

GEOTECHNISCHER BERICHT

Projekt: Machbarkeitsuntersuchung
Wohnbaugebiet 'Elwieden' in Werl-Westönnen



- orientierende Baugrunderkundung / orientierende Gründungsberatung -

Auftraggeber: STADT WERL
Hedwig-Dransfeld-Straße 23, 59457 Werl

Auftragnehmer: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Projekt-Nr.: 24 04 44

Lippstadt, den 23. Oktober 2024

Geschäftsführer

Udo Kleegräfe
Dipl.-Ing. (FH) Jochen Kleegräfe
Amtsgericht Paderborn, HRB B5917
Steuer-Nr. 330/5724/0904, Steuer-ID DE199 77 58 55

Bankverbindung

Volksbank Beckum-Lippstadt
BIC: GENODEM1LPS
IBAN: DE94 4166 0124 0763 6562 00
BLZ 416 601 24, Kto.-Nr. 763 656 200

Sparkasse Hellweg-Lippe
BIC: WELADED1SOS
IBAN: DE79 4145 0075 0430 0282 90
BLZ 414 500 75, Kto.-Nr. 430 028 290

- INHALTSVERZEICHNIS -

1.0 AUFGABENSTELLUNG / TÄTIGKEITEN	3
2.0 UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG / SCHICHTAUFBAU	7
3.0 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE.....	10
4.0 VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES	14
4.1 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (LABORVERSUCHE)	14
4.2 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (GELÄNDEVERSUCHE)	15
4.3 BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS	16
5.0 CHEMISCHE UNTERSUCHUNG (AUSHUBMATERIAL)	18
5.1 BEWERTUNG DER OBERBODEN-MISCHPROBE	22
5.2 BEWERTUNG DER AUFFÜLLUNGS- UND GEOGEN-MISCHPROBEN.....	23
5.3 FAZIT / EMPFEHLUNGEN AUSHUBMATERIAL	23
6.0 BAUGRUNDBEWERTUNG	25
6.1 BAUGRUNDBEURTEILENDE LABORVERSUCHE	25
6.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5)	30
6.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	31
6.4 EINTEILUNG DER BÖDEN IN HOMOGENBEREICHE	32
6.5 HOMOGENBEREICHE GEM. VOB TEIL C	35
7.0 INGENIEURGEOLOGISCHE HINWEISE ZUR BAUDURCHFÜHRUNG	37
7.1 WOHNGEBÄUDEBAU	38
7.2 KANALBAU	50
7.3 HINWEISGEBUNGEN ZUR RRB-ERRICHTUNG	60
7.4 STRAßENBAU.....	64
8.0 ANLAGEN.....	70

1.0 Aufgabenstellung / Tätigkeiten

Die STADT WERL plant die Erschließung eines etwa 3 ha großen Wohnbaugebietes an der Straße ´Elwieden´ in 59457 Werl-Westönnen. Im Zuge der Erschließung werden neben Straßen- und Wohngebäudebaumaßnahmen auch Kanalbau- und Regenrückhaltemaßnahmen erfolgen, welche in diesem ´Geotechnischen Bericht´ orientierend begutachtet werden.

Aufgabe war die Durchführung einer orientierenden ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und Baugrundbeurteilung. Hierauf basierend erfolgen orientierende ingenieurgeologische Hinweisgebungen hinsichtlich einer zukünftigen Bebauung.

Ergänzend wird das potenzielle Boden-Aushubmaterial hinsichtlich seiner Wiedereinbaueignung/-zulässigkeit chemisch untersucht und klassifiziert.

Außerdem erfolgt eine Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes.

Die STADT WERL (Hedwig-Dransfeld-Straße 23, 59457 Werl) beauftragte das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH (Holzstraße 212, 59556 Lippstadt) auf Basis eines Angebotes vom 30.04.2024 mit den Untersuchungen sowie der Anfertigung des ´Geotechnischen Berichts´.

Auftraggeber: STADT WERL
Hedwig-Dransfeld-Straße 23, 59457 Werl

Auftragnehmer: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Für die Geländearbeiten sowie die Berichtserstellung steht ein vom AG übermittelter Entwurfsplan (Variante 2) im Maßstab 1:1.000 vom 06.09.2023 zur Verfügung. Des Weiteren lag ein Übersichtsplan zum Bebauungsplanverfahren im Maßstab 1:4.000 vom Oktober 2023 vor.

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 Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Untersuchungsumfang

Gelände (09.09. bis 11.09.2024)	- Rammkernsondierungen (Ø 60 - 50 mm)	15 Stück
	- Leichte Rammsondierungen (DPL-5)	15 Stück
	- Versickerungsversuche im Gelände	6 Stück
	- Ausbau von Grundwassermessstellen	2 Stück
	- Einmessung in Lage und Höhe	15 Stück
Bodenmechanisches Labor	- Korngrößenanalysen (DIN EN ISO 17892-4)	14 Stück
	- Wassergehaltsbestimmungen (DIN EN ISO 17892-1)	14 Stück
	- Konsistenzgrenzenbestimmungen (DIN EN ISO 17892-12)	4 Stück
	- Glühverlustbestimmungen (DIN EN 17685-1)	2 Stück
Chemische Untersuchungen	- Parameterumfang nach EBV (Bodenmaterial)	3 Stück
	- Parameterumfang BBodSchV Vorsorgewerte	1 Stück

Lage / Vornutzung: Das Arbeitsgebiet befindet sich im Osten der Stadt Werl im Ortsteil Westönnen. In g. g. Ort liegt das Areal östlich an der Straße ´Elwieden´. Östlich sowie südlich des Untersuchungsareals grenzen landwirtschaftliche Flächen an. Westlich sowie auch nördlich befinden sich Wohnhäuser. An den Untersuchungstagen lag das Areal als unversiegelte, landwirtschaftlich genutzte Ackerfläche vor.

Aufgrund der offenbar landwirtschaftlichen Vornutzung kann das Vorhandensein alter Felddrainagen nicht ausgeschlossen werden. Diese werden typischerweise geringfügig unterhalb der Pflugreichweite verlegt, um überschüssiges Wasser aus staunässegefährdeten Flächen abzuleiten. Da sich diese Entwässerungssysteme nur zu ganz bestimmten Zeiten visuell abzeichnen (z. B. in der Aufwuchsphase von Pflanzen oder durch beschleunigte Abtrocknung der Böden nach Regenereignissen), bleibt das Vorhandensein von Felddrainage auch bei einer multitemporalen Luftbildauswertung in der Regel unerkannt und kann hier nur vermutet werden.

Werden solche Drainage bei Tiefbauarbeiten ´angeschnitten´ kann es zu örtlich ergiebigen Wasserzutritten in Baugruben oder -gräben kommen, wenn sich die Grube in der Entwässerungsrichtung der Drainagen befindet.

Vorfluter: Als nächstgelegener Vorfluter ist der unmittelbar an der westlichen Flurstücksgrenze verlaufende Bach 'Börnbach' zu nennen. Dieser entwässert in nördliche Richtung.

Morphologie: Zwischen den Bohransatzpunkten konnten Höhenunterschiede von rund 4,27m ermittelt werden. Die Höhenkoten liegen zwischen +91,38 m NHN (GWM 2) und +87,11 m NHN (BS 3). Das Gelände fällt nach Nordwesten hin ab. Das Gebiet ist der Frosteinwirkungszone I gem. RStO 12/24 zugehörig.

Georisiken: Nach der *‘Karte der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland, hier: NRW’* im Maßstab 1:350.000 (GEOLOGISCHER DIENST NRW, 2018) 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’* gibt für die von der Maßnahme betroffenen 500 x 500 m-Planquadrate *‘verkarstungsfähiges Gestein’* sowie *‘Gasaustritte in Bohrungen’* als besondere Gefährdungspotenziale an. Für die Gefährdungspotenziale Bergbau und Methanausgasungen werden keine besonderen Gefährdungsausweisungen gegeben (Gefährdungspotenziale des Untergrundes NRW, GEOLOGISCHER DIENST NRW, 2024).

Das Areal liegt gemäß der Radonvorsorgegebiets-Übersichtskarte von Deutschland (BUNDESAMTES FÜR STRAHLENSCHUTZ, Juni 2021) außerhalb von ausgewiesenen Radonvorsorgegebieten.

Das Gebiet liegt außerhalb von festgesetzten oder geplanten Überschwemmungsgebieten. Außerdem wird das Areal nicht von Hochwässern betroffen (ELWAS-Web, MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND VERKEHR NRW, 2024).

Im westlichen Randbereich des gegenständlichen Untersuchungsgebietes konnten durch die Starkregengefahrenkarte von Deutschland (BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE, 2021) Flächenabschnitte festgestellt werden, welche durch Starkregenereignisse mit Überflutungstiefen von < 30 cm betroffen sind (siehe Abb. 1).



Abb. 1: Bereiche die von Starkregenereignissen betroffen sind

Schutzzonen: Das gegenständliche Untersuchungsgebiet liegt außerhalb von Naturschutz-, FFH-, und Natura2000-Gebieten. Das Areal liegt jedoch innerhalb des Vogelschutzgebietes *‘Hellwegbörde’*. Ggf. erforderliche Maßnahmen sind mit dem LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW abzustimmen.

Das Areal ist außerhalb von ausgewiesenen oder geplanten Heilquellen- oder Trinkwasserschutzzonen gelegen (Umweltdaten vor Ort, MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND VERKEHR NRW, 2024).

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 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 Altlastenuntersuchung/ Gefährdungsabschätzung.

Die in diesem Gutachten gemachten Angaben sind ausschließlich projektbezogen zu verwenden. Dieses orientierende Gutachten kann und soll kein vorlaufendes qualifiziertes (Detail-/Einzel-)Baugrundgutachten für die geplante Wohnbebauung ersetzen, da die Hinweisgebungen auf Annahmen beruhen und keine detaillierte Plangrundlage vorliegt.

Das Gutachten ist geistiges Eigentum der Fa. KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH. Die Weitergabe an Dritte - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der Fa. KLEEGRÄFE gestattet.

2.0 Untergrunderschließung / Schichtaufbau

Es wurden insgesamt 15 Rammkernsondierungen (BS 1 bis BS 15) sowie 15 Leichte Rammsondierungen (DPL 1 bis DPL 15) im Baufeld niedergebracht. Die Bohransatzpunkte und Erkundungstiefen wurden durch das IB KLEEGRÄFE gemäß dem Eurocode 7 angesetzt. Die Geländearbeiten erfolgten am 09.09. bis 11.09.2024.

Die Bodenansprache erfolgte durch einen erfahrenen Geologen nach der DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689-1. Die Bohrungen wurden zu Schichtprofilen entwickelt und höhenmäßig zueinander in Beziehung gestellt (Schnittdarstellung: Anlagen 2.1 und 2.2).

Die Materialansprache und -einteilung (Kies-Sand-Schluff-Ton) im Gelände erfolgte gemäß DIN nach der im Bohrgut vorhandenen Korngröße. Aufgrund des verwendeten Sondendurchmessers konnte kein Material in Stein- und Blockkorngröße erbohrt werden. 'In-situ' kann jedoch Material in Stein- und Blockkorngröße grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden (z.B. 'Verwitterungsrelikte', o.ä.).

Es wird darauf hingewiesen, dass die Beschreibung der Bodenverhältnisse im Untersuchungsareal auf den Bohrungen beruht. Abweichende Bodenverhältnisse zwischen den Bohransätzen können aufgrund der punktuellen Untergrundaufschlüsse nicht ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse sind in den Tabellen 2 bis 4 aufgeführt.

Bei dem angetroffenen Verwitterungsschutt bzw. Verwitterungslehm handelt es sich zwar der Korngröße nach um ein kiesiges bzw. lehmiges Material, dieses wurde jedoch aus einem übergeordneten Verband entnommen. Es handelt sich nicht um ein korngestütztes Lockergestein im engeren Sinne (wie z.B. Flussschotter bzw. Auenlehm), sondern um ein zu unterschiedlichen Graden ver- bzw. angewittertes Halbfest- bis Festgestein.

Tabelle 2: Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse BS 1 bis BS 5 (in m u. GOK / m NHN)

BS	1	2	3	4	5
Ansatz	+86,76	+88,68	+87,11	+88,34	+87,57
Füll-Mutterboden	-	-0,50	-0,55	-0,40	-0,55
Füll-Lehm	-0,90 0,90-1,40	-	0,55-1,00	-	0,55-0,80 0,80-1,00
Lösslehm	1,40-2,60	0,50-1,10 1,10-3,10	1,00-1,60	0,40-2,50	1,00-2,80
Verwitterungslehm	-	ab 3,10	1,60-2,70	2,50-2,90	-
Verwitterungsschutt	ab 2,60	-	ab 2,70	ab 2,90	ab 2,80
Grundwasser	jeweils kein GW angetroffen!				
Endteufe BS	3,50*	4,00*	3,60*	3,40*	3,10*
Endteufe DPL	3,60*	3,40*	3,40*	3,60*	3,00*

* = kein weiterer Bohr-/Rammfortschritt; **braun** = organische/humose Anteile

Tabelle 3: Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse BS 6 bis BS 10 (in m u. GOK / m NHN)

BS	6	7	8	9	10
Ansatz	+88,77	+89,94	+88,27	+89,60	+89,36
Füll-Mutterboden	-0,60	-0,35	-0,55	-0,35	-0,48
Füll-Lehm	-	-	0,55-0,90	0,35-0,70	-
Lösslehm	0,60-2,60	0,35-3,30	0,90-1,60	0,70-2,60	0,48-2,70
Verwitterungslehm	2,60-3,00	-	1,60-2,50	2,60-3,30	2,70-3,00
Verwitterungsschutt	ab 3,00	ab 3,30	ab 2,50	ab 3,30	ab 3,00
Grundwasser	jeweils kein GW angetroffen!				
Endteufe BS	3,90*	3,80*	3,20*	3,60*	3,30*
Endteufe DPL	2,80*	3,80*	3,10*	3,50*	3,20*

* = kein weiterer Bohr-/Rammfortschritt; **braun** = organische/humose Anteile

Tabelle 4: Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse BS 11 bis BS 15 (in m u. GOK / m NHN)

BS	11	12	13	14	15
Ansatz	+89,63	+91,18	+90,45	+91,35	+90,87
Füll-Mutterboden	-0,50	-0,50	-0,45	-0,45	-0,40
Lösslehm	0,50-2,80	0,50-3,40	0,45-2,90	0,45-1,00 1,00-3,70	0,40-2,90
Verwitterungslehm	-	3,40-4,30	2,90-3,10	3,70-4,10	-
Verwitterungsschutt	ab 2,80	ab 4,30	ab 3,10	ab 4,10	ab 2,90
Grundwasser	jeweils kein GW angetroffen!				
Endteufe BS	3,60*	4,80*	3,50*	4,80*	3,20*
Endteufe DPL	3,20*	4,70*	3,50*	4,70*	3,10*

* = kein weiterer Bohr-/Rammfortschritt; **braun** = organische/humose Anteile

Geologie: Zuoberst liegen anthropogen beeinflusste Oberböden vor. Im überwiegenden Bereich des Areals wurde unterhalb des Mutterbodens der äolisch abgelagerte Lösslehm angetroffen. Teilweise wurde unterhalb des Oberbodens zunächst ein Füll-Lehm erkannt. Im unteren Profilbereich wurde schließlich das verwitterte Tonmergel-Festgestein der Oberkreide erbohrt.

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

Innerhalb der geogenen/gewachsenen Böden sowie auch innerhalb der Auffüllungen konnten bei der Boden-/Materialansprache keine auffälligen Inhaltsstoffe oder geruchliche/organoleptische Auffälligkeiten festgestellt werden.

Die chemischen Analysen sind in dem Kapitel 5.0 zu finden.

3.0 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 ´normalen´ Jahresperiode im September 2024. 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.

Geländebefunde: Am Untersuchungstag konnte in keiner Bohrung Grundwasser festgestellt werden.

Pegelausbau: Es wurden die Bohrungen BS 1 und BS 15 nach Bohrende jeweils zu einer DN 50 Permanent-Grundwassermessstelle (überflur) ausgebaut. Ausbaudaten sind der folgenden Tabelle 5 sowie der Anlage 2.2 zu entnehmen.

Tabelle 5: Ausbaudaten und Grundwasserstände der GWM

Messstelle (bei BS)		GWM 1 (BS 1)	GWM 2 (BS 15)
Art		überflur	überflur
Durchmesser / Material		DN 50 / PVC	DN 50 / PVC
OK Gelände (GOK) [m NHN]		+86,76	+91,38
OK Pegel (POK) [m NHN]		+87,35	+91,77
Ausbautiefe [m u. GOK]		3,00	3,10
Vollrohr [lfdm]		1,00	1,10
Filterrohr [lfdm] / Schlitzweite [mm]		2,00 / 0,3	2,00 / 0,3
Pegel-Fuß / Pegel-Kopf		Spitze / Seba-Kappe	Spitze / Seba-Kappe
Betonfundament		X	X
Schutzdreieck (Metall)		X	X
Wasserstand nach Einbau	[m u. GOK]	trocken	trocken
	[m NHN]		

Es wird empfohlen, die GW-Messstellen regelmäßig in relativ kurzen Intervallzeiträumen (mind. wöchentlich) zu loten, um das Untergrundwasserschwankungspotenzial belastbar zu konkretisieren. Sinnvoll ist die Durchführung dieser Messungen über mind. eine hydrologische Jahresperiode.

Grundwasserkörper: Gemäß Auskunft des Online-Portals 'ELWAS-Web' (MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND VERKEHR NRW) zum Grundwasserkörper handelt es sich im Untersuchungsgebiet um den Grundwasserkörper '*Oberkreide-Schichten des Hellweg / West / 2*'

G. g. Grundwasserkörper repräsentiert einen durch gebirgsbildende Kräfte entstandenen Kluft-Grundwasserleiter, welcher durch die lithologischen Einheiten Kalk- und Mergelkalkstein charakterisiert wird. In Teilbereichen wird dieser durch einen quartären sehr gering ergiebigen Poren-Grundwasserleiter überdeckt. Die Grundwässer werden demnach durch die Porenräume und durch die Klüfte geleitet. Laut 'ELWAS-Web' schwanken die Grundwasserflurabstände im Quartär zwischen 0,5 m bis 3,0 m und in der Oberkreide zwischen 5,0 bis 25,0 m.

Staunässepotenzial: Die Füll-Lehme sowie die Lösslehme und auch die Verwitterungslehme bzw. der verlehnte Verw.-Schutt weisen ausgehend der ersten Bodenansprache ein deutliches Staunässepotential auf. Nach Offenlegung ist bei Niederschlagsereignissen mit Stauwasser sowie einer Konsistenzverringerung der bindigen Böden zu rechnen. Es ist in diesem Zusammenhang auf die Nässe sensibilität und -anfälligkeit der bindigen Böden hinzuweisen, welche bei einer Wassergehaltszunahme (= Feuchteerhöhung) eine Baugrundgüteverschlechterung infolge einer Konsistenzabnahme (Aufweichungen) aufzeigen. Die gering verlehnten Verwitterungskiese weisen kein nennenswertes Staunässepotential auf.

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

Für das vorliegende Bauvorhaben wird nach DIN 18 533 bzw. Merkblatt BWK-M8 empfohlen, den Bemessungswasserstand für die **bautechnisch relevanten** Faktor '**Stauwasser**' (u. a. für Auftrieb) in Höhe der aktuellen GOK anzusetzen.

Der für den möglichen **Einbau von Ersatzbaustoffen** relevante '**höchste zu erwartende Grundwasserstand (zeHGW)**' wird basierend auf den obigen Ausführungen zunächst bei 3,00 m u. aktueller GOK angesetzt. Ergänzend wird bei Anwendung des zeHGW eine Rücksprache mit der zuständigen Behörde empfohlen.

Der für das Versickern von Niederschlagswässern relevante **mittlere höchste Grundwasserstand (MHGW)** kann unter Berücksichtigung der o.g. Ausführungen ebenfalls bei 3,0 m unter aktueller GOK angesetzt werden.

Die Angaben eines ´**höchsten Hochwasserstandes**´ (HHW) aufgrund von relevanten Hochwasserereignissen ist in der Maßnahme nicht erforderlich.

Zusammenfassung:

Bemessungswasserstand (bautechnisch):	~ akt. GOK
Bemessungswasserstand ´Grundwasser´ (zeHGW):	~ 3,0 m u. akt. GOK
mittlerer höchster Grundwasserstand (MHGW):	~ 3,0 m u. akt. 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

- Füll-Lehm:

Schluff, schwach sandig, schwach tonig, z. T. schwach organisch. 10^{-7} - 10^{-9}

- Lösslehm:

Schluff, (schwach) sandig, (schwach) tonig, z. T. schw. kiesig, schw. org. 10^{-6} - 10^{-8}

- Verwitterungslehm:

Schluff, (stark) tonig, z. T. schwach kiesig 10^{-7} - 10^{-9}

- Verwitterungsschutt/-kies:

Kies, (stark) tonig, schwach schluffig 10^{-3} - 10^{-7}

Bewertung der Lockergesteinsdurchlässigkeit mittels Durchlässigkeitsbeiwert
 (nach DIN 18 130)

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

4.0 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Es soll geprüft werden, ob das anfallende Niederschlagswasser im Untergrund versickert werden kann. Hierfür ist die physikalische Eignung der Böden festzustellen und die Einhaltung rechtlicher Bestimmungen zu betrachten.

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

- *DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A 138 'Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser' (Ausgabe: April 2005).*
- *DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A 138-1 im Entwurf 11/2020.*
- *'Wasserrundbrief 3 - Niederschlagswasserversickerung' [RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung u. Landwirtschaft vom 18. Mai 1998 (IV B 5 - 673/2-29010 / IV B 6 - 031 002 0901) zur Durchführung des § 51a des Landeswassergesetzes LWG für das Land Nordrhein-Westfalen vom 4. Juli 1979 (GV.NW. S. 488) in der Neufassung vom 25. Juni 1995 (GV. NW. S. 926/SGV NW. 77)].*

4.1 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Laborversuche)

Korngrößenanalyse: Im bodenmechanischen Labor wurden 13 Korngrößenanalysen an dem geogenen/gewachsenen und versickerungsrelevanten oberflächen-nahen und tieferliegenden Bodenschichten durchgeführt. In den Anlagen 3.1-3.3 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Ergebnisse der Analysen sind zusammenfassend in der Tabelle 12 in Kapitel 6.1 aufgeführt.

Nach den Ergebnissen der Korngrößenanalysen weisen die Lösslehme und Verwitterungsbildungen deutliche bindige, d.h. schluffig-tonige Bestandteile auf. Der bindige Anteil bestimmt den Bodencharakter und beeinflusst damit maßgeblich die Durchlässigkeit, die Frostempfindlichkeit etc..

Bindige Böden besitzen erfahrungsgemäß keine ausreichend hohen Durchlässigkeiten für die gezielte Eingabe von Wässern. Die gering verlehmtten Verwitterungsbildungen hingegen sind i. d. R. zu Versickerungszwecken geeignet, da der Verlehmungsgrad zur Tiefe hin abnimmt. Die gering verlehmtten Verwitterungsbildungen stehen jedoch vermutlich erst ab > 3 m u. GOK und wurden nicht erkundet.

4.2 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)

Die Versickerungsversuche wurden als hydrostatisches Verfahren (Auffüllversuche) mit konstanter Druckhöhe durchgeführt (‘open-end-test’). Die Versuchsdurchführung erfolgte innerhalb der Bohrlöcher der BS 1, BS 2, BS 5, BS 7, BS 11 und BS 15.

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

Die Versickerungsversuche erfolgten im Profilbereich von minimal 0,50 m u. GOK bis maximal 3,65 m unter GOK und somit sowohl innerhalb der Füll- und Lösslehme als auch innerhalb der verlehnten Verwitterungsbildungen.

Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind in der Anlage 7.1 (Versickerungsversuche im Gelände) sowie in den folgenden Tabellen 6 und 7 dargestellt.

Tabelle 6: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte BS 1, BS 2 und BS 5 (Feldversuche)

Bohrloch	BS 1	BS 2	BS 5
Gültigkeitsbereich (m u. GOK)	1,00 - 3,10	0,5 - 2,90	1,00 - 2,50
Versickerungs- Medium	Füll-/Lösslehm + Verw.- Schutt	Lösslehm	Lösslehm
Versuch 1 (k_f in m/s)	$\sim 3,34 \times 10^{-7}$	$\sim 1,49 \times 10^{-6}$	$\sim 3,31 \times 10^{-6}$
Versuch 2 (k_f in m/s)	$\sim 3,21 \times 10^{-7}$	$\sim 1,47 \times 10^{-6}$	$\sim 3,25 \times 10^{-6}$
Bewertung DIN 18 130	‘gering durchlässig’	‘durchlässig’	‘durchlässig’
DWA-Bewertung	Versickerungseignung nach DWA: $k_f > 1,0 \times 10^{-6}$ m/s und $< 1,0 \times 10^{-3}$ m/s		
MURL-Bewertung	Versickerungseignung nach MURL: $k_f > 5,0 \times 10^{-6}$ m/s		
Gesamt-Bewertung Versickerungs- eignung	nicht ausreichend		

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

Tabelle 7: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte BS 7, BS 11 und BS 15 (Feldversuche)

Bohrloch	BS 7	BS 11	BS 15
Gültigkeitsbereich (m u. GOK)	1,00 - 3,65	0,50 - 2,75	1,00 - 2,50
Versickerungs- Medium	Lösslehm + Verw.- Schutt	Lösslehm	Lösslehm
Versuch 1 (k_f in m/s)	$\sim 4,75 \times 10^{-6}$	$\sim 2,42 \times 10^{-6}$	$\sim 4,40 \times 10^{-6}$
Versuch 2 (k_f in m/s)	$\sim 4,81 \times 10^{-6}$	$\sim 2,39 \times 10^{-6}$	$\sim 4,39 \times 10^{-6}$
Bewertung DIN 18 130	´durchlässig´	´durchlässig´	´durchlässig´
DWA-Bewertung	Versickerungseignung nach DWA: $k_f > 1,0 \times 10^{-6}$ m/s und $< 1,0 \times 10^{-3}$ m/s		
MURL-Bewertung	Versickerungseignung nach MURL: $k_f > 5,0 \times 10^{-6}$ m/s		
Bewertung Versickerungs- eignung	nicht ausreichend		

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

4.3 Bewertung des Versickerungspotenzials

Materialspezifische Bewertung: Durch die Versickerungsversuche im Gelände wurden Durchlässigkeiten von $k_f \sim 3,21 \times 10^{-7}$ m/s bis $4,75 \times 10^{-6}$ m/s (DIN 18130: ´gering durchlässig´ bis ´durchlässig´) festgestellt, welche nach MURL-Richtlinie keine ausreichende Versickerungseignung nachweist.

Nach DWA-Richtlinie liegen die Durchlässigkeitsbeiwerte, mit Ausnahme des Versuchs im Bohrloch BS 1 noch innerhalb des Zulässigkeitsbereiches.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte, welche durch die Korngrößenanalysen ermittelt wurden liegen außerhalb der DWA- und MURL-Zulässigkeitsbereiche.

Materialspezifisch ist eine Versickerung innerhalb des Areals nicht durchgängig möglich / zulässig.

Grundwasserrelevante Faktoren: Eine bei der Versickerung von Niederschlagswässern sehr wichtige und mitentscheidende Größe ist das Vorhandensein von Grundwasser und sein Flurabstand. Es sollte aus hydrogeologischen und umweltgeologischen Aspekten ein Mindestabstand des tiefstgelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum mittleren höchsten Grund-

wasserstand von 1,0 m nicht unterschritten werden. Genannter Mindestabstand wird in dem grundlegenden Regelwerk der DWA-Regelwerk A 138 empfohlen.

Bei den Geländearbeiten wurde bis zu den erreichten Endteufen kein Grundwasser i.e.S. angetroffen. Der MHGW wurde bei 3,0 m u. GOK festgelegt. Die diesbezügliche wasserrechtliche Voraussetzung (1 m Mindestabstand zwischen Anlagenfuß und mittlerem höchstem GW-Stand im Sinne des MHGW) kann somit vermutlich auch dauerhaft eingehalten werden (siehe auch Kapitel 3.0).

Bodengenese: Bei den versickerungstechnisch untersuchten Böden handelt es sich durchgängig ab max. 1,40 m u. GOK (BS 1) um einen ´gewachsenen´, geogenen Boden. Schadstoff-mobilisierungen sind hier nicht zu befürchten / zu erwarten. Jedoch stehen im Projektgebiet auch Auffüllungen an. Im Vorgriff auf die chemischen Untersuchungen des gesamten potentiellen Aushubs konnten keine Schadstoffe festgestellt werden.

Bei den vorgenannten Punkten handelt es sich ausschließlich um eine wasserrechtliche Bewertung hinsichtlich der Zulässigkeit und nicht um die Bewertung der bodenphysikalischen Eignung im Sinne der Leistungsfähigkeit.

Fazit: Aufgrund der oben aufgeführten Punkte (• keine durchgängige materialspezifische Positiveignung des anstehenden Bodeninventars, • jedoch kein Grundwasser) wird aus gutachterlicher Sicht von einer Versickerung der anfallenden Niederschlagswässer zum aktuellen Kenntnisstand abgeraten. Die oberflächennah anstehenden bindigen Böden besitzen nachweislich keine ausreichende Versickerungseignung. Die Realisierung einer – vom Wasserrecht geforderten ´dauerhaft und schadlos´ arbeitenden – Versickerungsanlagen wird daher als nicht plan- und umsetzbar eingeschätzt und nachfolgend nicht betrachtet.

5.0 Chemische Untersuchung (Aushubmaterial)

Veranlassung: Es ist bei der Maßnahme mit anfallenden Überschuss-/Aushubböden zu rechnen. Daher erfolgt eine Untersuchung des potenziell aufzunehmenden Aushubs. Ziel ist die Kenntnisnahme des Schadstoffpotenzials sowie die Beurteilung einer Wiedereinbaueignung/-zulässigkeit.

Methodik / Parameterumfang: Die Oberböden im Untersuchungsbereich wurden zu einer Mischprobe zusammengefasst und auf die Vorsorgewerte der novellierten Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) nach Anlage 1, Tabellen 1 und 2 untersucht. Die Füll- und Geogenböden wurden bereichsweise zu insgesamt drei Mischproben zusammengefasst und jeweils auf den Parameterumfang gemäß Ersatzbaustoffverordnung (Matrix 'Bodenmaterial' nach Anlage 1, Tabelle 3) analysiert.

Bei den untersuchten Proben handelt es sich um aus Bohrungseinzelpunkten zusammengestellte Mischproben. Die in den Mischproben enthaltenen Einzelpunkten sind den Tabellen 8 und 9 sowie die Details zur Probenahme (Bodenart, Entnahmetiefe, etc.) den Anlagen 2.1 und 2.2 (Schichtendarstellung) zu entnehmen.

Die zusammenfassenden Probenahmeprotokolle (z. B. zur Vorlage bei der Deponie) liegen KLEEGRÄFE-intern vor und können bei Bedarf nachgereicht werden. 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.

Tabelle 8: Analysenparameter / Mischprobenbenennung (Einzelpunktenauswahl)

Feststoffanalysen (Boden)	
Parameterumfang	Einzelpunktenauswahl
Vorsorgewerte BBodSchV (Anlage 1, Tabellen 1 und 2)	<u>MP Mutterboden:</u> 2/1 + 3/1 + 4/1 + 5/1 + 6/1 + 7/1 + 8/1 + 9/1 + 10/1 + 11/1 + 12/1 + 13/1 + 14/1 + 15/1

Anmerkung Vorsorgewerte Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV): Der im Arbeitsgebiet anstehende Oberboden/Mutterboden wird hinsichtlich seiner Eignung zum 'Auf- oder Einbringen auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht' bzw. zur 'Herstellung einer neuen durchwurzelbaren Bodenschicht' untersucht, wobei jeweils die Anforderungen des § 6 BBodSchV zu beachten sind. Es erfolgte jeweils eine Analyse gemäß den **Vorsorgewerten** der – im Zuge der Einführung der Mantelverordnung

novellierten – **Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV)** nach Anlage 1, Tabellen 1 und 2 (vorher Anhang 2, Tabellen 4.1 und 4.2).

Tabelle 9: Fortsetzung Analysenparameter / Mischprobenbenennung (Einzelprobenauswahl)

Feststoffanalysen (Boden)	
Parameterumfänge	Einzelprobenauswahl
EBV (Matrix: Bodenmaterial, Anlage 1, Tabelle 3)	<u>MP Fülllehm:</u> 1/1 + 1/2 + 3/2 + 5/2 + 5/3 + 8/2 + 9/2
	<u>MP BS 1-9:</u> 1/3 + 1/4 + 1/5 + 2/2 + 2/3 + 2/4 + 2/5 + 2/6 + 3/3 + 3/4 + 3/5 + 4/2 + 4/3 + 4/4 + 4/5 + 4/6 + 5/4 + 5/5 + 5/6 + 6/2 + 6/3 + 6/4 + 6/5 + 6/6 + 7/2 + 7/3 + 7/4 + 7/5 + 8/3 + 8/4 + 8/5 + 9/2 + 9/3 + 9/4 + 9/5 + 9/6
	<u>MP BS 10-15:</u> 10/2 + 10/3 + 10/4 + 10/5 + 10/6 + 11/2 + 11/3 + 11/4 + 11/5 + 12/2 + 12/3 + 12/4 + 12/5 + 12/6 + 12/7 + 13/2 + 13/3 + 13/4 + 13/5 + 13/6 + 14/2 + 14/3 + 14/4 + 14/5 + 14/6 + 14/7 + 15/2 + 15/3 + 15/4 + 15/5

Anmerkung Parameterumfang Ersatzbaustoffverordnung (EBV): Die Analysen der Mischproben erfolgten auf die Parameter der **Ersatzbaustoffverordnung (EBV)** für die Matrix 'Bodenmaterial' gemäß Anlage 1, Tabelle 3. 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.

Anmerkung zur Entsorgung gemäß Deponieverordnung: Es wird darauf hingewiesen, dass am 01.01.2024 ein explizites Ablagerungsverbot nach §7 Abs. 3 der Deponieverordnung 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 Bewertung erfolgt hinsichtlich einer Wieder-einbaubeurteilung/-zulässigkeit nach den folgenden Verordnungen:

- a) **Mantelverordnung** (*Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung*, Stand 09.07.2021), darin
- **Artikel 1:** *Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke* (**Ersatzbaustoffverordnung** – ErsatzbaustoffV; kurz EBV, letzte Änderung: 13.07.2023) und
 - **Artikel 2:** Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (**BBodSchV**)

Gegebenenfalls vorliegende bodenmechanische Anforderungen sind beim Wiedereinbau gesondert zu beachten.

Die Anwendung der Ersatzbaustoffverordnung ist auf die Herstellung von technischen Bauwerken beschränkt.

Anwendungsfälle, die in den Zuständigkeitsbereich der (novellierten) Bundes-Bodenschutzverordnung fallen (z. B. Geländeaufhöhung, Wiedernutzbarmachung, Rekultivierung oder Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht auf technischen Bauwerken), werden nachfolgend ausdrücklich nicht betrachtet.

EBV - 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.

In den Einbautabellen werden die Konfigurationen der „Grundwasserfreien Sickerstrecke“ unterschieden in „ungünstig“ (0,1 - 1 m + 0,5 m Sicherheitsabstand; s. Abb. 2)

und „günstig - Sand“ bzw. „günstig - Lehm, Schluff, Ton“ ($> 1 \text{ m} + 0,5 \text{ m}$ Sicherheitsabstand; s. Abb. 3).

