

GUTACHTEN

Projekt: 33178 Borchten-Dörenhagen – Erschließung Baugebiet
‘Im Kirchenfelde’



- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
- Hydrogeologische Untersuchung -

Auftraggeber: Gemeinde Borchten
Unter der Burg 1, 33178 Borchten

Auftragnehmer: Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Projekt-Nr.: 23 04 45

Lippstadt, den 07. September 2023

- INHALTSVERZEICHNIS -

1. <u>AUFGABENSTELLUNG / VORGANG</u>	3
2. <u>UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG</u>	6
2.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE	6
2.2 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE	7
3. <u>VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES</u>	9
3.1 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (LABORVERSUCHE)	9
3.2 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (GELÄNDEVERSUCHE)	10
3.3 BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS	12
4. <u>ABFALLTECHNISCHE BEURTEILUNG DER AUSHUBMASSEN</u>	14
4.1 BEWERTUNG DER MISCHPROBE	19
4.2 FAZIT / EMPFEHLUNGEN AUSHUBMATERIAL	20
5. <u>BAUGRUNDBEURTEILUNG</u>	21
5.1 BODENCHARAKTERISIERENDE LABORVERSUCHE	21
5.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5)	23
5.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	24
5.4 BODENKLASSEN, BODENGRUPPEN, FROSTKLASSEN, HOMOGENBEREICHE	25
6. <u>INGENIEURGEOL. HINWEISGEBUNG ZUR BAUDURCHFÜHRUNG</u>	30
6.1 WOHNGEBÄUDEBAU	30
6.2 KANALBAU	38
6.3 STRAßENBAU (STELLFLÄCHEN / WEGE)	41
7. <u>ANLAGEN</u>	45

1. Aufgabenstellung / Vorgang

Die Gemeinde Borchten beabsichtigt die Erschließung einer bisher unbebauten Fläche im Zentrum des OT Dörenhagen für Wohnbebauung. Es handelt sich um die Flurstücke 410 und 411 nördlich der Ost-West verlaufenden Straße 'Im Kirchenfelde'. Die Beauftragung gliedert sich in folgende Bereiche:

Aufgabe ist die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und -beurteilung. Hierauf basierend erfolgt eine Hinweisgebung hinsichtlich der allgemeinen Bebaubarkeit für die zu errichtenden Wohngebäude, Kanäle sowie Straßen.

Des Weiteren ist das Versickerungspotenzial des Untergrundes mittels Versickerungsversuchen ('Schurfversickerungen') zu ermitteln und zu beurteilen.

Die GEMEINDE BORCHTEN (Unter der Burg 1, 33178 Borchten) beauftragte das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH (Holzstraße 212, 59556 Lippstadt) mit den Untersuchungen sowie der Erstellung des Gutachtens.

Bauherren/AG: GEMEINDE BORCHTEN - STADTENTWICKLUNG
Unter der Burg 1, 33178 Borchten

Bodengutachter: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Für die Außentätigkeiten sowie die Gutachtenerstellung steht ein Konzeptplan (Maßstab 1:250, Stand n.b.) zur Verfügung.

Die Lage der Ansatzpunkte geht aus dem Lageplan in Anlage 1.1 und der Fotodokumentation in Anlage 8.1 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 UTM32U, DHHN2016 = m NHN).

Der Untersuchungsumfang ist in der folgenden Tabelle 1 dargestellt.

Art	Leistung	Anzahl
Gelände (26.05. & 12.07.2023)	- Rammkernsondierungen (Ø 50-60 mm)	5 Stück
	- Einmessung in Höhe und Lage	5 Stück
	- Leichte Rammsondierungen (DPL-5)	5 Stück
	- Versickerungsversuche (Schurfversickerungen)	4 Stück
Bodenmechanisches Labor	- Korngrößenanalysen (DIN EN ISO 17892-4)	3 Stück
	- Wassergehaltsbestimmungen (DIN EN ISO 17892-1)	3 Stück
	- Zustandsgrenzenermittlung (DIN EN ISO 17892-12)	1 Stück
Chemische Untersuchungen	- Parameterumfang LAGA _{Boden}	1 Stück
	- Parameterumfang Deponieverordnung	1 Stück
	- Parameterumfang nach EBV (Bodenmaterial)	1 Stück

Tabelle 1: Untersuchungsumfang

Areallage / Vornutzung: Die relevante Fläche befindet sich im Zentrum des OT Dörenhagen der Gemeinde Borchon.

Die Ost-West-Straße 'Im Kirchenfelde' bildet die Südgrenze des Areals. Östlich des Untersuchungsgebietes grenzt der Dörenhagener Friedhof an. Im Norden und Westen schließt lockere Wohnbebauung an.

Das Arbeitsgebiet wurde und wird weitgehend landwirtschaftlich genutzt. Im südwestlichen Bereich existieren wenige Büsche / Bäume. In der nordöstlichen Grundstücksecke befand sich zum Untersuchungszeitpunkt ein 'Viehunterstand'. Anderweitige Vornutzungen / Nutzungen sind dem AN nicht bekannt.

Vorfluter: Es befindet sich kein Vorfluter im nahen Umfeld.

Morphologie: Das Areal weist einen leichten Geländeeinfall in Richtung Osten auf. Zwischen den Bohransätzen existieren Höhendifferenzen von max. 1,36 m. Die Höhenkote bewegt sich zwischen ca. +276,46 m NHN (BS 3) und +277,82 m NHN (BS 5) (RStO-Frosteinwirkungszone II).

Erdbebenzone: Nach der 'Karte der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland, hier: NRW' (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.

Gefährdungspotenziale: Der Geologische Dienst NRW (GD) gibt in seinem Online-Fachinformationssystem 'Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW' flächenbezogene Hinweise der Gefährdungspotenziale. Der GD gibt für das betroffene 500 x 500 m große Flächenquadrat die Lage innerhalb eines bekannten Karstgebietes als Gefährdungspotenzial an.

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

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

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

Flächendeckende bautechnische Vorsorgemaßnahmen sind damit nicht vorgeschrieben.

Ver- und Entsorgungsleitungen: Alle Ver- und Entsorgungsleitungen im Bereich der geplanten Baumaßnahmen sind im weiteren Verlauf der Arbeiten zu schützen.

Vorbemerkung: Kenntnisse über das Vorhandensein nicht zur Wirkung gekommener Kampfmittel und/oder archäologischer Artefakte/Bodendenkmäler liegen dem AN nicht vor und die diesbezügliche Ermittlung ist nicht Bestandteil der Beauftragung. Ebenfalls nicht Bestandteil der Beauftragung ist die Einholung von Auskünften aus dem Altlastenkataster und/oder die Durchführung einer orientierenden Altlastenuntersuchung/Gefährdungsabschätzung.

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

2. Untergrunderschließung

2.1 Untergrundschichtung / Geologie

Die Bodenansprache erfolgte durch einen fachkundigen Geologen nach den entsprechenden DIN-Normen. Die Bohrungen wurden im Bereich des geplanten Baugebietes positioniert, zu Schichtprofilen entwickelt und höhenmäßig zueinander in Beziehung gestellt (siehe Schnittdarstellung - Anlage 2.1).

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

Aufgrund des verwendeten Sondendurchmessers konnte kein Material in Stein- und Blockkorngröße erbohrt werden. 'In-situ' kann jedoch im gesamten Profilbereich Material in Stein- und Blockkorngröße grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden (z.B. 'Verwitterungsrelikte' o.ä.).

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

BS	1	2	3	4	5
Ansatzhöhe	+276,84	+276,96	+279,46	+276,96	+277,82
Füll-Mutterboden	-0,30	-0,17	-0,28	-0,23	-0,45
Verwitterungslehm	ab 0,30	0,17-3,75	0,28-0,85	1,45-2,50	0,45-1,40
Verwitterungsschutt	-	ab 3,75	ab 0,85	0,23-1,45 ab 2,50	ab 1,40
Grundwasser	-	-	-	-	-
DPL-5	4,00	1,70*	2,20*	2,10*	2,20*
Endteufe	4,00	4,00	4,00	3,50*	4,00

Tabelle 2: Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse, Angaben in m u.GOK / m NHN;
braun = organische Beimengungen, * = kein weiterer Bohr-/Rammfortschritt

Geologie: Das oberkretazische Grundgebirge (*Cenoman bis Unterconiac-Stufe*; Kalk-/Mergelkalkstein) konnte bis zu den maximal erreichten Bohrendteufen von 4,00 m u. GOK in verwitterter bzw. angewitterter Form erbohrt werden (Verwitterungsschutt/-lehm). Das Festgestein im engeren Sinne, welches laut digitalen Kartendaten (Bohrungen NRW) relativ oberflächennah anstehen soll, wird erst unterhalb der Bohrendteufen erwartet (heterogene Felslinie).

Zuoberst stehen anthropogen beeinflusste Oberböden/Mutterböden an.

Bodenbelastungen: Grundsätzlich wurde das geförderte Bohrgut auch einer umweltgeologischen Bodenansprache unterzogen und auf auffällige bzw. schadstoffbehaftete Inhaltsstoffe kontrolliert. An den erbohrten Böden konnten keine sensorischen Auffälligkeiten erkannt werden.

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

2.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Innerhalb keinem der Aufschlüsse konnte am Untersuchungstag (26.05.2023) Grundwasser direkt erbohrt werden (siehe Tabelle 2).

Somit konnte innerhalb keiner der fünf Bohrungen am Untersuchungstag Grundwasser gelotet werden. 'Echtes' Grundwasser ist bei Verhältnissen wie am Untersuchungstag erst unterhalb der maximal erreichten Endteufe von 4,00 m u.GOK zu erwarten.

Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den angetroffenen Feuchteverhältnissen um eine zeitliche Momentaufnahme handelt. Langfristige Messdaten (auch Dritter) liegen nicht vor. Aus diesem Grunde kann keine Angabe über das Schwankungspotential der Untergrundnässe geliefert werden.

Die Geländearbeiten wurden in einer niederschlagsmäßig 'normalen' Frühlingsperiode durchgeführt, demnach wurden bezüglich der Untergrundfeuchte keine Hoch- oder Maximalstände angetroffen. In niederschlagsintensiveren Perioden ist von einem Anstiegspotenzial auszugehen.

Das Stauäsepotenzial auf den zumeist bindigen Verwitterungsbildungen (Verwitterungslehm) aber auch auf den meist sehr stark verlehmtten kiesigen Verwitterungsbildungen (+/- verlehmtter Verwitterungsschutt) ist als ausgeprägt zu charakterisieren. Nach Offenlegung ist bei Niederschlagsereignissen mit Stauwasser sowie einer Konsistenzverringering dieser bindigen und/oder verlehmtten Böden zu

rechnen, die mit einer Abnahme der Baugrundgüte einhergeht. Zudem kann oberhalb von undurchlässigen Böden Schichtwasser anfallen.

Es ist von einer zumindest periodischen Nässebeeinflussung der Plankanäle sowie der Sohlbereiche durch Stau- und Schichtwasser (Grundwasser i.w.S) auszugehen. Für den Faktor 'Auftrieb' sollte rechnerisch ein Anstieg der Untergrundfeuchte bis zur aktuellen GOK angesetzt werden. Gleiches gilt für eventuelle Wohnbebauung oder andere Bauwerke.

Bemessungswasserstand: Für das vorliegende Projekt wird aufgrund der nicht ausreichenden Datengrundlage empfohlen, einen **Bemessungswasserstand (Faktor Stauwasser) in Höhe der lokalen aktuellen GOK anzunehmen.**

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

Bodenart	k_f -Wert in m/s
- 'Mutterboden/Ackerboden':	
Schluff, (schwach) kiesig, schw. sandig, schw. tonig, org. Beimengungen...	10^{-6} - 10^{-7}
- <u>Verwitterungslehm</u> :	
Schluff, stark tonig, sandig, z.T. kiesig, u.U. steinig.....	10^{-8} - $<10^{-9}$
- <u>Verwitterungsschutt</u> :	
Kies, (stark) schluffig, (stark) tonig, sandig, z.T. steinig	10^{-5} - $<10^{-8}$

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

3. Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Im Rahmen der Erschließung betreffenden Areals ist aufgrund des § 51a LWG vorgesehen, das anfallende Niederschlagswasser – bei Eignung der Böden sowie der wasserrechtlichen Bestimmungen – im Untergrund versickern zu lassen.

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

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

3.1 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Laborversuche)

Korngrößenanalysen: Im bodenmechanischen Labor wurden drei Korngrößenanalysen durchgeführt. Zur Untersuchung gelangten die Verwitterungsbildungen (Proben siehe Tabelle 6). Hierbei handelt es sich weitgehend um versickerungsrelevante Profilabschnitte. In der Anlage 3.1 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven graphisch dargestellt. Die Ergebnisse sind zusammenfassend in der u.g. Tabelle 6 aufgeführt. Die untersuchten Verwitterungsbildungen besitzen einen differierenden, grundsätzlich jedoch hinsichtlich einer Versickerung relevanten hohen bindigen Anteil. Das Material sollte als (stark) **toniges, sandiges, schluffiges Kies-Stein-Gemisch** bezeichnet werden (**verlehmtter Mischboden**).

Durchlässigkeit: Die theoretischen Berechnungen des Durchlässigkeitsbeiwertes (Durchlässigkeitskoeffizient) anhand der Kornsummenkurven nach BEYER sowie ergänzend nach MALLETT / PACQUANT ergeben für die untersuchten Verwitterungs-

bildungen überwiegend mäßige bis geringe Durchlässigkeiten von $k_f = <10^{-6} - <10^{-9}$ m/s. Diese Größenordnungen werden nach DIN 18 130 als 'gering durchlässig' bis 'sehr gering durchlässig' bezeichnet. Von den untersuchten Verwitterungsbildungen geht weitgehend ein **deutliches Staunässepotenzial** aus.

Fazit: Zum Vorschein kommt die bezüglich der Versickerungsrelevanz vorhandene Negativeignung der (stark) verlehnten Verwitterungsprodukte.

3.2 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)

Die Versuchsdurchführung erfolgte anhand von vier mittels einem Bagger angelegter Schürfe innerhalb des noch erkennbar verlehnten Verwitterungsschutts. Die Schürfe wurden dabei bis zu der maximal möglichen Tiefe hergestellt. Die Schurftiefe war damit durch das zur Verfügung stehende Gerät begrenzt.

Versuchsdurchführung: Zunächst erfolgte die Einmessung des Schurfs zur Kenntnisnahme der zur Verfügung stehenden Schurfvolumina. Als nächstes erfolgte die Wässerung des Aufschlussprofils zwecks Sättigung des Bodenaufbaus. Im Anschluss erfolgte eine Wassersäulen-Festlegung. Darauf wird die Wasserzugabe pro Zeiteinheit gemessen, welche zur Konstanthaltung dieser o.g. definierten Wassersäulenhöhe benötigt wird.

Als versickerungsrelevanter Profilbereich wurden die folgenden, oberflächennah anstehenden Bodenschichten herangezogen, wobei die untere, stärker versickerungsfähige Schicht maßgeblich ist. Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind in der Anlage 6.1 ('Versickerungsversuche im Gelände') und in der nachfolgenden Tabelle 3 dargestellt.

	Schurf S1	Schurf S2	Schurf S3	Schurf S4
Gültigkeitsbereich (m)	1,80-2,10 m u.GOK	1,31-1,60 m u.GOK	0,07-0,22 m u.GOK	0,62-0,80 m u.GOK
Versickerungsmedium	´verlehmt Verwitterungs- Schutt´	´verlehmt Verwitterungs- Schutt´	´verlehmt Verwitterungs- Schutt´	´verlehmt Verwitterungs- Schutt´
Grundwasser	kein GW bis ET	kein GW bis ET	kein GW bis ET	kein GW bis ET
Versuch (k _f in m/s)	2,95 x 10 ⁻⁶ m/s	1,83 x 10 ⁻⁵ m/s	1,18 x 10 ⁻⁴ m/s	3,35 x 10 ⁻⁵ m/s
Mittelwert (k _f in m/s)	~ 4,3 x 10 ⁻⁵ m/s			
Bewertung DIN 18 130	überwiegend ´durchlässig´			
DWA-Bewertung	<u>Versickerungseignung</u> gem. DWA, k _f > 1 x 10 ⁻⁶ m/s			
Fazit Unterzeichner	<u>langfristig nicht geeignet (s.u.)</u>			

Tabelle 3: Ergebnisse der Versickerungsversuche im Baggerschurf

[DIN 18 130-Einstufung der k_f-Werte: stark durchlässig / durchlässig / gering durchlässig / sehr gering durchlässig]

Materialspezifische Bewertung: Die Versickerungsversuche belegen Durchlässigkeiten auf einem verhältnismäßig hohem Niveau. Hierzu ist anzumerken, dass der Großteil der Versickerungsleistung erfahrungsgemäß von den tiefstgelegenen und am geringsten verlehmtten Bodenschichten erbracht worden ist.

Die oberflächennah anstehenden Lehme weisen typischerweise Durchlässigkeitsbeiwerte auf, die mehrere Zehnerpotenzen unterhalb derer des ´Verwitterungs-Kies/-schutts´ liegen.

Die über die Versickerungsversuche ermittelten Messergebnisse bewegen sich weitgehend im Bereich von i.M. k_f ~4,3 x 10⁻⁵ m/s. Hierbei handelt es sich zwar um Durchlässigkeiten im wasserrechtlich zulässigen Bereich. Der Untergrund weist jedoch aufgrund der hohen festgestellten Tonanteile und der materialspezifisch geringen Ausgangswassersättigung langfristig keine materialspezifische Versickerung-zulässigkeit auf. Materialspezifisch ist eine Versickerung innerhalb des Areals somit nicht langfristig gesichert möglich.

3.3 Bewertung des Versickerungspotenzials

Grundwasserrelevante Faktoren:

Grundsätzlich sollte aus hydrogeologischen, umweltgeologischen sowie wasserrechtlichen Aspekten ein Mindestabstand des tiefstgelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum höchstgelegenen Grundwasserstand (= geringster Flurabstand) von 1,0 m nicht unterschritten werden.

Dies fordert der o.g. Runderlass des Umweltministeriums vom 18.05.´98. Genannter Mindestabstand wird ebenfalls in dem grundlegenden Regelwerk der *ATV/DWA A 138* für Versickerungsanlagen empfohlen.

Bei den Geländearbeiten wurde bis zu den erreichten Endteufen kein Grundwasser angetroffen. Die diesbezügliche wasserrechtliche Voraussetzung (1 m Mindestabstand zwischen Anlagenfuß und max. GW-Stand) kann somit vermutlich eingehalten werden.

