

GEOTECHNISCHER BERICHT

Projekt: Gewerbegebiet Nr. 10 auf der Haide und
Werkserweiterung der FOSCH GMBH
Zur Heide 36, 34431 Marsberg-Giershagen



- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Auftraggeber: FOSCH GMBH
Zur Heide 36, 34431 Marsberg-Giershagen

Auftragnehmer: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Projekt-Nr.: 25 08 046 / 1 / a

Ort / Datum: Lippstadt / 20. Februar 2026

Umfang: 70 Seiten Textteil, 47 Seiten Anlagen

Geschäftsführer

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

Bankverbindung

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

VR Bank Westfalen-Lippe eG
BIC: GENODEM1LPS
IBAN: DE94 4166 0124 0763 6562 00

- INHALTSVERZEICHNIS -

1.0 Projekteinleitung	4
1.1 Vorgang / Planung / Aufgabenstellung.....	4
1.2 Hintergrundinformationen / Georisiken / Schutzzonen	5
2.0 Untergrunderschließung.....	8
2.1 Untergrundsichtung / Geologie.....	8
2.2 Grundwasser / Hydrogeologie	10
3.0 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes	13
3.1 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Laborversuche).....	13
3.2 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)	13
3.3 Wasserrechtliche Bewertung des Versickerungspotenzials	15
4.0 Abfalltechnische Beurteilung der Aushubmassen	20
4.1 Methodik / Parameterumfang / Bewertungsgrundlagen	20
4.2 Hinweise zu den Einsatzmöglichkeiten von MEBs	21
4.3 Abfalltechnische Bewertung der Mischproben	24
4.4 Altlastentechnische Bewertung der Mischproben.....	25
4.5 Fazit / Empfehlungen Aushubmaterial	27
5.0 Baugrundbewertung	28
5.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche	28
5.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche.....	30
5.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung.....	31
5.4 Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen und Frostklassen	32
5.5 Homogenbereiche gem. VOB Teil C.....	35
6.0 Hinweisgebungen zur Baudurchführung.....	37
6.1 Bodenmanagement / Massendefizitausgleich	37
6.2 Hinweisgebungen zum Gebäudebau	43
6.2.1 Bodenplattenbereich	46
6.2.2 Fundamentgründung	48
6.2.3 Alternative: Plattengründung.....	50
6.2.4 Hinweisgebungen zum Löschwassertank	51
6.2.5 Allgemeine Hinweisgebungen.....	52
6.3 Hinweisgebungen zum Straßenbau (Verkehrsflächen)	57
7.0 Schlussbemerkung	64
Literaturverzeichnis	66
Anlagen.....	70

Anmerkung:

Der vorliegende Geotechnischen Bericht 2508046/1/a vom 20.02.2026 ersetzt den Geotechnischen Bericht 2508046/1 mit Stand vom 28.01.2026.

Es wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- 1) Anpassung des Projekttitels auf Seite 1 und in diesem Zuge Anpassung der Fußzeile
- 2) Ergänzende Hinweise in Kapitel 3.2
- 3) Änderung der Plangrundlage von Abbildung 4 in Kapitel 6.2 und Anlage 1
- 4) Umformulierung der Hinweisgebungen (Bezugnahme auf Bauabschnitte entfällt)
- 5) Aktualisierung des Kapitels 6.2.1

1.0 Projekteinleitung

1.1 Vorgang / Planung / Aufgabenstellung

Die FOSCH GMBH plant die Erweiterung ihres Werkes an der Straße 'Zur Heide 36' in 34431 Marsberg-Giershagen (Gemarkung Giershagen, Flur 17, Flurstücke (z. T. nur tlw.) 9, 10/1, 162, 209, 236, 249, 304, 305, 306, 307).

Aufgabe war die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und Baugrundbeurteilung. Hierauf basierend erfolgen ingenieurgeologische Hinweisgebungen für die geplanten Baumaßnahmen. Ergänzend wird das Versickerungspotenzial des Untergrundes mittels Versickerungsversuchen ermittelt und beurteilt sowie das potenzielle Boden-Aushubmaterial hinsichtlich seiner Wiedereinbaueignung/-zulässigkeit chemisch untersucht und klassifiziert.

Die FOSCH GMBH (Zur Heide 36, 34431 Marsberg-Giershagen) beauftragte das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH (Holzstraße 212, 59556 Lippstadt) mit den Untersuchungen sowie der Anfertigung des 'Geotechnischen Berichts'.

Auftraggeber: FOSCH GMBH
Zur Heide 36, 34431 Marsberg-Giershagen

Planungsbüro: SMP ARCHITEKTEN GMBH
Hauptstraße 73, 59939 Olsberg

Auftragnehmer: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Für die Geländearbeiten wurden am 12.08.2025 durch o. g. Planungsbüro die nachfolgenden Unterlagen übersandt:

[U1] Bebauungsplan Nr. 10 - Konzept (Maßstab 1:1.000/o. M., Stand 20.05.2025)
[U2] Bebauungsplan Nr. 10 (Maßstab 1:1.000/o. M., Stand 10.06.2025)
[U3] Beschlussempfehlungen zum B-Plan Nr. 10 (Stand 08.08.2025)

Für die Erstellung des Geotechnischen Berichts wurde am 19.01.2026 ergänzend der aktuelle Planstand sowie Unterlagen zum Bestand zur Verfügung gestellt:

[U4] Lageplan (Maßstab 1:500, Stand 08.12.2025)
[U5] Vermesserplan (ohne Maßstab, Stand n. b.)
[U6] Grundriss Bestand (ohne Maßstab, Stand 15.01.2026)
[U7] Grundriss und Querschnitt Bestand Halle Ost (Maßstab 1:100, Stand 21.11.2022)
[U8] Grundriss und Querschnitt Bestand Halle West (Maßstab 1:100, Stand 31.01.2022)

Am 18.02.2026 wurde seitens des Planungsbüros ein aktueller Plan des Geltungsbereiches des B-Plans Nr. 10 übersandt, der als Grundlage für die Abbildung 4 in Kapitel 6.2 sowie den Lageplan in Anlage 1.1 heranzuziehen ist [U9].

Die Lage der Ansatzpunkte geht aus dem Lageplan in Anlage 1.1 und der Fotodokumentation in Anlage 7.1 hervor. Nach Abschluss der Aufschlussarbeiten sind die Sondier- und Bohransatzpunkte georeferenziert mit einem satellitengestützten Gerät der Fa. TOPCON lagemäßig eingemessen und höhenmäßig einnivelliert worden (Bezug UTM32, DHHN2016 = m NHN).

Der Untersuchungsumfang ist in der nachfolgenden Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Untersuchungsumfang

Gelände (24./25.11.2025)	- Rammkernsondierung (Ø 60 - 50 mm)	12 Stück
	- Leichte Rammsondierung (DPL)	12 Stück
	- Einmessung in Lage und Höhe	12 Stück
	- Versickerungsversuche im Gelände	6 Stück
Boden- mechanisches Labor	- Korngrößenanalyse (nach DIN EN ISO 17892-4 [1])	4 Stück
	- Wassergehaltsbestimmung (nach DIN EN ISO 17892-1 [2])	4 Stück
Chemisches Labor	- Parameterumfang EBV (nach Anlage 1, Tabelle 3 [3])	3 Stück
	- Parameterumfang DepV (nach Anhang 3, Tabelle 2 [4])	1 Stück

1.2 Hintergrundinformationen / Georisiken / Schutzzonen

Lage: Das Werksgelände der Fa. FOSCH GMBH befindet sich im Nordwesten des Marsberger Ortsteils *Giershagen*, innerhalb des Gewerbegebietes auf der Haide (B-Plan Nr. 10). Die Zufahrt zum Gelände bzw. die Erschließung der überplanten Fläche erfolgt von der östlich angrenzenden Straße 'Zur Heide'. Das Umfeld wird in erster Linie von landwirtschaftlichen Flächen geprägt [5].

Vorfluter: Nächstgelegene Vorfluter sind der 'Silberbach' ca. 230 m östlich und der Bach 'Kalle Boke' ca. 380 m westlich des Untersuchungsgebietes. Diese entwässern in die ca. 740 m nördlich gelegene 'Diemel' [5] [6].

Morphologie: Zwischen den Bohransatzpunkten konnten Höhenunterschiede von bis zu 15,3 m ermittelt werden. Das Gelände fällt in Richtung Norden (401,32 m NHN → +388,86 m NHN, Δ 12,5 m) bzw. Osten (396,33 m NHN → +386,02 m NHN, Δ 10,3 m) hin ein. Das Gebiet befindet sich innerhalb der Frosteinwirkungszone II [7].

Das Werksgelände sowie die überplanten Flächen sind morphologisch höher gelegen als das nähere Umfeld. So fällt das Gelände ca. 250 m nördlich des Arbeitsgebietes mit einer Neigung von $\sim 7,9^\circ$ auf ein Höhengniveau von ca. +298 m NHN deutlich ab ($\Delta 92$ m). In West-Ost-Richtung sind jeweils die Vorfluter (s. o.) die nächstgelegenen tiefsten Geländepunkte. Es ergeben sich Höhenunterschiede von ca. 40 m. In östliche Richtung fällt das Gelände dabei zunächst mäßig ($\sim 5,5^\circ$) und nach ca. 90 m steil ($\sim 13^\circ$) ein. In westliche Richtung steigt das Gelände zunächst schwach an ($\sim 1^\circ$), bevor nach ca. 160 m das Gelände mäßig ($\sim 4,5^\circ$) und nach ca. 430 m sehr steil ($\sim 16^\circ$) abfällt.

Vornutzung: Es erfolgt eine multitemporale Luftbildauswertung über das Portal TIM-online [5]. Es wird darauf hingewiesen, dass die Luftbildauswertung lückenhaft ist und ggf. erfolgte kurzzeitige Zwischennutzungen nicht abgebildet bzw. ausgeschlossen werden können. Die einsehbaren Luftbilder reichen bis ins Jahr 1973 zurück. Ältere sowie anderweitige Vornutzungen als unten aufgeführt, sind dem IB KLEEGRÄFE nicht bekannt.

Im Jahr 1973 wurde die gesamte Fläche größtenteils ackerbaulich genutzt. Es kann lediglich geringumfängliche Bebauung erkannt werden. Der südliche Bereich (Flurstücke 209, 236, 249 und 304-307) unterlag in den Folgejahren baulichen Veränderungen. Seit ca. 2024 wird das nördliche Flurstück 10/1 als Lagerfläche genutzt.

Altlastenauskunft: Gemäß dem Hochsauerlandkreis, FD 46 Abfallwirtschaft und Bodenschutz [U3] sind Teile des Plangebietes im Altablagerungs- und Altstandortverzeichnis des HSK geführt (s. Abb. 1). Auf der Fläche 194518-2723 soll von 1957 bis 1987 ein holzverarbeitender Betrieb und von 1995 bis 1999 ein Handel mit Bauelementen ansässig gewesen sein. Auf der Fläche 194518-2721 waren zwischen 1964 und 1975 verschiedene Unternehmen der Metallerzeugung und Verarbeitung ansässig.



Abbildung 1: Auszug aus dem Altablagerungs- und Altstandortverzeichnis des HSK [U3]

Erdbebenzone/Gefährdungspotenziale: Gemäß Erdbebenzonenkarte [8] ist das Arbeitsgebiet in einem 'Gebiet außerhalb von Erdbebenzonen' gelegen. Die noch ausstehende, bauaufsichtliche Einführung des neuen Eurocode 8, einschließlich des nationalen Anhangs NA:2023, kann in örtlich stark veränderten Erdbebenlasten resultieren. Maßgeblich bei einer Bemessung ist das jeweils aktuelle Normenwerk.

Das Online-Fachinformationssystem 'Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW' [9] gibt für das von der Maßnahme betroffene 500 x 500 m-Planquadrat 'verkarstungsfähiges Gestein' als Gefährdungspotenzial an. Für die Bereiche Bergbau, Methanausgasung, Auslaugung, Gasaustritte und Erdbeben liegen keine besonderen Gefährdungspotenziale vor. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass im näheren Umfeld 'verlassene Tagesöffnungen' sowie 'oberflächennaher Bergbau' belegt sind. Bei Vorgenanntem handelt es sich nicht um grundstücksbezogene Informationen, sondern lediglich um flächenbezogene Auskünfte für die betreffenden Planquadrate.

Bergbauliche Einflüsse: Gemäß Auskunft der BEZIRKSREGIERUNG ARNSBERG, ABT. 6 BERGBAU ENERGIE NRW [U3] befindet sich das Planvorhaben über den inzwischen erloschenen Bergwerksfeldern „Stadtberge 2“ (Kupfererz), „Rennefeld“ (Eisenstein), „Christiane“ (Eisenstein und Marmor) und „Lüling“ (Marmor). Es werden Abstimmungen mit den ehemaligen Feldeseigentümern/Bergwerksunternehmen hinsichtlich der Notwendigkeit von Anpassungs- oder Sicherungsmaßnahmen empfohlen.

Schutzzonen: Das gegenständliche Untersuchungsgebiet liegt außerhalb von Naturschutz-, FFH- und Natura2000-Gebieten sowie außerhalb von ausgewiesenen oder geplanten Heilquellen- und Trinkwasserschutzzonen [6] [10].

Überschwemmungsgebiete: Das Arbeitsgebiet ist außerhalb festgesetzter Überschwemmungsgebiete gelegen und wird auf Grundlage von rechnerischen Hochwassermodellen unabhängig der Seltenheit der Ereignisse auch nicht von Hochwasser beeinflusst [6] [10] [11].

Radon: Das Areal liegt gemäß der Radonvorsorgegebiets-Übersichtskarte von Deutschland [12] außerhalb von ausgewiesenen Radonvorsorgegebieten.

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

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

2.0 Untergrunderschließung

2.1 Untergrundschichtung / Geologie

Es wurden zwölf Kleinrammbohrungen sowie zwölf leichte Rammsondierungen im Untersuchungsbereich niedergebracht. Die Ansatzpunkte und Erkundungstiefen wurden durch das IB KLEEGRÄFE auf Basis der DIN 4020 [13] und dem gültigen Eurocode 7 [14] festgelegt und mit dem AG abgestimmt. Die Geländearbeiten erfolgten am 24. und 25.11.2025.

Die Bodenansprache erfolgte durch einen fachkundigen Geologen nach DIN EN ISO 14688-1 [15]. Die Bohrungen wurden gemäß DIN 4023 [16] zu Schichtprofilen entwickelt und höhenmäßig zueinander in Beziehung gestellt (Anlage 2.1).

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

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

Geologie: In allen Bohrungen wurde, z. T. bereits oberflächennah, das Festgestein in verwittertem Zustand erbohrt. Das an-/unverwitterte Grundgebirge wird nicht viel tiefer unterhalb der Bohrendteufen erwartet. Bei dem anstehenden Gestein handelt es sich um einen Kalk- bis Tonstein des Perm (Zechstein). Lokal können u. a. Anhydrit und Gips auftreten, die eine Gefährdung für Auslaugungsprozesse anzeigen. Örtlich konnten Reste einer jüngeren umgelagerten Lössüberdeckung erkannt werden (Pleistozän; Weichsel-Kaltzeit). Zuoberst stehen anthropogene Auffüllungen sowie umgelagerte Oberböden an.

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

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

Bohrung	KRB 1	KRB 2	KRB 3	KRB 4	KRB 5	KRB 6
Ansatz	+386,02	+386,74	+389,61	+389,98	+389,36	+390,61
Mutterboden	-0,10	-0,10	-0,15	-	-	-
Füll-Kies	-	-	1,20-2,90	1,90-2,40	-	-
Füll-Lehm	0,10-0,90 0,90-2,40	-	0,15-1,20	-0,90 0,90-1,90 2,40-2,70	-	-
Löss	-	0,10-0,60	-	-	-0,80	-0,60
verlehmt Verwitterungskies	-	ab 0,60	ab 2,90	ab 2,70	0,80-1,30	0,60-1,70
Verwitterungskies	ab 2,40	-	-	-	ab 1,30	ab 1,70
Grundwasser	-	-	-	-	-	-
Endteufe KRB	3,00	1,70*	3,00	3,00	2,50*	2,80*
Endteufe DPL	3,00	1,00*	3,00	2,90*	1,70*	1,00*

Legende: KRB = Kleinrammbohrung, DPL = leichte Rammsondierung, * = kein weiterer Bohr-/Rammfortschritt,

braun = organische/humose Anteile (Wurzelreste, Huminstoffe)

rot = materialspezifisch auffällig (hier: Schlacke, Asche)

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

Bohrung	KRB 7	KRB 8	KRB 9	KRB 10	KRB 11	KRB 12
Ansatz	+388,86	+390,45	+392,56	+395,15	+396,33	+401,32
Mutterboden	-	-	-	-	-	-0,15
Füll-Kies	-	-	-	-0,20	-0,15	-
Löss	-0,80	-0,35	-0,70	0,20-0,40	-	0,15-0,65
Verwitterungslehm	0,80-1,00	-	-	0,40-1,10	-	0,65-1,10 ¹⁾
verlehmt Verwitterungskies	1,00-1,90	ab 0,35	1,00-1,60	ab 1,10	-	ab 1,10 ¹⁾
Verwitterungskies	ab 1,90	-	0,70-1,00 ab 1,60	-	ab 0,15	-
Grundwasser	-	-	-	-	-	-
Endteufe KRB	2,60*	0,70*	3,00	1,80*	0,30*	2,60*
Endteufe DPL	1,10*	0,70*	1,60*	1,40*	0,30*	0,80*

Legende: KRB = Kleinrammbohrung, DPL = leichte Rammsondierung, * = kein weiterer Bohr-/Rammfortschritt,

¹⁾ = verwitterter Tonstein, braun = organische/humose Anteile (Wurzelreste, Huminstoffe)

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

Innerhalb der Auffüllungen konnten neben Gering-Auffälligkeiten (u. a. Ziegel und Schotter) z. T. auch Beimengungen an Schlacken und Aschen erkannt werden, die ein materialspezifisches Verunreinigungspotenzial führen können. Innerhalb der geogenen Böden wurden weder auffällige Inhaltsstoffe noch geruchliche/organoleptische Auffälligkeiten festgestellt.

Die chemischen Analysen können dem Kapitel 4 entnommen werden.

2.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Es handelt sich bei den angetroffenen Feuchteverhältnissen um eine zeitliche Momentaufnahme. Langfristige Messdaten liegen dem AN nicht vor. Die Geländearbeiten erfolgten in einer, im Vergleich zum vieljährigen Mittel gesehenen, eher trockenen Jahresperiode im November 2025 [17] [18]. Die angetroffenen Feuchte-/Nässeverhältnisse stellen daher keine Hoch- oder Maximalstände dar. In dauerhaft niederschlagsintensiven Perioden wird mit einem Anstiegspotenzial bzw. mit geringeren Grundwasser-Flurabständen sowie höheren Bodenfeuchten gerechnet.

Untergrundnässe: An den Untersuchungstagen konnte Grundwasser bzw. eine 'zusammenhängende Bodenfeuchte' in keiner der Bohrungen gelotet werden.

Grundwasser wird erst innerhalb des nicht direkt erbohrten tieferen Halbfest-/Festgesteins erwartet (Karst-Grundwasserleiter), wobei sich das Wasser in Klüften, Störungen und Schichtfugen bewegt. Hinsichtlich ihrer Durchlässigkeit sind diese Festgesteine anisotrop, d. h. sie weisen, abhängig von ihrem Kluft- und Störungssystem(en), stark unterschiedliche Durchlässigkeiten in verschiedenen Richtungen auf.

Behördliche Messstellen befinden sich nicht im näheren Umfeld [6].

Grundwasserkörper: Gemäß Auskunft des Online-Portals 'Elwas-Web' [6] zum Grundwasserkörper handelt es sich im Untersuchungsgebiet um den Grundwasserkörper 'Trias Nordhessens / 2'. Der Grundwasserkörper repräsentiert einen Kluft-Grundwasserleiter und wird durch die Kalk- und Tonsteine des Perm (Zechstein) und die Sandsteine der Trias charakterisiert. Die Buntsandsteine sowie die Zechsteine werden von geringmächtigen quartären Ablagerungen überdeckt. Der Zechstein als Hauptgrundwasserleiter ist bereichsweise verkarstet und weist i. A.

mittlere bis gute Durchlässigkeiten auf. Die Durchlässigkeit der Buntsandsteinfolgen ist mäßig bis gering. Der Grundwasserflurabstand bewegt sich zwischen 5 m und 80 m.

Grundwassergleichenkarten: Bei Betrachtung der zugänglichen Grundwassergleichenkarte für 'mittlere Grundwasserverhältnisse von 2006 bis 2015' [19] ist das Arbeitsgebiet zwischen den Isolinien +339 m NHN und +344 m NHN \pm 0,5 m gelegen. Dies entspricht Grundwasserflurabständen von > 40 m u. aktueller GOK.

Stauäsepotenzial: Die Füll-Kiese führen kein nennenswertes bis allenfalls ein geringes Stauäsepotential (Nichtstauer bzw. Grundwasserleiter). Die Verwitterungskiese können in Abhängigkeit des Grades der Verlehmung u. U. auch ein deutliches Stauäsepotenzial führen.

Auf den Füll-/Löss- und Verwitterungslehmen ist mit einem ausgeprägten Stauäsepotenzial zu rechnen. Es ist in diesem Zusammenhang auf die Nässe sensibilität und -anfälligkeit dieser Böden hinzuweisen, welche bei einer Wassergehaltszunahme (= Feuchteerhöhung) eine Baugrundgüteverschlechterung infolge einer Konsistenzabnahme (Aufweichungen) aufzeigen. Die Konsistenz ist eine veränderliche Baugrundgröße.

Bemessungswasserstand: Hinsichtlich der Festlegung des für die Faktoren 'Auftrieb' und 'drückende Wasserverhältnisse' ausschlaggebenden Bemessungswasserstandes sei darauf hingewiesen, dass die dafür gemäß DIN 18533 [20] bzw. Merkblatt BWK-M8 [21] notwendigen Daten, insbesondere was den Punkt 'langjährige Beobachtungsergebnisse aus der Umgebung' anbelangt, eine beschränkte Datengrundlage besteht. Es wird ergänzend eine Rücksprache mit der zuständigen Behörde (Untere Wasserbehörde) bzw. eine Anfrage bei dem LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND KLIMA NRW (LANUK, kostenpflichtig) empfohlen.

Der Bemessungswasserstand für den Faktor '**Stauwasser**' wird in Höhe der aktuellen Geländeoberkante bzw. in Höhe der Unterkante des zukünftigen RStO-Aufbaus angesetzt. Je nach Durchlässigkeit des später verwendeten Materials zum Massendefizitausgleich kann sich ggf. die Notwendigkeit ergeben die zukünftige Geländeoberkante als Bemessungswasserstand für den Faktor Stauwasser anzusetzen.

Der Bemessungswasserstand für den Faktor '**Grundwasser**' – im Sinne des höchsten zu erwartenden Grundwasserstandes (**zeHGW**) – wird unter Berücksichtigung der herangezogenen Grundwassergleichenkarte und eines deutlichen Sicherheitsaufschlages zunächst bei ca. 20,0 m u. akt. örtl. GOK angesetzt (GOK = Geländeoberkante am 24./25.11.2025).

Der für versickerungstechnische Fragestellungen relevante '**mittlere höchste Grundwasserstand**' (**MHGW**) wird aufgrund fehlender Daten zunächst analog zum zeHGW mit 20,0 m u. örtl. GOK festgelegt.

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

<u>Zusammenfassung der Bemessungswasserstände:</u>	
Bemessungswasserstand Stauwasser:	akt. GOK bzw. Unterkante RStO-Aufbau ggf. zukünftige GOK
Bemessungswasserstand Grundwasser (zeHGW):	20,0 m u. akt. GOK
mittlerer höchster Grundwasserstand (MHGW):	20,0 m u. akt. GOK
höchster Hochwasserstand (HHW):	nicht erforderlich

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

<u>Bodenart</u>	<u>k_f-Wert in m/s</u>
<u>Füll-Kies:</u>	
Kies, sandig, bindig.....	$10^{-5} - 10^{-7}$
<u>Füll-Lehm:</u>	
Schluff, kiesig, (stark) tonig, schwach sandig.....	$10^{-7} - 10^{-10}$
<u>Löss:</u>	
Schluff, tonig, schwach sandig, schwach kiesig.....	$10^{-7} - 10^{-9}$
<u>Verwitterungslehm:</u>	
Schluff, stark kiesig, (stark) tonig, schwach sandig.....	$10^{-7} - 10^{-10}$
<u>verlehmter Verwitterungskies:</u>	
Kies, (stark) bindig, schwach sandig, z. T. steinig.....	$10^{-6} - 10^{-8}$
<u>Verwitterungskies:</u>	
Kies, schwach bindig, schwach sandig, z. T. steinig.....	$10^{-2} - 10^{-5}$
<u>Tonstein-Grundgebirge (nicht direkt erbohrt):</u>	
Tonstein, angewittert, halbfest-fest.....	$10^{-6} - 10^{-10}$
<u>Kalkstein-Grundgebirge (nicht direkt erbohrt):</u>	
Kalkstein, angewittert, halbfest-fest, z. T. verkarstet.....	$10^{-2} - 10^{-8}$

Bewertung der Gesteinsdurchlässigkeit nach DIN 18130 [22] [23]:		
• stark durchlässig:	$> 10^{-4}$	m/s
• durchlässig:	$10^{-5} - 10^{-6}$	m/s
• gering durchlässig:	$10^{-7} - 10^{-8}$	m/s
• sehr gering durchlässig:	$< 10^{-8}$	m/s

3.0 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Gemäß früherer Planung [U1] war östlich des Bestandsgeländes ein Löschwasserteich bzw. Regenrückhaltebecken vorgesehen. Die aktuelle Planung [U4] sieht stattdessen einen Löschwassertank vor. Laut Mitteilung des Planungsbüros soll dennoch überprüft werden, ob das anfallende Niederschlagswasser im Bereich der Bebauung - bei Eignung der Böden sowie der wasserrechtlichen Bestimmungen - im Untergrund versickert werden kann.

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

3.1 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Laborversuche)

Im bodenmechanischen Labor wurden insgesamt vier Korngrößenanalysen an den untergrundprägenden Verwitterungskiesen und -lehm durchgeführt. Der Anlage 3.1 sind die Kornsummenkurven zu entnehmen. Die Ergebnisse der Analysen sind zusammenfassend in der Tabelle 7 (Kap. 5.1) aufgeführt.

Die Verwitterungsbildungen weisen in Abhängigkeit des Feinkornanteils Durchlässigkeiten zwischen $\sim 3 \times 10^{-3}$ m/s und $\sim 6 \times 10^{-8}$ m/s auf (nach DIN 18130 [22]: 'stark durchlässig' bis 'gering durchlässig'). Es ist nicht durchgängig eine ausreichende Versickerungsleistung angezeigt.

3.2 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)

Zur Ermittlung der hydraulischen Leitfähigkeit (= Wasserdurchlässigkeit) ist es notwendig, den k_f -Wert („Durchlässigkeitsbeiwert“) für die relevanten Lockersedimente festzustellen. Das verwendete Versuchs- und Auswerteverfahren wurde in Anlehnung an den Bohrloch-Test (unverrohrt) und Open-End-Test des US Bureau of Reclamation (USBR) [27] durchgeführt. Bei der Durchlässigkeitsbestimmung im offenen (unverrohrten) Bohrloch wird der Abfluss über die Bohrlochsohle und die Bohrlochwand ermittelt, während bei dem klassischen Open-End-Test (verrohrt) die Versickerung ausschließlich an der Bohrlochsohle erfolgt.

Die Versickerungsversuche wurden als hydrostatisches Verfahren (Auffüllversuche) mit konstanter Druckhöhe durchgeführt (Open-End-Test gem. DWA-A 138-1 [24] Tab. 11 Korrekturfaktor $f_{\text{Methode}} = 0,8$). Die Versuche erfolgten in insgesamt sechs Bohrlöchern. Als erster

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

Die Ergebnisse der Versuche sind der Anlage 5.1 zu entnehmen. In der Tabelle 3 sind die Ergebnisse dieser Versickerungsversuche dargestellt.

