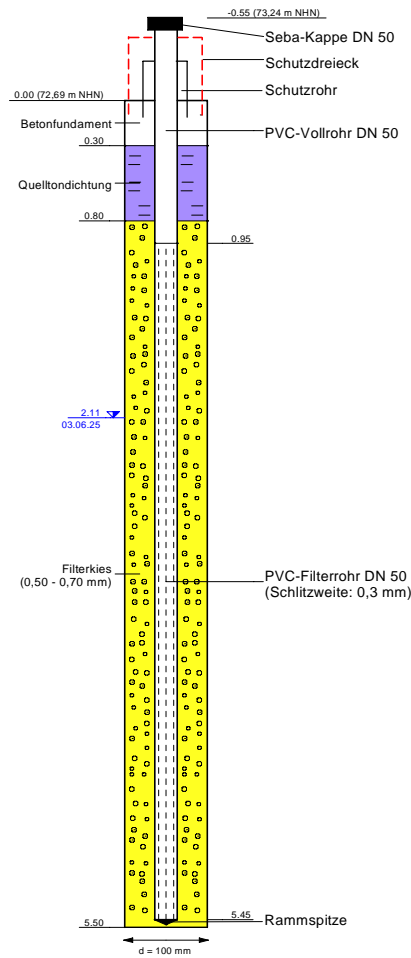
27.03.2025

gez. PG

ANLAGE 2.2

Ausbauprofil GWM 1

GWM 1



Legende

	Ton
	Kies
	Filterrohr

KLEEGRÄFE Kleegräfe Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582		
Schichtendarstellung		
<u>Maßnahme:</u> Erschließung BG "Uhlenkamp"		Bearb.-Nr.
Ecke Nordwalder Straße 59510 Lippetal-Hovestadt		250125
		Anlage 2.2
- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -		Geologe:
<u>Auftraggeber:</u> Gemeinde Lippetal		Hr. Willbrand
Bahnhofstraße 7 59510 Lippetal		Datum:
		03.06.2025

ANLAGE 3.1

Korngrößenanalysen
(Kornsummenkurven)

Körnungslinie

Baugebiet "Uhlenkamp"

in 59510 Lippetal-Hovestadt

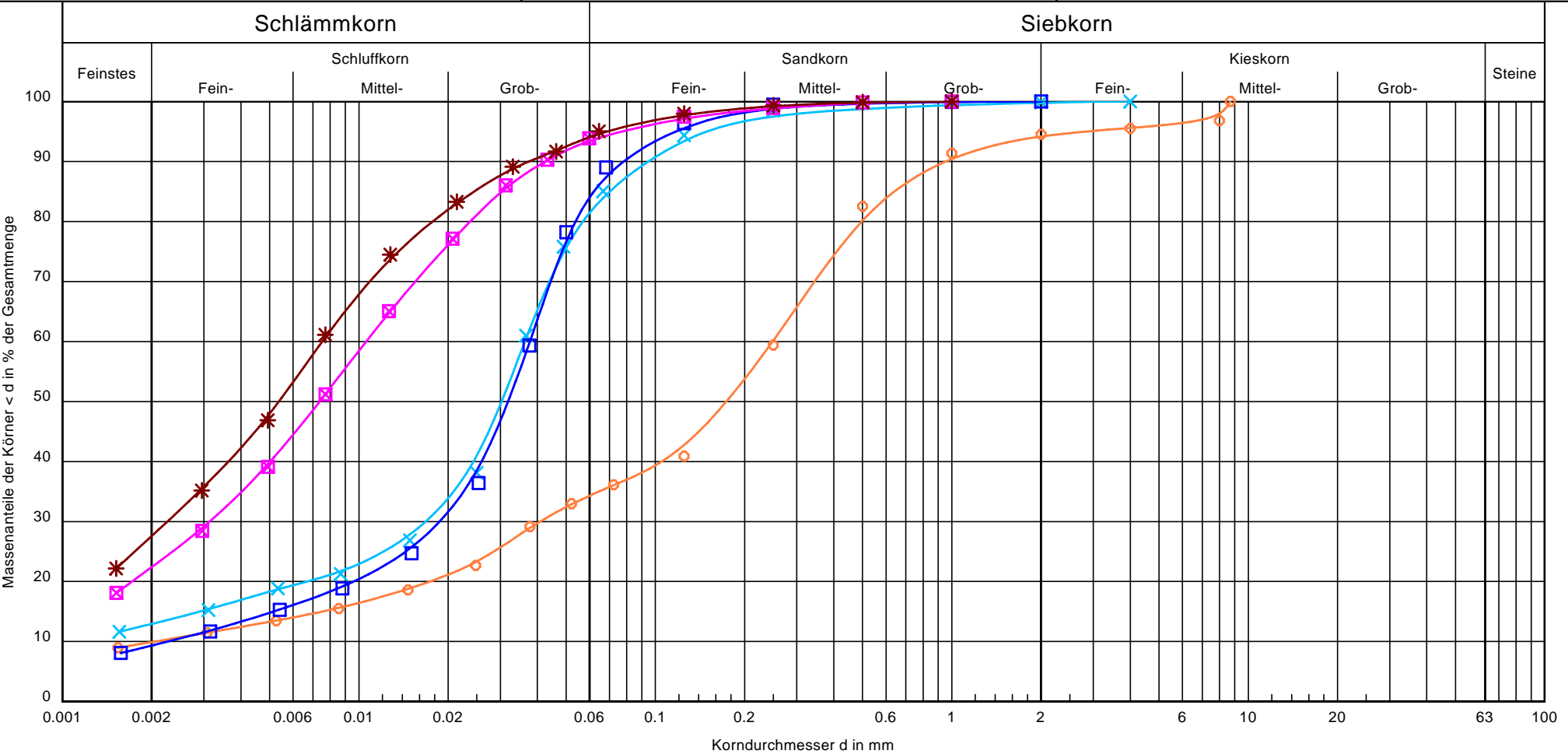
- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Prüfungsnummern: 1/4, 2/4, 4/5, 5/8, 6/6

Proben entnommen am: 27.03.2025

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Schlamm-Analyse



Bezeichnung:	Probe 1/4	Probe 2/4	Probe 4/5	Probe 5/8	Probe 6/6	Bericht: 250125 Anlage: 3.1
Tiefe:	1,50 - 2,40 m	1,70 - 2,90 m	2,90 - 3,40 m	4,00 - 5,00 m	2,80 - 3,10 m	
Bodenart:	S, u, t', g'	U, t', fs'	U, t', fs'	U, t, s'	U, t, s'	
T/U/S/G [%]:	9.9/24.8/59.4/5.8	12.9/69.7/17.1/0.2	9.3/76.1/14.6/-	22.4/71.3/6.3/-	27.6/66.8/5.6/-	
kf-Wert:	~3,2 x 10^-7 m/s (M&P)	~3,6 x 10^-8 m/s (M&P)	~8,2 x 10^-8 m/s (M&P)	~1,5 x 10^-9 m/s (M&P)	<1,0 x 10^-9 m/s (M&P)	