Fazit: Die Grundwasserverhältnisse am 26.05. & 12.07.2023 lassen wasserrechtlich eine Versickerung zu. Ob diese Verhältnisse permanent gegeben sind **muss** aufgrund des relevanten Staunässepotentials (s.u.) **bezweifelt werden**. Die theoretische Eignung muss daher wegen des hohen Staunässepotenzials kritisch gesehen werden.

Materialspezifische Bewertung:

Die Versickerungsversuche (Feldversuche) belegen heterogene, differierende Durchlässigkeiten. Sie bewegen sich im Bereich von $k_f = 1,2 \cdot 10^{-4}$ bis $k_f = 3,0 \cdot 10^{-6}$ m/s und ergaben heterogene, zumeist jedoch theoretisch versickerungszulässige Größenordnungen.

- Die Durchlässigkeit des Verwitterungslehms weist zwar eine ´noch´ grenzwertige bzw. ausreichende Durchlässigkeit hinsichtlich der Eingabe von Versickerungswässern auf.
- **Aber:** Die verlehnten Verwitterungskiese führen einen differierenden, weitgehend deutlichen Lehmanteil (Schluff/Ton). Lediglich in Teilbereichen kann innerhalb der nicht zu stark verlehnten Kiese technisch eine Versickerung erfolgen. Es muss jedoch deutlich darauf hingewiesen werden, dass unterhalb der Verwitterungskiese überwiegend ein zersetzter bis angewitterter Kalk- / Mergelkalkstein ansteht, so dass eine Abführung in den tieferen Untergrund nicht durchgängig gewährleistet werden kann. Das eingegebene Niederschlagswasser fließt bereichsweise auf dem Kalk- / Mergelkalkstein entsprechend der Morphologie hangabwärts. Somit findet eine ´echte´ Versickerung nicht statt.

- Die bindigen und kiesigen Lockergesteins-Schichten stellen einen *Porenwasserleiter* dar, bei dem der Wasserdurchfluss im nutzbaren Porenvolumen zwischen dem Korngerüst erfolgt. Das Halbfest- und Festgestein bildet demgegenüber einen *Trennfugenwasserleiter*, wobei das Wasser sich in Klüften, Störungen und Schichtfugen bewegt. Hinsichtlich ihrer Durchlässigkeit sind die Festgesteine anisotrop, d.h. sie weisen, abhängig von ihrem Kluft- und Störungssystem(en), stark unterschiedliche Durchlässigkeiten in verschiedenen Richtungen auf. Der Wasserabfluss erfolgt somit nicht bzw. nicht durchgängig vertikal, sondern entsprechend des Störungs- / Kluftsystems. Zustrom von Versickerungswasser auf den morphologisch tiefergelegenen Bereich kann daher nicht ausgeschlossen werden.

Des Weiteren muss mit einer kontinuierlichen Abnahme der vorhandenen Versickerungsleistung aufgrund von Zersetzung und Quellung ausgegangen werden.

Fazit: Eine durchgängig ausreichende Versickerungsleistung und Eingabe in den tieferen Untergrund existiert nicht und kann dauerhaft nicht gewährleistet werden.

Quell-/Aufweichungspotential:

Die Tone innerhalb der Verwitterungsbildungen, jedoch ebenfalls innerhalb des Kalk-/Mergelkalksteins, weisen ein ganz erhebliches und deutliches Quellpotenzial auf.

Die Schichtsilikate der Tone (im Besonderen Montmorillonit und Illit) nehmen (Versickerungs-) Wasser auf und bauen es chemisch in ihr Schichtgitter ein.

D.h. das Versickerungswasser wird durch diese Einbindung immobil und kann nicht zur Tiefe hin 'weitergereicht' werden (versickern). Als Folge treten Quellungen auf, was wiederum Rückstaubildungen (Stauwasser) und Oberflächenabflüsse zur Folge hat bzw. haben kann (s.u.). Diese zeitlich zunehmenden Zersetzungen und Quellungen werden sowohl für die Verwitterungsbildungen als auch für den Kalk-/Mergelkalkstein erwartet.

Gefährdungspotenzial / Morphologische Situation:

Das Arbeitsareal weist geringe Höhenunterschiede von < 2 m auf. Es existiert ein Geländeeinfall auf die tiefergelegenen östlichen Bereiche zu. Wie o.g. erfolgt weitgehend keine 'echte' Versickerung in den tieferen Untergrund, sondern ein hangabwärtsgerichteter Abfluss entsprechend der Geländemorphologie innerhalb geringer verlehmteter Kiese auf dem häufig anstehenden Kalk- / Mergelkalkstein. Des Weiteren muss innerhalb des Halbfest- und Festgesteins mit stark unterschiedlichen Durchlässigkeiten in

verschiedenen Richtungen gerechnet werden. Bei potenziellen Versickerungen existiert ein Schädigungspotenzial für die morphologisch tiefergelegenen Bereiche.

In diesem Zusammenhang ist anzuführen, dass grundsätzlich der Einleiter der zu versickernden Wässer der Verursacher potenzieller Schäden ist.

Nicht zuletzt wird infolge der Staunässebildung eine Aufweichung der bindigen bzw. einen hohen bindigen Anteil aufweisenden Böden verursacht, was eine Konsistenzverringering (= Baugrundgüteverschlechterung) zur Folge hat.

Die Abführung der Niederschlagswässer in den Untergrund kann nicht dauerhaft gewährleistet werden.

Zusammenfassung: Die bei einer potenziellen Versickerung vom Wasserrecht geforderte **dauerhaft** schadlose Abführung von Niederschlagswasser kann bei den bestehenden geologischen und bodenmechanischen Rahmenbedingungen **nicht** dauerhaft gewährleistet werden.

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

- materialspezifisch differierende Eignung mit häufig zu geringen, nicht ausreichenden Durchlässigkeiten, • Gefährdungspotenzial durch Quellung / Aufweichung und dadurch verursachten Rückstau / Oberflächenabfluss, • Gefährdungspotenzial für morphologisch tiefergelegene Grundstücke aufgrund der Morphologie • einer zu erwartenden Konsistenzverringering = Baugrundgüteverschlechterung • einer 'Verschlämmung' und somit einer weiteren Abnahme der Versickerungsleistung der Böden.

Diese Beurteilung stimmt mit den wasserrechtlichen (MURL) und technischen Vorgaben (DWA/ATV) überein. Vorbehaltlich der Zustimmung des Tiefbauamtes wird eine Einleitung in das vorhandene Kanalsystem vorgeschlagen.

4. abfalltechnische Beurteilung der Aushubmassen

Veranlassung: Es ist bei der Maßnahme mit anfallenden Überschuss-/ Aushubböden zu rechnen. Daher erfolgen umweltrelevante Untersuchungen des potenziell aufzunehmenden Aushubs. Ziel ist die Kenntnisnahme des konkreten Schadstoffpotenzials sowie die Beurteilung einer Wiedereinbaueignung/-zulässigkeit und die Aufzeigung eines geeigneten Entsorgungsweges.

Methodik / Parameterumfang: Es wurde eine Mischprobe des geogenen Bodenmaterials auf die Parameterumfänge gemäß Ersatzbaustoffverordnung (Matrix

‘Bodenmaterial’ nach Anlage 1, Tabelle 3), LAGA_{Boden} und Deponieverordnung (DepV) analysiert.

Bei der untersuchten Probe handelt es sich um eine aus Bohrungseinzelproben zusammengestellte Mischprobe. Die in der Mischprobe enthaltenen Einzelproben sind der Tabelle 4 sowie die Details zur Probenahme (Bodenart, Entnahmetiefe, etc.) der Anlage 2.1 (Schichtendarstellung) zu entnehmen.

Ein zusammenfassendes Probenahmeprotokoll (z. B. zur Vorlage bei der Deponie) liegt KLEEGRÄFE-intern vor und kann bei Bedarf nachgereicht werden.

Feststoffanalysen (Boden)	
Parameterumfänge EBV (Matrix: Bodenmaterial, nach Anlage 1, Tabelle 3), LAGA_{Boden} (Feststoff + Eluat) und Deponieverordnung	<u>MP Aushub</u> : 1/2 + 1/3 + 1/4 + 2/2 + 2/3 + 2/4 + 2/5 + 3/2 + 3/3 + 3/4 + 4/2 + 4/3 + 4/4 + 4/5 + 5/2 + 5/3

Tabelle 4: Analysenparameter / Mischprobenbenennung (Einzelprobenauswahl)

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 9.1 zu entnehmen.

Anmerkung Parameterumfang Ersatzbaustoffverordnung (EBV): Die Analyse der potenziellen Aushubböden erfolgte 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. Diese umfasst die Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, die Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung sowie Änderungen der Deponie- und Gewerbeabfallverordnung.

Anmerkung Parameterumfang LAGA: Des Weiteren erfolgte an der zusammengestellten Mischprobe eine Untersuchung auf den Parameterumfang gemäß **LAGA_{Boden}**.

Es wird darauf hingewiesen, dass die LAGA-Richtlinie seit dem 01.08.2023 nur noch für Verfüllmaßnahmen relevant ist, die vor dem 16.07.2021 (vor Verkündung der Mantelverordnung) genehmigt wurden. **Bei aktuellen Auskofferungsarbeiten ist daher die seit dem 01.08.2023 gültige Ersatzbaustoffverordnung maßgebend (s. o.).**

Die Bewertung der Analysenergebnisse erfolgt nach LAGA_{Boden}, da der Anteil an 'mineralischen Fremdstoffen' weniger als 10 Vol.-% beträgt. Natursteinabraum gilt definitionsgemäß nicht als 'mineralischer Fremdstoff'.

Anmerkung Parameterumfang Deponieverordnung (DepV): Ergänzend wurde an der Mischprobe der Parameterumfang gemäß **Deponieverordnung (DepV)** untersucht, der bei einer Deponierung anfallender Aushubmassen relevant sein kann.

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

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

- a) **Mantelverordnung** – 'Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung', darin Artikel 1: Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV; kurz EBV; Stand: 11.06.21).
- b) **LAGA-Richtlinie M20** (*Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen, Stand 1997ff und die Technische Regel Boden TR Boden, Stand 05.11.2004*), Ländergemeinschaft Abfall (LAGA).
- c) **Deponieverordnung DepV** (*Verordnung über Deponien und Langzeitlager, Stand: 27.04.2009, letzte Änderung: 09.07.2021*).

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.

In den Regelwerken (EBV, DepV, LAGA,) sind Tabellen mit Richtwerten enthalten, nach denen Bodenaushub verschiedenen Qualitätsniveaus zugeordnet werden kann:

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 die Tabellen 5 (BM-0*/BM-F0*) bis 8 (BM-F3) relevant.

Der Einbau hat oberhalb der in Anlage 2 oder 3 vorgesehenen Grundwasserdeckschicht zu erfolgen. Diese kann natürlich vorliegen oder hergestellt werden. Die Bodenart der Grundwasserdeckschicht muss den Hauptgruppen der Bodenarten Sand, Lehm, Schluff oder Ton entsprechen.

In den Einbautabellen werden die Konfigurationen der Grundwasserdeckschichten unterschieden in „ungünstig“ (s. Abbildung 1) und „günstig - Sand“ bzw. „günstig - Lehm, Schluff, Ton“ (s. Abbildung 2).

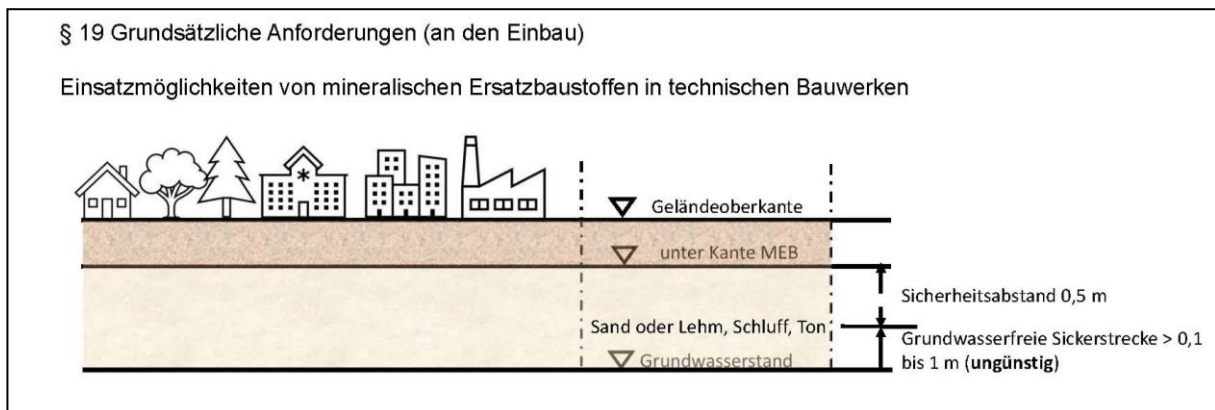


Abbildung 1: Konfiguration der Grundwasserdeckschichten - **ungünstig**

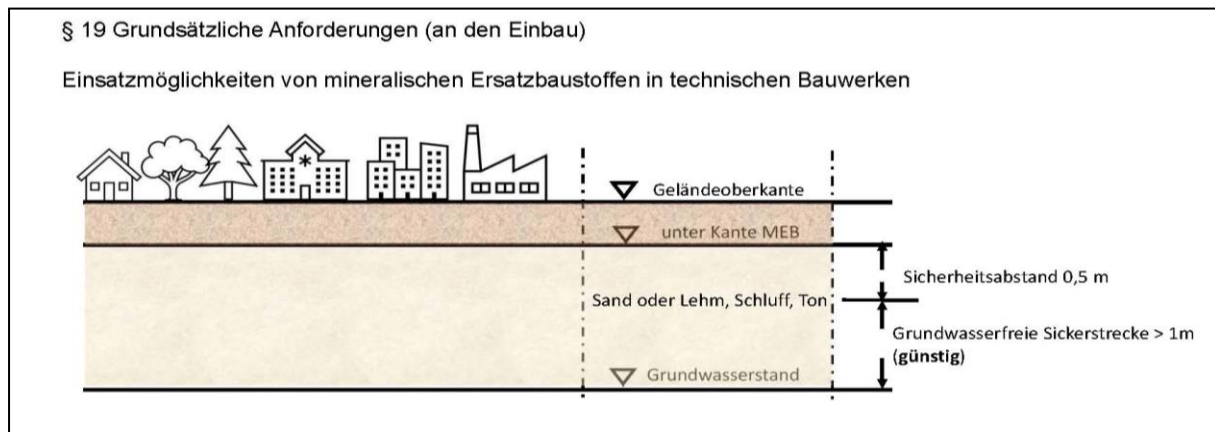


Abbildung 2: Konfiguration der Grundwasserdeckschichten - **günstig**

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

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 > 1m + 0,5 m Sicherheitsabstand) beschränkt.

Der Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen ist grundsätzlich unzulässig, wenn die „Grundwasserfreie Sickerstrecke“ bzw. die Grundwasserdeckschicht aus Böden mit den Gruppensymbolen GE, GW, GI, GU und GT besteht.

ZUORDNUNGSKRITERIEN LAGA-RICHTLINIE:

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

ZUORDNUNGSKRITERIEN DEPONIEVERORDNUNG (DEPV):

Deponie- Klassen DepV	DK 0	Oberirdische Deponie für Inert-Abfälle (z.B. unbelasteter Boden/Bauschutt)
	DK 1-2	Oberirdische Deponie für nicht gefährliche Abfälle
	DK 3	Oberirdische Deponie für nicht gefährliche und gefährliche Abfälle

4.1 Bewertung der Mischprobe

In der folgenden Tabelle 5 wird die Mischprobe entsprechend der Analysenergebnisse gemäß EBV, LAGA_{Boden} und DepV eingestuft. Es werden die Parameter aufgeführt, für die eine Überschreitung von Grenz-/Zuordnungswerten vorliegen.

	MP Aushub	
	auffällige / klassifizierungsrelevante Parameter	Einstufung
EBV	<i>keine</i>	BM-0 (Lehm, Schluff)
LAGA_{Boden}	<i>keine</i>	Z0 (Lehm, Schluff)
DepV	<i>keine</i>	DK 0

Tabelle 5: Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

Das Material im Untersuchungsbereich ist gemäß BM-0 bzw. LAGA_{Boden} Z0 einzustufen, womit – unter Berücksichtigung entsprechender bodenmechanischer Anforderungen – das Material uneingeschränkt wiedereinbaueeignet ist.

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

Alternativ kann die Deponieklasse DK 0 herangezogen werden, wobei auf das ab dem 01.01.2024 geltende Ablagerungsverbot hingewiesen wird (s. o.).

4.2 Fazit / Empfehlungen Aushubmaterial

Das Material der Mischprobe ist auf Grundlage der Analysenergebnisse gemäß BM-0, LAGA_{BodenZ0} und DK 0 einzustufen. **Für die Ausschreibung sind die o. g. Klassifizierungen maßgeblich. Die hier durchgeführten Sondierungen und entnommenen sowie untersuchten Proben stellen punktuelle Untergrundaufschlüsse dar, daher können spätere chemische Analysen (an anderen Untersuchungspunkten) von den o. g. Zuordnungen abweichende Einstufungen ergeben. In einem LV sollten daher sicherheitshalber Eventualpositionen für höher belastete Aushubböden vorgesehen werden.**

Aktuelle chemische Analysen: Die im Rahmen der Gutachtenerstellung durchgeführten chemischen Untersuchungen liegen zum Zeitpunkt der Bauausführung u. U. länger als ½ Jahr zurück. Vorgenannte Zeitspanne wird von Annahmestellen i. d. R. als Stichtag für die Beurteilung einer aktuellen Analytik herangezogen. Zur Abfuhr vom Standort vorgesehenes Bodenmaterial ist 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 Mantelverordnung (bzw. EBV, novellierter BBodSchV) 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 genehmigtes Zwischenlager zu verbringen. Das Material geht dann in den Besitz des Zwischenlagerbetreibers über. Bei weiterer Betrachtung dieser Möglichkeit sollten jedoch zuvor enge Abstimmungen bezüglich des Vorgehens mit dem Tiefbauer/ Zwischenlagerbetreiber erfolgen.