Tabelle 3: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (Geländeversuche)

Bohrloch	KRB 1	KRB 2	KRB 3	KRB 4	KRB 5	KRB 8
Gültigkeitsbereich (m u. GOK)	2,00-3,00	0,80-1,70	ab 2,90	2,00-3,00	1,00-3,00	0,30-0,70
Versickerungsmedium	Verw.-Kies	Verw.-Kies (stark verlehmt)	Verw.-Kies	Verw.-Kies (verlehmt)	Verw.-Kies	Verw.-Kies (verlehmt)
Versuch 1 (k_f in m/s)	keine Wassersäule	$\sim 4,6 \times 10^{-6}$	$\sim 1,7 \times 10^{-2}$	$\sim 8,0 \times 10^{-5}$	keine Wassersäule	$\sim 8,8 \times 10^{-5}$
Versuch 2 (k_f in m/s)	aufbaubar	$\sim 5,0 \times 10^{-6}$	$\sim 1,6 \times 10^{-2}$	$\sim 8,4 \times 10^{-5}$	aufbaubar	$\sim 8,7 \times 10^{-5}$
Bewertung DIN 18 130	vermutl. stark durchlässig	durchlässig	stark durchlässig	durchlässig	vermutl. stark durchlässig	durchlässig
DWA-Bewertung	Versickerungseignung nach DWA: $k_f > 1,0 \times 10^{-6}$ m/s					
Bewertung	ausreichende Versickerungseignung					

Legende: DIN 18130 [23]: stark durchlässig / durchlässig / gering durchlässig / sehr gering durchlässig

An den restlichen Ansatzpunkten wurden keine Versickerungsversuche im Bohrloch durchgeführt. Vergleichbare Bodenschichten weisen voraussichtlich \pm analoge Durchlässigkeiten auf (verlehnte Verwitterungskiese: $k_f \sim 10^{-5} - 10^{-6}$ m/s, Verwitterungskiese ohne nennenswerte Feinkornanteile: $k_f \sim 10^{-2} - 10^{-5}$ m/s). Auf ergänzende Schurfversickerungen wird hingewiesen (s. Kap. 3.4).

3.3 Wasserrechtliche Bewertung des Versickerungspotenzials

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

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

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

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

Gemäß den Ausführungen in Kap. 2.2 wird der 'mittlere höchster Grundwasserstand' (MHGW) zunächst bei ca. 20 m u. aktueller GOK festgelegt. Es wird diesbezüglich ergänzend eine behördliche Rücksprache empfohlen. Es besteht eine ausreichende Sickerstrecke.

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

Die Auffüllungen im Bereich des ursprünglich geplanten Löschwasserteichs weisen stark erhöhte Kupfer- und Zink-Gehalte auf. Bei den Böden im weiteren überplanten Bereich handelt es sich nahezu vollständig um geogenes Bodenmaterial. Es konnte jeweils ein leicht erhöhter Kupfer-Gehalt nachgewiesen werden. Gemäß Auskunft der BR ARNSBERG wurde einst Kupfererz abgebaut, sodass von einer geogenen Vorbelastung auszugehen ist, wobei die Füll-Böden deutlich höhere Schwermetallgehalte führen, als das gewachsene Bodenmaterial.

Die chemische Eignung des Bodenmaterials für eine Versickerung ist im Vorfeld mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen (Einzelfallzustimmung).

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

Das Arbeitsgebiet ist außerhalb von festgesetzten Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebieten gelegen [6] [10].

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

Die theoretischen Berechnungen der Wasserdurchlässigkeit anhand der Kornsummenkurven belegen für die untersuchten Bodeneinheiten stark variierende Durchlässigkeiten zwischen $\sim 10^{-3}$ m/s bis $\sim 10^{-8}$ m/s. Es ist nicht durchgängig eine ausreichende Versickerungseignung angezeigt.

Die Versickerungsversuche im Gelände belegen demgegenüber (sehr) hohe Durchlässigkeiten zwischen $\sim 10^{-2}$ m/s bis 10^{-6} m/s, die eine gute Versickerungsleistung anzeigen. Aufgrund der hohen Durchlässigkeiten ist davon auszugehen, dass die Versickerung ausschließlich innerhalb der allenfalls schwach verlehnten Verwitterungskiese erfolgte. Aufgrund der z. T. sehr hohen Durchlässigkeiten von $k_f > 10^{-3}$ m/s werden ggf. zusätzliche Maßnahmen zum Stoffrückhalt erforderlich. Dies ist mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen. Ferner ist zu beachten, dass künstliche Sickerschichten Auswirkungen auf die Infiltrationsrate haben können.

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

Der GEOLOGISCHE DIENST NRW [9] weist für das Arbeitsgebiet 'verkarstungsfähiges Gestein' als Gefährdungspotenzial aus. Laut geologischer Karte können zudem u. a. Anhydrit und Gips auftreten, die eine Gefährdung für Auslaugungsprozesse anzeigen. Diesbezüglich wird eine Abstimmung mit der Behörde erforderlich. Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass die bindigen Böden zu Bodenverflüssigung neigen. Dies ist bei Erdarbeiten zu berücksichtigen.

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

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

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

Das Gelände weist in nördliche und östliche Richtung eine moderate bis deutliche Hangneigung auf, sodass eine Gefährdung durch Hangrutschungen oder Wasseraustritten am Hang aus gutachterlicher Sicht als erhöht bewertet wird. Es sind entsprechende Einschränkungen bzw. u. U. Sondermaßnahmen erforderlich.

Legende Tabelle 4:

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

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

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

Fazit Versickerungsfähigkeit: Wie der Übersicht in Tabelle 4 zu entnehmen ist, werden nicht alle Kriterien der Tabelle 3 Spalte 2 der DWA-A 138-1 [24] erfüllt. Eine Versickerung im Untersuchungsgebiet ist folglich nicht ohne weiteres möglich.

Es sind zunächst die nachfolgend aufgelisteten Punkte mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen:

- potenzielle Auflagen hinsichtlich der Gefährdungspotenziale 'verkarstungsfähiges Gestein' und Auslaugungsprozesse (Vorkommen von Anhydrit, Gips)
- potenzielle Auflagen hinsichtlich der ausgeprägten Morphologie (Hanglage)
- potenzielle Auflagen hinsichtlich der nachgewiesenen Schadstoffbelastung
- (anzusetzender Bemessungswasserstand)

Ferner ist zu beachten, dass im überwiegenden Teil der überplanten Fläche eine Geländeaufhöhung erforderlich wird. In Bereichen von Versickerungsbauwerken ist das oberflächennah anstehende bindige/verlehnte Bodenmaterial vollständig zu entfernen und anschließend stark durchlässiges Material einzubauen. Anderenfalls ist eine Ableitung der Wässer in den tieferen Untergrund nicht gewährleistet und ein hangabwärts-gerichteter Abfluss der Wässer auf den bindigen Bodenschichten wahrscheinlich.

Hinsichtlich der Durchlässigkeit des Untergrundes lassen ausschließlich die schwach verlehnten Verwitterungskiese eine ausreichende Versickerungseignung erwarten. Bindige Böden sind nicht für eine Versickerung geeignet.

Die ausreichende Durchlässigkeit des örtlichen Bodeninventars ist mittels Versickerungsversuchen im Schurf zu verifizieren.

Für die Entwässerungsplanung zuständige Fachleute (Stadt-/Freiraumplaner, Tiefbau- und Verkehrsplaner, Architekten, u. a.) sollten frühzeitig in den Planungsprozess einbezogen werden.

4.0 Abfalltechnische Beurteilung der Aushubmassen

4.1 Methodik / Parameterumfang / Bewertungsgrundlagen

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

Methodik / Parameterumfang: Die Böden im Arbeitsgebiet wurden bereichsweise zu insgesamt drei Mischproben zusammengefasst und auf den Parameterumfang gemäß Ersatzbaustoffverordnung (Matrix 'Bodenmaterial' nach Anlage 1, Tabelle 3) [3] untersucht. An der chemisch auffälligen Auffüllungsmischprobe (s. Kap. 4.3) wurde im Nachgang abstimmungsgemäß ergänzend der Parameterumfang gemäß Deponieverordnung (nach Anhang 3, Tabelle 2) [4] untersucht.

Bei den untersuchten Proben handelt es sich um aus Bohrungseinzelproben zusammengestellte Mischproben. Die in den Mischproben enthaltenen Einzelproben sind der Tabelle 5 sowie die Details zur Probenahme (Bodenart, Entnahmetiefe, etc.) der Anlage 2 (Schichtendarstellung) zu entnehmen. Materialspezifische Auffälligkeiten sind in Tabelle 5 farblich hervorgehoben.

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

Tabelle 5: Analysenparameter / Mischprobenbenennung (Einzelprobenauswahl)

Feststoffanalysen (Boden)			
Mischprobe	enthaltene Einzelproben	Parameterumfang	
MP Auffüllung KRB 1-4	1/2 + 1/3 + 1/4 + 3/2 + 3/3 + 3/4 + 4/1 + 4/2 + 4/3 + 4/4	EBV (Matrix: BM, Anlage 1, Tabelle 3)	DepV (Anhang 3, Tabelle 2)
MP Aushub KRB 5-8	5/1 + 5/2 + 5/3 + 6/1 + 6/2 + 6/3 + 7/1 + 7/2 + 7/3 + 7/4 + 8/1 + 8/2		-
MP Aushub KRB 9-12	9/1 + 9/2 + 9/3 + 9/4 + 9/5 + 10/1 + 10/2 + 10/3 + 10/4 + 11/1 + 11/2 + 12/2 + 12/3 + 12/4 + 12/5		-

Legende: BM = Bodenmaterial, rot = materialspezifisch auffällig (hier: Schlacke, Asche)

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 6.1 zu entnehmen.

Anmerkung Parameterumfang Ersatzbaustoffverordnung (EBV): Die Analyse der Mischproben erfolgte auf die Parameter der **Ersatzbaustoffverordnung (EBV)** für die Matrix 'Bodenmaterial' gemäß Anlage 1, Tabelle 3 [3]. Die EBV behandelt u. a. die Anforderungen an die Herstellung und das Inverkehrbringen mineralischer Ersatzbaustoffe (MEBs) sowie deren Einbau in technische Bauwerke und die Anforderungen an die Probenahme und Untersuchung von nicht aufbereitetem Bodenmaterial, das ausgehoben oder abgeschoben werden soll.

Anmerkung Parameterumfang Deponieverordnung (DepV): Für eine potenzielle Deponierung anfallender Aushubmassen wurde an der Auffüllungs-Mischproben ergänzend der Parameterumfang gemäß **Deponieverordnung (DepV)** untersucht [4].

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

Bewertungsgrundlagen: Die Boden-Bewertung erfolgt hinsichtlich einer Wiedereinbaubeurteilung/-zulässigkeit nach EBV [3] und für eine Entsorgung nach DepV [4].

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

4.2 Hinweise zu den Einsatzmöglichkeiten von MEBs

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

Der Einbau hat oberhalb der in Anlage 2 vorgesehenen Grundwasserdeckschicht bzw. der sog. „Grundwasserfreien Sickerstrecke“ zu erfolgen. Dabei beschreibt die „Grundwasserfreie Sickerstrecke“ den Abstand zwischen der Unterkante des unteren Einbauhorizontes des mineralischen Ersatzbaustoffs und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand.

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

In den Einbautabellen werden die Konfigurationen der „Grundwasserfreien Sickerstrecke“ unterschieden in „ungünstig“ (0,1 - 1 m + 0,5 m Sicherheitsabstand; s. Abb. 2) und „günstig - Sand“ bzw. „günstig - Lehm, Schluff, Ton“ (> 1 m + 0,5 m Sicherheitsabstand; s. Abb. 3).

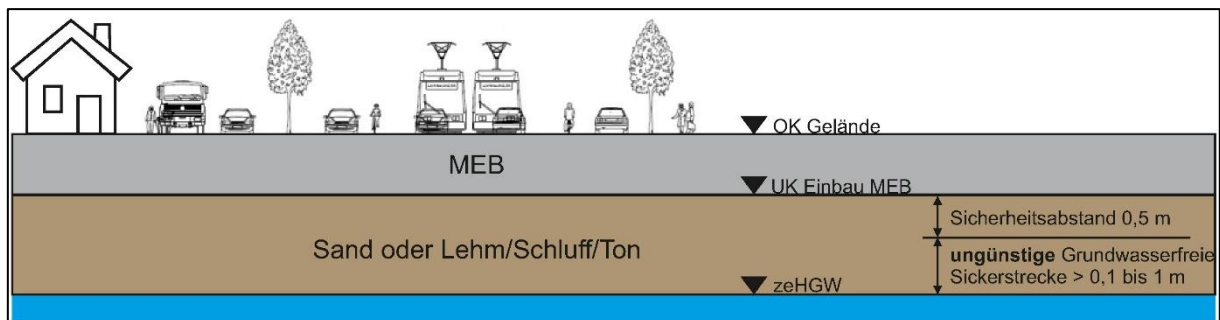


Abbildung 2: Konfiguration der Grundwasserdeckschichten – ungünstig

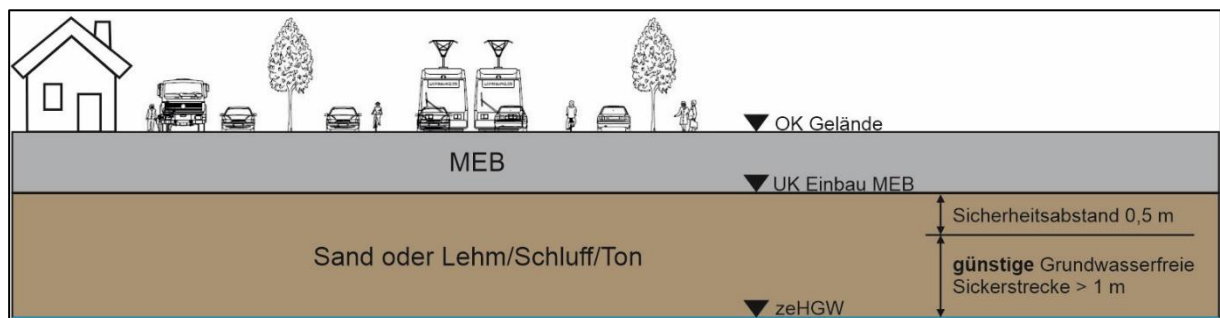


Abbildung 3: Konfiguration der Grundwasserdeckschichten – günstig

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

Hinweise zum Einbau von MEBs im Untersuchungsbereich: Das Arbeitsgebiet ist außerhalb festgesetzter oder geplanter Wasser- sowie Heilquellenschutzgebiete gelegen, sodass diesbezüglich keine Einschränkungen vorliegen [6] [10].

Sofern per Rechtsverordnung 'besonders empfindliche Gebiete' gem. EBV § 19, Abs. 7 [3] für das Areal ausgewiesen wurden (z. B. Karstgebiet, Gebiete mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund), sind diesbezügliche ordnungsrechtliche Auflagen zu beachten. Dies ist planerischerseits zu prüfen.

Der 'höchste zu erwartende Grundwasserstand' (zeHGW) kann nach den Ausführungen aus Kapitel 2.2 zunächst bei ca. 20 m unter aktueller GOK angesetzt werden. Es wird eine Rücksprache mit der Behörde bzw. eine kostenpflichtige Anfrage beim LANUK empfohlen.

Die im Untersuchungsgebiet anstehenden Füll-/Löss- und Verwitterungslehme sowie nachweislich stark verlehnten Verwitterungskiese können – im Gegensatz zu den Füll-Kiesen und schwach verlehnten Verwitterungskiesen – als Deckschicht-geeignet angesehen werden. Es wird darauf hingewiesen, dass das unterhalb der Bohr-Endteufen zu erwartende Festgestein nicht als Boden i. e. S. gilt und hinsichtlich einer Deckschichteignung eine behördliche Genehmigung einzuholen ist.

Die zulässigen MEB-Einbaubereiche und die einsetzbaren Ersatzbaustoffe sind abhängig von der ansetzbaren Sickerstrecke („ungünstig“ / „günstig“), den örtlich anstehenden Böden (Deckschicht-geeignet ja/nein) und den zulässigen Einbauweisen nach Anlage 2 der EBV.

Sofern ein Einbau von MEBs bei der Baumaßnahme vorgesehen wird, kann nach Rücksprache mit der Behörde hinsichtlich des zeHGW, potenzieller Auflagen hinsichtlich des Karstgebietes sowie der Deckschichteignung des Grundgebirges, eine umfangreichere Bewertung / Prüfung der Einbauzulässigkeit erfolgen.

4.3 Abfalltechnische Bewertung der Mischproben

In der folgenden Tabelle 6 werden die Mischproben entsprechend den Analysenergebnissen gemäß EBV [3] und DepV [4] eingestuft. Es werden die Parameter aufgeführt, für die eine Überschreitung von Material-/Zuordnungswerten vorliegt. Es werden die Materialwerte für die Bodenmatrix 'Lehm/Schluff' berücksichtigt.

Tabelle 6: Ergebnisse der chemischen Untersuchungen nach EBV und DepV

Mischprobe	auffällige / klassifizierungsrelevante Parameter		Einstufung
	EBV	DepV	
MP Auffüllung KRB 1-4	Kupfer (TS), Zink (TS)	Glühverlust ¹⁾	>BM-F3 / DK 0
MP Aushub KRB 5-8	Kupfer (TS)	-	BM-0*
MP Aushub KRB 9-12	Kupfer (TS)	-	BM-0*

Legende: TS = Trockensubstanz

¹⁾ Gemäß DepV (Deponieverordnung) Anhang 3 Tabelle 2 Fußnote 2 kann der Glühverlust (1.01) gleichwertig zum TOC (1.02) angewandt werden, so dass eine Einstufung in die Deponieklasse 0 erfolgen kann.

Die Füllböden im Untersuchungsbereich bzw. im Bereich des ursprünglich geplanten Löschwasserteichs zeigen erhöhte Schwermetallgehalte, die eine EBV-Einstufung gemäß >BM-F3 bedingen. Damit ist das Bodenmaterial gemäß EBV nicht für den Wiedereinbau zugelassen. Zur Entsorgung ist die Deponieklasse DK 0 heranzuziehen.

Das geogene Bodenmaterial im Arbeitsgebiet weist aufgrund erhöhter Kupfer-Gehalte Einstufungen gemäß BM-0* auf. Das Bodenmaterial ist vorbehaltlich einer bodenmechanischen Eignung gemäß EBV, Anlage 2, Tabelle 5 eingeschränkt wiedereinbaueeignet. Es gilt die stoffspezifische Verwertungsmatrix.

Bei einer nachrangig zu betrachtenden Entsorgung kann Bodenmaterial der Einstufung BM-0* gemäß § 6, Absatz 1a der DepV [4] in die Deponieklasse DK 0 eingestuft werden, wobei auf das seit dem 01.01.2024 geltende Ablagerungsverbot hingewiesen wird (s. o.).

4.4 Altlastentechnische Bewertung der Mischproben

Ergänzend zur abfallrechtlichen Einstufung des Bodenmaterials sollte eine altlastentechnische Bewertung erfolgen. Daher werden in den folgenden Tabellen 7a und 7b die EBV-Analysergebnisse der untersuchten Mischproben den Prüfwerten der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) [28] für die Wirkungspfade 'Boden-Mensch' (nach Anlage 2, Tabelle 4) und 'Boden-Grundwasser' (nach Anlage 2, Tabelle 1+3) gegenübergestellt. Für den auffälligen Feststoff-Parameter Kupfer wird in der BBodSchV kein Prüfwert angegeben, sodass alternativ der Prüfwertvorschlag der sächsischen LfULG-Bewertungshilfe zur Gefahrenbewertung bei Altlastenverdacht [29] bzw. des LABO-Informationsblatts für Schadstoffe in Altlasten [30] herangezogen wird.

Es wird darauf hingewiesen, dass es sich um orientierende Auswertungen handelt, da der EBV-Analysenumfang nicht alle Parameter der BBodSchV umfasst.

Tabelle 7a: Beurteilung der Analyseergebnisse für den Wirkungspfad 'Boden-Mensch'

Parameter	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) Prüfwerte nach Anlage 2, Tabelle 4 LfULG-/LABO-Prüfwertvorschläge Wirkungspfad 'Boden-Mensch'						
	MP Auffüllung KRB 1-4	MP Aushub KRB 5-8	MP Aushub KRB 9-12	Kinder- spiel- flächen	Wohn- gebiete	Park/ Freizeit	Industrie/ Gewerbe
	[mg/kg]						
Arsen	9,70	7,23	3,87	25	50	125	140
Blei	52,3	20,9	16,8	200	400	1.000	2.000
Cadmium	<0,1	<0,1	<0,1	10 ¹	20 ¹	50	60
Chrom ges.	27,8	26,5	13,7	200	400	400	200
Kupfer	472	48,5	71,2	3.000	6.000	15.000	-
Nickel	35,2	27,8	18,3	70	140	350	900
Quecksilber	0,24	<0,1	<0,1	10	20	50	100
Thallium	<0,1	<0,1	<0,1	5	10	25	-
B(a)p	0,0184	<0,01	<0,01	0,5	1	1	5
PCB ₇	<0,01	<0,01	<0,01	0,4	0,8	2	40

Legende: B(a)p = Benzo(a)pyren (kanzerogener PAK-Einzelparameter; vertritt Σ PAK₁₆)

Prüfwert für die sensibelste Nutzung „Kinderspielflächen“ eingehalten

¹ In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau von Nahrungspflanzen genutzt werden, ist für Cadmium der Wert von 2,0 mg/kg TM als Prüfwert anzuwenden.

Tabelle 7b: Beurteilung der Analysenergebnisse für den Wirkungspfad 'Boden-Grundwasser'

Parameter	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) Prüfwerte nach Anlage 2, Tabelle 1 + 3 Wirkungspfad 'Boden-Grundwasser'				
	MP Auffüllung KRB 1-4	MP Aushub KRB 5-8	MP Aushub KRB 9-12	Prüfwert BBodSchV (TOC < 0,5 %)	Prüfwert BBodSchV (TOC > 0,5 %)
	µg/L				
TOC (%)	0,35	0,33	0,22	-	-
Arsen	4,53	<1	<1	15	25
Blei	<1	<1	<1	45	85
Cadmium	<0,3	<0,3	<0,3	4	7,5
Chrom gesamt	<5	<5	<5	50	50
Kupfer	<10	<10	<10	50	80
Nickel	<1	<1	<1	40	60
Quecksilber	<0,1	<0,1	<0,1	1	1
Zink	<10	<10	<10	600	600
PCB ₇	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	
PAK ₁₅	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	

Legende: Prüfwert eingehalten

Wie den Tabellen 7a und 7b zu entnehmen ist, konnten keine Prüfwertüberschreitungen ermittelt werden. Es ist kein Gefährdungspotenzial auf den Wirkungspfaden 'Boden-Mensch' und 'Boden-Grundwasser' für die untersuchten Parameter angezeigt.

4.5 Fazit / Empfehlungen Aushubmaterial

Das Material der Mischproben ist auf Grundlage der Analysenergebnisse gemäß BM-0*, >BM-F3 und DK 0 einzustufen. Es wird darauf hingewiesen, dass für eine deponieseitige Verwendung in besonderer Funktion ergänzende Analysen/Untersuchungen erforderlich werden können. **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 Positionen für „andersartig“ bzw. „höher“ belastete Aushubböden vorgesehen werden.**

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

Für Analysen gemäß Deponieverordnung [4] gilt für gewöhnlich eine Gültigkeit von etwa ½ Jahr. Vorgenannte Zeitspanne wird von Annahmestellen i. d. R. als Stichtag für die Beurteilung einer aktuellen Analytik herangezogen.

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

Alternativ empfiehlt sich durch den Tiefbauunternehmer im Beisein des IB KLEEGRÄFE bereits einige Wochen vor tatsächlichem Maßnahmenstart Baggerschürfe durchzuführen und diese entsprechend des geplanten Wiederverwendungs- bzw. Entsorgungsweges chemisch zu untersuchen. Je nach Baustart und Bauausführung bietet es sich dann an, entsprechende Analysen gemäß EBV [3], BBodSchV [28] und/oder DepV [4] durchführen zu lassen. Sofern eine Verfüllmaßnahme zur Verfügung steht, die vor dem 16.07.2021 genehmigt wurde, kann ggf. eine Analyse gemäß LAGA_{Boden} [31] 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 BlmSchG-genehmigtes Zwischenlager zu verbringen. Das Material geht dann in den Besitz des Zwischenlagerbetreibers über. Bei weiterer Betrachtung dieser Möglichkeit sollten jedoch zuvor enge Abstimmungen bezüglich des Vorgehens mit dem Tiefbauer/Zwischenlagerbetreiber erfolgen.

5.0 Baugrundbewertung

5.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche

Korngrößenanalysen: Es wurden vier Korngrößenanalysen nach DIN EN ISO 17892-4 [1] zur Charakterisierung der gründungsrelevanten Böden durchgeführt. In der Anlage 3.1 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Körnungsbreite zur Verwendung innerhalb der Homogenbereiche ergibt sich aus der Zusammenschau der Kornsummenkurven (zzgl. Stein-/Blockanteil). Die Ergebnisse der Analysen sind zusammenfassend in der nachfolgenden Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8: Ergebnisse der Korngrößenanalysen/Wassergehaltsbestimmungen

Probe / (Genese)	Profilber. m u. GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	k _f -Wert (m/s) ¹⁾²⁾	Wassergehalt (%)	Bodengruppe
1/5 (G _{Zv})	2,40-3,00	7,2		7,0	85,8	$\sim 2,9 \times 10^{-3}$	4,73	GU/GW
2/3 (G _{Zv})	0,60-1,70	12,3	36,3	6,2	45,2	$\sim 6,4 \times 10^{-8}$	9,24	GU*/GT
9/3 (G _{Zv})	1,00-1,60	9,7	29,7	8,4	52,2	$\sim 1,6 \times 10^{-7}$	16,33	GU*/GT
10/3 (U _{Zv})	0,40-1,10	32,6		7,4	60,0	$< 1,0 \times 10^{-6}$	11,80	GU*/GT*

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

¹⁾ k_f-Wertbestimmung bei bindigen Böden nach MALLETT & PACQUANT [32], bei nicht bindigen Böden nach BEYER [33]

²⁾ DIN 18130 [22]: **stark durchlässig** / **durchlässig** / **gering durchlässig** / **sehr gering durchlässig**

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

Die Verwitterungsbildungen stellen sich vorwiegend als stark verlehmt Kiese dar. Die bindigen Anteile beeinflussen deutlich die Durchlässigkeit der Böden und deren Frostempfindlichkeit. Gemäß bautechnisch relevanter DIN 18196 [34] können diese Böden den Bodengruppen GU* (Kies-Schluff-Gemische) und GT/GT* (Kies-Ton-Gemische) zugeordnet werden.

Der Verlehmungsgrad nimmt mit der Tiefe augenscheinlich ab. Die Probe 1/5 aus dem Tiefenbereich 2-3 m u. GOK weist nur noch einen geringen Feinkornanteil auf, der keinen nennenswerten Einfluss ausübt. Diesen Böden können die Bodengruppen GU (Kies-Schluff-Gemische) und GW (weitgestufte Kiese) zugeordnet werden.

Durchlässigkeiten: Der Durchlässigkeitsbeiwert kann bei bindigen/verlehmten Böden nach MALLETT & PACQUANT [32] und bei nicht bindigen Böden nach BEYER [33] ausgewertet werden. In Abhängigkeit des Feinkornanteils ergeben sich Durchlässigkeiten in der Größenordnung von $k_f \sim 10^{-3}$ m/s bis 10^{-8} m/s (nach DIN 18130 [22]: 'stark durchlässig' bis 'gering durchlässig'). Es liegt kein nennenswertes bis ein ausgeprägtes Staunäsepotenzial vor.

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

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

Verdichtungsempfindlichkeit: Die Verdichtungsempfindlichkeit von Böden kann anhand der Beschreibung der Körnungslinie durch die Ungleichförmigkeitszahl C_u sowie die Krümmungszahl C_c nach der DIN EN ISO 14688-2 [35] abgeleitet werden. Auch nach der bautechnisch relevanten DIN 18196 [34] kann der Boden als eng- oder weitgestuft klassifiziert werden, welches die Verdichtungsfähigkeit ableiten lässt. Mithilfe eines Merkblattes des GEOLOGISCHEN DIENSTES NRW [36] können die Ergebnisse ausgewertet werden.

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

Weitgestufte Kiese mit einem geringeren Feinkornanteil (vgl. Probe 1/5) können hingegen ohne größeren Aufwand nachverdichtet werden.

Frostempfindlichkeit: Nach der Frostempfindlichkeitsklassifikation der ZTV E-StB [37] sind die untersuchten Böden aufgrund der Feinkornanteile mehrheitlich in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 ('sehr frostempfindlich') zu stellen. Lediglich schwach verlehnte Kiese, wie die Probe 1/5, sind der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 ('gering bis mittel frostempfindlich') zugehörig.

5.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche

Die Untersuchungen erfolgten gemäß der DIN EN ISO 22476-2 [38] und TP BF-StB Teil B15.1 [39] und wurden mit der sog. leichten (DPL = 'Dynamic Probing Light 5', 5 cm² Spitzenquerschnitt) Rammsonde durchgeführt.

Die Rammsondierungen wurden in unmittelbarer Nähe zu den zuvor durchgeführten Rammkernsondierungen angesetzt. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe n_{10} gegen die Tiefe. Die Rammdiagramme sind in der Anlage 2.1 grafisch dargestellt und den jeweiligen Rammkernsondierungen gegenübergestellt. Ausgewertet werden nur die Bereiche unterhalb von organischen Oberböden.