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH					Bericht: 250125																																																																																									
Holzstraße 212 59556 Lippstadt					Anlage: 3.1																																																																																									
<div>Körnungslinie</div> <div>Baugebiet "Uhlenkamp"</div> <div>in 59510 Lippetal-Hovestadt</div> <div>- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -</div>					<div>Prüfungsnummern: 1/4, 2/4, 4/5, 5/8, 6/6</div> <div>Proben entnommen am: 27.03.2025</div> <div>Art der Entnahme: gestörte Proben</div> <div>Arbeitsweise: Sieb-Schlamm-Analyse</div>																																																																																									
Bearbeiter: Frau Gebbeken					Datum: 16.05.2025																																																																																									
<div>Bezeichnung: Probe 1/4</div> <div>Tiefe: 1,50 - 2,40 m</div> <div>Bodenart: S, u, t', g'</div> <div>T/U/S/G [%]: 9.9 / 24.8 / 59.4 / 5.8</div> <div>kf-Wert: ~3,2 x 10^-7 m/s (M&P)</div> <div>d10/d30/d60 [mm]: 0.002 / 0.041 / 0.249</div> <div>Siebanalyse:</div> <div>Trockenmasse [g]: 71.59</div> <div>Schlammanalyse:</div> <div>Trockenmasse [g]: 29.29</div> <div>Korndichte [g/cm³]: 2.650</div> <div>Aräometer:</div> <div>Bezeichnung: Standard Aräometer</div> <div>Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40</div> <div>Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50</div> <div>Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00</div> <div>Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20</div> <div>Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70</div> <div>d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0</div> <div>d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm</div>					<div>Siebanalyse</div> <table><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Rückstand [g]</th><th>Rückstand [%]</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr><tr><td>8.7</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>8.0</td><td>2.28</td><td>3.18</td><td>96.82</td></tr><tr><td>4.0</td><td>0.92</td><td>1.29</td><td>95.53</td></tr><tr><td>2.0</td><td>0.73</td><td>1.02</td><td>94.51</td></tr><tr><td>1.0</td><td>2.26</td><td>3.16</td><td>91.35</td></tr><tr><td>0.5</td><td>6.32</td><td>8.83</td><td>82.53</td></tr><tr><td>0.25</td><td>16.56</td><td>23.13</td><td>59.39</td></tr><tr><td>0.125</td><td>13.23</td><td>18.48</td><td>40.91</td></tr><tr><td>Schale</td><td>29.29</td><td>40.91</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>71.59</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siebverlust</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr></table>				Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]	8.7	0.00	0.00	100.00	8.0	2.28	3.18	96.82	4.0	0.92	1.29	95.53	2.0	0.73	1.02	94.51	1.0	2.26	3.16	91.35	0.5	6.32	8.83	82.53	0.25	16.56	23.13	59.39	0.125	13.23	18.48	40.91	Schale	29.29	40.91	-	Summe	71.59			Siebverlust	0.00																																								
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																											
8.7	0.00	0.00	100.00																																																																																											
8.0	2.28	3.18	96.82																																																																																											
4.0	0.92	1.29	95.53																																																																																											
2.0	0.73	1.02	94.51																																																																																											
1.0	2.26	3.16	91.35																																																																																											
0.5	6.32	8.83	82.53																																																																																											
0.25	16.56	23.13	59.39																																																																																											
0.125	13.23	18.48	40.91																																																																																											
Schale	29.29	40.91	-																																																																																											
Summe	71.59																																																																																													
Siebverlust	0.00																																																																																													
<div>Schlammanalyse</div> <table><tr><th>Zeit [h]</th><th>Zeit [min]</th><th>R'_h [-]</th><th>R'_h + R₀ R₀=C_m+R'₀ [-]</th><th>Korngröße [mm]</th><th>T [°C]</th><th>H_r [mm]</th><th>η [-]</th><th>Durchgang [%]</th></tr><tr><td>0</td><td>0.5</td><td>14.90</td><td>16.10</td><td>0.0724</td><td>19.3</td><td>138.09</td><td>1.02280</td><td>36.12</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>13.50</td><td>14.70</td><td>0.0522</td><td>19.3</td><td>143.69</td><td>1.02280</td><td>32.98</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>11.80</td><td>13.00</td><td>0.0378</td><td>19.3</td><td>150.49</td><td>1.02280</td><td>29.16</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>8.90</td><td>10.10</td><td>0.0248</td><td>19.3</td><td>162.09</td><td>1.02280</td><td>22.66</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>7.10</td><td>8.30</td><td>0.0146</td><td>19.3</td><td>169.29</td><td>1.02280</td><td>18.62</td></tr><tr><td>0</td><td>45</td><td>5.70</td><td>6.90</td><td>0.0086</td><td>19.6</td><td>174.89</td><td>1.01529</td><td>15.48</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>4.80</td><td>6.00</td><td>0.0053</td><td>20.0</td><td>178.49</td><td>1.00541</td><td>13.46</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>3.90</td><td>5.10</td><td>0.0031</td><td>20.1</td><td>182.09</td><td>1.00297</td><td>11.44</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>2.80</td><td>4.00</td><td>0.0015</td><td>20.8</td><td>186.49</td><td>0.98610</td><td>8.97</td></tr></table>					Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]	0	0.5	14.90	16.10	0.0724	19.3	138.09	1.02280	36.12	0	1	13.50	14.70	0.0522	19.3	143.69	1.02280	32.98	0	2	11.80	13.00	0.0378	19.3	150.49	1.02280	29.16	0	5	8.90	10.10	0.0248	19.3	162.09	1.02280	22.66	0	15	7.10	8.30	0.0146	19.3	169.29	1.02280	18.62	0	45	5.70	6.90	0.0086	19.6	174.89	1.01529	15.48	2	0	4.80	6.00	0.0053	20.0	178.49	1.00541	13.46	6	0	3.90	5.10	0.0031	20.1	182.09	1.00297	11.44	24	0	2.80	4.00	0.0015	20.8	186.49	0.98610	8.97
Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]																																																																																						
0	0.5	14.90	16.10	0.0724	19.3	138.09	1.02280	36.12																																																																																						
0	1	13.50	14.70	0.0522	19.3	143.69	1.02280	32.98																																																																																						
0	2	11.80	13.00	0.0378	19.3	150.49	1.02280	29.16																																																																																						
0	5	8.90	10.10	0.0248	19.3	162.09	1.02280	22.66																																																																																						
0	15	7.10	8.30	0.0146	19.3	169.29	1.02280	18.62																																																																																						
0	45	5.70	6.90	0.0086	19.6	174.89	1.01529	15.48																																																																																						
2	0	4.80	6.00	0.0053	20.0	178.49	1.00541	13.46																																																																																						
6	0	3.90	5.10	0.0031	20.1	182.09	1.00297	11.44																																																																																						
24	0	2.80	4.00	0.0015	20.8	186.49	0.98610	8.97																																																																																						

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH				Bericht: 250125																																																																																									
Holzstraße 212 59556 Lippstadt				Anlage: 3.1																																																																																									
<div>Körnungslinie</div> <div>Baugebiet "Uhlenkamp"</div> <div>in 59510 Lippetal-Hovestadt</div> <div>- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -</div>				<div>Prüfungsnummern: 1/4, 2/4, 4/5, 5/8, 6/6</div> <div>Proben entnommen am: 27.03.2025</div> <div>Art der Entnahme: gestörte Proben</div> <div>Arbeitsweise: Sieb-Schlamm-Analyse</div>																																																																																									
Bearbeiter: Frau Gebbeken				Datum: 16.05.2025																																																																																									
<div>Bezeichnung: Probe 2/4</div> <div>Tiefe: 1,70 - 2,90 m</div> <div>Bodenart: U, t', fs'</div> <div>T/U/S/G [%]: 12.9 / 69.7 / 17.1 / 0.2</div> <div>kf-Wert: ~3,6 x 10^-8 m/s (M&P)</div> <div>d10/d30/d60 [mm]: - / 0.017 / 0.036</div> <div>Siebanalyse:</div> <div>Trockenmasse [g]: 40.04</div> <div>Schlammanalyse:</div> <div>Trockenmasse [g]: 37.78</div> <div>Korndichte [g/cm³]: 2.650</div> <div>Aräometer:</div> <div>Bezeichnung: Standard Aräometer</div> <div>Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40</div> <div>Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50</div> <div>Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00</div> <div>Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20</div> <div>Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70</div> <div>d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0</div> <div>d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm</div>				<div>Siebanalyse</div> <table><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Rückstand [g]</th><th>Rückstand [%]</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr><tr><td>4.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>2.0</td><td>0.06</td><td>0.15</td><td>99.85</td></tr><tr><td>0.25</td><td>0.54</td><td>1.35</td><td>98.50</td></tr><tr><td>0.125</td><td>1.66</td><td>4.15</td><td>94.36</td></tr><tr><td>Schale</td><td>37.78</td><td>94.36</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>40.04</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siebverlust</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr></table>				Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]	4.0	0.00	0.00	100.00	2.0	0.06	0.15	99.85	0.25	0.54	1.35	98.50	0.125	1.66	4.15	94.36	Schale	37.78	94.36	-	Summe	40.04			Siebverlust	0.00																																																								
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																										
4.0	0.00	0.00	100.00																																																																																										
2.0	0.06	0.15	99.85																																																																																										
0.25	0.54	1.35	98.50																																																																																										
0.125	1.66	4.15	94.36																																																																																										
Schale	37.78	94.36	-																																																																																										
Summe	40.04																																																																																												
Siebverlust	0.00																																																																																												
<div>Schlammanalyse</div> <table><tr><th>Zeit [h]</th><th>Zeit [min]</th><th>R'_h [-]</th><th>R'_h + R₀ R₀=C_m+R'₀ [-]</th><th>Korngröße [mm]</th><th>T [°C]</th><th>H_r [mm]</th><th>η [-]</th><th>Durchgang [%]</th></tr><tr><td>0</td><td>0.5</td><td>20.00</td><td>21.20</td><td>0.0667</td><td>19.4</td><td>117.69</td><td>1.02029</td><td>85.04</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>17.70</td><td>18.90</td><td>0.0490</td><td>19.4</td><td>126.89</td><td>1.02029</td><td>75.81</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>14.00</td><td>15.20</td><td>0.0366</td><td>19.4</td><td>141.69</td><td>1.02029</td><td>60.97</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>8.30</td><td>9.50</td><td>0.0249</td><td>19.4</td><td>164.49</td><td>1.02029</td><td>38.11</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>5.50</td><td>6.70</td><td>0.0149</td><td>19.5</td><td>175.69</td><td>1.01778</td><td>26.87</td></tr><tr><td>0</td><td>45</td><td>4.10</td><td>5.30</td><td>0.0087</td><td>19.8</td><td>181.29</td><td>1.01033</td><td>21.26</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>3.50</td><td>4.70</td><td>0.0053</td><td>20.1</td><td>183.69</td><td>1.00297</td><td>18.85</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>2.60</td><td>3.80</td><td>0.0031</td><td>20.1</td><td>187.29</td><td>1.00297</td><td>15.24</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>1.70</td><td>2.90</td><td>0.0016</td><td>20.8</td><td>190.89</td><td>0.98610</td><td>11.63</td></tr></table>				Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]	0	0.5	20.00	21.20	0.0667	19.4	117.69	1.02029	85.04	0	1	17.70	18.90	0.0490	19.4	126.89	1.02029	75.81	0	2	14.00	15.20	0.0366	19.4	141.69	1.02029	60.97	0	5	8.30	9.50	0.0249	19.4	164.49	1.02029	38.11	0	15	5.50	6.70	0.0149	19.5	175.69	1.01778	26.87	0	45	4.10	5.30	0.0087	19.8	181.29	1.01033	21.26	2	0	3.50	4.70	0.0053	20.1	183.69	1.00297	18.85	6	0	2.60	3.80	0.0031	20.1	187.29	1.00297	15.24	24	0	1.70	2.90	0.0016	20.8	190.89	0.98610	11.63
Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]																																																																																					
0	0.5	20.00	21.20	0.0667	19.4	117.69	1.02029	85.04																																																																																					
0	1	17.70	18.90	0.0490	19.4	126.89	1.02029	75.81																																																																																					
0	2	14.00	15.20	0.0366	19.4	141.69	1.02029	60.97																																																																																					
0	5	8.30	9.50	0.0249	19.4	164.49	1.02029	38.11																																																																																					
0	15	5.50	6.70	0.0149	19.5	175.69	1.01778	26.87																																																																																					
0	45	4.10	5.30	0.0087	19.8	181.29	1.01033	21.26																																																																																					
2	0	3.50	4.70	0.0053	20.1	183.69	1.00297	18.85																																																																																					
6	0	2.60	3.80	0.0031	20.1	187.29	1.00297	15.24																																																																																					
24	0	1.70	2.90	0.0016	20.8	190.89	0.98610	11.63																																																																																					