5. Baugrundbeurteilung

5.1 Bodencharakterisierende Laborversuche

Korngrößenanalysen (DIN EN ISO 17892-4): Im bodenmechanischen Labor wurden drei Korngrößenanalysen durchgeführt. Zur Untersuchung gelangten die Verwitterungsbildungen (Proben siehe Tabelle 6). Hierbei handelt es sich weitgehend um gründungs- und versickerungsrelevante Profilabschnitte. In der Anlage 3.1 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven graphisch dargestellt. Die Ergebnisse sind zusammenfassend in der folgenden Tabelle 6 aufgeführt.

Probe / (Genese)	Profilber. m u. GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	Steine (%)	d_{10}/d_{20} (mm)	k_f -Wert (m/s)*	Wassergehalt w
1/2 (U _{Zv.})	0,30-1,45	37,7	49,6	11,8	0,9	-	<0,002	<1,0 x 10⁻⁹	27,22 %
3/4 (G _{Zv.})	1,80-2,90	11,2	22,2	13,7	49,3	3,6	0,0071	~4,1 x 10⁻⁸	8,95 %
4/2 (G _{Zv.})	0,23-1,45	27,8		3,0	57,1	12,1	≤0,063	<1,0 x 10⁻⁶	9,12 %

Tabelle 6: Ergebnisse der Korngrößenanalysen/Wassergehaltsbestimmungen

Genese: U_{Zv.} = Verwitterungslehm, G_{Zv.} = Verwitterungslehm; **fett** = prägend

* k_f -Wertebestimmung nach MALLET & PACQUANT bei bindigen Böden, nach BEYER bei nicht bindigen Böden

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

Es wird deutlich darauf hingewiesen, dass aufgrund des Sondendurchmessers Material bis max. Kiesgröße gefördert werden kann. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass 'in-situ' ergänzend ein deutlicher-erheblicher Steinanteil vorliegt, welcher bei den Korngrößenanalysen nicht berücksichtigt wird.

Die untersuchten Verwitterungsbildungen besitzen einen differierenden, grundsätzlich jedoch relevanten bindigen Anteil.

Bodenbezeichnung (DIN 4022) und Bodenklassen (DIN 18 196):

1/2: Schluff, stark tonig, schwach sandig	(DIN 18 196: TA/TM)
3/4: Kies, schluffig, schwach sandig, schwach tonig	(DIN 18 196: GU*)
4/2: Kies, bindig	(DIN 18 196: GU*)

Durchlässigkeit (DIN 18 130): Die theoretischen Berechnungen des Durchlässigkeitsbeiwertes (Durchlässigkeitskoeffizient) anhand der Kornsummenkurven nach BEYER sowie z.T. ergänzend nach MALLET / PACQUANT ergeben für die untersuchten Verwitterungsbildungen überwiegend mäßige bis geringe Durchlässigkeit von $k_f = <10^{-6} - <10^{-8}$ m/s. Diese Größenordnungen werden nach DIN 18 130 als 'gering durchlässig' bis 'sehr gering durchlässig' bezeichnet. Von dem Großteil der

untersuchten Verwitterungsbildungen geht weitgehend ein **relevantes Staunäsepotenzial** aus.

Frostempfindlichkeits-Klassifikation (ZTVE-StB): Die untersuchten Verwitterungsbildungen sind als *sehr frostempfindlich* (Klasse F3) einzustufen.

Wassergehalte (DIN EN ISO 17892-1, siehe Tabelle 6): Die untersuchten Verwitterungsbildungen weisen differierende Wassergehalte von $w = 9,1 - 27,2 \%$ auf (Anlage 4.1). Betreffende Größenordnungen belegen eine herkömmliche bis mäßig erhöhte Erdfeuchte. Wassersättigungen wurden nicht nachgewiesen. Die Bohrgutansprache wurde bestätigt.

Zustandsgrenzen-Ermittlung (nach DIN EN ISO 17892-12): An der Probe 1/2 erfolgte ergänzend die Bestimmung der Zustandsgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenzen). Die Ergebnisse sind in der Tabelle 7 zusammengefasst sowie in der Anlage 5.1 dargestellt.

Probe	Fließgrenze w_L	Ausrollgrenze w_P	Plastizitätszahl I_P	Wassergehalt w	Konsistenzzahl I_C
1/2 (U _{Zv.})	48,7 %	20,6 %	28,1 %	27,2 %	0,76 (weich-steif)

Tabelle 7: Ergebnisse der Zustandsgrenzen-Ermittlung (Fließ-/Ausrollgrenzen)

U_{Zv.} = Verwitterungslehm

Bei Einsatz der gewonnenen Daten in das Plastizitätsdiagramm nach *CASAGRANDE* liegt die untersuchte Probe im Bereich der nach DIN 18 196 bezeichneten Bodengruppe *mittelplastische Tone* (TM).

Bei Betrachtung der Plastizitätszahlen sowie Einsetzung in den sog. Konsistenzbalken nach *ATTERBERG* ergibt sich für die untersuchte Probe ein recht breiter Bildsamkeitsbereich, sodass bei Wassergehaltsänderungen (Zunahme) verhältnismäßig verzögert die Gefahr einer Konsistenzverringering existiert (geringe bis mäßige Nässeesensibilität).

Ausgehend von der Konsistenzzahl liegen im ungestörten Zustand weich-steife Konsistenz vor.

Nach Auskofferung (Wegnahme der Überlagerungsspannung) und/oder ungünstigen Witterungsbedingungen ist eine Konsistenzabnahme bis hin zum weichen bzw. weich-breiiigen Zustand möglich.

5.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche (DPL-5)

Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an DIN 4094 sowie nach EN ISO 22476-2 und TP BF-StB T. B 15.1. Sie wurden mit der sog. Leichten Rammsonde durchgeführt (DPL 5 = 'Dynamic Probing Light' 5).

Es wurden insgesamt fünf Leichte Rammsondierungen durchgeführt (DPL 1-5). Diese erfolgten nahe der zuvor durchgeführten Bohrungen (Beispiel: BS 1 / DPL 1). Die Ergebnisdarstellung erfolgte in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe n_{10} gegen Tiefe. Die Rammdiagramme der DPL sind in der Anlage 2.1 graphisch dargestellt und den Rammkernsondierungen gegenübergestellt.

Ausgewertet werden nur die Bereiche unterhalb der organischen Oberböden.

- ⇒ Verwitterungslehm: Unterhalb der Oberböden steht überwiegend der Verwitterungslehm an, welcher differierende Schlagzahlen von ca. $n_{10} = 2-15$ führt. Umgerechnet entspricht dies einer **weichen bis steifen Konsistenz**. Bereichsweise höhere Schlagzahlen werden u.U. von Steineinlagerungen verursacht.
Nach Niederschlägen ist von einer (deutlichen) Konsistenzabnahme (Aufweichung) auszugehen. Projektbezogen wird der Verwitterungslehm hinsichtlich der Gründung kritisch eingestuft.
- ⇒ Verwitterungsschutt: Der Verwitterungsschutt (lehmiges, (schwach) sandiges Kies-Stein-Gemisch) führt – abgesehen von hangenden Übergangszonen – ein mittelhohes bis sehr hohes Schlagzahlniveau von überwiegend $n_{10} = 15 - >30$. Umgerechnet entspricht das Schlagzahlniveau weitgehend einer **mitteldichten bis dichten Lagerung**. Zum Liegenden hin erfolgt zumeist eine Schlagzahlzunahme (**'sehr dicht' bis 'halbfest'**), was auf der Abnahme des Verwitterungsgrades beruht. Dieses Schlagzahllevel belegt eine für geplantes Projekt ausreichende Lagerungsdichte dieser Einheit.
- ⇒ Grundgebirge: Innerhalb der Endteufenbereiche aller Sondierungen erfolgt eine deutliche Schlagzahlzunahme auf ein sehr hohes Niveau ($n_{10} >80 / 120$), welches einen Sondierabbruch erzwang. Betreffende Einheit liegt **halbfest-fest** vor und zeigt eine sehr gute Gründungseignung.

5.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 8 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.

BODENART	γ_k (kN/m ³)	γ'_k (kN/m ³)	ϕ'_k (°)	c'_k (kN/m ²)	$E_{s,k}$ (kN/m ²)
<u>Einzubauende</u> <u>Schottertragschicht</u> , dicht	22,0	14,0	37,5	0	RW 80.000
<u>Verwitterungslehm:</u> Schluff, stark tonig, sandig; überw. weich-breiig bis teilweise steif-halbfest (angetroffen)	19,0 - 19,5	9,0 - 9,5	22,5 - 25,0	0	2.000 - 5.000 RW 3.000
	19,0 - 20,5	9,5 - 10,5	22,5 - 25,0	0-5 RW 2	4.000 - 7.000 RW 5.000
	19,5 - 21,5	9,5 - 11,5	22,5 - 27,5	2-10 RW 5	10.000 - 14.000 RW 12.000
<u>Verwitterungsschutt:</u> Kies-Stein-Gem., schw. sandig, schw. – stark schluffig, schw. tonig; überw. mitteldicht-dicht, z.T. sehr dicht	20,0 - 22,0	10,0 - 14,0	32,5 - 35,0	0	30.000 - 80.000 RW 45.000
<u>Grundgebirge:</u> halbfest-fest, angewittert	20,0 - 23,0	21,0 - 24,0	30,0 - 35,0	20 - 30	60.000 - 120.000 RW 80.000

Tabelle 8: Bodenmechanische Kennwerte der gründungsrelevanten Bodeneinheiten

γ_k = Wichte des erdfeuchten Bodens

γ'_k = Wichte d. Bodens unter Auftrieb

ϕ'_k = Reibungswinkel des drainierten Bodens

RW = Rechenwert

c'_k = Kohäsion des drainierten Bodens

$E_{s,k}$ = Steifeziffer

5.4 Bodenklassen, Bodengruppen, Frostklassen, Homogenbereiche

Schichtglieder (Grobgliederung)	Bodenklassen (DIN 18 300)	Gruppensymbol (DIN 18 196)	'Frostklasse' ZTVE-StB	Boden- Lösung	Homogen- bereiche
'Mutterboden' ¹⁾	1, period. 2	OU / A (OU)	F3	'Löffel- bagger'	-
Verwitterungslehm ¹⁾	4-5, period. z.T. 2	UL-UM-TL-TM- TA-Zv	überw. F3		ERD 1 VER 1
Verwitterungsschutt ^{3) 4)}	3-5, u.U. 6	GW-GU*GU- GT*-GT-X-Zv	F2-F3 ²⁾		z.T. Löffel, z.T. Anbaugeräte
Steine/Blöcke ³⁾⁴⁾	6-7	X-Y	F1		
Grundgebirge	6-7	(Z-Zv)	(kein Boden)		

Tabelle 9: Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen, Frostklassen

- 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

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

Erdarbeiten: Die g.g. Festlegung der Homogenbereiche für das Gewerk 'Erdarbeiten' sowie ggf. notwendige Verbauarbeiten (nichteinbindende Verbauarten) basiert auf der Annahme des Einsatzes eines kräftigen Löffelbaggers (> '20 t-Klasse'). Sollten hiervon abweichende Erdbaugeräte zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung zwecks Anpassung der Homogenbereich-Festlegung gebeten. Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Locker- und Halbfestgesteinsböden überwiegend mittels 'normalen' Löffelbagger-Einsatzes (kräftiger Hydraulikbagger) möglich sein wird (Bodenklassen 1-5, stellenweise 6; ERD 1). Diese Aussage gilt nicht für ggf. im Untergrund befindliches Material in Stein- / Blockform oder eventuell höherkommende 'Felsnasen'.

Das Grundgebirge (halbfest-fest und fest) wird in die DIN 18 300-Bodenklasse 6 bis 6/7 gestellt (ERD 2/VER 2).

Der Endteufenbereich führt den Übergang zum angewitterten-unverwitterten Kalk-/Mergelkalkstein, welcher aus Erfahrung ebenfalls bereichsweise mit einem kräftigen Hydraulikbagger zu lösen sein wird.

‘Meißel-/Reißzahneinsatz’ kann jedoch bei Vorhandensein härterer Abschnitte (sog. ‘Felsnasen’) nicht ausgeschlossen werden und sollte bei einer Unterkellerung für die tieferen Bodenbereiche sowie bei der Kanalverlegung einkalkuliert werden.

Wo Bauteile deutlich tiefer als die erreichten Bohr- / Rammendteufen eingebunden werden sollen, sind hierfür kalkulatorisch die Bodenklassen 6-7 / 7 bzw. der Homogenbereich ERD 2/VER 2 in Ansatz zu nehmen. Hierfür kann es erforderlich sein, Anbaugeräte zur Lösung des Grundgebirges vorzuhalten.

Erläuterung Tabelle 9

nach DIN 18 300	Bodenklasse 1: Oberboden (‘Mutterboden’) Bodenklasse 2: fließende Bodenarten Bodenklasse 3: leicht lösbare Bodenarten Bodenklasse 4: mittelschwer lösbare Bodenarten Bodenklasse 5: schwer lösbare Bodenarten Bodenklasse 6: leicht lösbarer Fels Bodenklasse 7: schwer lösbarer Fels
nach DIN 18 196	A Auffüllungen OU Schluffe mit organischen Beimengungen UL/UM leicht / mittelplastische Schluffe TL/TM leicht / mittelplastische Tone TA ausgeprägt plastische Tone GU/GU* Kies-Schluff-Gemische GT/GT* Kies-Ton-Gemische X/Y Steine/Blöcke (Z/Zv) Fels, allgemein / Fels verwittert
ZTVE-StB	F1 nicht frostempfindlich F2 gering bis mittelfrostempfindlich F3 sehr frostempfindlich
Homogenbereich DIN 18 300	ERD 1/VER 2: Eigenschaften siehe Tabelle 10a ERD 2/VER 2: Eigenschaften siehe Tabelle 10b

Homogenbereiche gem. VOB Teil C: Die Festlegung von Homogenbereichen erfolgt für das Gewerk 'Erdarbeiten' gem. DIN 18 300:2019-09 im Hinblick auf die anzusetzende Geotechnische Kategorie GK 2 und ist beschränkt auf einen Aushub der Böden. Für die potenziell auszuführenden Gewerke 'Verbauarbeiten' gem. DIN 18 303:2016-09 gelten die Angaben analog, da nicht von einbindenden Verbauarten ausgegangen wird.

Grundlage ist der Einsatz eines ausreichend starken Baggers zur Bodenlösung und der Einsatz der u.g. Verbauarten. Sollten diesbezüglich andere Gerätschaften zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung gebeten, um die Homogenbereiche entsprechend anpassen zu können.

Die Wahl der Anbaugeräte zur Lösung der Böden im Homogenbereich ERD 2 obliegt dem AN.

Homogenbereiche (DIN 18 300: 2019-09): Hangend: ERD 1 (Lockergestein, z.T. Ver- / Anwitterungszone), Liegend (z.T. Ver-/Anwitterungszone Kalk-/Mergelkalkstein): ERD 2

Kennwert / Eigenschaft	Homogenbereich (Wertebereiche)	
	ERD 1 + VER 1	VER 2
Kornverteilung (Körnungsband)	siehe Anlage 3.1	
Definition v. Steinen + Blöcken	ggf. Findlinge, überwiegend Verwitterungskomponenten	
Anteil Steine und Blöcke	ca. 0 - 60 % (Schätzung)	
Anteil große Blöcke	ca. 0 - 40 % (Schätzung)	
mineral. Zusammensetzung der Steine und Blöcke	div. (Kalkstein, Mergelkalkstein)	
Dichte	$\rho_s = 2,65-2,85 \text{ g/cm}^3$ (Korndichte)	
Kohäsion	0 - 20 kN/m ²	
undrainierte Scherfestigkeit	0 - 200 kN/m ²	
Sensitivität	n.b.	
Wassergehalt	3 - 40 %	
Konsistenz	weich-breiiig bis halbfest	halbfest bis fest
Konsistenzzahl	~ 0,3 - 1,2 bzw. n.b.	> 1,2
Plastizität	gering bis mäßig bzw. n.b.	
Plastizitätszahl	~ 0,10 - 0,35 bzw. n.b.	
Durchlässigkeit	ca. $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ bis $<1 \cdot 10^{-9}$ m/s	
Lagerungsdichte D	überwiegend ~ 0,30 - > 0,50	≥ 0,65
Kalkgehalt	n.b. (verm. mäßig bis hoch)	
Sulfatgehalt	n.b. (verm. gering bis allenfalls mittel)	
Organischer Anteil	~ 0 - 5 %	
Abrasivität	n.b. (bei Bedarf LCPC-Versuch)	
Bodengruppen	UL, TL, UM, TM, TA, GU, GU*,GT, GT*, GW, X, Zv	
Ortsübliche Bezeichnung	Verwitterungslehm, Verwitterungsschutt, Ver- / Anwitterungsbildungen	

Tabelle 10a: Kennwerte für **Homogenbereich ERD 1**

Kennwert / Eigenschaft	Homogenbereich (Wertebereiche)
	ERD 2 + VER 2
Benennung von Fels	Kalk-/Mergelkalkstein (mergeliger Kalkstein / kalkiger Mergelstein) Oberkreide
Dichte	n.b.
Verwitterung u. Veränderung, Veränderlichkeit	angewittert bis unverwittert, mäßig veränderlich
Kalkgehalt	ca. 60-90 % CaCO ₃ (*)
Sulfatgehalt	gering-mäßig
Druckfestigkeit	40-150 MN/m ² , Schätzung (*) (1-axiale Druckfestigkeit in Abhängigkeit vom Anwitterungszustand)
Spaltzugfestigkeit	n.b. (*)
Trennflächengefüge	Bankung mit Kluftsystem (*)
Trennflächenabstand	zw. ca. 15 und 90 cm (lt. Literatur), (*)
Gesteinskörperform	Bankung mit Klüftung (*)
Öffnungsweite der Trennflächen	bis zu mehrere cm (*)
Kluffüllung von Trennflächen	n.b. (*)
Gebirgsdurchlässigkeit	differiert (geschätzt $k_f = 10^{-3}$ bis $<10^{-8}$ m/s, *) DIN 18 130: 'stark durchlässig' - 'sehr gering durchlässig'
Abrasivität	n.b. (*)
ergänzende ortsübliche Bezeichnung	Kalk-/Mergelkalkstein

Tabelle 10b: Kennwerte für **Homogenbereich ERD 2**, n.b. = nicht bestimmbar

* Detailklärung Felskennwerte: Bei Bedarf / Erfordernis der Kenntnis der exakten Felskennwerte werden Fels-Kernbohrungen sowie die Durchführung von Versuchen im felsmechanischen Labor notwendig.