- ⇒ Füllböden: Die östlich des Werksgeländes, im Bereich des ursprünglich geplanten Löschwasserteiches, abgeteuften Bohrungen KRB 1, 3 und 4 zeigten aufgefüllte Böden in deutlichem Umfang (Mächtigkeiten von ca. 2,4 m bis 2,9 m).
Aufgrund der Heterogenität dieser Füllböden sowie der vorwiegend geringen Lagerungsdichten/Konsistenzen (locker/weich bis weich-steif) eignen sich diese nicht unmittelbar zum Lastabtrag (relevant für den aktuell geplanten Löschwassertank).
- ⇒ Lössüberdeckung: Die z. T. oberhalb der Verwitterungsbildungen angetroffenen Reste einer Lössüberdeckung zeigen überwiegend lediglich weiche bis weich-steife Konsistenzen und keine ausreichenden Tragfähigkeiten.
- ⇒ Verwitterungszone: Die lehmig-kiesige Verwitterungszone weist – mit Ausnahme z. T. oberflächennaher Aufweichungen/Auflockerungen – vorwiegend dichte bis sehr dichte Lagerungen bzw. halbfeste Konsistenzen auf. Aufgrund der hohen Lagerungsdichten / Konsistenzen musste die Mehrzahl der Rammsondierungen oberhalb der Bohr-Endtiefe abgebrochen werden. Auch die Bohrungen selbst mussten vorwiegend vor Erreichen der geplanten Endtiefe wegen fehlenden Bohrfortschritts abgebrochen werden.

5.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 9 werden, abgeleitet aus den bodenmechanischen Laborversuchen und basierend auf örtlichen Erfahrungs- und Literaturwerten, Schwankungsbreiten der bodenmechanischen Kennwerte für die gründungsrelevanten Bodenschichten aufgeführt. Sie stellen 'vorsichtige Schätzwerte der Mittelwerte' (charakteristische Werte) dar.

Tabelle 9: Bodenmechanische Kennwerte der gründungsrelevanten Bodeneinheiten

BODENART	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	$\varphi_k / \varphi_{s,k}$ (°)	c_k (kN/m ²)	$E_{s,k}$ (kN/m ²)
<u>neue Schotterung</u> : Kies, sandig; ± dicht	21,0 - 22,0	13,0 - 14,0	35,0 - 37,5	0	60.000 - 100.000 RW 80.000
<u>V1-Material</u> : Kies, sandig, schwach bindig; mitteldicht-dicht	20,0 - 21,0	12,0 - 13,0	35,0	0	40.000 - 60.000 RW 50.000
<u>Füll-Kies</u> : Kies, sandig, bindig, z. T. steinig; vorwiegend locker	19,0 - 20,0	10,0 - 11,0	32,5	0	30.000 - 50.000 RW 40.000
<u>Füll-Lehm</u> : Schluff, kiesig, (stark) tonig, schwach sandig; weich bis weich-steif	18,0 - 19,0	8,0 - 9,0	22,5 - 27,5	0	3.000 - 5.000 RW 4.000
<u>Löss</u> : Schluff, tonig, schwach sandig, schwach kiesig; vorw. weich bis weich-steif	18,0 - 19,0	8,0 - 9,0	22,5 - 27,5	0	4.000 - 6.000 RW 5.000
<u>verlehmteter Verwitterungskies / Verwitterungslehm</u> : Kies, stark bindig, schwach sandig bzw. bindiger Boden, stark kiesig; dicht bzw. halbfest	19,0 - 20,0	10,0 - 12,0	27,5 - 32,5	0 - 5 RW 2	20.000 - 50.000 RW 35.000
<u>Verwitterungskies</u> : Kies, schwach bindig, schwach sandig, z. T. steinig; dicht bis sehr dicht	21,0 - 22,0	13,0 - 14,0	35,0	0	40.000 - 60.000 RW 50.000
<u>Grundgebirge (nicht direkt erbohrt)</u> : Tonstein, Kalkstein (z. T. verkarstet); halbfest-fest, angewittert	20,0 - 23,0	21,0 - 24,0	30,0 - 35,0	20 - 30 RW 25	60.000- 100.000 RW 80.000

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

5.4 Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen und Frostklassen

In der folgenden Tabelle 10 erfolgt die Zuweisung der Homogenbereiche der relevanten Gewerke Landschaftsbau- und Erdarbeiten für gleichartige Baugrundeigenschaften. Im Rahmen dessen erfolgt die Angabe der alten Bodenklassen für Erdarbeiten, die Zuteilung der Bodengruppen für bautechnische Zwecke sowie die Angabe der Frostempfindlichkeitsklassen.

Tabelle 10: Bodenklassen, Bodengruppen, Frostklassen, Homogenbereiche

Schichtglieder	Bodenklasse (DIN 18300 _{alt} [40])	Bodengruppe (DIN 18196 [34])	Frostklasse (ZTV E-StB [37])	Homogenbereiche Gewerke Landschaftsbau- arbeiten [41], Erdarbeiten [42]
Mutterboden ¹⁾	1	A (OU/OH) / OU/OH	F 3	LAND 1
Füll-Kies ³⁾	3 - 4, u. U. 5	A (GW/GU/GU*/GT/X)	F 1 - F 3 ²⁾	ERD 1
Füll-Lehm ¹⁾	4, u. U. 2	A (UL/TL/UM/TM)	F 3	
Steine/Blöcke ³⁾⁴⁾	6 - 7	X/Y	F 1	
Löss ¹⁾	4, u. U. 2	UL/TL/UM/TM	F 3	
Verwitterungslehm ¹⁾	4, u. U. 2/5	Zv/UL/TL/UM/TM/TA/ GU*/GT*	F 3 - F 2	
Verwitterungskies ³⁾⁴⁾	3 - 7	Zv/GW/GU/GU*/ GT/GT*/UL/TL/X/Y	F 1 - F 3 ²⁾	
Tonstein/Kalkstein ³⁾⁴⁾	6 - 7	Z/Zv	kein Boden	ERD 2

Legende: ¹⁾ bei Wassersättigung bewegungsempfindlich,

²⁾ abhängig vom Feinkornanteil,

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

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

Homogenbereich LAND 1: Für den Mutterboden erfolgt die Ausweisung eines eigenen Homogenbereichs für das Gewerk Landschaftsbauarbeiten nach der DIN 18320 [41]. Organische Oberböden sind getrennt zu behandeln, da sie gemäß der geltenden Norm nicht in das Eigentum des beauftragten Tiefbauunternehmens übergehen, sondern als schützenswertes Gut gelten. Die Homogenbereiche werden nach DIN 18196 [34], DIN 18915 [43] sowie nach dem Stein- und Block-Anteil zugeteilt. Da die Eigenschaften zur Bodenlösung nicht nennenswert anders sind und dem IB KLEEGRÄFE der weitere Nutzweg nicht bekannt ist, erfolgt keine Angabe der spezifischen Eigenschaften gemäß DIN 18320.

Homogenbereiche ERD 1 und ERD 2: Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Böden überwiegend mittels Löffelbagger-Einsatzes mit Schneidbestückung/ Zahnbestückung möglich sein wird.

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

Von o. g. Aussagen ebenfalls ausgeschlossen ist der potenzielle Rückbau von Bestandsbebauung/-versiegelung.

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

Spätestens wo Bauteile deutlich tiefer als die erreichten Bohr-/Rammendteufen eingebunden werden, sind hierfür kalkulatorisch die Bodenklassen 6-7/7 bzw. der Homogenbereich ERD 2 in Ansatz zu nehmen. Hierfür kann es erforderlich sein, bestandsschonende Anbaugeräte nach Wahl des AN zur Lösung des Grundgebirges vorzuhalten, weshalb die entsprechende Position in einem LV vorab abgefragt werden sollte.

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

Tabelle 11: Erläuterungen Tabelle 10

Norm	Symbol/Bezeichnung	Erläuterung
nach alter DIN 18300 [40]	Bodenklasse 1: Bodenklasse 2: Bodenklasse 3: Bodenklasse 4: Bodenklasse 5: Bodenklasse 6: Bodenklasse 7:	Oberböden fließende Bodenarten leicht lösbar Bodenarten mittelschwer lösbar Bodenarten schwer lösbar Bodenarten leicht lösbarer Fels oder vergl. Bodenarten schwer lösbarer Fels
nach DIN 18196 [34]	A OU OH GW GU/GU* GT/GT* TL/TM/TA UL/UM Zv/Z X/Y	Auffüllung Schluffe mit organischen Anteilen grob- und gemischtkörnige Böden mit Anteilen humoser Art weitgestufte Kiese Kies-Schluff-Gemische Kies-Ton-Gemische leicht / mittel / ausgeprägt plastische Tone leicht / mittel plastische Schluffe Fels verwittert / Fels, allgemein Steine / Blöcke
nach ZTV E-StB [37]	F 1 F 2 F 3	nicht frostempfindlich gering bis mittel frostempfindlich sehr frostempfindlich
Homogenbereiche nach DIN 18300 [42]	ERD 1: ERD 2:	Eigenschaften siehe Tabelle 12a Eigenschaften siehe Tabelle 12b

5.5 Homogenbereiche gem. VOB Teil C

Die Festlegung von Homogenbereichen (Tabelle 12a/b) erfolgt im Hinblick auf die anzusetzende Geotechnische Kategorie GK 2. Ausgewiesen wird das Gewerk 'Erdarbeiten' gem. DIN 18300 [42].

Tabelle 12a: Kennwerte für Homogenbereich ERD 1 (Abgrenzung: Tab. 10)

Kennwert / Eigenschaft	Homogenbereiche (Wertebereiche)
	Gewerk 'Erdarbeiten'
	ERD 1
Kornverteilung mit Körnungsbändern	siehe Anlage 3.1, zzgl. Stein-/Blockanteil
Definition von Steinen + Blöcken	<u>Auffüllungen</u> : Bauschutt i. w. S. <u>Geogen</u> : Verwitterungsrelikte
Anteil Steine und Blöcke	≤ 60 % (Schätzung)
Anteil große Blöcke	≤ 20 % (Schätzung)
mineral. Zusammensetzung der Steine und Blöcke	<u>Auffüllungen</u> : v.a. Ziegel, Schotter, Schlacke, Asche <u>Geogen</u> : Kalkstein, Tonstein, Anhydrit, Gips
Dichte	$\rho_s = 2,65 - 2,85 \text{ g/cm}^3$ (Korndichte)
Kohäsion	≤ 15 kN/m ²
undrainierte Scherfestigkeit	≤ 150 kN/m ²
Sensitivität	n. b.
Wassergehalt	~ 3 % bis 50 %
Konsistenz	weich-breig bis > halbfest
Konsistenzzahl	~ 0,25 bis > 1,2
Plastizität	gering bis ausgeprägt bzw. n. b.
Plastizitätszahl	~ 0,10 bis > 0,30 bzw. n. b.
Durchlässigkeit	ca. $k_f = 1 \times 10^{-3}$ bis $1 \times 10^{-10} \text{ m/s}$
Lagerungsdichte	~ 0,15 bis > 0,65
Kalkgehalt	(Ausgangsgestein ca. 0-90 % CaCO ₃)
Sulfatgehalt	n. b.
Organischer Anteil	≤ 5 % (Schätzung)
Abrasivität	n. b. (bei Bedarf LCPC-Versuch)
Bodengruppen	A, X, Y, UL, TL, UM, TM, TA, GW, GU, GU*, GT, GT*, Zv
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, Löss, Verwitterungsbildungen

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

Tabelle 12b: Kennwerte für Homogenbereich ERD 2 (Abgrenzung: Tab. 10)

Kennwert / Eigenschaft	Homogenbereiche (Wertebereiche)
	Gewerk 'Erdarbeiten'
	ERD 2
Benennung von Fels	Tonstein / Kalkstein (Perm)
Dichte	n. b.
Verwitterung u. Veränderung, Veränderlichkeit	verkarstet / angewittert bis unverwittert, mäßig veränderlich
Kalkgehalt	Kalkstein: ca. 70-95 % CaCO ₃ (*) Tonstein: ca. < 5-10 % CaCO ₃ (*)
Sulfatgehalt	gering-mäßig
Druckfestigkeit	Kalkstein: 50-200 MN/m ² , Schätzung (*) Tonstein: 0,5-40 MN/m ² , Schätzung (*) (1-axiale Druckfestigkeit in Abhängigkeit vom Anwitterungs-/Karstzustand)
Spaltzugfestigkeit	n. b. (*)
Trennflächengefüge	Kalkstein: massig, z. T. Karstspalten (*) Tonstein: schiefzig, lagig (*)
Trennflächenabstand	Kalkstein: massig, z. T. Karstspalten (*) Tonstein: schiefzig, lagig (*)
Gesteinskörperform	Kalkstein: massig, z. T. Karstspalten (*) Tonstein: dünnbankig, z. T. schiefzig (*)
Öffnungsweite der Trennflächen	eng (*)
Kluftfüllung von Trennflächen	Lehm/Ton (*)
Gebirgsdurchlässigkeit	gering bis hoch (geschätzt $k_f = 10^{-2}$ bis 10^{-8} m/s, *) DIN 18130: 'stark durchlässig' - 'gering durchlässig'
Abrasivität	n. b. (*)
ergänzende ortsübliche Bezeichnung	Zechstein

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

* Detaillklärung Felskennwerte: Bei Bedarf / Erfordernis der Kenntnis der exakten Felskennwerte werden Felskernbohrungen sowie die Durchführung von Versuchen im felsmechanischen Labor notwendig.

6.0 Hinweisgebungen zur Baudurchführung

Die FOSCH GMBH plant die Erweiterung ihres Betriebes an der Straße 'Zur Heide 36' in 34431 Marsberg-Giershagen.

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

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

6.1 Bodenmanagement / Massendefizitausgleich

Baureifmachung des Geländes: Im Vorfeld der weiteren Bautätigkeiten sind noch vorhandene Bestandsbebauung und sonstige dortige Unterflurbauteile sowie Versiegelungen vollständig aus dem Baufeld zu entfernen. Ebenso entfernt werden müssen vorhandene Bäume und Sträucher etc. mitsamt Wurzelballen.

Auftrag/Abtrag ('cut and fill') / Bodenmanagement: Zwischen den Bohransatzpunkten im überplanten Bereich (KRB 5 bis KRB 12) konnten Höhenunterschiede von ca. 12,46 m ermittelt werden. Die Höhenkote schwankt zwischen ca. +388,86 m NHN und +401,32 m NHN. Gemäß Mitteilung des Planungsbüros wird die Oberkante Fertig-Fußboden der geplanten Hallen und somit \pm auch die umliegende zukünftige Geländeoberkante bei einem Niveau von +395,41 m NHN vorgesehen.

Der überplante Bereich westlich der aktuellen Bestandsbebauung liegt z. T. deutlich höher als die geplante GOK (KRB 12: +5,9 m).

Die aktuelle Geländeoberkante nimmt von der Bohrung KRB 12 in nordwestliche Richtung hin deutlich ab. Im Bereich der Sondierungen KRB 11 und KRB 12 werden Abtragsarbeiten erforderlich. Die KRB 10 liegt \pm auf dem geplanten Niveau.

Die Bereiche um KRB 5 bis KRB 9 liegen demgegenüber morphologisch deutlich tiefer als die geplante GOK. Es sind Höhenunterschiede von ca. 2,85 m bis 6,55 m festzustellen. Es wird ein umfangreicher qualifizierter Massendefizitaufbau erforderlich. Aufgrund des deutlichen Massendefizits wird nach erster Einschätzung eine Materialumlagerung vor Ort nicht ausreichen und es werden Zukaufmassen erforderlich.

Die anfallenden / auszuhebenden Bodenmassen (Oberböden, Lösslehm, Verwitterungslehm/verlehmtter Verwitterungskies, Verwitterungskies) sind in der Bauausführung möglichst 'sauber' zu separieren, um eine optimierte Aufbereitung zu ermöglichen. Zur Maximierung der Gewinnung wiedereinbaufähiger Massen sollte die Auskofferung zumindest anfänglich unter ingenieur-geologischer Begleitung erfolgen. Die Oberböden sind getrennt vom Unterboden als Schutzgut aus den überplanten Flächen vollständig abzuziehen, separat zu lagern und vor Verdichtung zu schützen. Oberböden sind in gleicher Funktion wiederzuverwenden.

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

Als wichtigste Maßnahme wird die Folienabdeckung ggf. vor-Ort zwischengelagerter und zum Wiedereinbau vorgesehener Mieten als Schutz vor Oberflächeneinträgen angeraten. Die Folien müssen mit einer deutlichen Überlappung und langfristig windgesichert angebracht und ergänzend im Sohlbereich ausgelegt werden. Im Bereich der Mieten sollte der anstehende Oberboden ('Mutterboden') abgeschoben werden, um Vermischungen mit dem Mietenmaterial zu vermeiden.

Abzufahrendes Material kann chemisch, wie in Kapitel 4 aufgeführt verwendet werden.

Untergrundverbesserung mittels Mischbinderzugabe: Der Untergrund im Untersuchungsbereich ist gemäß der Bodenansprache im Gelände und den Ergebnissen der Korngrößenanalysen nach, heterogen zusammengesetzt (tonige Schluffe, schwach bis stark bindige Kiese bzw. stark kiesige bindige Böden). Während die oberflächennah z. T. erbohrten Lössböden voraussichtlich gut zu stabilisieren sind, eignen sich die Verwitterungslehme/-kiese nur bedingt für eine Mischbinderbehandlung. Es wird daher empfohlen, die Eignung des Verfahrens durch die Errichtung von Probefeldern zu prüfen.

Sollte ein bindiges Material zur Geländeaufhöhung zugekauft werden, ist eine Bodenverbesserung und -verfestigung mittels eines Kombinationsbindemittels hingegen in Betracht zu ziehen.

Das Mischungsverhältnis von Weißfeinkalk/ungelöschter Branntkalk und Zement ist abhängig von der tatsächlichen Korngrößenzusammensetzung. Bei bindigen Böden ist für gewöhnlich ein

Mischungsverhältnis von 50/50, bei Mischböden ggf. 30/70 sinnvoll. Entsprechend den tatsächlichen Verhältnissen auf Erdplanum ist das Mischungsverhältnis anzupassen. Vor Durchführung der Kalkung werden Proctorversuche an den Böden zur Bestimmung des 'optimalen Wassergehaltes' notwendig.

Es wird auf den deutlichen Lösungs-Mehraufwand bei Auskofferung von Fundament-/Kanalgräben/-gruben hingewiesen. Zudem sind die aufbereiteten Schichten nicht als Teil des frostsicheren RStO-Oberbaus [7] anzurechnen.

Es ist für den Auftrag ein Qualitätssicherungsplan (QS-Plan) gem. ZTV E-StB [37] zu erstellen.

Das Untersuchungsgebiet liegt in einem Gewerbegebiet, was bezüglich der grundsätzlichen Anwendbarkeit des Verfahrens positiv beurteilt wird. Da verfahrensbedingt mit einer nicht gänzlich zu vermeidenden Staubbelastung der Umgebung zu rechnen ist, sollte dies im Vorfeld geklärt werden.

Es sollte auf alle Fälle eine Firma mit den Arbeiten betraut werden, die auf diesem Gebiet über ausreichend positive Erfahrungen verfügt und auf einen entsprechend qualifizierten Maschinenpark zurückgreifen kann.

Querneigung / Schutzmaßnahmen: Gemäß ZTV E-StB [37] gelten für die herzustellenden Neigungen und Schutzmaßnahmen die Hinweise der Abschnitte 4.4.5 und 4.4.6. Demnach ist eine Neigung von $\geq 2,5\%$ herzustellen. Bei den erheblichen zu bearbeitenden Flächengrößen empfiehlt sich die Herstellung eines 'Sägezahnprofils', an dessen Tiefpunkten Entwässerungsmöglichkeiten eingerichtet werden sollten. Dies ist für die schadlose Aushärtung des Erdplanums im Falle von Niederschlagsereignissen von Bedeutung. Werden keine Schutzmaßnahmen getroffen, so werden vor Einbau einer Tragschicht Nacharbeiten auf Erdplanum erforderlich.

Bodenmechanische Anforderungen an ein Mineralgemisch zum sonstigen Massendefizitausgleich: Nachfolgend beschriebenes Material kann alternativ zu den o. g. Verfahren verwendet werden.

Es darf ausschließlich volumenkonstantes, nicht schrumpf- oder quellfähiges sowie verdichtungsfähiges Material eingebaut werden. Holz, Plastik, unaufbereitete bindige Böden, organische Böden sowie Gips, etc. dürfen daher nicht eingebaut werden.

Es sollte ausschließlich Material eingebaut werden, welches der ZTV A-StB [44] Verdichtbarkeitsklasse V 1 zugehörig ist (V1-Material, max. Lagenmächtigkeit 30 cm). Die empfohlenen Materialien werden gutachterlicherseits auf diejenigen der nach DIN 18196 [34] entsprechenden Bodengruppen GW, GI, SW, GU und GT beschränkt. Hiervon abweichend

wird ein bindiger Anteil von max. 10 % als sinnvoll erachtet. Der organische Anteil des Einbaumaterials sollte 1 bis 2-Massen % nicht überschreiten.

Es wird gutachterlicherseits eine zu erreichende Proctordichte von $D_{Pr} \geq 97-98$ % gefordert. Die nachzuweisenden Verformungsmoduln variieren von $E_{v2} \geq 45$ MPa (Verkehrsflächen) bis $E_{v2} \geq 120$ MPa (Bodenplattenbereichen). Das Material muss auf die Erfüllung beider vorgenannter Forderungen abgestimmt sein. Die ausreichende Lagerungsdichte (mitteldicht-dicht) des Aufbaukörpers sollte durch Rammsondierungen nachgewiesen werden.

Vorgesehenes Einbaumaterial sollte mit dem IB KLEEGRÄFE im Vorfeld hinsichtlich der geforderten bodenmechanischen Leistungen und der Verfügbarkeit ausreichend homogener Massen abgestimmt werden.

Vor Auftrag eines Mineralgemisches zum Massendefizitausgleich wird die flächige Auflage eines Geotextils zur Trennung von bindigem Erdplanum und aufzubringendem Schottermaterial empfohlen. Sollten die bindigen Böden auf Erdplanum geringe Konsistenzen aufweisen, wird u. U. der zusätzliche Einbau eines Geogitters erforderlich.

Einbau eines Geotextils: Auf das bindige Erdplanum sollte die flächige Auflage eines Geotextils erfolgen. Hierdurch soll langfristig eine Feinkornumlagerung verhindert werden. Es sollte ein Geotextil der Geotextilrobustheitsklasse GRK 3 (mechanisch verfestigt, Bemessungsfall AS 3/AB 2, Flächengewicht > 150 g/m², Stempeldurchdrückkraft $> 1,5$ kN) verwendet werden.

Einbau eines Geogitters: Eine mit Geogittern bewehrte Tragschicht bietet eine hohe Eigensteifigkeit und damit eine deutliche Reduzierung von potenziellen Setzungsdifferenzen. Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass Setzungen durch die Bewehrung nicht verhindert werden. Setzungen können jedoch vergleichmäßig und lokale Senkungsbereiche überbrückt werden.

Bei der Verwendung von Schotter als Auftragsmaterial kommt es zu einer *Verzahnung* des Korngerüstes mit der offenen Geogitterstruktur. Eine Auflockerung des Korngerüstes an der Unterseite des Schotters wird dadurch reduziert und der innere Reibungswinkel des Schotters bleibt erhalten.

Die Herstellervorgaben zum Einbau sind zu beachten. Typischerweise wird von Seiten des Herstellers eine Mindestüberschüttung eines Geogitters mit einem Mineralgemisch von 30 cm Stärke gefordert.

Der Einbau von Geotextil und Geogitter kann durch Verwendung von Einzelprodukten oder durch Einbau eines Kombinationsproduktes erfolgen.

Verdichtungsgeräte: Zur Minimierung auftretender Schwingungen in die unterlagernden bindigen Böden ist in der unteren Schotterlage ausschließlich der Einsatz 'leichter' Flächenrüttler nach Wahl des AN einzusetzen.

Chemische Anforderungen an ein Mineralgemisch zum sonstigen Massen-defizitausgleich: Durch das Inkrafttreten der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) am 01.08.2023, bestehen nun gesetzliche Anforderungen an den Wiedereinbau von Böden. Die Anforderungen der EBV betreffen sowohl den Einbau von vor Ort gewonnenen Bodenmaterial als auch den Einbau von zugekauften Ersatzbaustoffen (Bodenmaterial, RC-Material, etc.). 'Steinbruch'-Schotter oder Sand aus Trocken- oder Nassabgrabungen betrifft diese Verordnung nicht.

Bei der Beurteilung der Einbaueignung von mineralischen Ersatzbaustoffen ist eine entscheidende Größe die Vorlage einer 'günstigen' oder 'ungünstigen' Deckschicht hinsichtlich der vorliegenden Bodenarten und des Grundwasser-Flurabstandes.

Sofern ein ausreichender Grundwasser-Flurabstand vorliegt, kann die Deckschicht bei Vorlage ungeeigneter Böden auch technisch hergestellt werden. Die Bodenart der Grundwasser-deckschicht muss den Hauptgruppen der Bodenarten Sand, Lehm, Schluff oder Ton entsprechen.

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.

Hinweise zum Einbau von MEBs im Untersuchungsgebiet sind dem Kapitel 4.2 zu entnehmen.

Neben den Anforderungen zur Deckschicht / des Grundwasser-Flurabstandes schreibt die EBV unterschiedliche Verwertungsmöglichkeiten für unterschiedliche Materialien, abhängig von der Deckschicht/dem Grundwasserflurabstand vor (Anlage 2, Tabellen 1 bis 27 der EBV).

Für das hier vorliegende Bauvorhaben sind für die Modellierung des Geländes vermutlich die Bauweisen 4 und 13 relevant. Sollte der Bodenplattenunterbau sowie die Frostschutz- und Schottertragschicht unterhalb asphaltierter Flächen aus MEBs (z. B. RC-Material) hergestellt werden sollen, sind die Bauweisen 2 und 8 relevant, im Bereich einer Wassergebundenen Decke kommt bei Schotterersatz durch z. B. RC-Material die Bauweise 7 zum Tragen.

In den o. g. Bauweisen ist unter Berücksichtigung der Vorlage einer 'ungünstigen' Grundwasser-deckschicht der Einbau von MEBs der Klassen RC-1, BM-0* und BM-F1, im versiegelten Bereich auch RC-2 und BM-F2 sowie grundsätzlich auch verschiedene Aschen und Schlacken zulässig.

Für die Schichtdicke von MEBs bei den verschiedenen Bauweisen wird ergänzend auf die Tabelle A2-1 der LAGA FAQ 3 [45] hingewiesen.

Es sollte ein Bodenmanagementkonzept erstellt werden, in welchem im Vorfeld die einzubauenden Materialien im Detail definiert werden.

Anmerkung zu Thema RC-Einbau: Sollte der Einbau von RC-Material vorgesehen sein wird darauf hingewiesen, dass mit Inkrafttreten der Ersatzbaustoffverordnung eine Güteüberwachung verpflichtend ist. Ohne Eignungsnachweis darf kein RC-Material (oder andere technische hergestellte mineralische Ersatzbaustoffe) eingebaut werden. Abhängig von der einzubauenden Kubatur und dem Alter des Eignungsnachweises wird ggf. auch die Vorlage einer oder mehrerer Werkseigener Produktionskontrollen sowie einer Fremdüberwachung erforderlich. Ein Antrag bei der Behörde ist - außer beim Einbau von RC-3-Material sowie spezieller Aschen und Schlacken - nicht mehr notwendig, es sei jedoch auf die umfangreiche Dokumentationspflicht der Ersatzbaustoffverordnung verwiesen (§25 EBV).

Es ist darauf hinzuweisen, dass von der Qualität (Zusammensetzung, Materialart, etc.) des einzubauen Recycling-Material auch die erreichbaren Verdichtungsmodule abhängen.

Anmerkung zum Thema Geländeaufhöhung: Reine Geländeaufhöhungen, ohne technischen Anspruch an das Material, fallen gemäß der Mantelverordnung in den Anwendungsbereich der novellierten Bundesbodenschutzverordnung. Diese sieht als hier realisierbares Ersatzmaterial ausschließlich ein BM-0-Material vor. Die Verwendung von z. B. RC-Material ist nicht möglich.

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

6.2 Hinweisgebungen zum Gebäudebau

Die Firma FOSCH GMBH sieht die Erweiterung ihres Werkes vor. Im Bereich potenzieller zukünftiger Bebauung wurden die Kleinrammbohrungen KRB 5 bis KRB 12 abgeteufelt (s. Abb. 4). Die Ansatzpunkte KRB 1 bis KRB 4 wurden im Bereich angedachter Versickerungsbauwerke bzw. eines Löschwassertanks durchgeführt.