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH				Bericht: 250125																																																																																									
Holzstraße 212 59556 Lippstadt				Anlage: 3.1																																																																																									
<div>Körnungslinie</div> <div>Baugebiet "Uhlenkamp"</div> <div>in 59510 Lippetal-Hovestadt</div> <div>- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -</div>				<div>Prüfungsnummern: 1/4, 2/4, 4/5, 5/8, 6/6</div> <div>Proben entnommen am: 27.03.2025</div> <div>Art der Entnahme: gestörte Proben</div> <div>Arbeitsweise: Sieb-Schlamm-Analyse</div>																																																																																									
Bearbeiter: Frau Gebbeken				Datum: 16.05.2025																																																																																									
<div>Bezeichnung: Probe 4/5</div> <div>Tiefe: 2,90 - 3,40 m</div> <div>Bodenart: U, t', fs'</div> <div>T/U/S/G [%]: 9.3 / 76.1 / 14.6 / -</div> <div>kf-Wert: ~8,2 x 10^-8 m/s (M&P)</div> <div>d10/d30/d60 [mm]: 0.002 / 0.019 / 0.038</div> <div>Siebanalyse:</div> <div>Trockenmasse [g]: 35.73</div> <div>Schlammanalyse:</div> <div>Trockenmasse [g]: 34.43</div> <div>Korndichte [g/cm³]: 2.650</div> <div>Aräometer:</div> <div>Bezeichnung: Standard Aräometer</div> <div>Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40</div> <div>Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50</div> <div>Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00</div> <div>Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20</div> <div>Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70</div> <div>d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0</div> <div>d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm</div>				<div>Siebanalyse</div> <table><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Rückstand [g]</th><th>Rückstand [%]</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr><tr><td>2.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>1.0</td><td>0.03</td><td>0.08</td><td>99.92</td></tr><tr><td>0.25</td><td>0.17</td><td>0.48</td><td>99.44</td></tr><tr><td>0.125</td><td>1.10</td><td>3.08</td><td>96.36</td></tr><tr><td>Schale</td><td>34.43</td><td>96.36</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>35.73</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siebverlust</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr></table>				Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]	2.0	0.00	0.00	100.00	1.0	0.03	0.08	99.92	0.25	0.17	0.48	99.44	0.125	1.10	3.08	96.36	Schale	34.43	96.36	-	Summe	35.73			Siebverlust	0.00																																																								
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																										
2.0	0.00	0.00	100.00																																																																																										
1.0	0.03	0.08	99.92																																																																																										
0.25	0.17	0.48	99.44																																																																																										
0.125	1.10	3.08	96.36																																																																																										
Schale	34.43	96.36	-																																																																																										
Summe	35.73																																																																																												
Siebverlust	0.00																																																																																												
<div>Schlammanalyse</div> <table><tr><th>Zeit [h]</th><th>Zeit [min]</th><th>R'_h [-]</th><th>R'_h + R₀ R₀=C_m+R'₀ [-]</th><th>Korngröße [mm]</th><th>T [°C]</th><th>H_r [mm]</th><th>η [-]</th><th>Durchgang [%]</th></tr><tr><td>0</td><td>0.5</td><td>18.60</td><td>19.80</td><td>0.0682</td><td>19.5</td><td>123.29</td><td>1.01778</td><td>89.00</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>16.20</td><td>17.40</td><td>0.0501</td><td>19.5</td><td>132.89</td><td>1.01778</td><td>78.21</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>12.00</td><td>13.20</td><td>0.0376</td><td>19.5</td><td>149.69</td><td>1.01778</td><td>59.33</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>6.90</td><td>8.10</td><td>0.0253</td><td>19.5</td><td>170.09</td><td>1.01778</td><td>36.41</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>4.30</td><td>5.50</td><td>0.0151</td><td>19.5</td><td>180.49</td><td>1.01778</td><td>24.72</td></tr><tr><td>0</td><td>45</td><td>3.00</td><td>4.20</td><td>0.0088</td><td>19.7</td><td>185.69</td><td>1.01281</td><td>18.88</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>2.20</td><td>3.40</td><td>0.0054</td><td>20.1</td><td>188.89</td><td>1.00297</td><td>15.28</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>1.40</td><td>2.60</td><td>0.0031</td><td>20.1</td><td>192.09</td><td>1.00297</td><td>11.69</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>0.60</td><td>1.80</td><td>0.0016</td><td>20.8</td><td>195.29</td><td>0.98610</td><td>8.09</td></tr></table>				Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]	0	0.5	18.60	19.80	0.0682	19.5	123.29	1.01778	89.00	0	1	16.20	17.40	0.0501	19.5	132.89	1.01778	78.21	0	2	12.00	13.20	0.0376	19.5	149.69	1.01778	59.33	0	5	6.90	8.10	0.0253	19.5	170.09	1.01778	36.41	0	15	4.30	5.50	0.0151	19.5	180.49	1.01778	24.72	0	45	3.00	4.20	0.0088	19.7	185.69	1.01281	18.88	2	0	2.20	3.40	0.0054	20.1	188.89	1.00297	15.28	6	0	1.40	2.60	0.0031	20.1	192.09	1.00297	11.69	24	0	0.60	1.80	0.0016	20.8	195.29	0.98610	8.09
Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]																																																																																					
0	0.5	18.60	19.80	0.0682	19.5	123.29	1.01778	89.00																																																																																					
0	1	16.20	17.40	0.0501	19.5	132.89	1.01778	78.21																																																																																					
0	2	12.00	13.20	0.0376	19.5	149.69	1.01778	59.33																																																																																					
0	5	6.90	8.10	0.0253	19.5	170.09	1.01778	36.41																																																																																					
0	15	4.30	5.50	0.0151	19.5	180.49	1.01778	24.72																																																																																					
0	45	3.00	4.20	0.0088	19.7	185.69	1.01281	18.88																																																																																					
2	0	2.20	3.40	0.0054	20.1	188.89	1.00297	15.28																																																																																					
6	0	1.40	2.60	0.0031	20.1	192.09	1.00297	11.69																																																																																					
24	0	0.60	1.80	0.0016	20.8	195.29	0.98610	8.09																																																																																					