6. Ingenieurgeol. Hinweisgebung zur Baudurchführung

Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorliegenden Detailplanung wird an dieser Stelle eine überschlägige, orientierende (Baugrund-) Beurteilung des zu untersuchenden Areals vorgenommen. Diese Untersuchung ersetzt nicht eine detaillierte Einzelprojekt-Baugrunduntersuchung. Die Hinweisgebungen gliedern sich in die drei Bereiche Wohngebäudebau, Kanalbau und Straßenbau.

6.1 Wohngebäudebau

Dem AN liegen keine Information über eine Bauweise mit oder ohne Unterkellerung vor. Grundsätzlich ist die Aussage zu treffen, dass sowohl Gebäudeerrichtungen mit als auch ohne Unterkellerung möglich sind. Bezüglich des Gebäudebaus wird bei einer Unterkellerung von einer Gründungsteufe auf ca. 2,5 m u.GOK und bei einer Nichtunterkellerung von einer Gründungsteufe auf ca. 1,0 m u.GOK ausgegangen (Frostsicherheit; Frosteinwirkungsklasse II gem. RStO).

- Bodenverhältnisse Nichtunterkellerung: Bei einer Nichtunterkellerung stehen oberflächennah überwiegend bindige (tonig-schluffige) Verwitterungsbildungen (weitgehend weich, sehr witterungsabhängig) an. Hier werden bodenverbessernde Maßnahmen (Schotterpolster, Tieferführungen der Streifenfundamente) notwendig und an dieser Stelle wird eine Gründung über umlaufende und innenliegende Streifenfundamente mit einer eventuellen geringfügigen Tieferführung mittels Fundamentbeton bis auf kiesigere Verwitterungsbildungen angeraten. Anschließend sollte die Bodenplatte als ´freitragende Decke´ errichtet und statisch bemessen werden, um auf eine qualifizierte Bettung der Bodenplatte verzichten zu können. Für eine Plattengründung über eine gebettete Bodenplatte wären (z.T. deutliche) Schottermächtigkeiten notwendig. Die prägenden bindigen Anteile innerhalb der Böden können zu einer Stauwasserbildung und einer Konsistenzverringering infolge von Niederschlägen/Wassergehaltszunahmen und somit zu einer Baugrundgütevverschlechterung führen. Aufgrund des Bemessungswasserstandes (Stauwasser bis GOK) muss eine Bauwerksabdichtung gemäß DIN 18533 W2.1-E erfolgen.

- Bodenverhältnisse Unterkellerung: Bei einer Unterkellerung liegen die o.g. bindigen Verwitterungsbildungen meist in mindestens steifen Konsistenzen vor bzw. es wird bereits der Übergang zum angewitterten/verwitterten Grundgestein vorliegen. Vereinzelt (z.B. Umfeld BS 1) können tieferreichende Verwitterungszonen (sog. ´lehmverfüllte Karsttaschen´) bzw. Auflockerungen vorliegen bzw. nicht ausgeschlossen werden. Feste bzw. sehr dichte, gering verwitterte, Bereiche können in genannter Tiefe ebenfalls nicht

auszuschließen und müssen bezüglich eines Mehraufwandes im Zuge der Bodenlösung (ggf. Anbaugeräte) mit einkalkuliert werden. Zuletzt konnte nach Bohrende im Bereich der Gründungstiefen kein Wasser gelotet werden. Hier ist jedoch mit einer zumindest periodischen Wasserbeeinflussung durch eine Mischung aus Hang- und Stauwasser zu rechnen.

- Nässeverhältnisse: Sowohl bei einer Unterkellerung als auch bei einer Nichtunterkellerung unterliegen die Unterflurbauteile einer periodischen Feuchte- bis Nässebeeinflussung (Gemisch aus Stau-, Schicht- und Hangwasser). Eine Beeinflussung durch permanentes Grundwasser i.e.S. wird beim derzeitigen Kenntnisstand aufgrund der Morphologie nicht erwartet. Der Bemessungswasserstand gemäß DIN 18 533 sollte somit im Untersuchungsgebiet in Höhe der lokalen Geländeoberkante festgelegt werden (Faktor Stauwasser).

Kurzbeurteilung: Der relevante Untergrund weist projektbezogen keine unmittelbar ausreichende Gründungseignung für eine Flachgründung auf. Es sollte für jedes Plangebäude eine einheitliche Gründung mittels z.T. tieferzuführenden Streifenfundamenten (bis mind. 100 cm unter zukünftige GOK; Frosteinwirkungszone II) bei Nicht-Unterkellerung und eine etwa 15 cm starke Schotterschicht (‘Kapillarbrechung’) bei einer Unterkellerung (Plattengründung) angestrebt werden. Der Verwitterungslehm sowie stark verlehnte aufgeweichte Verwitterungsschutte sollten möglichst nicht als Gründungsmedium verwendet werden (Stichwort: ‘Sommerfrost’). Aufgrund einer nicht auszuschließenden Wasserbeeinflussung der Bodenplatte gemäß DIN 18 533 muss eine Abdichtung nach Wassereinwirkungsklasse W 2.1-E (DIN 18 533) bei Unterkellerung sowie auch bei einer Nicht-Unterkellerung erfolgen.

Maßnahmenvorschläge

Zeitliche Durchführung der Tiefbauarbeiten: Die Tiefbauarbeiten sollten nicht in niederschlagsintensiven Herbst-/Frühlingsperioden durchgeführt werden, da in diesem Fall u.U. verstärkt Stau- / Schichtwasser anfällt und u.U. eine Stauwasser- / Grundwasserabsenkung notwendig wird. In niederschlagsintensiven Perioden sowie Frostperioden sollten Stillstandszeiten einkalkuliert werden.

Notwendigkeit der kompletten Entfernung der 'Mutterböden' und potenzieller Auffüllungen sowie Aufweichungen aus dem Baufeld, was aufgrund der ermittelten Mächtigkeiten vermutlich keinen / keinen deutlichen Mehraufwand erforderlich macht. Wichtig ist die sorgfältige Kontrolle des Geogenplanums auf deutliche organische Bestandteile und Auffüllungen sowie Aufweichungen und deren vollständige Entfernung.

Bauzeitliche Wasserhaltung: Bei den Nässeverhältnissen am Stichtag (26.05.2023) wird eine offene Wasserhaltung ausreichend sein. Potenzielles Tagwasser (Stau-/Niederschlagswasser) infolge deutlicher Niederschläge kann mit einer offenen bzw. verstärkten offenen Wasserhaltung (Pumpensumpf) abgeführt werden. U.U. wird die Anlage von sog. 'Fanggräben' im hangseitigen Baugruben-Nahbereich notwendig, da die hangenden Böden zeitweise Stauwasser in die Baugrube einleiten (Unterbindung Schichtwasserzutritt).

Böschchen / Verbau: Nach DIN 4124 sind Baugruben ab Tiefen von > 1,25 m zu böschchen oder zu verbauen. In Bereichen ohne Bestandsgefährdung bzw. wo einzuhaltende Böschungswinkel darstellbar sind können die Baugruben bei Unterkellerung geböscht werden.

Dort wo keine Gefährdung von Bauwerken und/oder Gebäuden existiert, Böschungen aus Platzgründen aber nicht hergestellt werden können, kann ein herkömmlicher Verbau nach DIN 4124 ('Normverbau') eingebracht werden. Aufgrund der bereits oberflächennah auftretenden Verwitterungslinie müssen ggf. nötige Verbaue eventuell vorgebohrt werden.

Stehen an der Baugrubenwand wassergesättigte Schichten an, so ist die Standsicherheit der Baugrubenwände jedoch nicht gewährleistet und diese Einheiten dürfen aus diesem Grunde folglich nicht geböscht werden.

Die Böschungen sind durch windgesicherte Folien abzudecken.

Die Anlage von Böschungen und/oder Verbauten sind für jedes Bauvorhaben individuell und Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten zu entscheiden. Die Fundamentgruben/-gräben weisen voraussichtlich weitgehend eine kurzzeitige Standfestigkeit auf.

Lediglich die hangenden Kanten sollten geböscht werden. Tieferreichende Fundamentgruben > 1,75 m dürfen nicht betreten werden.

Gründungsempfehlung Nichtunterkellerung:

Überwiegend Gründung auf Resten vom Verwitterungslehm (weich-steif) bzw. Verwitterungskies (weitgehend dicht) bzw. auf Grundgebirge (halbfest): Angeraten wird eine **Streifenfundamentgründung mit freitragender Bodenplatte**. Mögliche Restmächtigkeiten an Schluffen/Tonen sowie stark verlehnten Kiesen sind zu entfernen und durch Schotter bzw. Fundamenttieferführungen zu ersetzen. Es sollte durchgängig auf dem Verwitterungskies bzw. dem Grundgebirge gegründet werden. Als Fundamentunterbau wird der Einbau einer 'Ausgleichs-/Homogenisierungsschicht' angeraten. Zuvor sollte der Kies nachverdichtet werden. Bei höheren bindigen Anteilen von >15 % sollte auf eine Nachverdichtung verzichtet werden.

Bei Gründung auf dem mind. halbfesten Grundgebirge muss zunächst das gesamte Lockermaterial entfernt werden. Dort wird eine ca. 10 cm starke Unterbetonlage zur Homogenisierung ausreichen.

Sinnvoll ist eine ingenieurgeologische Abnahme des Gründungsplanums, um u.U. die o.g. orientierenden Hinweise anzupassen.

Heterogene Gründungsverhältnisse: Bei heterogenen Gründungsverhältnissen innerhalb einer Baufläche (z.B. Verwitterungsbildungen in einer Hälfte / talseitig, Grundgebirge in der anderen Hälfte / bergseitig) ist ein einheitliches Lastabtragsmedium zur Gründung zu verwenden, um einheitliche Setzungsbeträge zu erhalten.

Dies bedingt abschnittsweise eine Fundament-Tieferführung (Beton) bis auf den Fels.

Bodenplattenbereich: Die Bodenplatte sollte möglichst freitragend als 'Decke' bemessen werden, um auf eine qualifizierte Bettung verzichten zu können. Andernfalls sollte unterhalb der Bodenplatte Güteschotter in einer Mindeststärke von 30 cm eingebaut werden (Stabilisierung und Kapillarbrechung). Zuvor sollte ein Geotextil in Abschnitten mit bindigen Böden aufgelegt werden. Weiche-breiige und breiige Böden (Aufweichungen) müssen entfernt und gegen Schotter ausgetauscht werden.

Bemessungswert des Sohlwiderstandes / Bodenpressung Streifenfundamente (orientierende Beispielsberechnungen): Anhand der in der Tabelle 8 angegebenen Bodenkennwerte wurden voraussichtliche Setzungen der Streifenfundamente berechnet (siehe Anlage 7.1). Da jedes Baufeld differierende Untergrundverhältnisse aufweist, handelt es sich bei den Setzungsberechnungen um orientierende Beispielsberechnungen. Es ist jeweils innerhalb der Einzelparzellen zu überprüfen, ob

die den Setzungsberechnungen zugrunde gelegenen Annahmen zutreffen. Es wurde das Programmsystem GGU-FOOTING eingesetzt (siehe Anlage 7.1).

Es wird bei der Beispielsberechnung von einer Gründung auf dem mitteldicht gelagerten Verwitterungsschutt ausgegangen. Es wird eine Einbindung von 1 m, eine Schotterunterbaumächtigkeit von 20 cm, eine Gründung auf den mind. mitteldicht gelagerten Verwitterungskiesen ohne deutliche bindige Anteile, die Entfernung von Schluff / stärker verlehmtten Abschnitten, ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} = 280 \text{ kN/m}^2$ und eine größte Fundamentlänge von 12 m angenommen. Potenzielle Fundamenttieferführungen wurden nicht berücksichtigt. Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes auf dem Gründungsniveau von $\sigma_{R,d} = 280 \text{ kN/m}^2$ sollte nicht ohne Rücksprache überschritten werden. Es sind folgende Gesamtsetzungen S_g zu erwarten (orientierende Angaben):

Bauart / Gründungsart		Nichtunterkellerung / Streifenfundament (l = 12 m)
Gründung / Einbindung Streifenfundament		mind. 1,00 m u. GOK _{zukünftig}
Unterbau / Annahmen		- ggf. Fundamenttieferführung in Beton - Entfernung Verwitterungslehm - Verwitterungskies (nachverdichtet), mind. mitteldicht
Bemessungswert des Sohlwiderstandes		$\sigma_{R,d} = 280 \text{ kN/m}^2$
Gesamtsetzung S_g bei Fundamentbreite b	b = 0,40	$S_g = \text{ca. } 0,25 \text{ cm}$
	b = 0,50	$S_g = \text{ca. } 0,29 \text{ cm}$
	b = 0,60	$S_g = \text{ca. } 0,33 \text{ cm}$
	b = 0,70	$S_g = \text{ca. } 0,37 \text{ cm}$
	b = 0,80	$S_g = \text{ca. } 0,41 \text{ cm}$
	b = 0,90	$S_g = \text{ca. } 0,44 \text{ cm}$

Tabelle 11: Nichtunterkellerung: Streifenfundamente, Gesamtsetzung (Anlage 7.1)

Gründungsempfehlung Unterkellerung:

Angeraten wird eine Gründung über eine **bewehrte Bodenplatte** auf dem mind. mitteldicht gelagerten Verwitterungsschutt bzw. dem halbfesten-festen Kalk-/Mergelkalkstein. Als Unterbau wird eine ca. 10 cm starke Unterbeton- oder 15 cm starke Schotterlage ausreichen. Lockermaterial ist bei einer Gründung auf dem Grundgebirge aufzunehmen bzw. aufgelockerte Verwitterungsschutte (<15% bindige Anteile) nachzuverdichten. Sollten Verwitterungsbildungen innerhalb einer Teilbaugrube / eines Teilbaufeldes stellenweise bis in die für eine Unterkellerung relevanten Teufen reichen, so wird dort eine Tieferführung (Beton) bis auf gleichartige und tragfähige

Gründungsverhältnisse notwendig. Bindige Böden sind zu entfernen und gegen Beton oder alternativ gegen Schotter (lagenweiser Einbau) auszutauschen. Der Verwitterungsschutt (<15% bindige Anteile) sollte nachverdichtet werden.

Ausgehend von der periodischen Untergrundwasserbeeinflussung wird die KG-Errichtung/-Abdichtung gem. DIN 18 533 (Wassereinwirkungsklasse W 2.1-E) angeraten. Sinnvoll ist eine ingenieurgeologische Abnahme des Gründungsplanums, um u.U. die o.g. orientierenden Hinweise anzupassen.

Setzungsberechnungen / Gründung über eine bewehrte Bodenplatte: Ermittlung der Eingangsparameter für die FEM-Berechnung: Die Berechnung der Fundamentplatte sowie der Setzungen und Sohldruckverteilung erfolgt von Seiten der Statik nach der Finite-Elemente-Methode (FEM).

Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tabelle 8), das relevante Schichtmodell sowie orientierende Setzungsberechnungen zwecks Erhaltung eines Eingangs-Bettungsmoduls geliefert. Diese Setzungsberechnungen dienen lediglich der Gewinnung eines Eingangs-Bettungsmoduls und müssen durch die FEM spezifiziert werden.

Bei g.g. orientierenden Setzungsberechnungen zwecks Erhaltung des Eingangs-Bettungsmoduls wird eine ‘Ersatzfläche’ angesetzt (12 x 1 m). G.g. Länge von 12 m stellt die angenommene längste Wandscheibe dar. Da jedes Baufeld differierende Untergrundverhältnisse aufweist, handelt es sich bei den Setzungsberechnungen um orientierende Beispielsberechnungen. Es ist jeweils innerhalb der Einzelparzellen zu überprüfen, ob die den Setzungsberechnungen zugrundegelegenen Annahmen zutreffen. Es wurde das Programm GGU-FOOTING eingesetzt.

Es wird bei der Beispielsberechnung vom ‘schlechteren’ Fall ausgegangen (Gründung auf dem mitteldicht gelagerten Verwitterungsschutt). Es wird eine Schotterunterbaumächtigkeit von 15 cm, eine Gründung auf dem mitteldicht gelagerten Verwitterungsschutt und eine größte Fundamentlänge von 12 m angenommen.

Die charakteristische Beanspruchung des Baugrundes wird mit $\sigma_{E,k} = 160 \text{ kN/m}^2$ angenommen (Schätzung). Höhere Beanspruchungen bedürfen einer Individualuntersuchung / -berechnung. Die Berechnungsergebnisse sind der Tab. 12 zu entnehmen.

Bauweise	charakteristische Beanspruchung	‘Ersatzfläche’	Setzung s	Bettungsmodul k_s
Unterkellerung	$\sigma_{E,k} = 160 \text{ kN/m}^2$	12 x 1 m	ca. 0,4 cm	43,7 MN/m³

Tabelle 12: Orient. Setzungsberechnungen zw. Erhaltung Eingangs-Bettungsmoduls

Allgemeine Hinweisgebungen:

Material: Die angeratene Ausgleichsschicht sowie potenzielles Aufhöhungsmaterial und der Unterbau im Bodenplattenbereich sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (z.B. 0/45 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen). Der Schotter sollte nach den *‘Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau – Ausgabe 2004/23’* (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 $D_{Pr} = 100 \%$ erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel zu achten (Schotter: 45°).

‘Schneidbestückung’: Die Ausschachtung der bindigen Verwitterungsbildungen (Bodenplattenbereich Nichtunterkellerung) sollte mit einer Baggerschaufel ohne Zähne (‘Schneidbestückung’) ‘vor-Kopf’ durchgeführt werden, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden. Das bindige Aushubplanum darf nicht befahren werden.

Geotextil: Vor Schottereinbringung im Bodenplattenbereich (Nichtunterkellerung) sollte in Abschnitten mit bindigen Böden ein Geotextil eingelegt und seitlich bis zur OK Schotter ‘hochgezogen’ werden (Qualität: Geotextilrobustheitsklasse GRK 3).

Verdichtungsüberprüfung: Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Schotters im Bodenplattenbereich sollte mittels Verdichtungsüberprüfung vor Gründung kontrolliert werden (Plattendruckversuche; Forderung auf OK Schotter Bodenplattenbereich: $E_{v2} \geq 70\text{-}80 \text{ MN/m}^2$, je nach statischen Erfordernissen und Bauweise).