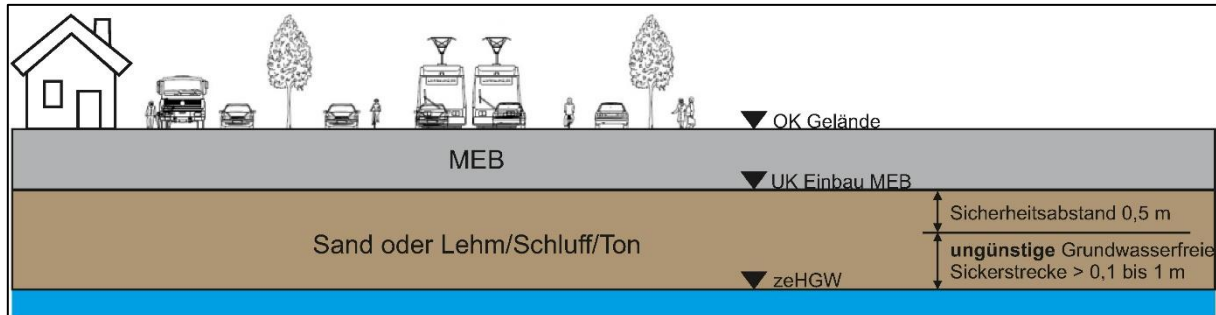


Abbildung 2: Konfiguration der Grundwasserdeckschichten – **ungünstig**

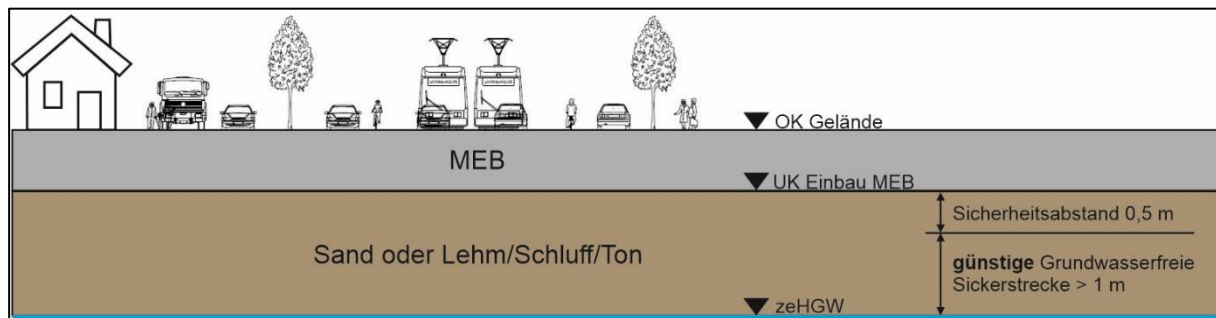


Abbildung 3: Konfiguration der Grundwasserdeckschichten - **günstig**

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 $> 1 \text{ m} + 0,5 \text{ m}$ Sicherheitsabstand) beschränkt.

Hinweis zum Einbau von MEBs im Untersuchungsbereich: Das Arbeitsgebiet ist außerhalb festgesetzter oder geplanter Wasser- sowie Heilquellenschutzgebiete gelegen, sodass diesbezüglich keine Einschränkungen vorliegen.

Der relevante Bemessungswasserstand (zeHGW) für das Untersuchungsgebiet wird aufgrund der Herleitung in Kapitel 3.0 zunächst bei 3,0 m unter der aktuellen GOK angesetzt. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Rammkernsondierungen und im Vorgriff auf die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche konnten Schichten festgestellt werden, die als 'Grundwasserdeckschicht' angesetzt werden dürfen (Füll-Lehme, Lösslehme und Verwitterungslehme/verlehmter Verwitterungsschutt).

Jedoch können im Untersuchungsgebiet auch gering verlehnte Verwitterungsbildungen anstehen, welche wie oben beschrieben nicht die Eigenschaften einer Deckschicht

erfüllen (Bodengruppen GE/GW/GU). **Vor dem Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen ist dies dringend zu prüfen.**

Die für den Einbau von MEBs relevante und sicherzustellende „Grundwasserfreie Sickerstrecke“ von mindestens 0,60 m ($> 0,1 \text{ m} + 0,5 \text{ m}$ Sicherheitsabstand) kann bei geeignetem Deckschichtmaterial im Untersuchungsgebiet somit bis 2,40 m u. GOK angetroffen werden (‘ungünstige Deckschichtsituation’).

MEBs der Einstufung BM-0/BG-0 dürfen unabhängig von der Grundwasser-/Deckschicht-Situation eingebaut werden.

5.1 Bewertung der Oberboden-Mischprobe

In den folgenden Tabelle 10 werden die Analysenergebnisse der untersuchten Oberboden-Mischprobe den Vorsorgewerten der BBodSchV gemäß Anlage 1, Tabellen 1 (anorganische Stoffe) und 2 (organische Stoffe) für die Bodenart „Lehm/Schluff“ gegenübergestellt.

Tabelle 10: Analysenergebnisse / Vorsorgewerte anorganische + organische Stoffe

Parameter	Einheit	MP Mutterboden	Vorsorgewerte 100 %	Vorsorgewerte 70%
			Lehm/Schluff	Lehm/Schluff
TOC	%	0,88	-	-
pH-Wert	-	7,31	-	-
Arsen	mg/kg	6,12	20	14
Blei		20,0	70	49
Cadmium		0,17	1	0,7
Chrom		20,5	60	42
Kupfer		11,2	40	28
Nickel		10,5	50	35
Quecksilber		<0,1	0,3	0,21
Thallium		<0,1	1	0,7
Zink		52,2	150	105
PCB ₇ *		<0,01	0,05	0,035
B[a]p*		0,0253	0,3	0,21
PAK ₁₆ *		<1	3	2,1

* Vorsorgewerte bei einem TOC-Gehalt $\leq 4 \%$; PCB₇ = Polychlorierte Biphenyle (Summe aus PCB₆ und PCB-118); B[a]p = Benzo[a]pyren (PAK-Einzelparameter); PAK₁₆ = Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (Summe aus 16 Einzelsubstanzen); grün = Vorsorgewerte für „Lehm/Schluff“ eingehalten

Wie der Tabelle 10 zu entnehmen ist, halten die Analysenergebnisse der Oberbodenmischprobe die 100%- sowie auch die 70%-Vorsorgewerte für die Bodenart

‘Lehm/Schluff’ (Vorsorgewerte Metalle und organische Stoffe) der Bundesbodenschutzverordnung ein. Die Böden können somit auf einer bestehenden durchwurzelbaren Bodenschicht sowie auf einer neu herzustellenden wiederaufgebracht werden.

5.2 Bewertung der Auffüllungs- und Geogen-Mischproben

In der folgenden Tabelle 11 werden die Mischproben entsprechend der Analysenergebnisse gemäß EBV eingestuft. Es werden die Parameter aufgeführt, für die eine Überschreitung von Material-/Zuordnungswerten vorliegt.

Tabelle 11: Ergebnisse der chemischen Untersuchungen nach EBV und DepV

Mischprobe	Verordnung	auffällige / klassifizierungsrelevante Parameter	Einstufung
MP Fülllehm	EBV	keine	BM-0
MP BS 1-9	EBV	keine	BM-0
MP BS 10-15	EBV	keine	BM-0

Die Mischproben sind gemäß BM-0 einzustufen, womit – unter Berücksichtigung entsprechender bodenmechanischer Anforderungen – eine uneingeschränkte Wiederverwertung gemäß der Ersatzbaustoffverordnung möglich ist (auch vor Ort).

Alternativ kann unter Berücksichtigung des Artikels 3 der Mantelverordnung die Deponieklasse DK 0 herangezogen werden, wobei auf das seit dem 01.01.2024 geltende Ablagerungsverbot hingewiesen wird (s. o.). Ggf. kann abhängig der Funktion eine ergänzende Analytik gefordert werden.

5.3 Fazit / Empfehlungen Aushubmaterial

Das Material der Mischproben ist auf Grundlage der Analysenergebnisse gemäß BM-0 und DK 0 einzustufen. Das Oberbodenmaterial ist für eine mögliche Wiederaufbringung am Ort der Entstehung oder im näheren Umfeld geeignet.

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 „höher“ belastete Aushubböden vorgesehen werden.

Aktuelle chemische Analysen: Die durchgeführte Analyse gemäß Ersatzbaustoffverordnung besitzt 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.

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, novellierter BBodSchV und/oder DepV durchführen zu lassen. Sofern eine Verfüllmaßnahme zur Verfügung steht, die vor dem 16.07.2021 genehmigt wurde, kann ggf. eine Analyse gemäß LAGA_{Boden} 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.

6.0 Baugrundbewertung

6.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche

Korngrößenanalysen (nach DIN EN ISO 17892-4): Es wurden insgesamt 14 Korngrößenanalysen zur Charakterisierung der relevanten Lockergesteinseinheiten durchgeführt. In der Anlage 3.1 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Ergebnisse der Analysen sind zusammenfassend in der nachfolgenden Tabelle 12 aufgeführt.

Tabelle 12: Ergebnisse der Korngrößenanalysen/Durchlässigkeitsberechnungen

Probe / (Genese)	Profilber. m u. GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	d ₂₀ (mm)	k _f -Wert (m/s) ¹⁾
1/3 (U)	1,40-2,10	11,4	75,8	12,8	-	0,0099	~8,8 x 10 ⁻⁸
2/5 (U)	2,40-3,10	12,4	70,0	17,5	0,1	0,0070	~4,0 x 10 ⁻⁸
3/4 (U _{Zv})	1,60-2,70	26,2	60,9	11,2	1,7	<0,002	<6,0 x 10 ⁻⁹
4/6 (G _{Zv})	2,90-3,40	28,8	63,3	7,9	-	<0,002	<6,0 x 10 ⁻⁹
5/3 (U _A)	0,80-1,00	12,5	74,9	12,6	-	0,0074	~4,5 x 10 ⁻⁸
6/4 (U)	2,10-2,60	15,3	71,8	12,5	0,4	0,0042	~1,2 x 10 ⁻⁸
7/2 (U)	0,35-1,30	18,4	70,4	11,2	-	0,0027	~4,5 x 10 ⁻⁹
8/4 (U _{Zv})	1,60-2,50	32,8	58,4	8,8	-	<0,002	<6,0 x 10 ⁻⁹
9/5 (U)	2,20-2,60	25,5	61,2	12,7	0,6	<0,002	<6,0 x 10 ⁻⁹
10/6 (G _{Zv})	3,00-3,30	13,9	43,1	16,7	26,3	0,0034	~7,6 x 10 ⁻⁹
11/4 (U)	1,80-2,80	21,2	46,1	18,1	14,6	0,0017	~1,5 x 10 ⁻⁹
12/6 (U _{Zv})	3,40-4,30	47,3	42,4	10,2	0,1	<0,002	<6,0 x 10 ⁻⁹
13/3 (U)	1,40-2,10	11,9	75,9	12,2	-	0,0077	~5,0 x 10 ⁻⁸
15/4 (U)	2,10-2,90	35,8	48,1	11,4	4,7	<0,002	<6,0 x 10 ⁻⁹

Genese: U = Lösslehm, G_{Zv} = Verwitterungsschutt, U_{Zv} = Verwitterungslehm; U_A = Füll-Lehm;

fett = prägend, ¹⁾ k_f-Wertbestimmung: bei bindigen Böden nach MALLET & PAQUANT

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

Die im Gelände als Lösslehm angesprochenen Böden weisen nachweislich einen dominanten bindigen Anteil auf. Es ist zudem jeweils ein geringer sandiger Anteil vorhanden. Gleiches gilt auch für die Füll-Lehm-Probe 5/3. Kiesige Bestandteile liegen mit Ausnahme der Probe 11/4 in nicht nennenswerten Maße vor.

Die als Verwitterungslehme im Gelände bezeichneten Proben 3/4, 8/4 und 12/6 weisen durch die Sieb- und Sedimentationsanalysen jeweils einen bindigen Boden auf. Es ist auch hier jeweils ein geringer Sandanteil vorhanden. Ein relevanter Kiesanteil liegt nicht vor.

Auch der Verwitterungsschutt weist durch die Korngrößenanalyse einen charakteristischen bindigen Anteil auf. Während bei der Probe 4/6 keine kiesigen Bestandteile festgestellt wurden führt die Probe 10/6 einen moderaten Kiesanteil von ~26 %. Sandige Bestandteile liegen jeweils in geringer Größe vor. Bei der Korngrößenanalyse von Verwitterungsbildungen mit tonig/mergeligen Ausgangsgestein-Bruchstücken ist nicht zu vernachlässigen, dass mögliche Mess-/ Durchführungsfehler durch den mechanischen Sedimentationsvorgang und das Dispergierungsmittel eintreten können. Es kann u. U. zu einer Auflösung kiesiger Bestandteile gekommen sein, wodurch der tatsächliche bindige Anteil prozentual geringer ausfallen würde. Durch die teils signifikanten Tongehalte wird eine Anfälligkeit für austrocknungsinduzierte Schrumpfung deutlich ('Sommerfrost').

Tabelle 13: Einstufung n. DIN EN ISO 14688-1 u. DIN 18196 u. Angabe des W.-gehaltes

Probe / (Genese)	Bodenbezeichnung DIN EN ISO 14688-1	Bodengruppe DIN 18 196	Wassergehalt in %
1/3 (U)	Schluff, schwach sandig, schwach tonig	UL/TL	18,50
2/5 (U)	Schluff, sandig, schwach tonig	UL/ST	21,14
3/4 (U _{Zv})	Schluff, tonig, schwach sandig	UM/TM	16,64
4/6 (G _{Zv})	Schluff, tonig, schwach sandig	UM/TM	13,33
5/3 (U _A)	Schluff, schwach sandig, schwach tonig	UM/TM	22,04
6/4 (U)	Schluff, tonig, schwach sandig	UM/TL	19,70
7/2 (U)	Schluff, tonig, schwach sandig	UM/TL	20,04
8/4 (U _{Zv})	Schluff, stark tonig, schwach sandig	UM/TM	20,79
9/5 (U)	Schluff, tonig, schwach sandig	UM/TM/TL	21,15
10/6 (G _{Zv})	Schluff, kiesig, sandig, schwach tonig	UL/GU*	11,19
11/4 (U)	Schluff, tonig, sandig, schwach kiesig	UM/TL	27,63
12/6 (U _{Zv})	Ton-Schluff-Gemisch, schwach sandig	TM/UM	24,97
13/3 (U)	Schluff, schwach sandig, schwach tonig	UM/TL	20,66
15/4 (U)	Schluff, stark tonig, schwach sandig	UM/TM	23,98

Genese: U = Lösslehm, G_{Zv} = Verwitterungsschutt, U_{Zv} = Verwitterungslehm; U_A = Füll-Lehm

Durchlässigkeiten: Der Durchlässigkeitsbeiwert kann bei verlehmtten/bindigen Böden nach dem empirischen Modell von MALLET & PAQUANT berechnet bzw. abgeschätzt werden.

Es ergeben sich Durchlässigkeiten in der Größenordnung von $k_f \sim 8,8 \times 10^{-8}$ m/s bis $k_f < 1,0 \times 10^{-9}$ m/s, welche nach DIN 18 130 als ´gering durchlässig´ bis ´sehr gering durchlässig´ beurteilt werden können. Die Böden führen damit ein deutliches Staunässepotential.

Wassergehaltsbestimmung (DIN EN ISO 17892-1, Anlage 4.1): Die ergänzend auf ihren Wassergehalt hin untersuchten Proben zeigen in Abhängigkeit der zu erwartenden totalen Porositäten ´normale´ bis ´geringe´ Grade der Durchfeuchtung, jeweils unterhalb einer materialspezifischen Wassersättigung (siehe Tabelle 13). Eine Grundwasserbeeinflussung der untersuchten Profilbereiche kann für den Zeitraum der Geländearbeiten widerlegt werden.

Verdichtungsempfindlichkeit: Die Verdichtungsempfindlichkeit von Böden kann anhand der Beschreibung der Körnungslinie durch die Ungleichförmigkeitszahl sowie die Krümmungszahl nach der DIN EN ISO 14688-2 abgeleitet werden. Auch nach der bautechnisch relevanten DIN 18 196 kann der Boden als eng- oder weitgestuft klassifiziert werden, welches die Verdichtungsfähigkeit ableiten lässt.

→ Die bindigen/verlehmtten Böden führen zwar einheitlich hohe bis sehr hohe Ungleichförmigkeitszahlen von $C_u > 6$ und würden damit eine gute Nachverdichtungseignung aufweisen, jedoch sollten bindige Böden in keinem Fall nachverdichtet werden, da dies die Bodenstruktur zerstören würde!

Frostklassen: Nach der Frostempfindlichkeitsklassifikation der ZTVE-StB müssen die Bodenproben aufgrund des hohen und prägenden Feinkornanteils einheitlich in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 eingestuft werden (´sehr frostempfindlich´).

Zustandsgrenzenbestimmung (DIN EN ISO 17892-12): Die Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen wurde ergänzend an den bindigen Proben 1/3, 2/5, 3/4, 5/3, 6/4 und 9/5 vorgenommen. Die Ergebnisse der Analysen sind in der Tabelle 14 zusammengefasst (Anlage 5.1-5.6).

Tabelle 14: Ergebnisse der Zustandsgrenzenbestimmung

Probe	Fließgrenze W _L %	Ausrollgrenze W _P %	Plastizitätszahl I _P %	Wassergehalt w %	Konsistenzzahl I _c
1/3	33,5	20,7	12,8	18,5	1,17 (halbfest)
2/5	28,2	18,8	9,4	21,1	0,75 (weich-steif)
3/4	40,8	20,3	20,5	16,6	1,18 (halbfest)
5/3	38,7	22,2	16,5	22,0	1,01 (halbfest)
6/4	33,2	17,4	15,8	19,7	0,86 (steif)
9/5	34,2	19,0	15,2	21,1	0,86 (steif)

Bei Einsatz der gewonnenen Daten in das Plastizitätsdiagramm nach *CASAGRANDE* liegen die untersuchten Bodenproben 1/3, 5/3, 6/4 und 9/5 im Bereich der nach DIN 18 196 bezeichneten Bodengruppe *‘leicht plastische Tone’* (TL).

Die Probe 2/5 liegt im Bereich der Bodengruppe *‘Sand-Ton-Gemische’* (ST) und die Probe 3/4 im Bereich der Bodengruppe *‘mittel plastische Tone’* (TM).

Bei Betrachtung der Plastizitätszahlen sowie Einsetzung in den sog. Konsistenzbalken nach *ATTERBERG* ergeben sich für die Proben 3/4, 5/3, 6/4 und 9/5 normal breite Bildsamkeitsbereiche (= moderate Nässeempfindlichkeit). Eine Wassergehaltserhöhung führt hier nicht unmittelbar, gering verzögert zu einer Konsistenzverringern. Für die Proben 1/3 und 2/5 ergibt sich ein eher schmaler Bildsamkeitsbereich. Eine Wassergehaltserhöhung führt hier schneller zu einer Konsistenzverringern.

Ausgehend von den Konsistenzzahlen liegen die Böden im ungestörten Zustand in weicher bis halbfester Konsistenz vor. Nach Auskofferung (Wegnahme der Überlagerungsspannung) und/oder ungünstigen Witterungsbedingungen ist eine Konsistenzabnahme bis hin zum breiigen Zustand möglich. Die Konsistenz ist eine veränderliche Baugrundgröße, welche vor allem abhängig des Wassergehaltes ist.

Glühverlustbestimmung (DIN EN 17685-1): Innerhalb der Löss- und Füll-Lehme wurden bei der Bodenansprache im Gelände zum Teil Organikführungen erkannt. Es wurden daher die Proben 2/2, 5/3 und 14/2 repräsentativ auf ihren Organikanteil hin untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchung (Glühverlust als Mittelwert von drei Versuchen; siehe Anlage 6.1) sind der folgenden Tabelle 15 zu entnehmen.

Tabelle 15: Ergebnisse der Glühverlustbestimmungen

Probe	Material	Profilbereich (m u.GOK)	Glühverlust (% w _{Loi})	DIN EN ISO 14688-2
2/2	Lehm	0,50-1,10	2,23	<i>schwach organisch</i>
5/3	Lehm	0,80-1,00	3,32	<i>schwach organisch</i>
14/2	Lehm	0,45-1,00	2,41	<i>schwach organisch</i>

DIN EN ISO 14688-2:

<i>‘nicht organisch’</i>	(< 2 % der Trockenmasse ≤ 2 mm)
<i>‘schwach organisch’</i>	(2-6 % der Trockenmasse ≤ 2 mm)
<i>‘mittel organisch’</i>	(6-20 % der Trockenmasse ≤ 2 mm)
<i>‘stark organisch’</i>	(> 20 % der Trockenmasse ≤ 2 mm)

Die untersuchten Proben sind mit einem Organikgehalt von 2,10-3,42 % (siehe Anlage 6.1) gemäß der o. g. gültigen Norm als ‘schwach organisch’ zu klassifizieren. Es erfolgt in gewissem, geringen Maße bereits eine negative Beeinflussung der bodenmechanischen Kennwerte.

Organische Böden beeinträchtigen durch ihr Setzungspotenzial die bodenmechanischen Eigenschaften und damit die Baugrundgüte. Organische Böden in anderen Bereichen sind nicht auszuschließen. Organische Böden im Sinne der o. g. Definition dürfen nicht unmittelbar zum Lastabtrag herangezogen werden.

Bodenmechanisches Fazit: Die untersuchten Profilbereiche werden von bindigen Böden geprägt. Die in Abhängigkeit vom bindigen Anteil als ‘gering durchlässig’ bis ‘sehr gering durchlässig’ einzustufenden Böden weisen demzufolge ein deutliches Staunäsepotenzial auf. Die moderat durchfeuchteten Böden sind einheitlich in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 einzustufen (‘sehr frostempfindlich’). Es ist von einer Witterungs- und Bewegungsempfindlichkeit der bindigen Böden auszugehen. Ein schwacher organischer Anteil im oberflächlichen Profilbereich wurde festgestellt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass im übrigen Baufeld höher organische Böden vorliegen.

6.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche (DPL-5)

Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an die DIN 4094, DIN EN ISO 22476-2 und TP BF-StB Teil B15.1 und wurden mit der sog. leichten Rammsonde durchgeführt (DPL = 'Dynamic Probing Light 5', 5 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 den Anlagen 2.1 bis 2.2 grafisch dargestellt und den jeweiligen Rammkernsondierungen gegenübergestellt. Ausgewertet werden nur die Bereiche unterhalb von den ohnehin abzuschiebenden Oberböden.

Tabelle 16: Ergebnisse und Interpretation der Rammsondierungen

Tiefe (m u. GOK)	Boden	Schlagzahlen	Lagerung/Konsistenz
0,00 bis min. 0,70 / max. 1,40	Füll-Lehm, Lösslehm	überwiegend $n_{10} \sim 2$ bis ~ 6 (tlw. $n_{10} \sim 10 - 12$)	überwiegend weich (tlw. weich-steif)
min. 0,70 / max. 1,40 bis min. 1,50 / max. 2,70	Lösslehm, tlw. Verw.-Lehm	$n_{10} \sim 6$ bis ~ 15	steif
ab min. 1,50 / max. 2,70	Verw.-Lehm. und Verw.-Schutt	$n_{10} > 15$ bis ≥ 120	steif bis halbfest und mitteldicht bis dicht

rot = schlechte Tragfähigkeit, grün = ausreichende Tragfähigkeit

Hinweis: Die Baugrundgüte der bindigen Schichteinheiten differiert in Abhängigkeit von den Feuchteverhältnissen erheblich. Bei Freilegung und in niederschlagsergiebigeren Perioden muss mit einer Abnahme der aktuell ermittelten Konsistenzen gerechnet werden.

6.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 17 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 17: 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, schwach bindig; $\pm$ dicht	21,0 - 22,0	13,0 - 14,0	35,0 - 37,5	0	60.000 - 100.000 RW 80.000
<u>Füll-Lehm</u> : Schluff, schwach sandig, schwach tonig, z. T. schwach organisch; weich bis weich-steif	18,0 - 19,0	8,0 - 9,0	22,5 - 25,0	0 - 2 RW 0	4.000 - 8.000 RW 6.000
<u>Lösslehm</u> : Schluff, schwach sandig, schwach tonig; weich bis weich-steif	18,0 - 19,0	8,0 - 9,0	22,5 - 25,0	0 - 2 RW 0	4.000 - 8.000 RW 6.000
<u>Lösslehm</u> : Schluff, schwach sandig, schwach tonig; steif	19,0 - 20,0	9,0 - 10,0	25,0 - 27,5	2 - 5 RW 3	8.000 - 12.000 RW 10.000
<u>Verwitterungslehm</u> : Schluff, schwach bis stark tonig, schwach sandig, z. T. schw. kiesig; steif bis halbfest	18,0 - 20,0	8,0 - 10,0	25,0 - 27,5	3 - 7 RW 5	8.000 - 15.000 RW 12.000
<u>Verwitterungsschutt</u> : Bindiger Boden, kiesig, sandig, mitteldicht-dicht	20,5 - 21,5	12,5 - 13,5	32,5 - 35,0	0	30.000 - 60.000 RW 45.000
<u>Grundgebirge (nicht erbohrt)</u> : unverwittert; halbfest-fest	20,0 - 23,0	21,0 - 24,0	30,0 - 35,0	20 - 30 RW 25	70.000 - 120.000 RW 80.000

γ = Wichte des erdfeuchten Bodens

φ_k = Reibungswinkel

c_k = Kohäsion

γ' = Wichte d. Bodens unter Auftrieb

$\varphi_{s,k}$ = Ersatzreibungswinkel

$E_{s,k}$ = Steifeziffer

6.4 Einteilung der Böden in Homogenbereiche

In der folgenden Tabelle 18 erfolgt die Zuweisung der Homogenbereiche der relevanten Gewerke **Erdarbeiten** 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 Frostempfindlichkeitsklassen.

Für den Mutterboden erfolgt keine Ausweisung eines eigenen Homogenbereiches, da dieser ohnehin separat zu handhaben ist (DIN 18 320 bzw. BauGB §202).

Tabelle 18: Bodenklassen, Bodengruppen, Frostklassen, Homogenbereiche

Schichtglieder	Bodenklassen (DIN 18 300 _{alt})	Bodengruppen (DIN 18 196)	Frostklassen (ZTVE-StB)	Homogenbereiche Gewerke Erdarbeiten + Verbauarbeiten
(Füll-)Mutterboden ¹⁾	1	A (OU)	F 3	-
Füll-Lehm ¹⁾	4, u. U. 2	A (UL/UM/TL/TM/OU)	F 3	ERD 1 / VER 1
Lösslehm ¹⁾	4, u. U. 2	UL/UM/TL/TM	F 3	
Verw.-Lehm ³⁾⁴⁾ (DPL $n_{10} \leq 60$)	4 - 5, u. U. 2	Zv (UL/UM/TL/TM)	F 3	
Verw.-Schutt ³⁾⁴⁾ (DPL $n_{10} \leq 60$)	3 - 5, u. U. 6	Zv (GU/GU*/GT/GT*/ UL/TL)	F 2 - F 3 ²⁾	
Steine / Blöcke ³⁾⁴⁾⁵⁾	6 - 7	A (X/Y) bzw. X/Y	F 1	
Verw.-Lehm ³⁾⁴⁾ (DPL $n_{10} > 60$)	4 - 5, u. U. 2	Zv (UL/UM/TL/TM)	F 3	ERD 1 / VER 2
Verw.-Schutt ³⁾⁴⁾ (DPL $n_{10} > 60$)	3 - 5, u. U. 6	Zv (GU/GU*/GT/GT*/ UL/TL)	F 2 - F 3 ²⁾	
Tonmergelstein ⁵⁾	6 - 7	Zv/Z	-	ERD 2 / VER 3

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, ⁵⁾ nicht direkt erhoben.

Homogenbereiche **ERD 1** und **ERD 2** nach DIN 18300:2019-09: Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Böden überwiegend mittels Löffelbagger-Einsatzes mit Schneidbestückung und mit Zahnbestückung möglich sein wird. Die Verwitterungsbildungen sind ab einem gewissen Verdichtungsgrad bzw. Konsistenz aller Wahrscheinlichkeit nach nur mit Zahnbestückung effizient zu lösen. Dieser Mehraufwand sollte mit einkalkuliert werden.

Die obigen Aussagen gelten nicht für ggf. im Untergrund befindliches Material in Stein- bzw. Blockkorngroße wie z. B. 'Verwitterungsrelikte', o. ä., 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 lösbarem Fels) auch vergleichbar schwer zu lösende Bodenarten und Aushubmassen mit Steinanteilen (Korndurchmesser > 63 mm) von mehr als 30 %. Bodenklasse 7 z. B. beinhaltet (neben Fels) auch Blöcke mit einem Kugeldurchmesser > 0,6 m (> 0,1 m³ Rauminhalt).

Für größere Aushubtiefen bzw. innerhalb der sehr dichten Verwitterungsbildungen sowie im kompakten Fels/Festgestein werden 'Anbaugeräte' erforderlich (Stemm-Meißel, Fräse, etc.) und es sollte der Homogenbereich **ERD 2** herangezogen werden. Eine Lösung durch den Löffelbagger-Einsatz ist vermutlich nicht möglich bzw. unwirtschaftlich. In einem Leistungsverzeichnis sollte der Homogenbereich **ERD 2** in jedem Fall angesetzt werden. Insbesondere aufgrund der Morphologie kann Bodenmaterial des Homogenbereichs **ERD 2** auch relativ oberflächennah anstehen.

Sollten hiervon abweichende Erdbaugeräte zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung zwecks Anpassung der Homogenbereich-Festlegung gebeten.

Homogenbereiche **VER 1**, **VER 2** und **VER 3** nach DIN 18303:2016-09: Bei der potenziellen Einbringung herkömmlicher, nicht einbindender Verbauten für Kanalgräben oder Schachtbauwerke (Einfach- oder Doppelgleitschienenverbauten und/oder Dielenkammerverbauten) 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. Im Festgestein ist der Homogenbereich VER 3 in Ansatz zu nehmen. Die Ausweisung von drei 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.

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 (z. B. Bohrarbeiten).

Erläuterung Tabelle 18

nach alter DIN 18 300	Bodenklasse 1: Bodenklasse 2: Bodenklasse 3: Bodenklasse 4: Bodenklasse 5: Bodenklasse 6: Bodenklasse 7:	Oberboden fließende Bodenarten leicht lösbare Bodenarten mittelschwer lösbare Bodenarten schwer lösbare Bodenarten leicht lösbarer Fels oder vergl. Bodenarten schwer lösbarer Fels
nach DIN 18 196	A OU X/Y GU/GU* GT/GT* UL/TL UM/TM Zv/Z	Auffüllung Schluffe mit organischen Anteilen Steine / Blöcke Kies-Schluff-Gemische Kies-Ton-Gemische leicht plastische Schluffe / Tone mittel plastische Schluffe / Tone Fels verwittert / Fels, allgemein
nach ZTVE-StB	F 1 F 2 F 3	nicht frostempfindlich gering bis mittel frostempfindlich sehr frostempfindlich
Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09 DIN 18303:2016-09	ERD 1 / VER 1+2: ERD 2 / VER 3:	Eigenschaften siehe Tabelle 19 Eigenschaften siehe Tabelle 20

6.5 Homogenbereiche gem. VOB Teil C

Die Festlegung von Homogenbereichen (Tabellen 19 u. 20) erfolgt für die Gewerke Erdarbeiten und Verbauarbeiten im Hinblick auf die anzusetzende Geotechnische Kategorie GK 2. Hintergrund der Zuweisung der Geotechnischen Kategorie sind die orientierend zu untersuchenden allgemeinen Anforderungen zur Grundstückerschließung durch Kanal-/Straßen- und Wohngebäudebau, welche das Bauvorhaben als ´mittel schwierig` einstufen.

Tabelle 19: Kennwerte Homogenbereiche **ERD 1, VER 1 und VER 2**

Kennwert / Eigenschaft	Gewerke Erdarbeiten und Verbauarbeiten	
	ERD 1/VER 1	ERD 1/VER 2
Kornverteilung mit Körnungsbändern	siehe Anlage 3.1 zzgl. Steinanteil	
Definition von Steinen + Blöcken	Auffüllungen: ggf. Bauschutt Geogenbereich: Verwitterungsrelikte	
Anteil Steine und Blöcke	≤ 20 % (Schätzung)	
Anteil große Blöcke	≤ 5 % (Schätzung)	
mineral. Zusammensetzung der Steine und Blöcke	v.a. Tonmergelstein	
Dichte	$\rho_s = 2,65 - 2,85 \text{ g/cm}^3$ (Korndichte)	
Kohäsion	≤ 5 kN/m ² bzw. n. b.	
undrainierte Scherfestigkeit	≤ 150 kN/m ² bzw. n. b.	
Sensitivität	n.b.	
Wassergehalt	~ 5 – 40 % bzw. n. b.	
Konsistenz	weich-breig bis halbfest bzw. n. b.	> halbfest bzw. n. b.
Konsistenzzahl	~ 0,2 bis 1,2 bzw. n. b.	> 1,2 bzw. n. b.
Plastizität	gering bis mäßig bzw. n. b.	
Plastizitätszahl	$I_P \sim 0,10$ bis 0,30 bzw. n. b.	
Durchlässigkeit	ca. $k_f \sim 1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$	
Lagerungsdichte D	~ 0,25 bis ~ 0,65 bzw. n. b.	> 0,65 bzw. n. b.
Kalkgehalt	n. b.	
Sulfatgehalt	gering bzw. n. b.	
Organischer Anteil	< 5 % bzw. n. b.	
Abrasivität	n. b.	
Bodengruppen	A, OU, X, Y, GU*, GT*, GU, GT, UL, UM, TL, TM, Zv	
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, Lösslehme, Verwitterungsbildungen	

n. b. = nicht bestimmt/bestimmbar

Tabelle 20: Kennwerte Homogenbereich **ERD 2** und **VER 3**

Kennwert / Eigenschaft	Gewerke Erdarbeiten und Verbauarbeiten
	Homogenbereich ERD 2 + VER 3
Benennung von Felsen	Tonmergelstein, u. U. Sandmergelstein (Oberkreide – Santon bis Mittelconiac)
Dichte	n.b.
Verwitterung u. Veränderung, Veränderlichkeit	angewittert bis unverwittert, mäßig veränderlich, bzw. n. b.
Kalkgehalt	< 25 % CaCO ₃ bzw. n. b.
Sulfatgehalt	gering bzw. n. b.
Druckfestigkeit	~20 - 140 MN/m ² (Einaxiale Druckfestigkeit in Ab- hängigkeit vom Anwitterungszustand und der Festgesteinsart) bzw. n.b.
Spaltzugfestigkeit	~2 - 14 MN/m ² (Spaltzugfestigkeit in Ab- hängigkeit vom Anwitterungszustand) bzw. n.b.
Trennflächengefüge	Bankung mit Klüftung, Karstspalten mgl. bzw. n.b.
Trennflächenabstand	<< 1 cm - 10 dm (lt. Literatur) bzw. n.b.
Gesteinskörperform	Bankung mit Klüftung
Öffnungsweite der Trennflächen	< 1 cm bis mehrere cm
Kluftfüllung von Trennflächen	Lehm / Ton / Sand
Gebirgsdurchlässigkeit	nur an Trennflächen: hoch (geschätzt insgesamt $k_f = 10^{-3}$ bis 10^{-10} m/s) DIN 18 130: 'stark durchlässig' - 'sehr gering durchlässig' bzw. n.b.
Abrasivität	kaum abrasiv bis schwach abrasiv (LAK 50-250 g/t) bzw. n.b.
ergänzende ortsübliche Bezeichnung	Tonmergelstein

n.b. = nicht bestimmbar / nicht untersucht

7.0 Ingenieurgeologische Hinweise zur Baudurchführung

Aufgabe: Es wurde eine Untersuchung für die Beabsichtigung der Erschließung eines Wohnbaugebietes in Werl-Westönnen veranlasst. Im Rahmen der geplanten Maßnahme waren Untersuchungen für eine Neuverlegung der Kanalisation, die Errichtung eines RRB, für den Straßenneubau und für einen Gebäudebau durchzuführen. Hierfür war es notwendig, die relevanten oberflächennahen Bodenarten zu bestimmen.

Aufgabe war die orient. ingenieurgeologische Erkundung und orient. Bewertung des Untergrundinventars im Rahmen einer Machbarkeitsuntersuchung im geplanten Wohnbaugebiet. Hierauf basierend wurden Aussagen über die Boden-/Grundwasserverhältnisse sowie die Tragfähigkeit gegeben.

Des Weiteren wurde das hydrologische Versickerungspotential sowie die chemische Wiedereinbauzulässigkeit und der potentielle Entsorgungsweg der Böden untersucht.