Zukünftige Hallenanbauten werden gemäß Mitteilung nicht unterkellert. Nähere Informationen zur Bauweise liegen dem IB KLEEGRÄFE nicht vor. Es folgen allgemeine orientierende Hinweisgebungen hinsichtlich einer zukünftigen Bebauung.

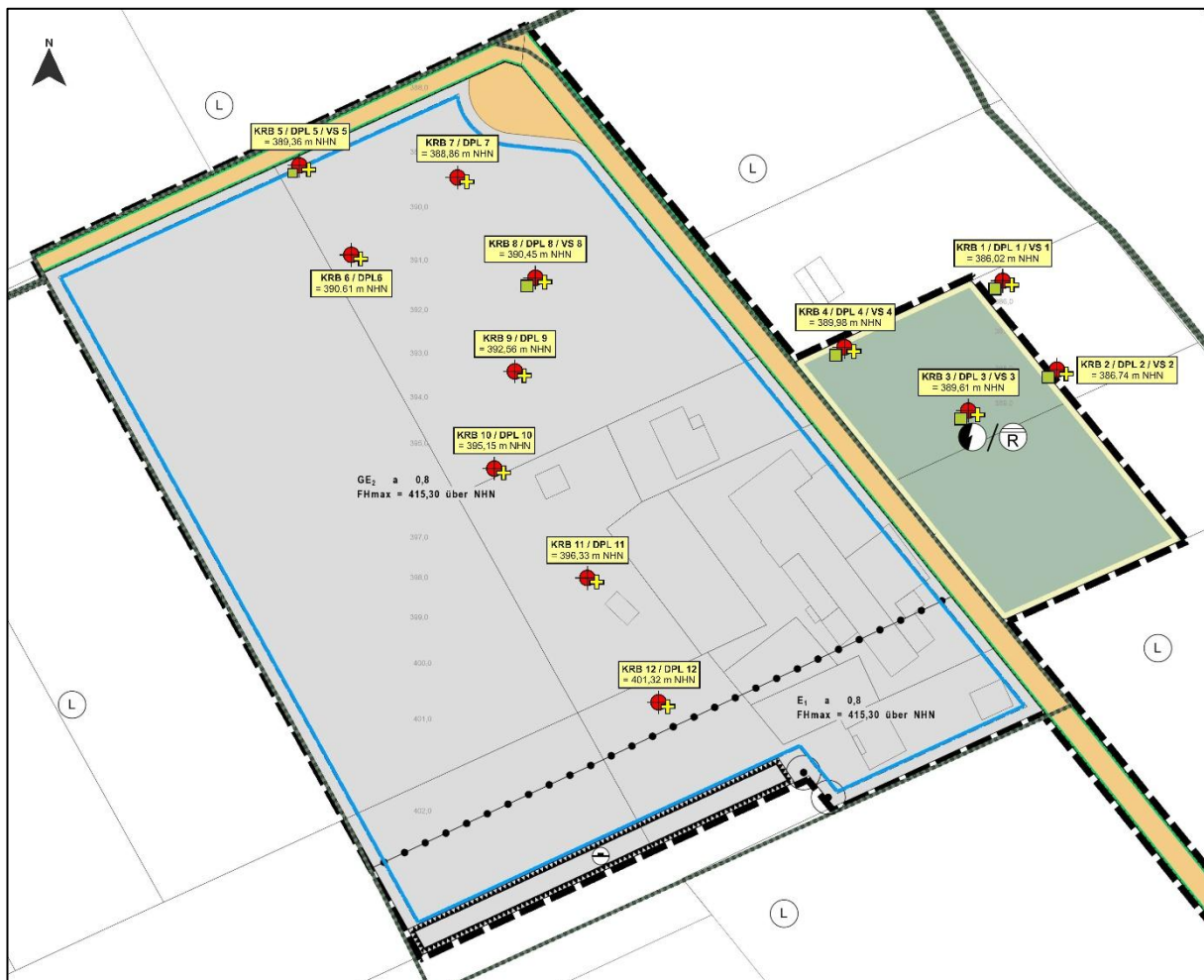


Abbildung 4: Übersicht des B-Plans Nr. 10 auf der Haide [U9] und Lage der Bohransatzpunkte

Die zukünftige Oberkante Fertig-Fußboden (OKFF) zukünftiger Gebäude/Hallen wird gemäß Mitteilung des Planungsbüros höhengleich zur OKFF der Bestandshallen bei einem Niveau von +395,41 m NHN geplant. Die Geländeoberkante liegt im Bereich der Bestandshalle ca. 5 cm tiefer [U8] bei einem Niveau von +395,36 m NHN.

Die angrenzende Bestandshalle gründet gemäß [U8] über Streifenfundamente, die 1,00 m gegenüber der Geländeoberkante einbinden. In der Frosteinwirkungszone II ist zur Einhaltung der Frostsicherheit eine Mindesteinbindetiefe von 1,00 m erforderlich.

Unter Berücksichtigung der Bestandsgründung und der frostsicheren Mindesteinbindetiefe wird im Folgenden eine Gründungsebene von +394,36 m NHN angesetzt.

Im Bereich der Bohransatzpunkte KRB 10 bis KRB 12 stehen auf angenommenem Gründungsniveau Verwitterungsbildungen des Festgesteins oder bereits das Grundgebirge an (Gründungstiefe unterhalb der Bohrendteufen). Es ist von ausreichenden Tragfähigkeiten auszugehen.

Im Bereich der Bohransatzpunkte KRB 5 bis KRB 9 kommt die angenommene Unterkante potenzieller Fundamente ca. 1,8 m bis 5,5 m oberhalb der aktuellen Geländeoberkante zu liegen. Es werden deutliche Aufhöhungsarbeiten durchzuführen sein, um das Gelände auszugleichen und ausreichende Tragfähigkeiten herzustellen. Hinweise zum Bodenmanagement bzw. Massendefizitausgleich sind Kap. 6.1 zu entnehmen.

Grundwasser wurde bei den aktuellen Untersuchungen nicht angetroffen und wird erst im tieferen Festgestein erwartet. Der relevante Bemessungswasserstand für den Faktor Stauwasser wird in Höhe der aktuellen bzw. gegebenenfalls auch der zukünftigen GOK angesetzt (in Abhängigkeit des verwendeten Materials zum Massendefizitausgleich).

Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die 'Expositionsklassen für Betonbauteile' zu berücksichtigen. Von statischer Seite ist entsprechend dem ungünstigsten Bemessungswasserstand der Faktor Auftrieb zu berücksichtigen.

Gründungsempfehlung: Die Gründung von Plangebäuden im Bereich der Ansatzpunkte KRB 10 bis KRB 12 kann über Streifen- und/oder Einzelfundamente auf den dicht gelagerten Verwitterungsbildungen bzw. auf dem Festgestein mit einer Mindesteinbindung von 1,0 m gegenüber der zukünftigen GOK erfolgen. Bei einer potenziellen Anbindung an die Bestandshalle ist eine höhengleiche Gründung sicherzustellen.

Im Bereich der Bohrungen KRB 5 bis KRB 9 kann die Gründung der Plangebäude über Fundamente auf dem Material des Massendefizitaufbaus erfolgen. Alternativ ist auch eine Gründung über eine elastisch gebettete Bodenplatte auf dem Massendefizitaufbau möglich. Hinweise zum Massendefizitausgleich sind dem Kapitel 6.1 zu entnehmen. Es sind gleichartige Untergrundverhältnisse im Gründungsbereich herzustellen. Bei einer potenziellen Anbindung an Bestandshallen ist eine höhengleiche Gründung sicherzustellen.

Die Hinweisgebungen untergliedern sich wie folgt:

Kap. 6.2.1 Bodenplattenbereich

Kap. 6.2.2 Fundamentgründung

Kap. 6.2.3 Alternative: Plattengründung

Kap. 6.2.4 Löschwassertank

Kap. 6.2.5 Allgemeine Hinweisgebungen

6.2.1 Bodenplattenbereich

Bemessung der Schotterstärke (Bodenplattenbereich): Nach LOHMEYER / EBELING [46]
wird gemäß Tafel 6.3

- 1) bei einer Belastung / max. Einzellast Q von max. 40 kN (≤ 4 t) ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 100$ MPa auf Schottertragschicht,
- 2) bei einer Belastung / max. Einzellast Q von max. 80 kN (≤ 8 t) ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120$ MPa auf Schottertragschicht und
- 3) bei einer Belastung / max. Einzellast Q von max. 100 kN (≤ 10 t) ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120$ MPa auf Schottertragschicht notwendig.

Hinsichtlich Anforderungen an den Untergrund ($D_{Pr} \geq 95$ %) und die Verhältniswerte gelten darüber hinaus gesonderte Anforderungen. Die g. g. Anforderungen sind zudem unabhängig von denen eines Hallen-Fußbodenherstellers.

Bei den vorgenannten Lasten ist es unerheblich, ob diese in Form statischer Belastungen (Nutzlasten durch Einbauten) oder dynamisch (durch Befahrung) auftreten. Für das vorliegende Bauvorhaben dürften in erster Linie die Lastfälle 2 und 3 für die zu errichtenden Hallen von Interesse sein.

Die Anforderungen sind unabhängig von denen eines **Hallen-Fußbodenherstellers** und können daher durchaus von den diesbezüglichen herstellereigenen Werten (nach 'oben') abweichen (bei Verwendung von Stahlfaserböden häufig: $E_{v2} \geq 120$ MPa gefordert).

Bei den o.g. Rahmenbedingungen ist davon auszugehen, dass bei einem anzustrebenden E_{v2} -Wert auf Oberkante Schotterung von $\geq 100-120$ MPa eine ca. 40 cm starke Schotterung ausreichend ist. Dies setzt jedoch zuvor ein standfestes Erdplanum voraus (E_{v2} -Wert ≥ 45 MPa).

Sollten auf Erdplanum mindestens mitteldicht gelagerte Kiese anstehen (Verwitterungskies, kiesiges Material eines fachgerecht aufgebauten Massendefizitausgleichs), so ist davon auszugehen, dass der o. g. Erdplanums-Sollwert erreicht wird. Auflockerungen können nachverdichtet werden, sofern die Kiese einen Feinkornanteil von < 15 M.-% aufweisen.

Auf stärker verlehmtten Erdplanumsböden (> 15 % Korndurchmesser $< 0,063$ mm) ist hingegen davon auszugehen, dass vorgenannter Verformungsmodul nicht erzielt werden kann. Bindige Böden auf Erdplanum dürfen keinesfalls (direkt) nachverdichtet werden, da hierdurch die Bodenstruktur zerstört wird. Hier wird eine Untergrundverbesserung mittels Bodenaustausch durch verdichtungsfähiges Material notwendig. Der Massendefizitausgleich kann bereits als Untergrundverbesserung betrachtet werden.

Die vorgenannte Vorgehensweise beschränkt sich auf die Herstellung 'ausreichender' E_{v2} -Werte auf OK Schotter. Sie garantiert nicht notwendigerweise hohe Bettungsziffern für die Bettung der Bodenplatte, da die Bettungsziffer (k_s -Wert) auch durch die unterhalb der hergestellten Schotterung vorhandenen Böden maßgeblich bestimmt wird.

Im vorliegenden Fall werden die Böden des Massendefizitausgleichs bzw. der vorhandenen Verwitterungskiese hohe Bettungsziffern ermöglichen. Die Leistungsfähigkeit des vorhandenen Aufbaus sollte vorab durch die Anlage von Probefeldern verifiziert werden.

Gründungsvorschlag Bodenplatte: Vorgeschlagen wird die Herstellung eines ca. 40 cm starken 'Schotterpolsters' unterhalb der Bodenplatte(n). Dieses sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisches der Körnung 0/45 mm bestehen (Güteschotter, Beschaffenheit s. Kap. 6.2.5). Nach vollständiger Aufschotterung bis UK Bodenplatte können dann die Fundamente wie in Kapitel 6.2.2 beschrieben eingebracht werden.

Vor Auftrag des Bodenplattenunterbaus wird die Auflage eines Geotextils der Geotextilrobustheitsklasse GRK 3 (Güte s. Kap. 6.2.5) empfohlen. Durch den Einbau eines Geotextils erfolgt eine Trennung von bindigem Erdplanum und aufzubringendem Schotter, was die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit des Schotters nachweislich erhöht. Bei einem vermörtelten Erdplanum ist die Auflage eines Geotextils nicht erforderlich.

Verdichtungsprüfungen: Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums der Bodenplatten (= OK Schotterplanum) sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (statische Plattendruckversuche gem. DIN 18134 [47]) vor Gründung kontrolliert werden (Forderung: $E_{v2} \geq 120$ MPa in Abhängigkeit der tatsächlich anfallenden Lasten).

Bettungsmodul: Es sollte bei dem vorhandenen Unterbau für das Schotterplanum der Hallen zunächst ein Bettungsmodul von k_s ca. 30 MN/m^3 bei einer effektiven Sohlpressung von $\sigma \leq 100 \text{ kN/m}^2$ angenommen werden (bei Hauptlastabtrag über Fundamente und qualifiziertem Massendefizitausgleich).

Da der Bettungsmodul anhand der tatsächlich anfallenden Lasten berechnet wird, ist der angegebene Wert lediglich als Einstiegsgröße für statische Berechnungen nach der 'Finite-Elemente-Methode' zu sehen.

Winkelverdrehungen: Gemäß [46] sind in Produktions- und Lagerhallen Winkelverdrehungen von $\alpha \leq 1:400$ zulässig. Diese Prämisse ist planerischerseits verantwortlich zu prüfen.

6.2.2 Fundamentgründung

Für die Gründung der Plangebäude bietet sich eine Gründung über Streifen- und/oder Einzel-fundamente mit einer Mindesteinbindung von 1,0 m u. zukünftiger GOK an.

Als Gründungsmedium sind die dicht gelagerte Verwitterungszone bzw. der \pm unverwitterte Fels heranzuziehen. Bei fachgerechter Ausführung des Massendefizitausgleichs können die Fundamente auch unmittelbar auf dem Material des Massendefizitaufbaus ausgeführt werden. Sollten bindige Böden (Löss, Verwitterungslehm) auf Gründungsniveau der Fundamente vorliegen, sollten diese mittels Fundamenttieferführung überbrückt werden, um einheitliche Gründungsverhältnisse zu erzeugen.

Die ausreichende Lagerungsdichte ist sicherzustellen und durch ingenieurgeologische Abnahmen auf Erdplanum nachzuweisen. Auflockerungen sind nachzuverdichten oder durch verdichtungsfähigen Schotter zu ersetzen. Ebenfalls sollte das freigelegte Erdplanum der Fundamente sorgfältig auf Karsterscheinungen kontrolliert werden.

Die Fundamentgruben können von der hergestellten OK Schotterplanum mit einem Bagger angelegt werden. Auflockerungen und Aufweichungen innerhalb der Fundamentgruben sind zu entfernen und durch Beton zu ersetzen. Nach Fundamenterrichtung werden vermutlich Nacharbeiten am Schotterplanum erforderlich (Abzug von Verschmutzungen, Nachverdichtungen).

Bodenpressung / Setzungsberechnung (Streifen-/Einzelfundamente): Anhand der in der Tabelle 9 angegebenen Bodenkennwerte lassen sich voraussichtliche Setzungen berechnen. Es wurde das Programmsystem GGU-Footing eingesetzt. Es wird von einer Gründung der Fundamente auf der dicht gelagerten Verwitterungszone bzw. dem Massendefizitausgleich (mind. mitteldicht gelagerte Kiese) ausgegangen.

Die maximale Beanspruchung des Baugrundes wird zunächst mit $\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$ angesetzt. Unter Berücksichtigung von aktuell nicht vorliegender Statik kann der vorgenannte Wert noch angepasst werden.

Für die Streifenfundamente wird eine größtmögliche Länge von orientierend $l = 45 \text{ m}$ bei üblichen Breiten von $b = 0,3 - 0,8 \text{ m}$ angesetzt. Für die Einzelfundamente werden rechteckige Einzelfundamente mit dem Längen-/ Breitenverhältnis a/b von 1:1,5 zugrunde gelegt.

In den Tabellen 13a und 13b sowie den Anlagen 8 und 9 sind die zu erwartenden Setzungen aufgeführt.

Tabelle 13a: Setzungsbeträge, Bodenpressung **Streifenfundamente** (Anlagen 8.1 und 8.2)

Streifenfundamente (l = 45 m)					
Bem.-Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$		max. 350 kN/m ²			
Gründungstiefe		mind. 1,0 m u. zukünftiger GOK			
Gründungsmedium		auf Verwitterungsbildungen (dicht/halbfest) oder dem halbfesten-festen Grundgebirge		auf dem fachgerecht aufgebauten Massendefizit-ausgleich über Verw.-Kies	
	b [m]	S _g [cm]	k _s [MN/m ³]	S _g [cm]	k _s [MN/m ³]
Gesamtsetzung S _g bei nebenstehenden Fundamentabmessungen	0,30	0,30	81,6	0,30	80,9
	0,40	0,37	66,9	0,40	61,9
	0,50	0,43	57,4	0,49	50,3
	0,60	0,48	50,8	0,58	42,6
	0,70	0,54	45,8	0,67	36,8
	0,80	0,59	41,9	0,76	32,5

Tabelle 13b: Setzungsbeträge, Bodenpressung **Einzelfundamente** (Anlagen 9.1 und 9.2)

Einzelfundamente (a/b = 1:1,5)					
Bem.-Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$		max. 350 kN/m ²			
Gründung		mind. 1,0 m u. zukünftiger GOK			
Gründungsmedium		auf Verwitterungsbildungen (dicht/halbfest) oder dem halbfesten-festen Grundgebirge		auf dem fachgerecht aufgebauten Massendefizit-ausgleich	
		S _g (cm)		S _g (cm)	
Gesamtsetzung S _g bei Fundamentbreite a / b	a: 1,50 m	b: 1,00 m	0,40		0,41
	a: 1,80 m	b: 1,20 m	0,46		0,49
	a: 2,10 m	b: 1,40 m	0,51		0,58
	a: 2,40 m	b: 1,60 m	0,56		0,66
	a: 2,70 m	b: 1,80 m	0,61		0,75
	a: 3,00 m	b: 2,00 m	0,66		0,83

Aufgrund der hergestellten Homogenität der Gründungsverhältnisse werden keine größeren Setzungsunterschiede erwartet. Bei den angenommenen Fundamentabmessungen werden die lastinduzierten Setzungsunterschiede nicht > 1 cm betragen. Die vorgenannten Größenordnungen sind statischerseits hinsichtlich der Bauwerksverträglichkeit, z. B. bei möglichen Winkelverdrehungen zwischen Stützen, zu berücksichtigen. Erfahrungsgemäß führen derartige Setzungsunterschiede nicht zu einer Überbeanspruchung der Bauwerkskonstruktion.

6.2.3 Alternative: Plattengründung

Für die Gründung der Plangebäude im Bereich der Ansatzpunkte KRB 5 bis KRB 9 bietet sich aufgrund des erforderlichen umfangreichen Massendefizitausgleichs alternativ eine Gründung der Bodenplatten auf einem Schotterpolster aus Güteschotter an. Die Bodenplatten können dann als elastisch gebettet errichtet werden. Unterhalb potenzieller voutenförmiger Verstärkungen wird ebenfalls der Einbau eines Schotterpolsters notwendig.

In einem ersten Schritt ist ein Erdplanum bis mind. ca. 0,40 m unter UK Bodenplatte/UK Vouten durch Massendefizitausgleich herzustellen. Hinweise zum Bodenauftrag sind Kapitel 6.1 zu entnehmen. Das Erdplanum sollte im Rahmen einer Baugrubenabnahme durch das IB KLEEGRÄFE abgenommen werden.

Unterhalb der Bodenplatte und der Voutenverstärkungen ist anschließend ein Schotterpolster aus Güteschotter einzubauen (Beschaffenheit s. Kap. 6.2.5). Auf dem Schotterplanum wird ein Verformungsmodul von $E_{v2} > 120$ MPa gefordert (vorbehaltlich statischer oder herstellerspezifischer Anforderungen). Die ordnungsgemäße und ausreichende Verdichtung sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) vor Gründung kontrolliert werden.

Hinweis zur Frostsicherheit: Die ausreichende Frostsicherheit der Bodenplatten ist sicherzustellen. Hierzu ist ein frostsicheres F 1-Material bis mind. 1,0 m u. zukünftiger GOK oder alternativ ergänzende Frostschutzschürzen aus Schotter oder Beton einzubringen.

Bodenpressung / Bettungsmodul (Bodenplatte: Angaben der Eingangsparameter für die FEM-Berechnung): Die Berechnung der Fundamentplatte sowie der Setzungen und Sohldruckverteilung erfolgt von Seiten der Statik nach der Finite-Elemente-Methode (FEM). Um bei g. g. Verfahren den Bettungsmodul k_s im Voraus genau zu bestimmen, müssten theoretisch die Sohldruckverteilung und die Setzungen bereits im Vorfeld bekannt sein. Diese ergeben sich jedoch erst aus den Berechnungsergebnissen, da der Bettungsmodul sich aus der Proportionalität zwischen Sohlspannung und Setzung ergibt.

Es werden die bodenmechanischen Eingangsparameter (siehe Tabelle 9), das Schichtmodell (KRB 9) sowie orientierende Setzungsberechnungen zwecks Erhaltung eines Eingangs-Bettungsmoduls geliefert. Diese Setzungsberechnungen dienen lediglich der Gewinnung eines Eingangs-Bettungsmoduls und müssen durch die FEM spezifiziert werden. Es wird von einer Gründung auf einem ordnungsgemäß verdichteten und mind. 0,40 m starken Güteschotterpolster über V1-Material ausgegangen.

Die charakteristische (maximale) Beanspruchung des Baugrundes wird zunächst auf $\sigma_{E,k} \sim 200$ kN/m² ($\sigma_{R,d} = 280$ kN/m²) begrenzt.

Die Länge der längsten Wandscheibe wird mit ca. 45 m angesetzt (abgeleitet aus [U4]). Die Ergebnisse der Berechnung sind der Tabelle 14 zu entnehmen.

Tabelle 14: Orient. Setzungsberechnungen / Eingangs-Bettungsmodul

Sohlspannung σ / Unterbau	'Ersatzfläche'	Setzung s	Bettungsmodul k_s
$\sigma_{R,d} = 280 \text{ kN/m}^2$ / 0,40 m Güteschotter über V1-Material	45 x 1 m	1,11 cm	17,7 MN/m ³

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

Grundsätzlich sind die Setzungsbeträge und Bettungsmodule von den im Baufeld anstehenden Böden bzw. dem Auftragsmaterial, den Lagerungsdichten/Konsistenzen und der Mächtigkeit des Schotterpolsters abhängig.

Bettungsmodul: Es sollte zunächst ein Bettungsmodul von $k_s = 15 \text{ MN/m}^3$ angenommen werden. Da der Bettungsmodul anhand der tatsächlich anfallenden Lasten berechnet wird, ist der angegebene Wert lediglich als Einstiegsgröße für die weiteren statischen Berechnungen nach der 'Finite-Elemente-Methode' zu sehen.

6.2.4 Hinweisgebungen zum Löschwassertank

Östlich der Straße 'Zur Heide', gegenüber des Werksgeländes, ist ein Löschwassertank vorgesehen. Nach aktuellem Kenntnisstand wird der Tank mit Kantenlängen von 15,75 m x 2,90 m geplant. Bei einem Volumen von 100 m³ ergibt sich eine Tiefe des Tanks von ca. 2,20 m. Nähere Informationen liegen dem IB KLEEGRÄFE nicht vor.

Es wird zunächst davon ausgegangen, dass es sich um einen unterirdischen Tank handelt und die Oberkante auf Straßenniveau vorgesehen ist. Gemäß dem Online-Tool Tim-Online [5] kann für die Fahrbahnoberkante der Straße in diesem Bereich eine Höhenkote von ca. +393 m NHN angenommen werden.

Die angenommene Unterkante des Tanks kommt bei einem Niveau von +390,80 m NHN und damit ca. 1,3 m oberhalb der aktuellen Geländeoberkante (Bereich KRB 3) zu liegen (nach Mutterbodenabzug).

Das Massendefizit kann, wie in Kapitel 6.1 beschrieben, aufgebaut werden. Unterhalb des Tankauflagers / Bodenplatte wird der Einbau eines 0,5 m mächtigen Schotterpolsters aus Güteschotter (Beschaffenheit s. Kap. 6.2.5) angeraten.

6.2.5 Allgemeine Hinweisgebungen

Anbindung von Planbauwerken an den Bestand: Sollten zukünftige Gebäude/Bauwerke an Bestandsgebäude anbinden, ist eine höhengleiche Gründung zu gewährleisten. Im Vorfeld sollte der Bestand umfassend erkundet werden. Unter Umständen kann eine Unterfangung von Bestandsgebäuden erforderlich werden.

- Erkundung Bestand: Im Vorfeld der Baumaßnahme wird gutachterlicherseits angeraten, durch Bagger-/Spatenschürfe bzw. 'Kopflöcher' die Gründung des angrenzenden Bestandes im Detail zu erkunden. Ferner ist die Bestandssituation jeweils im Vorfeld zu recherchieren (Begehung, Recherchen, ggf. Bauakten etc.). Zudem sollte der bau- und materialtechnische Zustand der Unterflurbauteile, die Mächtigkeit der Bodenplatte sowie die Anwesenheit und Position von Einzel- und/oder Streifenfundamenten unter dem Bestand begutachtet und dokumentiert werden. Den dabei gewonnen Erkenntnissen sind die im Folgenden aufgeführten Maßnahmen anzupassen. Im Zweifel ist der Bodengutachter hinzuzuziehen.
- Höhengleiche Gründung: Grundsätzlich müssen benachbarte, nebeneinanderliegende Bestands- und Planfundamente bzw. Bodenplatten höhengleich gründen.

Fundament-Tieferführungen dürfen dort, wo die Anbindung an nicht tiefergeführte Fundamentbereiche stößt, unter max. 30° gegen die Horizontale abgetreppt ansteigen. Die Fundamenttieferführungen müssen aus Fundamentbeton (Güte > C25) bestehen.

Bei einer Mischgründung (Fundament-/Plattengründung) ist im Anbindebereich eine tiefergeführte Betonscheibe (Streifenfundament) bis zur Unterkante des tiefsten Bauteils einzubringen. Diese Betonscheibe darf keinen Kraftschluss zum tieferen Bauteil besitzen und dient lediglich dem vertikalen Abtrag der seitlichen Lasten.

Seitliche Lasteinträge sind zu vermeiden bzw. von statischer Seite zu bemessen und konstruktiv zu bewerten. Zwischen Bestands-Gebäuden/-Bauteilen oder Gewerken (Wände, Mauern, Bodenplatten, Fundamente, etc.) wird dringend der Einbau von ausreichend dimensionierten Trennfuge(n) angeraten, um Setzungsdifferenzen schadensfrei zu kompensieren sowie 'Knickmomente' zu vermeiden.

Die Detail-Ausführung sollte zusammen mit dem Planer, dem Statiker, dem Tiefbauer, dem Bauunternehmer und dem Baugrundgutachter gemeinsam festgelegt werden. **Grundsätzlich dürfen Bestandsfundamente nicht freigelegt oder unterhöhlt werden!**

- Unterfangung: Je nach tatsächlicher Gründung des Bestandes und des Neu-/Anbaus müssen bestehende Fundamente ggf. unterfangen werden. Sollte dies erforderlich werden sind die Arbeiten ordnungsgemäß und sachgerecht nach DIN 4123 [48] auszuführen, wobei die einzelnen Abschnitte nicht länger als 1,25 m sein sollten (ggf. Ausführung im 'Pilgerschritt-Verfahren'). Eine höhengleiche Gründung (siehe Abschnitt zuvor) ist zu gewährleisten. Es sei angemerkt, dass auch bei fachgerechter Durchführung von Unterfangungen i. d. R. mit Schäden am Gebäude zu rechnen ist und Unterfangungen daher möglichst vermieden werden sollten. Die bestehenden Fundamentierungen, Bodenplatten, etc. dürfen durch den Neubau der Planfundamente keinesfalls über eine größere Länge freigelegt oder gar unterhöhlt werden ('Erdblock-Sicherung').

Herstellung des Erdplanums: Im Vorfeld sind vorhandene Oberböden in den Baufeldbereichen vollständig abzuschleifen. Anschließend hat der Massendefizitausgleich zu erfolgen (Einbau eines verdichtungsfähigen V1-Materials auf einem Geotextil oder Einbau von Mischbinder-aufbereitetem Bodenmaterial). Entsprechende Hinweise sind dem Kapitel 6.1 zu entnehmen.