Ingenieurgeologische Abnahmen: Nach Auskoffierung der Baugrube sollte eine ingenieurgeologische Abnahme erfolgen, um die Bodenverhältnisse abzunehmen sowie die vorgeschlagenen Gründungsmaßnahmen den Verhältnissen anzupassen. Bei der Ausführung der Gründungsarbeiten sind die örtlichen Baugrundverhältnisse auf Übereinstimmung mit den Voruntersuchungen zu überprüfen.

Höhengleiche Gründung Wohnhaus / Garage: Bei Anbindung einer Garage an ein Wohnhaus wird a) eine Fugentrennung und b) eine höhengleiche Gründung notwendig. Sollte das Plan-Wohnhaus unterkellert und die Plan-Garagenanlage ohne Unterkellerung geplant werden, muss im Anbindebereich eine abgetreppte Fundamenttieferführung der Streifenfundamente (Garage / Nichtunterkellerung) eine höhengleiche Gründung gewährleisten. Seitliche Lasteinträge sind zu vermeiden oder von statischer Seite zu prüfen und konstruktiv zu berücksichtigen.

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

Frostsicherheit: Es ist in frostsicherer Tiefe zu gründen ($\geq 1,00$ m) oder der Baukörper nach Erstellung von außen so hoch anzudecken, dass eine frostsichere Einbindung ($\geq 1,00$ m) erreicht wird. Alternativ kann eine gebäudeumlaufende 'Frostschutzschürze' aus Beton eingebracht werden. Bei einer Unterkellerung mit einer Einbindung $> 1,0$ m existiert eine ausreichende Frostsicherheit.

Trockenhaltung der Gebäudebauwerke / Betonqualität: Sowohl bei einer Unterkellerung als auch bei einer Nichtunterkellerung unterliegen die Unterflurbauteile einer periodischen Feuchte- bis Nässebeeinflussung (Stau-, Schicht- und Hangwasser). Eine Beeinflussung durch Grundwasser wird beim derzeitigen Kenntnisstand nicht erwartet, ist stellenweise und kurzzeitig jedoch nicht völlig ausgeschlossen.

- Nichtunterkellerung: Ausschließlich • bei einer deutlichen Heraushebung der EG-Bodenplatte von mind. 0,5 m gegenüber der akt. GOK, • einer Geländemodellierung vom Plangebäude weg und • einem mind. 0,5 m starken Unterbau aus Güteschotter als Kapillarbrechung wird keine Nässe-Beeinflussung der Bodenplatte erwartet. Bei vorgenannten Annahmen ist folgender Lastfall anzusetzen:

DIN 18 533: Lastfall: 'Wassereinwirkungsklasse W1.1-E'

→ andernfalls (wenn keine Heraushebung und kein stark durchlässiges Schotterpolster als Unterbau):

DIN 18 533: Lastfall: 'Wassereinwirkungsklasse W2.1-E'

- Unterkellerung: Bei einer Unterkellerung (ergänzend die Streifenfundamente bei einer Nichtunterkellerung) unterliegen die Unterflurbauteile einer periodischen Feuchte- bis Nässebeeinflussung (Gemisch aus Stau-, Schicht- und Hangwasser). Dies ist bei der Betonauswahl zu berücksichtigen (Stichwort Expositionsklasse).

Wichtig ist die Verfüllung der Arbeitsräume mit durchlässigem Material nach DIN 4095, um Wasseraufstau zu verhindern.

DIN 18 533: Lastfall: 'Wassereinwirkungsklasse W2.1-E'

Wiedereinbaueignung: Ein Teil des anfallenden Baugrubenaushubs (Schluffe/Tone und stärker lehmige Kiese) ist nicht bzw. lediglich in 'Sandwich'-Bauweise (s.u.) wiedereinbaufähig. In Bereichen zukünftiger Straßen- / Wegenutzung sowie setzungsempfindlichen Bereichen sollte Schotter (z.B. 0/45 mm) anstelle der bindigen Böden bzw. stark bindigen Kiese eingebaut werden.

Ist davon auszugehen, dass Bereiche auch weiterhin einer reinen Gartennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann das ausgehobene bindige Schluff- / Tonmaterial, der Oberboden sowie der lehmige Kies wiederverfüllt werden, wobei mit Nacharbeiten aufgrund von Sackungen zu rechnen ist.

Dies gilt ebenfalls für verfüllende Zwecke, jedoch nicht für die Verfüllung des Gebäude-Arbeitsraumes (s.o.).

Der Verwitterungsschutt kann aufgrund seines differierenden, i.d.R. deutlichen bindigen Anteils in lastabtragenden Bereichen ausschließlich steinfrei in sog. 'Sandwich'-Bauweise lagenweise (max. 30 cm) im Wechsel mit Güteschotter wiedereingebaut werden. Er sollten jedoch nicht als Oberbau oder Untergrundverbesserung verwendet werden. Der gebrochene Fels darf ausschließlich bei Beachtung einer abgestuften Kornverteilung wiedereingebaut werden.

6.2 Kanalbau

Es liegen keine konkreten Angaben über Kanal-Gründungsteufen vor. Es wird von einer Gründung des Kanals auf ca. 2,0 - 2,5 m u. GOK ausgegangen. Bezüglich der Baugrubenböschung sei auf die Hinweisgebung für den Gebäudebau verwiesen.

Bodenverhältnisse auf Gründungsniveau: Das Gründungsniveau zeigt bei herkömmlichen Sohlteufen von ca. 2,0-2,5 m z.T. den Übergang Verwitterungsschutt (hier: dicht) / Grundgebirge (halbfest-fest). Häufig steht das Grundgebirge dort bereits im halbfesten-festen Zustand an. Punktuell können tieferreichende Lehmtaschen oder höherreichende 'Felsnasen' nicht ausgeschlossen werden.

Das relevante Festgesteins-Bodenprofil wird gem. DIN 18 300 in die Bodenklasse 6 bis 6-7 gestellt. Ein schwerer / kräftiger Hydraulikbagger wird bei günstiger Stellung der Klufflächen mittels 'Reißzahneinsatz' einen Großteil des Kalk-/Mergelkalksteins lösen können. Grundsätzlich sollte jedoch auch 'Meißeleinsatz' o.ä. zur Bodenlösung eingeplant werden.

Grundwasserverhältnisse auf Gründungsniveau: Die Kanalsohlen unterliegen vermutlich keiner GW-Beeinflussung, jedoch einer periodischen Feuchte- bis Nässebeeinflussung (Gemisch aus Stau-, Schicht- und ggf. Hangwasser).

Eine Beeinflussung durch Grundwasser wird beim derzeitigen Kenntnisstand nicht erwartet, kann jedoch periodisch nicht gänzlich ausgeschlossen werden (fehlende Langzeitdaten von vor Ort).

Auftriebsicherungen sind aufgrund der Stauwasserbeeinflussung notwendig.

Verbau / Böschungen: Alternativ zur Anlage von Böschungen (ausschließlich in Bereichen ohne Bestandsgefährdung; Böschungswinkel s.o.) besteht auch die Möglichkeit eines Verbaus der Böden mit herkömmlichen 'Grabenverbauplatten'.

Stehen an der Baugrubenwand wassergesättigte Schichten an, so ist die Standsicherheit der Baugrubenwände jedoch nicht gewährleistet und diese Einheiten dürfen aus diesem Grunde folglich nicht geböscht werden.

Wasserhaltung: Die periodisch zu erwartende Untergrundnässe ist aller Wahrscheinlichkeit nach über eine 'offene Wasserhaltung' mit Anlage eines oder mehrerer Pumpensümpfe abzuleiten. U.U. wird bei ungünstigen Witterungsverhältnissen die Anlage von sog. 'Fangegräben' im hangseitigen Trassen-Nahbereich notwendig, da die hangenden Böden zeitweise Stauwasser in den Kanalgraben einleiten können (Unterbindung Schicht- / ggf. Hangwasserzutritt).

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

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

Ergänzend empfiehlt die ATV/DVWK-A 139 zwecks Vermeidung von Setzungen und Rohrschäden, dass die Bettungsschicht in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser grundsätzlich auf $a = 100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$ (DN in mm) erhöht wird.

In Abhängigkeit vom konkreten DN-Maß erhöht sich somit die Bettungsschichthöhe. **Der AN empfiehlt einen homogenen Güteschotter-Unterbau der Stärke von $d = 0,15$ m.** Bei Rohrdurchmessern von DN 200-600 ist eine Bettung aus verdichtungsfähigem Material mit einem Größtkorn von < 40 mm herzustellen (z.B. 0/32 mm Güteschotter bei Betonrohren bzw. 0/8 bei STZ/PVC), welches ordnungsgemäß verdichtet werden muss (Verdichtungsgrad: > 97 % Proctordichte). Sowohl die Bettungsschicht als auch die u.U. notwendig werdende Stabilisierungsschicht müssen im Druckausbreitungswinkel des Kanals / Bauteils eingebracht werden (Mineralgemisch 45°). Sollten entgegen der Bohrerergebnisse bindige Böden auf Sohlniveau vorliegen, so sind Aufweichungen nach Aushub aufzunehmen und gegen Schotter auszutauschen.

Je nach konkreter Konsistenz der bindigen Böden auf Aushubniveau wird ergänzend der Einbau einer Stabilisierungsschicht notwendig (z.B. 0/32 mm Güteschotter, Stärkenfestlegung bei Abnahme).

Organische Böden sowie Restmächtigkeiten an geringmächtigen Schluff-/Tonlagen sollten entfernt und durch Schotter ersetzt werden. Vorliegende Kiese sollten nachverdichtet werden. Der Sohlbereich sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden.

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

Unter Beachtung des vermutlich oberhalb der Kanaltrasse verlaufenden Verkehrsweges wird zur Vermeidung von späteren Setzungsdifferenzen empfohlen, den Kanalgraben mit nichtbindigem, wasserwirtschaftlich unbedenklichem, raumbeständigem und verdichtungsfähigem Material zu verfüllen (Verdichtbarkeitsklasse V 1). Bindige Böden sowie Kiese und Sande mit deutlichem bindigen Anteil sind ebenso wie Böden mit Stein- und Blockanteil ungeeignet.

Das Einbaumaterial ist in Lagenstärken von max. 30 cm einzubringen und mittels adäquater Verdichtungsgeräte zu verdichten. Bei der Verdichtung der Füllmaterialien sind gemäß ZTVE-StB 17 Proctordichten zwischen 97 und 98 % (bis 1 m unter Planum) und 100 % der einfachen Proctordichte (< 1 m unter Planum) einzuhalten.

Alternativ kann der Verwitterungskies (Aushubmaterial) bei einem geringen bindigen Anteil (< 15 %) und steinfrei in Mischung mit einem Schotter (Verhältnis Schotter-Verwitterungsschutt = 1:2) in Lagen von max. 30 cm eingebaut werden. Stärker bindige Kiese sowie Steine / Blöcke dürfen nicht eingebaut werden.

Bei Unklarheiten hinsichtlich der Wiedereinbaueignung sollte der Bodengutachter hinzugezogen werden. Als oberste Lage muss HKS-Schotter verwendet werden. Organische Böden, bindige Böden, steinige Böden sowie Auffüllungen dürfen nicht wieder eingebaut werden.

Bodenpressung: Es sollte auf dem Gründungsniveau eine charakteristische Beanspruchung des Baugrundes von $\sigma_{E,k} = 250 \text{ kN/m}^2$ in diesem Bereich nicht überschritten werden, um Setzungsunterschiede auf den Kanalstrecken zu vermeiden.

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

6.3 Straßenbau (Stellflächen / Wege)

Planung: Es soll eine Wohnstraße innerhalb des Baugebietes errichtet werden. Diesbezüglich liegen dem AN keine Details vor.

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

Einstufung Belastungsklasse (Annahme): Angaben zu den Belastungsklassen liegen nicht vor. Nach der RStO 12 (*‘Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen’*, Ausgabe 2012) ist die zu errichtende Straße vermutlich folgender Verkehrs- / Straßenart zugehörig:

- Wohnstraße (Baugebiet): *‘Wohnweg / Wohnstraße (unterer Bereich)’ (Bk0,3)*
Sollten die vorgenannten (angenommenen) Einstufungen nicht zutreffen, so wird um Benachrichtigung zwecks Anpassung gebeten.

Bodenverhältnisse: Das Erdplanum führt nach Abzug der ‘Mutterböden’ weitgehend einen Verwitterungslehm (Bodengruppe: UL-UM-TL-TM-TA) bzw. einen deutlich verlehnten Verwitterungskies (Bodengruppe: GU*-GU).

Es handelt sich überwiegend um Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 (*‘sehr frostempfindlich’*).

Nach der ZTVE-StB sind Frostschutzmaßnahmen erforderlich.

Mehr- und Minderdicken: Frosteinwirkungszone II nach RStO 12 (Mehrdicke 5 cm). Aufgrund der angenommenen Entwässerung der Fahrbahnen über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen ist nach RStO 12 eine Minderdicke von 5 cm anzusetzen. Sollte eine Entwässerung der Fahrbahn über Mulden, Gräben oder Böschungen

erfolgen, so kommt g.g. Minderdicke nicht zum Tragen. Da Stauwasser periodisch höher als 1,5 m unter Planum vorliegt / vorliegen kann, ergibt sich gem. RStO 12 eine Mehrdicke von 5 cm.

Dicke des frostsicheren Straßenaufbaus: Die Dicke des frostsicheren Oberbaus ist der Tabelle 13 zu entnehmen. Es wird darauf hingewiesen, dass es sich ausschließlich um die Mindestdicken der Frostsicherheit und nicht um die Stärken zur Erzielung der u.g. Verformungsmodule handelt.

Bereich	Pkw-Stell- / Bewegungsflächen
Einstufungen	F3-Böden, Bk0,3
Mindestdicke nach RStO 12	50 cm
Mehrdicke nach RStO 12	+5 cm (Frosteinwirkungszone II)
	+5 cm (Stauwasser period. höher als 1,5 m unter Planum)
Minderdicke nach RStO 12	-5 cm (Entwässerung)
Gesamtdicke des frostsicheren Aufbaus nach RStO 12	55 cm (Bk0,3)

Tabelle 13: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus

Hinweise zur Errichtung: Der Oberbau-Aufbau der Verkehrsflächen sollte nach der *‘Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen’* (RStO 12) erfolgen. Zunächst muss der Oberboden vollständig abgezogen werden. Sollten auf Planum organische und aufgeweichte Böden angetroffen werden, so sind diese vollständig zu entfernen (Abzug mit *‘Schneidbestückung’*). Potenzielle Massendefizite sind lagenweise mit Güteschotter aufzubauen und ordnungsgemäß zu verdichten. Kiese sollten nachverdichtet werden. Schluffe dürfen nicht nachverdichtet werden.

Frostschutzmaterial: Das Material der Frostschutzschicht muss aus gütegeprüftem Schotter-Tragschichtmaterial bestehen (z.B. 0/45 mm HKS, Anforderungen s.o.). Die Verdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 103 \%$ erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel zu achten (45°). Die Einbaustärke einzelner Lagen sollte 30 cm nicht überschreiten.

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

Die RStO 12 setzt auf dem Erdplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ voraus. Dieser Verformungsmodul kann vermutlich weitgehend auf den weichen bis steifen Verwitterungslehmen sowie bereichsweise auf den verlehnten Kiesen nicht erzielt werden, so dass stellenweise Untergrundverbesserungen zur Erzielung des o.g. Verformungsmoduls auf Erdplanumniveau notwendig werden.

Dort ergibt sich vor Auftrag der RStO-Schichtmächtigkeiten die Notwendigkeit einer Untergrundverbesserung in einer Stärke von ca. 20-25 cm.

Bei bindigen Böden ist die Stärke der Untergrundverbesserung abhängig von der jeweils aktuellen Konsistenz.

Daher sollte für die bindigen Böden vorab ein Probefeld zwecks Spezifizierung der Stärke der Untergrundverbesserung angelegt werden.

Nach der RStO darf die Untergrundverbesserung nicht auf die Dicke des frostsicheren Aufbaus angerechnet werden. Auf die bindigen Böden sollte zusätzlich ein Geotextil (Güte: GRK 3) vor Auftrag des Oberbaus aufgelegt werden.

Verformungsmodul auf Schotterplanum:

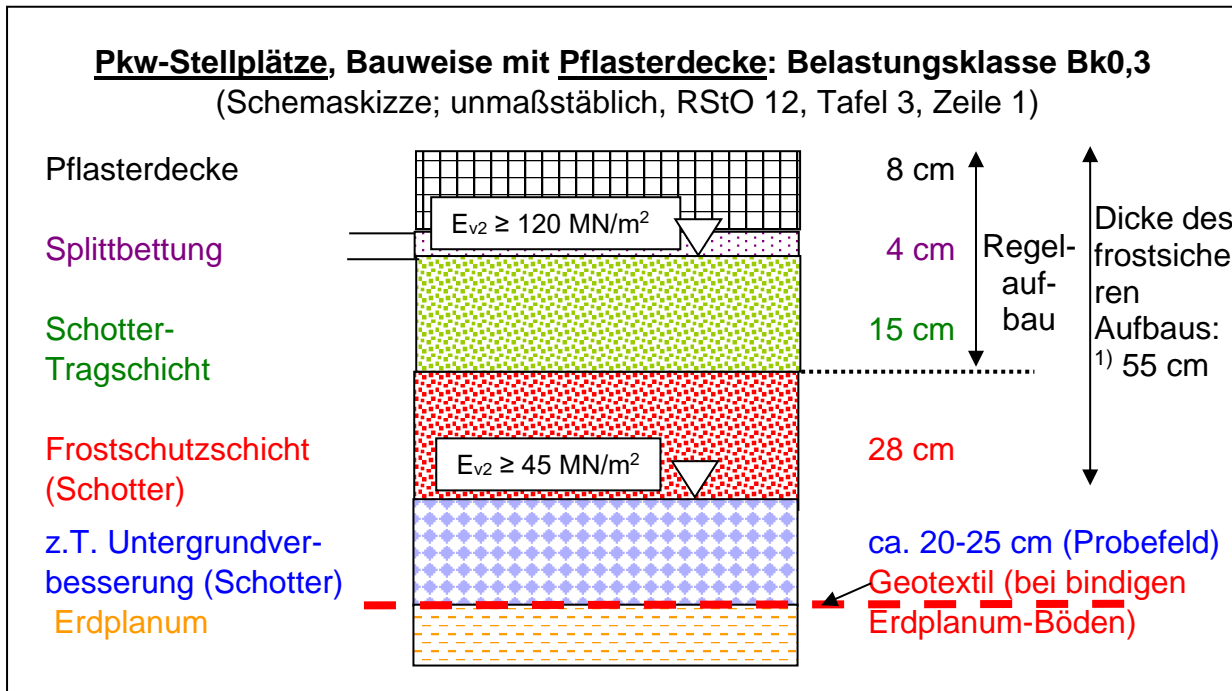
- Schwarzdecke: Auf OK Frostschutzschicht wird nach der RStO 12 ein Verformungsmodul von mindestens $E_{v2} = 100 \text{ MPa}$ (Belastungsklasse Bk0,3, Schwarzdecke) gefordert (Annahme: Errichtung in Schwarzdecke nach Tafel 1, Zeile 1 RStO 12).
- Pflasterdecke: Bei einer Errichtung als Pflasterdecke nach Tafel 3, Zeile 1 RStO 12 wird ein Verformungsmodul von mindestens $E_{v2} = 120 \text{ MPa}$ notwendig (Belastungsklasse Bk0,3).