Abschließend erfolgen nun orientierende Hinweisgebungen zu einem potentiellen Gebäude-/Wohnhausneubau (Kapitel 7.1), zur Verlegung von potentiellen Kanälen in ´offener Bauweise´ (Kapitel 7.2), zur Errichtung eines Regenrückhaltebeckens (Kapitel 7.3) sowie zur Herstellung des Straßenoberbaus der Erschließungsstraßen als ´Neubau´ (Kapitel 7.4).

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.**

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

7.1 Wohngebäudebau

Auf einem bisher als Ackerfläche genutzten Areal östlich der Straße 'Elwieden' in Werl-Westönnen soll bei bautechnischer und wirtschaftlicher Machbarkeit zukünftig ein Wohnbaugebiet entstehen.

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. 20 cm). Es wird zunächst davon ausgegangen, dass die zukünftige GOK der aktuellen GOK gleichgesetzt wird. Es wird von einem rechteckigen Gebäudegrundriss von 12 m x 10 m ausgegangen.

Die frostfreie Gründung ist in der Frosteinwirkungszone I ab 0,80 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-/Lastabtragsniveaus werden folgende Baugrundverhältnisse erwartet:

- Nichtunterkellerung: Nach Abzug der flächig anstehenden organischen Oberböden steht zunächst überwiegend der weiche Lösslehm bzw. der weiche Füll-Lehm an. Erst ab 0,70-1,40 m unter aktueller GOK nimmt die Baugrundgüte zu. Somit werden bei o.g. Höhenannahmen in jedem Fall baugrundverbessernde Maßnahmen erforderlich (z. B. Bodenaustausch).
- Unterkellerung: Auf angenommenem UK KG-Sohlplattenniveau von ca. 2,50 m u. GOK stehen steife bis halbfeste Lösslehme und Verwitterungslehme an, welche in der Regel zum Lastabtrag geeignet sind.

aufgeweichter bzw. aufgelockerter Böden sind zusätzlich aufzunehmen und durch Schotter zu ersetzen. Nach einer ingenieurgeologischen Abnahme des Erdplanums sollte zunächst die Auflage eines Geotextils erfolgen. Unterhalb der Bodenplatte sollte zur Erhöhung der Tragfähigkeit ein 'Schotterpolster' aus Güteschotter mit einer Mindestmächtigkeit von 0,80 bzw. 0,30 m (nur orientierend, da abhängig der Bauwerksdimensionierung und der Lage im Baufeld!) lagig aufgebaut und (dynamisch) verdichtet werden. Das Verdichtungsgerät ist dabei AN-seits derart auszuwählen, dass ein konsistenzverringender Schwingungseintrag in die bindigen/verlehnten Böden auszuschließen ist. Periodisch / bereichsweise können höhere Schotterstärken notwendig werden. Auf dem nachweislich verdichteten Schotterpolster kann die elastische Bettung der Bodenplatte erfolgen.

Bei der Gründung bei einer Nicht-Unterkellerung über Fundamente sollte zunächst ein Erdplanum bis mindestens 0,20 m unter EG-Bodenplatte abgeschoben werden. Restmächtigkeiten organischer und aufgeweichter bzw. aufgelockerter Böden sind zusätzlich aufzunehmen und durch Schotter zu ersetzen. Nach einer ingenieurgeologischen Abnahme des Erdplanums sollte zunächst die Auflage eines Geotextils erfolgen. Unterhalb der Bodenplatte sollte als Sauberkeitsschicht ein 'Schotterpolster' aus Güteschotter mit einer Mindestmächtigkeit von 0,20 m lagig aufgebaut und (dynamisch) verdichtet werden. Das Verdichtungsgerät ist dabei AN-seits derart auszuwählen, dass ein konsistenzverringender Schwingungseintrag in die bindigen/verlehnten Böden auszuschließen ist. Von der OK Arbeitsfläche aus können die Fundamentgräben mit einem Bagger mit 'Schneidbestückung' (u.U. mit 'Zahnbestückung') angelegt werden. Das Geotextil ist dabei sorgsam aufzuschneiden. Die Fundamentgräben sind bis auf die mindestens steifen bis halbfesten Lehme oder besser bis auf die halbfesten/mitteldichten Verwitterungsbildungen auszuheben.

Die Fundamentgräben sollten nach dem Aushub ingenieurgeologisch abgenommen werden. Auf der Sohle der Fundamentgräben sind vorgenannte Böden nachzuweisen. Unmittelbar nach dem Aushub und der Abnahme sollten die Streifenfundamente gegossen werden. Ein längeres 'Offenbleiben' der Fundamentgruben sollte vermieden werden, da ansonsten ein Wassereintritt (Niederschlag- und/oder Hangwasser) möglich ist, welches die Baugrundgüte verschlechtern könnte. Auf den ausgehärteten Tieferführungen könnten die bewehrten Streifenfundamente aufgesetzt werden. Nach der Aushärtung der Fundamente kann die Bodenplatte auf diesen aufgesetzt werden.

Es sollte darauf geachtet werden auf einem homogenen Erdplanum zu gründen, sodass evtl. schädliche Setzungsdifferenzen vermieden werden!

Es sollte darauf geachtet werden auf einem homogenen Erdplanum zu gründen, sodass evtl. schädliche Setzungsdifferenzen vermieden werden!

Allgemeine Maßnahmenvorschläge

Zeitliche Durchführung der Tiefbau- und Gründungsarbeiten: Die Auskofferungs- und Erdplanumsarbeiten sollten möglichst während einer trockenen Wetterlage durchgeführt werden, um keine Aufweichung der bindigen/verlehmtten Böden sowie keine erhöhten Grundwasserstände und einen daraus resultierenden bautechnischen Mehraufwand zu riskieren. Bei Starkregenereignissen und Schneefall sowie während anhaltender Frostperioden sind Stillstandzeiten einzukalkulieren.

Aushub: Sehr wichtig ist, dass der gründungsrelevante Boden durch den Aushub nicht in seiner natürlichen Lagerung gestört wird. Daher muss die Ausschachtung mit einer Baggerschaufel ohne Zähne (‘Schneidbestückung’ / ‘Flachlöffel’) ohne Auflockerungen durchgeführt werden. Es sollte bei der Auskofferung rückschreitend und beim Schottereinbau ‘vor-Kopf’ gearbeitet werden, um die Baufläche nicht durch Fahrzeugbefahrung zu zerstören. Bindige Böden auf Aushubniveau dürfen nicht nachverdichtet werden und sollten nicht befahren werden.

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

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

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

Wasserhaltung: Ausgehend von den Verhältnissen an den Untersuchungstagen (09.09. bis 11.09.2024) wird für das Untersuchungsgebiet eine ‘offene’ oder ggf. ‘verstärkt offene’ Wasserhaltung ausreichend sein um potenzielles Tag- und Hangwasser infolge deutlicher Niederschläge sowie periodisch anfallendes Schichtwasser abzuführen. Es wird die Anlage eines ‘Fangedrains’ hangseitig empfohlen. Zur Absicherung sollten die Grundwasserverhältnisse vor Beginn der Aushubtätigkeiten durch einen oder mehrere Baggerschürfe und durch

Grundwasserstands-Lotungen aktualisiert werden, um die Wasserhaltungsmaßnahmen ggf. anpassen zu können. Es wird zudem angeraten, die Arbeiten in einer niederschlagsmäßig trockenen Periode im Sommer durchzuführen, wenn erfahrungsgemäß relative Grundwasser-Niedrigstände vorliegen.

An dieser Stelle sei erneut auf ggf. zusätzliche Maßnahmen verwiesen, wenn im Plangebiet Felddrainage angetroffen werden sollten.

Böschungen / Verbau: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubenteufen $> 1,25$ m geböscht oder verbaut werden. Das vorliegende Lockergestein kann im entwässerten Zustand unter einem maximalen Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ geböscht werden.

Sofern nachweislich mindestens steif konsistente bindige Böden angeschnitten werden, so können diese bauzeitlich unter einem max. Böschungswinkel von $\beta = 60^\circ$ geböscht werden.

Wassergesättigte Böden dürfen nicht geböscht werden und erfordern einen Verbau nach DIN 4124. Böschungen sind mittels windgesicherter Folie vor Witterungseinflüssen zu schützen. Auf in ausreichender Breite (≥ 2 m) 'lastfrei' zu haltende Böschungs-Oberkanten wird hingewiesen (ausreichender Kran-Abstand, keine Material-Lagerung / Haufwerke / Mieten, etc.).

Sollte ein Böschungen unter Einhaltung des mind. einzuhaltenden Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ nicht möglich sein, ist die Baugrube zu verbauen. Hierzu können maßnahmenbezogene Empfehlungen nachgereicht werden bzw. im Zuge der Detailerkundungen angegeben werden.

Dauerböschung: Dauerböschungen ohne technische Sicherungsmaßnahmen sind flacher zu böschungen und dürfen nicht mit $\beta = 45^\circ$ Böschungswinkel errichtet werden. Gutachterlicherseits wird eine Böschung im Verhältnis von mind. 1:2 bzw. eine Böschung unter einem maximalen Böschungswinkel von max. $\beta = 25^\circ$ empfohlen.

Bei der Ausführung von steilen Böschungen werden weitere Maßnahmen wie bspw. die Einbringung einer 'Stützmauerkonstruktion' notwendig.

Ingenieurgeologische Abnahme: Nach Freilegung des Erdplanums (Bodenplatten-/Fundamentbereich) sollte eine ingenieurgeologische Abnahme erfolgen, um die exakten Bodenverhältnisse zu bestimmen sowie die vorgeschlagenen Gründungsmaßnahmen den konkreten Verhältnissen anzupassen. Insbesondere ist die ausreichende Konsistenz/Lagerungsdichte 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.

Anforderungen an ein Mineralgemisch zum Ausgleich von Massendefiziten:

Das nachfolgend beschriebene Mineralgemisch darf nur für den Ausgleich potenzieller Massendefizite 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 Verdichtbarkeitsklasse V 1 zugehörig ist (V1-Material, max. Lagenmächtigkeit 30 cm). Die zulässigen Materialien werden gutachterlicherseits auf diejenigen der nach DIN 18 196 entsprechenden Bodengruppen GW, GI 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.

Vorgesehenes Einbaumaterial sollte mit dem IB KLEEGRÄFE im Vorfeld hinsichtlich der geforderten bodenmechanischen Leistungen abgestimmt werden. Das eingebaute Material ist auf $D_{Pr} > 100 \%$ Proctordichte zu verdichten. Die Lagenmächtigkeit sollte 0,3 m nicht überschreiten. Auf Oberkante sollte ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 70\text{-}80 \text{ MPa}$ nachgewiesen werden.

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

Bodenplattenunterbau: Der angeratene Bodenplatten-Unterbau sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (Güteschotter, z. B. 0/45 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen, Mindestgüte 'Frostschuttschicht'). Der Schotter sollte nach den 'Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau – Ausgabe 2004/Aktualisierung 2023' (TL Gestein-StB 04/23) 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.

Frostsicherheit: Die frostfreie Gründung des Gebäudes kann in der Frosteinwirkungszone I ab 0,80 m unter zukünftiger GOK erfolgen.

Bei gegebenen Gründungsvorschlägen bei einer geplanten Unterkellerung existiert unter Annahme o. g. Gründungshöhen bereits eine ausreichende Frostsicherheit der Gründungsebene. Bei einer Nichtunterkellerung bei Plattengründung und dem Einbau eines 80 cm mächtigen Schotterpolsters existiert ebenfalls eine ausreichende Frostsicherheit. Bei der Errichtung von gebäudeumlaufenden Streifenfundamenten ist ebenfalls eine Frostsicherheit gegeben, ansonsten wird die Errichtung einer Frostschutzschürze notwendig.

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 $E_{v2} \geq 70 - 80 \text{ MPa}$ nachweisen (abhängig von der statischen Forderung).

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: Die Oberböden, sonstige organische und bindige Böden sind unbehandelt generell nicht wiedereinbaueeignet. In Bereichen zukünftiger Straßen- oder Wegenutzung und Stellplatznutzung sowie setzungsempfindlichen Bereichen sollte ein verdichtungsfähiges Mineralgemisch eingebaut werden.

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

Trockenhaltung der Bauwerke: Eine Beeinflussung der Unterflurbauteile durch Stau-/Hang-/Schichtenwasser ist durch bauliche Maßnahmen zu verhindern. Ausgehend von einer periodischen Beeinflussung der Bodenplatten durch Stau- und Schichtwasser sollten diese entsprechend DIN 18 533 Lastfall W2.1-E ('mäßige Einwirkung von drückendem Wasser $\leq 3 \text{ m}$ Eintauchtiefe') abgedichtet werden. Bemessungswasserstand für den Faktor Stauwasser gemäß DIN 18 533 ist die aktuelle lokale GOK. Die tatsächlich erforderliche Abdichtung ist schließlich abhängig der Bauwerksdimensionierung sowie der Gründung.

Unabhängig hiervon sollten die Hinweise der DIN 18 195 (‘Bauwerksabdichtung’) beachtet werden. Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die ‘Expositionsklassen für Betonbauteile’ zu berücksichtigen. Von statischer Seite ist der Faktor Auftrieb zu berücksichtigen.

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

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

Tabelle 21: Baugrundmodell auf Basis der Untersuchungsergebnisse

Schicht	Eigenschaften	Tiefe (m u. GOK)
1. Mutterboden	organischer zu schützender Oberboden	0,00 - 0,47
2. Füll-/Lösslehm	Bindiger Boden, schwach sandig Konsistenz: weich bis max. weich-steif	0,47 – 1,40
3. Lösslehm	Bindiger Boden, schwach sandig Konsistenz: steif	1,40-2,74
3. Verw.-Lehm	Bindiger Boden Konsistenz: halbfest	2,74-3,10
4. Verw.-Schutt	Gemischtkörniger Boden, bindiger Anteil prägend Lagerung: mitteldicht bis dicht	ab 3,10

Gründungsempfehlung: Plattengründung

Bei den dargestellten Untergrundverhältnissen wird seitens des AN sowohl bei einer geplanten Unterkellerung (U) als auch einer Nichtunterkellerung (NU) die Gründung über eine elastisch gebettete Bodenplatte aufgeführt.

Es wird folgender möglicher Ablauf zur Bodenplattengründung vorgeschlagen:

- Bei einer Unterkellerung und Nichtunterkellerung wird empfohlen, zunächst die Grundwassersituation mittels Baggerschürfen und Grundwasserlotungen vor Ort zu ermitteln und geeignete Maßnahmen zur Grundwasser-/ Niederschlagswasserabführung zu ergreifen (vermutlich ´offene´, ggf. ´verstärkt offene´ Wasserhaltung).
- Anschließend ist großflächig ein Erdplanum bis mind. 0,80 m unter Unterkante EG-Bodenplatte bzw. bis mind. 0,30 m unter KG-Sohlplatte abzuschieben.
- Die anstehenden organischen Oberböden 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 des Erdplanums zu belegen. Restmächtigkeiten organischer sowie aufgeweichter/aufgelockerter Böden sind zusätzlich aufzunehmen und durch Güteschotter zu ersetzen.
- Auflage eines Geotextils auf das Erdplanum (Güte: GRK 3; s. o.). Das Geotextil sollte seitlich bis OK Schotter ´hochgezogen´ werden. Es bewirkt eine Trennung von Erdplanum und dem weiteren Auftragsmaterial und erhöht nachweislich die Verdichtbarkeit und Langlebigkeit der Schotterung.
- Unter der EG-Bodenplatte sind anschließend mind. 0,80 m Güteschotter (Beschaffenheit s.o.) bzw. unter der KG-Sohlplatte mind. 0,30 m Güteschotter zur Homogenisierung des Untergrundes und Bettung der Bodenplatte lagig einzubauen (Lagenmächtigkeit von 0,30 m) und ordnungsgemäß zu verdichten. Das Verdichtungsgerät ist AN-seits derart auszuwählen, dass ein konsistenzverringender Schwingungseintrag in die bindigen Böden auszuschließen ist.
- Der Güteschotter sollte im deutlichen Überstand (> 0,3 m) eingebaut werden, so dass der Lastabtragswinkel von 45° gewährleistet ist.
- Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfungen (statische Lastplattendruckversuche gem. DIN 18134) vor der Gründung kontrolliert werden (Forderung Gründungsplanum auf OK Schotter: $E_{v2} \geq 70 - 80 \text{ MPa}$, 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, müsste - da der Bettungsmodul sich aus der Proportionalität zwischen Sohldruck und Setzung ergibt - theoretisch die Sohldruckverteilung und die Setzungen bereits im Vorfeld bekannt sein, die sich jedoch erst aus den Berechnungsergebnissen ergeben.

Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tabelle 15), das zusammengestellte Baugrundmodell (Tab. 21) 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. 0,30 m mächtigen Schotterpolster aus Güteschotter auf den Verwitterungsbildungen ausgegangen.

Bei g. g. orientierenden Setzungsberechnungen mit dem Programm GGU-Footing wird für die Einflussbreite an der Unterkante der Gründungsplatte eine 'Ersatzfläche' angesetzt (12,0 x 1,0 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 auf $\sigma_{E,k} \sim 140 \text{ kN/m}^2$ begrenzt ($\sigma_{R,d} = 200 \text{ kN/m}^2$).** Das Geotextil ist rechnerisch nicht erfasst. Ein Ansatz von Untergrundnässe erfolgt basierend auf den Untersuchungsergebnissen.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind den Tabellen 22 (Nichtunterkellerung) und 23 (Unterkellerung) zu entnehmen.

Tabelle 22: 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	1,0 x 12,0 m	ca. 1,03 cm	13,6 MN/m ³

Tabelle 23: Orient. Setzungsberechnungen für eine UK (KG-Bodenplatte)

charakteristische Beanspruchung $\sigma_{E,k}$ Unterkellerung (U)	‘Ersatzfläche’	Setzung s	Bettungsmodul k_s
$\sigma_{E,k} \sim 140 \text{ kN/m}^2$ 0,30 m Schotterpolster	1,0 x 12,0 m	ca. 0,60 cm	23,4 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 < 2 cm, was in der Regel nicht zu einer Überbeanspruchung der Bauwerkskonstruktion führt.

Bettungsmodul: Es sollte zunächst ein Bettungsmodul von $k_s = 12,5 \text{ MN/m}^3$ bei einer Nichtunterkellerung bzw. $k_s = 30,0 \text{ MN/m}^3$ im Falle 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.

Gründungsempfehlung: Streifenfundamentgründung

Alternativ kann bei einer Nichtunterkellerung (NU) die Gründung über Streifenfundamente bis auf den mind. steifen-halbfesten Lösslehm oder auf die halbfesten/mitteldichten Verwitterungsbildungen erfolgen. Es werden dadurch geringfügige Tieferführungen notwendig.

Folgend wird ein möglicher zeitlicher Ablauf der Gründungsarbeiten dargestellt:

- Bei einer Nichtunterkellerung wird empfohlen, zunächst die Grundwassersituation mittels Baggerschürfen und Grundwasserlotungen vor Ort zu ermitteln und geeignete Maßnahmen zur Grundwasser-/ Niederschlagswasser-abführung zu ergreifen (vermutlich ‘offene’, ggf. ‘verstärkt offene’ Wasserhaltung).
- Dann sollte die Entfernung des Mutterbodens/Oberbodens erfolgen.
- Auf ‘OK-Erdplanum’ sollte nach Auflage eines Geotextils eine mind. 20 cm mächtige Sauberkeitsschicht bzw. befahrbare Arbeitsfläche aus Güteschotter geschaffen werden. Diese sollte auf die gewählten Maschinen abgestimmt sein um eine Bauverzögerung bzw. einen Mehraufwand zu vermeiden.
- Von der OK Arbeitsfläche aus können die Fundamentgräben mit einem Bagger mit ‘Schneidbestückung’ (u.U. mit ‘Zahnbestückung’) angelegt werden. Das Geotextil ist sorgsam aufzuschneiden.

- Die Fundamentgräben sind bis auf den mind. steifen-halbfesten Lösslehm bzw. bis auf die mind. halbfesten/mitteldichten Verwitterungsbildungen auszuheben.
- Die Fundamentgräben sollten nach dem Aushub ingenieurgeologisch abgenommen werden. Auf der Sohle der Fundamentgräben sind vorgenannte Böden nachzuweisen. Es sollte homogen gegründet werden.
- Unmittelbar nach dem Aushub und der Abnahme sollten die Streifenfundamente gegossen werden. Ein längeres 'Offenbleiben' der Fundamentgruben sollte vermieden werden, da ansonsten ein Wassereintritt (Niederschlag- und/oder Hangwasser) möglich ist, welches die Baugrundgüte verschlechtern könnte.
- Auf den ausgehärteten Tieferführungen könnten die bewehrten Streifenfundamente bzw. die Schalsteine aufgesetzt werden.
- Nach der Aushärtung der Fundamente kann die Bodenplatte auf diesen aufgesetzt werden.

Bodenpressung / Setzungsberechnung (**Streifenfundamente**): Anhand der in der Tabelle 15 angegebenen Bodenkennwerte lassen sich voraussichtliche Setzungen berechnen. Es wurde das Programmsystem GGU-FOOTING eingesetzt. Es wird von einer Gründung der Fundamente auf mindestens steifen-halbfesten Lösslehm ausgegangen. Für die Streifenfundamente wird auf Grundlage der Planunterlagen eine größtmögliche Länge von $l = 12 \text{ m}$ bei üblichen Breiten von $b = 0,3 - 0,8 \text{ m}$ angenommen. In der Tabelle 24 sowie der Anlage 10.1 sind die zu erwartenden Setzungen aufgeführt. **Die maximale Beanspruchung des Baugrundes wird auf Grundlage von Erfahrungswerten zunächst auf $\sigma_{R,d} = 210 \text{ kN/m}^2$ begrenzt.** Unter Berücksichtigung von aktuell nicht vorliegender Statik kann der vorgenannte Wert noch angepasst werden.

Tabelle 24: Setzungsberechnungen Streifenfundamente (Anlage 10.1)

Streifenfundamente ($l = 12 \text{ m}$)		
Einbindung		mind. 0,80 m u. zukünftiger örtlicher GOK
Tieferführung		mit Beton auf mind. steifen-halbfesten Lehm
Bem.-Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$		max. 210 kN/m ²
Gesamtsetzung S_g bei Fundament- breite b	$b: 0,30 \text{ m}$	$S_g: 0,42 \text{ cm}$ (Bettungsmodul $k_s = 34,8 \text{ MN/m}^3$)
	$b: 0,40 \text{ m}$	$S_g: 0,49 \text{ cm}$ (Bettungsmodul $k_s = 29,9 \text{ MN/m}^3$)
	$b: 0,50 \text{ m}$	$S_g: 0,55 \text{ cm}$ (Bettungsmodul $k_s = 26,6 \text{ MN/m}^3$)
	$b: 0,60 \text{ m}$	$S_g: 0,61 \text{ cm}$ (Bettungsmodul $k_s = 24,3 \text{ MN/m}^3$)
	$b: 0,70 \text{ m}$	$S_g: 0,65 \text{ cm}$ (Bettungsmodul $k_s = 22,5 \text{ MN/m}^3$)
	$b: 0,80 \text{ m}$	$S_g: 0,70 \text{ cm}$ (Bettungsmodul $k_s = 21,1 \text{ MN/m}^3$)

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 $< 2 \text{ cm}$, was in der Regel nicht zu einer Überbeanspruchung der Bauwerkskonstruktion führt.

Es sei nochmals angemerkt, dass es sich im Kapitel 7.1 jeweils um orientierende Berechnungen handelt. Diese sollten nicht auf Einzel-Bauvorhaben angewandt werden. Für gebäudespezifische Gründungsempfehlungen werden ergänzende Untersuchungen notwendig.

7.2 Kanalbau

Im Zuge der Erschließung des Wohngebietes wird vermutlich die Installation von Regen- und Schmutzwasserkanälen geplant / vorgesehen werden. Dem IB KLEEGRÄFE liegen keine Informationen über geplante Ausbautiefen oder Durchmesser der Kanäle vor. Planerische Angaben zu den Tiefen der Schachtbauwerke liegen dem IB KLEEGRÄFE ebenfalls nicht vor. Es wird zunächst von einem Trennsystem ausgegangen. Für den Schmutzwasserkanal werden Steinzeugkanäle mit Nenndurchmessern von DN 250 angenommen. Die Regenwasserkanäle erhalten Nenndurchmesser von DN 300 bis DN 600 und werden in Betonbauweise angenommen.

Es wird ein ´Verlegefenster´ für die Regenwasserkanäle von 1,5 m u.GOK (+/- 0,3 m) und für die Schmutzwasserkanäle von 2,5 m u.GOK (+/- 0,3 m) betrachtet. Es wird von einer Neuverlegung in ´**offener Bauweise**´ ausgegangen.

Sollten diese Annahmen nicht zutreffen wird um Mitteilung gebeten um die Hinweisgebungen entsprechend anpassen zu können.

Auf Grundlage des o. g. ´Verlegefensters´ werden die in den Tabellen 25 und 26 aufgeführten Boden- und Grundwasserverhältnisse in der Kanaltrasse erwartet.

Regenwasserkanal (RWK)

Tabelle 25: Boden-/Grundwasserverhältnisse auf **angenommenem** Sohlniveau des RWK

Bereich	Ist-GOK	Plansohle 1,50 m u. GOK +/- 0,30 m	Boden auf Plansohle ¹⁾
BS 1	+86,76	+85,26	steifer Lösslehm
BS 2	+88,68	+87,18	steifer Lösslehm
BS 3	+87,11	+85,61	steifer Lösslehm
BS 4	+88,34	+86,84	steifer Lösslehm
BS 5	+87,57	+86,07	steifer Lösslehm
BS 6	+88,77	+87,27	steifer Lösslehm
BS 7	+89,94	+88,44	steifer Lösslehm
BS 8	+88,27	+86,77	steifer Lösslehm
BS 9	+89,60	+88,10	steifer Lösslehm
BS 10	+89,36	+87,86	steifer Lösslehm
BS 11	+89,63	+88,13	steifer Lösslehm
BS 12	+91,18	+89,68	steifer Lösslehm
BS 13	+90,45	+88,95	steifer Lösslehm
BS 14	+91,35	+89,85	steifer Lösslehm
BS 15	+90,87	+89,37	steifer Lösslehm

Angaben in m u. GOK / m NHN; **unmittelbar gründungsg geeignet**

¹⁾ basierend auf den punktuellen Aufschlüssen. Zwischenbereiche können u. U. davon abweichen

Schmutzwasserkanal (SWK)

Tabelle 26: Boden-/Grundwasserverhältnisse auf **angenommenem** Sohlniveau des SWK

Bereich	Ist-GOK	Plansohle 2,50 m u. GOK +/- 0,30 m	Boden auf Plansohle ¹⁾
BS 1	+86,76	+84,26	halbfester Lösslehm
BS 2	+88,68	+86,18	steifer-halbfester Lösslehm
BS 3	+87,11	+84,61	halbfester Verwitterungslehm
BS 4	+88,34	+85,84	halbfester Lösslehm/ halbfester Verw.-Lehm
BS 5	+87,57	+85,07	halbfester Lösslehm
BS 6	+88,77	+86,27	steifer-halbfester Lösslehm
BS 7	+89,94	+87,44	steifer-halbfester Lösslehm
BS 8	+88,27	+85,77	steifer-halbfester Verw.-Lehm
BS 9	+89,60	+87,10	steifer-halbfester Lösslehm
BS 10	+89,36	+86,86	steifer-halbfester Lösslehm
BS 11	+89,63	+87,13	steifer-halbfester Lösslehm
BS 12	+91,18	+88,68	steifer-halbfester Lösslehm
BS 13	+90,45	+87,95	steifer-halbfester Lösslehm
BS 14	+91,35	+88,85	steifer-halbfester Lösslehm
BS 15	+90,87	+88,37	steifer-halbfester Lösslehm

Angaben in m u. GOK / m NHN; **unmittelbar gründungsg geeignet**

¹⁾ basierend auf den punktuellen Aufschlüssen. Zwischenbereiche können u. U. davon abweichen

Boden-/Grundwasserverhältnisse Kanalsohlen: Auf dem Sohlniveau der Schachtbauwerke und der Kanäle werden im Trassenbereich der Plankanäle steifer bis halbfest konsistenter Löss- und Verwitterungslehm anstehen. Insgesamt weisen die Böden keinen nennenswerten Verbesserungsbedarf auf und sind – bis auf die Herstellung einer ‘Sowieso-Bettung’ – **unmittelbar gründungsg geeignet**.

Bei den zu erreichenden Aushubtiefen kann eine zumindest periodische Stau-/ Schicht- oder Hangwasserbeeinflussung der Kanalgräben/Schachtbauwerke nicht ausgeschlossen werden.

Für den Faktor ‘Auftrieb’ ist rechnerisch ein Stauwasseransatz bis ca. in Höhe der aktuellen Geländeoberkante heranzuziehen (s. Kap. 3.0).

Nachfolgend werden die vorzuschlagenden Maßnahmen für die Plantrassen tabellarisch kurz zusammengefasst (Tabellen 27 und 28):

Tabelle 27: Maßnahmen für RWK-Verlegung in ´offener Bauweise´

Kanal / Trasse	RW-Kanal (DN 300 - 500 B)	RW-Kanal (DN 600 B)
Wasserhaltung	´offene´ Wasserhaltung	
Verbau	Normverbau	
Gründung / Rohrbettung	15 cm Schotterpolster 0/32 mm	20 cm Schotterpolster 0/32 mm
Rohrleitungszone	Schotter 0/32 mm	
Grabenverfüllung	V 1-Material gem. ZTV-A StB	
Verdichtung im Graben	dynamisch	
Verdichtung im Oberbau	dynamisch	

Tabelle 28: Maßnahmen für SWK-Verlegung in ´offener Bauweise´

Kanal / Trasse	SW-Kanal (DN 250 Stz)
Wasserhaltung	´offene´ Wasserhaltung
Verbau	Normverbau
Gründung / Rohrbettung	15 cm Kies-Sand-Gemisch 0/8 mm oder 0/16 mm
Rohrleitungszone	Kies-Sand-Gemisch 0/8 mm oder 0/16 mm
Grabenverfüllung	V 1-Material gem. ZTV-A StB
Verdichtung im Graben	dynamisch
Verdichtung im Oberbau	dynamisch

Maßnahmenvorschläge:

Baureifmachung: Gegebenenfalls vorhandene Felddrainagen sind zu identifizieren / zu bergen und potenzielle Wässer aus höher gelegenen Arealen um die in Bearbeitung befindlichen Baufelder schadlos herum zu leiten.

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 Starkregenereignissen, Hochwasser und Schneefall sowie 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.

Beweissicherungsverfahren: Aufgrund der randlichen Bebauung und der Nähe zu bestehenden Versorgungsleitungen (u. a. Telekommunikation, Wasser, ggf. weitere) wird zur Vermeidung möglicher rechtlicher Auseinandersetzungen die Durchführung eines vorlaufenden Beweissicherungsverfahrens empfohlen (nach DIN EN ISO 18674-1).

Wasserhaltung: Ausgehend von den Verhältnissen an den Untersuchungstagen (09.09. bis 11.09.2024) wird für das Untersuchungsgebiet eine 'offene' oder ggf. 'verstärkt offene' Wasserhaltung ausreichend sein um potenzielles Tag-/ und Hangwasser infolge deutlicher Niederschläge sowie periodisch anfallendes Schichtwasser abzuführen. Es wird ggf. die Anlage eines 'Fangedrains' empfohlen. Zur Absicherung sollten die Grundwasserverhältnisse vor Beginn der Aushubtätigkeiten durch einen oder mehrere Baggerschürfe und durch Grundwasserstand-Lotungen aktualisiert werden, um die Wasserhaltungsmaßnahmen ggf. anpassen zu können. Es wird zudem angeraten, die Arbeiten in einer niederschlagsmäßig trockenen Periode im Sommer durchzuführen, wenn erfahrungsgemäß relative Grundwasser-Niedrigstände vorliegen.

An dieser Stelle sei erneut auf ggf. zusätzliche Maßnahmen verwiesen, wenn im Plangebiet Felddrainage angetroffen werden sollten.

Auftriebssicherheit: Aufgrund der stauenden Böden ist der Faktor Auftrieb bis zum diesbezüglichen Bemessungswasserstand zu berücksichtigen (siehe Kapitel 3). Die Auftriebssicherheit beträgt mind. $n_a = 1,1$.

Verbau / Böschungen: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubenteufen $> 1,25$ m geböscht / verbaut werden. Das vorliegende Lockergestein kann im nicht wassererfüllten bzw. entwässerten Zustand unter einem maximalen Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ geböscht werden. Sollten mindestens steif konsistente, bindige Böden angeschnitten werden, können diese unter maximal $\beta = 60^\circ$ geböscht werden. Bei Unklarheiten hinsichtlich der KonsistenzEinstufung ist der Bodengutachter hinzuzuziehen.

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

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

Dort, wo die Trasse in der Nähe einer Verkehrsstraße verläuft, sollte die Kanaltrasse nicht geböscht, sondern verbaut werden. Dort wo keine Gefährdung von Bauwerken und/oder Gebäuden existiert, kann ein herkömmlicher Verbau nach DIN 4124 (‘Normverbau’) eingebracht werden.

Dort, wo deutliche Verlegetiefen zu erreichen sein werden, sollten anstelle raumgreifender Böschungen platzsparende Verbauten eingesetzt werden.

Die in Tabelle 17 (bodenmechanische Kennwerte) aufgeführten Werte sollten grundsätzlich zur Bemessung eines Verbaus herangezogen werden.

In längeren zusammenhängenden Abschnitten ohne querende Leitungen **bzw. nahe kritische 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.

Schneidbestückung / Bodenlösung: Sehr wichtig ist, dass das Aushubplanum durch die Auskofferung nicht in seiner Lagerung / Konsistenz gestört wird. Daher sollte der Aushub im Homogenbereich ERD 1 soweit möglich mit einem Baggerlöffel mit ‘Schneidbestückung’ erfolgen, um eine unnötige Auflockerung des Bodens zu verhindern. Der Aushub sollte vorzugsweise ‘rückschreitend’ und der Einbau von Schotter/Kies-Sand-Gemisch ‘vor Kopf’ durchgeführt werden.

Ggf. ist eine Lösung der dicht gelagerten bzw. halbfest konsistenten Verwitterungsböden nur mit einem kräftigen Bagger mit ‘Zahnbestückung’ möglich.

Bindige bzw. verlehnte ($> 15\%$ Korngröße $< 0,063\text{ mm}$) Böden auf Aushubniveau dürfen nicht ohne Weiteres nachverdichtet werden und sollten nicht befahren werden. Aufgrund der Nässe sensibilität ist der bindige/stark verlehnte Boden nach Freilegung und Abnahme unmittelbar mit Schotter anzudecken. Zuvor sollte auf das freigelegte Erdplanum ein Geotextil aufgelegt werden (Vorschlag: GRK 3). Störungen der natürlichen Lagerung sowie Aufweichungen sind aufzunehmen und durch Schotter zu ersetzen.

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

Gründung / Rohraufleger: Bei der Kanalverlegung sind die Vorgaben der DIN EN 1610 (*Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen*) sowie das technische Merkblatt DWA-A 139 (*Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen*) zu beachten.

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

Ergänzend empfiehlt die 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 angenommenen Nenndurchmessern der Betonkanäle von DN 300 – DN 500 ist ein Güteschotter-Unterbau in der Mindeststärke von $d = 0,15\text{ m}$ (*untere Bettung*) gemäß Bettung Typ 1 n. DWA-A 139) zu empfehlen.

Bei einem Nenndurchmesser von DN 600 empfiehlt der AN einen Güteschotter-Unterbau in der Mindeststärke von $d = 0,20\text{ m}$.