<div>KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH</div> <div>Holzstraße 212 59556 Lippstadt</div>					<div>Bericht: 250125</div> <div>Anlage: 3.1</div>																																																																																									
<div>Körnungslinie</div> <div>Baugebiet "Uhlenkamp"</div> <div>in 59510 Lippetal-Hovestadt</div> <div>- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -</div>					<div>Prüfungsnummern: 1/4, 2/4, 4/5, 5/8, 6/6</div> <div>Proben entnommen am: 27.03.2025</div> <div>Art der Entnahme: gestörte Proben</div> <div>Arbeitsweise: Sieb-Schlamm-Analyse</div>																																																																																									
Bearbeiter: Frau Gebbeken					Datum: 16.05.2025																																																																																									
<div>Bezeichnung: Probe 5/8</div> <div>Tiefe: 4,00 - 5,00 m</div> <div>Bodenart: U, t, s'</div> <div>T/U/S/G [%]: 22.4 / 71.3 / 6.3 / -</div> <div>kf-Wert: ~1,5 x 10⁻⁹ m/s (M&P)</div> <div>d10/d30/d60 [mm]: - / 0.003 / 0.011</div> <div>Siebanalyse:</div> <div>Trockenmasse [g]: 45.18</div> <div>Schlammanalyse:</div> <div>Trockenmasse [g]: 44.03</div> <div>Korndichte [g/cm³]: 2.650</div> <div>Aräometer:</div> <div>Bezeichnung: Standard Aräometer</div> <div>Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40</div> <div>Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50</div> <div>Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00</div> <div>Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20</div> <div>Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70</div> <div>d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0</div> <div>d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm</div>					<div>Siebanalyse</div> <table><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Rückstand [g]</th><th>Rückstand [%]</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr><tr><td>1.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.07</td><td>0.15</td><td>99.85</td></tr><tr><td>0.25</td><td>0.42</td><td>0.93</td><td>98.92</td></tr><tr><td>0.125</td><td>0.66</td><td>1.46</td><td>97.45</td></tr><tr><td>Schale</td><td>44.03</td><td>97.45</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>45.18</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siebverlust</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr></table>				Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]	1.0	0.00	0.00	100.00	0.5	0.07	0.15	99.85	0.25	0.42	0.93	98.92	0.125	0.66	1.46	97.45	Schale	44.03	97.45	-	Summe	45.18			Siebverlust	0.00																																																								
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																											
1.0	0.00	0.00	100.00																																																																																											
0.5	0.07	0.15	99.85																																																																																											
0.25	0.42	0.93	98.92																																																																																											
0.125	0.66	1.46	97.45																																																																																											
Schale	44.03	97.45	-																																																																																											
Summe	45.18																																																																																													
Siebverlust	0.00																																																																																													
<div>Schlammanalyse</div> <table><tr><th>Zeit [h]</th><th>Zeit [min]</th><th>R'_h [-]</th><th>R'_h + R₀ R₀=C_m+R'₀ [-]</th><th>Korngröße [mm]</th><th>T [°C]</th><th>H_r [mm]</th><th>η [-]</th><th>Durchgang [%]</th></tr><tr><td>0</td><td>0.5</td><td>25.20</td><td>26.40</td><td>0.0599</td><td>20.3</td><td>96.89</td><td>0.99810</td><td>93.85</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>24.20</td><td>25.40</td><td>0.0432</td><td>20.3</td><td>100.89</td><td>0.99810</td><td>90.29</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>23.00</td><td>24.20</td><td>0.0313</td><td>20.3</td><td>105.69</td><td>0.99810</td><td>86.03</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>20.50</td><td>21.70</td><td>0.0207</td><td>20.3</td><td>115.69</td><td>0.99810</td><td>77.14</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>17.10</td><td>18.30</td><td>0.0126</td><td>20.2</td><td>129.29</td><td>1.00053</td><td>65.05</td></tr><tr><td>0</td><td>45</td><td>13.20</td><td>14.40</td><td>0.0077</td><td>20.3</td><td>144.89</td><td>0.99810</td><td>51.19</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>9.80</td><td>11.00</td><td>0.0049</td><td>20.4</td><td>158.49</td><td>0.99568</td><td>39.10</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>6.80</td><td>8.00</td><td>0.0030</td><td>20.2</td><td>170.49</td><td>1.00053</td><td>28.44</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>3.90</td><td>5.10</td><td>0.0015</td><td>20.8</td><td>182.09</td><td>0.98610</td><td>18.13</td></tr></table>					Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]	0	0.5	25.20	26.40	0.0599	20.3	96.89	0.99810	93.85	0	1	24.20	25.40	0.0432	20.3	100.89	0.99810	90.29	0	2	23.00	24.20	0.0313	20.3	105.69	0.99810	86.03	0	5	20.50	21.70	0.0207	20.3	115.69	0.99810	77.14	0	15	17.10	18.30	0.0126	20.2	129.29	1.00053	65.05	0	45	13.20	14.40	0.0077	20.3	144.89	0.99810	51.19	2	0	9.80	11.00	0.0049	20.4	158.49	0.99568	39.10	6	0	6.80	8.00	0.0030	20.2	170.49	1.00053	28.44	24	0	3.90	5.10	0.0015	20.8	182.09	0.98610	18.13
Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]																																																																																						
0	0.5	25.20	26.40	0.0599	20.3	96.89	0.99810	93.85																																																																																						
0	1	24.20	25.40	0.0432	20.3	100.89	0.99810	90.29																																																																																						
0	2	23.00	24.20	0.0313	20.3	105.69	0.99810	86.03																																																																																						
0	5	20.50	21.70	0.0207	20.3	115.69	0.99810	77.14																																																																																						
0	15	17.10	18.30	0.0126	20.2	129.29	1.00053	65.05																																																																																						
0	45	13.20	14.40	0.0077	20.3	144.89	0.99810	51.19																																																																																						
2	0	9.80	11.00	0.0049	20.4	158.49	0.99568	39.10																																																																																						
6	0	6.80	8.00	0.0030	20.2	170.49	1.00053	28.44																																																																																						
24	0	3.90	5.10	0.0015	20.8	182.09	0.98610	18.13																																																																																						

<div>KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH</div> <div>Holzstraße 212 59556 Lippstadt</div>					<div>Bericht: 250125</div> <div>Anlage: 3.1</div>																																																																																													
<div>Körnungslinie</div> <div>Baugebiet "Uhlenkamp"</div> <div>in 59510 Lippetal-Hovestadt</div> <div>- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -</div>					<div>Prüfungsnummern: 1/4, 2/4, 4/5, 5/8, 6/6</div> <div>Proben entnommen am: 27.03.2025</div> <div>Art der Entnahme: gestörte Proben</div> <div>Arbeitsweise: Sieb-Schlamm-Analyse</div>																																																																																													
Bearbeiter: Frau Gebbeken					Datum: 16.05.2025																																																																																													
<div>Bezeichnung: Probe 6/6</div> <div>Tiefe: 2,80 - 3,10 m</div> <div>Bodenart: U, t, s'</div> <div>T/U/S/G [%]: 27.6 / 66.8 / 5.6 / -</div> <div>kf-Wert: <1,0 x 10^-9 m/s (M&P)</div> <div>d10/d30/d60 [mm]: - / 0.002 / 0.008</div> <div>Siebanalyse:</div> <div>Trockenmasse [g]: 38.38</div> <div>Schlammanalyse:</div> <div>Trockenmasse [g]: 37.60</div> <div>Korndichte [g/cm³]: 2.650</div> <div>Aräometer:</div> <div>Bezeichnung: Standard Aräometer</div> <div>Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40</div> <div>Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50</div> <div>Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00</div> <div>Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20</div> <div>Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70</div> <div>d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0</div> <div>d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm</div>					<div>Siebanalyse</div> <table><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Rückstand [g]</th><th>Rückstand [%]</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr><tr><td>1.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.05</td><td>0.13</td><td>99.87</td></tr><tr><td>0.25</td><td>0.21</td><td>0.55</td><td>99.32</td></tr><tr><td>0.125</td><td>0.52</td><td>1.35</td><td>97.97</td></tr><tr><td>Schale</td><td>37.60</td><td>97.97</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>38.38</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siebverlust</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr></table>				Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]	1.0	0.00	0.00	100.00	0.5	0.05	0.13	99.87	0.25	0.21	0.55	99.32	0.125	0.52	1.35	97.97	Schale	37.60	97.97	-	Summe	38.38			Siebverlust	0.00																																																												
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																															
1.0	0.00	0.00	100.00																																																																																															
0.5	0.05	0.13	99.87																																																																																															
0.25	0.21	0.55	99.32																																																																																															
0.125	0.52	1.35	97.97																																																																																															
Schale	37.60	97.97	-																																																																																															
Summe	38.38																																																																																																	
Siebverlust	0.00																																																																																																	
<div>Schlammanalyse</div> <table><tr><th>Zeit [h]</th><th>Zeit [min]</th><th>R'_h [-]</th><th>R'_h + R₀ R₀=C_m+R'₀ [-]</th><th>Korngröße [mm]</th><th>T [°C]</th><th>H_r [mm]</th><th>η [-]</th><th>Durchgang [%]</th></tr><tr><td>0</td><td>0.5</td><td>21.50</td><td>22.70</td><td>0.0644</td><td>20.1</td><td>111.69</td><td>1.00297</td><td>94.99</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>20.70</td><td>21.90</td><td>0.0462</td><td>20.1</td><td>114.89</td><td>1.00297</td><td>91.64</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>20.10</td><td>21.30</td><td>0.0330</td><td>20.1</td><td>117.29</td><td>1.00297</td><td>89.13</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>18.70</td><td>19.90</td><td>0.0214</td><td>20.1</td><td>122.89</td><td>1.00297</td><td>83.27</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>16.60</td><td>17.80</td><td>0.0128</td><td>20.1</td><td>131.29</td><td>1.00297</td><td>74.49</td></tr><tr><td>0</td><td>45</td><td>13.40</td><td>14.60</td><td>0.0077</td><td>20.2</td><td>144.09</td><td>1.00053</td><td>61.10</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>10.00</td><td>11.20</td><td>0.0049</td><td>20.4</td><td>157.69</td><td>0.99568</td><td>46.87</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>7.20</td><td>8.40</td><td>0.0030</td><td>20.1</td><td>168.89</td><td>1.00297</td><td>35.15</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>4.10</td><td>5.30</td><td>0.0015</td><td>20.8</td><td>181.29</td><td>0.98610</td><td>22.18</td></tr></table>									Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]	0	0.5	21.50	22.70	0.0644	20.1	111.69	1.00297	94.99	0	1	20.70	21.90	0.0462	20.1	114.89	1.00297	91.64	0	2	20.10	21.30	0.0330	20.1	117.29	1.00297	89.13	0	5	18.70	19.90	0.0214	20.1	122.89	1.00297	83.27	0	15	16.60	17.80	0.0128	20.1	131.29	1.00297	74.49	0	45	13.40	14.60	0.0077	20.2	144.09	1.00053	61.10	2	0	10.00	11.20	0.0049	20.4	157.69	0.99568	46.87	6	0	7.20	8.40	0.0030	20.1	168.89	1.00297	35.15	24	0	4.10	5.30	0.0015	20.8	181.29	0.98610	22.18
Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]																																																																																										
0	0.5	21.50	22.70	0.0644	20.1	111.69	1.00297	94.99																																																																																										
0	1	20.70	21.90	0.0462	20.1	114.89	1.00297	91.64																																																																																										
0	2	20.10	21.30	0.0330	20.1	117.29	1.00297	89.13																																																																																										
0	5	18.70	19.90	0.0214	20.1	122.89	1.00297	83.27																																																																																										
0	15	16.60	17.80	0.0128	20.1	131.29	1.00297	74.49																																																																																										
0	45	13.40	14.60	0.0077	20.2	144.09	1.00053	61.10																																																																																										
2	0	10.00	11.20	0.0049	20.4	157.69	0.99568	46.87																																																																																										
6	0	7.20	8.40	0.0030	20.1	168.89	1.00297	35.15																																																																																										
24	0	4.10	5.30	0.0015	20.8	181.29	0.98610	22.18																																																																																										