Die Verformungsmodul-Forderung der RStO 12 sollte mittels statischen Lastplattendruckversuchen (gem. DIN 18 134) flächendeckend auf dem Schotterplanum nachgewiesen werden.

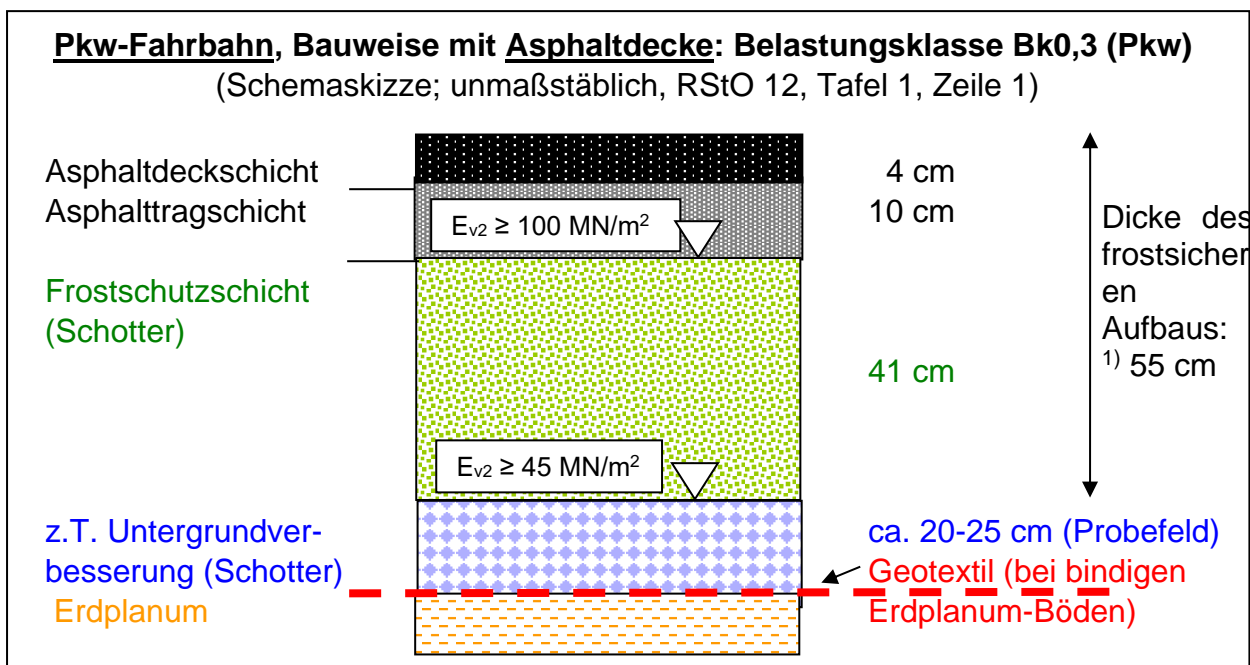
Bauweise Bewegungs-/Stellflächen: Die Pkw-Fahrflächen sollten vollversiegelt werden. Angeraten wird eine Schwarzdecke. Alternativ kann im Bereich der Pkw-Stellplätze ein Pflaster eingebaut werden.

Ausführung des Oberbaus: Nachfolgend sind mögliche Aufbaue nach RStO 12 für den Fahrbahnbereich unmaßstäblich skizziert.

Eine Schemaskizze betrifft die Bauweise mit Asphaltdecke für die Bk0,3 (Pkw-Stell- / Bewegungsflächen) und eine weitere Schemaskizze die Bauweise mit Pflasterdecken für die Pkw-Stellplätze (RStO 12, Tafel 3, Zeile 1).



1) bei 'Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen'



1) bei 'Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen'

7. Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:500)
- Anlage 2.1: Schichtendarstellung / Rammdiagramme
- Anlage 3.1: Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)
- Anlage 4.1: Wassergehaltsbestimmungen
- Anlage 5.1: Bestimmung der Zustandsgrenzen
- Anlage 6.1: Versickerungsversuche im Gelände (Schurfversickerung)
- Anlage 7.1: Setzungsberechnungen Streifenfundamente (Nichtunterkellerung)
- Anlage 8.1: Fotodokumentation
- Anlage 9.1: Chemische Analysenergebnisse (Laborprotokolle)



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

Kleegräfe
- Geotechnik GmbH -



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



Verteiler: Gemeinde Borchten / FB Tiefbau,
Unter der Burg 1, 33178 Borchten

pdf

Projekt: Gemeinde Borchten, OT Dörenhagen Baugebiet 'Im Kirchenfelde'
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -
- hydrogeologische Untersuchung des Versickerungspotenzials -

ANLAGE 1.1

Lageplan (1:500)

Borchen

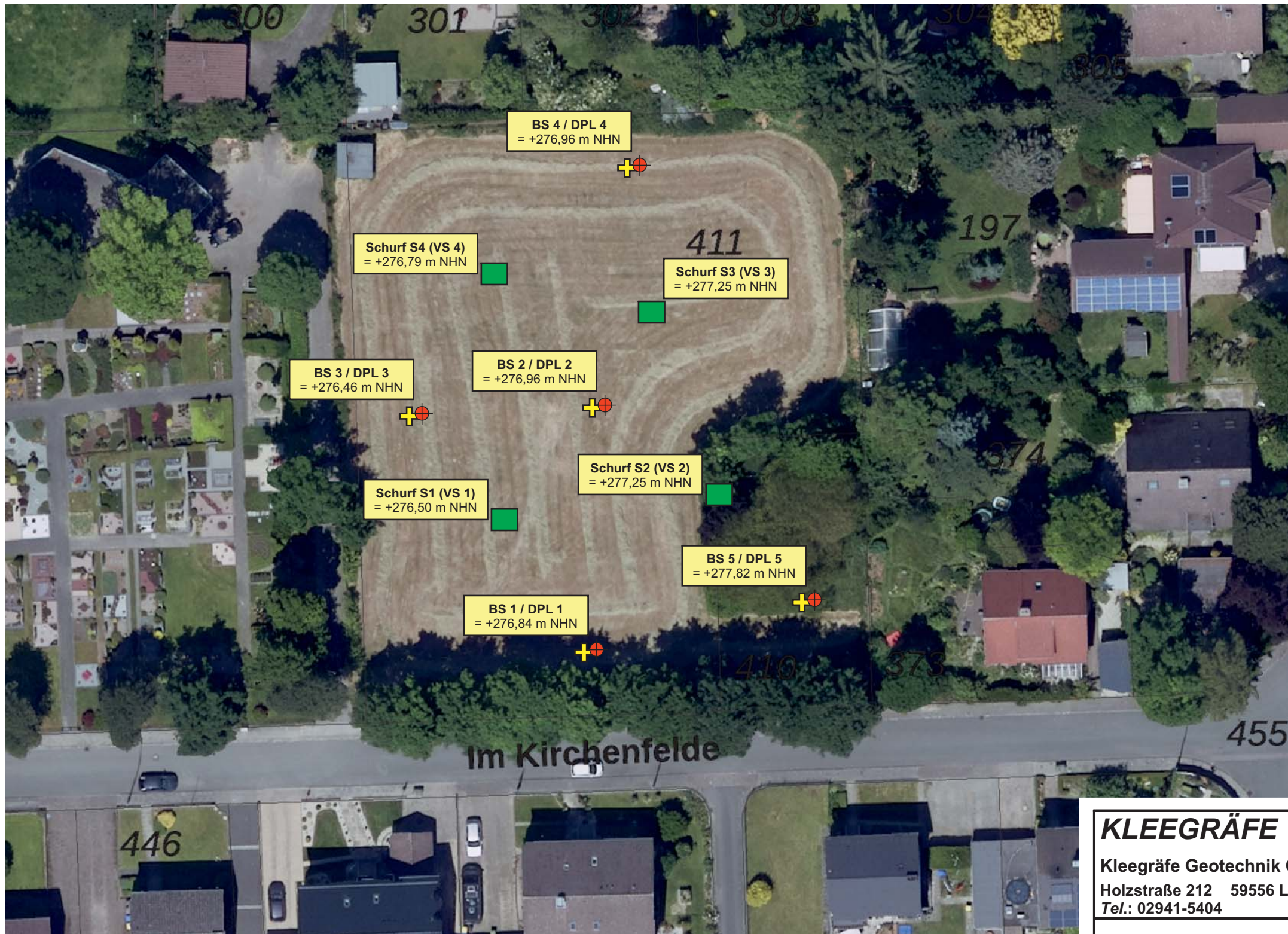


Maßstab
1 : 500
5,0 m



Zeichenerklärung:

-  **RKS** Kleinbohrung gemäß DIN 4021
-  **DPL** Rammsondierung gemäß DIN 4094
-  **Versickerungsversuch**



KLEEGRÄFE

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

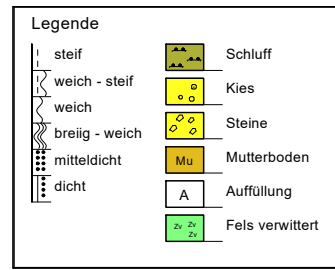
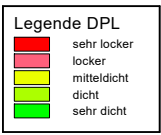
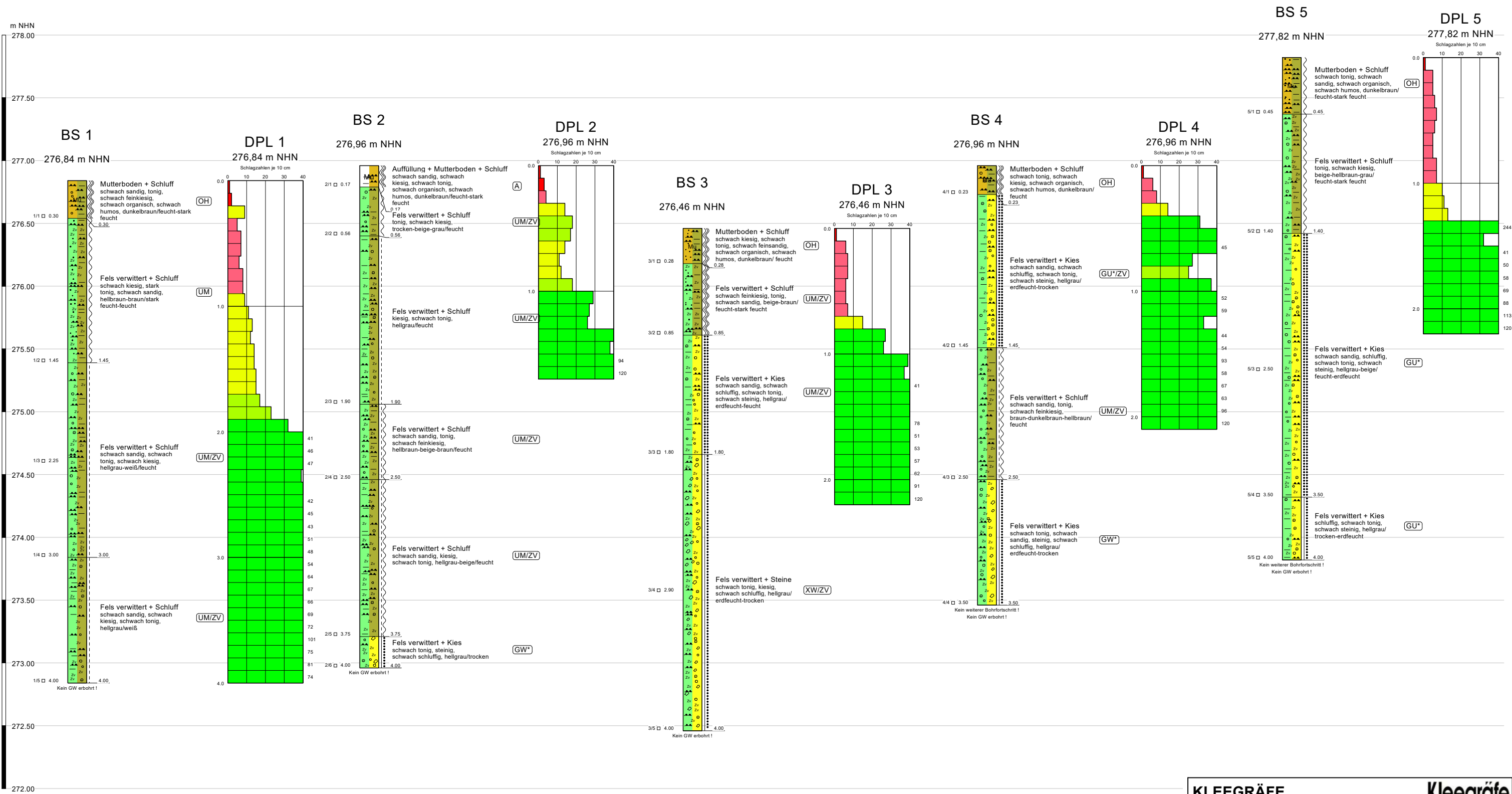


Lageplan

Maßnahme: Baugebiet „Im Kirchenfelde“ 33178 Borchen - Dörenhagen	Bearb.-Nr. 230445
	A3
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -	Anlage: 1
Auftraggeber: Gemeinde Borchen Unter der Burg 1 33178 Borchen	Blatt: 1
	August 2023
	Klee/Fla M. 1 : 500

ANLAGE 2.1

Schichtendarstellung / Rammdiagramme



KLEEGRÄFE Kleegräfe Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582		
Schichtendarstellung		
Maßnahme:	Baugebiet "Im Kirchfelde" in Borchon	Bearb.-Nr.: 230445
		Anlage 2.1
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -		
Bauherren:	Gemeinde Borchon Unter der Burg 1 33178 Borchon	Geologe: Herr Schulte
		Datum: 26.05.2023

A N L A G E 3.1

Korngrößenanalysen
(Kornsummenkurven)

Körnungslinie

Baugebiet "Im Kirchfelde"

in Borchen - Dörenhagen

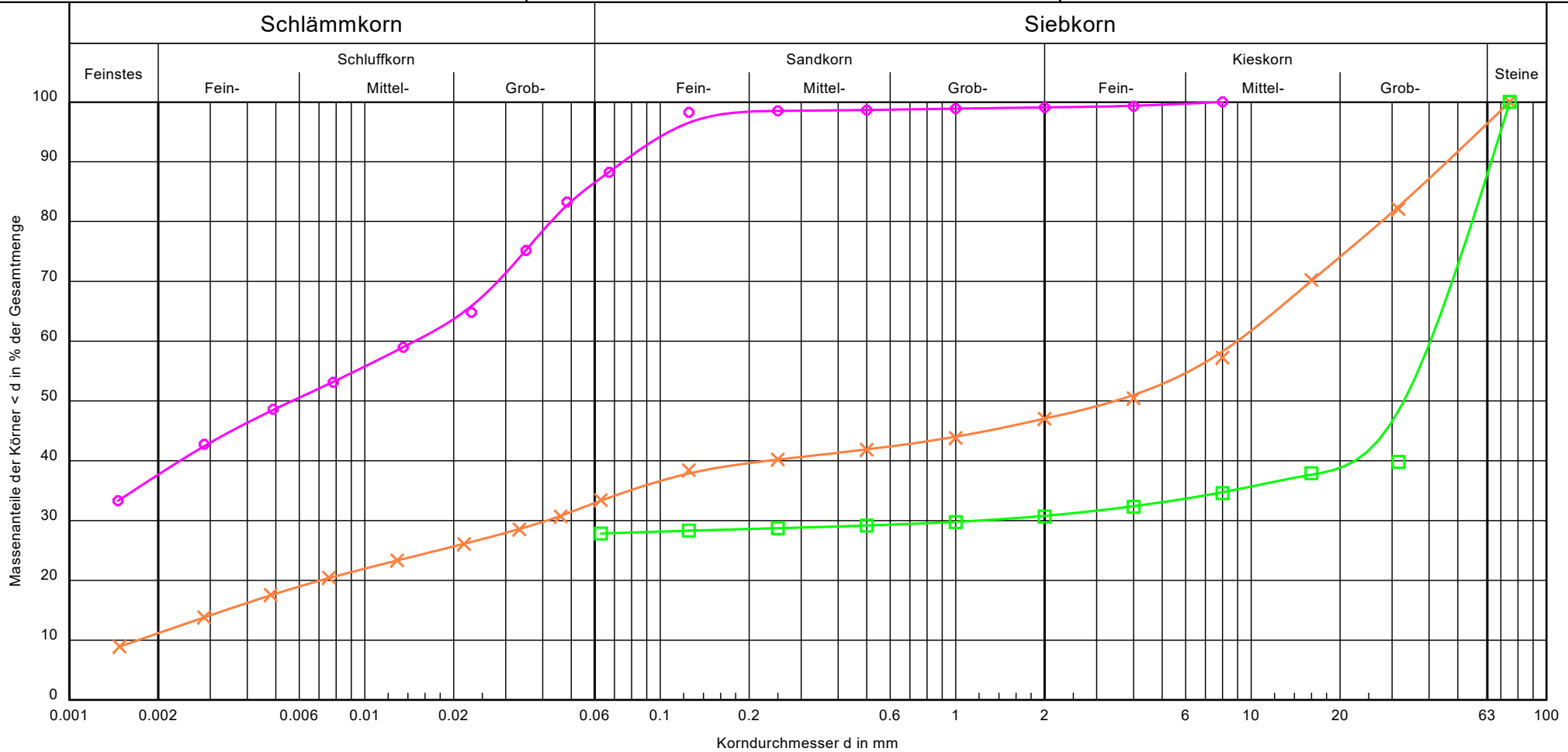
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Prüfungsnummern: Proben 1/2, 3/4, 4/2