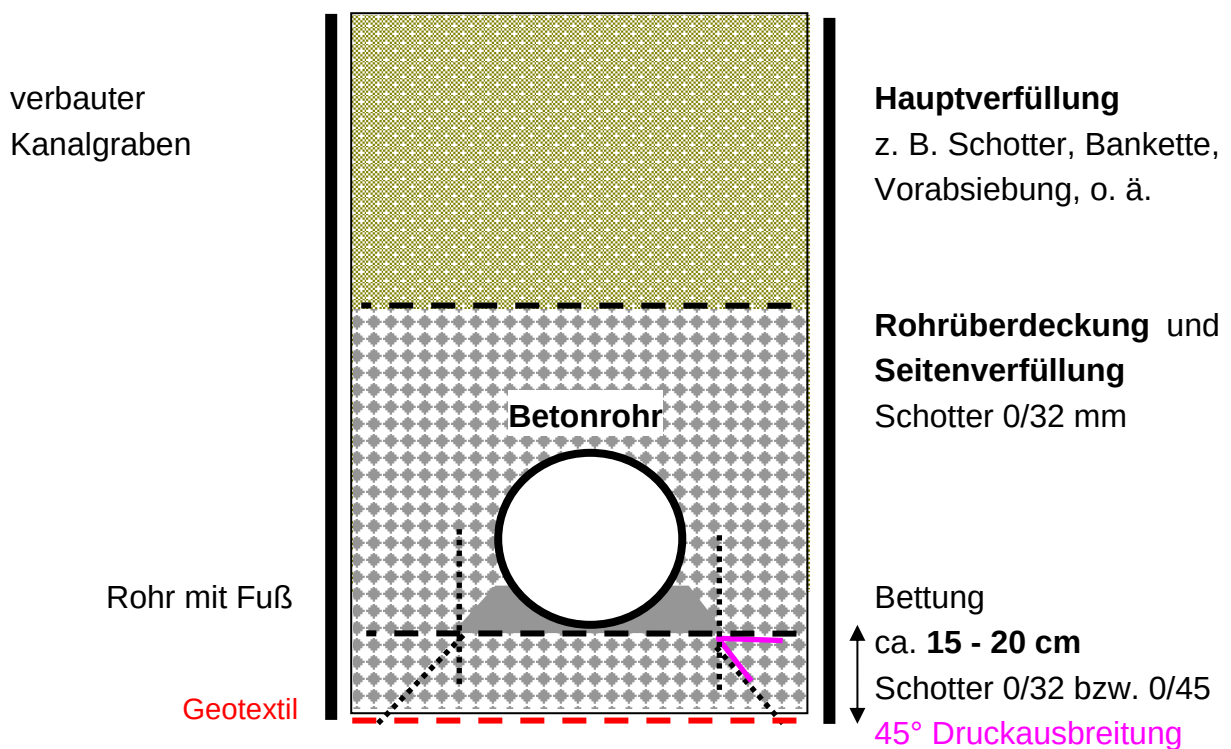
Bei (Beton)Rohrdurchmessern von DN 200-600 ist eine Bettung aus verdichtungsfähigem Material mit einem Größtkorn von $< 40\text{ mm}$ herzustellen (z. B. 0/32 mm Güteschotter). Ab Durchmessern größer DN 600 kann auch ein gröberes Größtkorn z. B. 0/45 mm zugelassen werden. Im Bereich der RW-Kanaltrassen kann bei einer Bauweise mit Betonrohren ein entsprechendes Mineralgemisch eingesetzt werden. Bei der Verwendung von Kunststoffrohren wird die Verwendung eines 0/8 mm oder 0/16 mm Kies-Sand-Gemisches favorisiert (hier nicht näher betrachtet).

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.

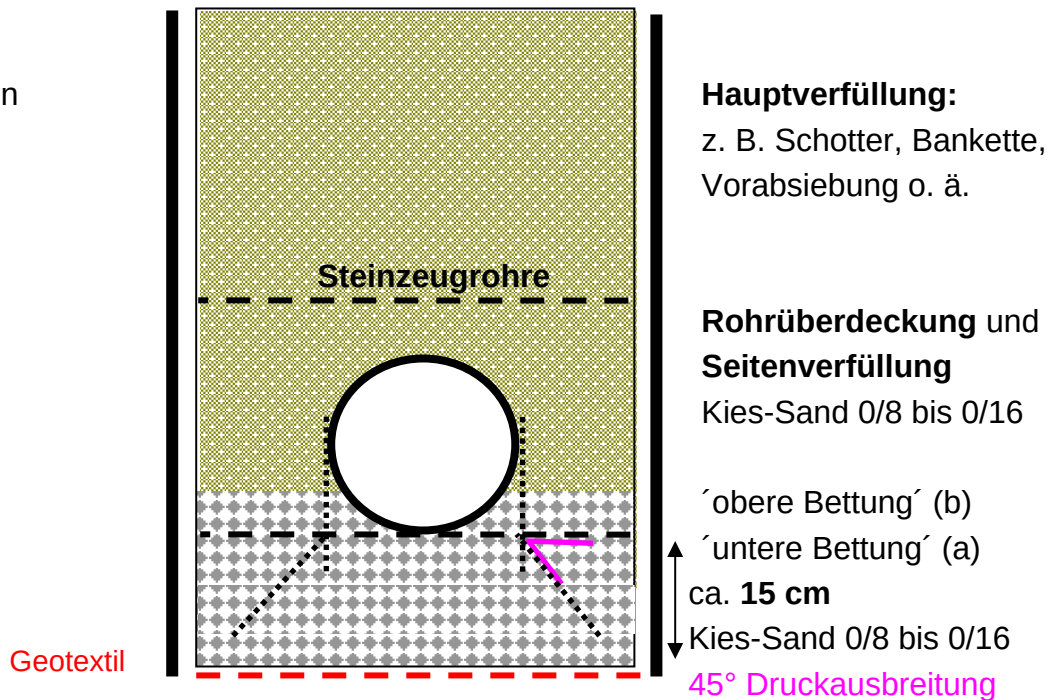
Die empfohlenen Verfahren für die Verlegung von **Regenwasserkanal** und **Schmutzwasserkanal** sind unten schematisch und unmaßstäblich skizziert.

OK Kanalgrabenverfüllung = UK RStO-Aufbau



OK Kanalgrabenverfüllung = UK RStO-Aufbau

verbauter
Kanalgraben



Gründung: Die Böden im Gründungsbereich weisen, basierend auf den aktuellen Untergundaufschlüssen, innerhalb der aktuellen Plantrasse keinen Verbesserungsbedarf auf.

Für die Gründung wird eine Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht in einer Stärke von 15 cm bzw. 20 cm notwendig werden.

Sollten auf Erdplanum wider Erwarten aufgeweichte, aufgelockerte oder organische Böden anstehen, sind diese zusätzlich aufzunehmen und gegen Schotter auszutauschen. Der Sohlbereich sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden.

Die bodenverbessernden Maßnahmen sind abhängig vom den tatsächlichen Untergrundverhältnissen im Bereich des Sohlniveaus und sollten im Zuge einer ingenieurgeologischen Abnahme vor Ort festgelegt sowie vorab in Versuchs- und Probefeldern konkretisiert werden (Mächtigkeit Schotterpolster).

Bei aufgelockerten weitgestuften Kiesen oder Kies-Sand-Gemischen mit einem geringen Feinkornanteil (< 15 % Korndurchmesser < 0,063 mm) sind Nachverdichtungsarbeiten zur Untergrundverbesserung u. U. ausreichend.

Das Einlegen eines Geotextils (GRK 3) unter dem Bettungspolster (einschließlich seitlichem ´hochziehen´ und ´umschlagen´) wird aufgrund der prägenden bindigen Anteile gutachterlicherseits empfohlen.

Schotter-Material 0/32 mm: Das Auftragsmaterial zur Gründung bzw. das Ersatzmaterial bei einem Bodenaustausch sollte im Bereich des Betonkanals aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (z. B. 0/32 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen). Der Schotter sollte nach den ´*Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau - Ausgabe 2004/Fassung 2023*´ (TL Gestein-StB 04/23) 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.

Rohrleitungszone und Grabenverfüllung: Unter Beachtung des oberhalb der Kanaltrasse verlaufenden Verkehrsweges wird zur Vermeidung von späteren Setzungsdifferenzen empfohlen, den Kanalgraben mit einem raumbeständigen und verdichtungsfähigen Material (Verdichtbarkeitsklasse V1 gem. ZTV-A) zu verfüllen. In Frage für ein Mineralgemisch kommen hier z. B. Güteschotter, Vorabsiebungsmaterial, Bankettenmaterial, Kies-Sand-Gemische bzw. Mischungen der vorgenannten Baustoffe. Die Einbaubedingungen der EBV für MEBs sind zu beachten.

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

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: Geotextil-robustheitsklasse GRK 3, mechanisch verfestigt, Flächengewicht $\geq 150 \text{ g/m}^2$, Stempeldurchdrückkraft $F_{P, 5\%} \geq 1,5 \text{ kN}$, Dyn. Durchschlagsversuch 22 mm nach DIN EN ISO 13433, Höchstzugkraft MD – 6 kN/m, Höchstzugkraft CMD - 10 kN/m, Höchstzugkraftdehnung MD - 80 %, Höchstzugkraftdehnung CMD - 60 % jeweils nach DIN EN ISO 10319, Wasserdurchlässigkeit $V_{IH} 50 - 1,00^{-1} \text{ m/s}$).

Durch das Geotextil erfolgt eine Trennung von bindigem Erdplanum und aufzubringendem Material, was die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit überlagernder Mineralgemischlagen deutlich verbessert.

Bodenpressung: Es sollte eine einheitliche max. 'Bodenpressung' $\sigma_{zul.}$ auf dem Gründungsniveau von $\sigma_{E,k} = 180 \text{ kN/m}^2$ 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 $E_{v2} = 60 - 80 \text{ MPa}$ erreicht werden. Die ausreichende Verdichtung der Grabenverfüllung sollte ebenfalls mittels (statischen) (Last-)Plattendruckversuchen und Rammsondierungen nachgewiesen werden.

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.

7.3 Hinweisgebungen zur RRB-Errichtung

Planung: Es wird überlegt das Regenrückhaltebecken im nordwestlichen Grundstücksbereich im Bereich der BS 1/GWM 1 zu errichten. Detaillierte Planunterlagen liegen dem IB KLEEGRÄFE zum aktuellen Zeitpunkt nicht vor. Nach RRB-Errichtung soll der Überflurbereich aller Wahrscheinlichkeit nach wie bisher genutzt werden. Es wird eine Sohltiefe von ca. 3,50 m u. GOK und eine Abmessung von 6 m x 5 m geschätzt.

Verlegungen / Rückbau: In einem ersten Schritt müssen alle das Baufeld querenden sowie im Nahbereich des Baufeldes befindlichen potenziellen Ver- / Entsorgungsleitungen umgelegt werden.

Relevante Höhendaten: Beim aktuellen Stand der Planung existieren noch keine exakte Baufeldkennzeichnung sowie keine RRB-Sohltiefen. Es wird von einer Sohltiefe von 3,50 m u. GOK und einer Unterkante Bauwerk von 3,75 m u. GOK ausgegangen.

Bodenverhältnisse auf Gründungsniveau: Die Unterkante des Kastenbauwerks kommt unter Berücksichtigung des Baugrundmodells aus Kapitel 7.1 im Bereich der halbfesten bzw. dichten Verwitterungsbildungen zu liegen. Diese bieten in der Regel

Grundwasser wurde am Stichtag (09.09. bis 11.09.2024) nicht festgestellt. Auch in der ausgebauten Grundwassermessstelle GWM 1 konnte kein Wasserstand gelotet werden. Der Bemessungswasserstand wurde insbesondere aufgrund des Staunäsepotentials wurde in Höhe der aktuellen GOK festgelegt.

Gründungsvorschlag: Empfohlen wird eine Gründung des Fertigteilbauwerks bzw. der Bodenplatte auf einer mind. 30 cm mächtigen Sauberkeitsschicht aus Güteschotter auf den dichten bzw. halbfesten Verwitterungsbildungen. Sollten detaillierte Planunterlagen vorliegen kann g. g. Gründungsvorschlag angepasst werden.

Aufgrund des hohen Staunässepotentials der Böden und aufgrund der festgestellten geringen Versickerungsleistung muss ein Anschluss des RRB an das Kanalnetz erfolgen.

Maßnahmenvorschläge:

Da die genaue Lage und Dimensionierung des Bauwerks zum aktuellen Zeitpunkt nicht bekannt ist müssen detaillierte Hinweisgebungen nachgereicht werden.

Bemessungswasserstand: Von der Statik sollte ein Bemessungswasserstand in Höhe der aktuellen Geländeoberkante berücksichtigt werden.

Unterbau: Grundsätzlich sollte nach Freilegung des RRB-Sohlbereiches eine ingenieurgeologische Abnahme erfolgen, um die im Folgenden empfohlenen Maßnahmen hinsichtlich ihrer zielgerichteten Anwendungseignung zu überprüfen.

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.

Bauzeitliche Wasserhaltung: (siehe Kap. 7.1 und 7.2)

Auftriebssicherheit: Aufgrund des Staunässepotentials ist der Faktor ´Auftrieb´ zu berücksichtigen. Die Auftriebssicherheit sollte fachgerecht durch den Statiker ermittelt und überprüft werden.

Böschungen / Verbau: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubentiefen $> 1,25\text{ m}$ geböscht oder verbaut werden. Das vorliegende Lockergestein kann im entwässerten Zustand unter einem maximalen Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ geböscht werden.

Wassergesättigte Böden dürfen nicht geböscht werden und erfordern einen Verbau nach DIN 4124. Böschungen sind mittels windgesicherter Folie vor Witterungseinflüssen zu schützen. Auf in ausreichender Breite (≥ 2 m) 'lastfrei' zu haltende Böschungs-Oberkanten wird hingewiesen (ausreichender Kran-Abstand, keine Material-Lagerung / Haufwerke / Mieten, etc.).

Sollte ein Böschchen unter Einhaltung des mind. einzuhaltenden Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ nicht möglich sein, ist die Baugrube zu verbauen. Hierzu können maßnahmenbezogene Empfehlungen nachgereicht werden bzw. im Zuge der Detailerkundungen angegeben werden.

Bodenlösung: Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Lockergesteinsböden weitgehend mittels Löffelbagger-Einsatzes möglich sein wird (siehe Homogenbereich ERD 1 Kap. 6.3). Um Auflockerungen zu verhindern sollten die Böden mit 'Schneidbestückung' gelöst werden.

Trockenhaltung / Wassereinwirkung: Die Unterflurbauteile des RRB unterliegen einer permanenten außenseitigen Untergrundwasser-Beeinflussung. Die Nässebeeinflussung muss bei der Auswahl der Betonsorte (bei Kastenbauwerk, Drosselbauwerk, etc.) berücksichtigt werden (Stichworte: Expositionsklassen). Zuvor sollte eine Untersuchung des Grundwassers auf seine betonangreifende Wirkung veranlasst werden.

Erdberührte Bauteile sind gemäß DIN 18 533 Lastfall W2.1-E ('mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Wassersäule') bzw. Lastfall W2.2-E ('hohe Einwirkungen von drückendem Wasser > 3 m Wassersäule') abzudichten. Unabhängig hiervon sollten die Hinweise der DIN 18 195 ('Bauwerksabdichtung') beachtet werden. 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.).

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 $F_{P,5\%} \geq 1,5$ kN; Bemessungsfall AS 3/AB 2). Durch das Geotextil erfolgt eine Trennung von Erdplanum und aufzubringendem Schotter, was die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit des darüber aufzubauenden Schotterpolsters nachweislich erhöht.

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 den 'Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau - Ausgabe 2004' (TL Gestein-StB 04/23, aktuelle Ausgabe) 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.

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.

Frostsicherheit: Die frostfreie Gründung des Gebäudes kann in der Frosteinwirkungszone I ab 0,8 m unter zukünftiger GOK erfolgen. Bei o. g. Annahmen existiert eine Frostsicherheit.

Lagerungsdichteüberprüfung: Die Verdichtung des Gründungsplanums sollte vor den Gründungsarbeiten mittels (dynamischen) Plattendruckversuchen überprüft und kontrolliert werden ($E_{v2} \sim 70-80 \text{ MPa}$, abhängig von der statischen Forderung).

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

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 ggf. kurzfristig eine Anpassung der zu treffenden Maßnahmen gegeben werden.

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: (siehe Kap. 7.1)

7.4 Straßenbau

Planung: Im Weiteren sollen potentielle Straßen/Wohnwege/Grundstückerschließungen innerhalb des Baugebietes errichtet werden. Auch hier liegen dem AN keine Detailplanungen vor. Das IB KLEEGRÄFE geht von orientierenden Annahmen aus.

Zugrundeliegende Richtlinie: *‘Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen’ - RStO 12/24* (FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement, Ausgabe 2012/Fassung 2024).

Einstufung Belastungsklasse (Annahme): Angaben zu den Belastungsklassen liegen nicht vor. Nach der RStO 12/24 sind die potentiell zu errichtenden Straßen vermutlich der Belastungsklasse *‘Wohnweg / Wohnstraße’ (Bk0,3)* zugehörig. Sollte die Einstufung der Belastungsklasse nicht zutreffen, wird um Rückmeldung zwecks Empfehlungsanpassung gebeten.

Verhältnisse auf Planum: Das Erdplanum führt nach Abzug der organischen Oberböden bindige Füll-/Lösslehme und sollte einheitlich und *‘auf der sicheren Seite liegend’* in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (*‘sehr frostempfindlich’*) eingestuft werden. Nach der ZTVE-StB sind Frostschutzmaßnahmen grundsätzlich erforderlich. → **Ausgangswert ist eine Stärke des frostsicheren Oberbaus von 50 cm** im Bereich der Fahrstraße in der **Bk0,3**.

Mehr-/Minderdicken gem. Tabelle 14 RStO 12/24: Das Areal wird in die Frosteinwirkungszone II gestellt. Es ergibt sich damit die Notwendigkeit einer diesbezüglichen *‘Mehrdicke’* von 5 cm. Weitere kleinräumige Klimaunterschiede werden nicht berücksichtigt.

Nach den *‘Wasserverhältnissen im Untergrund’* ergibt sich nach der RStO 12/24 eine Notwendigkeit des Zuschlags einer *‘Mehrdicke’* von 5 cm, da *‘Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum’* anzunehmen, bzw. nicht auszuschließen ist.

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

Es wird angenommen, dass Entwässerungseinrichtungen (über Abläufe und Rohrleitungen) bei der Planung der Straßenbaumaßnahme berücksichtigt werden. Diesbezüglich kann eine Minderdicke geltend gemacht werden. Sollte die Entwässerung der Fahrbahn lediglich über Mulden, Gräben bzw. Böschungen erfolgen, kann die g. g. Minderdicke nicht angesetzt werden.

Dicke des frostsicheren Straßenaufbaus: Die Dicke des frostsicheren Oberbaus ist der Tabelle 29 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 29: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus

Bereich	Fahrstraße
Einstufung (Annahme)	Bk0,3*
Frostempfindlichkeitsklasse	F 3-Boden
Mindestdicke nach RStO 12/24	50 cm
Mehrdicke nach RStO 12/24	+ 5 cm (Frosteinwirkungszone I und Stau- / Schichtenwasser)
Minderdicke nach RStO 12/24	- 5 cm (Entwässerungseinrichtungen)
Gesamtdicke des frost-sicheren Aufbaus nach RStO 12/24	50 cm

* = vorbehaltlich anderweitiger planerischer Bk-Einstufung

Fazit: Bei der Planstraße handelt es sich um eine Straße die als ´Wohnweg/ Wohnstraße´ vermutlich der Belastungsklasse Bk0,3 zuzuordnen ist. Nach der vollständigen Entfernung des organischen Oberbodens gründet die Straße auf bindigen Auffüllungen und/oder Lösslehm, die ´auf der sicheren Seite´ in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 einzustufen sind (´sehr frostempfindlich´). Aufgrund dieser Rahmenbedingungen ist nach der RStO 12/24 eine Mindeststärke des frostsicheren Oberbaus von 50 cm zu bemessen.

Hinweise zur Errichtung im Vollausbau (Straßenbau)

Zeitliche Durchführung: Es wird angeraten, die Arbeiten in einer erfahrungsgemäß trockenen Witterungsperiode durchzuführen, um hinsichtlich möglicher Aufweichungen des Erdplanums keinen erhöhten bautechnischen Aufwand betreiben zu müssen.

Wasserhaltung: Grundwasser wurde an den Untersuchungstagen (09.09. und 11.09.2024) nicht oberhalb der Trassensohle angetroffen. Bei Verhältnissen wie am Untersuchungstag wird die Vorhaltung bzw. der Einsatz einer ´offenen Wasserhaltung´ ausreichend sein um ggf. anfallendes Stau- und Tagwasser auffangen und abführen zu können.

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

Errichtung / Straßenaufbau: Zunächst sollte ein Erdplanum bis mind. ca. 0,50 m unter zukünftiger Straßen-Oberkante (RStO-Regelaufbau) + ggf. Untergrundverbesserung ausgehoben werden.

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

Der weitere Oberbau-Aufbau der Verkehrsflächen hat nach der ´Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen´ (RStO 12/24) zu erfolgen.

Feinplanum: Die Herstellung eines Feinplanums (bzw. Planum der Untergrundverbesserung) sollte mit einem Löffelbagger mit sog. ´Schneidbestückung´ erfolgen, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden.

Einbau eines Geotextils: Im gesamten Trassenbereich sollte zunächst die flächige Auflage eines Geotextils erfolgen um eine Umlagerung des Feinkornanteils zu unterbinden. Sinnvoll erscheint der Einbau eines Geotextils der **Geotextil-robustheitsklasse GRK 5** (mechanisch verfestigt, Flächengewicht > 300 g/m²; Stempeldurchdrückkraft $> 3,5$ kN). Durch das Geotextil erfolgt eine Trennung von bindigem Erdplanum und aufzubringendem Schotter, was die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit des Schotters nachweislich erhöht.

Verdichtungsüberprüfungen und Unterbauverbesserung: Auf dem Erdplanum sind die nach RStO 12/24 geforderten Verformungsmoduln durch statische Verdichtungsüberprüfungen (statische Lastplattendruckversuche gem. DIN 18 134) nachzuweisen. Die RStO 12/24 setzt auf dem **Erdplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45$ MPa** voraus.

Auf den stark verlehmtten Erdplanumsböden ist davon auszugehen, dass vorgenannter Verformungsmodul nicht erzielt werden kann. Verlehmtte / bindige Böden auf Erdplanum sollten nicht (direkt) dynamisch nachverdichtet werden, da hierdurch die Bodenstruktur zerstört wird. Hier werden Untergrundverbesserungen erforderlich.

Untergrundverbesserungen sollten zunächst vorab für 100 % der zu erstellenden Flächen einkalkuliert werden.

Die vorzunehmenden Verbesserungen sind abhängig von den tatsächlichen Verhältnissen auf Erdplanum. Details sind durch eine ingenieurgeologische Abnahme vor Ort festzulegen sowie in Versuchs- und Probefeldern zu konkretisieren. Es sollte vorab mit einer Untergrundverbesserung von ca. 20-30 cm kalkuliert werden. Nach der RStO darf die Untergrundverbesserung nicht auf die Dicke des frostsicheren Aufbaus angerechnet werden.

Verformungsmodul auf Schotterplanum: Für schwarzdeckenversiegelte Fahrwege wird nach der RStO 12/24 ein Verformungsmodul von mindestens **$E_{v2} = 100 \text{ MPa}$** (Bk0,3; Errichtung in Anlehnung an RStO 12/24, Tafel 1, Zeile 1) gefordert.

Für Pflasterbauweisen ergibt sich in der Belastungsklasse Bk0,3 (Annahme: Tafel 3, Zeile 1) der Nachweis eines Verformungsmoduls von mindestens **$E_{v2} = 120 \text{ MPa}$** auf der Oberkante Schottertragschicht. Auf der Oberkante Frostschutzschicht ist ein Verformungsmodul von mindestens **$E_{v2} = 100 \text{ MPa}$** nachzuweisen.

Die Verformungsmodul-Forderungen der RStO 12/24 sollten mittels statischen Lastplattendruckversuchen (gem. DIN 18 134) flächendeckend auf dem Schotterplanum nachgewiesen werden.

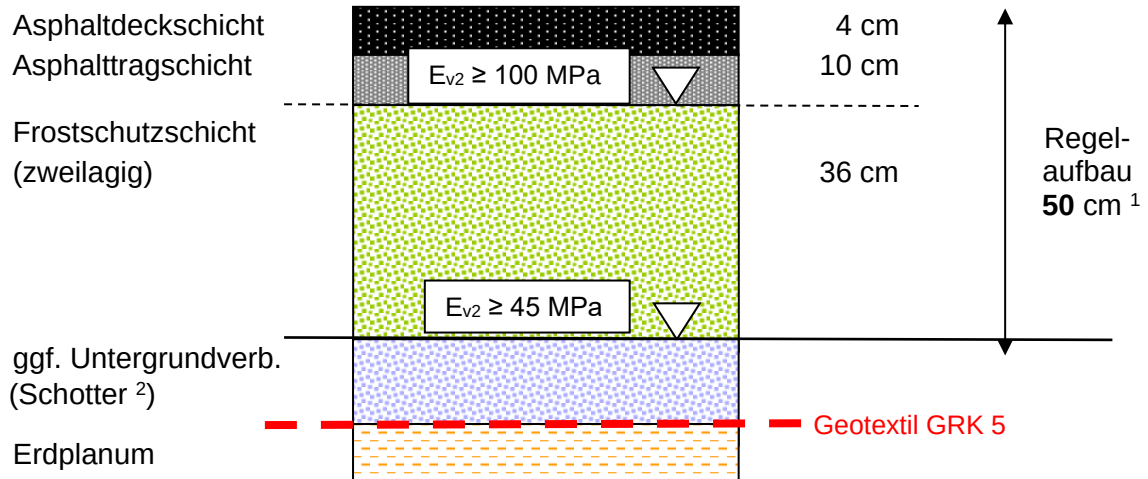
Bauweise Bewegungs-/Stellflächen: Die Pkw-Fahrflächen sollten vollversiegelt werden. Angeraten wird eine Schwarzdecke. Alternativ kann im Bereich der Pkw-Stellplätze ein Pflaster eingebaut werden.

Wiedereinbaueignung von Böden: s. Kap. 7.1 unter Allg. Maßnahmen-vorschläge.

Ausführung des Oberbaus: Ein möglicher Aufbau - ohne konkrete Untergrundverbesserung - ist nachfolgend für die angenommene Belastungsklasse unmaßstäblich skizziert (nach RStO 12/24 Tafel 1, Zeile 1 und Tafel 3, Zeile 1):

Bk0,3 (Schwarzdecke)

(Schemaskizze / Schnitt; unmaßstäblich, RStO 12/24, Tafel 1, Zeile 1)

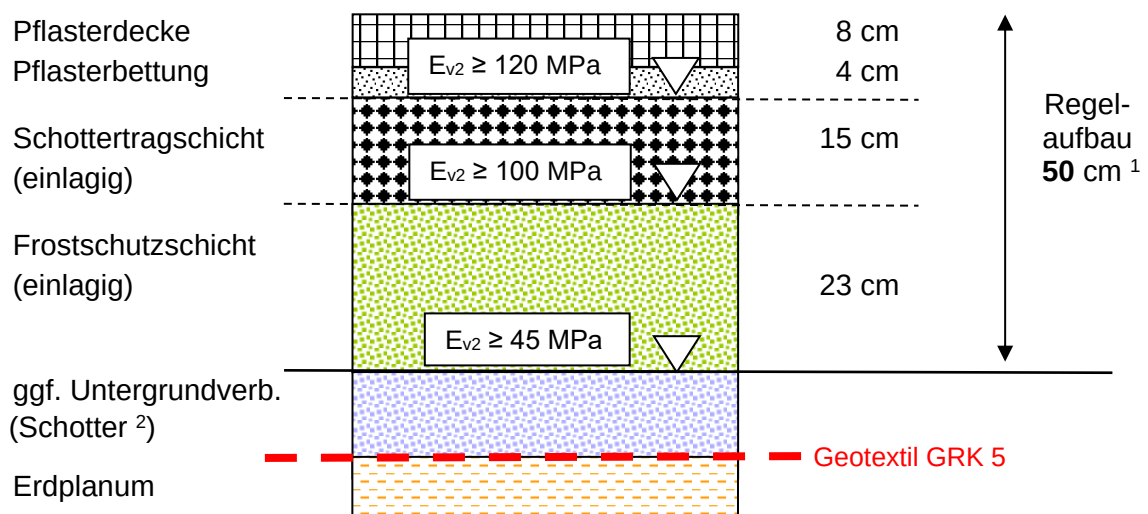


¹) bei Entwässerung der Fahrbahn über Abläufe und Rohrleitungen

²) Mächtigkeit in Abhängigkeit der auf Erdplanum anstehenden Böden und von den Ergebnissen der Probefeldanlage

Bk0,3 (Pflasterdecke)

(Schemaskizze / Schnitt; unmaßstäblich, RStO 12/24, Tafel 3, Zeile 1)



¹) bei Entwässerung der Fahrbahn über Abläufe und Rohrleitungen

²) Mächtigkeit in Abhängigkeit der auf Erdplanum anstehenden Böden und von den Ergebnissen der Probefeldanlage

Auswahl des Bettungsmaterials: Für die Fläche erscheint die Wahl eines nach TL G SoB-StB geprüften Baustoffgemisches 0/5 oder 0/8 sinnvoll. Material der Körnungen 2/5 oder 2/8 ist nach ZTV Pflaster StB für Flächen, die von Kraftfahrzeugen befahren werden, nicht mehr vorzusehen.

Empfohlen wird die Verwendung eines ´gebrochenen´ Materials, welches einen erhöhten Widerstand gegen Zertrümmerung/Abrieb besitzt. Hierzu wird vorgeschlagen ein Material zu wählen, welches der Kategorie SZ₁₈ entspricht (Los-Angeles-Koeffizient LA₂₀). Im Vorfeld ist die Filterstabilität zum vorgesehenen Schottermaterial und zum einzusetzenden Fugenmaterial zu prüfen.

Auswahl des Fugenmaterials: Für die Fläche erscheint die Wahl eines nach TL G SoB-StB geprüften Baustoffgemisches 0/4 oder 0/5 sinnvoll. Bei wünschenswertem Einsatz eines Verbundsteinpflasters mit geringen Fugenbreiten kann ein entsprechend geprüftes Baustoffgemisch 0/2 zweckmäßig sein.

Empfohlen wird die Verwendung eines ´gebrochenen´ Materials der Kategorie E_{Cs35}, welches zusätzlich einen erhöhten Widerstand gegen Zertrümmerung/Abrieb besitzt. Hierzu wird vorgeschlagen ein Material zu wählen, dessen Prüfkörnung der Kategorie SZ₁₈ entspricht (Los-Angeles-Koeffizient LA₂₀). Im Vorfeld ist die Filterstabilität zum vorgesehenen Bettungsmaterial zu prüfen.

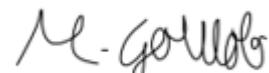
8.0 Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:1.000)
- Anlage 2.1: Schichtendarstellung
- Anlage 3.1-3.3: Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)
- Anlage 4.1: Wassergehaltsbestimmungen
- Anlage 5.1: Konsistenzgrenzenbestimmungen
- Anlage 6.1: Glühverlustbestimmungen
- Anlage 7.1: Versickerungsversuche
- Anlage 8.1: Chemische Analysenergebnisse
- Anlage 9.1: Fotodokumentation
- Anlage 10.1: Setzungsberechnung (Streifenfundamente)

Kleegräfe
- Geotechnik GmbH -



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



M. Gottlob
(B. Sc. Geowiss.)



Verteiler: STADT WERL
Hedwig-Dransfeld-Straße 23, 59457 Werl

(PDF)

ANLAGE 1.1

Lageplan (1:750)



Werl-Westönnen



Maßstab
1 : 750

7,5 m

Zeichenerklärung:

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

KLEEGRÄFE

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

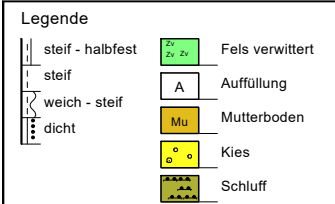
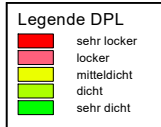
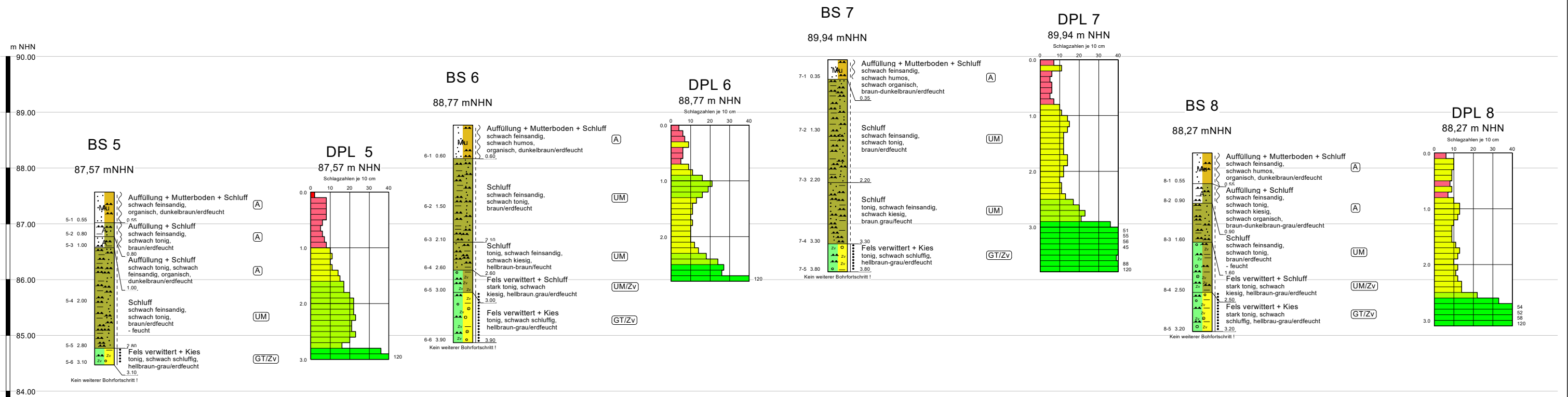
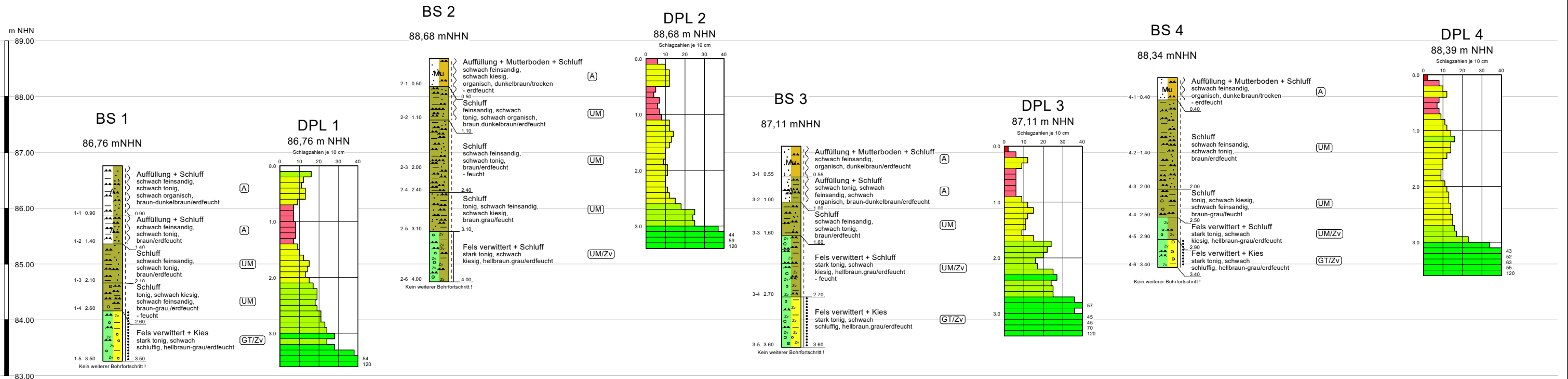


Lageplan

Maßnahme: Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden' in 59457 Werl-Westönnen	Bearb.-Nr.	
	240444	
	A2	
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -		Anlage: 1.1
Auftraggeber: Stadt Werl Hedwig-Dransfeld-Straße 23 59457 Werl	Blatt: 1 von 1	
	09.-11.09.24	
	Klee/Got	
	M. 1 : 750	