ANLAGE 4.1

Wassergehaltsbestimmungen

Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212
59556 Lippstadt

Bericht: 250125

Anlage: 4.1

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Baugebiet "Uhlenkamp"
in 59510 Lippetal-Hovestadt
- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 19.05.2025

Prüfungsnummern: 1/4, 2/4, 4/5, 5/8, 6/6

Entnahmestellen: diverse

Tiefe: 1,50 - 5,00 m (min.-max.)

Art der Entnahme: gestörte Proben

Proben entnommen am: 27.03.2025

Probenbezeichnung:	Probe 1/4	Probe 2/4	Probe 4/5
Feuchte Probe + Behälter [g]:	289.22	251.13	259.33
Trockene Probe + Behälter [g]:	273.12	243.40	247.48
Behälter [g]:	185.70	209.74	203.08
Porenwasser [g]:	16.10	7.73	11.85
Trockene Probe [g]:	87.42	33.66	44.40
Wassergehalt [%]	18.42	22.96	26.69

Probenbezeichnung:	Probe 5/8	Probe 6/6	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	294.21	258.70	
Trockene Probe + Behälter [g]:	286.87	249.49	
Behälter [g]:	223.54	198.36	
Porenwasser [g]:	7.34	9.21	
Trockene Probe [g]:	63.33	51.13	
Wassergehalt [%]	11.59	18.01	

ANLAGE 5.1-5.2

Zustandsgrenzenbestimmungen

Zustandsgrenzen

Baugebiet "Uhlenkamp"

in 59510 Lippetal-Hovestadt

- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 16.05.2025

Prüfungsnummer: 2/4

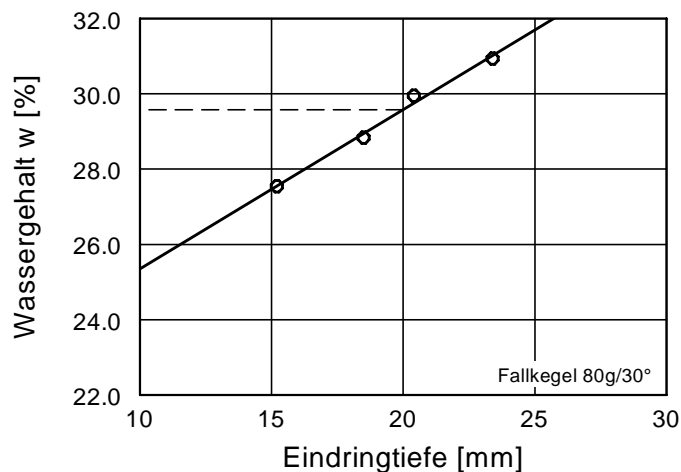
Entnahmestelle: BS 2

Tiefe: 1,70 - 2,90 m

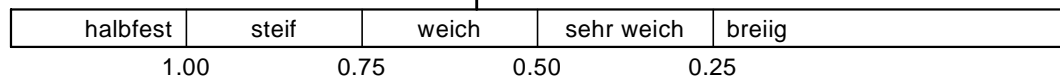
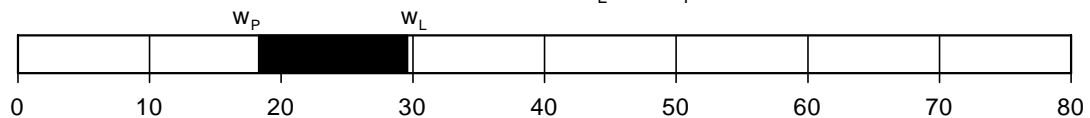
Art der Entnahme: gestörte Probe

Bodenart: bindiger Boden

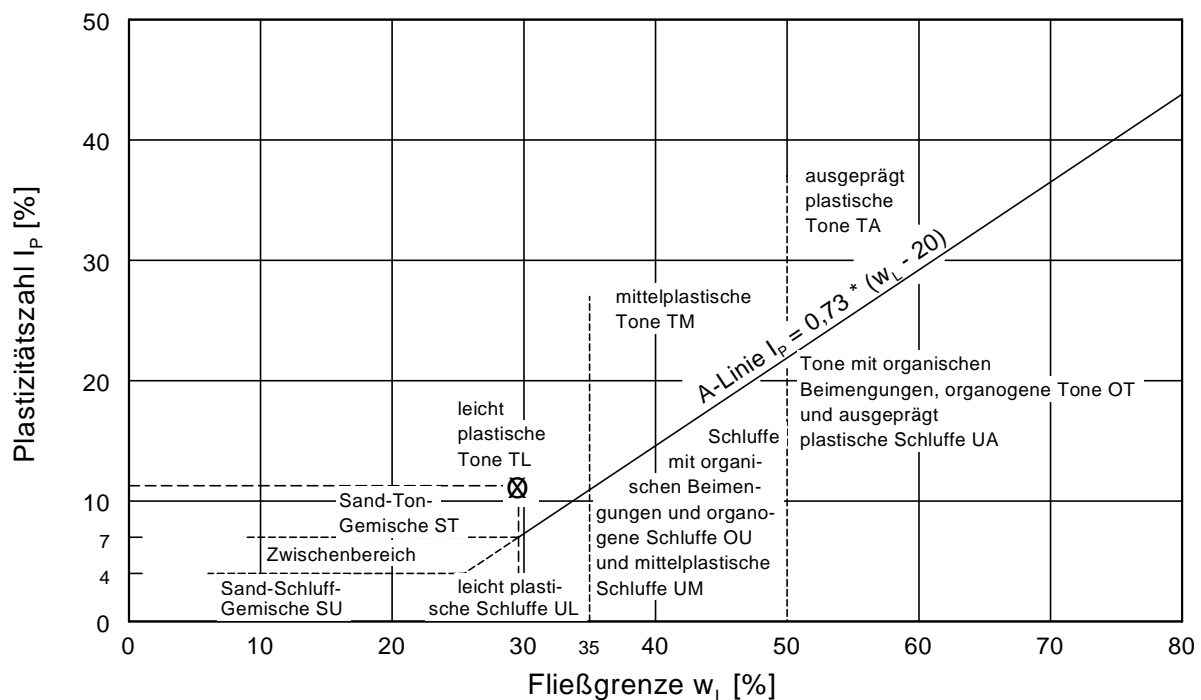
Probe entnommen am: 27.03.2025

Wassergehalt $w =$ 23.0 %Fließgrenze $w_L =$ 29.6 %Ausrollgrenze $w_P =$ 18.3 %Plastizitätszahl $I_P =$ 11.3 %Konsistenzzahl $I_C =$ 0.59

Zustandsform

 $I_C = 0.59$ Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]

Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen

Baugebiet "Uhlenkamp"

in 59510 Lippetal-Hovestadt

- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 16.05.2025

Prüfungsnummer: 4/5

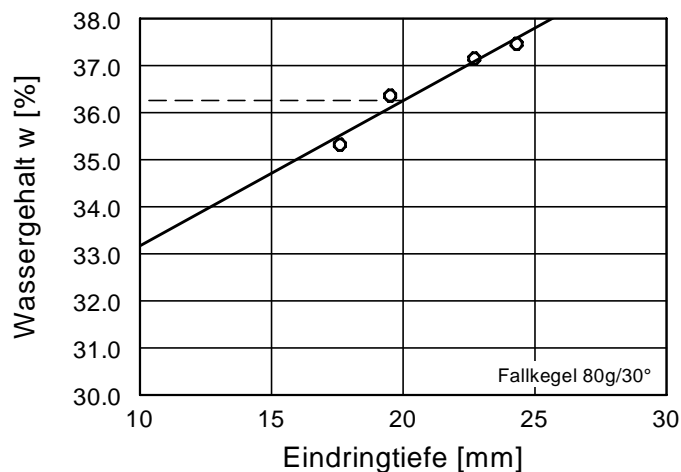
Entnahmestelle: BS 4

Tiefe: 2,90 - 3,40 m

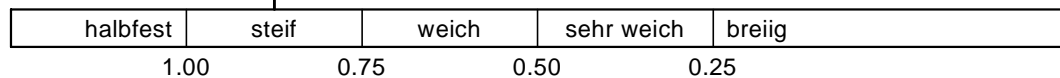
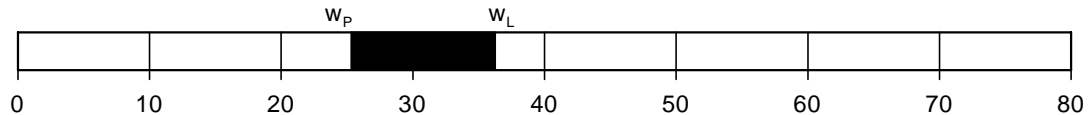
Art der Entnahme: gestörte Probe