Proben entnommen am: 26.05.2023

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analyse



Bezeichnung:	Probe 1/2	Probe 3/4	Probe 4/2	Bericht: 230445 Anlage: 3.1
Bodenart:	U, İ, fs'	G, u, t', fs'	gG, u, x', mg'	
Tiefe:	0,30 - 1,45 m	1,80 - 2,90 m	0,23 - 1,45 m	
T/U/S/G [%]:	37.7/49.6/11.8/0.9	11.2/22.2/13.7/49.3	- /27.8/3.0/57.1	
kf-Wert:	<6,0 x 10 ⁻⁹ m/s (M&P)	~4,1 x 10 ⁻⁸ m/s (M&P)	<1,0 x 10 ⁻⁶ m/s (Beyer)	
Cu/Cc:	-/-	5251.2/0.1	-/-	
d10 [mm]:	-	0.0017	-	
d20 [mm]:	-	0.0071	-	

Körnungslinie

Baugebiet "Im Kirchfelde"

in Borchen - Dörenhagen
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Wulff

Datum: 18.08.2023

Prüfungsnummern: Proben 1/2, 3/4, 4/2

Proben entnommen am: 26.05.2023

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analyse

Bezeichnung: Probe 1/2
 Bodenart: U, \bar{t} , fs'
 Tiefe: 0,30 - 1,45 m
 T/U/S/G [%]: 37.7 / 49.6 / 11.8 / 0.9
 kf-Wert: $<6,0 \times 10^{-9}$ m/s (M&P)
 Cu/Cc: -/-
 d10 [mm]: -
 d20 [mm]: -
 d10/d30/d60 [mm]: - / - / 0.015
 Siebanalyse:
 Trockenmasse [g]: 35.68
 Schlämmanalyse:
 Trockenmasse [g]: 35.06
 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 [%]
8.0	0.00	0.00	100.00
4.0	0.26	0.73	99.27
2.0	0.07	0.20	99.08
1.0	0.07	0.20	98.88
0.5	0.09	0.25	98.63
0.25	0.04	0.11	98.51
0.125	0.09	0.25	98.26
Schale	35.06	98.26	-
Summe	35.68		
Siebverlust	0.00		

Schlamm-analyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R' _h [-]	R' _h + R ₀ R ₀ =C _m +R' ₀ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H _r [mm]	η [-]	Durchgang [%]
0	0.5	18.40	19.60	0.0672	21.0	124.09	0.98136	88.23
0	1	17.30	18.50	0.0484	21.0	128.49	0.98136	83.27
0	2	15.50	16.70	0.0351	21.0	135.69	0.98136	75.17
0	5	13.20	14.40	0.0230	21.0	144.89	0.98136	64.82
0	15	11.90	13.10	0.0135	21.0	150.09	0.98136	58.97
0	46	10.60	11.80	0.0078	21.2	155.29	0.97665	53.12
2	0	9.60	10.80	0.0049	21.3	159.29	0.97432	48.61
6	0	8.30	9.50	0.0029	21.6	164.49	0.96735	42.76
24	0	6.20	7.40	0.0015	22.0	172.89	0.95818	33.31

Körnungslinie

Baugebiet "Im Kirchfelde"

in Borchen - Dörenhagen
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Wulff

Datum: 18.08.2023

Prüfungsnummern: Proben 1/2, 3/4, 4/2

Proben entnommen am: 26.05.2023

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analyse

Bezeichnung: Probe 3/4
 Bodenart: G, u, t', fs'
 Tiefe: 1,80 - 2,90 m
 T/U/S/G [%]: 11.2 / 22.2 / 13.7 / 49.3
 kf-Wert: ~4,1 x 10⁻⁸ m/s (M&P)
 Cu/Cc: 5251.2/0.1
 d10 [mm]: 0.0017
 d20 [mm]: 0.0071
 d10/d30/d60 [mm]: 0.002 / 0.041 / 8.968
 Siebanalyse:
 Trockenmasse [g]: 111.65
 Schlämmanalyse:
 Trockenmasse [g]: 42.80
 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 [%]
75.0	0.00	0.00	100.00
31.5	20.00	17.91	82.09
16.0	13.24	11.86	70.23
8.0	14.48	12.97	57.26
4.0	7.62	6.82	50.43
2.0	3.82	3.42	47.01
1.0	3.56	3.19	43.82
0.5	2.20	1.97	41.85
0.25	1.82	1.63	40.22
0.125	2.02	1.81	38.41
Schale	42.89	38.41	-
Summe	111.65		
Siebverlust	0.00		

Schlammmanalyse

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	1	20.10	21.30	0.0460	21.3	117.29	0.97432	30.70
0	2	18.60	19.80	0.0334	21.3	123.29	0.97432	28.54
0	5	16.90	18.10	0.0217	21.3	130.09	0.97432	26.09
0	15	15.00	16.20	0.0129	21.3	137.69	0.97432	23.35
0	46	13.00	14.20	0.0076	21.3	145.69	0.97432	20.47
2	0	11.00	12.20	0.0048	21.4	153.69	0.97198	17.59
6	0	8.40	9.60	0.0029	21.6	164.09	0.96735	13.84
24	0	5.00	6.20	0.0015	22.0	177.69	0.95818	8.94

Körnungslinie

Baugebiet "Im Kirchfelde"

in Borchen - Dörenhagen
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Wulff

Datum: 18.08.2023

Prüfungsnummern: Proben 1/2, 3/4, 4/2

Proben entnommen am: 26.05.2023

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Sieb-/Sieb-Schlamm-Analyse

Bezeichnung: Probe 4/2

Bodenart: gG, u, x', mg'

Tiefe: 0,23 - 1,45 m

T/U/S/G [%]: - / 27.8 / 3.0 / 57.1

kf-Wert: $<1,0 \times 10^{-6}$ m/s (Beyer)

Cu/Cc: -/-

d10 [mm]: -

d20 [mm]: -

d10/d30/d60 [mm]: - / 1.187 / 40.397

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 361.12

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
75.0	0.00	0.00	100.00
31.5	217.37	60.19	39.81
16.0	6.80	1.88	37.92
8.0	12.09	3.35	34.58
4.0	8.18	2.27	32.31
2.0	5.89	1.63	30.68
1.0	3.39	0.94	29.74
0.5	2.11	0.58	29.16
0.25	1.57	0.43	28.72
0.125	1.42	0.39	28.33
0.063	1.78	0.49	27.84
Schale	100.52	27.84	-
Summe	361.12		
Siebverlust	0.00		

ANLAGE 4.1

Wassergehaltsbestimmungen

Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstraße 212
59556 Lippstadt

Bericht: 230445

Anlage: 4.1

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Baugebiet "Im Kirchfelde"

in Borchen - Dörenhagen

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Bearbeiter: Frau Wulff

Datum: 18.08.2023

Prüfungsnummern: Probe 1/2, 3/4, 4/2

Entnahmestellen: BS 1, BS 3, BS 4

Tiefe: 0,30 - 2,90 m (min-max)

Art der Entnahme: gestörte Proben

Proben entnommen am: 26.05.2023

Probenbezeichnung:	Probe 1/2	Probe 3/4	Probe 4/2			
Feuchte Probe + Behälter [g]:	228.49	378.96	403.71			
Trockene Probe + Behälter [g]:	220.37	365.06	370.77			
Behälter [g]:	190.54	209.74	9.65			
Porenwasser [g]:	8.12	13.90	32.94			
Trockene Probe [g]:	29.83	155.32	361.12			
Wassergehalt [%]	27.22	8.95	9.12			

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

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

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

ANLAGE 5.1

Zustandsgrenzenbestimmung

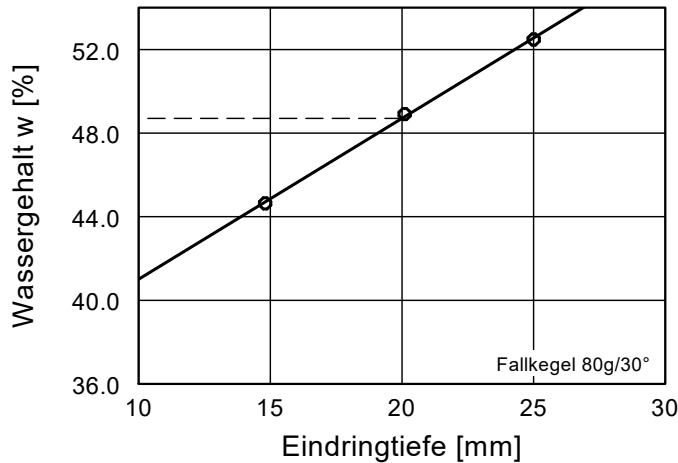
Zustandsgrenzen

Baugebiet "Im Kirchfelde"
 in Borchon - Dörenhagen
 - Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

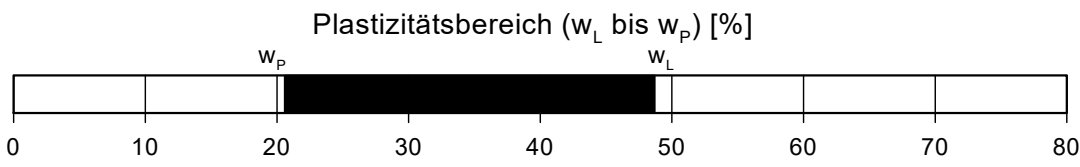
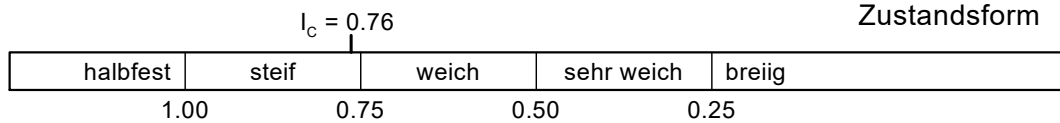
Bearbeiter: Frau Wulff

Datum: 18.08.2023

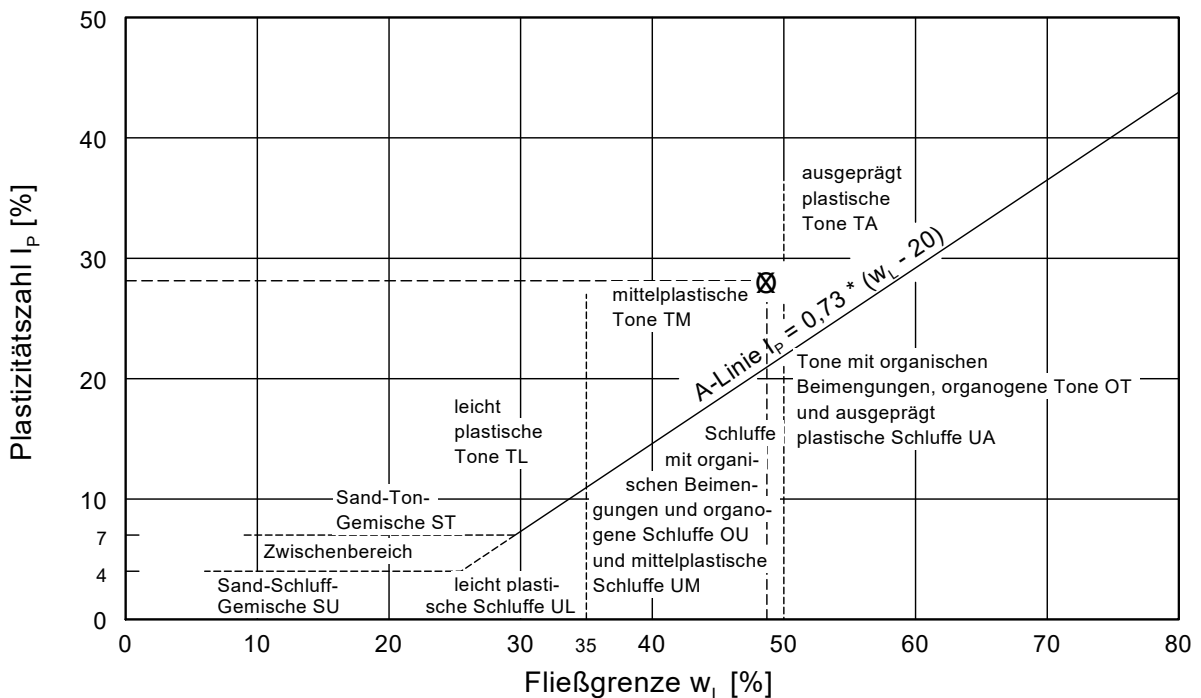
Prüfungsnummer: Probe 1/2
 Entnahmestelle: BS 1
 Tiefe: 0,30 - 1,45 m
 Art der Entnahme: gestörte Probe
 Bodenart: -
 Probe entnommen am: 26.05.2023



Wassergehalt $w =$	27.2 %
Fließgrenze $w_L =$	48.7 %
Ausrollgrenze $w_P =$	20.6 %
Plastizitätszahl $I_P =$	28.1 %
Konsistenzzahl $I_C =$	0.76



Plastizitätsdiagramm



ANLAGE 6.1

Versickerungsversuche im Gelände
(Absinkversuche)

Versickerungsversuche im Gelände (Absinkversuch)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

<u>Maßnahme:</u>	Erschließung eines Baugebietes
<u>Ort:</u>	BG "Im Kirchenfelde" in Borchen-Dörenhagen
<u>Datum:</u>	12.07.2023

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	Ø _R m	h ₁ m	h ₂ m	Δh m	Δt sek.	Q m ³ /s	k _f m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Gültigkeitsbereich und Versickerungs-Medium)
S1	1	1,344	0,320	0,307	0,013	5400	3,41E-06	2,95E-06	

Erläuterung

h₁ - Wasserstandshöhe zum Zeitpunkt t₁ [m]
h₂ - Wasserstandshöhe zum Zeitpunkt t₂ [m]
Δh - Wasserstands Differenz innerhalb des Zeitintervalls Δt [m]
t₁ - Beginn des Absinkversuches [sekunde]
t₂ - Ende des Absinkversuches [sekunde]
Δt - Zeitintervall [sekunden]
R - Länge der Verrohrung [m]
r - Brunnenradius [m]
Ø_R - Rohr(innen)durchmesser (2*r) [m]
Q - Wasserzugabe/Infiltrationsrate in m³/s
k_f - Durchlässigkeitsbeiwert, m/s

Durchlässigkeitsbewertung 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'

Versickerungsversuche im Gelände (Absinkversuch)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

<u>Maßnahme:</u>	Erschließung eines Baugebietes
<u>Ort:</u>	BG "Im Kirchenfelde" in Borchen-Dörenhagen
<u>Datum:</u>	12.07.2023

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	Ø _R m	h ₁ m	h ₂ m	Δh m	Δt sek.	Q m ³ /s	k _f m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Gültigkeitsbereich und Versickerungs-Medium)
S2	1	1,180	0,290	0,263	0,027	1800	1,64E-05	1,83E-05	

Erläuterung
 h₁ - Wasserstandshöhe zum Zeitpunkt t₁ [m]
 h₂ - Wasserstandshöhe zum Zeitpunkt t₂ [m]
 Δh - Wasserstandsdifferenz innerhalb des Zeitintervalls Δt [m]
 t₁ - Beginn des Absinkversuches [sekunde]
 t₂ - Ende des Absinkversuches [sekunde]
 Δt - Zeitintervall [sekunden]
 R - Länge der Verrohrung [m]
 r - Brunnenradius [m]
 Ø_R - Rohr(innen)durchmesser (2*r) [m]
 Q - Wasserzugabe/Infiltrationsrate in m³/s
 k_f - Durchlässigkeitsbeiwert, m/s

Durchlässigkeitsbewertung 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'

Versickerungsversuche im Gelände (Absinkversuch)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

<u>Maßnahme:</u>	Erschließung eines Baugebietes
<u>Ort:</u>	BG "Im Kirchenfelde" in Borchen-Dörenhagen
<u>Datum:</u>	12.07.2023

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	Ø _R m	h ₁ m	h ₂ m	Δh m	Δt sek.	Q m ³ /s	k _f m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Gültigkeitsbereich und Versickerungs-Medium)
S3	1	1,492	0,148	0,089	0,059	1800	5,73E-05	1,18E-04	

Erläuterung
 h₁ - Wasserstandshöhe zum Zeitpunkt t₁ [m]
 h₂ - Wasserstandshöhe zum Zeitpunkt t₂ [m]
 Δh - Wasserstands Differenz innerhalb des Zeitintervalls Δt [m]
 t₁ - Beginn des Absinkversuches [sekunde]
 t₂ - Ende des Absinkversuches [sekunde]
 Δt - Zeitintervall [sekunden]
 R - Länge der Verrohrung [m]
 r - Brunnenradius [m]
 Ø_R - Rohr(innen)durchmesser (2*r) [m]
 Q - Wasserzugabe/Infiltrationsrate in m³/s
 k_f - Durchlässigkeitsbeiwert, m/s

Durchlässigkeitsbewertung 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'

Versickerungsversuche im Gelände (Absinkversuch)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

<u>Maßnahme:</u>	Erschließung eines Baugebietes
<u>Ort:</u>	BG "Im Kirchenfelde" in Borchen-Dörenhagen
<u>Datum:</u>	12.07.2023

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	Ø _R m	h ₁ m	h ₂ m	Δh m	Δt sek.	Q m ³ /s	k _f m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Gültigkeitsbereich und Versickerungs-Medium)
S4	1	1,250	0,180	0,152	0,028	1800	1,91E-05	3,35E-05	






Erläuterung
 h₁ - Wasserstandshöhe zum Zeitpunkt t₁ [m]
 h₂ - Wasserstandshöhe zum Zeitpunkt t₂ [m]
 Δh - Wasserstands Differenz innerhalb des Zeitintervalls Δt [m]
 t₁ - Beginn des Absinkversuches [sekunde]
 t₂ - Ende des Absinkversuches [sekunde]
 Δt - Zeitintervall [sekunden]
 R - Länge der Verrohrung [m]
 r - Brunnenradius [m]
 Ø_R - Rohr(innen)durchmesser (2*r) [m]
 Q - Wasserzugabe/Infiltrationsrate in m³/s
 k_f - Durchlässigkeitsbeiwert, m/s

Durchlässigkeitsbewertung 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 7.1

Setzungsberechnungen Streifenfundamente
(Nichtunterkellerung)