ANLAGE 2.1

Schichtendarstellung / Rammdiagramme



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

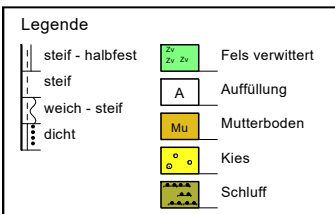
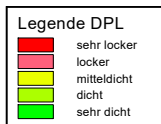
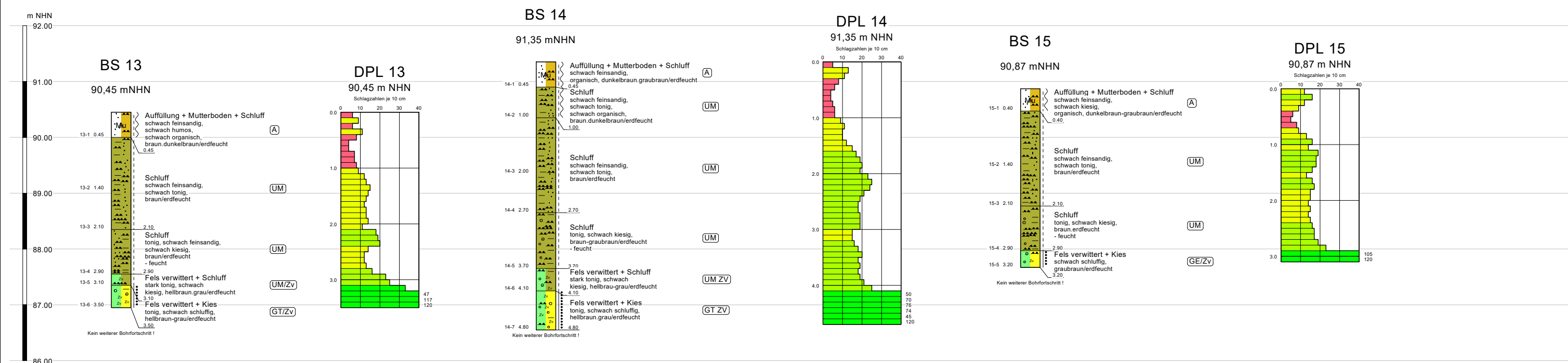
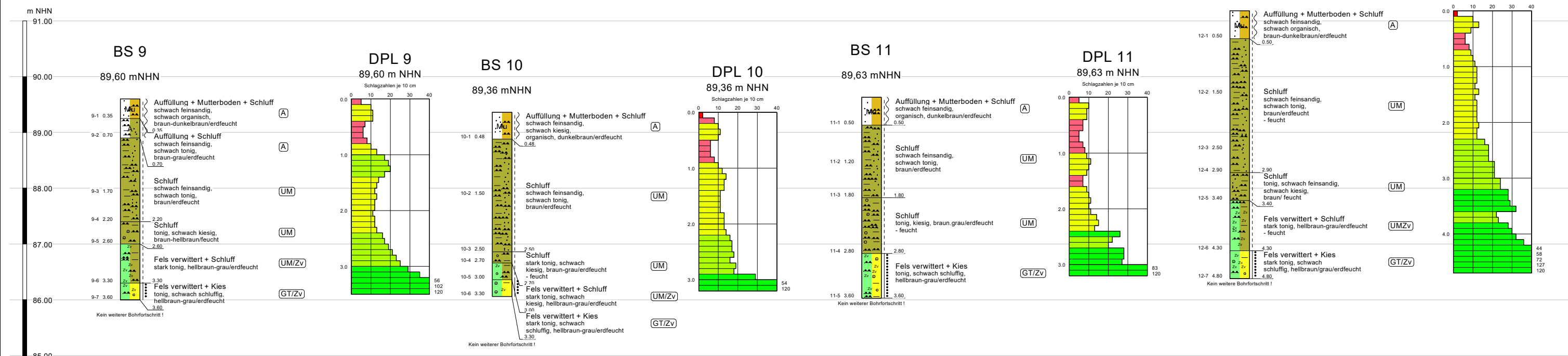
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Baugrund - Umwelt - Hydrogeologie

Schichtendarstellung

Maßnahme: Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden' in 59457 Werl-Westönnen	Bearb.-Nr.
	240444
	Anlage 2.1

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Auftraggeber: Stadt Werl Hedwig-Dransfeld-Straße 23 59457 Werl	Geologe:
	Herr Wulf
	Datum: 09.-11.09.24



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

Schichtendarstellung
Maßnahme: Machbarkeitsuntersuchung
Wohnbaugebiet 'Elwieden'
in 59457 Werl-Westönnen
Bearb.-Nr.: 240444
Anlage 2.2

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
Auftraggeber: Stadt Werl
Hedwig-Dransfeld-Straße 23
59457 Werl
Geologe: Herr Wulf
Datum: 09.-11.09.24

ANLAGE 3.1-3.3

Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)

Körnungslinie

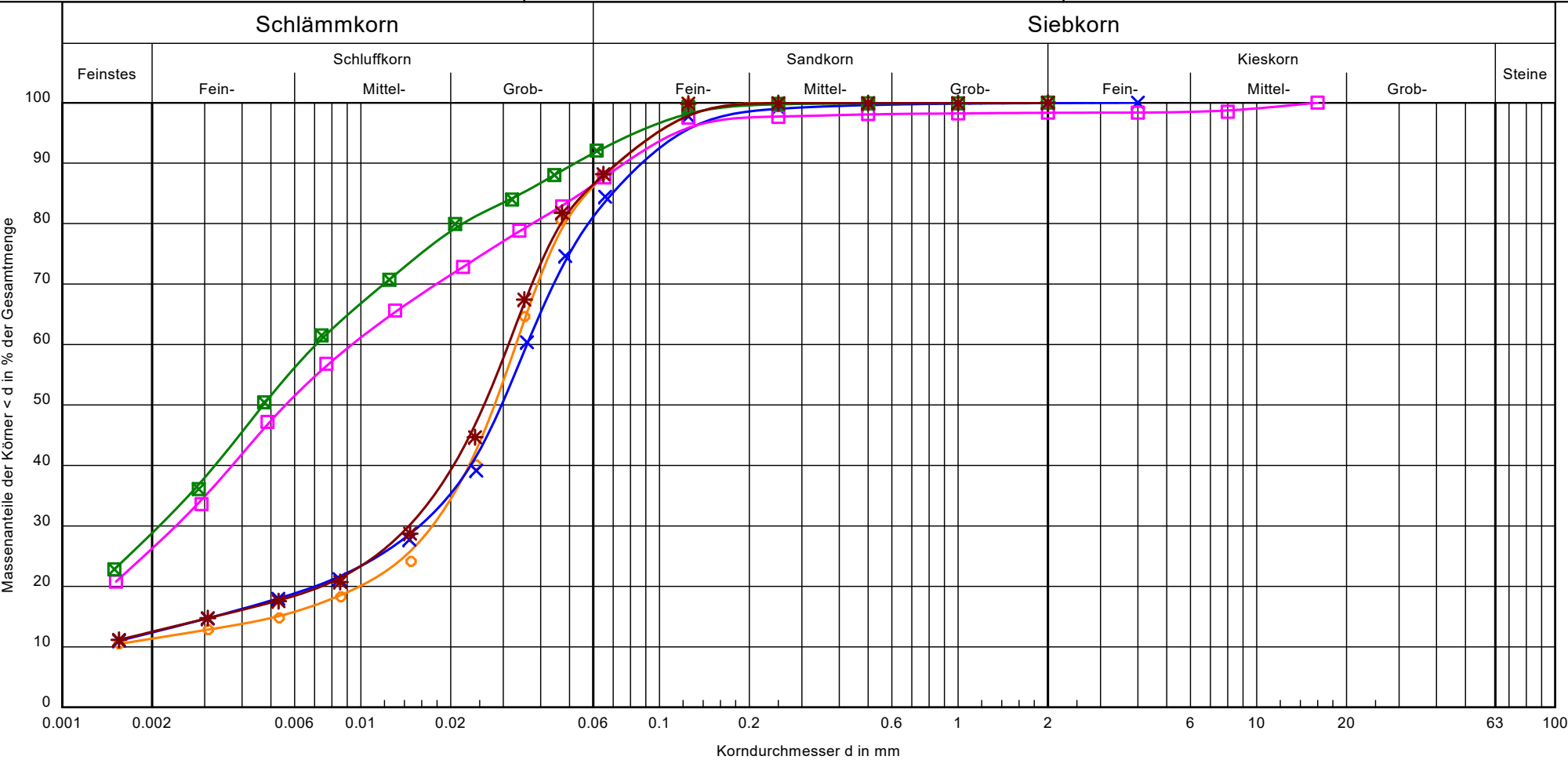
Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden
in 59457 Werl-Westönnen
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Prüfungsnummern: Proben 1/3, 2/5, 3/4, 4/6, 5/3

Proben entnommen am: 09.-11.09.24

Art der Entnahme: gestörte Bodenprobe

Arbeitsweise: Sieb- und Sieb-/Schlämm-Analysen



Bezeichnung:	Probe 1/3	Probe 2/5	Probe 3/4	Probe 4/6	Probe 5/3
Bodenart:	U, t', fs'	U, fs, t'	U, t, fs'	U, t, fs'	U, t', fs'
Tiefe:	1,40-2,10 m	2,40-3,10 m	1,60-2,70 m	2,90-3,40 m	0,80-1,00 m
T/U/S/G [%]:	11.4/75.8/12.9/ -	12.4/70.1/17.5/0.1	26.2/60.8/11.2/1.7	28.8/63.3/7.9/ -	12.5/74.9/12.6/ -
kf-Wert:	~8,8 x 10 ⁻⁸ m/s (M & P)	~4,0 x 10 ⁻⁸ m/s (M & P)	<6,0 x 10 ⁻⁹ m/s (M & P)	<6,0 x 10 ⁻⁹ m/s (M & P)	~4,5 x 10 ⁻⁸ m/s (M & P)
Cu/Cc:	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
d10 [mm]:	-	-	-	-	-
d20 [mm]:	0.0099	0.0070	-	-	0.0074

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt					Bericht: 240444 Anlage: 3.1																																																																																																		
Körnungslinie Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden in 59457 Werl-Westönnen - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -					Prüfungsnummern: Proben 1/3, 2/5, 3/4, 4/6, 5/3 Proben entnommen am: 09.-11.09.24 Art der Entnahme: gestörte Bodenprobe Arbeitsweise: Sieb- und Sieb-/Schlämmanalysen																																																																																																		
Bearbeiter: Frau Gottlob					Datum: 15.10.2024																																																																																																		
Bezeichnung: Probe 1/3 Bodenart: U, t', fs' Tiefe: 1,40-2,10 m T/U/S/G [%]: 11.4 / 75.8 / 12.9 / - kf-Wert: ~8,8 x 10^-8 m/s (M & P) Cu/Cc: -/- d10 [mm]: - d20 [mm]: 0.0099 d10/d30/d60 [mm]: - / 0.017 / 0.033 Siebanalyse: Trockenmasse [g]: 41.26 Schlämmanalyse: Trockenmasse [g]: 41.18 Korndichte [g/cm³]: 2.650 Aräometer: Bezeichnung: Standard Aräometer Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20 Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70 d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0 d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm					Siebanalyse <table><tr><th>Korngröße</th><th>Rückstand</th><th>Rückstand</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr><tr><th>[mm]</th><th>[g]</th><th>[%]</th><th></th></tr><tr><td>0.25</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>0.125</td><td>0.08</td><td>0.19</td><td>99.81</td></tr><tr><td>Schale</td><td>41.18</td><td>99.81</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>41.26</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siebverlust</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr></table>				Korngröße	Rückstand	Rückstand	Siebdurchgänge [%]	[mm]	[g]	[%]		0.25	0.00	0.00	100.00	0.125	0.08	0.19	99.81	Schale	41.18	99.81	-	Summe	41.26			Siebverlust	0.00																																																																					
Korngröße	Rückstand	Rückstand	Siebdurchgänge [%]																																																																																																				
[mm]	[g]	[%]																																																																																																					
0.25	0.00	0.00	100.00																																																																																																				
0.125	0.08	0.19	99.81																																																																																																				
Schale	41.18	99.81	-																																																																																																				
Summe	41.26																																																																																																						
Siebverlust	0.00																																																																																																						
Schlämmanalyse <table><tr><th>Zeit</th><th></th><th>R'_h</th><th>R'_h + R₀</th><th>Korngröße</th><th>T</th><th>H_r</th><th>η</th><th>Durchgang</th></tr><tr><th>[h]</th><th>[min]</th><th>[-]</th><th>R₀=C_m+R'₀</th><th>[mm]</th><th>[°C]</th><th>[mm]</th><th>[-]</th><th>[%]</th></tr><tr><td>0</td><td>0.5</td><td>21.40</td><td>22.60</td><td>0.0642</td><td>20.6</td><td>112.09</td><td>0.99087</td><td>87.97</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>19.50</td><td>20.70</td><td>0.0469</td><td>20.6</td><td>119.69</td><td>0.99087</td><td>80.58</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>15.40</td><td>16.60</td><td>0.0354</td><td>20.6</td><td>136.09</td><td>0.99087</td><td>64.62</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>9.10</td><td>10.30</td><td>0.0243</td><td>20.6</td><td>161.29</td><td>0.99087</td><td>40.09</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>5.00</td><td>6.20</td><td>0.0147</td><td>20.7</td><td>177.69</td><td>0.98848</td><td>24.13</td></tr><tr><td>0</td><td>46</td><td>3.50</td><td>4.70</td><td>0.0086</td><td>20.5</td><td>183.69</td><td>0.99328</td><td>18.29</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>2.60</td><td>3.80</td><td>0.0053</td><td>21.0</td><td>187.29</td><td>0.98136</td><td>14.79</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>2.10</td><td>3.30</td><td>0.0031</td><td>21.2</td><td>189.29</td><td>0.97665</td><td>12.85</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>1.50</td><td>2.70</td><td>0.0016</td><td>21.3</td><td>191.69</td><td>0.97432</td><td>10.51</td></tr></table>					Zeit		R' _h	R' _h + R ₀	Korngröße	T	H _r	η	Durchgang	[h]	[min]	[-]	R ₀ =C _m +R' ₀	[mm]	[°C]	[mm]	[-]	[%]	0	0.5	21.40	22.60	0.0642	20.6	112.09	0.99087	87.97	0	1	19.50	20.70	0.0469	20.6	119.69	0.99087	80.58	0	2	15.40	16.60	0.0354	20.6	136.09	0.99087	64.62	0	5	9.10	10.30	0.0243	20.6	161.29	0.99087	40.09	0	15	5.00	6.20	0.0147	20.7	177.69	0.98848	24.13	0	46	3.50	4.70	0.0086	20.5	183.69	0.99328	18.29	2	0	2.60	3.80	0.0053	21.0	187.29	0.98136	14.79	6	0	2.10	3.30	0.0031	21.2	189.29	0.97665	12.85	24	0	1.50	2.70	0.0016	21.3	191.69	0.97432	10.51
Zeit		R' _h	R' _h + R ₀	Korngröße	T	H _r	η	Durchgang																																																																																															
[h]	[min]	[-]	R ₀ =C _m +R' ₀	[mm]	[°C]	[mm]	[-]	[%]																																																																																															
0	0.5	21.40	22.60	0.0642	20.6	112.09	0.99087	87.97																																																																																															
0	1	19.50	20.70	0.0469	20.6	119.69	0.99087	80.58																																																																																															
0	2	15.40	16.60	0.0354	20.6	136.09	0.99087	64.62																																																																																															
0	5	9.10	10.30	0.0243	20.6	161.29	0.99087	40.09																																																																																															
0	15	5.00	6.20	0.0147	20.7	177.69	0.98848	24.13																																																																																															
0	46	3.50	4.70	0.0086	20.5	183.69	0.99328	18.29																																																																																															
2	0	2.60	3.80	0.0053	21.0	187.29	0.98136	14.79																																																																																															
6	0	2.10	3.30	0.0031	21.2	189.29	0.97665	12.85																																																																																															
24	0	1.50	2.70	0.0016	21.3	191.69	0.97432	10.51																																																																																															

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt					Bericht: 240444 Anlage: 3.1																																																																																									
Körnungslinie Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden in 59457 Werl-Westönnen - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -					Prüfungsnummern: Proben 1/3, 2/5, 3/4, 4/6, 5/3 Proben entnommen am: 09.-11.09.24 Art der Entnahme: gestörte Bodenprobe Arbeitsweise: Sieb- und Sieb-/Schlamm-Analysen																																																																																									
Bearbeiter: Frau Gottlob					Datum: 15.10.2024																																																																																									
Bezeichnung: Probe 2/5 Bodenart: U, fs, t' Tiefe: 2,40-3,10 m T/U/S/G [%]: 12.4 / 70.1 / 17.5 / 0.1 kf-Wert: ~4,0 x 10^-8 m/s (M & P) Cu/Cc: -/- d10 [mm]: - d20 [mm]: 0.0070 d10/d30/d60 [mm]: - / 0.016 / 0.036 Siebanalyse: Trockenmasse [g]: 39.38 Schlammanalyse: Trockenmasse [g]: 38.48 Korndichte [g/cm³]: 2.650 Aräometer: Bezeichnung: Standard Aräometer Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20 Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70 d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0 d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm					Siebanalyse <table><thead><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Rückstand [g]</th><th>Rückstand [%]</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr></thead><tbody><tr><td>4.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>2.0</td><td>0.03</td><td>0.08</td><td>99.92</td></tr><tr><td>1.0</td><td>0.03</td><td>0.08</td><td>99.85</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.08</td><td>0.20</td><td>99.64</td></tr><tr><td>0.25</td><td>0.21</td><td>0.53</td><td>99.11</td></tr><tr><td>0.125</td><td>0.55</td><td>1.40</td><td>97.71</td></tr><tr><td>Schale</td><td>38.48</td><td>97.71</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>39.38</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siebverlust</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>				Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]	4.0	0.00	0.00	100.00	2.0	0.03	0.08	99.92	1.0	0.03	0.08	99.85	0.5	0.08	0.20	99.64	0.25	0.21	0.53	99.11	0.125	0.55	1.40	97.71	Schale	38.48	97.71	-	Summe	39.38			Siebverlust	0.00																																																
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																											
4.0	0.00	0.00	100.00																																																																																											
2.0	0.03	0.08	99.92																																																																																											
1.0	0.03	0.08	99.85																																																																																											
0.5	0.08	0.20	99.64																																																																																											
0.25	0.21	0.53	99.11																																																																																											
0.125	0.55	1.40	97.71																																																																																											
Schale	38.48	97.71	-																																																																																											
Summe	39.38																																																																																													
Siebverlust	0.00																																																																																													
Schlammanalyse <table><thead><tr><th colspan="2">Zeit [h] [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></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0.5</td><td>19.50</td><td>20.70</td><td>0.0658</td><td>21.2</td><td>119.69</td><td>0.97665</td><td>84.42</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>17.10</td><td>18.30</td><td>0.0484</td><td>21.2</td><td>129.29</td><td>0.97665</td><td>74.63</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>13.60</td><td>14.80</td><td>0.0360</td><td>21.2</td><td>143.29</td><td>0.97665</td><td>60.36</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>8.40</td><td>9.60</td><td>0.0244</td><td>21.2</td><td>164.09</td><td>0.97665</td><td>39.15</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>5.60</td><td>6.80</td><td>0.0145</td><td>21.2</td><td>175.29</td><td>0.97665</td><td>27.73</td></tr><tr><td>0</td><td>46</td><td>4.00</td><td>5.20</td><td>0.0085</td><td>21.0</td><td>181.69</td><td>0.98136</td><td>21.21</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>3.20</td><td>4.40</td><td>0.0053</td><td>21.0</td><td>184.89</td><td>0.98136</td><td>17.94</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>2.40</td><td>3.60</td><td>0.0031</td><td>21.3</td><td>188.09</td><td>0.97432</td><td>14.68</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>1.50</td><td>2.70</td><td>0.0016</td><td>21.3</td><td>191.69</td><td>0.97432</td><td>11.01</td></tr></tbody></table>					Zeit [h] [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	19.50	20.70	0.0658	21.2	119.69	0.97665	84.42	0	1	17.10	18.30	0.0484	21.2	129.29	0.97665	74.63	0	2	13.60	14.80	0.0360	21.2	143.29	0.97665	60.36	0	5	8.40	9.60	0.0244	21.2	164.09	0.97665	39.15	0	15	5.60	6.80	0.0145	21.2	175.29	0.97665	27.73	0	46	4.00	5.20	0.0085	21.0	181.69	0.98136	21.21	2	0	3.20	4.40	0.0053	21.0	184.89	0.98136	17.94	6	0	2.40	3.60	0.0031	21.3	188.09	0.97432	14.68	24	0	1.50	2.70	0.0016	21.3	191.69	0.97432	11.01
Zeit [h] [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	19.50	20.70	0.0658	21.2	119.69	0.97665	84.42																																																																																						
0	1	17.10	18.30	0.0484	21.2	129.29	0.97665	74.63																																																																																						
0	2	13.60	14.80	0.0360	21.2	143.29	0.97665	60.36																																																																																						
0	5	8.40	9.60	0.0244	21.2	164.09	0.97665	39.15																																																																																						
0	15	5.60	6.80	0.0145	21.2	175.29	0.97665	27.73																																																																																						
0	46	4.00	5.20	0.0085	21.0	181.69	0.98136	21.21																																																																																						
2	0	3.20	4.40	0.0053	21.0	184.89	0.98136	17.94																																																																																						
6	0	2.40	3.60	0.0031	21.3	188.09	0.97432	14.68																																																																																						
24	0	1.50	2.70	0.0016	21.3	191.69	0.97432	11.01																																																																																						

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH				Bericht: 240444																																																																																									
Holzstraße 212 59556 Lippstadt				Anlage: 3.1																																																																																									
Körnungslinie Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden in 59457 Werl-Westönnen - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -				Prüfungsnummern: Proben 1/3, 2/5, 3/4, 4/6, 5/3 Proben entnommen am: 09.-11.09.24 Art der Entnahme: gestörte Bodenprobe Arbeitsweise: Sieb- und Sieb-/Schlämmanalysen																																																																																									
Bearbeiter: Frau Gottlob				Datum: 15.10.2024																																																																																									
Bezeichnung: Probe 3/4 Bodenart: U, t, fs' Tiefe: 1,60-2,70 m T/U/S/G [%]: 26.2 / 60.8 / 11.2 / 1.7 kf-Wert: <6,0 x 10⁻⁹ m/s (M & P) Cu/Cc: -/- d10 [mm]: - d20 [mm]: - d10/d30/d60 [mm]: - / 0.002 / 0.009 Siebanalyse: Trockenmasse [g]: 40.14 Schlämmanalyse: Trockenmasse [g]: 39.14 Korndichte [g/cm³]: 2.650 Aräometer: Bezeichnung: Standard Aräometer Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20 Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70 d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0 d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm				Siebanalyse <table><thead><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Rückstand [g]</th><th>Rückstand [%]</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr></thead><tbody><tr><td>16.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>8.0</td><td>0.61</td><td>1.52</td><td>98.48</td></tr><tr><td>4.0</td><td>0.06</td><td>0.15</td><td>98.33</td></tr><tr><td>2.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>98.33</td></tr><tr><td>1.0</td><td>0.05</td><td>0.12</td><td>98.21</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.04</td><td>0.10</td><td>98.11</td></tr><tr><td>0.25</td><td>0.19</td><td>0.47</td><td>97.63</td></tr><tr><td>0.125</td><td>0.05</td><td>0.12</td><td>97.51</td></tr><tr><td>Schale</td><td>39.14</td><td>97.51</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>40.14</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siebverlust</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>				Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]	16.0	0.00	0.00	100.00	8.0	0.61	1.52	98.48	4.0	0.06	0.15	98.33	2.0	0.00	0.00	98.33	1.0	0.05	0.12	98.21	0.5	0.04	0.10	98.11	0.25	0.19	0.47	97.63	0.125	0.05	0.12	97.51	Schale	39.14	97.51	-	Summe	40.14			Siebverlust	0.00																																								
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																										
16.0	0.00	0.00	100.00																																																																																										
8.0	0.61	1.52	98.48																																																																																										
4.0	0.06	0.15	98.33																																																																																										
2.0	0.00	0.00	98.33																																																																																										
1.0	0.05	0.12	98.21																																																																																										
0.5	0.04	0.10	98.11																																																																																										
0.25	0.19	0.47	97.63																																																																																										
0.125	0.05	0.12	97.51																																																																																										
Schale	39.14	97.51	-																																																																																										
Summe	40.14																																																																																												
Siebverlust	0.00																																																																																												
Schlämmanalyse <table><thead><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></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0.5</td><td>20.70</td><td>21.90</td><td>0.0654</td><td>20.0</td><td>114.89</td><td>1.00541</td><td>87.63</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>19.50</td><td>20.70</td><td>0.0472</td><td>20.0</td><td>119.69</td><td>1.00541</td><td>82.82</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>18.50</td><td>19.70</td><td>0.0340</td><td>20.0</td><td>123.69</td><td>1.00541</td><td>78.82</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>17.00</td><td>18.20</td><td>0.0220</td><td>20.0</td><td>129.69</td><td>1.00541</td><td>72.82</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>15.20</td><td>16.40</td><td>0.0130</td><td>20.1</td><td>136.89</td><td>1.00297</td><td>65.62</td></tr><tr><td>0</td><td>46</td><td>13.00</td><td>14.20</td><td>0.0077</td><td>20.2</td><td>145.69</td><td>1.00053</td><td>56.82</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>10.60</td><td>11.80</td><td>0.0049</td><td>20.7</td><td>155.29</td><td>0.98848</td><td>47.21</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>7.20</td><td>8.40</td><td>0.0029</td><td>20.8</td><td>168.89</td><td>0.98610</td><td>33.61</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>4.00</td><td>5.20</td><td>0.0015</td><td>21.1</td><td>181.69</td><td>0.97900</td><td>20.81</td></tr></tbody></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	20.70	21.90	0.0654	20.0	114.89	1.00541	87.63	0	1	19.50	20.70	0.0472	20.0	119.69	1.00541	82.82	0	2	18.50	19.70	0.0340	20.0	123.69	1.00541	78.82	0	5	17.00	18.20	0.0220	20.0	129.69	1.00541	72.82	0	15	15.20	16.40	0.0130	20.1	136.89	1.00297	65.62	0	46	13.00	14.20	0.0077	20.2	145.69	1.00053	56.82	2	0	10.60	11.80	0.0049	20.7	155.29	0.98848	47.21	6	0	7.20	8.40	0.0029	20.8	168.89	0.98610	33.61	24	0	4.00	5.20	0.0015	21.1	181.69	0.97900	20.81
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	20.70	21.90	0.0654	20.0	114.89	1.00541	87.63																																																																																					
0	1	19.50	20.70	0.0472	20.0	119.69	1.00541	82.82																																																																																					
0	2	18.50	19.70	0.0340	20.0	123.69	1.00541	78.82																																																																																					
0	5	17.00	18.20	0.0220	20.0	129.69	1.00541	72.82																																																																																					
0	15	15.20	16.40	0.0130	20.1	136.89	1.00297	65.62																																																																																					
0	46	13.00	14.20	0.0077	20.2	145.69	1.00053	56.82																																																																																					
2	0	10.60	11.80	0.0049	20.7	155.29	0.98848	47.21																																																																																					
6	0	7.20	8.40	0.0029	20.8	168.89	0.98610	33.61																																																																																					
24	0	4.00	5.20	0.0015	21.1	181.69	0.97900	20.81																																																																																					

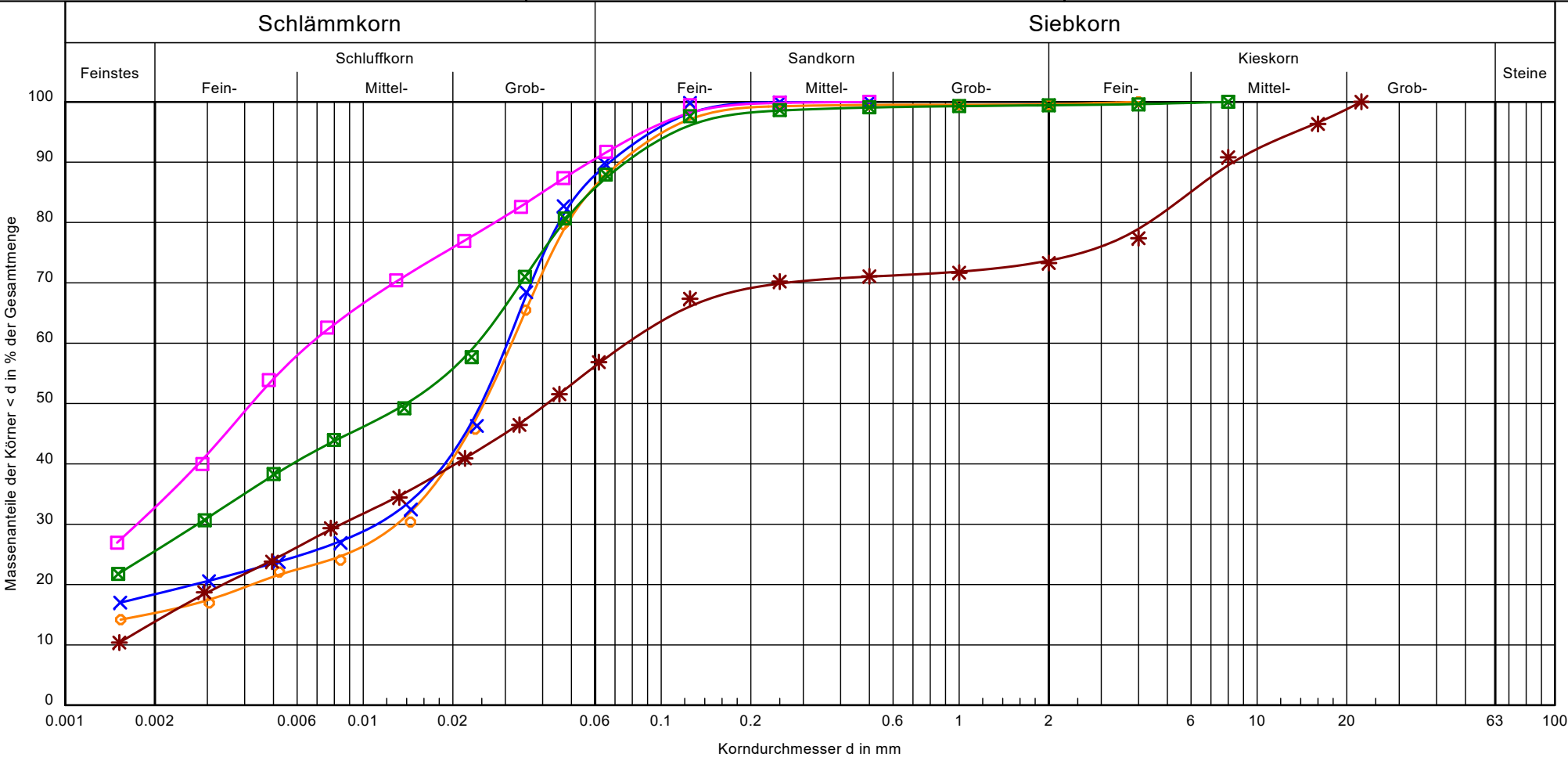
KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt					Bericht: 240444 Anlage: 3.1																																																																																									
Körnungslinie Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden in 59457 Werl-Westönnen - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -					Prüfungsnummern: Proben 1/3, 2/5, 3/4, 4/6, 5/3 Proben entnommen am: 09.-11.09.24 Art der Entnahme: gestörte Bodenprobe Arbeitsweise: Sieb- und Sieb-/Schlämmanalysen																																																																																									
Bearbeiter: Frau Gottlob					Datum: 15.10.2024																																																																																									
Bezeichnung: Probe 4/6 Bodenart: U, t, fs' Tiefe: 2,90-3,40 m T/U/S/G [%]: 28.8 / 63.3 / 7.9 / - kf-Wert: <6,0 x 10^-9 m/s (M & P) Cu/Cc: -/- d10 [mm]: - d20 [mm]: - d10/d30/d60 [mm]: - / 0.002 / 0.007 Siebanalyse: Trockenmasse [g]: 43.61 Schlämmanalyse: Trockenmasse [g]: 43.28 Korndichte [g/cm³]: 2.650 Aräometer: Bezeichnung: Standard Aräometer Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20 Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70 d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0 d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm					Siebanalyse <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>0.05</td><td>0.11</td><td>99.89</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>99.89</td></tr><tr><td>0.25</td><td>0.04</td><td>0.09</td><td>99.79</td></tr><tr><td>0.125</td><td>0.24</td><td>0.55</td><td>99.24</td></tr><tr><td>Schale</td><td>43.28</td><td>99.24</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>43.61</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	0.05	0.11	99.89	0.5	0.00	0.00	99.89	0.25	0.04	0.09	99.79	0.125	0.24	0.55	99.24	Schale	43.28	99.24	-	Summe	43.61			Siebverlust	0.00																																																				
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																											
2.0	0.00	0.00	100.00																																																																																											
1.0	0.05	0.11	99.89																																																																																											
0.5	0.00	0.00	99.89																																																																																											
0.25	0.04	0.09	99.79																																																																																											
0.125	0.24	0.55	99.24																																																																																											
Schale	43.28	99.24	-																																																																																											
Summe	43.61																																																																																													
Siebverlust	0.00																																																																																													
Schlämmanalyse <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>23.80</td><td>25.00</td><td>0.0616</td><td>20.3</td><td>102.49</td><td>0.99810</td><td>92.07</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>22.70</td><td>23.90</td><td>0.0445</td><td>20.3</td><td>106.89</td><td>0.99810</td><td>88.02</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>21.60</td><td>22.80</td><td>0.0321</td><td>20.3</td><td>111.29</td><td>0.99810</td><td>83.97</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>79.92</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>18.00</td><td>19.20</td><td>0.0125</td><td>20.2</td><td>125.69</td><td>1.00053</td><td>70.71</td></tr><tr><td>0</td><td>46</td><td>15.50</td><td>16.70</td><td>0.0074</td><td>20.3</td><td>135.69</td><td>0.99810</td><td>61.50</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>12.50</td><td>13.70</td><td>0.0047</td><td>20.8</td><td>147.69</td><td>0.98610</td><td>50.45</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>8.60</td><td>9.80</td><td>0.0029</td><td>21.2</td><td>163.29</td><td>0.97665</td><td>36.09</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>5.00</td><td>6.20</td><td>0.0015</td><td>21.2</td><td>177.69</td><td>0.97665</td><td>22.83</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	23.80	25.00	0.0616	20.3	102.49	0.99810	92.07	0	1	22.70	23.90	0.0445	20.3	106.89	0.99810	88.02	0	2	21.60	22.80	0.0321	20.3	111.29	0.99810	83.97	0	5	20.50	21.70	0.0207	20.3	115.69	0.99810	79.92	0	15	18.00	19.20	0.0125	20.2	125.69	1.00053	70.71	0	46	15.50	16.70	0.0074	20.3	135.69	0.99810	61.50	2	0	12.50	13.70	0.0047	20.8	147.69	0.98610	50.45	6	0	8.60	9.80	0.0029	21.2	163.29	0.97665	36.09	24	0	5.00	6.20	0.0015	21.2	177.69	0.97665	22.83
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	23.80	25.00	0.0616	20.3	102.49	0.99810	92.07																																																																																						
0	1	22.70	23.90	0.0445	20.3	106.89	0.99810	88.02																																																																																						
0	2	21.60	22.80	0.0321	20.3	111.29	0.99810	83.97																																																																																						
0	5	20.50	21.70	0.0207	20.3	115.69	0.99810	79.92																																																																																						
0	15	18.00	19.20	0.0125	20.2	125.69	1.00053	70.71																																																																																						
0	46	15.50	16.70	0.0074	20.3	135.69	0.99810	61.50																																																																																						
2	0	12.50	13.70	0.0047	20.8	147.69	0.98610	50.45																																																																																						
6	0	8.60	9.80	0.0029	21.2	163.29	0.97665	36.09																																																																																						
24	0	5.00	6.20	0.0015	21.2	177.69	0.97665	22.83																																																																																						

Zeit		R'_h	$R'_h + R_0$	Korngröße	T	H_r	η	Durchgang
[h]	[min]	[-]	$R_0 = C_m + R'_0$	[mm]	[°C]	[mm]	[-]	[%]
0	0.5	20.90	22.10	0.0649	20.4	114.09	0.99568	88.16
0	1	19.30	20.50	0.0472	20.4	120.49	0.99568	81.78
0	2	15.70	16.90	0.0353	20.4	134.89	0.99568	67.42
0	5	10.00	11.20	0.0241	20.4	157.69	0.99568	44.68
0	15	6.00	7.20	0.0146	20.4	173.69	0.99568	28.72
0	46	4.00	5.20	0.0085	20.5	181.69	0.99328	20.74
2	0	3.20	4.40	0.0053	20.9	184.89	0.98373	17.55
6	0	2.50	3.70	0.0031	21.2	187.69	0.97665	14.76
24	0	1.60	2.80	0.0015	21.3	191.29	0.97432	11.17