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

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

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

‘Zahnbestückung’/‘Schneidbestückung’: Der Aushub sollte soweit möglich mit einem Baggerlöffel mit ‘Schneidbestückung’ erfolgen, um eine unnötige Auflockerung des Bodens zu verhindern. Der Aushub sollte ‘rückschreitend’ und der Einbau von Schotter oder sonstigen Mineralgemischen ‘vor Kopf’ durchgeführt werden. Dicht gelagerte Kiese sind u. U. nur mit einem Bagger mit ‘Zahnbestückung’ zu lösen.

Für die Lösung von Material im Homogenbereich ERD 2 wird hingegen auch der Einsatz eines zahnbestückten Löffelbaggers nicht mehr vollständig ausreichen, weshalb hier der Einsatz von Anbaugeräten (Meißel, etc.) einzukalkulieren ist.

Bodenaushubgrenzen: Die Bodenaushubgrenzen zur Gebäude- bzw. Mauersicherung sind nach DIN 4123 [48] einzuhalten.

Wasserhaltung: Grundwasser wurde an den Untersuchungstagen (24./25.11.2025) nicht angetroffen. Bei Verhältnissen wie an den Stichtagen wird die Vorhaltung bzw. der Einsatz einer ‘offenen Wasserhaltung’ ausreichend sein um ggf. anfallende Niederschlagswässer auffangen und abführen zu können.

Fangedrain: Es wird die Anlage von ‘Fangedrains’ an den hangseitigen Böschungen angeraten. Diese Fangedrains sollte derart eingebaut werden, dass diese auch nach Baufertigstellung dauerhaft das anfallende Hang-/Schichtwasser abfangen und abführen.

Hier sollte z. B. ein DN 100-Drainagerohr (möglichst kokosummantelt) mit ausreichendem freien Fließgefälle in einen mit Filterkies (z. B. 8/16-Körnung; gewaschener Filterkies) und zuvor mit (GRK-3-)Geotextil eingeschlagenen Entwässerungsgraben aushubbegleitend und vordringlich errichtet und in Betrieb gesetzt werden. Der Fangedrain sollte bis auf die Aushubsohle ausgeführt werden, um hangseitig anfallendes Wasser erfassen und bauteilumführend ableiten zu können.

Anhand der Vorgaben der DIN 4095 [49] sollte die Drainung entwässerungstechnisch bemessen werden, um eine dauerhafte Funktion sicherzustellen. Die Abflussspende ‘vor Wänden’ sollte hierbei als ‘groß’ angesehen werden, diejenige unter Bodenplatten als ‘mittel’.

Böschchen/Verbau: Nach DIN 4124 [50] muss erst ab Baugrubenteufen > 1,25 m gebösch/ verbaut werden. Die vorliegenden Böden können – sofern nötig und soweit sie in einem nicht wassergesättigten bzw. entwässerten Zustand vorliegen – bauzeitlich mit einem max. Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ gebösch werden.

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

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

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

Bodenplattenunterbau: Der angeratene Bodenplatten-Unterbau sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (Güteschotter, z. B. 0/45 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen, Mindestgüte 'Frostschuttschicht'). Der Schotter sollte nach der TL Gestein-StB [51] zertifiziert sein. Das Material sollte von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden. Der Güteschotter ist lagenweise aufzutragen und ordnungsgemäß zu verdichten. Die Verdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100 \%$ erfolgen. Es ist auf den Druckausbreitungswinkel zu achten (45°).

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

Verdichtungsprüfungen: Die ausreichende Verdichtung des Gründungsplanums sollte mittels Verdichtungsüberprüfung (Plattendruckversuche) vor Gründung kontrolliert werden. Auf der OK des ordnungsgemäß eingebauten Güteschotters sollten Plattendruckversuche ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 100-120 \text{ MPa}$ nachweisen (Forderung in Abhängigkeit von den statischen Erfordernissen bzw. den Forderungen des Bodenplattenherstellers).

Art und Umfang der Verdichtungsüberprüfungen: Gemäß der ZTV E-StB [37] kann bei grob- und gemischtkörnigen Böden (Feinkornanteil < 15 m.-%) die Bestimmung des Verdichtungsgrades mittels statischen (nach DIN 18134 [47]) oder dynamischen Plattendruckversuchen (nach TP BF-StB [39]) erfolgen. Bei Anwendung von dynamischen Plattendruckversuchen ist der Umfang der Prüfungen im Vergleich zu statischen Plattendruckversuchen zu verdoppeln. Bei bindigen Böden (Feinkornanteil > 15 M.-%), sofern diese nicht in mindestens steifen Konsistenzen vorliegen, sind ausschließlich statische Plattendruckversuche zur Bestimmung des Verdichtungsgrades zulässig. Die Bestimmung der Mindestanzahl durchzuführender Verdichtungskontrollen ist der nachfolgenden Tabelle 15 zu entnehmen.

Tabelle 15: Mindestanzahl der Eigenüberwachungsprüfungen (Gebäudebau)

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

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

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

Frostsicherheit: Die frostfreie Gründung von Gebäuden kann in der Frosteinwirkungszone II ab 1,0 m unter zukünftiger GOK erfolgen. Bei umlaufenden Streifenfundamente mit einer Mindesteinbindung von 1,0 m u. zukünftiger GOK sowie bei Einbau eines ausreichend mächtiges Schotterpolster unterhalb der Bodenplatte besteht bereits eine ausreichende Frostsicherheit. Anderenfalls werden Frostschutzschürzen aus Schotter oder Beton erforderlich. Bei der Verwendung eines V1-Materials zum Massendefizitausgleich mit einem Feinkornanteil von < 5 M.-% kann bei ausreichender Einbautiefe ebenfalls eine ausreichende Frostsicherheit gewährleistet werden.

Trockenhaltung der Bauwerke: Eine Beeinflussung der Unterflurbauteile durch Stau-/Schichtwasser ist durch bauliche Maßnahmen zu verhindern. Der Bemessungswasserstand für den Faktor Stauwasser ist gemäß DIN 18533 [20] in Höhe der aktuellen, ggf. zukünftigen GOK anzusetzen.

Aufgrund der periodisch bis permanenten Nässebeeinflussung von Unterflurbauteilen (Bodenplatte, Vouten) wird eine Abdichtung gemäß DIN 18533 Lastfall W2.1-E (‘mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe’) notwendig. Bei einer funktionsfähigen Drainage nach DIN 4095 [49] ist eine Abdichtung gemäß W1.2-E (‘Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung’) möglich. Nur wenn sichergestellt ist, dass ausschließlich ‘stark durchlässiges’ Material bis mindestens 0,5 m unterhalb der jeweils untersten Abdichtungsebene verbaut wurde, kann alternativ eine Abdichtung gemäß DIN 18533 Lastfall W1.1-E (‘Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden’) erfolgen. Alternativ dazu können Bauweisen nach WU-Richtlinie [52] in Betracht gezogen werden.

Unabhängig hiervon sollten die Hinweise der DIN 18195 [53] (‘Bauwerksabdichtung’) beachtet werden. Bei der Auswahl eines geeigneten Betons sind die ‘Expositionsklassen für Betonbauteile’ zu berücksichtigen. Von statischer Seite ist der Faktor Auftrieb zu berücksichtigen.

6.3 Hinweisgebungen zum Straßenbau (Verkehrsflächen)

Es werden zukünftig eine Feuerwehrumfahrt sowie weitere Stell- und Bewegungsflächen für Pkw und Lkw vorgesehen. Nähere Informationen liegen dem AN nicht vor, sodass im Folgenden Annahmen getroffen werden.

Es wird davon ausgegangen, dass eine flächige Versiegelung mit Schwarzdecke vorgesehen ist.

Nach RStO [7] wird für die Bereiche der Lkw-Stell- und Bewegungsflächen von der Belastungsklasse Bk3,2 und für die ausschließlich von Pkw genutzten Flächen von der Bk0,3 ausgegangen. Für die Feuerwehrumfahrt kann ebenfalls die Bk0,3 angesetzt werden, sofern eine Lkw-Befahrung auszuschließen ist.

Bei diesbezüglichen Planungsänderungen wird um Mitteilung gebeten, um die folgenden Hinweisgebungen aktualisieren/anpassen zu können.

Verhältnisse auf Planum: Das oberflächennahe Erdplanum wird von bindigen/verlehmtten Böden geprägt, die der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (‘sehr frostempfindlich’) zuzuordnen sind. Nach der ZTV E-StB [37] sind Frostschutzmaßnahmen somit grundsätzlich erforderlich. Es ergibt sich eine **Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 50 cm in der Bk0,3 und 60 cm in der Bk3,2.**

Mehr-/Minderdicken gem. Tabelle 14 RStO: Das Areal wird in die Frosteinwirkungszone II gestellt. Es ergibt sich diesbezügliche eine 'Mehrdicke' von 5 cm. Kleinräumige Klimaunterschiede werden nicht berücksichtigt.

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

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

Dem IB KLEEGRÄFE ist nicht bekannt, ob Entwässerungseinrichtungen (Rohrleitungen und Abläufe) vorgesehen werden. Sollte eine Abführung der Wässer über Mulden und Böschungen erfolgen kann keine Minderdicke geltend gemacht werden.

Dicke des frostsicheren Straßenaufbaus: Die Dicke des frostsicheren Oberbaus ist der Tabelle 16 zu entnehmen. Es wird darauf hingewiesen, dass es sich ausschließlich um die Mindestdicke der Frostsicherheit und nicht um die Stärke zur Erzielung der u. g. Verformungsmoduln handelt.

Tabelle 16: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus nach RStO [7]

Bereich	Lkw-Flächen	Pkw-Flächen / Feuerwehrumfahrt
Einstufung (Annahme)	Bk3,2 ¹⁾	Bk0,3 ¹⁾
Frostempfindlichkeitsklasse	F 3-Boden	
Mindestdicke	60 cm	50 cm
Mehrdicke	+ 5 cm (Frosteinwirkungszone II) + 5 cm (Grund-/Stau-/Schichtenwasser)	
Minderdicke	- 5 cm (Entwässerungseinrichtungen) ²⁾	
Gesamtdicke des frostsicheren Aufbaus	65 cm	55 cm

Legende: ¹⁾ vorbehaltlich anderer planerischer Einstufungen

²⁾ sollten keine Entwässerungseinrichtungen geplant sein, ist die Dicke des frostsicheren Aufbaus auf 70 cm bzw. 60 cm zu erhöhen

Maßnahmenvorschläge

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

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

Wasserhaltung: Grundwasser wurde an den Untersuchungstagen (24./25.11.2025) nicht oberhalb der Trassensohle angetroffen. Bei Verhältnissen wie an den Stichtagen wird die Vorhaltung bzw. der Einsatz einer 'offenen Wasserhaltung' ausreichend sein um ggf. anfallende Niederschlagswässer auffangen und abführen zu können.

Böschchen/Verbau: Nach DIN 4124 [50] muss erst ab Baugrubenteufen > 1,25 m geböscht/verbaut werden. Die vorliegenden Böden können – sofern nötig und soweit sie in einem nicht wassergesättigten bzw. entwässerten Zustand vorliegen – bauzeitlich mit einem max. Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ geböscht werden.

Errichtung / Straßenaufbau: Die zukünftige Geländeoberkante bzw. Oberkante Verkehrsflächen kommt vorwiegend (deutlich) oberhalb der aktuellen Geländeoberkanten zu liegen. Lediglich lokal (Bereich KRB 10 bis 12) wird ein Bodenabtrag bis auf Unterkante RStO-Aufbau + ggf. Untergrundverbesserung erforderlich. Hierzu sind die Hinweise des Kapitels 4 hinsichtlich der chemischen Einstufungen zu beachten.

In den restlichen Bereichen wird zunächst ein Bodenauftrag bis auf Unterkante RStO-Aufbau erforderlich (s. Hinweise in Kapitel 6.1).

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

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

‘Zahnbestückung’/‘Schneidbestückung’: Der Aushub sollte soweit möglich mit einem Baggerlöffel mit ‘Schneidbestückung’ erfolgen, um eine unnötige Auflockerung des Bodens zu verhindern. Der Aushub sollte ‘rückschreitend’ und der Einbau von Schotter oder sonstigen Mineralgemischen ‘vor Kopf’ durchgeführt werden. Dicht gelagerte Kiese sind u. U. nur mit einem Bagger mit ‘Zahnbestückung’ zu lösen.

Für die Lösung von Material im Homogenbereich ERD 2 wird hingegen auch der Einsatz eines zahnbestückten Löffelbaggers nicht mehr vollständig ausreichen, weshalb hier der Einsatz von Anbaugeräten (Meißel, etc.) einzukalkulieren ist.

Bodenaushubgrenzen: Die Bodenaushubgrenzen zur Gebäude- bzw. Mauersicherung sind nach DIN 4123 [48] einzuhalten.

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

Einbau Geotextil: Zur Trennung von bindigem Erdplanum und aufzubringendem Mineralgemisch wird AN-seits empfohlen, in entsprechenden Bereichen ein Geotextil flächig einzubauen, um eine Umlagerung des Feinkornanteils zu unterbinden.

Sinnvoll erscheint der Einbau eines Geotextils der Geotextilrobustheitsklasse GRK 5 (mechanisch verfestigt, Flächengewicht > 300 g/m²; Stempeldurchdruckkraft > 3,5 kN). Im Bereich der Pkw-Stellflächen erscheint ein GRK-3-Geotextil ausreichend (mechanisch verfestigt, Flächengewicht ≥ 150 g/m², Stempeldurchdruckkraft $F_{P,5\%} \geq 1,5$ kN; Bemessungsfall AS 3/AB 2).

Durch das Geotextil wird die Verdichtungsfähigkeit und Langlebigkeit des Schotters nachweislich erhöht. Bei vermörtelten Böden ist ein Geotextil nicht erforderlich.

Schotter-Material: Der Straßenunterbau / Frostschuttschicht / Material der Untergrundverbesserung sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen. Der Schotter sollte nach der TL Gestein-StB [51] zertifiziert sein (funktionsspezifische Mindestgüte: Typ ‘Frostschuttschicht’ bzw. ‘Schottertragschicht’).

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

Verdichtungsüberprüfungen und Unterbauverbesserung: Auf dem Erdplanum sind die nach RStO [7] geforderten Verformungsmoduln durch statische Verdichtungsüberprüfungen gem. DIN 18134 [47] nachzuweisen. Auf dem **Erdplanum wird ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$** vorausgesetzt.

Auf den untergrundprägenden bindigen Böden ist davon auszugehen, dass ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ nicht durchgängig erreicht wird, sodass vor Auftrag der RStO-Schichtmächtigkeiten zunächst Schotter aufgebracht und verdichtet werden sollte (Unterbauverbesserung).

In Bereichen, in denen ein Massendefizit durch ein verdichtungsfähiges Mineralgemisch rückverfüllt wurde, ist bei fachgerechtem Einbau davon auszugehen, dass das erforderliche Verformungsmodul erreicht wird. Auch bei einer Bodenvermörtelung kann von ausreichenden Verformungsmoduln ausgegangen werden.

Die vorzunehmenden Verbesserungen sind abhängig von den tatsächlichen Verhältnissen auf Erdplanum. Details sind durch eine ingenieurgeologische Abnahme vor Ort festzulegen sowie in Versuchs- und Probefeldern zu konkretisieren. Es sollte vorab mit einer Untergrundverbesserung von ca. 20-25 cm kalkuliert werden. Die Untergrundverbesserung darf nicht auf die Dicke des frostsicheren Aufbaus angerechnet werden.

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

Auf dem Schotterplanum der Fahrstraße wird bei einer Schwarzdeckenbauweise nach Tafel 1, Zeile 1 der RStO ein Verformungsmodul von **$E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$** in der Belastungsklasse Bk3,2 und ein E_{v2} -Wert von **$E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$** in der Bk0,3 gefordert.

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

Art und Umfang der Verdichtungsüberprüfungen: Gemäß der ZTV E-StB [37] kann bei grob- und gemischtkörnigen Böden (Feinkornanteil < 15 m.-%) die Bestimmung des Verdichtungsgrades mittels statischen nach DIN 18134 [47] oder dynamischen Plattendruckversuchen (nach TP BF-StB [39]) erfolgen. Bei Anwendung von dynamischen Plattendruckversuchen ist der Umfang der Prüfungen im Vergleich zu statischen Plattendruckversuchen zu verdoppeln. Bei bindigen Böden (Feinkornanteil > 15 M.-%), sofern diese nicht in mindestens steifer Konsistenz vorliegen, sind ausschließlich statische Plattendruckversuche zur Bestimmung des Verdichtungsgrades zulässig.

Die Bestimmung der Mindestanzahl durchzuführender Verdichtungskontrollen sind der nachfolgenden Tabelle 17 zu entnehmen.

Tabelle 17: Mindestanzahl der Eigenüberwachungsprüfungen (Straßenbau)

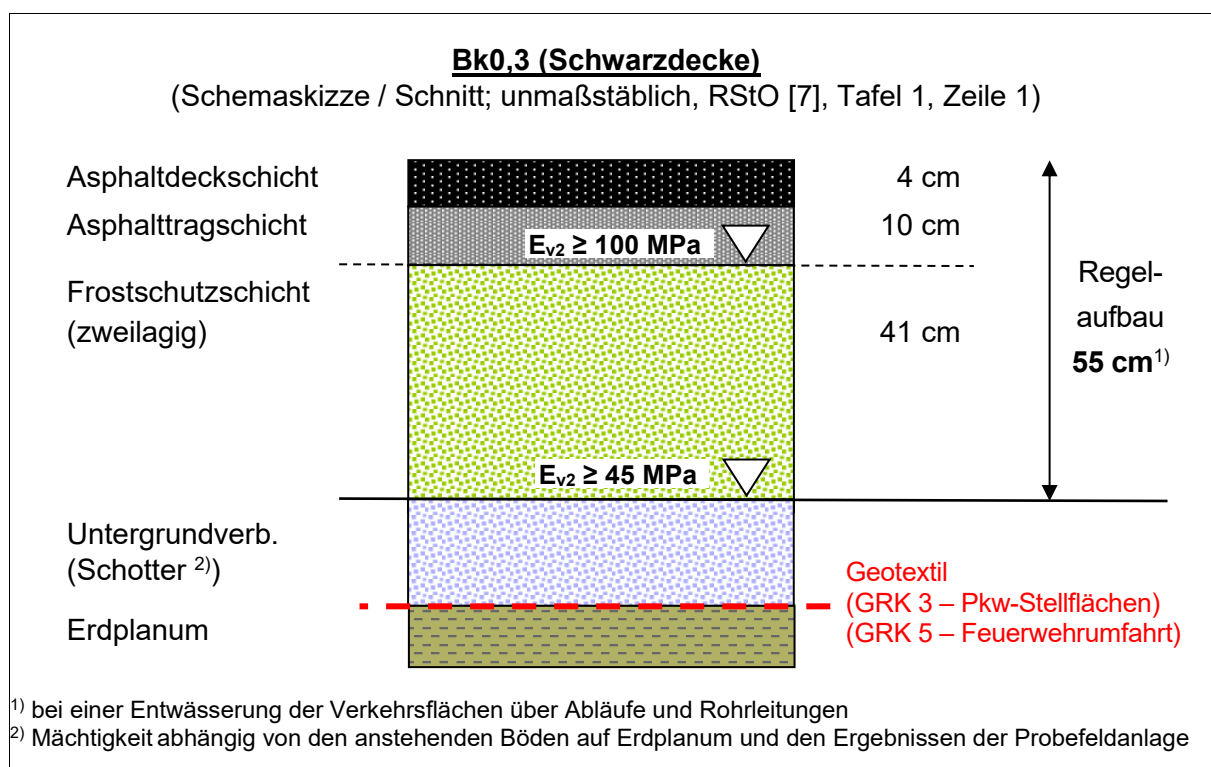
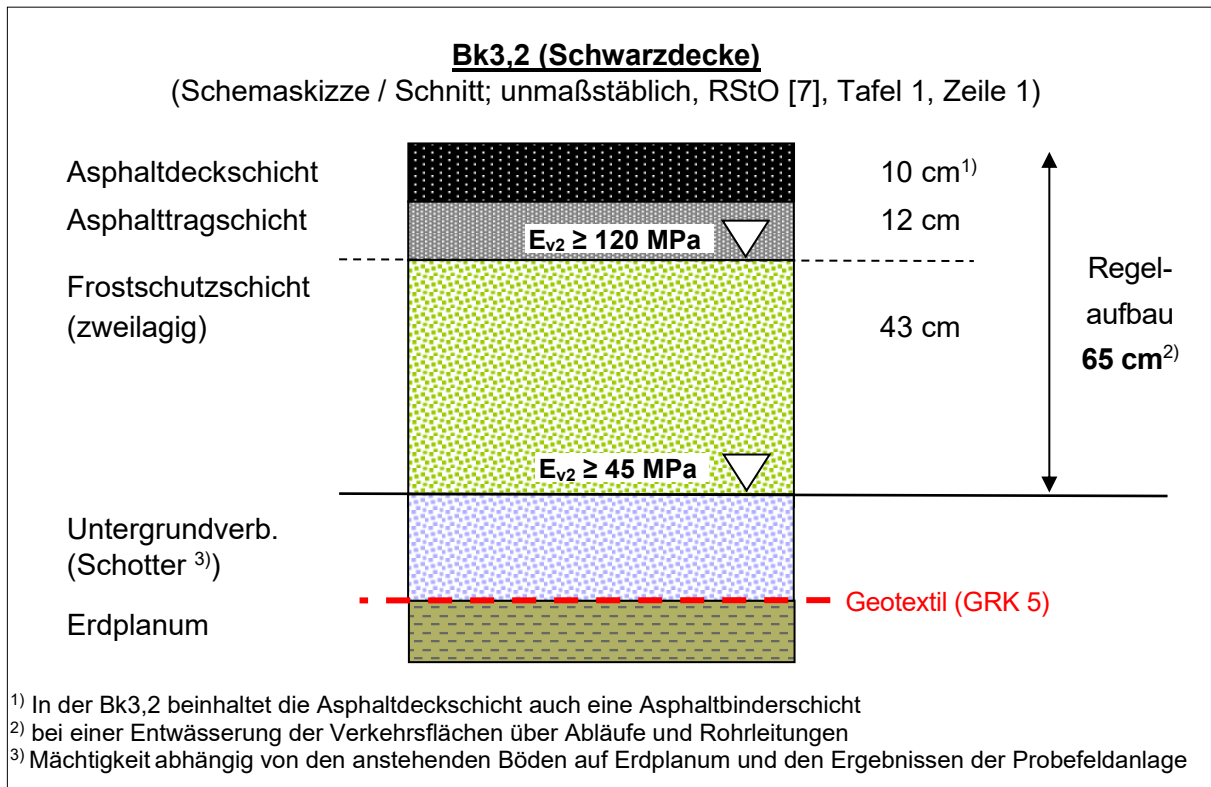
Bereich	Mindestanzahl der Eigenüberwachungsprüfungen (Prüfverfahren: statischer Plattendruckversuch ¹⁾)
Erdplanum	je angefangene 1.000 m ² bzw. mind. je 100 m und mind. 2 Prüfungen
Frostschuttschicht	
Schottertragschicht	

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

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

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

Ausführung des Oberbaus: Die möglichen Aufbauten nach RStO, Tafel 1, Zeile 1 [7] sind für die Belastungsklassen Bk3,2 und Bk0,3 nachfolgend unmaßstäblich skizziert.



7.0 Schlussbemerkung

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

Mit Übersendung des Geotechnischen Berichts sind die beauftragten Leistungen des IB KLEEGRÄFE abgeschlossen. Der Geotechnische Bericht berücksichtigt ausschließlich die bis zur Fertigstellung des genannten geologischen Berichts vorliegenden Planungsstände und übermittelten Informationen. Anfragen / Fragestellungen / Leistungen, die über die beauftragten Leistungen hinaus gehen oder die z. B. auf neuen Planungsständen, Besprechungsprotokollen oder sonstigen dienlichen Daten und Informationen beruhen, welche dem IB KLEEGRÄFE nicht spätestens bis zur Gutachtenerstellung schriftlich bekannt gemacht wurden, werden nicht berücksichtigt.

Bei Planungsänderungen o. ä. im weiteren Projektverlauf, die baugrundbezogene Inhalte betreffen und eine Bewertung durch das IB KLEEGRÄFE erfordern, ist das IB KLEEGRÄFE auf direktem Weg zu kontaktieren. Ohne expliziten Auftrag werden übersandte Planunterlagen, Besprechungsprotokolle o. ä. nicht gesichtet. Dies schließt digitale Bau- und Projektplattformen ein.

Grundsätzlich ist die rechtzeitige Bereitstellung sämtlicher dienlicher Daten und Informationen sowie die rechtzeitige Übermittlung überarbeiteter Planungen, die die Hinzuziehung des Bodengutachters erfordern, Obliegenheit des Auftraggebers. Bei nicht rechtzeitiger Übersendung kann eine erneute Beauftragung von Teil- oder Gesamtleistungen explizit erforderlich werden.

Für während des Projektverlaufs auftretende Verzögerungen, Mehraufwendungen oder sonstige Beeinträchtigungen, die auf eine verspätete oder unterlassene Hinzuziehung des Bodengutachters zurückzuführen sind, übernimmt das IB KLEEGRÄFE keine Haftung.

Sofern eine ingenieurgeologische Erd-/Tiefbaubegleitung durch das IB KLEEGRÄFE gewünscht wird, bitten wir um frühzeitige Beauftragung und Bekanntgabe des Baubeginns, um entsprechende Tätigkeiten einplanen zu können.

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

Kleegräfe
- Geotechnik GmbH -



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



P. Gebbeken
(M. Sc. Geowiss.)



Verteiler: FOSCH GMBH
Zur Heide 36, 34431 Marsberg-Giershagen

(PDF)

Projekt: Gewerbegebiet Nr. 10 auf der Haide und Werkserweiterung FOSCH GMBH
Zur Heide 36 in 34431 Marsberg-Giershagen
- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Seite 65 von 70

Literaturverzeichnis

- [1] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN EN ISO 17892-4:2017-04, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung (ISO 17892-4:2016). Deutsche Fassung*, 2017.
- [2] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN EN ISO 17892-1:2022-08, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts (ISO 17892-1:2014 + Amd 1:2022). Deutsche Fassung*, 2022.
- [3] Bundesministerium der Justiz Deutschland, *Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung - ErsatzbaustoffV)*, Ausfertigungsdatum: 09.07.2021, letzte Änderung: 13.07.2023.
- [4] Bundesministerium der Justiz Deutschland (Hrsg.), *Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV)*, Ausfertigungsdatum: 27.04.2009, letzte Änderung: 03.07.2024.
- [5] Bezirksregierung Köln (Hrsg.), „Tim-Online,“ Stand der Berichtserstellung. [Online]. Available: <https://www.tim-online.nrw.de> (nicht rechtsverbindlich).
- [6] Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW (Hrsg.), „Elwas-Web,“ Stand der Berichtserstellung. [Online]. Available: <https://www.elwasweb.nrw.de/elwasweb/index.xhtml> (nicht rechtsverbindlich).
- [7] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), *Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO)*, Ausgabe 2012/Fassung 2024.
- [8] Geologischer Dienst NRW (Hrsg.), *Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland 1:350.000. Bundesland Nordrhein-Westfalen*, 2018.
- [9] Geologischer Dienst NRW (Hrsg.), „Gefährdungspotentiale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen,“ Stand der Berichtserstellung. [Online]. Available: https://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger (nicht rechtsverbindlich).
- [10] Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes NRW (Hrsg.), „Umweltdaten vor Ort,“ Stand der Berichtserstellung. [Online]. Available: <https://www.umweltportal.nrw.de/karten> (nicht rechtsverbindlich).
- [11] Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW (Hrsg.), „Hochwassergefahrenkarten.NRW,“ Stand der Berichtserstellung. [Online]. Available: <https://www.hochwasserkarten.nrw.de> (nicht rechtsverbindlich).
- [12] Bundesamt für Strahlenschutz Deutschland (Hrsg.), „Karte der Radon-Vorsorgegebiete,“ Stand der Berichtserstellung. [Online]. Available: <https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/karten/vorsorgegebiete.html> (nicht rechtsverbindlich).