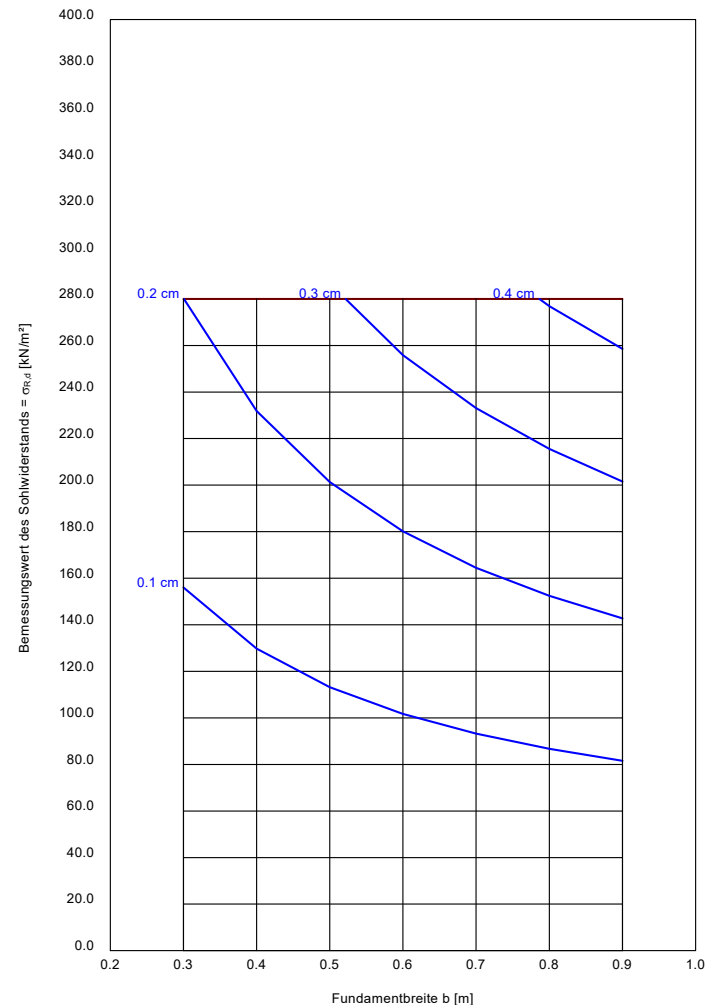
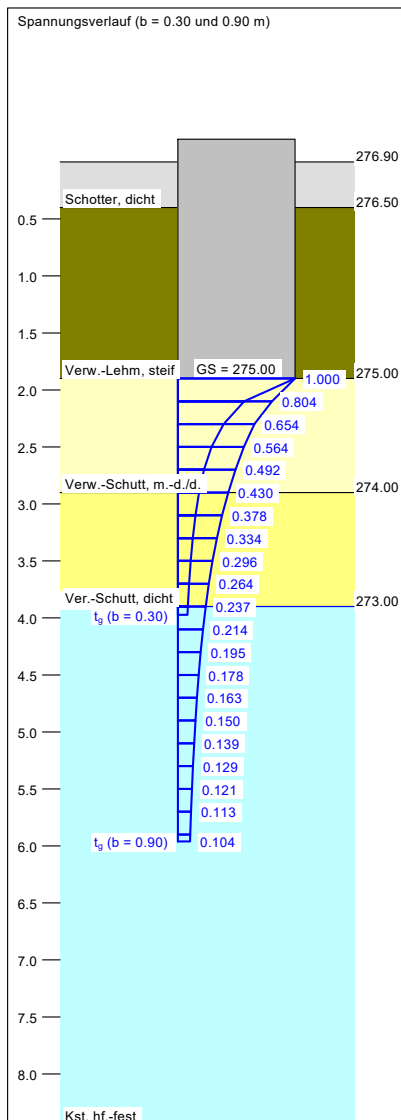
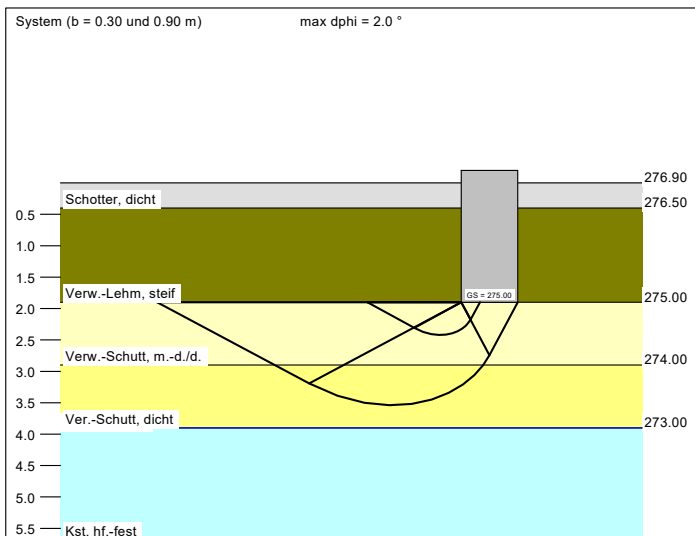
Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	22.0	14.0	37.5	0.0	80.0	0.00	Schotter, dicht
	19.5	10.0	25.0	5.0	10.0	0.00	Verw.-Lehm, steif
	20.5	20.5	32.5	0.0	50.0	0.00	Verw.-Schutt, m.-d./d.
	21.0	13.0	35.0	2.0	60.0	0.00	Ver.-Schutt, dicht
	21.0	11.0	30.0	20.0	80.0	0.00	Kst, hf.-fest

Streifenfundamente Nichtunterkellerung

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH
59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn, Holzstraße 212
Tel.: 02941 - 5404 Fax: 02941 - 3582
Erschließung BP Im Kirchenfelde, Borchon-Dörenhagen
[Setzungsberechnung Streifenfundamente \(EFH NU\)](#)

Berechnungsgrundlagen:
BG Im Kirchenfelde
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 280.00 kN/m² begrenzt
Oberkante Gelände = 276.90 m
Gründungssohle = 275.00 m
Grundwasser = 273.00 m
Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	$\sigma_{\text{Ü}}$ [kN/m ²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m ²]
12.00	0.30	280.0	84.0	196.5	0.20	32.5	0.00	20.50	38.05	3.97	2.42	98.4
12.00	0.40	280.0	112.0	196.5	0.25	32.5	0.00	20.50	38.05	4.40	2.59	79.2
12.00	0.50	280.0	140.0	196.5	0.29	32.5	0.00	20.50	38.05	4.77	2.77	67.3
12.00	0.60	280.0	168.0	196.5	0.33	33.0	0.37	20.51	38.05	5.11	2.96	59.1
12.00	0.70	280.0	196.0	196.5	0.37	33.4	0.74	20.55	38.05	5.41	3.16	53.1
12.00	0.80	280.0	224.0	196.5	0.41	33.7	0.92	20.58	38.05	5.70	3.35	48.5
12.00	0.90	280.0	252.0	196.5	0.44	33.8	1.05	20.62	38.05	5.96	3.54	44.8

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

Beispielberechnung Bereich BS 1 (Tieferführung bis auf den Verwitterungsschutt)

ANLAGE 8.1

Fotodokumentation

Situation vom 26.05.23



Foto 1: Blickrichtung ~N; Übersichtsfoto

Situation vom 26.05.23



Foto 2: Blickrichtung ~N; Bereich der BS 1 (Markierung)

Situation vom 26.05.23



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

Situation vom 26.05.23



Foto 4: Blickrichtung ~N; Bereich der BS 3 (Markierung)

Situation vom 26.05.23



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

Situation vom 26.05.23



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

ANLAGE 9.1

Chemische Analysenergebnisse (Feststoffmischprobe)

Prüfbericht-Nr:	B2315585
Auftraggeber	Kleegräfe Geotechnik GmbH Holzstr. 212 59556 Lippstadt
Ansprechpartner	Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe
Telefon	02941 / 5404
E-Mail	info@kleegraefe.com
Eingangsdatum	25.07.2023
Probenehmer / -eingang	AG / Nightstar
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	25.07.2023 - 04.08.2023
Probe-Nr.	P202325397-1
Probenbezeichnung	MP Aushub
Herkunftsort	Borchen, Im Kirchenfelde BNR: 230445
Entnahmeort	Borchen, Im Kirchenfelde BNR: 230445
Untersuchungsauftrag	Deponieverordnung

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 38404-5: 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 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.horn-co.de/messunsicherheiten>

Die zu berücksichtigende Entscheidungsregel im Kontext der Messunsicherheit von Prüfergebnissen ist unter folgendem Link zu finden: <https://www.horn-co.de/horn-co-group/akkreditierung>

Der Prüfbericht darf nur mit Zustimmung der Horn & Co. Analytics GmbH auszugsweise vervielfältigt werden.

Horn & Co. Analytics GmbH

Labor Wenden

Offo-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 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: B2315585

Probe-Nr. P202325397-1

Probenbezeichnung MP Aushub

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden				Wen
Mineral. Fremdbest.	< 10	Vol-%	BBodSchV §2 Nr. 8	4*	Wen
Trockenrückstand (105°C)	66	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Feuchte (105°C)	34,0	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Trockenrückstand (bis 40°C)	84,4	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
Feuchte (40°C)	15,6	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
> 2,00 mm	91	%	DIN 66165-2	1*	Wen
< 2,00 mm	9	%	DIN 66165-2	1*	Wen
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja		DIN 19747	1*	Wen
TOC-400 (TS)	0,25	%	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	4,09	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Blei (TS)_EBV	16,8	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Cadmium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Chrom (TS)_EBV	19,4	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Kupfer (TS)_EBV	15,3	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Nickel (TS)_EBV	25,7	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	77,1	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja		DIN 19529	1*	Wen
pH-Wert (Eluat)	8,24		DIN 38404-5	1*	Wen
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	184	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen
Sulfat-IC (Eluat)	1,94	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	1,99	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen

Prüfbericht-Nr: B2315585

Probe-Nr. P202325397-1

Probenbezeichnung MP Aushub

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)	66	%				
Feuchte (105°C)	34,0	%				
Trockenrückstand (bis 40°C)	84,4	%				
Feuchte (40°C)	15,6	%				
> 2,00 mm	91	%				
< 2,00 mm	9	%				
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja					
TOC-400 (TS)	0,25	%	1	0,5	5	5
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	1	3	3
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg		300	300	300

Prüfbericht-Nr: B2315585

Probe-Nr. P202325397-1

Probenbezeichnung MP Aushub

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	4,09	mg/kg	20	20	40	40
Blei (TS)_EBV	16,8	mg/kg	70	140	140	140
Cadmium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	1	1	2	2
Chrom (TS)_EBV	19,4	mg/kg	60	120	120	120
Kupfer (TS)_EBV	15,3	mg/kg	40	80	80	80
Nickel (TS)_EBV	25,7	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	77,1	mg/kg	150	300	300	300
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja					
pH-Wert (Eluat)	8,24				6,5-9,5	6,5-9,5
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	184	µS/cm		350	350	500
Sulfat-IC (Eluat)	1,94	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	1,99	µg/L		20	30	30
Thallium (Eluat) ICP-MS	<0,2	µg/L		0,2		
Zink (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L		100	150	160
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L		0,0001		
Summe 15 PAK (ohne Naphthalin)(Eluat)	<0,1	µg/L		0,2	0,3	1,5
1-Methylnaphthalin (Eluat)	<0,01	µg/L				
2-Methylnaphthalin (Eluat)	<0,01	µg/L				
Naphthalin (Eluat)	<0,01	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 04.08.2023



Prüfbericht-Nr: **B2315585**
Probe-Nr. P202325397-1
Probenbezeichnung MP Aushub

i.A. Dorothea Egbun
Projektmanagement

Bemerkung MU Bei der Konformitätsbewertung wird die Messunsicherheit nicht berücksichtigt.

Prüfbericht-Nr:	B2315031
Auftraggeber	Kleegräfe Geotechnik GmbH Holzstr. 212 59556 Lippstadt
Ansprechpartner	Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe
Telefon	02941 / 5404
E-Mail	info@kleegraefe.com
Eingangsdatum	25.07.2023
Probenehmer / -eingang	AG / Nightstar
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	25.07.2023 - 28.07.2023
Probe-Nr.	P202325397
Probenbezeichnung	MP Aushub
Herkunftsort	Borchen, Im Kirchenfelde BNR: 230445
Entnahmeort	Borchen, Im Kirchenfelde BNR: 230445
Untersuchungsauftrag	Deponieverordnung

Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

DIN 19747: 2009-07	DIN 38404-5: 2009-07	DIN 38409-1: 1987-01
DIN 38414-17: 2017-01	DIN 38414-20: 1996-01	DIN EN 12457-4: 2003-01
DIN EN 13657 Verf. 1: 2003-01	DIN EN 14039: 2005-01	DIN EN 14346: 2007-03
DIN EN 1484: 2019-04	DIN EN 15169: 2007-05	DIN EN 15216: 2008-01
DIN EN 15308: 2016-12	DIN EN 15936: 2012-11	DIN EN 27888: 1993-11
DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	DIN EN ISO 11885: 2009-09	DIN EN ISO 12846: 2012-08
DIN EN ISO 14402: 1999-12	DIN EN ISO 14403: 2002-07	DIN EN ISO 14403-2: 2012-10
DIN EN ISO 17380: 2013-10	DIN EN ISO 22155: 2013-05	DIN EN ISO 22155: 2016-07
DIN ISO 18287: 2006-05	DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1: 2009-04	LAGA KW/04: 2019-09

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.horn-co.de/messunsicherheiten>

Die zu berücksichtigende Entscheidungsregel im Kontext der Messunsicherheit von Prüfergebnissen ist unter folgendem Link zu finden: <https://www.horn-co.de/horn-co-group/akkreditierung>

Der Prüfbericht darf nur mit Zustimmung der Horn & Co. Analytics GmbH auszugsweise vervielfältigt werden.

Horn & Co. Analytics GmbH

Labor Wenden

Offo-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 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: **B2315031**

Probe-Nr. P202325397

Probenbezeichnung MP Aushub

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden				Wen
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1kg		DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1	4*	Wen
Probenvorbereitung	s. Anhang		DIN 19747	1*	Wen
Feuchte (105°C)	34,0	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Trockenrückstand (105°C)	66,0	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Glühverlust (550°C)	0,46	%	DIN EN 15169	1*	Wen
Glührückstand (550°C)	99,5	%	DIN EN 15169	1*	Wen
TOC (TS)	0,12	%	DIN EN 15936	1*	Wen
Extrahierbare lipophile Stoffe (TS)	<0,01	%	LAGA KW/04	1*	Wen
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	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
Summe 6 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	DIN 38414-20	1*	Wen
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	DIN EN 15308	1*	Wen
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 17380	1*	Wen
Königswasseraufschluss (MiWe)	ja		DIN EN 13657 Verf. 1	1*	Wen
Arsen (TS)	4,92	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Blei (TS)	15,9	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Cadmium (TS)	0,31	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Chrom (TS)	24,4	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Kupfer (TS)	18,7	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Nickel (TS)	30,0	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)	126	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Elution mit dest. Wasser	ja		DIN EN 12457-4	1*	Wen
pH-Wert (Eluat)	7,78		DIN 38404-5	1*	Wen
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	98	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen
Wasserlöslicher Anteil	<0,050	%	DIN 38409-1	1*	Wen
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	49	mg/L	DIN EN 15216	1*	Wen
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 14402	1*	Wen
DOC (Eluat)	1,61	mg/L	DIN EN 1484	1*	Wen

Prüfbericht-Nr: B2315031

Probe-Nr. P202325397

Probenbezeichnung MP Aushub

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Chlorid-IC (Eluat)	0,23	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403-2	1*	Wen
Fluorid-IC (Eluat)	0,62	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen
Sulfat-IC (Eluat)	1,31	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	DIN EN ISO 12846	1*	Wen
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen

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

Bemerkung GW

Grenzwerteinstufung

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

Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden					
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1kg					
Probenvorbereitung	s. Anhang					
Feuchte (105°C)	34,0	%				
Trockenrückstand (105°C)	66,0	%				

Prüfbericht-Nr: B2315031

Probe-Nr. P202325397

Probenbezeichnung MP Aushub

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Glühverlust (550°C)	0,46	%			3	3
Glührückstand (550°C)	99,5	%				
TOC (TS)	0,12	%	0,5	1,5	1	1
Extrahierbare lipophile Stoffe (TS)	<0,01	%			0,1	0,4
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	3		
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	100	300		
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	100	600	500	
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	1	1		
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg			6	
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	1	1	2	
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg				
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	0,3	0,9		
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	3	9	30	
Summe 6 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	0,05	0,15		
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg			1	
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg		3		
Königswasseraufschluss (MiWe)	ja					
Arsen (TS)	4,92	mg/kg	15	45		
Blei (TS)	15,9	mg/kg	70	210		
Cadmium (TS)	0,31	mg/kg	1	3		
Chrom (TS)	24,4	mg/kg	60	180		
Kupfer (TS)	18,7	mg/kg	40	120		
Nickel (TS)	30,0	mg/kg	50	150		
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,5	1,5		
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	0,7	2,1		
Zink (TS)	126	mg/kg	150	450		
Elution mit dest. Wasser	ja					
pH-Wert (Eluat)	7,78		6,5-9,5	6,5-9,5	5,5-13	5,5-13
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	98	µS/cm	250	250		
Wasserlöslicher Anteil	<0,050	%			0,4	3
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	49	mg/L			400	3000
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,1	0,2
DOC (Eluat)	1,61	mg/L			50	50
Chlorid-IC (Eluat)	0,23	mg/L	30	30	80	1500
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,005	0,005		
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L			0,01	0,1
Fluorid-IC (Eluat)	0,62	mg/L			1	5
Sulfat-IC (Eluat)	1,31	mg/L	20	20	100	2000
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L			0,006	0,03
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	0,014	0,014	0,05	0,2

Prüfbericht-Nr: B2315031

Probe-Nr. P202325397

Probenbezeichnung MP Aushub

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L			2	5
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	0,04	0,04	0,05	0,2
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	0,0015	0,0015	0,004	0,05
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,0125	0,0125	0,05	0,3
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L			0,05	0,3
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,2	1
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	0,015	0,015	0,04	0,2
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	0,0005	0,0005	0,001	0,005
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L			0,01	0,03
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	0,15	0,15	0,4	2

Horn & Co. Analytics GmbH, Wenden 28.07.2023



i.A. Dorothea Egbun
Projektmanagement

Bemerkung MU Bei der Konformitätsbewertung wird die Messunsicherheit nicht berücksichtigt.