Körnungslinie

Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet ´Elwieden
in 59457 Werl-Westönnen
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Prüfungsnummern: Proben 6/4, 7/2, 8/4, 9/5, 10/6
Proben entnommen am: 09.-11.09.24
Art der Entnahme: gestörte Bodenprobe
Arbeitsweise: Sieb- und Sieb-/Schlämm-Analysen



Bezeichnung:	Probe 6/4	Probe 7/2	Probe 8/4	Probe 9/5	Probe 10/6
Bodenart:	U, t, fs'	U, t, fs'	U, t̄, fs'	U, t, fs'	U, t', fs', fg', mg'
Tiefe:	2,10-2,60 m	0,35-1,30 m	1,60-2,50 m	2,20-2,60 m	3,00-3,30 m
T/U/S/G [%]:	15.3/71.8/12.5/0.4	18.4/70.4/11.2/-	32.8/58.4/8.9/-	25.5/61.1/12.7/0.6	13.9/43.1/16.7/26.3
kf-Wert:	~1,2 x 10 ⁻⁸ m/s (M & P)	~4,5 x 10 ⁻⁹ m/s (M & P)	<6,0 x 10 ⁻⁹ m/s (M & P)	<6,0 x 10 ⁻⁹ m/s (M & P)	~7,6 x 10 ⁻⁹ m/s (M & P)
Cu/Cc:	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
d10 [mm]:	-	-	-	-	-
d20 [mm]:	0.0042	0.0027	-	-	0.0034

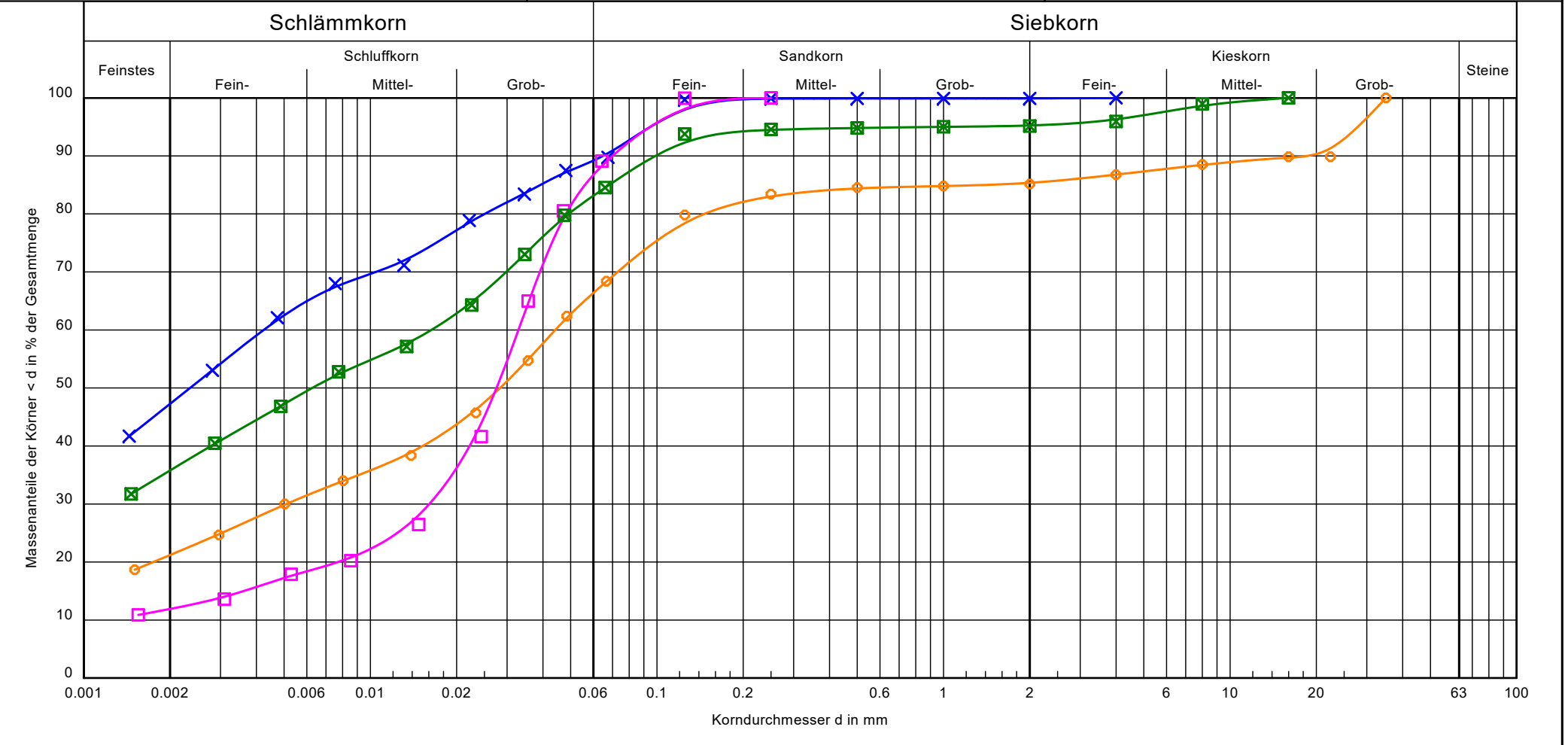
KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH					Bericht: 240444																																																																																									
Holzstraße 212 59556 Lippstadt					Anlage: 3.2																																																																																									
Körnungslinie Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden in 59457 Werl-Westönnen - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -					Prüfungsnummern: Proben 6/4, 7/2, 8/4, 9/5, 10/6 Proben entnommen am: 09.-11.09.24 Art der Entnahme: gestörte Bodenprobe Arbeitsweise: Sieb- und Sieb-/Schlamm-Analysen																																																																																									
Bearbeiter: Frau Gottlob					Datum: 15.10.2024																																																																																									
Bezeichnung: Probe 6/4 Bodenart: U, t, fs' Tiefe: 2,10-2,60 m T/U/S/G [%]: 15.3 / 71.8 / 12.5 / 0.4 kf-Wert: ~1,2 x 10⁻⁸ m/s (M & P) Cu/Cc: -/- d10 [mm]: - d20 [mm]: 0.0042 d10/d30/d60 [mm]: - / 0.013 / 0.032 Siebanalyse: Trockenmasse [g]: 40.72 Schlammanalyse: Trockenmasse [g]: 40.24 Korndichte [g/cm³]: 2.650 Aräometer: Bezeichnung: Standard Aräometer Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20 Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70 d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0 d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm					Siebanalyse <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>0.20</td><td>0.49</td><td>99.51</td></tr><tr><td>1.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>99.51</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>99.51</td></tr><tr><td>0.25</td><td>0.08</td><td>0.20</td><td>99.31</td></tr><tr><td>0.125</td><td>0.20</td><td>0.49</td><td>98.82</td></tr><tr><td>Schale</td><td>40.24</td><td>98.82</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>40.72</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	0.20	0.49	99.51	1.0	0.00	0.00	99.51	0.5	0.00	0.00	99.51	0.25	0.08	0.20	99.31	0.125	0.20	0.49	98.82	Schale	40.24	98.82	-	Summe	40.72			Siebverlust	0.00																																																
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																											
4.0	0.00	0.00	100.00																																																																																											
2.0	0.20	0.49	99.51																																																																																											
1.0	0.00	0.00	99.51																																																																																											
0.5	0.00	0.00	99.51																																																																																											
0.25	0.08	0.20	99.31																																																																																											
0.125	0.20	0.49	98.82																																																																																											
Schale	40.24	98.82	-																																																																																											
Summe	40.72																																																																																													
Siebverlust	0.00																																																																																													
Schlammanalyse <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>21.20</td><td>22.40</td><td>0.0639</td><td>21.2</td><td>112.89</td><td>0.97665</td><td>88.35</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>19.00</td><td>20.20</td><td>0.0469</td><td>21.2</td><td>121.69</td><td>0.97665</td><td>79.67</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>15.40</td><td>16.60</td><td>0.0351</td><td>21.2</td><td>136.09</td><td>0.97665</td><td>65.47</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>10.40</td><td>11.60</td><td>0.0238</td><td>21.2</td><td>156.09</td><td>0.97665</td><td>45.75</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>6.50</td><td>7.70</td><td>0.0144</td><td>21.1</td><td>171.69</td><td>0.97900</td><td>30.37</td></tr><tr><td>0</td><td>46</td><td>4.90</td><td>6.10</td><td>0.0084</td><td>21.0</td><td>178.09</td><td>0.98136</td><td>24.06</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>4.40</td><td>5.60</td><td>0.0052</td><td>20.9</td><td>180.09</td><td>0.98373</td><td>22.09</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>3.10</td><td>4.30</td><td>0.0030</td><td>21.4</td><td>185.29</td><td>0.97198</td><td>16.96</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>2.40</td><td>3.60</td><td>0.0015</td><td>21.4</td><td>188.09</td><td>0.97198</td><td>14.20</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	21.20	22.40	0.0639	21.2	112.89	0.97665	88.35	0	1	19.00	20.20	0.0469	21.2	121.69	0.97665	79.67	0	2	15.40	16.60	0.0351	21.2	136.09	0.97665	65.47	0	5	10.40	11.60	0.0238	21.2	156.09	0.97665	45.75	0	15	6.50	7.70	0.0144	21.1	171.69	0.97900	30.37	0	46	4.90	6.10	0.0084	21.0	178.09	0.98136	24.06	2	0	4.40	5.60	0.0052	20.9	180.09	0.98373	22.09	6	0	3.10	4.30	0.0030	21.4	185.29	0.97198	16.96	24	0	2.40	3.60	0.0015	21.4	188.09	0.97198	14.20
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	21.20	22.40	0.0639	21.2	112.89	0.97665	88.35																																																																																						
0	1	19.00	20.20	0.0469	21.2	121.69	0.97665	79.67																																																																																						
0	2	15.40	16.60	0.0351	21.2	136.09	0.97665	65.47																																																																																						
0	5	10.40	11.60	0.0238	21.2	156.09	0.97665	45.75																																																																																						
0	15	6.50	7.70	0.0144	21.1	171.69	0.97900	30.37																																																																																						
0	46	4.90	6.10	0.0084	21.0	178.09	0.98136	24.06																																																																																						
2	0	4.40	5.60	0.0052	20.9	180.09	0.98373	22.09																																																																																						
6	0	3.10	4.30	0.0030	21.4	185.29	0.97198	16.96																																																																																						
24	0	2.40	3.60	0.0015	21.4	188.09	0.97198	14.20																																																																																						

Zeit		R'_h	$R'_h + R_0$	Korngröße	T	H_r	η	Durchgang
[h]	[min]	[-]	$R_0 = C_m + R'_0$	[mm]	[°C]	[mm]	[-]	[%]
0	0.5	21.50	22.70	0.0645	20.0	111.69	1.00541	89.82
0	1	19.70	20.90	0.0471	20.0	118.89	1.00541	82.70
0	2	16.10	17.30	0.0352	20.0	133.29	1.00541	68.45
0	5	10.50	11.70	0.0241	20.0	155.69	1.00541	46.29
0	15	7.00	8.20	0.0145	20.3	169.69	0.99810	32.45
0	46	5.60	6.80	0.0084	20.2	175.29	1.00053	26.91
2	0	4.80	6.00	0.0052	20.8	178.49	0.98610	23.74
6	0	4.00	5.20	0.0030	20.8	181.69	0.98610	20.58
24	0	3.10	4.30	0.0015	21.0	185.29	0.98136	17.01

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt					Bericht: 240444 Anlage: 3.2																																																																																													
Körnungslinie Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden in 59457 Werl-Westönnen - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -					Prüfungsnummern: Proben 6/4, 7/2, 8/4, 9/5, 10/6 Proben entnommen am: 09.-11.09.24 Art der Entnahme: gestörte Bodenprobe Arbeitsweise: Sieb- und Sieb-/Schlamm-Analysen																																																																																													
Bearbeiter: Frau Gottlob					Datum: 15.10.2024																																																																																													
Bezeichnung: Probe 8/4 Bodenart: U, $\bar{t}$, fs' Tiefe: 1,60-2,50 m T/U/S/G [%]: 32.8 / 58.4 / 8.9 / - kf-Wert: $<6,0 \times 10^{-9}$ m/s (M & P) Cu/Cc: -/- d10 [mm]: - d20 [mm]: - d10/d30/d60 [mm]: - / 0.002 / 0.007 Siebanalyse: Trockenmasse [g]: 36.95 Schlammanalyse: Trockenmasse [g]: 36.74 Korndichte [g/cm³]: 2.650 Aräometer: Bezeichnung: Standard Aräometer Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20 Meniskuskorrektur C_m / R'_0: 0.50 / 0.70 d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0 d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm					Siebanalyse <table><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Rückstand [g]</th><th>Rückstand [%]</th><th>Siebdurch- gänge [%]</th></tr><tr><td>0.5</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>0.25</td><td>0.05</td><td>0.14</td><td>99.86</td></tr><tr><td>0.125</td><td>0.16</td><td>0.43</td><td>99.43</td></tr><tr><td>Schale</td><td>36.74</td><td>99.43</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>36.95</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 [%]	Siebdurch- gänge [%]	0.5	0.00	0.00	100.00	0.25	0.05	0.14	99.86	0.125	0.16	0.43	99.43	Schale	36.74	99.43	-	Summe	36.95			Siebverlust	0.00																																																																
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]																																																																																															
0.5	0.00	0.00	100.00																																																																																															
0.25	0.05	0.14	99.86																																																																																															
0.125	0.16	0.43	99.43																																																																																															
Schale	36.74	99.43	-																																																																																															
Summe	36.95																																																																																																	
Siebverlust	0.00																																																																																																	
Schlammanalyse <table><tr><th colspan="2">Zeit [h] [min]</th><th>R'_h [-]</th><th>$R'_h + R_0$ $R_0 = C_m + R'_0$ [-]</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>19.90</td><td>21.10</td><td>0.0654</td><td>21.2</td><td>118.09</td><td>0.97665</td><td>91.71</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>18.90</td><td>20.10</td><td>0.0470</td><td>21.2</td><td>122.09</td><td>0.97665</td><td>87.37</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>17.80</td><td>19.00</td><td>0.0338</td><td>21.2</td><td>126.49</td><td>0.97665</td><td>82.58</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>16.50</td><td>17.70</td><td>0.0218</td><td>21.2</td><td>131.69</td><td>0.97665</td><td>76.93</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>15.00</td><td>16.20</td><td>0.0129</td><td>21.1</td><td>137.69</td><td>0.97900</td><td>70.41</td></tr><tr><td>0</td><td>46</td><td>13.20</td><td>14.40</td><td>0.0076</td><td>21.0</td><td>144.89</td><td>0.98136</td><td>62.59</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>11.20</td><td>12.40</td><td>0.0048</td><td>20.8</td><td>152.89</td><td>0.98610</td><td>53.90</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>8.00</td><td>9.20</td><td>0.0029</td><td>21.2</td><td>165.69</td><td>0.97665</td><td>39.99</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>5.00</td><td>6.20</td><td>0.0015</td><td>21.3</td><td>177.69</td><td>0.97432</td><td>26.95</td></tr></table>									Zeit [h] [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	19.90	21.10	0.0654	21.2	118.09	0.97665	91.71	0	1	18.90	20.10	0.0470	21.2	122.09	0.97665	87.37	0	2	17.80	19.00	0.0338	21.2	126.49	0.97665	82.58	0	5	16.50	17.70	0.0218	21.2	131.69	0.97665	76.93	0	15	15.00	16.20	0.0129	21.1	137.69	0.97900	70.41	0	46	13.20	14.40	0.0076	21.0	144.89	0.98136	62.59	2	0	11.20	12.40	0.0048	20.8	152.89	0.98610	53.90	6	0	8.00	9.20	0.0029	21.2	165.69	0.97665	39.99	24	0	5.00	6.20	0.0015	21.3	177.69	0.97432	26.95
Zeit [h] [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	19.90	21.10	0.0654	21.2	118.09	0.97665	91.71																																																																																										
0	1	18.90	20.10	0.0470	21.2	122.09	0.97665	87.37																																																																																										
0	2	17.80	19.00	0.0338	21.2	126.49	0.97665	82.58																																																																																										
0	5	16.50	17.70	0.0218	21.2	131.69	0.97665	76.93																																																																																										
0	15	15.00	16.20	0.0129	21.1	137.69	0.97900	70.41																																																																																										
0	46	13.20	14.40	0.0076	21.0	144.89	0.98136	62.59																																																																																										
2	0	11.20	12.40	0.0048	20.8	152.89	0.98610	53.90																																																																																										
6	0	8.00	9.20	0.0029	21.2	165.69	0.97665	39.99																																																																																										
24	0	5.00	6.20	0.0015	21.3	177.69	0.97432	26.95																																																																																										

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH				Bericht: 240444																																																																																									
Holzstraße 212 59556 Lippstadt				Anlage: 3.2																																																																																									
Körnungslinie Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden in 59457 Werl-Westönnen - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -				Prüfungsnummern: Proben 6/4, 7/2, 8/4, 9/5, 10/6 Proben entnommen am: 09.-11.09.24 Art der Entnahme: gestörte Bodenprobe Arbeitsweise: Sieb- und Sieb-/Schlamm-Analysen																																																																																									
Bearbeiter: Frau Gottlob				Datum: 15.10.2024																																																																																									
Bezeichnung: Probe 9/5 Bodenart: U, t, fs' Tiefe: 2,20-2,60 m T/U/S/G [%]: 25.5 / 61.1 / 12.7 / 0.6 kf-Wert: <6,0 x 10^-9 m/s (M & P) Cu/Cc: -/- d10 [mm]: - d20 [mm]: - d10/d30/d60 [mm]: - / 0.003 / 0.024 Siebanalyse: Trockenmasse [g]: 39.63 Schlammanalyse: Trockenmasse [g]: 38.86 Korndichte [g/cm³]: 2.650 Aräometer: Bezeichnung: Standard Aräometer Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20 Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70 d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0 d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm				Siebanalyse <table><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Rückstand [g]</th><th>Rückstand [%]</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr><tr><td>8.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>4.0</td><td>0.17</td><td>0.43</td><td>99.57</td></tr><tr><td>2.0</td><td>0.06</td><td>0.15</td><td>99.42</td></tr><tr><td>1.0</td><td>0.05</td><td>0.13</td><td>99.29</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.08</td><td>0.20</td><td>99.09</td></tr><tr><td>0.25</td><td>0.18</td><td>0.45</td><td>98.64</td></tr><tr><td>0.125</td><td>0.41</td><td>1.03</td><td>97.60</td></tr><tr><td>Schale</td><td>38.68</td><td>97.60</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>39.63</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 [%]	8.0	0.00	0.00	100.00	4.0	0.17	0.43	99.57	2.0	0.06	0.15	99.42	1.0	0.05	0.13	99.29	0.5	0.08	0.20	99.09	0.25	0.18	0.45	98.64	0.125	0.41	1.03	97.60	Schale	38.68	97.60	-	Summe	39.63			Siebverlust	0.00																																												
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																										
8.0	0.00	0.00	100.00																																																																																										
4.0	0.17	0.43	99.57																																																																																										
2.0	0.06	0.15	99.42																																																																																										
1.0	0.05	0.13	99.29																																																																																										
0.5	0.08	0.20	99.09																																																																																										
0.25	0.18	0.45	98.64																																																																																										
0.125	0.41	1.03	97.60																																																																																										
Schale	38.68	97.60	-																																																																																										
Summe	39.63																																																																																												
Siebverlust	0.00																																																																																												
Schlammanalyse <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>20.60</td><td>21.80</td><td>0.0652</td><td>20.5</td><td>115.29</td><td>0.99328</td><td>87.94</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>18.80</td><td>20.00</td><td>0.0475</td><td>20.5</td><td>122.49</td><td>0.99328</td><td>80.68</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>16.40</td><td>17.60</td><td>0.0349</td><td>20.5</td><td>132.09</td><td>0.99328</td><td>71.00</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>13.10</td><td>14.30</td><td>0.0231</td><td>20.5</td><td>145.29</td><td>0.99328</td><td>57.68</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>11.00</td><td>12.20</td><td>0.0137</td><td>20.5</td><td>153.69</td><td>0.99328</td><td>49.21</td></tr><tr><td>0</td><td>46</td><td>9.70</td><td>10.90</td><td>0.0080</td><td>20.5</td><td>158.89</td><td>0.99328</td><td>43.97</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>8.30</td><td>9.50</td><td>0.0050</td><td>20.8</td><td>164.49</td><td>0.98610</td><td>38.32</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>6.40</td><td>7.60</td><td>0.0029</td><td>21.3</td><td>172.09</td><td>0.97432</td><td>30.66</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>4.20</td><td>5.40</td><td>0.0015</td><td>21.3</td><td>180.89</td><td>0.97432</td><td>21.78</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	20.60	21.80	0.0652	20.5	115.29	0.99328	87.94	0	1	18.80	20.00	0.0475	20.5	122.49	0.99328	80.68	0	2	16.40	17.60	0.0349	20.5	132.09	0.99328	71.00	0	5	13.10	14.30	0.0231	20.5	145.29	0.99328	57.68	0	15	11.00	12.20	0.0137	20.5	153.69	0.99328	49.21	0	46	9.70	10.90	0.0080	20.5	158.89	0.99328	43.97	2	0	8.30	9.50	0.0050	20.8	164.49	0.98610	38.32	6	0	6.40	7.60	0.0029	21.3	172.09	0.97432	30.66	24	0	4.20	5.40	0.0015	21.3	180.89	0.97432	21.78
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	20.60	21.80	0.0652	20.5	115.29	0.99328	87.94																																																																																					
0	1	18.80	20.00	0.0475	20.5	122.49	0.99328	80.68																																																																																					
0	2	16.40	17.60	0.0349	20.5	132.09	0.99328	71.00																																																																																					
0	5	13.10	14.30	0.0231	20.5	145.29	0.99328	57.68																																																																																					
0	15	11.00	12.20	0.0137	20.5	153.69	0.99328	49.21																																																																																					
0	46	9.70	10.90	0.0080	20.5	158.89	0.99328	43.97																																																																																					
2	0	8.30	9.50	0.0050	20.8	164.49	0.98610	38.32																																																																																					
6	0	6.40	7.60	0.0029	21.3	172.09	0.97432	30.66																																																																																					
24	0	4.20	5.40	0.0015	21.3	180.89	0.97432	21.78																																																																																					

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH				Bericht: 240444																																																																																									
Holzstraße 212 59556 Lippstadt				Anlage: 3.2																																																																																									
Körnungslinie Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden in 59457 Werl-Westönnen - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -				Prüfungsnummern: Proben 6/4, 7/2, 8/4, 9/5, 10/6 Proben entnommen am: 09.-11.09.24 Art der Entnahme: gestörte Bodenprobe Arbeitsweise: Sieb- und Sieb-/Schlämmanalysen																																																																																									
Bearbeiter: Frau Gottlob				Datum: 15.10.2024																																																																																									
Bezeichnung: Probe 10/6 Bodenart: U, t', fs', fg', mg' Tiefe: 3,00-3,30 m T/U/S/G [%]: 13.9 / 43.1 / 16.7 / 26.3 kf-Wert: ~7,6 x 10^-9 m/s (M & P) Cu/Cc: -/- d10 [mm]: - d20 [mm]: 0.0034 d10/d30/d60 [mm]: - / 0.008 / 0.077 Siebanalyse: Trockenmasse [g]: 69.49 Schlämmanalyse: Trockenmasse [g]: 46.81 Korndichte [g/cm³]: 2.650 Aräometer: Bezeichnung: Standard Aräometer Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20 Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70 d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0 d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm				Siebanalyse <table><thead><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Rückstand [g]</th><th>Rückstand [%]</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr></thead><tbody><tr><td>22.4</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>16.0</td><td>2.55</td><td>3.67</td><td>96.33</td></tr><tr><td>8.0</td><td>3.84</td><td>5.53</td><td>90.80</td></tr><tr><td>4.0</td><td>9.32</td><td>13.41</td><td>77.39</td></tr><tr><td>2.0</td><td>2.86</td><td>4.12</td><td>73.28</td></tr><tr><td>1.0</td><td>1.11</td><td>1.60</td><td>71.68</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.42</td><td>0.60</td><td>71.07</td></tr><tr><td>0.25</td><td>0.60</td><td>0.86</td><td>70.21</td></tr><tr><td>0.125</td><td>1.98</td><td>2.85</td><td>67.36</td></tr><tr><td>Schale</td><td>46.81</td><td>67.36</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>69.49</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siebverlust</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>				Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]	22.4	0.00	0.00	100.00	16.0	2.55	3.67	96.33	8.0	3.84	5.53	90.80	4.0	9.32	13.41	77.39	2.0	2.86	4.12	73.28	1.0	1.11	1.60	71.68	0.5	0.42	0.60	71.07	0.25	0.60	0.86	70.21	0.125	1.98	2.85	67.36	Schale	46.81	67.36	-	Summe	69.49			Siebverlust	0.00																																				
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																										
22.4	0.00	0.00	100.00																																																																																										
16.0	2.55	3.67	96.33																																																																																										
8.0	3.84	5.53	90.80																																																																																										
4.0	9.32	13.41	77.39																																																																																										
2.0	2.86	4.12	73.28																																																																																										
1.0	1.11	1.60	71.68																																																																																										
0.5	0.42	0.60	71.07																																																																																										
0.25	0.60	0.86	70.21																																																																																										
0.125	1.98	2.85	67.36																																																																																										
Schale	46.81	67.36	-																																																																																										
Summe	69.49																																																																																												
Siebverlust	0.00																																																																																												
Schlämmanalyse <table><thead><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></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0.5</td><td>23.40</td><td>24.60</td><td>0.0618</td><td>20.7</td><td>104.09</td><td>0.98848</td><td>56.86</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>21.10</td><td>22.30</td><td>0.0456</td><td>20.7</td><td>113.29</td><td>0.98848</td><td>51.54</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>18.90</td><td>20.10</td><td>0.0334</td><td>20.7</td><td>122.09</td><td>0.98848</td><td>46.46</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>16.50</td><td>17.70</td><td>0.0220</td><td>20.7</td><td>131.69</td><td>0.98848</td><td>40.91</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>13.70</td><td>14.90</td><td>0.0132</td><td>20.7</td><td>142.89</td><td>0.98848</td><td>34.44</td></tr><tr><td>0</td><td>46</td><td>11.50</td><td>12.70</td><td>0.0078</td><td>20.6</td><td>151.69</td><td>0.99087</td><td>29.35</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>9.10</td><td>10.30</td><td>0.0049</td><td>21.0</td><td>161.29</td><td>0.98136</td><td>23.81</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>6.90</td><td>8.10</td><td>0.0029</td><td>21.1</td><td>170.09</td><td>0.97900</td><td>18.72</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>3.30</td><td>4.50</td><td>0.0015</td><td>21.4</td><td>184.49</td><td>0.97198</td><td>10.40</td></tr></tbody></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	23.40	24.60	0.0618	20.7	104.09	0.98848	56.86	0	1	21.10	22.30	0.0456	20.7	113.29	0.98848	51.54	0	2	18.90	20.10	0.0334	20.7	122.09	0.98848	46.46	0	5	16.50	17.70	0.0220	20.7	131.69	0.98848	40.91	0	15	13.70	14.90	0.0132	20.7	142.89	0.98848	34.44	0	46	11.50	12.70	0.0078	20.6	151.69	0.99087	29.35	2	0	9.10	10.30	0.0049	21.0	161.29	0.98136	23.81	6	0	6.90	8.10	0.0029	21.1	170.09	0.97900	18.72	24	0	3.30	4.50	0.0015	21.4	184.49	0.97198	10.40
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	23.40	24.60	0.0618	20.7	104.09	0.98848	56.86																																																																																					
0	1	21.10	22.30	0.0456	20.7	113.29	0.98848	51.54																																																																																					
0	2	18.90	20.10	0.0334	20.7	122.09	0.98848	46.46																																																																																					
0	5	16.50	17.70	0.0220	20.7	131.69	0.98848	40.91																																																																																					
0	15	13.70	14.90	0.0132	20.7	142.89	0.98848	34.44																																																																																					
0	46	11.50	12.70	0.0078	20.6	151.69	0.99087	29.35																																																																																					
2	0	9.10	10.30	0.0049	21.0	161.29	0.98136	23.81																																																																																					
6	0	6.90	8.10	0.0029	21.1	170.09	0.97900	18.72																																																																																					
24	0	3.30	4.50	0.0015	21.4	184.49	0.97198	10.40																																																																																					



Bezeichnung:	Probe 11/4	Probe 12/6	Probe 13/3	Probe 15/4	Bericht: 240444 Anlage: 3.3
Bodenart:	U, t, fs', gg'	T, U, fs'	U, t', fs'	U, t̄, fs'	
Tiefe:	1,80-2,80 m	3,40-4,30 m	1,40-2,10 m	2,10-2,90 m	
T/U/S/G [%]:	21.2/46.1/18.1/14.6	47.3/42.4/10.2/0.1	11.9/75.9/12.2/ -	35.8/48.1/11.4/4.8	
kf-Wert:	~1,5 x 10 ⁻⁹ m/s (M & P)	<6,0 x 10 ⁻⁹ m/s (M & P)	~5,0 x 10 ⁻⁸ m/s (M & P)	<6,0 x 10 ⁻⁹ m/s (M & P)	
Cu/Cc:	-/-	-/-	-/-	-/-	
d10 [mm]:	-	-	-	-	
d20 [mm]:	0.0017	-	0.0077	-	

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH

Holzstraße 212

59556 Lippstadt

Bericht: 240444

Anlage: 3.3

Körnungslinie

Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden

in 59457 Werl-Westönnen

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 15.10.2024

Prüfungsnummern: Proben 11/4, 12/6, 13/3, 15/4

Proben entnommen am: 09.-11.09.24

Art der Entnahme: gestörte Bodenprobe

Arbeitsweise: Sieb- und Sieb-/Schlämmanalysen

Bezeichnung: Probe 11/4

Bodenart: U, t, fs', gg'

Tiefe: 1,80-2,80 m

T/U/S/G [%]: 21.2 / 46.1 / 18.1 / 14.6

kf-Wert: ~1,5 x 10⁻⁹ m/s (M & P)

Cu/Cc: -/-

d10 [mm]: -

d20 [mm]: 0.0017

d10/d30/d60 [mm]: - / 0.005 / 0.044

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 48.14

Schlämmanalyse:

Trockenmasse [g]: 38.43

Korndichte [g/cm³]: 2.650

Aräometer:

Bezeichnung: Standard Aräometer

Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40

Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50

Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00

Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20

Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70

d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0

d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
35.0	0.00	0.00	100.00
22.4	4.89	10.16	89.84
16.0	0.00	0.00	89.84
8.0	0.64	1.33	88.51
4.0	0.85	1.77	86.75
2.0	0.77	1.60	85.15
1.0	0.17	0.35	84.79
0.5	0.13	0.27	84.52
0.25	0.54	1.12	83.40
0.125	1.72	3.57	79.83
Schale	38.43	79.83	-
Summe	48.14		
Siebverlust	0.00		

Schlämmanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]
0	0.5	19.30	20.50	0.0666	20.5	120.49	0.99328	68.39
0	1	17.50	18.70	0.0485	20.5	127.69	0.99328	62.39
0	2	15.20	16.40	0.0355	20.5	136.89	0.99328	54.71
0	5	12.50	13.70	0.0233	20.5	147.69	0.99328	45.71
0	15	10.30	11.50	0.0139	20.5	156.49	0.99328	38.37
0	46	9.00	10.20	0.0080	20.6	161.69	0.99087	34.03
2	0	7.80	9.00	0.0050	20.9	166.49	0.98373	30.03
6	0	6.20	7.40	0.0030	20.8	172.89	0.98610	24.69
24	0	4.40	5.60	0.0015	21.2	180.09	0.97665	18.68

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt					Bericht: 240444 Anlage: 3.2																																																																																									
Körnungslinie Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden in 59457 Werl-Westönnen - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -					Prüfungsnummern: Proben 11/4, 12/6, 13/3, 15/4 Proben entnommen am: 09.-11.09.24 Art der Entnahme: gestörte Bodenprobe Arbeitsweise: Sieb- und Sieb-/Schlamm-Analysen																																																																																									
Bearbeiter: Frau Gottlob					Datum: 15.10.2024																																																																																									
Bezeichnung: Probe 12/6 Bodenart: T, U, fs' Tiefe: 3,40-4,30 m T/U/S/G [%]: 47.3 / 42.4 / 10.2 / 0.1 kf-Wert: <6,0 x 10⁻⁹ m/s (M & P) Cu/Cc: -/- d10 [mm]: - d20 [mm]: - d10/d30/d60 [mm]: - / - / 0.004 Siebanalyse: Trockenmasse [g]: 35.43 Schlammanalyse: Trockenmasse [g]: 35.32 Korndichte [g/cm³]: 2.650 Aräometer: Bezeichnung: Standard Aräometer Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20 Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70 d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0 d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm					Siebanalyse <table><thead><tr><th>Korngröße [mm]</th><th>Rückstand [g]</th><th>Rückstand [%]</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr></thead><tbody><tr><td>4.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>2.0</td><td>0.04</td><td>0.11</td><td>99.89</td></tr><tr><td>1.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>99.89</td></tr><tr><td>0.5</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>99.89</td></tr><tr><td>0.25</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>99.89</td></tr><tr><td>0.125</td><td>0.07</td><td>0.20</td><td>99.69</td></tr><tr><td>Schale</td><td>35.32</td><td>99.69</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>35.43</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siebverlust</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>				Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]	4.0	0.00	0.00	100.00	2.0	0.04	0.11	99.89	1.0	0.00	0.00	99.89	0.5	0.00	0.00	99.89	0.25	0.00	0.00	99.89	0.125	0.07	0.20	99.69	Schale	35.32	99.69	-	Summe	35.43			Siebverlust	0.00																																																
Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]																																																																																											
4.0	0.00	0.00	100.00																																																																																											
2.0	0.04	0.11	99.89																																																																																											
1.0	0.00	0.00	99.89																																																																																											
0.5	0.00	0.00	99.89																																																																																											
0.25	0.00	0.00	99.89																																																																																											
0.125	0.07	0.20	99.69																																																																																											
Schale	35.32	99.69	-																																																																																											
Summe	35.43																																																																																													
Siebverlust	0.00																																																																																													
Schlammanalyse <table><thead><tr><th colspan="2">Zeit [h] [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></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0.5</td><td>18.60</td><td>19.80</td><td>0.0675</td><td>20.4</td><td>123.29</td><td>0.99568</td><td>89.75</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>18.10</td><td>19.30</td><td>0.0481</td><td>20.4</td><td>125.29</td><td>0.99568</td><td>87.49</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>17.20</td><td>18.40</td><td>0.0345</td><td>20.4</td><td>128.89</td><td>0.99568</td><td>83.41</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>16.20</td><td>17.40</td><td>0.0222</td><td>20.4</td><td>132.89</td><td>0.99568</td><td>78.88</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>14.50</td><td>15.70</td><td>0.0131</td><td>20.4</td><td>139.69</td><td>0.99568</td><td>71.17</td></tr><tr><td>0</td><td>46</td><td>13.80</td><td>15.00</td><td>0.0075</td><td>20.6</td><td>142.49</td><td>0.99087</td><td>68.00</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>12.50</td><td>13.70</td><td>0.0047</td><td>20.9</td><td>147.69</td><td>0.98373</td><td>62.10</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>10.50</td><td>11.70</td><td>0.0028</td><td>20.8</td><td>155.69</td><td>0.98610</td><td>53.04</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>8.00</td><td>9.20</td><td>0.0014</td><td>21.3</td><td>165.69</td><td>0.97432</td><td>41.70</td></tr></tbody></table>					Zeit [h] [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	0.0675	20.4	123.29	0.99568	89.75	0	1	18.10	19.30	0.0481	20.4	125.29	0.99568	87.49	0	2	17.20	18.40	0.0345	20.4	128.89	0.99568	83.41	0	5	16.20	17.40	0.0222	20.4	132.89	0.99568	78.88	0	15	14.50	15.70	0.0131	20.4	139.69	0.99568	71.17	0	46	13.80	15.00	0.0075	20.6	142.49	0.99087	68.00	2	0	12.50	13.70	0.0047	20.9	147.69	0.98373	62.10	6	0	10.50	11.70	0.0028	20.8	155.69	0.98610	53.04	24	0	8.00	9.20	0.0014	21.3	165.69	0.97432	41.70
Zeit [h] [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	0.0675	20.4	123.29	0.99568	89.75																																																																																						
0	1	18.10	19.30	0.0481	20.4	125.29	0.99568	87.49																																																																																						
0	2	17.20	18.40	0.0345	20.4	128.89	0.99568	83.41																																																																																						
0	5	16.20	17.40	0.0222	20.4	132.89	0.99568	78.88																																																																																						
0	15	14.50	15.70	0.0131	20.4	139.69	0.99568	71.17																																																																																						
0	46	13.80	15.00	0.0075	20.6	142.49	0.99087	68.00																																																																																						
2	0	12.50	13.70	0.0047	20.9	147.69	0.98373	62.10																																																																																						
6	0	10.50	11.70	0.0028	20.8	155.69	0.98610	53.04																																																																																						
24	0	8.00	9.20	0.0014	21.3	165.69	0.97432	41.70																																																																																						