Bodenart: bindiger Boden

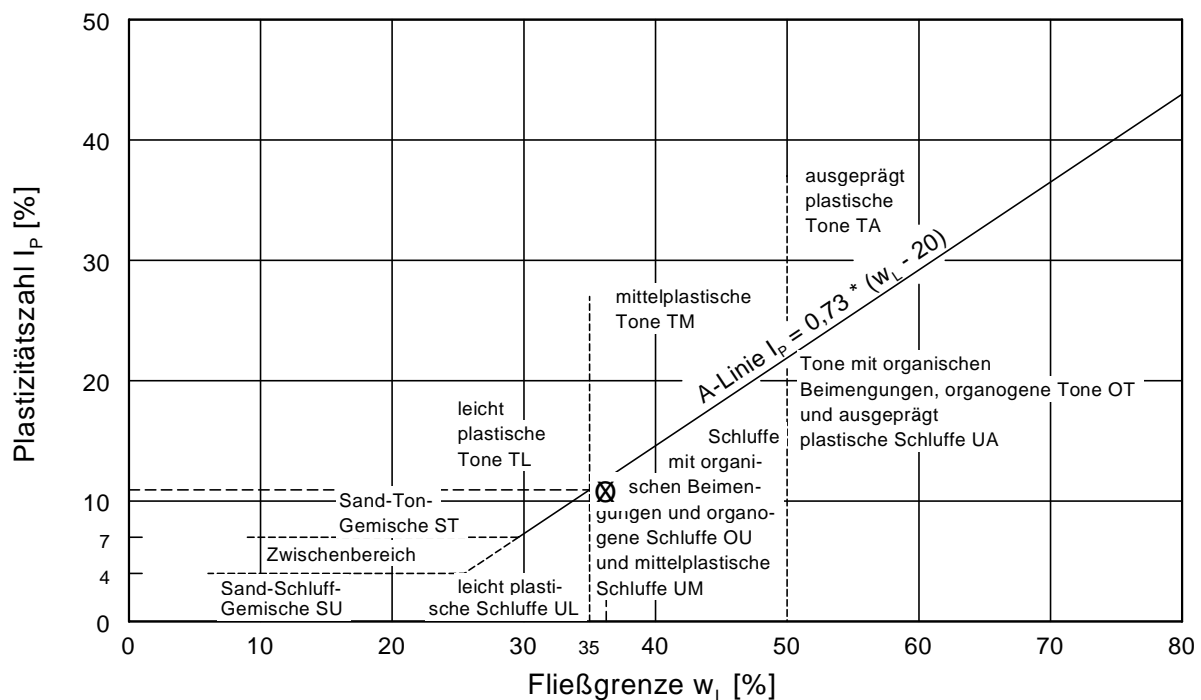
Probe entnommen am: 27.03.2025

Wassergehalt $w =$ 26.7 %Fließgrenze $w_L =$ 36.3 %Ausrollgrenze $w_p =$ 25.3 %Plastizitätszahl $I_p =$ 11.0 %Konsistenzzahl $I_c =$ 0.87 $I_c = 0.87$

Zustandsform

Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]

Plastizitätsdiagramm



ANLAGE 6.1

Glühverlustbestimmungen

Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212
59556 Lippstadt

Bericht: 250125

Anlage: 6.1

Glühverlust nach DIN EN 17685-1

Baugebiet "Uhlenkamp"
in 59510 Lippetal-Hovestadt
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 16.05.2025

Prüfungsnummern: 3/6, 4/5

Entnahmestellen: BS 3, BS 4

Art der Entnahme: gestörte Proben

Proben entnommen am: 27.03.2025

Probenbezeichnung	Probe 3/6	Probe 3/6	Probe 3/6
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	38.99	39.45	41.83
Geglühte Probe + Behälter [g]	38.63	39.07	41.39
Behälter [g]	23.17	23.90	23.86
Massenverlust [g]	0.36	0.38	0.44
Trockenmasse vor Glühen [g]	15.82	15.55	17.97
Glühverlust [%]	2.28	2.44	2.45
Mittelwert [%]	2.39		

Probenbezeichnung	Probe 4/5	Probe 4/5	Probe 4/5
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	37.51	41.76	38.81
Geglühte Probe + Behälter [g]	37.29	41.54	38.55
Behälter [g]	22.89	28.00	23.69
Massenverlust [g]	0.22	0.22	0.26
Trockenmasse vor Glühen [g]	14.62	13.76	15.12
Glühverlust [%]	1.50	1.60	1.72
Mittelwert [%]	1.61		

ANLAGE 7.1

Versickerungsversuche im Gelände

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

Maßnahme: Baugebiet "Uhlenkamp"
 Ort: 59510 Lippetal-Hovestadt
 Datum: 27.03.2025

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	r mm	h m	Zeit min	Wasser- menge l	Q m³/s	k_f m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Versickerungsmedium und Gültigkeitsbereich)
BS 3	1	30	0,90	8,72	3,00	5,73E-06	3,86E-05	Grundwasser bei 1,80 u. GOK Fluviatillehm; 0,80 - 1,70 m u. GOK
	2	30	0,90	8,45	3,00	5,92E-06	3,98E-05	
BS 6	1	30	0,80	8,77	0,50	9,50E-07	7,20E-06	Grundwasser bei 2,10 u. GOK Fluviatilsand/-lehm; 0,50 - 1,30 m u. GOK
	2	30	0,80	16,02	0,50	5,20E-07	3,94E-06	

Erläuterung

r - Brunnenradius, mm

h - Wasserstandshöhe über der Grundwasseroberfläche, m

Q - Wasserzugabe in m³/s (Wasserspiegelkonstanthaltung)

 k_f - Durchlässigkeitsbeiwert, m/sDurchlässigkeitsbewertung nach DIN 18130

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

ANLAGE 8.1

Chemische Analysenergebnisse
(Aushubmaterial)

Prüfbericht-Nr: **B258636**

Auftraggeber Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
59556 Lippstadt

Ansprechpartner Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe
Telefon 02941 / 5404
E-Mail info@kleeegraefe.com

Eingangsdatum 03.04.2025

Probennehmer / -eingang unbekannt
Prüfort Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 03.04.2025 - 11.04.2025

Probe-Nr. P202514680
Probenbezeichnung MP BS 1-3

Herkunftsort Lippetal-Hovestadt, BG Uhlenkamp
Entnahmeort Lippetal-Hovestadt, BG Uhlenkamp
Untersuchungsauftrag EBV

Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

BBodSchV §2 Nr. 8: 2021-05	DIN 19529: 2015-12	DIN 19539: 2016-12
DIN 19747: 2009-07	DIN 38407-37: 2013-11	DIN 38407-39: 2011-09
DIN 38414-17: 2017-01	DIN 66165-2: 2016-08	DIN EN 14039: 2005-01
DIN EN 14346: 2007-03	DIN EN 16170: 2017-01	DIN EN 17322: 2021-03
DIN EN 27888: 1993-11	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	DIN EN ISO 10523: 2012-04
DIN EN ISO 12846: 2012-08	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	DIN EN ISO 54321 Verf. A2: 2021-04
DIN ISO 11465: 1996-12	DIN ISO 18287: 2006-05	

Anlagen

keine

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich nur auf die angelieferten bzw. auf die von der Horn & Co. Analytics GmbH entnommenen Proben. Fehlerhaft zur Verfügung gestellte Proben können die Prüfergebnisse beeinträchtigen. Die zu den angegebenen Messwerten zugehörigen Messunsicherheiten können unter folgendem Link eingesehen werden: <https://www.industrial-lab.de/messunsicherheiten>
Die von Ihnen ausgewählte Entscheidungsregel wurde im Rahmen der Konformitätsbewertung berücksichtigt. Die auswählbaren Entscheidungsregeln finden sie hier: <https://www.industrial-lab.de/de/downloads.php>
Der Prüfbericht darf nur mit Zustimmung der Horn & Co. Analytics GmbH auszugsweise vervielfältigt werden.