- [13] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 4020:2010-12. Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2. Deutsche Fassung*, 2010.
- [14] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 1997-2:2010-10. Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds (EN 1997-2:2007 + AC:2010). Deutsche Fassung*, 2010.
- [15] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN EN ISO 14688-1:2022-11 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2017). Deutsche Fassung*, 2020.
- [16] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 4023:2023-02. Geotechnische Untersuchungen und Erkundung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen. Deutsche Fassung*, 2023.
- [17] V. Pawlik, „Statista. Durchschnittlicher Niederschlag pro Monat in NRW,“ Stand der Gutachtenerstellung. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/576867/umfrage/durchschnittlicher-niederschlag-pro-monat-in-nordrhein-westfalen/> (nicht rechtsverbindlich).
- [18] Landesamt für Natur, Umwelt und Klima NRW (LANUK), „Hydrologische Berichte. Berichte zur hydrologischen Situation in NRW. Stand der Gutachtenerstellung,“ [Online]. Available: <https://www.lanuk.nrw.de/themen/wasser/hydrologische-messnetze/hydrologische-berichte/> (nicht rechtsverbindlich).
- [19] Ministerium für Information und Technik NRW (Hrsg.), *Grundwassergleichen für mittlere Verhältnisse 2006-2015 (UTM-Projektion). Shape-Datei EPSG25832*, 2023.
- [20] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18533-1:2023-10 Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze. Entwurf. Deutsche Fassung*, 2023.
- [21] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e. V. (BWK) (Hrsg.), *Merkblatt 8: Ermittlung des Bemessungswasserstandes für Bauwerksabdichtungen*, 2009.
- [22] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18130-1:1998-05, Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 1: Laborversuche. Deutsche Fassung*, 1998.
- [23] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18130-2:2015-08, Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 2: Feldversuche. Deutsche Fassung*, 2015.
- [24] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft DWA (Hrsg.), *Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb. Arbeitsblatt DWA-A 138-1*, 2024.

- [25] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (Hrsg.), *Anlagen zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung – Planung, Bau und Betrieb von belebten oberirdischen Anlagen*. Arbeitsblatt 52, 2021.
- [26] Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW (Hrsg.), *Runderlass Niederschlagswasserbeseitigung gem. § 51 a des Landeswassergesetzes*. IV B 5 - 673/2-29010/IV B 6 - 031 002 0901, 1998.
- [27] United States Department of the Interior. Bureau of Reclamation (USBR), *Design of Small Dams*, 1987.
- [28] Bundesministerium der Justiz Deutschland (Hrsg.), *Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodschV)*, Ausfertigungsdatum: 09.07.2021.
- [29] Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaat Sachsen (LfULG) (Hrsg.), *Bewertungshilfen zur Gefahrenbewertung bei Verdacht einer Altlast oder schädlichen Bodenveränderung*, 2025.
- [30] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) (Hrsg.), *Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe in Altlasten*. Informationsblatt für den Vollzug., Stand 01.09.2008.
- [31] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (Hrsg.), *LAGA-Mitteilungen 20 - Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln*, Ausfertigungsdatum: 06.11.2003 (Teil I), 05.11.2004 (Teil II).
- [32] C. Mallet und J. Pacquant, *Erdstaudämme*, Berlin: VEB Verlag Technik, 1954.
- [33] W. Beyer, *Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Sanden aus der Kornverteilung*. In: *Wasserwirtschaft-Wassertechnik (WWT)*, 1964.
- [34] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18196:2023-02 Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke*. Deutsche Fassung, 2023.
- [35] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN EN ISO 14688-2:2022-11 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-2:2017)*. Deutsche Fassung, 2022.
- [36] Geologischer Dienst NRW (Hrsg.), „Verdichtungsempfindlichkeit von Böden,“ 2023. [Online]. Available: https://www.gd.nrw.de/wms_html/bk50_wms/pdf/VER.pdf.
- [37] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB 17)*, Ausgabe 2017.
- [38] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN EN ISO 22476-2:2012-03: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen (ISO 22476-2:2005 + Amd 1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 22476-2:2005 + A1:2011*, 2012.
- [39] Forschungsgesellschaft Für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), *Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau*. TP BF-StB Teil B 15.1 Leichte Rammsondierung DPL-5 und Mittelschwere Rammsondierung DPM-10, Ausgabe 2012.

- [40] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18300:2012-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten. Zurückgezogen*, 2012.
- [41] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18320:2019-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Landschaftsbauarbeiten*, 2019.
- [42] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18300:2019-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten*, 2019.
- [43] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18915:2018-06: Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Bodenarbeiten*, 2018.
- [44] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTV A-StB 12)*, Ausgabe 2012.
- [45] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (Hrsg.), *Fragen und Antworten zur Ersatzbaustoffverordnung (FAQ zur Ersatzbaustoffverordnung). Version 3. Stand: 13.05.2025*.
- [46] Lohmeyer, G. und Ebeling, K., *Betonböden im Industriebau - Hallen- und Freiflächen*, Verlag Bau+Technik, 2019.
- [47] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18134:2012-04, Baugrund – Versuche und Versuchsgeräte - Plattendruckversuch*, 2012.
- [48] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 4123:2013-04, Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude*, 2013.
- [49] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 4095:1990-06, Dränung zum Schutz baulicher Anlagen. Planung, Bemessung und Ausführung*, 1990.
- [50] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 4124:2012-01, Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten*, 2012.
- [51] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (Hrsg.), *Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TL Gestein-StB 04/23)*, Ausgabe 2004/Fassung 2023.
- [52] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg.), *DAfStb-Richtlinie. Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)*, Dezember 2017.
- [53] Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), *DIN 18195:2017-07: Abdichtung von Bauwerken - Begriffe*, 2017.

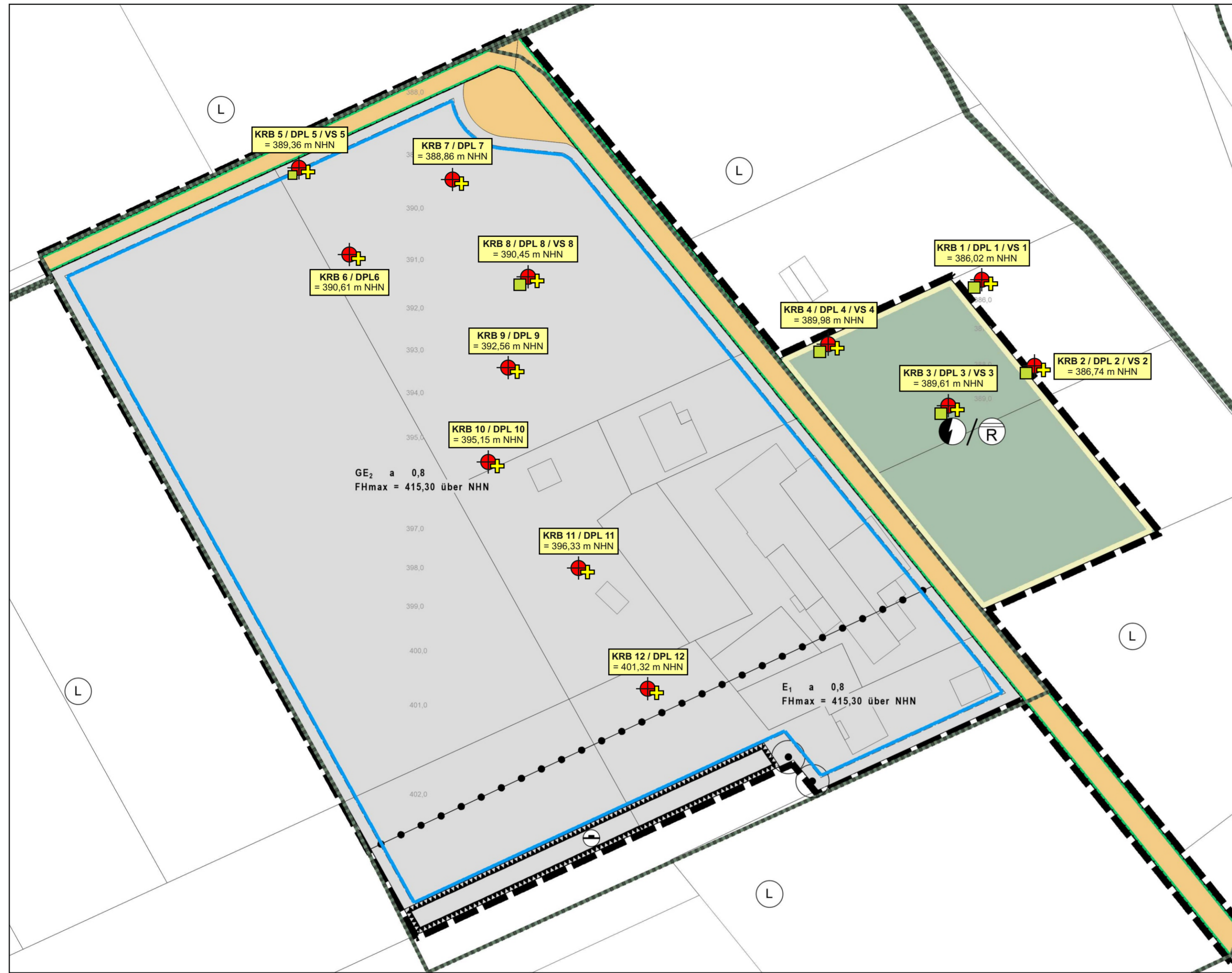
Anlagen

Anlagennr.	Anlagenbezeichnung	Seitenanzahl
1.1	Lageplan	1
2.1	Schichtendarstellungen / Rammdiagramme	1
3.1	Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)	5
4.1	Wassergehaltsbestimmungen	1
5.1	Versickerungsversuche im Gelände	1
6.1	Chemische Analysenergebnisse	19
7.1	Fotodokumentation	6
8.1-8.2	Setzungsberechnungen (Streifenfundamente)	2
9.1-9.2	Setzungsberechnungen (Einzelfundamente)	2

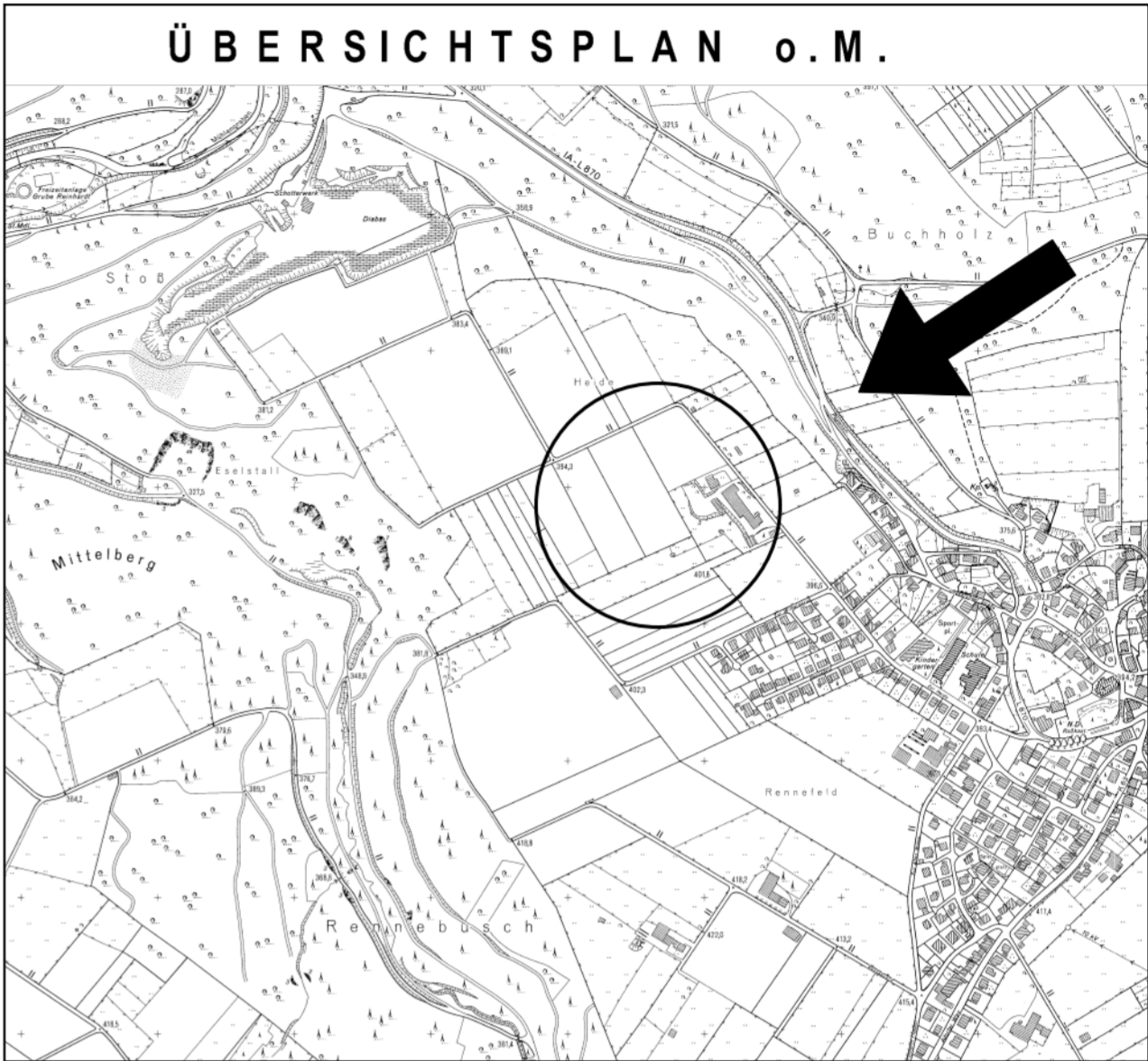
→ 38 Anlagenblätter + 9 Zwischenblätter

ANLAGE 1.1

Lageplan



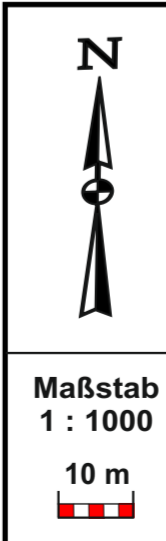
Plangrundlage: Geltungsbereich des B-Plans Nr. 10 Auf der Haide (Maßstab 1:500, übersandt am 18.02.2026)



Plangrundlage: Bebauungsplan Nr. 10 „Gewerbegebiet auf der Haide“ Stadtteil Giershagen. Teil A im Vorentwurf, Planungsbüro Bioline + Stadt Marsberg (o. M., Stand 10.06.2025)

Zeichenerklärung:

- KRB Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
- DPL Rammsondierung gemäß DIN EN ISO 22475-1
- VS Versickerungsversuch im Gelände



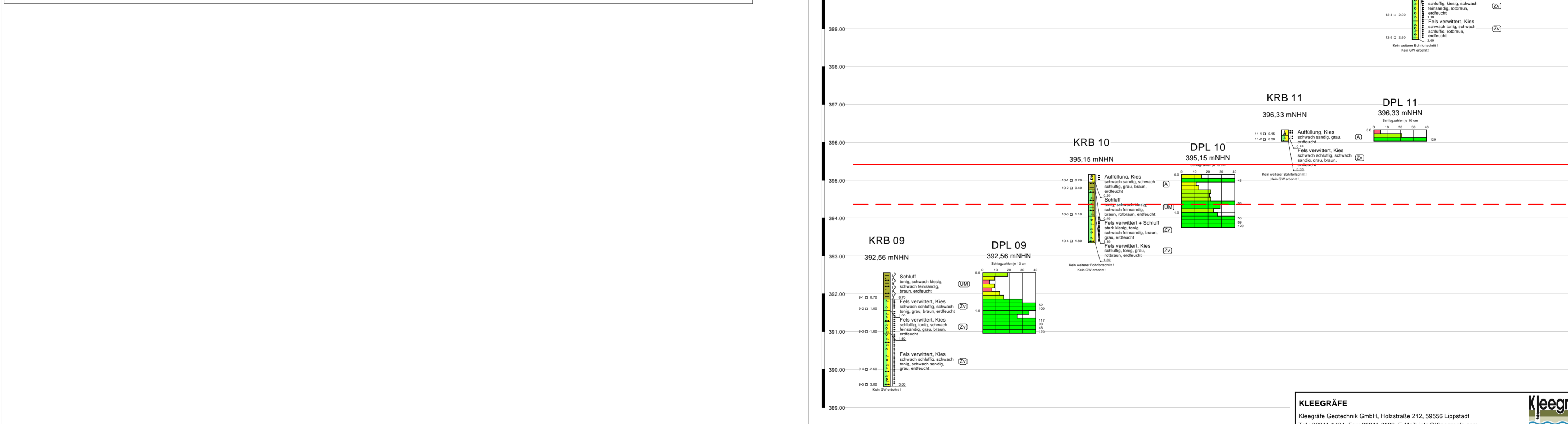
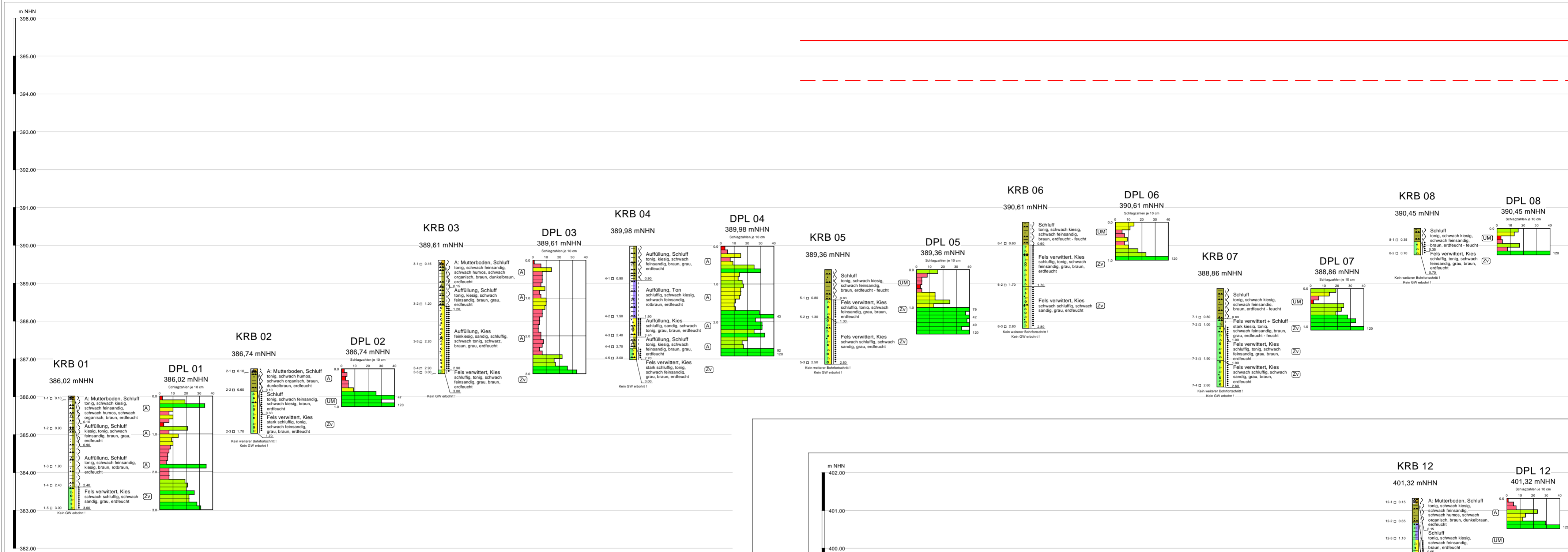
KLEEGRÄFE
 Kleegräfe Geotechnik GmbH
 Holzstraße 212 59556 Lippstadt - Bad Waldliesborn
 Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582

Lageplan

Maßnahme: Gewerbegebiet Nr. 10 Auf der Haide und Werkserweiterungen FOSCH GMBH 'Zur Heide 36', 34431 Marsberg	Bearb.-Nr.: 2508046/1/a A2
- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -	Anlage: 1.1
Auftraggeber: FOSCH GMBH Zur Heide 36 34431 Marsberg-Giershagen	Blatt: 1 von 1 Februar 2026 Klee/Bai/Gebb M. 1 : 1000

ANLAGE 2.1

Schichtendarstellungen / Rammdiagramme



OKFF = +395,41 m NNN

UK Fundamente frostsicher (Annahme!) = +394,36 m NNN

Legende

steil - halbfest	Fels verwittert	Schluff
steif	Auffüllung	Fels verwittert
weich - steif	Mutterboden	
weich	Kies	Legende DPL
mitteldicht	Schluff	sehr locker
dicht	Ton	locker
		mitteldicht
		dicht
		sehr dicht

KLEEGRÄFE
 Kleegräfe Geotechnik GmbH, Holzstraße 212, 59556 Lippstadt
 Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582 E-Mail: info@Kleegräfe.com

Schichtendarstellung nach DIN 4023

Maßnahme: Werksverweiterung Fosch GmbH
 Zur Heide 36, 34431 Marsberg-Giershagen

- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Auftraggeber: Fosch GmbH, Zur Heide 36, 34431 Marsberg-Giershagen

Az.-Nr.: 2508046/1 **Datum:** 16.01.2026 **Anlage:** 2.1

Bearbeiter: Mario Dreyer **Geologe:** Hr. Wulf

ANLAGE 3.1

Korngrößenanalysen
(Kornsummenkurven)

Körnungslinie

Werkserweiterung FOSCH

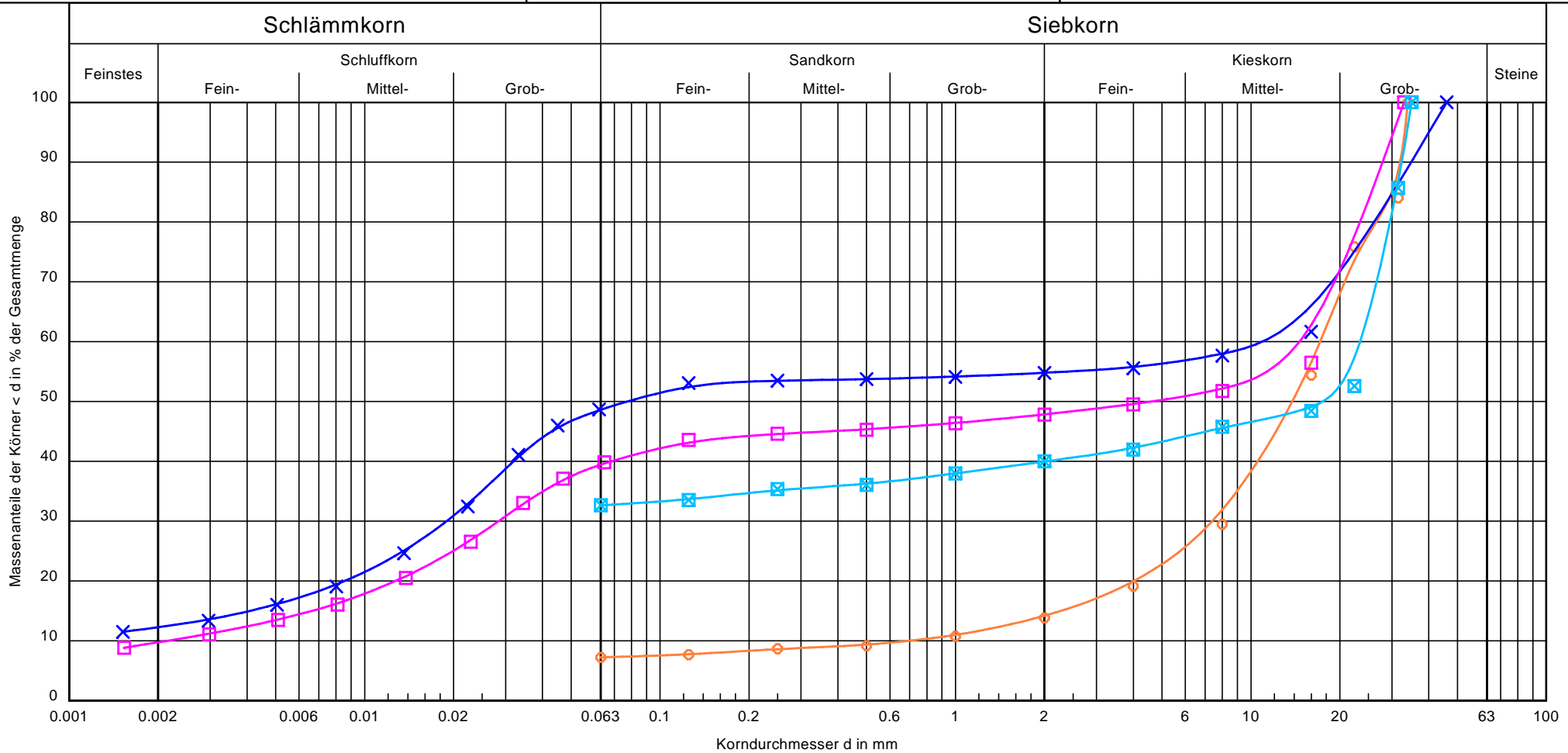
Zur Heide 36, 34431 Marsberg-Giershagen
- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Prüfungsnummern: 1/5, 2/3, 9/3, 10/3

Proben entnommen am: 24./25.11.2025

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-(Schlämm-)Analyse



Bezeichnung:	Probe 1/5	Probe 2/3	Probe 9/3	Probe 10/3	Bericht: 2508046/1 Anlage: 3.1
Tiefe:	2,40 - 3,00 m	0,60 - 1,70 m	1,00 - 1,60 m	0,40 - 1,10 m	
Bodenart:	mG, gg, u', s', fg'	G, u, t', s'	G, u, t', s'	gG, u, s', mg'	
T/U/S/G [%]:	- /7.2/7.0/85.8	12.3/36.3/6.2/45.2	9.7/29.7/8.4/52.2	- /32.6/7.3/60.0	
kf-Wert:	$\sim 2,9 \times 10^{-3}$ m/s (Beyer)	$\sim 6,4 \times 10^{-8}$ m/s (M&P)	$\sim 1,6 \times 10^{-7}$ m/s (M&P)	$< 1,0 \times 10^{-6}$ m/s (M&P)	

Körnungslinie

Werkserweiterung FOSCH

Zur Heide 36, 34431 Marsberg-Giershagen
- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 16.01.2026

Prüfungsnummern: 1/5, 2/3, 9/3, 10/3

Proben entnommen am: 24./25.11.2025

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-(Schlamm-)Analyse

Bezeichnung: Probe 1/5
 Tiefe: 2,40 - 3,00 m
 Bodenart: mG, gg, u', s', fg'
 T/U/S/G [%]: - / 7.2 / 7.0 / 85.8 / -
 kf-Wert: $\sim 2,9 \times 10^{-3}$ m/s (Beyer)
 d10/d30/d60 [mm]: 0.701 / 7.396 / 17.145
 Siebanalyse:
 Trockenmasse [g]: 393.58

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
34.0	0.00	0.00	100.00
31.5	62.82	15.96	84.04
22.4	32.16	8.17	75.87
16.0	84.54	21.48	54.39
8.0	98.06	24.91	29.47
4.0	40.78	10.36	19.11
2.0	20.85	5.30	13.81
1.0	12.05	3.06	10.75
0.5	6.18	1.57	9.18
0.25	1.96	0.50	8.68
0.125	4.00	1.02	7.67
0.063	1.74	0.44	7.23
Schale	28.44	7.23	-
Summe	393.58		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

Werkserweiterung FOSCH

Zur Heide 36, 34431 Marsberg-Giershagen
- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 16.01.2026

Prüfungsnummern: 1/5, 2/3, 9/3, 10/3

Proben entnommen am: 24./25.11.2025

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-(Schlamm-)Analyse

Bezeichnung: Probe 2/3

Tiefe: 0,60 - 1,70 m

Bodenart: G, \bar{u} , t', s'

T/U/S/G [%]: 12.3 / 36.3 / 6.2 / 45.2 / -

kf-Wert: $\sim 6,4 \times 10^{-8}$ m/s (M&P)

d10/d30/d60 [mm]: - / 0.019 / 10.900

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 78.22

Schlammanalyse:

Trockenmasse [g]: 41.51

Korndichte [g/cm³]: 2.650

Aräometer:

Bezeichnung: Standard Aräometer

Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40

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

Länge Aräometerbirne [mm]: 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 [%]
46.0	0.00	0.00	100.00
16.0	29.97	38.32	61.68
8.0	3.14	4.01	57.67
4.0	1.65	2.11	55.56
2.0	0.61	0.78	54.78
1.0	0.52	0.66	54.12
0.5	0.31	0.40	53.72
0.25	0.19	0.24	53.48
0.125	0.32	0.41	53.07
Schale	41.51	53.07	-
Summe	78.22		
Siebverlust	0.00		

Schlammanalyse

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	22.50	23.70	0.0622	21.6	107.69	0.96735	48.66
0	1	21.20	22.40	0.0450	21.6	112.89	0.96735	45.99
0	2	18.80	20.00	0.0331	21.6	122.49	0.96735	41.07
0	5	14.60	15.80	0.0224	21.6	139.29	0.96735	32.44
0	15	10.80	12.00	0.0136	21.6	154.49	0.96735	24.64
0	46	8.10	9.30	0.0080	21.7	165.29	0.96504	19.10
2	0	6.60	7.80	0.0051	21.7	171.29	0.96504	16.02
6	0	5.30	6.50	0.0030	21.7	176.49	0.96504	13.35
24	0	4.40	5.60	0.0015	20.3	180.09	0.99810	11.50

Körnungslinie

Werkserweiterung FOSCH

Zur Heide 36, 34431 Marsberg-Giershagen
- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Prüfungsnummern: 1/5, 2/3, 9/3, 10/3

Proben entnommen am: 24./25.11.2025

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-(Schlamm-)Analyse

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 16.01.2026

Bezeichnung: Probe 9/3
Tiefe: 1,00 - 1,60 m
Bodenart: G, u, t', s'
T/U/S/G [%]: 9.7 / 29.7 / 8.4 / 52.2 / -
kf-Wert: $\sim 1,6 \times 10^{-7}$ m/s (M&P)
d10/d30/d60 [mm]: 0.002 / 0.028 / 14.594
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 87.05
Schlammanalyse:
Trockenmasse [g]: 37.93
Korndichte [g/cm³]: 2.650
Aräometer:
Bezeichnung: Standard Aräometer
Volumen Aräometerbirne [cm³]: 67.40
Abstand 100-ml 1000-ml [mm]: 307.50
Länge Aräometerbirne [mm]: 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 [%]
33.0	0.00	0.00	100.00
16.0	37.88	43.52	56.48
8.0	4.14	4.76	51.73
4.0	1.93	2.22	49.51
2.0	1.50	1.72	47.79
1.0	1.24	1.42	46.36
0.5	0.94	1.08	45.28
0.25	0.57	0.65	44.63
0.125	0.92	1.06	43.57
Schale	37.93	43.57	-
Summe	87.05		
Siebverlust	0.00		

Schlammanalyse

Zeit [h]	Zeit [min]	R'_h [-]	$R'_h + R_0$ $R_0=C_m+R'_0$ [-]	Korngröße [mm]	T [°C]	H_r [mm]	η [-]	Durchgang [%]
0	0.5	20.40	21.60	0.0648	21.3	116.09	0.97432	39.85
0	1	18.90	20.10	0.0470	21.3	122.09	0.97432	37.08
0	2	16.70	17.90	0.0344	21.3	130.89	0.97432	33.03
0	5	13.20	14.40	0.0229	21.3	144.89	0.97432	26.57
0	15	9.90	11.10	0.0138	21.3	158.09	0.97432	20.48
0	46	7.50	8.70	0.0081	21.5	167.69	0.96966	16.05
2	0	6.10	7.30	0.0051	21.6	173.29	0.96735	13.47
6	0	4.80	6.00	0.0030	21.6	178.49	0.96735	11.07
24	0	3.60	4.80	0.0015	20.3	183.29	0.99810	8.86

Körnungslinie

Werkserweiterung FOSCH

Zur Heide 36, 34431 Marsberg-Giershagen
- Baugrunderkundung / Geotechnischer Bericht -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 16.01.2026

Prüfungsnummern: 1/5, 2/3, 9/3, 10/3

Proben entnommen am: 24./25.11.2025

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-(Schlamm-)Analyse

Bezeichnung: Probe 10/3
 Tiefe: 0,40 - 1,10 m
 Bodenart: gG, \bar{u} , s', mg'
 T/U/S/G [%]: - / 32.6 / 7.3 / 60.0 / -
 kf-Wert: $<1,0 \times 10^{-6}$ m/s (M&P)
 d10/d30/d60 [mm]: - / - / 23.405
 Siebanalyse:
 Trockenmasse [g]: 291.63

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
35.0	0.00	0.00	100.00
31.5	41.69	14.30	85.70
22.4	96.63	33.13	52.57
16.0	12.09	4.15	48.42
8.0	7.71	2.64	45.78
4.0	11.14	3.82	41.96
2.0	5.75	1.97	39.99
1.0	5.88	2.02	37.97
0.5	5.58	1.91	36.06
0.25	2.06	0.71	35.35
0.125	5.36	1.84	33.52
0.063	2.56	0.88	32.64
Schale	95.18	32.64	-
Summe	291.63		
Siebverlust	0.00		

ANLAGE 4.1

Wassergehaltsbestimmungen

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1**Werkserweiterung FOSCH**Zur Heide 36, 34431 Marsberg-Giershagen
- Baugrunderkundung / Geotechn. Bericht -

Bearbeiter: Frau Gebbeken

Datum: 16.01.2026

Prüfungsnummern: 1/5, 2/3, 9/3, 10/3

Entnahmestellen: KRB 1, 2, 9, 10

Tiefe: 0,40 - 3,00 m (min.-max.)