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt					Bericht: 240444 Anlage: 3.3																																																																																																						
Körnungslinie Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden in 59457 Werl-Westönnen - Baugrunderkundung / Gründungsberatung - Bearbeiter: Frau Gottlob Datum: 15.10.2024					Prüfungsnummern: Proben 11/4, 12/6, 13/3, 15/4 Proben entnommen am: 09.-11.09.24 Art der Entnahme: gestörte Bodenprobe Arbeitsweise: Sieb- und Sieb-/Schlämmanalysen																																																																																																						
Bezeichnung: Probe 13/3 Bodenart: U, t', fs' Tiefe: 1,40-2,10 m T/U/S/G [%]: 11.9 / 75.9 / 12.2 / - kf-Wert: ~5,0 x 10^-8 m/s (M & P) Cu/Cc: -/- d10 [mm]: - d20 [mm]: 0.0077 d10/d30/d60 [mm]: - / 0.016 / 0.033 Siebanalyse: Trockenmasse [g]: 41.28 Schlämmanalyse: Trockenmasse [g]: 41.25 Korndichte [g/cm³]: 2.650 Aräometer: Bezeichnung: Standard Aräometer Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40 Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50 Länge Aräometerbirne [cm]: 160.00 Abstd. OK Birne - UK Skala [mm]: 9.20 Meniskuskorrektur C_m / R'₀: 0.50 / 0.70 d1 = 20.0 d2 = 40.0 d3 = 60.0 d4 = 80.0 d5 = 100.0 d6 = 120.0 d7 = 140.0 mm					Siebanalyse <table><tr><th>Korngröße</th><th>Rückstand</th><th>Rückstand</th><th>Siebdurchgänge [%]</th></tr><tr><th>[mm]</th><th>[g]</th><th>[%]</th><th></th></tr><tr><td>0.25</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr><tr><td>0.125</td><td>0.03</td><td>0.07</td><td>99.93</td></tr><tr><td>Schale</td><td>41.25</td><td>99.93</td><td>-</td></tr><tr><td>Summe</td><td>41.28</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Siebverlust</td><td>0.00</td><td></td><td></td></tr></table>				Korngröße	Rückstand	Rückstand	Siebdurchgänge [%]	[mm]	[g]	[%]		0.25	0.00	0.00	100.00	0.125	0.03	0.07	99.93	Schale	41.25	99.93	-	Summe	41.28			Siebverlust	0.00																																																																									
Korngröße	Rückstand	Rückstand	Siebdurchgänge [%]																																																																																																								
[mm]	[g]	[%]																																																																																																									
0.25	0.00	0.00	100.00																																																																																																								
0.125	0.03	0.07	99.93																																																																																																								
Schale	41.25	99.93	-																																																																																																								
Summe	41.28																																																																																																										
Siebverlust	0.00																																																																																																										
Schlämmanalyse <table><tr><th colspan="2">Zeit</th><th>R'_h</th><th>R'_h + R₀</th><th>Korngröße</th><th>T</th><th>H_r</th><th>η</th><th>Durchgang</th></tr><tr><th>[h]</th><th>[min]</th><th>[-]</th><th>R₀=C_m+R'₀</th><th>[mm]</th><th>[°C]</th><th>[mm]</th><th>[-]</th><th>[%]</th></tr><tr><td>0</td><td>0.5</td><td>21.70</td><td>22.90</td><td>0.0642</td><td>20.1</td><td>110.89</td><td>1.00297</td><td>89.10</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>19.50</td><td>20.70</td><td>0.0472</td><td>20.1</td><td>119.69</td><td>1.00297</td><td>80.54</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td><td>15.50</td><td>16.70</td><td>0.0355</td><td>20.1</td><td>135.69</td><td>1.00297</td><td>64.97</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>9.50</td><td>10.70</td><td>0.0244</td><td>20.1</td><td>159.69</td><td>1.00297</td><td>41.63</td></tr><tr><td>0</td><td>15</td><td>5.60</td><td>6.80</td><td>0.0147</td><td>20.1</td><td>175.29</td><td>1.00297</td><td>26.46</td></tr><tr><td>0</td><td>46</td><td>4.00</td><td>5.20</td><td>0.0085</td><td>20.3</td><td>181.69</td><td>0.99810</td><td>20.23</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>3.40</td><td>4.60</td><td>0.0053</td><td>20.8</td><td>184.09</td><td>0.98610</td><td>17.90</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>2.30</td><td>3.50</td><td>0.0031</td><td>20.8</td><td>188.49</td><td>0.98610</td><td>13.62</td></tr><tr><td>24</td><td>0</td><td>1.60</td><td>2.80</td><td>0.0015</td><td>21.3</td><td>191.29</td><td>0.97432</td><td>10.89</td></tr></table>									Zeit		R' _h	R' _h + R ₀	Korngröße	T	H _r	η	Durchgang	[h]	[min]	[-]	R ₀ =C _m +R' ₀	[mm]	[°C]	[mm]	[-]	[%]	0	0.5	21.70	22.90	0.0642	20.1	110.89	1.00297	89.10	0	1	19.50	20.70	0.0472	20.1	119.69	1.00297	80.54	0	2	15.50	16.70	0.0355	20.1	135.69	1.00297	64.97	0	5	9.50	10.70	0.0244	20.1	159.69	1.00297	41.63	0	15	5.60	6.80	0.0147	20.1	175.29	1.00297	26.46	0	46	4.00	5.20	0.0085	20.3	181.69	0.99810	20.23	2	0	3.40	4.60	0.0053	20.8	184.09	0.98610	17.90	6	0	2.30	3.50	0.0031	20.8	188.49	0.98610	13.62	24	0	1.60	2.80	0.0015	21.3	191.29	0.97432	10.89
Zeit		R' _h	R' _h + R ₀	Korngröße	T	H _r	η	Durchgang																																																																																																			
[h]	[min]	[-]	R ₀ =C _m +R' ₀	[mm]	[°C]	[mm]	[-]	[%]																																																																																																			
0	0.5	21.70	22.90	0.0642	20.1	110.89	1.00297	89.10																																																																																																			
0	1	19.50	20.70	0.0472	20.1	119.69	1.00297	80.54																																																																																																			
0	2	15.50	16.70	0.0355	20.1	135.69	1.00297	64.97																																																																																																			
0	5	9.50	10.70	0.0244	20.1	159.69	1.00297	41.63																																																																																																			
0	15	5.60	6.80	0.0147	20.1	175.29	1.00297	26.46																																																																																																			
0	46	4.00	5.20	0.0085	20.3	181.69	0.99810	20.23																																																																																																			
2	0	3.40	4.60	0.0053	20.8	184.09	0.98610	17.90																																																																																																			
6	0	2.30	3.50	0.0031	20.8	188.49	0.98610	13.62																																																																																																			
24	0	1.60	2.80	0.0015	21.3	191.29	0.97432	10.89																																																																																																			

ANLAGE 4.1

Wassergehaltsbestimmungen

Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212
59556 Lippstadt

Bericht: 240444

Anlage: 4.1

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden'

in 59457 Werl-Westönnen
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 15.10.2024

Prüfungsnummer: divers

Entnahmestelle: divers

Tiefe: 0,45-4,30 m (min.-max.)

Art der Entnahme: gestörte Proben

Probe entnommen am: 09.-11.09.2024

Probenbezeichnung:	Probe 1/3	Probe 2/5	Probe 3/4	Probe 4/6	Probe 5/3
Feuchte Probe + Behälter [g]:	259.70	271.22	262.53	251.34	275.30
Trockene Probe + Behälter [g]:	251.90	258.71	253.53	243.82	262.61
Behälter [g]:	209.73	199.53	199.45	187.40	205.02
Porenwasser [g]:	7.80	12.51	9.00	7.52	12.69
Trockene Probe [g]:	42.17	59.18	54.08	56.42	57.59
Wassergehalt [%]	18.50	21.14	16.64	13.33	22.04

Probenbezeichnung:	Probe 6/4	Probe 7/2	Probe 8/4	Probe 9/5	Probe 10/6
Feuchte Probe + Behälter [g]:	278.06	291.38	275.15	279.22	287.09
Trockene Probe + Behälter [g]:	266.59	276.26	262.15	267.68	278.75
Behälter [g]:	208.38	200.81	199.62	213.11	204.19
Porenwasser [g]:	11.47	15.12	13.00	11.54	8.34
Trockene Probe [g]:	58.21	75.45	62.53	54.57	74.56
Wassergehalt [%]	19.70	20.04	20.79	21.15	11.19

Probenbezeichnung:	Probe 11/4	Probe 12/6	Probe 13/3	Probe 15/4	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	271.36	285.20	265.98	286.28	
Trockene Probe + Behälter [g]:	256.38	270.17	254.28	271.94	
Behälter [g]:	202.17	209.98	197.64	212.14	
Porenwasser [g]:	14.98	15.03	11.70	14.34	
Trockene Probe [g]:	54.21	60.19	56.64	59.80	
Wassergehalt [%]	27.63	24.97	20.66	23.98	

A N L A G E 5.1-5.6
Konsistenzgrenzenbestimmung

Zustandsgrenzen

Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden'

in 59457 Werl-Westönnen

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 15.10.2024

Prüfungsnummer: Probe 1/3

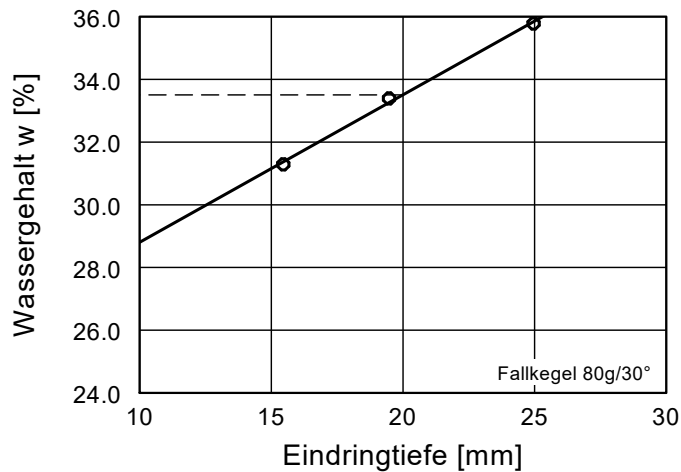
Entnahmestelle: BS 1

Tiefe: 1,40-2,10 m

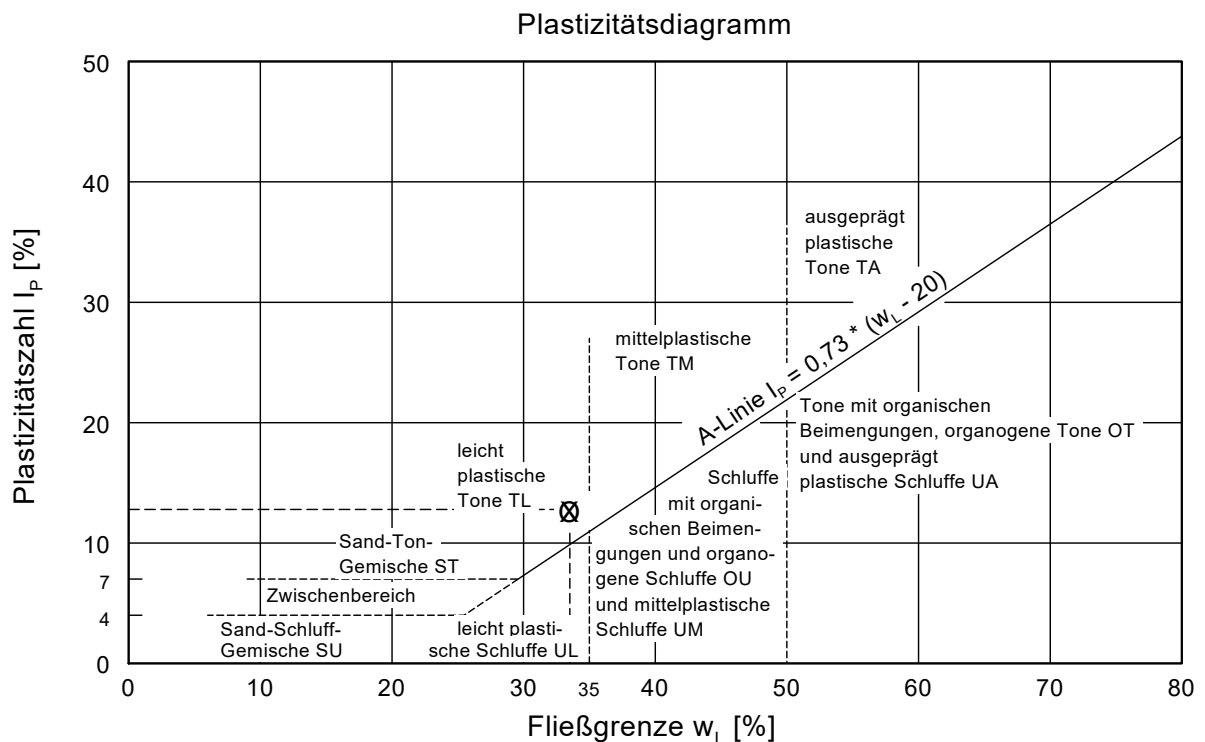
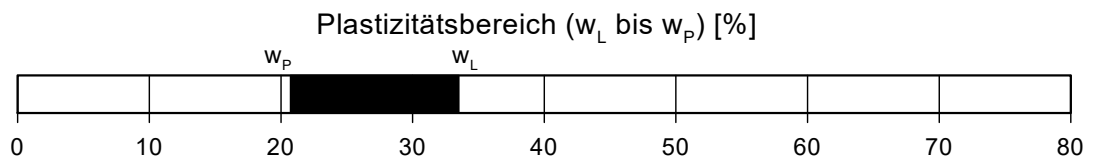
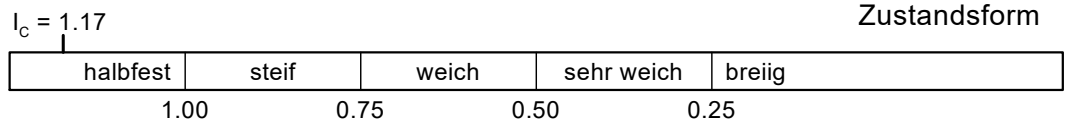
Art der Entnahme: gestörte Probe

Bodenart: bindiger Boden

Probe entnommen am: 09.-11.09.2024



Wassergehalt $w =$ 18.5 %
Fließgrenze $w_L =$ 33.5 %
Ausrollgrenze $w_p =$ 20.7 %
Plastizitätszahl $I_p =$ 12.8 %
Konsistenzzahl $I_c =$ 1.17



Zustandsgrenzen

Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden'

in 59457 Werl-Westönnen

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 15.10.2024

Prüfungsnummer: Probe 2/5

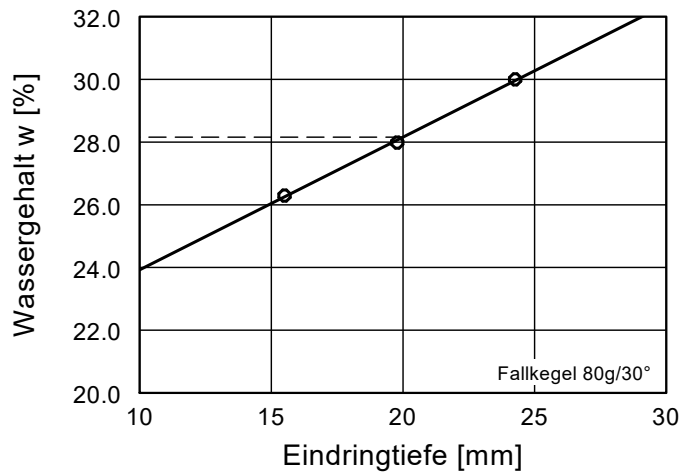
Entnahmestelle: BS 2

Tiefe: 2,40-3,10 m

Art der Entnahme: gestörte Probe

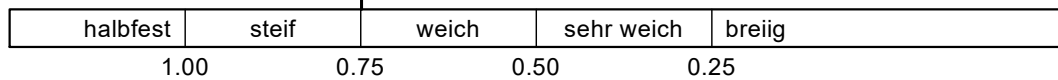
Bodenart: bindiger Boden

Probe entnommen am: 09.-11.09.2024

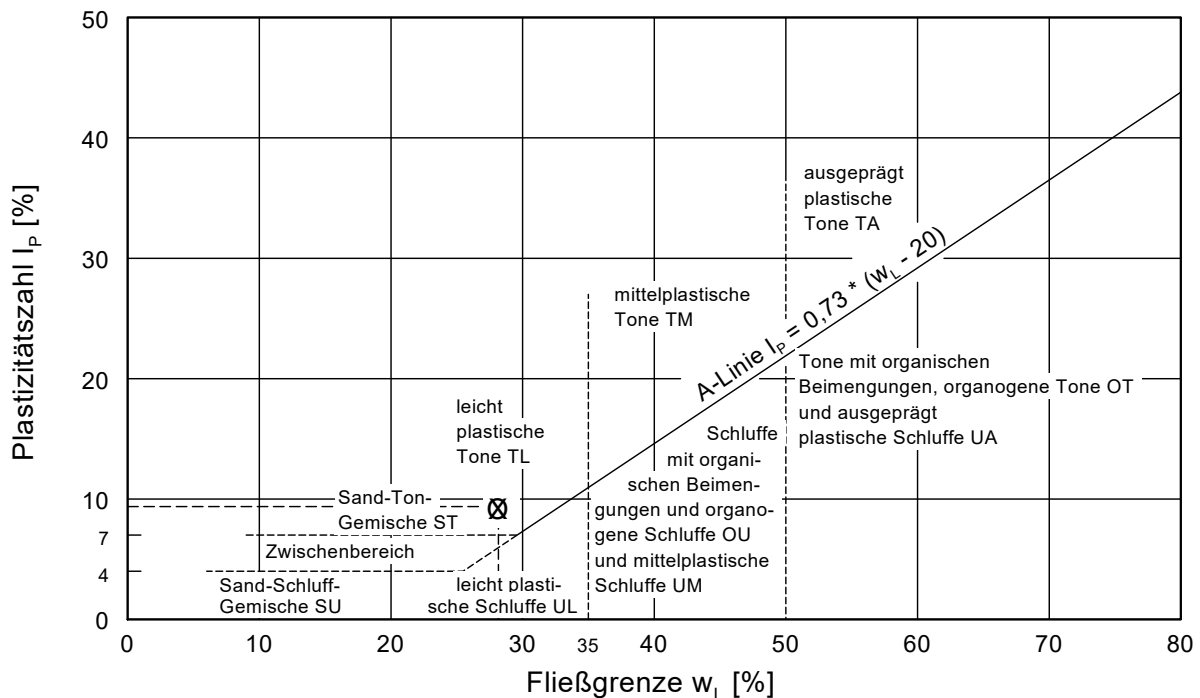


Wassergehalt $w = 21.1 \%$
Fließgrenze $w_L = 28.2 \%$
Ausrollgrenze $w_P = 18.8 \%$
Plastizitätszahl $I_p = 9.4$
Konsistenzzahl $I_C = 0.75$

Zustandsform

 $I_C = 0.75$ Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]

Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen

Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden'

in 59457 Werl-Westönnen

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 15.10.2024

Prüfungsnummer: Probe 3/4

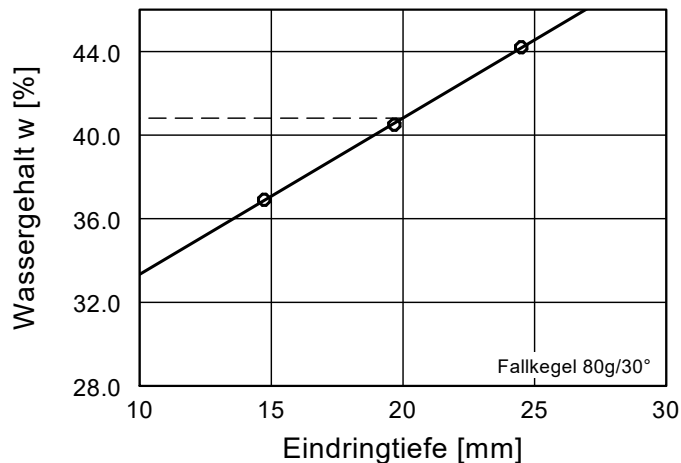
Entnahmestelle: BS 3

Tiefe: 1,60-2,40 m

Art der Entnahme: gestörte Probe

Bodenart: bindiger Boden

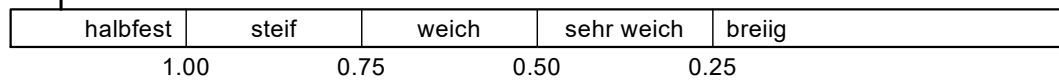
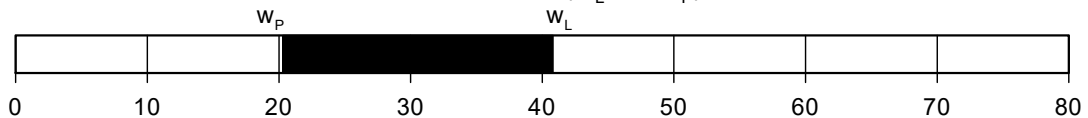
Probe entnommen am: 09.-11.09.2024



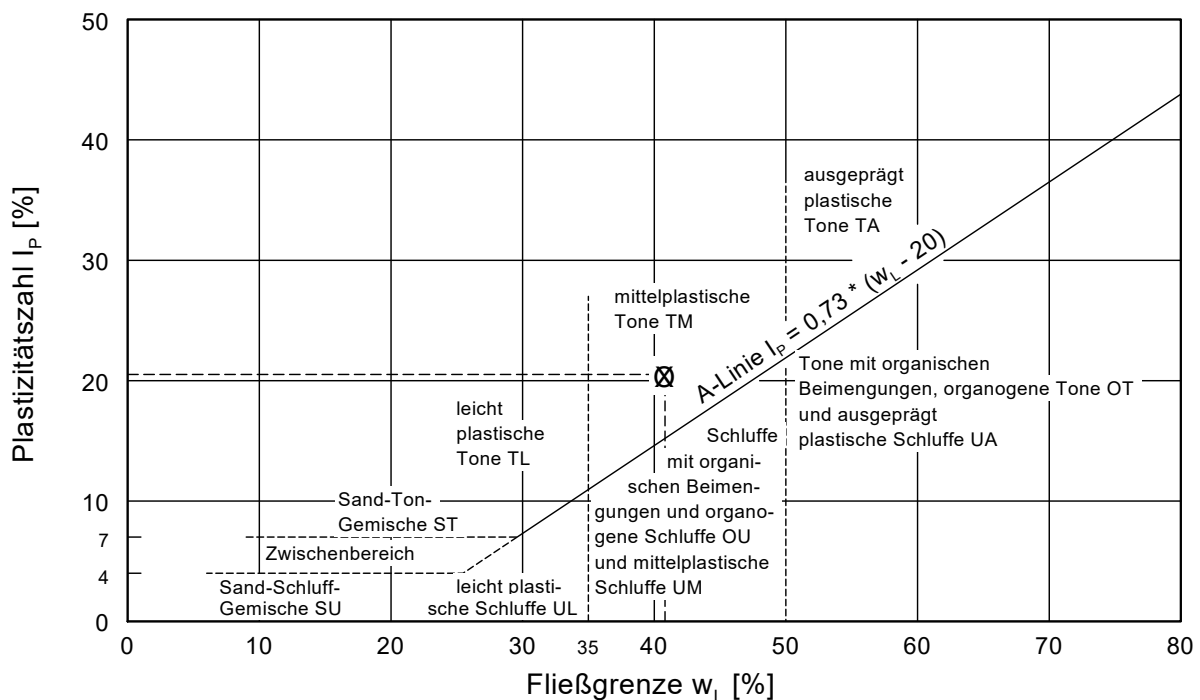
Wassergehalt $w =$ 16.6 %
Fließgrenze $w_L =$ 40.8 %
Ausrollgrenze $w_P =$ 20.3 %
Plastizitätszahl $I_p =$ 20.5 %
Konsistenzzahl $I_c =$ 1.18

 $I_c = 1.18$

Zustandsform

Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]

Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen

Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden'

in 59457 Werl-Westönnen

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 15.10.2024

Prüfungsnummer: Probe 5/3

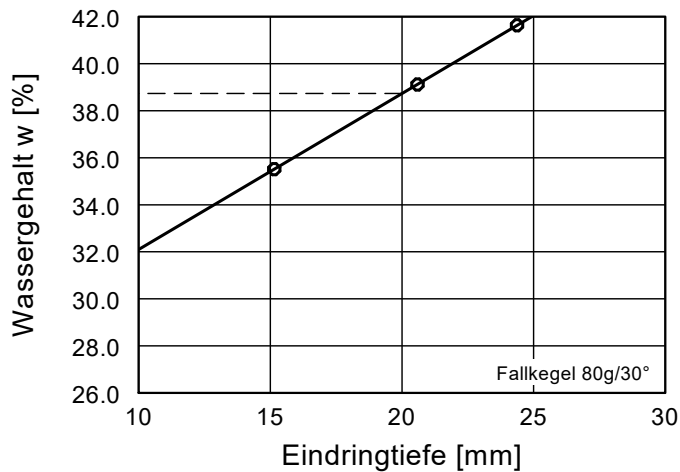
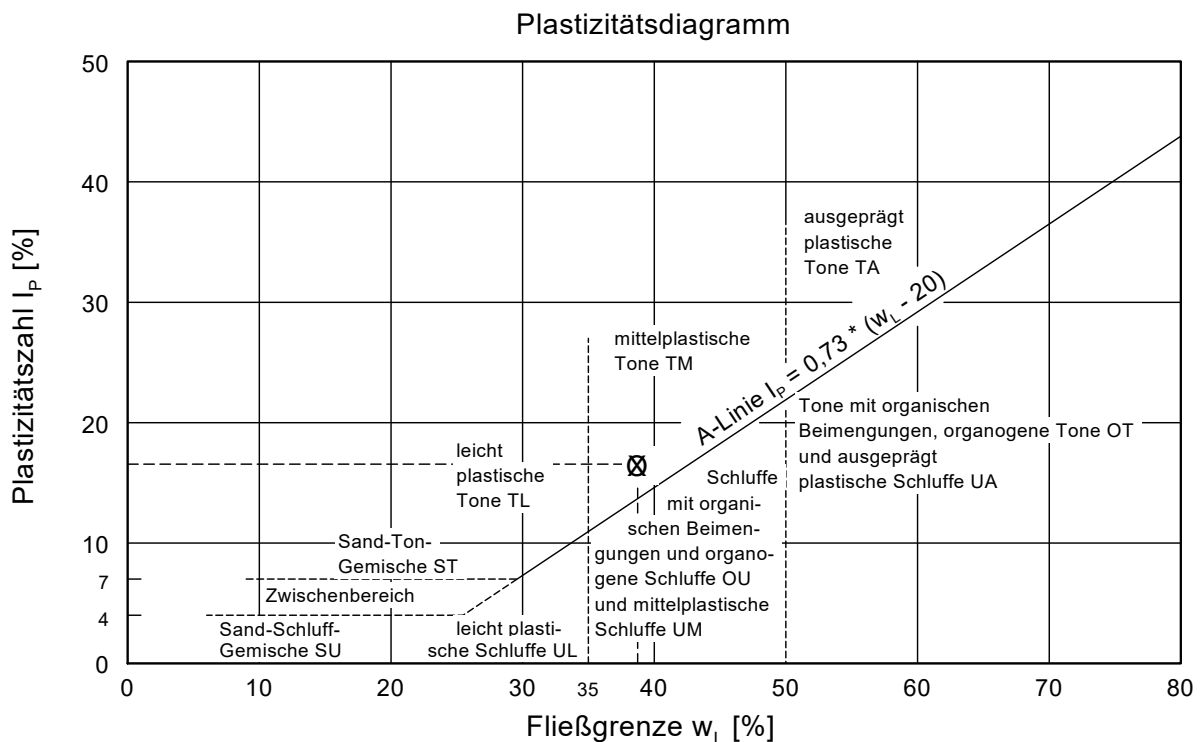
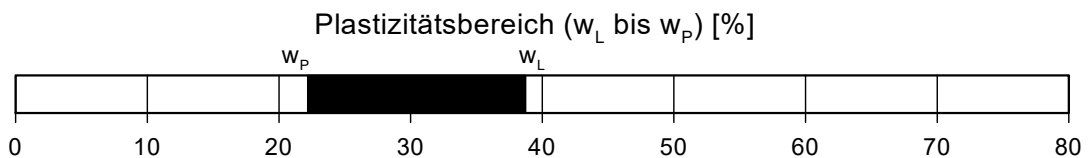
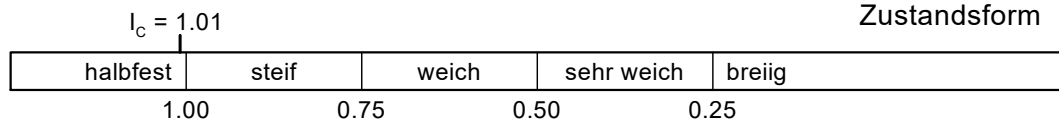
Entnahmestelle: BS 5

Tiefe: 0,80-1,00 m

Art der Entnahme: gestörte Probe

Bodenart: bindiger Boden

Probe entnommen am: 09.-11.09.2024

Wassergehalt $w =$ 22.0 %Fließgrenze $w_L =$ 38.7 %Ausrollgrenze $w_p =$ 22.2 %Plastizitätszahl $I_p =$ 16.5 %Konsistenzzahl $I_c =$ 1.01

Zustandsgrenzen

Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden'

in 59457 Werl-Westönnen

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 15.10.2024

Prüfungsnummer: Probe 6/4

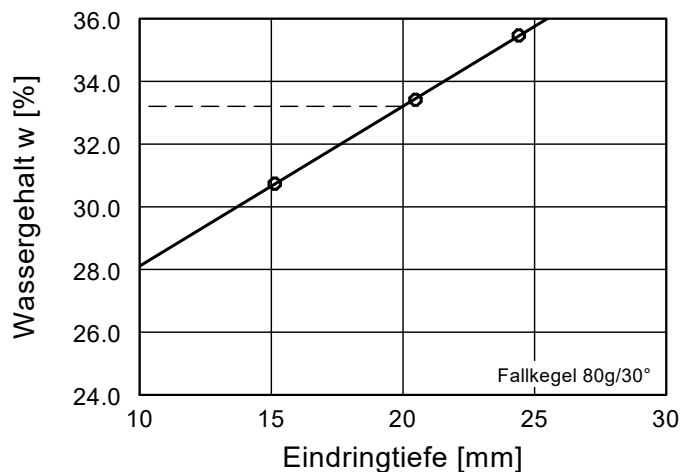
Entnahmestelle: BS 6

Tiefe: 2,10-2,60 m

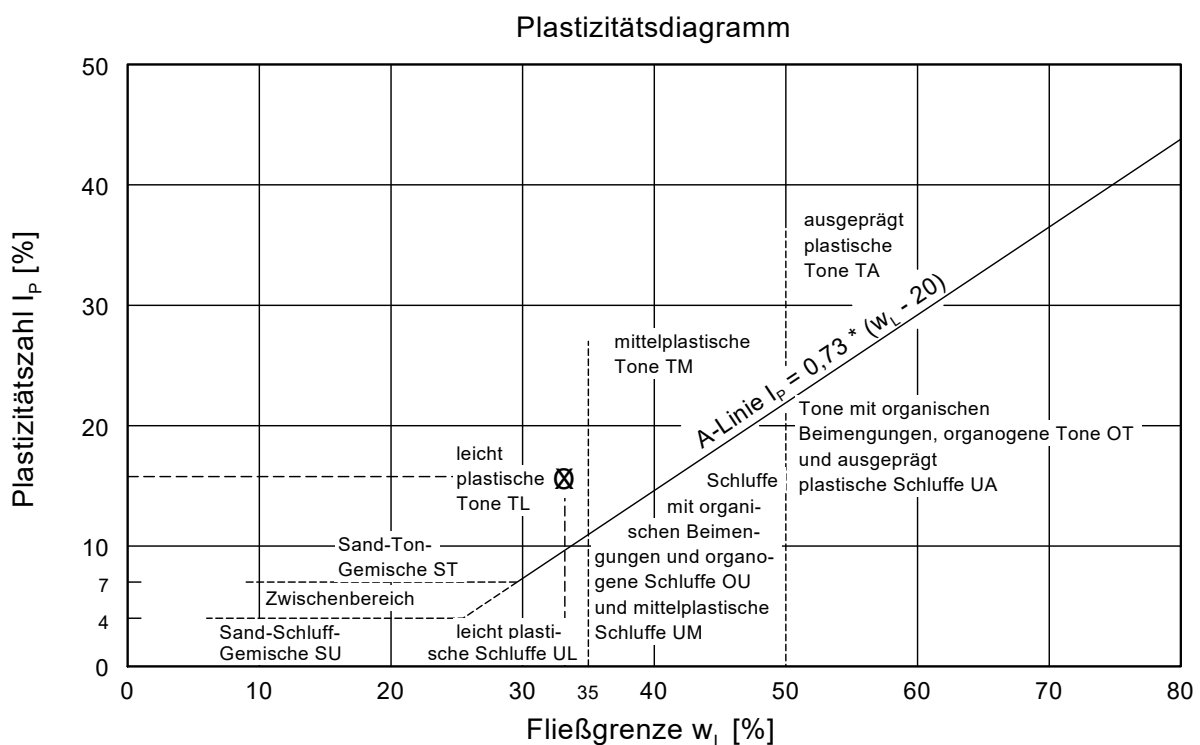
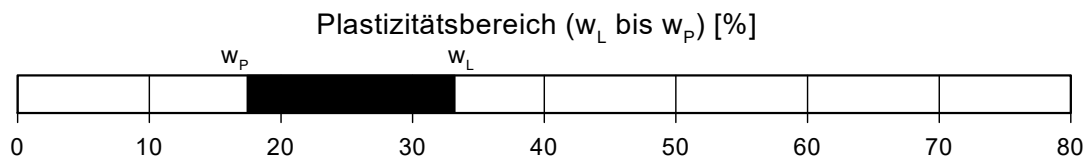
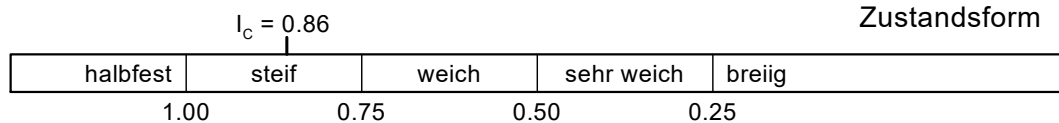
Art der Entnahme: gestörte Probe

Bodenart: bindiger Boden

Probe entnommen am: 09.-11.09.2024



Wassergehalt $w =$ 19.7 %
Fließgrenze $w_L =$ 33.2 %
Ausrollgrenze $w_P =$ 17.4 %
Plastizitätszahl $I_p =$ 15.8 %
Konsistenzzahl $I_c =$ 0.86