Horn & Co. Analytics GmbH

Labor Wenden

Otto-Hahn-Straße 2, 57482 Wenden-Hünsborn · Deutschland
Telefon: +49 (0) 27 62 / 97 40-0 · Fax: +49 (0) 27 62 / 97 40-11

Labor Siegen · Obere Kaiserstraße, 57078 Siegen · Deutschland

Labor Wetzlar · Buderusstraße 25, 35576 Wetzlar · Deutschland

Labor Witten · Austraße 4, 58452 Witten · Deutschland

Web: www.horn-co.de · E-Mail: anfrage-analytics@horn-co.de

Sitz der Gesellschaft: Herrenfeldstraße 12 · 57076 Siegen-Weidenau · Deutschland
USt-IdNr.: DE 161 589 656 · Amtsgericht Siegen · HRB 7085

Geschäftsführer: Dr. Lars Füchtjohann, Argjend Kameraj

Volksbank in Südwestfalen eG

Sparkasse Siegen

Postbank

IBAN: DE46 4476 1534 0804 4067 01 · BIC: GENODEM1NRD

IBAN: DE60 4605 0001 0000 0502 37 · BIC: WELADED1SIE

IBAN: DE53 3701 0050 0990 7625 00 · BIC: PBNKDEFFXXX

Prüfbericht-Nr: **B258636**

Probe-Nr. P202514680

Probenbezeichnung MP BS 1-3

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden			7*	Wen
Mineral. Fremdbest.	<10	Vol-%	BBodSchV §2 Nr. 8	4*	Wen
Trockenrückstand (105°C)	86,9	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Feuchte (105°C)	13,1	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Trockenrückstand (bis 40°C)	84,0	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
Feuchte (40°C)	16,0	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
> 2,00 mm	33,5	%	DIN 66165-2	1*	Wen
< 2,00 mm	66,5	%	DIN 66165-2	1*	Wen
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja		DIN 19747	1*	Wen
TOC-400 (TS)	0,11	%	DIN 19539	1*	Wen
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<50	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen
PCB-118 (TS)_EBV	<0,001	mg/kg	DIN EN 17322	1*	Wen
Summe 6 PCB (TS)_EBV	<0,01	mg/kg	DIN EN 17322	1*	Wen
Summe 7 PCB (TS)_EBV	<0,01	mg/kg	DIN EN 17322	1*	Wen
Königswasseraufschluss	ja		DIN EN ISO 54321 Verf. A2	1*	Wen
Arsen (TS)_EBV	5,62	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Blei (TS)_EBV	<10	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Cadmium (TS)_EBV	0,15	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Chrom (TS)_EBV	11,6	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Kupfer (TS)_EBV	<10	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Nickel (TS)_EBV	12,1	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen
Thallium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Zink (TS)_EBV	25,0	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja		DIN 19529	1*	Wen
pH-Wert (Eluat)	8,32		DIN EN ISO 10523	1*	Wen
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	229	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen
Sulfat-IC (Eluat)	27,5	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen
Arsen (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Blei (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Cadmium (Eluat) ICP-MS	<0,3	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Chrom (Eluat) ICP-MS	<5	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Kupfer (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Nickel (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Thallium (Eluat) ICP-MS	<0,2	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Zink (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen

Prüfbericht-Nr: **B258636**

Probe-Nr. P202514680

Probenbezeichnung MP BS 1-3

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	DIN EN ISO 12846	1*	Wen
Summe 15 PAK (ohne Naphthalin)(Eluat)	<0,1	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
1-Methylnaphthalin (Eluat)	<0,01	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
2-Methylnaphthalin (Eluat)	<0,01	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
Naphthalin (Eluat)	0,0193	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
Summe Naphthaline (Eluat)	0,0336	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
PCB-118 (Eluat)_EBV	<0,001	µg/L	DIN 38407-37	1*	Wen
Summe 6 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L	DIN 38407-37	1*	Wen
Summe 7 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L	DIN 38407-37	1*	Wen

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

Herkunft der Angaben: 6*: Auftraggeber; 7* Horn & Co. Analytics GmbH

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

Bemerkung GW

Grenzwerteinstufung

		Einstufung
BM-0 Lehm	EBV - BM-0 Lehm/Schluff - nach Ersatzbaustoffverordnung EBV	eingehalten
BM-0* <0,5% TOC	EBV - BM-0* <0,5% TOC - nach Ersatzbaustoffverordnung EBV	eingehalten
BM-F0*	EBV - BM-F0* - nach Ersatzbaustoffverordnung EBV	eingehalten
BM-F1	EBV - BM-F1 - nach Ersatzbaustoffverordnung EBV	eingehalten

Endeinstufung EBV - BM-0 Lehm/Schluff eingehalten

Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	BM-0 Lehm	BM-0* <0,5% TOC	BM-F0*	BM-F1
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden					
Mineral. Fremdbest.	<10	Vol-%	10	10	50	50
Trockenrückstand (105°C)	86,9	%				
Feuchte (105°C)	13,1	%				
Trockenrückstand (bis 40°C)	84,0	%				
Feuchte (40°C)	16,0	%				
> 2,00 mm	33,5	%				
< 2,00 mm	66,5	%				
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja					
TOC-400 (TS)	0,11	%	1	0,5	5	5
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	1	3	3
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<50	mg/kg		300	300	300
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg		600	600	600
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	0,3			
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	3	6	6	6

Prüfbericht-Nr: **B258636**

Probe-Nr. P202514680

Probenbezeichnung MP BS 1-3

Parameter	Meßwert	Einheit	BM-0 Lehm	BM-0* <0,5% TOC	BM-F0*	BM-F1
PCB-118 (TS)_EBV	<0,001	mg/kg				
Summe 6 PCB (TS)_EBV	<0,01	mg/kg				
Summe 7 PCB (TS)_EBV	<0,01	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,15
Königswasseraufschluss	ja					
Arsen (TS)_EBV	5,62	mg/kg	20	20	40	40
Blei (TS)_EBV	<10	mg/kg	70	140	140	140
Cadmium (TS)_EBV	0,15	mg/kg	1	1	2	2
Chrom (TS)_EBV	11,6	mg/kg	60	120	120	120
Kupfer (TS)_EBV	<10	mg/kg	40	80	80	80
Nickel (TS)_EBV	12,1	mg/kg	50	100	100	100
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6
Thallium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	1	1	2	2
Zink (TS)_EBV	25,0	mg/kg	150	300	300	300
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja					
pH-Wert (Eluat)	8,32				6,5-9,5	6,5-9,5
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	229	µS/cm		350	350	500
Sulfat-IC (Eluat)	27,5	mg/L	250	250	250	450
Arsen (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		8	12	20
Blei (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		23	35	90
Cadmium (Eluat) ICP-MS	<0,3	µg/L		2	3	3
Chrom (Eluat) ICP-MS	<5	µg/L		10	15	150
Kupfer (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L		20	30	110
Nickel (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		20	30	30
Thallium (Eluat) ICP-MS	<0,2	µg/L		0,2		
Zink (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L		100	150	160
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L		0,0001		
Summe 15 PAK (ohne Naphthalin)(Eluat)	<0,1	µg/L		0,2	0,3	1,5
1-Methylnaphthalin (Eluat)	<0,01	µg/L				
2-Methylnaphthalin (Eluat)	<0,01	µg/L				
Naphthalin (Eluat)	0,0193	µg/L				
Summe Naphthaline (Eluat)	0,0336	µg/L		2		
PCB-118 (Eluat)_EBV	<0,001	µg/L				
Summe 6 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L				
Summe 7 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L		0,01		

Horn & Co. Analytics GmbH, Wenden 11.04.2025

i.A. Dorothea Egbun
Projektmanagement

Prüfbericht-Nr: **B258636**

Probe-Nr. P202514680

Probenbezeichnung MP BS 1-3

Bemerkung MU Die zuvor vereinbarte Entscheidungsregel bei der Konformitätsaussage sieht die Betrachtung der Messunsicherheit mit dem Vertrauensniveau von 50 % vor.

Prüfbericht-Nr: **B258637**

Auftraggeber Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
59556 Lippstadt

Ansprechpartner Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe
Telefon 02941 / 5404
E-Mail info@kleeegraefe.com

Eingangsdatum 03.04.2025

Probennehmer / -eingang unbekannt
Prüfort Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 03.04.2025 - 11.04.2025

Probe-Nr. P202514681
Probenbezeichnung MP BS 4-6

Herkunftsort Lippetal-Hovestadt, BG Uhlenkamp
Entnahmeort Lippetal-Hovestadt, BG Uhlenkamp
Untersuchungsauftrag EBV

Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

BBodSchV §2 Nr. 8: 2021-05	DIN 19529: 2015-12	DIN 19539: 2016-12
DIN 19747: 2009-07	DIN 38407-37: 2013-11	DIN 38407-39: 2011-09
DIN 38414-17: 2017-01	DIN 66165-2: 2016-08	DIN EN 14039: 2005-01
DIN EN 14346: 2007-03	DIN EN 16170: 2017-01	DIN EN 17322: 2021-03
DIN EN 27888: 1993-11	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	DIN EN ISO 10523: 2012-04
DIN EN ISO 12846: 2012-08	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01	DIN EN ISO 54321 Verf. A2: 2021-04
DIN ISO 11465: 1996-12	DIN ISO 18287: 2006-05	

Anlagen

keine

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich nur auf die angelieferten bzw. auf die von der Horn & Co. Analytics GmbH entnommenen Proben. Fehlerhaft zur Verfügung gestellte Proben können die Prüfergebnisse beeinträchtigen. Die zu den angegebenen Messwerten zugehörigen Messunsicherheiten können unter folgendem Link eingesehen werden: <https://www.industrial-lab.de/messunsicherheiten>
Die von Ihnen ausgewählte Entscheidungsregel wurde im Rahmen der Konformitätsbewertung berücksichtigt. Die auswählbaren Entscheidungsregeln finden sie hier: <https://www.industrial-lab.de/de/downloads.php>
Der Prüfbericht darf nur mit Zustimmung der Horn & Co. Analytics GmbH auszugsweise vervielfältigt werden.