Art der Entnahme: gestörte Proben

Proben entnommen am: 24./25.11.2025

Probenbezeichnung:	Probe 1/5	Probe 2/3
Feuchte Probe + Behälter [g]:	810.60	336.79
Trockene Probe + Behälter [g]:	792.00	325.40
Behälter [g]:	398.42	202.16
Porenwasser [g]:	18.60	11.39
Trockene Probe [g]:	393.58	123.24
Wassergehalt [%]	4.73	9.24

Probenbezeichnung:	Probe 9/3	Probe 10/3
Feuchte Probe + Behälter [g]:	296.31	770.61
Trockene Probe + Behälter [g]:	284.33	736.19
Behälter [g]:	210.96	444.56
Porenwasser [g]:	11.98	34.42
Trockene Probe [g]:	73.37	291.63
Wassergehalt [%]	16.33	11.80

ANLAGE 5.1

Versickerungsversuche im Gelände

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

<u>Maßnahme:</u>	Werkserweiterung der Fa. Fosch GmbH
<u>Ort:</u>	‘Zur Heide 36’ in 34431 Marsberg-Giershagen
<u>Datum:</u>	25.11.2025

Versuchsdurchführung mittels ‘open-end-test’

Bohrung	Vers. Nr.	r m	h m	Zeit min	Wasser- menge l	Q m³/s	k_f m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Versick.-Medium und Gültigkeitsbereich)
KRB 1 ²⁾	1	0,02	1,00					kein Grundwasser Verwitterungskies; 2,00 - 3,00 m u. GOK
	2	0,02	1,00					
KRB 2 ²⁾	1	0,02	0,90	4,17	1,00	4,00E-06	4,58E-06	kein Grundwasser; Verw.-Kies, stark verlehmt; 0,80 - 1,70 m u. GOK
	2	0,02	0,90	3,80	1,00	4,39E-06	5,02E-06	
KRB 3 ¹⁾	1	0,02	0,10	0,27	3,00	1,85E-04	1,68E-02	kein Grundwasser Verwitterungskies; 2,90 - 3,00 m u. GOK
	2	0,02	0,10	0,28	3,00	1,79E-04	1,62E-02	
KRB 4 ²⁾	1	0,02	1,00	0,40	2,00	8,33E-05	7,96E-05	kein Grundwasser; Verw.-Lehm + Füll-/ Verw.-Kies, verlehmt; 2,00 - 3,00 m u. GOK
	2	0,02	1,00	0,38	2,00	8,77E-05	8,38E-05	
KRB 5 ²⁾	1	0,02	2,00					kein Grundwasser Verwitterungskies; 1,00 - 3,00 m u. GOK
	2	0,02	2,00					
KRB 8 ²⁾	1	0,02	0,40	0,84	1,00	1,98E-05	8,81E-05	kein Grundwasser Verw.-Kies, verlehmt; 0,30 - 0,70 m u. GOK
	2	0,02	0,40	0,85	1,00	1,97E-05	8,75E-05	

1) = verrohrt

2) = unverrohrt

<u>Erläuterung</u>
r - Radius des Bohrlochs
h - Wasserstand im Bohrloch
Q - Versickerungsrate
k_f - Durchlässigkeitsbeiwert

Die Berechnung des k_f -Wertes erfolgt mit der Formel:

(verrohrt)

$$k = \frac{Q}{5,5 * r * h}$$

(unverrohrt)

$$k = 0,265 \frac{Q}{h^2} \left[\ln \left(\frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r} \right)^2 + 1} \right) - 1 \right]$$

<u>Durchlässigkeitsbewertung nach DIN 18130</u>			
k_f	$> 10^{-4}$	m/s :	‘stark durchlässig’
k_f	$10^{-4} - 10^{-6}$	m/s :	‘durchlässig’
k_f	$10^{-6} - 10^{-8}$	m/s :	‘gering durchlässig’
k_f	$< 10^{-8}$	m/s :	‘sehr gering durchlässig’

ANLAGE 6.1

Chemische Analysenergebnisse

Prüfbericht-Nr: B2530769

Auftraggeber Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
59556 Lippstadt

Ansprechpartner Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe

Telefon 02941 / 5404

E-Mail info@kleegraefe.com

Eingangsdatum 03.12.2025

Probenehmer / -eingang unbekannt

Prüfort Horn & Co. Analytics GmbH

Untersuchungszeitraum 03.12.2025 - 10.12.2025

Probe-Nr. P202555082

Probenbezeichnung MP Auffüllung BS 1-4

Herkunftsort Marsberg, Werkserweiterung Fosch

Entnahmeort Marsberg, Werkserweiterung Fosch

Untersuchungsauftrag EBV

Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

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

Anlagen

keine

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

Prüfbericht-Nr: B2530769
Probe-Nr. P202555082
Probenbezeichnung MP Auffüllung BS 1-4

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden			7*	Wen
Mineral. Fremdbest.	<10	Vol-%	BBodSchV §2 Nr. 8	4*	Wen
Trockenrückstand (105°C)	82,2	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Feuchte (105°C)	17,8	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Trockenrückstand (bis 40°C)	82	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
Feuchte (40°C)	18	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
> 2,00 mm	76,4	%	DIN 66165-2	1*	Wen
< 2,00 mm	23,6	%	DIN 66165-2	1*	Wen
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja		DIN 19747	1*	Wen
TOC (TS)	0,35	%	DIN 19539	1*	Wen
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<50	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
Benzo(a)pyren (TS)	0,0184	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	9,70	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Blei (TS)_EBV	52,3	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Cadmium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Chrom (TS)_EBV	27,8	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Kupfer (TS)_EBV	472	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Nickel (TS)_EBV	35,2	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Quecksilber (TS) AAS	0,24	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen
Thallium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Zink (TS)_EBV	439	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja		DIN 19529	1*	Wen
pH-Wert (Eluat)	8,34		DIN EN ISO 10523	1*	Wen
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	211	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen
Sulfat-IC (Eluat)	12,8	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen
Arsen (Eluat) ICP-MS	4,53	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Blei (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Cadmium (Eluat) ICP-MS	<0,3	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Chrom (Eluat) ICP-MS	<5	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Kupfer (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Nickel (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Thallium (Eluat) ICP-MS	<0,2	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen

Prüfbericht-Nr: B2530769

Probe-Nr. P202555082

Probenbezeichnung MP Auffüllung BS 1-4

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
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)	0,0115	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

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

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

Bemerkung GW

Grenzwerteinstufung

Einstufung

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

überschritten

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

überschritten

BM-F2 EBV - BM-F2 - nach Ersatzbaustoffverordnung EBV

überschritten

BM-F3 EBV - BM-F3 - nach Ersatzbaustoffverordnung EBV

überschritten

Endeinstufung EBV - BM-F3 überschritten

Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	BM-0 Lehm	BM-0* <0,5% TOC	BM-F2	BM-F3
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden					
Mineral. Fremdbest.	<10	Vol-%	10	10	50	50
Trockenrückstand (105°C)	82,2	%				
Feuchte (105°C)	17,8	%				
Trockenrückstand (bis 40°C)	82	%				
Feuchte (40°C)	18	%				
> 2,00 mm	76,4	%				
< 2,00 mm	23,6	%				
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja					
TOC (TS)	0,35	%	1	0,5	5	5
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	1	3	10
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<50	mg/kg		300	300	1000
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg		600	600	2000

Prüfbericht-Nr: B2530769

Probe-Nr. P202555082

Probenbezeichnung MP Auffüllung BS 1-4

Parameter	Meßwert	Einheit	BM-0 Lehm	BM-0* <0,5% TOC	BM-F2	BM-F3
Benzo(a)pyren (TS)	0,0184	mg/kg	0,3			
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	3	6	9	30
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	0,5
Königswasseraufschluss	ja					
Arsen (TS)_EBV	9,70	mg/kg	20	20	40	150
Blei (TS)_EBV	52,3	mg/kg	70	140	140	700
Cadmium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	1	1	2	10
Chrom (TS)_EBV	27,8	mg/kg	60	120	120	600
Kupfer (TS)_EBV	472	mg/kg	40	80	80	320
Nickel (TS)_EBV	35,2	mg/kg	50	100	100	350
Quecksilber (TS) AAS	0,24	mg/kg	0,3	0,6	0,6	5
Thallium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	1	1	2	7
Zink (TS)_EBV	439	mg/kg	150	300	300	1200
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja					
pH-Wert (Eluat)	8,34				6,5-9,5	5,5-12
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	211	µS/cm		350	500	2000
Sulfat-IC (Eluat)	12,8	mg/L	250	250	450	1000
Arsen (Eluat) ICP-MS	4,53	µg/L		8	85	100
Blei (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		23	250	470
Cadmium (Eluat) ICP-MS	<0,3	µg/L		2	10	15
Chrom (Eluat) ICP-MS	<5	µg/L		10	290	530
Kupfer (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L		20	170	320
Nickel (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		20	150	280
Thallium (Eluat) ICP-MS	<0,2	µg/L		0,2		
Zink (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L		100	840	1600
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L		0,0001		
Summe 15 PAK (ohne Naphthalin)(Eluat)	<0,1	µg/L		0,2	3,8	20
1-Methylnaphthalin (Eluat)	<0,01	µg/L				
2-Methylnaphthalin (Eluat)	0,0115	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 11.12.2025



Prüfbericht-Nr: **B2530769**
Probe-Nr. P202555082
Probenbezeichnung MP Auffüllung BS 1-4

i.A. Dorothea Egbun
Projektmanagement

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

Prüfbericht-Nr: **B2531484**

Auftraggeber Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
59556 Lipstadt

Ansprechpartner Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe

Telefon 02941 / 5404

E-Mail info@kleegraefe.com

Eingangsdatum 12.12.2025

Probenehmer / -eingang unbekannt

Prüfört Horn & Co. Analytics GmbH

Untersuchungszeitraum 12.12.2025 - 17.12.2025

Probe-Nr. P202555082-1

Probenbezeichnung MP Auffüllung BS 1-4

Herkunftsort Marsberg, Werkserweiterung Fosch

Entnahmeort Marsberg, Werkserweiterung Fosch

Untersuchungsauftrag Deponieverordnung

Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

DIN 19539: 2016-12	DIN 19747: 2009-07	DIN 38409-1: 1987-01
DIN EN 12457-4: 2003-01	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 27888: 1993-11	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	DIN EN ISO 10523: 2012-04
DIN EN ISO 11885: 2009-09	DIN EN ISO 12846: 2012-08	DIN EN ISO 14402: 1999-12
DIN EN ISO 14403-2: 2012-10	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	

Anlagen

Probenbegleitprotokoll

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

Prüfbericht-Nr: B2531484
Probe-Nr. P202555082-1
Probenbezeichnung MP Auffüllung BS 1-4

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Probennahmeprotokoll	m. vorhanden			7*	Wen
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg		DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1	4*	Wen
Probenvorbereitung	s. Anlage		DIN 19747	1*	Wen
Trockenrückstand (105°C)	83,9	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Feuchte (105°C)	16,1	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	DIN EN 15308	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	LAGA KW/04	1*	Wen
Extrahierbare lipophile Stoffe (TS)	0,045	%	LAGA KW/04	1*	Wen
TOC (TS)	0,48	%	DIN 19539	1*	Wen
Glühverlust (550°C)	4,33	%	DIN EN 15169	1*	Wen
Glührückstand (550°C)	95,7	%	DIN EN 15169	1*	Wen
Elution mit dest. Wasser	ja		DIN EN 12457-4	1*	Wen
pH-Wert (Eluat)	8,18		DIN EN ISO 10523	1*	Wen
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	103	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen
Wasserlöslicher Anteil	0,052	%	DIN 38409-1	1*	Wen
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	<400	mg/L	DIN EN 15216	1*	Wen
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403-2	1*	Wen
Fluorid-IC (Eluat)	0,21	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen
Chlorid-IC (Eluat)	0,28	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen
Sulfat-IC (Eluat)	7,12	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 14402	1*	Wen
DOC (Eluat)	1,44	mg/L	DIN EN 1484	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)	<0,02	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Kupfer (Eluat)	<0,02	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen
Molybdän (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
Herkunft der Angaben: 6*: Auftraggeber; 7* Horn & Co. Analytics GmbH
Ort der Messung: Wen = Wenden, Wtz = Wetzlar, Sie = Siegen, Wit = Witten

Prüfbericht-Nr: B2531484

Probe-Nr. P202555082-1

Probenbezeichnung MP Auffüllung BS 1-4

Bemerkung GW Gemäß DepV (Deponieverordnung) Anhang 3 Tabelle 2 Fußnote 2 kann der Glühverlust (1.01) gleichwertig zum TOC (1.02) angewandt werden, so dass eine Einstufung in die Deponieklasse 0 erfolgen kann.

Grenzwerteinstufung

DK	Deponieklasse	Einstufung
DK 0	Deponieklasse 0 nach Deponieverordnung (aktuelle Version)	eingehalten, s. Bemerkung
DK 1	Deponieklasse 1 nach Deponieverordnung (aktuelle Version)	eingehalten, s. Bemerkung
DK 2	Deponieklasse 2 nach Deponieverordnung (aktuelle Version)	eingehalten
DK 3	Deponieklasse 3 nach Deponieverordnung (aktuelle Version)	eingehalten
Endeinstufung	Deponieklasse 0	

Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	DK 0	DK 1	DK 2	DK 3
Probennahmeprotokoll	m. vorhanden					
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg					
Probenvorbereitung	s. Anlage					
Trockenrückstand (105°C)	83,9	%				
Feuchte (105°C)	16,1	%				
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg	6			
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	30			
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	1			
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	500			
Extrahierbare lipophile Stoffe (TS)	0,045	%	0,1	0,4	0,8	4
TOC (TS)	0,48	%	1	1	3	6
Glühverlust (550°C)	4,33	%	3	3	5	10
Glührückstand (550°C)	95,7	%				
Elution mit dest. Wasser	ja					
pH-Wert (Eluat)	8,18		5,5-13	5,5-13	5,5-13	4-13
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	103	µS/cm				
Wasserlöslicher Anteil	0,052	%	0,4	3	6	10
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	<400	mg/L	400	3000	6000	10000
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L	0,01	0,1	0,5	1
Fluorid-IC (Eluat)	0,21	mg/L	1	5	15	50
Chlorid-IC (Eluat)	0,28	mg/L	80	1500	1500	2500
Sulfat-IC (Eluat)	7,12	mg/L	100	2000	2000	5000
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	0,1	0,2	50	100
DOC (Eluat)	1,44	mg/L	50	50	80	100
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L	0,006	0,03	0,07	0,5
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	0,05	0,2	0,2	2,5

Prüfbericht-Nr: B2531484

Probe-Nr. P202555082-1

Probenbezeichnung MP Auffüllung BS 1-4

Parameter	Meßwert	Einheit	DK 0	DK 1	DK 2	DK 3
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L	2	5	10	30
Blei (Eluat)	<0,02	mg/L	0,05	0,2	1	5
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	0,004	0,05	0,1	0,5
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,01	mg/L	0,05	0,3	1	7
Kupfer (Eluat)	<0,02	mg/L	0,2	1	5	10
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L	0,05	0,3	1	3
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	0,04	0,2	1	4
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	0,001	0,005	0,02	0,2
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L	0,01	0,03	0,05	0,7
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	0,4	2	5	20

Horn & Co. Analytics GmbH, Wenden 18.12.2025



i.A. Dorothea Egbun
Projektmanagement

Bemerkung MU Laut Anhang 4 §4 der DepV sind für die Bewertung der Analysenberichte die ermittelten Messwerte ohne Berücksichtigung der Messunsicherheit zugrunde zu legen.

Prüfbericht-Nr: B2530770

Auftraggeber Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
59556 Lippstadt

Ansprechpartner Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe

Telefon 02941 / 5404

E-Mail info@kleegraefe.com

Eingangsdatum 03.12.2025

Probenehmer / -eingang unbekannt

Prüfort Horn & Co. Analytics GmbH

Untersuchungszeitraum 03.12.2025 - 10.12.2025

Probe-Nr. P202555083

Probenbezeichnung MP Aushub BS 5-8

Herkunftsort Marsberg, Werkserweiterung Fosch

Entnahmeort Marsberg, Werkserweiterung Fosch

Untersuchungsauftrag EBV

Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

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

Anlagen

keine

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

Labor Wenden

Otto-Hahn-Straße 2, 57482 Wenden-Hünsborn · Deutschland
Telefon: +49 (0) 27 62 / 97 40-0 · Fax: +49 (0) 27 62 / 97 40-11
Labor Siegen · Obere Kaiserstraße, 57078 Siegen · Deutschland
Labor Wetzlar · Buderusstraße 25, 35576 Wetzlar · Deutschland
Labor Witten · Auestraße 4, 58452 Witten · Deutschland
E-Mail: anfrage@industrial-lab.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: B2530770
Probe-Nr. P202555083
Probenbezeichnung MP Aushub BS 5-8

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden			7*	Wen
Mineral. Fremdbest.	<10	Vol-%	BBodSchV §2 Nr. 8	4*	Wen
Trockenrückstand (105°C)	78,3	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Feuchte (105°C)	21,7	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Trockenrückstand (bis 40°C)	80,1	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
Feuchte (40°C)	19,9	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
> 2,00 mm	79	%	DIN 66165-2	1*	Wen
< 2,00 mm	21	%	DIN 66165-2	1*	Wen
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja		DIN 19747	1*	Wen
TOC (TS)	0,33	%	DIN 19539	1*	Wen
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<50	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen
PCB-118 (TS)_EBV	<0,001	mg/kg	DIN EN 17322	1*	Wen
Summe 6 PCB (TS)_EBV	<0,01	mg/kg	DIN EN 17322	1*	Wen
Summe 7 PCB (TS)_EBV	<0,01	mg/kg	DIN EN 17322	1*	Wen
Königswasseraufschluss	ja		DIN EN ISO 54321 Verf. A2	1*	Wen
Arsen (TS)_EBV	7,23	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Blei (TS)_EBV	20,9	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Cadmium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Chrom (TS)_EBV	26,5	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Kupfer (TS)_EBV	48,5	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Nickel (TS)_EBV	27,8	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	44,9	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja		DIN 19529	1*	Wen
pH-Wert (Eluat)	8,18		DIN EN ISO 10523	1*	Wen
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	230	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen
Sulfat-IC (Eluat)	10,8	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen
Arsen (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Blei (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Cadmium (Eluat) ICP-MS	<0,3	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Chrom (Eluat) ICP-MS	<5	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Kupfer (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Nickel (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Thallium (Eluat) ICP-MS	<0,2	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen

Prüfbericht-Nr: B2530770

Probe-Nr. P202555083

Probenbezeichnung MP Aushub BS 5-8

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
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)	0,0103	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
Naphthalin (Eluat)	0,0359	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
Summe Naphthaline (Eluat)	0,0518	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
PCB-118 (Eluat)_EBV	0,002	µg/L	DIN 38407-37	1*	Wen
Summe 6 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L	DIN 38407-37	1*	Wen
Summe 7 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L	DIN 38407-37	1*	Wen

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

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

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

Bemerkung GW

Grenzwerteinstufung

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

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

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

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

Endeinstufung EBV - BM-0* <0,5% TOC eingehalten

Einstufung

überschritten

eingehalten

eingehalten

eingehalten

Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	BM-0 Lehm	BM-0* <0,5% TOC	BM-F0*	BM-F1
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden					
Mineral. Fremdbest.	<10	Vol-%	10	10	50	50
Trockenrückstand (105°C)	78,3	%				
Feuchte (105°C)	21,7	%				
Trockenrückstand (bis 40°C)	80,1	%				
Feuchte (40°C)	19,9	%				
> 2,00 mm	79	%				
< 2,00 mm	21	%				
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja					
TOC (TS)	0,33	%	1	0,5	5	5
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	1	3	3
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<50	mg/kg		300	300	300
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg		600	600	600

Prüfbericht-Nr: B2530770

Probe-Nr. P202555083

Probenbezeichnung MP Aushub BS 5-8

Parameter	Meßwert	Einheit	BM-0 Lehm	BM-0* <0,5% TOC	BM-F0*	BM-F1
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	7,23	mg/kg	20	20	40	40
Blei (TS)_EBV	20,9	mg/kg	70	140	140	140
Cadmium (TS)_EBV	<0,1	mg/kg	1	1	2	2
Chrom (TS)_EBV	26,5	mg/kg	60	120	120	120
Kupfer (TS)_EBV	48,5	mg/kg	40	80	80	80
Nickel (TS)_EBV	27,8	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	44,9	mg/kg	150	300	300	300
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja					
pH-Wert (Eluat)	8,18				6,5-9,5	6,5-9,5
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	230	µS/cm		350	350	500
Sulfat-IC (Eluat)	10,8	mg/L	250	250	250	450
Arsen (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		8	12	20
Blei (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		23	35	90
Cadmium (Eluat) ICP-MS	<0,3	µg/L		2	3	3
Chrom (Eluat) ICP-MS	<5	µg/L		10	15	150
Kupfer (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L		20	30	110
Nickel (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		20	30	30
Thallium (Eluat) ICP-MS	<0,2	µg/L		0,2		
Zink (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L		100	150	160
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L		0,0001		
Summe 15 PAK (ohne Naphthalin)(Eluat)	<0,1	µg/L		0,2	0,3	1,5
1-Methylnaphthalin (Eluat)	<0,01	µg/L				
2-Methylnaphthalin (Eluat)	0,0103	µg/L				
Naphthalin (Eluat)	0,0359	µg/L				
Summe Naphthaline (Eluat)	0,0518	µg/L		2		
PCB-118 (Eluat)_EBV	0,002	µg/L				
Summe 6 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L				
Summe 7 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L		0,01		

Horn & Co. Analytics GmbH, Wenden 11.12.2025



Prüfbericht-Nr: **B2530770**
Probe-Nr. P202555083
Probenbezeichnung MP Aushub BS 5-8

i.A. Dorothea Egbun
Projektmanagement

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

Prüfbericht-Nr: B2530771

Auftraggeber Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
59556 Lippstadt

Ansprechpartner Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe

Telefon 02941 / 5404

E-Mail info@kleegraefe.com

Eingangsdatum 03.12.2025

Probenehmer / -eingang unbekannt

Prüfört Horn & Co. Analytics GmbH

Untersuchungszeitraum 03.12.2025 - 10.12.2025

Probe-Nr. P202555084

Probenbezeichnung MP Aushub BS 9-12

Herkunftsort Marsberg, Werkserweiterung Fosch

Entnahmeort Marsberg, Werkserweiterung Fosch

Untersuchungsauftrag EBV

Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

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

Anlagen

keine

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

Prüfbericht-Nr: B2530771
Probe-Nr. P202555084
Probenbezeichnung MP Aushub BS 9-12

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden			7*	Wen
Mineral. Fremdbest.	<10	Vol-%	BBodSchV §2 Nr. 8	4*	Wen
Trockenrückstand (105°C)	89,8	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Feuchte (105°C)	10,2	%	DIN EN 14346	1*	Wen
Trockenrückstand (bis 40°C)	86,1	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
Feuchte (40°C)	13,9	%	DIN ISO 11465	1*	Wen
> 2,00 mm	81,7	%	DIN 66165-2	1*	Wen
< 2,00 mm	18,3	%	DIN 66165-2	1*	Wen
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja		DIN 19747	1*	Wen
TOC (TS)	0,22	%	DIN 19539	1*	Wen
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<50	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen
PCB-118 (TS)_EBV	<0,001	mg/kg	DIN EN 17322	1*	Wen
Summe 6 PCB (TS)_EBV	<0,01	mg/kg	DIN EN 17322	1*	Wen
Summe 7 PCB (TS)_EBV	<0,01	mg/kg	DIN EN 17322	1*	Wen
Königswasseraufschluss	ja		DIN EN ISO 54321 Verf. A2	1*	Wen
Arsen (TS)_EBV	3,87	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	13,7	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Kupfer (TS)_EBV	71,2	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Nickel (TS)_EBV	18,3	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	39,3	mg/kg	DIN EN 16170	1*	Wen
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja		DIN 19529	1*	Wen
pH-Wert (Eluat)	8,30		DIN EN ISO 10523	1*	Wen
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	125	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen
Sulfat-IC (Eluat)	3,56	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen
Arsen (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Blei (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Cadmium (Eluat) ICP-MS	<0,3	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Chrom (Eluat) ICP-MS	<5	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Kupfer (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Nickel (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen
Thallium (Eluat) ICP-MS	<0,2	µg/L	DIN EN ISO 17294-2	1*	Wen

Prüfbericht-Nr: B2530771

Probe-Nr. P202555084

Probenbezeichnung MP Aushub BS 9-12

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort
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)	0,0126	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
Naphthalin (Eluat)	0,0179	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
Summe Naphthaline (Eluat)	0,0333	µg/L	DIN 38407-39	1*	Wen
PCB-118 (Eluat)_EBV	<0,001	µg/L	DIN 38407-37	1*	Wen
Summe 6 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L	DIN 38407-37	1*	Wen
Summe 7 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L	DIN 38407-37	1*	Wen