Zustandsgrenzen

Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden'

in 59457 Werl-Westönnen

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 15.10.2024

Prüfungsnummer: Probe 9/5

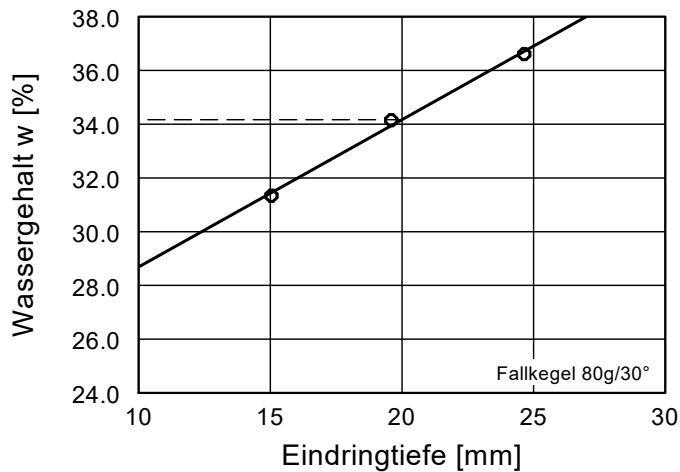
Entnahmestelle: BS 9

Tiefe: 2,20-2,60 m

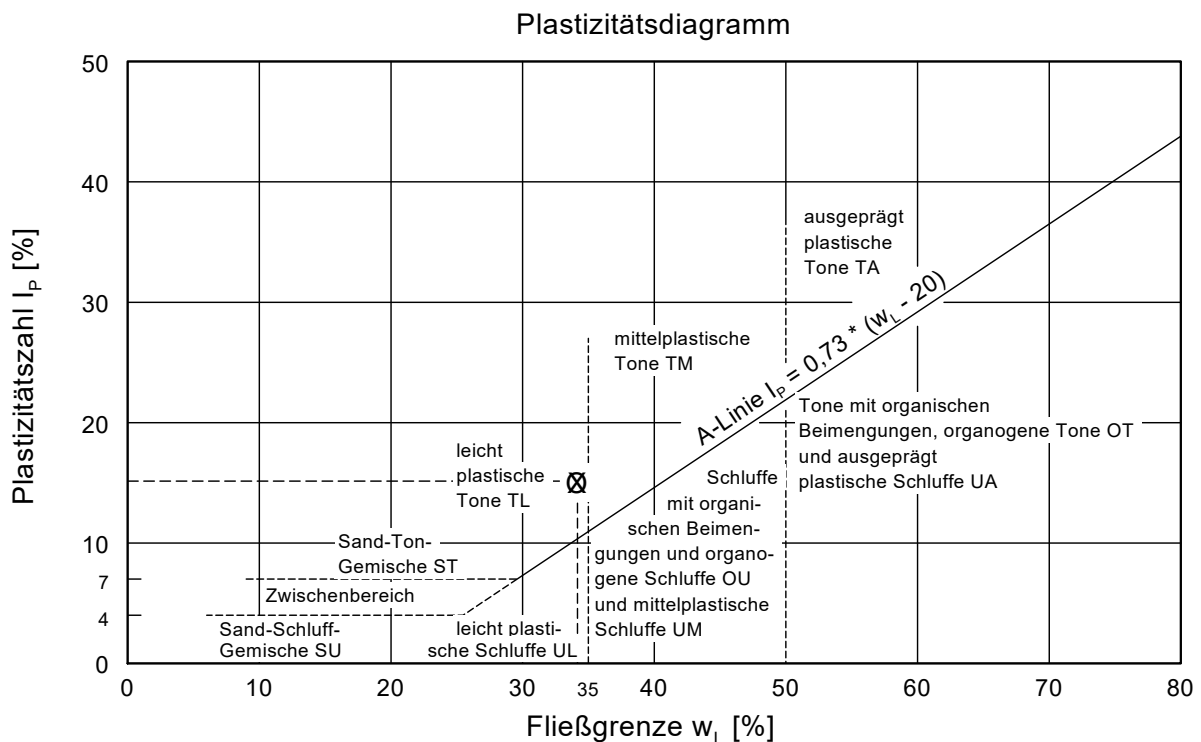
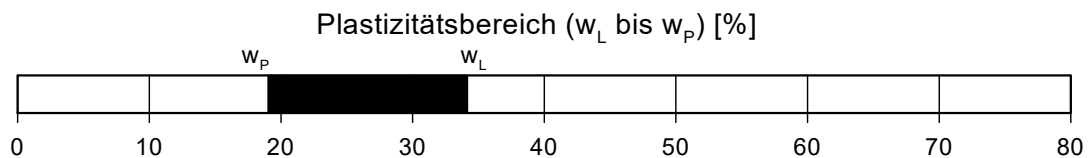
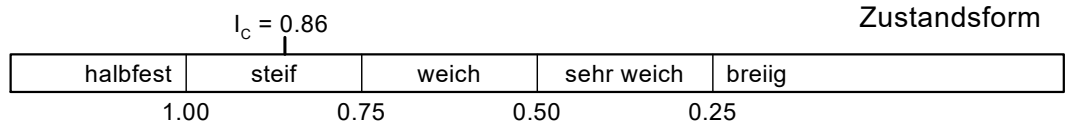
Art der Entnahme: gestörte Probe

Bodenart: bindiger Boden

Probe entnommen am: 09.-11.09.2024



Wassergehalt $w =$ 21.1 %
Fließgrenze $w_L =$ 34.2 %
Ausrollgrenze $w_P =$ 19.0 %
Plastizitätszahl $I_p =$ 15.2 %
Konsistenzzahl $I_C =$ 0.86



ANLAGE 6.1
Glühverlustversuche

Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212
59556 Lippstadt

Bericht: 240444

Anlage: 6.1

Glühverlust nach DIN EN 17685-1

Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden'

in 59457 Werl-Westönnen
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Gottlob

Datum: 15.10.2024

Prüfungsnummern: Proben 2/2, 5/3 und 14/2

Entnahmestelle: BS 2, BS 5 und BS 14

Tiefe: 0,45-1,00 m (min.-max.)

Art der Entnahme: gestörte Proben

Proben entnommen am: 09.-11.09.2024

Probenbezeichnung	Probe 2/2	Probe 2/2	Probe 2/2
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	40.89	41.65	41.41
Geglühte Probe + Behälter [g]	40.56	41.31	41.12
Behälter [g]	26.32	27.04	27.58
Massenverlust [g]	0.33	0.34	0.29
Trockenmasse vor Glühen [g]	14.57	14.61	13.83
Glühverlust [-]	2.26	2.33	2.10

Probenbezeichnung	Probe 5/3	Probe 5/3	Probe 5/3
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	43.06	42.91	41.28
Geglühte Probe + Behälter [g]	42.54	42.42	40.78
Behälter [g]	27.87	27.78	26.19
Massenverlust [g]	0.52	0.49	0.50
Trockenmasse vor Glühen [g]	15.19	15.13	15.09
Glühverlust [-]	3.42	3.24	3.31

Probenbezeichnung	Probe 14/2	Probe 14/2	Probe 14/2
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	44.54	42.55	41.26
Geglühte Probe + Behälter [g]	44.12	42.15	40.91
Behälter [g]	27.26	26.09	26.51
Massenverlust [g]	0.42	0.40	0.35
Trockenmasse vor Glühen [g]	17.28	16.46	14.75
Glühverlust [-]	2.43	2.43	2.37

ANLAGE 7.1

Versickerungsversuche

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

Maßnahme: Machbarkeitsuntersuchung Wohnbaugebiet 'Elwieden'
 Ort: in 59457 Werl-Westönnen
 Datum: 11.09.2024

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, Gültigkeitsbereich und Versickerungs-Medium)
BS 1	1	30	2,10	14,42	0,10	1,16E-07	3,34E-07	kein GW ermittelt. Füll-/Lösslehm + Verw.-Schutt (1,0-3,10 m u. GOK)
	2	30	2,10	15,00	0,10	1,11E-07	3,21E-07	
BS 2	1	30	2,40	14,15	0,50	5,89E-07	1,49E-06	kein GW ermittelt. Lösslehm (0,5-2,9 m u. GOK)
	2	30	2,40	14,32	0,50	5,82E-07	1,47E-06	
BS 5	1	30	1,50	10,18	0,50	8,19E-07	3,31E-06	kein GW ermittelt. Lösslehm (1,0-2,5 m u. GOK)
	2	30	1,50	10,36	0,50	8,04E-07	3,25E-06	
BS 7	1	30	2,25	9,46	1,00	1,76E-06	4,75E-06	kein GW ermittelt. Lösslehm + Verw.-Schutt (1,0-3,65 m u. GOK)
	2	30	2,25	9,33	1,00	1,79E-06	4,81E-06	
BS 11	1	30	2,25	9,28	0,50	8,98E-07	2,42E-06	kein GW ermittelt. Lösslehm (0,5-2,75 m u. GOK)
	2	30	2,25	9,41	0,50	8,86E-07	2,39E-06	
BS 15	1	30	2,00	11,48	1,00	1,45E-06	4,40E-06	kein GW ermittelt. Lösslehm (1,0-2,5 m u. GOK)
	2	30	2,00	11,51	1,00	1,45E-06	4,39E-06	

Erläuterung

r - Brunnenradius, mm

h - Wasserstandshöhe über der Grundwasseroberfläche, m

Q - Wasserzugabe in m³/s (Wasserspiegelkonstanthaltung)

 k_f - Durchlässigkeitsbeiwert, m/sDurchlässigkeitsbewertung nach DIN 18 130

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

ANLAGE 8.1

Chemische Analysenergebnisse

Prüfbericht-Nr: **B2422655**

Auftraggeber Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
59556 Lippstadt

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

Eingangsdatum 25.09.2024

Probennehmer / -eingang AG / Nightstar
Prüfort Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 25.09.2024 - 10.10.2024

Probe-Nr. P202436647

Probenbezeichnung MP Mutterboden

Herkunftsort Wohngebiet "Elwieden", in Werl-Westönnen
Entnahmeort Wohngebiet "Elwieden" in Werl-Westönnen

Untersuchungsauftrag BBodSchV - Vorsorgewert

Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

DIN 19539: 2016-12	DIN 19747: 2009-07	DIN EN 13657 Verf. 1: 2003-01
DIN EN 14346: 2007-03	DIN EN 15933: 2012-11	DIN EN ISO 11885: 2009-09
DIN EN ISO 12846: 2012-08	DIN ISO 10382: 2003-05	DIN ISO 18287: 2006-05

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 angegebenen Ergebnisse beinhalten Messunsicherheiten, die unter folgendem Link eingesehen werden können: <https://www.industrial-lab.de/messunsicherheiten>
Die zu berücksichtigende Entscheidungsregel im Kontext der Messunsicherheit von Prüfergebnissen ist unter folgendem Link zu finden: <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 · Dillfeld 40, 35576 Wetzlar · Deutschland
Labor Witten · Auestraße 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, Arjend Kameraj

Volksbank in Südwestfalen eG IBAN: DE46 4476 1534 0804 4067 01 · BIC: GENODEM1NRD
Sparkasse Siegen IBAN: DE60 4605 0001 0000 0502 37 · BIC: WELADED1SIE
Postbank IBAN: DE53 3701 0050 0990 7625 00 · BIC: PBNKDEFFXXX

Prüfbericht-Nr: **B2422655**

Probe-Nr. P202436647

Probenbezeichnung MP Mutterboden

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Trockenrückstand (105°C)	85,6	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Feuchte (105°C)	14,4	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja		DIN 19747	1*	Wen
pH-Wert (CaCl ₂ -Extrakt)	7,31		DIN EN 15933	1*	Wen
TOC (TS)	0,88	%	DIN 19539	1*	Wen
Benzo(a)pyren (TS)	0,0253	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen
PCB-118 (TS)_BBodSchV	<0,001	mg/kg	DIN ISO 10382	1*	Wen
Summe 6 PCB (TS)_BBodSchV	<0,01	mg/kg	DIN ISO 10382	1*	Wen
Summe 7 PCB (TS)_BBodSchV	<0,01	mg/kg	DIN ISO 10382	1*	Wen
Königswasseraufschluss (MiWe)	ja		DIN EN 13657 Verf. 1	1*	Wen
Arsen (TS)	6,12	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Blei (TS)	20,0	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Cadmium (TS)	0,17	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Chrom (TS)	20,5	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Kupfer (TS)	11,2	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Nickel (TS)	10,5	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Zink (TS)	52,2	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen

Akkreditierte Prüfmethode: 1* = Ja; 2*=Ja, mit Modifikationen; 3* Ja, im Unterauftrag // 4*: Nein; 5*: Fremdvergabe
Ort der Messung: Wen = Wenden, Wtz = Wetzlar, Sie = Siegen, Wit = Witten

Bemerkung GW

Grenzwerteinstufung

BBodSchV Sand	BBodSchV_2021 - Vorsorgewert Sand	Einstufung	eingehalten
BBodSchV Lehm	BBodSchV_2021 - Vorsorgewert Lehm		eingehalten
BBodSchV Ton	BBodSchV_2021 - Vorsorgewert Ton		eingehalten
Vorsorge kl4TOC	BBodSchV_2021 - Vorsorgewert weniger als 4% TOC		eingehalten
Endeinstufung	BBodSchV_2021 - Vorsorgewert Sand, Lehm, Ton und BBodSchV_2021 - Vorsorgewert weniger als 4% TOC eingehalten		

Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Prüfbericht-Nr: **B2422655**

Probe-Nr. P202436647

Probenbezeichnung MP Mutterboden

Parameter	Meßwert	Einheit	BBodSchV Sand	BBodSchV Lehm	BBodSchV Ton	Vorsorge kl4TOC
Trockenrückstand (105°C)	85,6	%				
Feuchte (105°C)	14,4	%				
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja					
pH-Wert (CaCl ₂ -Extrakt)	7,31		6	6	6	
TOC (TS)	0,88	%				4
Benzo(a)pyren (TS)	0,0253	mg/kg				0,3
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg				3
PCB-118 (TS)_BBodSchV	<0,001	mg/kg				
Summe 6 PCB (TS)_BBodSchV	<0,01	mg/kg				
Summe 7 PCB (TS)_BBodSchV	<0,01	mg/kg				
Königswasseraufschluss (MiWe)	ja					
Arsen (TS)	6,12	mg/kg	10	20	20	
Blei (TS)	20,0	mg/kg	40	70	100	
Cadmium (TS)	0,17	mg/kg	0,4	1	1,5	
Chrom (TS)	20,5	mg/kg	30	60	100	
Kupfer (TS)	11,2	mg/kg	20	40	60	
Nickel (TS)	10,5	mg/kg	15	50	70	
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,2	0,3	0,3	
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	0,5	1	1	
Zink (TS)	52,2	mg/kg	60	150	200	

Horn & Co. Analytics GmbH, Wenden 10.10.2024



i.A. Dorothea Egbun
Projektmanagement

Bemerkung MU Die Laboranalyse ist für den gesetzlich geregelten Bereich der BBodSchV vorgesehen. Die maximale Messunsicherheit der jeweiligen Prüfverfahren beträgt 50 % relativ auf den jeweiligen Messwert. Bei der Konformitätsbewertung wird die Messunsicherheit nicht berücksichtigt.

Prüfbericht-Nr: **B2422657**

Auftraggeber Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
59556 Lippstadt

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

Eingangsdatum 25.09.2024

Probennehmer / -eingang AG / Nightstar
Prüfort Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 25.09.2024 - 10.10.2024

Probe-Nr. P202436648

Probenbezeichnung MP Fülllehm

Herkunftsort Wohngebiet "Elwieden", in Werl-Westönnen
Entnahmeort Wohngebiet "Elwieden" in Werl-Westönnen

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	

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 angegebenen Ergebnisse beinhalten Messunsicherheiten, die unter folgendem Link eingesehen werden können: <https://www.industrial-lab.de/messunsicherheiten>

Die zu berücksichtigende Entscheidungsregel im Kontext der Messunsicherheit von Prüfergebnissen ist unter folgendem Link zu finden: <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 · Dillfeld 40, 35576 Wetzlar · Deutschland

Labor Witten · Auestraße 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, Arjend 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: B2422657

Probe-Nr. P202436648

Probenbezeichnung MP Fülllehm

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden				Wen
Mineral. Fremdbest.	<10	Vol-%	BBodSchV §2 Nr. 8	4*	Wen
Trockenrückstand (105°C)	84,9	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Feuchte (105°C)	15,1	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Trockenrückstand (bis 40°C)	87,6	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
Feuchte (40°C)	12,4	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
> 2,00 mm	71,1	%	DIN 66165-2	1*	Wen
< 2,00 mm	28,9	%	DIN 66165-2	1*	Wen
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja		DIN 19747	1*	Wen
TOC-400 (TS)	0,52	%	DIN 19539	1*	Wen
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
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	5,88	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Blei (TS)_EBV	13,0	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Cadmium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Chrom (TS)_EBV	17,0	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Kupfer (TS)_EBV	<10	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Nickel (TS)_EBV	11,7	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	37,9	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja		DIN 19529	1*	Wen
pH-Wert (Eluat)	8,30		DIN EN ISO 10523	1*	Wen
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	189	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen
Sulfat-IC (Eluat)	5,36	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

Prüfbericht-Nr: B2422657

Probe-Nr. P202436648

Probenbezeichnung MP Fülllehm

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
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
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)	<0,01	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
Summe Naphthaline (Eluat)	<0,03	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

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)	84,9	%				
Feuchte (105°C)	15,1	%				
Trockenrückstand (bis 40°C)	87,6	%				
Feuchte (40°C)	12,4	%				
> 2,00 mm	71,1	%				
< 2,00 mm	28,9	%				
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja					
TOC-400 (TS)	0,52	%	1	1	5	5
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	1	3	3
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg		300	300	300

Prüfbericht-Nr: B2422657

Probe-Nr. P202436648

Probenbezeichnung MP Fülllehm

Parameter	Meßwert	Einheit	BM-0 Lehm	BM-0* >=0,5%TOC	BM-F0*	BM-F1
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
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	5,88	mg/kg	20	20	40	40
Blei (TS)_EBV	13,0	mg/kg	70	140	140	140
Cadmium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	1	1	2	2
Chrom (TS)_EBV	17,0	mg/kg	60	120	120	120
Kupfer (TS)_EBV	<10	mg/kg	40	80	80	80
Nickel (TS)_EBV	11,7	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	37,9	mg/kg	150	300	300	300
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja					
pH-Wert (Eluat)	8,30				6,5-9,5	6,5-9,5
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	189	µS/cm		350	350	500
Sulfat-IC (Eluat)	5,36	mg/L	250	250	250	450
Arsen (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		13	12	20
Blei (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		43	35	90
Cadmium (Eluat) ICP-MS	<0,3	µg/L		4	3	3
Chrom (Eluat) ICP-MS	<5	µg/L		19	15	150
Kupfer (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L		41	30	110
Nickel (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		31	30	30
Thallium (Eluat) ICP-MS	<0,2	µg/L		0,3		
Zink (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L		210	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)	<0,01	µg/L				
Summe Naphthaline (Eluat)	<0,03	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 10.10.2024

Prüfbericht-Nr: **B2422657**

Probe-Nr. P202436648

Probenbezeichnung MP Fülllehm

i.A. Dorothea Egbun

Projektmanagement

Bemerkung MU Bei der Konformitätsbewertung wird die Messunsicherheit nicht berücksichtigt.

Prüfbericht-Nr: **B2422658**

Auftraggeber Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
59556 Lippstadt

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

Eingangsdatum 25.09.2024

Probenehmer / -eingang AG / Nightstar
Prüfort Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 25.09.2024 - 10.10.2024

Probe-Nr. P202436649
Probenbezeichnung MP BS 1-9
Herkunftsort Wohngebiet "Elwieden", in Werl-Westönnen
Entnahmeort Wohngebiet "Elwieden" in Werl-Westönnen
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	

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 angegebenen Ergebnisse beinhalten Messunsicherheiten, die unter folgendem Link eingesehen werden können: <https://www.industrial-lab.de/messunsicherheiten>
Die zu berücksichtigende Entscheidungsregel im Kontext der Messunsicherheit von Prüfergebnissen ist unter folgendem Link zu finden: <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 · Dillfeld 40, 35576 Wetzlar · Deutschland
Labor Witten · Auestraße 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, Arjend Kameraj

Volksbank in Südwestfalen eG IBAN: DE46 4476 1534 0804 4067 01 · BIC: GENODEM1NRD
Sparkasse Siegen IBAN: DE60 4605 0001 0000 0502 37 · BIC: WELADED1SIE
Postbank IBAN: DE53 3701 0050 0990 7625 00 · BIC: PBNKDEFFXXX

Prüfbericht-Nr: B2422658

Probe-Nr. P202436649

Probenbezeichnung MP BS 1-9

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden				Wen
Mineral. Fremdbest.	<10	Vol-%	BBodSchV §2 Nr. 8	4*	Wen
Trockenrückstand (105°C)	86,1	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Feuchte (105°C)	13,9	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Trockenrückstand (bis 40°C)	86	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
Feuchte (40°C)	14	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
> 2,00 mm	80,7	%	DIN 66165-2	1*	Wen
< 2,00 mm	19,3	%	DIN 66165-2	1*	Wen
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja		DIN 19747	1*	Wen
TOC-400 (TS)	<0,1	%	DIN 19539	1*	Wen
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
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	4,00	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Blei (TS)_EBV	<10	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Cadmium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Chrom (TS)_EBV	10,2	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Kupfer (TS)_EBV	<10	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Nickel (TS)_EBV	14,9	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	29,0	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja		DIN 19529	1*	Wen
pH-Wert (Eluat)	8,17		DIN EN ISO 10523	1*	Wen
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	173	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen
Sulfat-IC (Eluat)	8,94	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

Prüfbericht-Nr: B2422658

Probe-Nr. P202436649

Probenbezeichnung MP BS 1-9

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
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
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)	<0,01	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
Summe Naphthaline (Eluat)	<0,03	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

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

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)	86,1	%				
Feuchte (105°C)	13,9	%				
Trockenrückstand (bis 40°C)	86	%				
Feuchte (40°C)	14	%				
> 2,00 mm	80,7	%				
< 2,00 mm	19,3	%				
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja					
TOC-400 (TS)	<0,1	%	1	0,5	5	5
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	1	3	3
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22	<100	mg/kg		300	300	300

Prüfbericht-Nr: B2422658

Probe-Nr. P202436649

Probenbezeichnung MP BS 1-9

Parameter	Meßwert	Einheit	BM-0 Lehm	BM-0* <0,5% TOC	BM-F0*	BM-F1
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
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	4,00	mg/kg	20	20	40	40
Blei (TS)_EBV	<10	mg/kg	70	140	140	140
Cadmium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	1	1	2	2
Chrom (TS)_EBV	10,2	mg/kg	60	120	120	120
Kupfer (TS)_EBV	<10	mg/kg	40	80	80	80
Nickel (TS)_EBV	14,9	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	29,0	mg/kg	150	300	300	300
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schü)	ja					
pH-Wert (Eluat)	8,17				6,5-9,5	6,5-9,5
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Elu)	173	µS/cm		350	350	500
Sulfat-IC (Eluat)	8,94	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)	<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)	<0,01	µg/L				
Summe Naphthaline (Eluat)	<0,03	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 10.10.2024

Prüfbericht-Nr: **B2422658**

Probe-Nr. P202436649

Probenbezeichnung MP BS 1-9

i.A. Dorothea Egbun

Projektmanagement

Bemerkung MU Bei der Konformitätsbewertung wird die Messunsicherheit nicht berücksichtigt.

Prüfbericht-Nr: **B2422659**

Auftraggeber Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
59556 Lippstadt

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

Eingangsdatum 25.09.2024

Probennehmer / -eingang AG / Nightstar
Prüfort Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum 25.09.2024 - 10.10.2024

Probe-Nr. P202436650

Probenbezeichnung MP BS 10-15

Herkunftsort Wohngebiet "Elwieden", in Werl-Westönnen
Entnahmeort Wohngebiet "Elwieden" in Werl-Westönnen

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	

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 angegebenen Ergebnisse beinhalten Messunsicherheiten, die unter folgendem Link eingesehen werden können: <https://www.industrial-lab.de/messunsicherheiten>

Die zu berücksichtigende Entscheidungsregel im Kontext der Messunsicherheit von Prüfergebnissen ist unter folgendem Link zu finden: <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 · Dillfeld 40, 35576 Wetzlar · Deutschland

Labor Witten · Auestraße 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: B2422659

Probe-Nr. P202436650

Probenbezeichnung MP BS 10-15

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden				Wen
Mineral. Fremdbest.	<10	Vol-%	BBodSchV §2 Nr. 8	4*	Wen
Trockenrückstand (105°C)	85,0	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Feuchte (105°C)	15,0	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Trockenrückstand (bis 40°C)	86,2	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
Feuchte (40°C)	13,8	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
> 2,00 mm	59,2	%	DIN 66165-2	1*	Wen
< 2,00 mm	40,8	%	DIN 66165-2	1*	Wen
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja		DIN 19747	1*	Wen
TOC-400 (TS)	0,13	%	DIN 19539	1*	Wen
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
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	4,97	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	13,6	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Kupfer (TS)_EBV	<10	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Nickel (TS)_EBV	15,7	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	32,3	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja		DIN 19529	1*	Wen
pH-Wert (Eluat)	8,06		DIN EN ISO 10523	1*	Wen
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	160	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen
Sulfat-IC (Eluat)	7,06	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

Prüfbericht-Nr: B2422659

Probe-Nr. P202436650

Probenbezeichnung MP BS 10-15

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
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
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)	<0,01	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
Summe Naphthaline (Eluat)	<0,03	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

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)	85,0	%				
Feuchte (105°C)	15,0	%				
Trockenrückstand (bis 40°C)	86,2	%				
Feuchte (40°C)	13,8	%				
> 2,00 mm	59,2	%				
< 2,00 mm	40,8	%				
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja					
TOC-400 (TS)	0,13	%	1	0,5	5	5
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	1	3	3
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22	<100	mg/kg		300	300	300

Prüfbericht-Nr: **B2422659**

Probe-Nr. P202436650

Probenbezeichnung MP BS 10-15

Parameter	Meßwert	Einheit	BM-0 Lehm	BM-0* <0,5% TOC	BM-F0*	BM-F1
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
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	4,97	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	13,6	mg/kg	60	120	120	120
Kupfer (TS)_EBV	<10	mg/kg	40	80	80	80
Nickel (TS)_EBV	15,7	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	32,3	mg/kg	150	300	300	300
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schü)	ja					
pH-Wert (Eluat)	8,06				6,5-9,5	6,5-9,5
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Elu)	160	µS/cm		350	350	500
Sulfat-IC (Eluat)	7,06	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)	<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)	<0,01	µg/L				
Summe Naphthaline (Eluat)	<0,03	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 10.10.2024

Prüfbericht-Nr: **B2422659**

Probe-Nr. P202436650

Probenbezeichnung MP BS 10-15

i.A. Dorothea Egbun

Projektmanagement

Bemerkung MU Bei der Konformitätsbewertung wird die Messunsicherheit nicht berücksichtigt.

ANLAGE 9.1
Fotodokumentation

Fotodokumentation

Seite 1 von 8

Anlage 9.1

Situation am 09.-11.09.2024

BS 1



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

Situation am 09.-11.09.2024

BS 2



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

Fotodokumentation

Seite 2 von 8

Anlage 9.1

Situation am 09.-11.09.2024

BS 3



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

Situation am 09.-11.09.2024

BS 4



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

Fotodokumentation

Seite 3 von 8

Anlage 9.1

Situation am 09.-11.09.2024

BS 5



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

Situation am 09.-11.09.2024

BS 6



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

Fotodokumentation

Seite 4 von 8

Anlage 9.1

Situation am 09.-11.09.2024

BS 7



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

Situation am 09.-11.09.2024

BS 8



Foto 6: Blickrichtung ~ O; Bereich der Bohrung BS 8 (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 5 von 8

Anlage 9.1

Situation am 09.-11.09.2024

BS 9



Foto 5: Blickrichtung ~ O; Bereich der Bohrung BS 9 (Markierung)

Situation am 09.-11.09.2024

BS 10



Foto 6: Blickrichtung ~ O; Bereich der Bohrung BS 10 (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 6 von 8

Anlage 9.1

Situation am 09.-11.09.2024

BS 11



Foto 5: Blickrichtung ~ O; Bereich der Bohrung BS 11 (Markierung)

Situation am 09.-11.09.2024

BS 12



Foto 6: Blickrichtung ~ O; Bereich der Bohrung BS 12 (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 7 von 8

Anlage 9.1

Situation am 09.-11.09.2024



Foto 5: Blickrichtung ~ O; Bereich der Bohrung BS 13 (Markierung)

Situation am 09.-11.09.2024



Foto 6: Blickrichtung ~ O; Bereich der Bohrung BS 14 (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 8 von 8

Anlage 9.1

Situation am 09.-11.09.2024

BS 15



Foto 5: Blickrichtung ~ O; Bereich der Bohrung BS 15 (Markierung)

Situation am 09.-11.09.2024



Foto 6: Blickrichtung ~ O; Bereich der GWM 1 (links) und GWM 2 (rechts)

A N L A G E 10.1

Setzungsberechnung (Streifenfundamente)

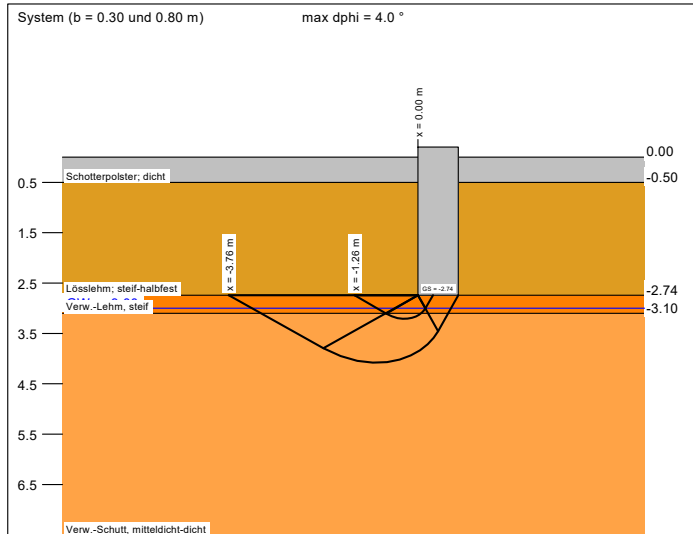
Boden	γ/γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	v [-]	E _s [MN/m²]	Bezeichnung
	22.0/14.0	37.5	0.0	0.00	80.0	Schotterpolster; dicht
	19.0/10.0	32.5	0.0	0.00	90.0	Lösslehm; steif-halbfest
	19.0/9.0	27.5	3.0	0.00	10.0	Verw.-Lehm, steif
	20.5/12.5	32.5	0.0	0.00	45.0	Verw.-Schutt, mitteldicht-dicht

Streifenfundamente

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH
Holzstraße 212 in 59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn
Tel.: 02941 - 5404 Fax: 02941 - 3582
Projekt: WBG Elwieden
Eingangs Bettungsmodul für FEM

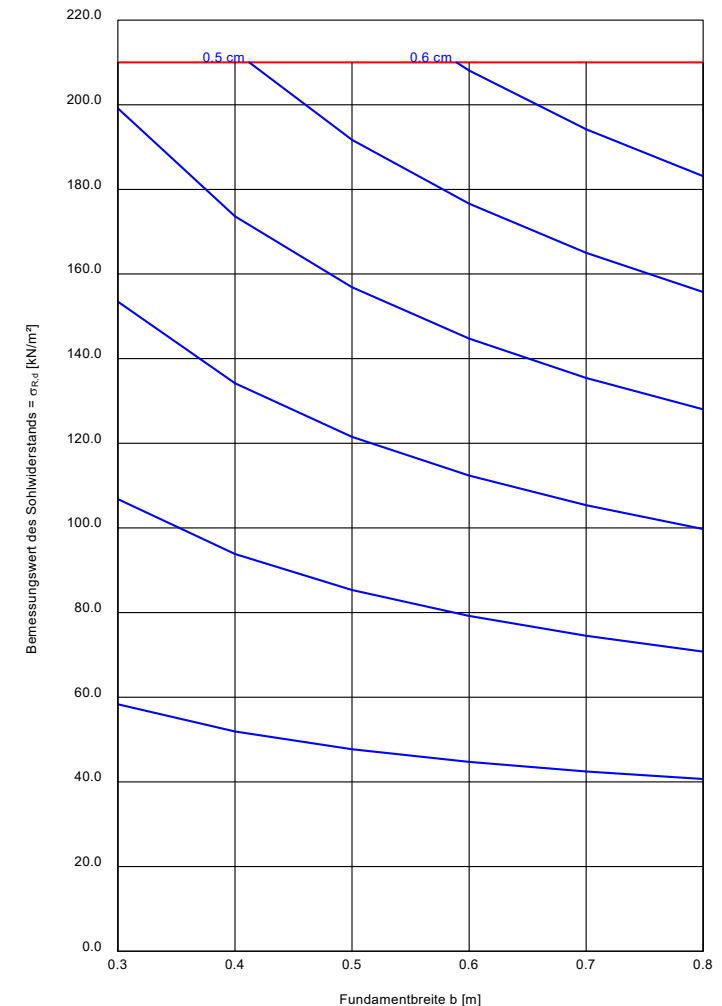
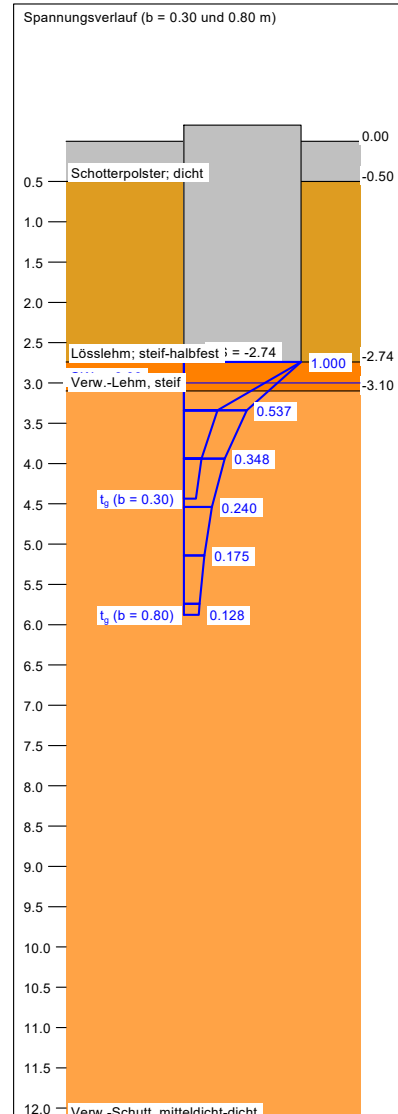
Berechnungsgrundlagen:
WBG Elwieden, Werl
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 12.00 m)
 $\gamma_{R,V} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 $\sigma_{R,d}$ auf 210.00 kN/m² begrenzt
Oberkante Gelände = 0.00 m
Gründungssohle = -2.74 m
Grundwasser = -3.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_0 [kN/m²]	t _g [m]	UK LS [m]	k _s [MN/m³]
12.00	0.30	210.0	63.0	147.4	0.42	29.5	1.82	16.47	53.56	4.44	3.21	34.8
12.00	0.40	210.0	84.0	147.4	0.49	30.4	1.30	15.50	53.56	4.80	3.38	29.9
12.00	0.50	210.0	105.0	147.4	0.55	30.8	1.03	14.91	53.56	5.11	3.56	26.6
12.00	0.60	210.0	126.0	147.4	0.61	31.1	0.85	14.51	53.56	5.39	3.73	24.3
12.00	0.70	210.0	147.0	147.4	0.65	31.3	0.72	14.23	53.56	5.64	3.91	22.5
12.00	0.80	210.0	168.0	147.4	0.70	31.5	0.63	14.01	53.56	5.88	4.08	21.1

$\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,V} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



UG-Bodenplatte auf 0,20 m Güteschotter, Streifenfundamente auf mind. steif-halbfesten Lehm (Ersatzfläche = 12,0 x 1,0 m)