Horn & Co. Analytics GmbH

Labor Wenden

Otto-Hahn-Straße 2, 57482 Wenden-Hünsborn · Deutschland
Telefon: +49 (0) 27 62 / 97 40-0 · Fax: +49 (0) 27 62 / 97 40-11

Labor Siegen · Obere Kaiserstraße, 57078 Siegen · Deutschland

Labor Wetzlar · Buderusstraße 25, 35576 Wetzlar · Deutschland

Labor Witten · Austraße 4, 58452 Witten · Deutschland

Web: www.horn-co.de · E-Mail: anfrage-analytics@horn-co.de

Sitz der Gesellschaft: Herrenfeldstraße 12 · 57076 Siegen-Weidenau · Deutschland
USt-IdNr.: DE 161 589 656 · Amtsgericht Siegen · HRB 7085

Geschäftsführer: Dr. Lars Füchtjohann, Argjend Kameraj

Volksbank in Südwestfalen eG

Sparkasse Siegen

Postbank

IBAN: DE46 4476 1534 0804 4067 01 · BIC: GENODEM1NRD

IBAN: DE60 4605 0001 0000 0502 37 · BIC: WELADED1SIE

IBAN: DE53 3701 0050 0990 7625 00 · BIC: PBNKDEFFXXX

Prüfbericht-Nr: **B258637**

Probe-Nr. P202514681

Probenbezeichnung MP BS 4-6

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden			7*	Wen
Mineral. Fremdbest.	<10	Vol-%	BBodSchV §2 Nr. 8	4*	Wen
Trockenrückstand (105°C)	84,6	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Feuchte (105°C)	15,4	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Trockenrückstand (bis 40°C)	86,3	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
Feuchte (40°C)	13,7	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
> 2,00 mm	25,5	%	DIN 66165-2	1*	Wen
< 2,00 mm	74,5	%	DIN 66165-2	1*	Wen
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja		DIN 19747	1*	Wen
TOC-400 (TS)	0,12	%	DIN 19539	1*	Wen
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<50	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen
PCB-118 (TS)_EBV	<0,001	mg/kg	DIN EN 17322	1*	Wen
Summe 6 PCB (TS)_EBV	<0,01	mg/kg	DIN EN 17322	1*	Wen
Summe 7 PCB (TS)_EBV	<0,01	mg/kg	DIN EN 17322	1*	Wen
Königswasseraufschluss	ja		DIN EN ISO 54321 Verf. A2	1*	Wen
Arsen (TS)_EBV	5,03	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Blei (TS)_EBV	<10	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Cadmium (TS)_EBV	0,14	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Chrom (TS)_EBV	10,5	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Kupfer (TS)_EBV	<10	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Nickel (TS)_EBV	13,7	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen
Thallium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Zink (TS)_EBV	29,2	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja		DIN 19529	1*	Wen
pH-Wert (Eluat)	9,89		DIN EN ISO 10523	1*	Wen
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	86	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen
Sulfat-IC (Eluat)	5,87	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen
Arsen (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Blei (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Cadmium (Eluat) ICP-MS	<0,3	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Chrom (Eluat) ICP-MS	<5	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Kupfer (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Nickel (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Thallium (Eluat) ICP-MS	<0,2	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Zink (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen

Prüfbericht-Nr: **B258637**

Probe-Nr. P202514681

Probenbezeichnung MP BS 4-6

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	DIN EN ISO 12846	1*	Wen
Summe 15 PAK (ohne Naphthalin)(Eluat)	<0,1	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
1-Methylnaphthalin (Eluat)	<0,01	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
2-Methylnaphthalin (Eluat)	<0,01	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
Naphthalin (Eluat)	0,0170	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
Summe Naphthaline (Eluat)	0,0321	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
PCB-118 (Eluat)_EBV	<0,001	µg/L	DIN 38407-37	1*	Wen
Summe 6 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L	DIN 38407-37	1*	Wen
Summe 7 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L	DIN 38407-37	1*	Wen

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

Herkunft der Angaben: 6*: Auftraggeber; 7* Horn & Co. Analytics GmbH

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

Bemerkung GW

Grenzwerteinstufung

BM-0 Lehm EBV - BM-0 Lehm/Schluff - nach Ersatzbaustoffverordnung EBV

BM-0* <0,5% TOC EBV - BM-0* <0,5% TOC - nach Ersatzbaustoffverordnung EBV

BM-F0* EBV - BM-F0* - nach Ersatzbaustoffverordnung EBV

BM-F1 EBV - BM-F1 - nach Ersatzbaustoffverordnung EBV

Endeinstufung EBV - BM-0 Lehm/Schluff eingehalten

Einstufung

eingehalten

eingehalten

eingehalten, s. Bemerkung

eingehalten, s. Bemerkung

Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	BM-0 Lehm	BM-0* <0,5% TOC	BM-F0*	BM-F1
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden					
Mineral. Fremdbest.	<10	Vol-%	10	10	50	50
Trockenrückstand (105°C)	84,6	%				
Feuchte (105°C)	15,4	%				
Trockenrückstand (bis 40°C)	86,3	%				
Feuchte (40°C)	13,7	%				
> 2,00 mm	25,5	%				
< 2,00 mm	74,5	%				
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja					
TOC-400 (TS)	0,12	%	1	0,5	5	5
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	1	3	3
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<50	mg/kg		300	300	300
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg		600	600	600
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	0,3			
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	3	6	6	6

Prüfbericht-Nr: **B258637**

Probe-Nr. P202514681

Probenbezeichnung MP BS 4-6

Parameter	Meßwert	Einheit	BM-0 Lehm	BM-0* <0,5% TOC	BM-F0*	BM-F1
PCB-118 (TS)_EBV	<0,001	mg/kg				
Summe 6 PCB (TS)_EBV	<0,01	mg/kg				
Summe 7 PCB (TS)_EBV	<0,01	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,15
Königswasseraufschluss	ja					
Arsen (TS)_EBV	5,03	mg/kg	20	20	40	40
Blei (TS)_EBV	<10	mg/kg	70	140	140	140
Cadmium (TS)_EBV	0,14	mg/kg	1	1	2	2
Chrom (TS)_EBV	10,5	mg/kg	60	120	120	120
Kupfer (TS)_EBV	<10	mg/kg	40	80	80	80
Nickel (TS)_EBV	13,7	mg/kg	50	100	100	100
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,3	0,6	0,6	0,6
Thallium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	1	1	2	2
Zink (TS)_EBV	29,2	mg/kg	150	300	300	300
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja					
pH-Wert (Eluat)	9,89				6,5-9,5	6,5-9,5
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	86	µS/cm		350	350	500
Sulfat-IC (Eluat)	5,87	mg/L	250	250	250	450
Arsen (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		8	12	20
Blei (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		23	35	90
Cadmium (Eluat) ICP-MS	<0,3	µg/L		2	3	3
Chrom (Eluat) ICP-MS	<5	µg/L		10	15	150
Kupfer (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L		20	30	110
Nickel (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		20	30	30
Thallium (Eluat) ICP-MS	<0,2	µg/L		0,2		
Zink (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L		100	150	160
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L		0,0001		
Summe 15 PAK (ohne Naphthalin)(Eluat)	<0,1	µg/L		0,2	0,3	1,5
1-Methylnaphthalin (Eluat)	<0,01	µg/L				
2-Methylnaphthalin (Eluat)	<0,01	µg/L				
Naphthalin (Eluat)	0,0170	µg/L				
Summe Naphthaline (Eluat)	0,0321	µg/L		2		
PCB-118 (Eluat)_EBV	<0,001	µg/L				
Summe 6 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L				
Summe 7 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L		0,01		

Horn & Co. Analytics GmbH, Wenden 11.04.2025

i.A. Dorothea Egbun
Projektmanagement

Prüfbericht-Nr: **B258637**

Probe-Nr. P202514681

Probenbezeichnung MP BS 4-6

Bemerkung MU Die zuvor vereinbarte Entscheidungsregel bei der Konformitätsaussage sieht die Betrachtung der Messunsicherheit mit dem Vertrauensniveau von 50 % vor.

ANLAGE 9.1

Fotodokumentation

Fotodokumentation

Seite 1 von 4

Anlage 9.1

Situation am 27.03.2025

BS 1



Foto 1: Blickrichtung ~ W; Bereich der Bohrung BS 1 (Markierung)

Situation am 27.03.2025

BS 2



Foto 2: Blickrichtung ~ O; Bereich der Bohrung BS 2 (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 2 von 4

Anlage 9.1

Situation am 27.03.2025



Foto 3: Blickrichtung ~ O; Bereich der Bohrung BS 3 (Markierung)

Situation am 27.03.2025



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

Fotodokumentation

Seite 3 von 4

Anlage 9.1

Situation am 27.03.2025

BS 5



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

Situation am 27.03.2025

BS 6



Foto 6: Blickrichtung ~ W; Bereich der Bohrung BS 6 (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 4 von 4

Anlage 9.1

Situation am 03.06.2025



Foto 7: Blickrichtung ~ SO; Bereich der GWM 1 (Markierung)

Situation am 03.06.2025



Foto 8: Blickrichtung ~ O; Bereich der GWM 1 (Markierung)