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

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

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

Bemerkung GW

Grenzwerteinstufung

Einstufung

BM-0 Lehm	EBV - BM-0 Lehm/Schluff - nach Ersatzbaustoffverordnung EBV	überschritten
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* <0,5% TOC 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)	89,8	%				
Feuchte (105°C)	10,2	%				
Trockenrückstand (bis 40°C)	86,1	%				
Feuchte (40°C)	13,9	%				
> 2,00 mm	81,7	%				
< 2,00 mm	18,3	%				
Ergebnis bez. auf Feinfraktion (< 2,00 mm)	ja					
TOC (TS)	0,22	%	1	0,5	5	5
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	1	3	3
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<50	mg/kg		300	300	300
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg		600	600	600

Prüfbericht-Nr: B2530771

Probe-Nr. P202555084

Probenbezeichnung MP Aushub BS 9-12

Parameter	Meßwert	Einheit	BM-0 Lehm	BM-0* <0,5% TOC	BM-F0*	BM-F1
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	3,87	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	13,7	mg/kg	60	120	120	120
Kupfer (TS)_EBV	71,2	mg/kg	40	80	80	80
Nickel (TS)_EBV	18,3	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	39,3	mg/kg	150	300	300	300
Elution mit dest. Wasser (2:1 Schüttel)	ja					
pH-Wert (Eluat)	8,30				6,5-9,5	6,5-9,5
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	125	µS/cm		350	350	500
Sulfat-IC (Eluat)	3,56	mg/L	250	250	250	450
Arsen (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		8	12	20
Blei (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		23	35	90
Cadmium (Eluat) ICP-MS	<0,3	µg/L		2	3	3
Chrom (Eluat) ICP-MS	<5	µg/L		10	15	150
Kupfer (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L		20	30	110
Nickel (Eluat) ICP-MS	<1	µg/L		20	30	30
Thallium (Eluat) ICP-MS	<0,2	µg/L		0,2		
Zink (Eluat) ICP-MS	<10	µg/L		100	150	160
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L		0,0001		
Summe 15 PAK (ohne Naphthalin)(Eluat)	<0,1	µg/L		0,2	0,3	1,5
1-Methylnaphthalin (Eluat)	<0,01	µg/L				
2-Methylnaphthalin (Eluat)	0,0126	µg/L				
Naphthalin (Eluat)	0,0179	µg/L				
Summe Naphthaline (Eluat)	0,0333	µg/L		2		
PCB-118 (Eluat)_EBV	<0,001	µg/L				
Summe 6 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L				
Summe 7 PCB (Eluat)_EBV	<0,01	µg/L		0,01		

Horn & Co. Analytics GmbH, Wenden 11.12.2025



Prüfbericht-Nr: **B2530771**
Probe-Nr. P202555084
Probenbezeichnung MP Aushub BS 9-12

i.A. Dorothea Egbun
Projektmanagement

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

ANLAGE 7.1

Fotodokumentation

Fotodokumentation

Situation am 24./25.11.2025



Foto 1: Blickrichtung ~ NW; Bereich der Bohrung KRB 1 (Markierung)

Situation am 24./25.11.2025



Foto 2: Blickrichtung ~ NW; Bereich der Bohrung KRB 2 (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 2 von 6

Anlage 7.1

Situation am 24./25.11.2025



Foto 3: Blickrichtung ~ NW; Bereich der Bohrung KRB 3 (Markierung)

Situation am 24./25.11.2025



Foto 4: Blickrichtung ~ SW; Bereich der Bohrung KRB 4 (Markierung)

Fotodokumentation

Seite 3 von 6

Anlage 7.1

Situation am 24./25.11.2025

KRB 5



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

Situation am 24./25.11.2025

KRB 6



Foto 6: Blickrichtung ~ N; Bereich der Bohrung KRB 6 (Markierung)

Fotodokumentation

Situation am 24./25.11.2025



Foto 7: Blickrichtung ~ NO; Bereich der Bohrung KRB 7 (Markierung)

Situation am 24./25.11.2025



Foto 8: Blickrichtung ~ NO; Bereich der Bohrung KRB 8 (Markierung)

Fotodokumentation

Situation am 24./25.11.2025

KRB 9



Foto 9: Blickrichtung ~ S; Bereich der Bohrung KRB 9 (Markierung)

Situation am 24./25.11.2025

KRB 10



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

Fotodokumentation

Seite 6 von 6

Anlage 7.1

Situation am 24./25.11.2025



Foto 11: Blickrichtung ~ S; Bereich der Bohrung KRB 11 (Markierung)

Situation am 24./25.11.2025



Foto 12: Blickrichtung ~ SW; Bereich der Bohrung KRB 12 (Markierung)

ANLAGE 8.1 – 8.2

Setzungsberechnungen
(Streifenfundamente)

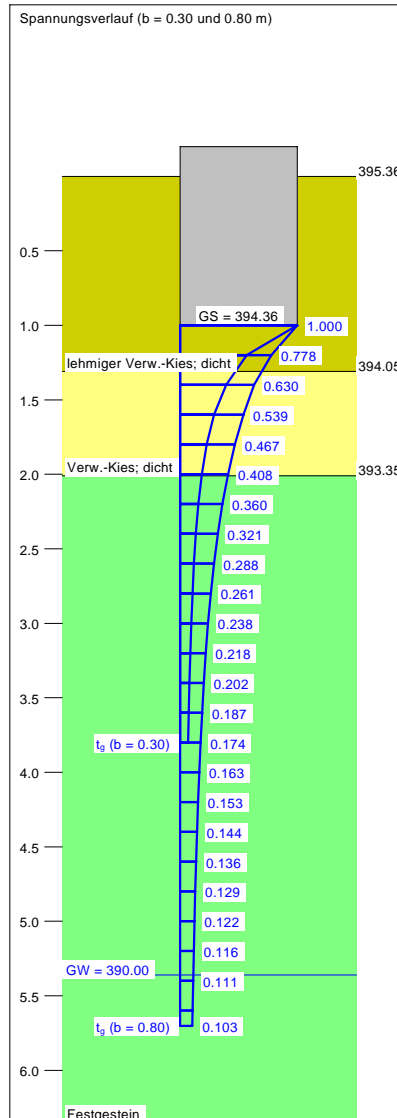
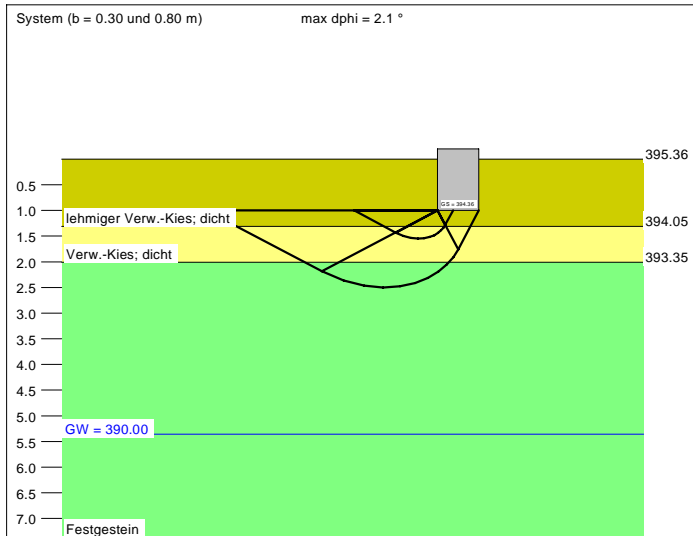
Boden	γ/γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E_s [MN/m ²]	Bezeichnung
	20.0/12.0	32.5	2.0	0.00	35.0	lehmgiger Verw.-Kies; dicht
	22.0/14.0	35.0	0.0	0.00	50.0	Verw.-Kies; dicht
	23.0/24.0	35.0	25.0	0.00	80.0	Festgestein

Streifenfundamente

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH
 59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn, Holzstraße 212
 Tel.: 02941 - 5404 Fax: 02941 - 3582
 Projekt: Werkserweiterung Fosch GmbH in Marsberg-Giershagen
[Setzungsberechnung Streifenfundamente \(l = 45 m\)](#)

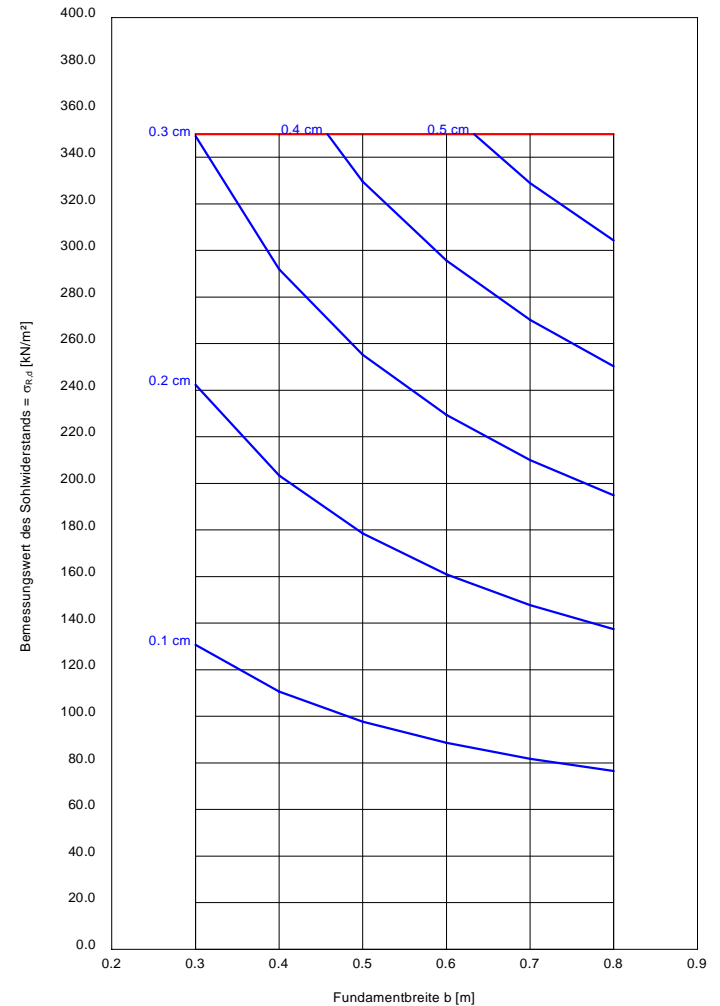
Berechnungsgrundlagen:
 BV Fosch GmbH
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 45.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 $\sigma_{R,d}$ auf 350.00 kN/m² begrenzt
 Oberkante Gelände = 395.36 m NHN
 Gründungssohle = 394.36 m NHN
 Grundwasser = 390.00 m NHN
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenziefen spannungsvariabel bestimmt



a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	$\sigma_{E,s}$	s	cal ϕ	cal c	γ_z	σ_G	t_g	UK LS	k_s
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m]	[kN/m ²]	[cm]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[MN/m ³]
45.00	0.30	350.0	105.0	245.6	0.30	33.9	0.87	20.56	20.00	3.80	1.55	81.6
45.00	0.40	350.0	140.0	245.6	0.37	34.2	0.65	20.86	20.00	4.28	1.74	66.9
45.00	0.50	350.0	175.0	245.6	0.43	34.4	0.52	21.07	20.00	4.69	1.93	57.4
45.00	0.60	350.0	210.0	245.6	0.48	34.5	6.72	21.24	20.00	5.06	2.12	50.8
45.00	0.70	350.0	245.0	245.6	0.54	34.6	10.15	21.42	20.00	5.40	2.31	45.8
45.00	0.80	350.0	280.0	245.6	0.59	34.6	12.21	21.58	20.00	5.70	2.50	41.9

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



Gründung Streifenfundamente auf dem Verwitterungskies (Mindesteinbindung: 1,0 m u. GOK)

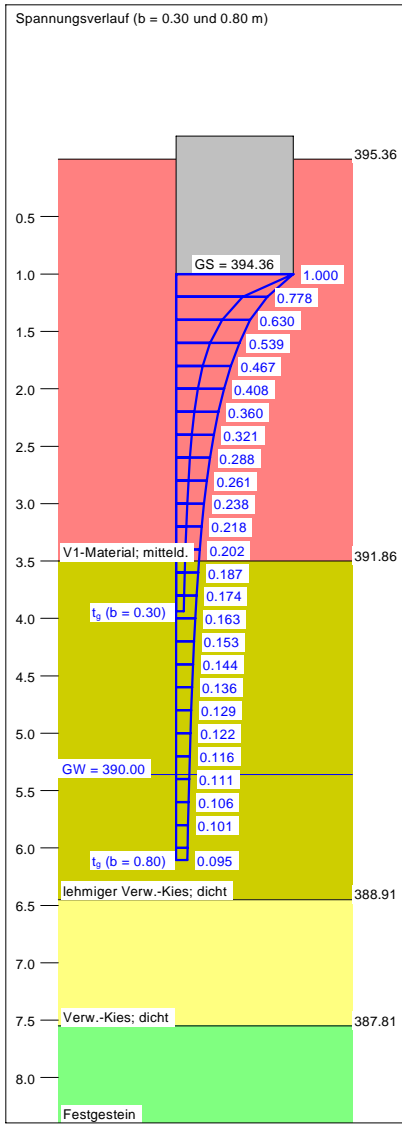
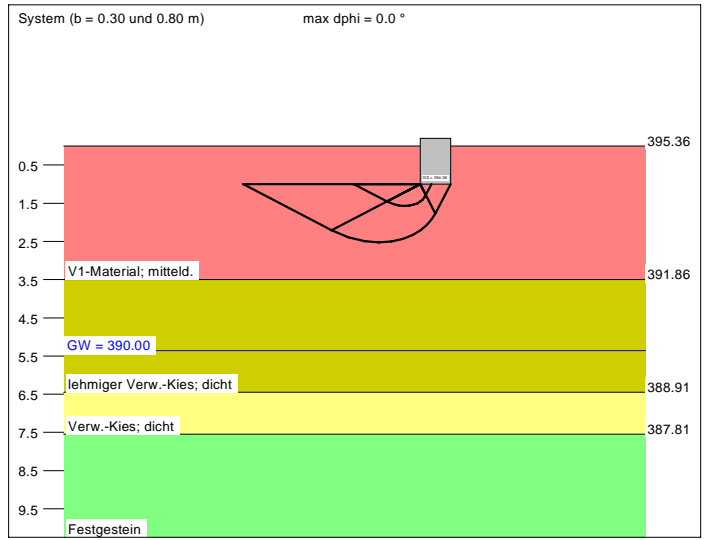
Boden	γ/γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E_s [MN/m ²]	Bezeichnung
	20.0/12.0	35.0	0.0	0.00	50.0	V1-Material; mitteld.
	20.0/12.0	32.5	2.0	0.00	35.0	lehmiger Verw.-Kies; dicht
	22.0/14.0	35.0	0.0	0.00	50.0	Verw.-Kies; dicht
	23.0/24.0	35.0	25.0	0.00	80.0	Festgestein

Streifenfundamente

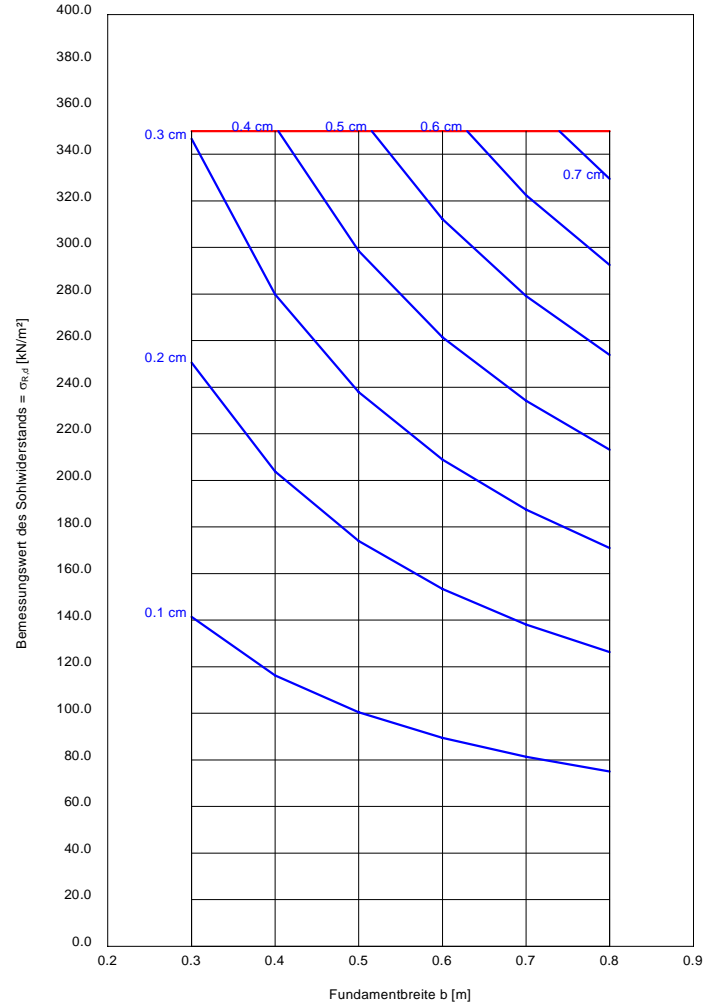
KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH
 59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn, Holzstraße 212
 Tel.: 02941 - 5404 Fax: 02941 - 3582
 Projekt: Werkserweiterung Fosch GmbH in Marsberg-Giershagen
Setzungsberechnung Streifenfundamente (l = 45 m)

Berechnungsgrundlagen:
 BV Fosch GmbH
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 45.00 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 350.00 kN/m² begrenzt
 Oberkante Gelände = 395.36 m NHN
 Gründungssohle = 394.36 m NHN
 Grundwasser = 390.00 m NHN
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenziefen 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_z [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m ³]
45.00	0.30	350.0	105.0	245.6	0.30	35.0	0.00	20.00	20.00	3.94	1.57	80.9
45.00	0.40	350.0	140.0	245.6	0.40	35.0	0.00	20.00	20.00	4.45	1.76	61.9
45.00	0.50	350.0	175.0	245.6	0.49	35.0	0.00	20.00	20.00	4.89	1.95	50.3
45.00	0.60	350.0	210.0	245.6	0.58	35.0	0.00	20.00	20.00	5.28	2.14	42.6
45.00	0.70	350.0	245.0	245.6	0.67	35.0	0.00	20.00	20.00	5.70	2.34	36.8
45.00	0.80	350.0	280.0	245.6	0.76	35.0	0.00	20.00	20.00	6.10	2.53	32.5



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

Gründung Streifenfundamente auf dem Massendefizitausgleich (Mindesteinbindung: 1,0 m u. GOK)

ANLAGE 9.1 – 9.2

Setzungsberechnungen
(Einzelfundamente)

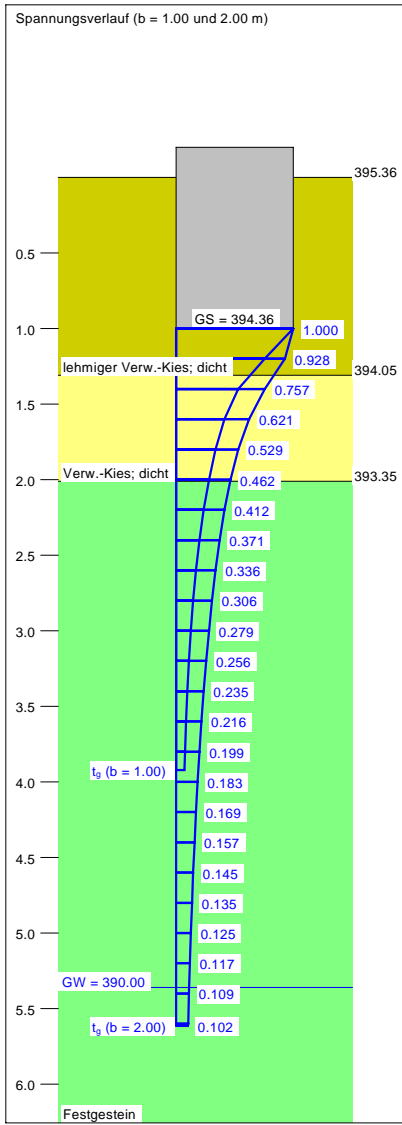
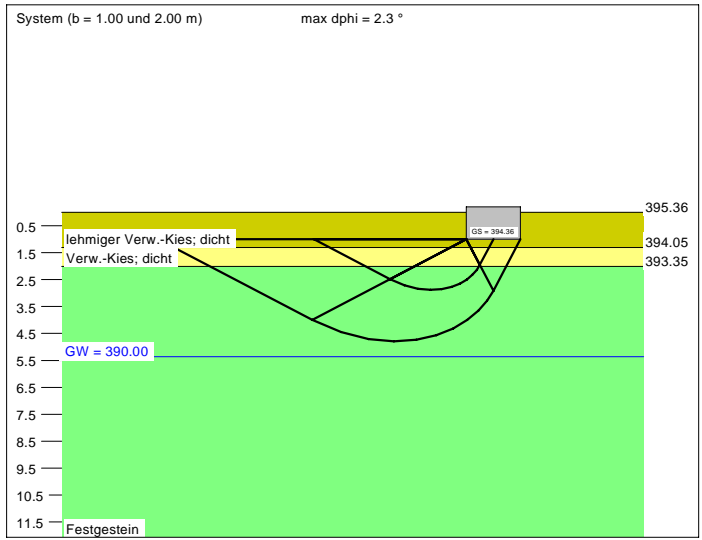
Boden	γ/γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E_s [MN/m ²]	Bezeichnung
	20.0/12.0	32.5	2.0	0.00	35.0	lehmiger Verw.-Kies; dicht
	22.0/14.0	35.0	0.0	0.00	50.0	Verw.-Kies; dicht
	23.0/24.0	35.0	25.0	0.00	80.0	Festgestein

Einzel- fundamente

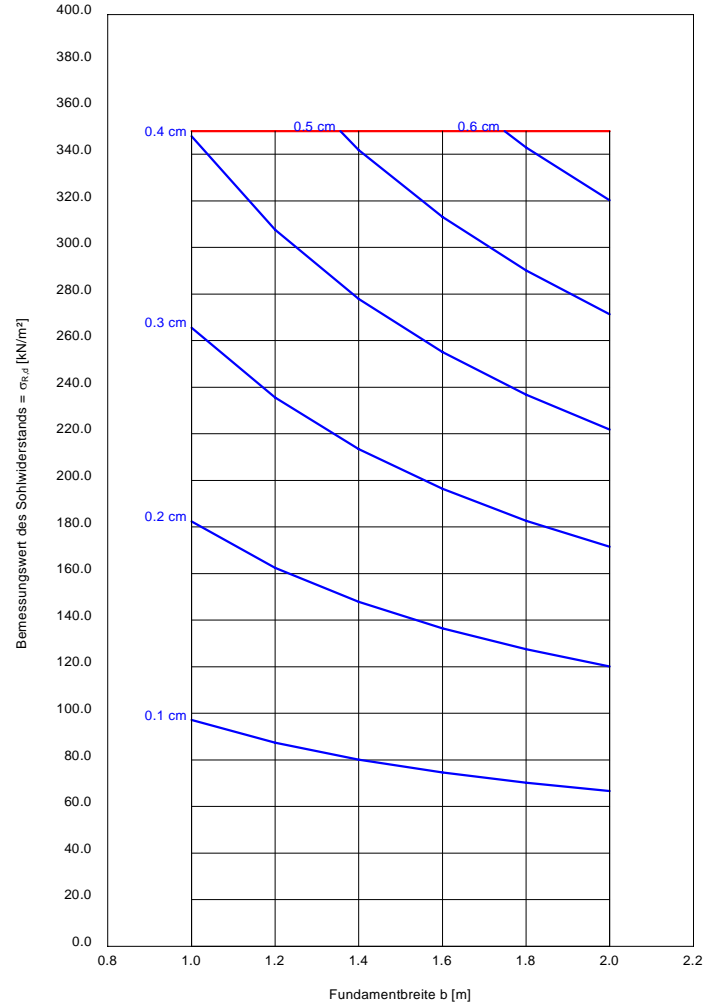
KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH
 59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn, Holzstraße 212
 Tel.: 02941 - 5404 Fax: 02941 - 3582
 Projekt: Werkserweiterung Fosch GmbH in Marsberg-Giershagen
[Setzungsberechnung Einzelfundamente \(a/b = 1:1,5\)](#)

Berechnungsgrundlagen:
 BV Fosch GmbH
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.50)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.50

$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 $\sigma_{R,d}$ auf 350.00 kN/m² begrenzt
 Oberkante Gelände = 395.36 m NHN
 Gründungssohle = 394.36 m NHN
 Grundwasser = 390.00 m NHN
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenziefen spannungsvariabel bestimmt



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_z [kN/m ³]	σ_G [kN/m ²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m ³]
1.50	1.00	350.0	525.0	245.6	0.40	34.7	14.88	21.82	20.00	3.92	2.88	61.0
1.80	1.20	350.0	756.0	245.6	0.46	34.7	16.60	21.99	20.00	4.30	3.26	53.5
2.10	1.40	350.0	1029.0	245.6	0.51	34.8	17.81	22.12	20.00	4.66	3.65	47.9
2.40	1.60	350.0	1344.0	245.6	0.56	34.8	18.71	22.22	20.00	5.00	4.03	43.5
2.70	1.80	350.0	1701.0	245.6	0.61	34.8	19.42	22.30	20.00	5.32	4.41	40.0
3.00	2.00	350.0	2100.0	245.6	0.66	34.8	19.98	22.37	20.00	5.61	4.79	37.1



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

Gründung Einzelfundamente auf dem Verwitterungskies (Mindesteinbindung: 1,0 m u. GOK)

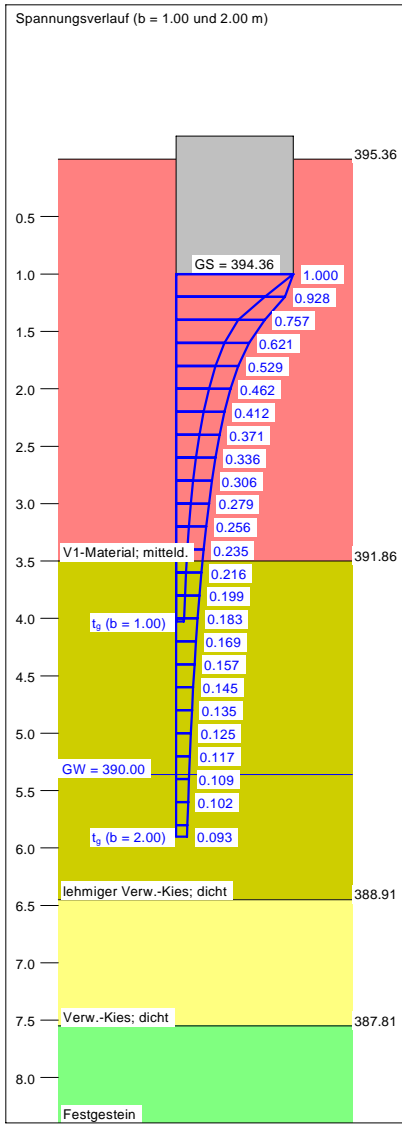
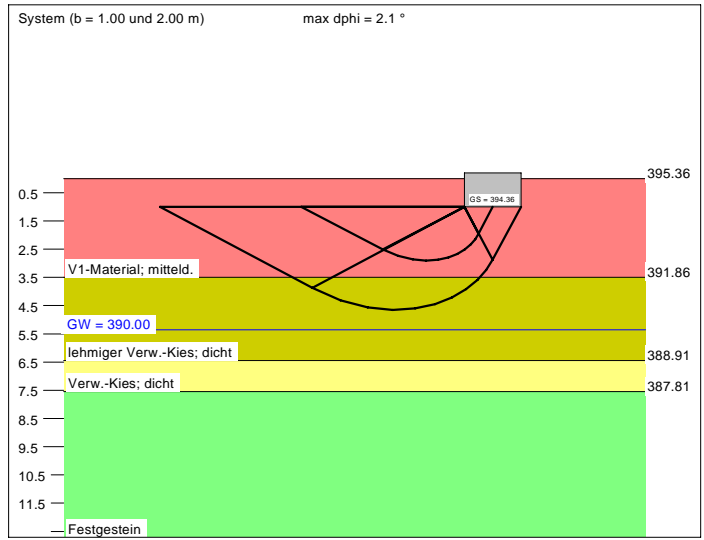
Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E_s [MN/m ²]	Bezeichnung
	20.0/12.0	35.0	0.0	0.00	50.0	V1-Material; mitteld.
	20.0/12.0	32.5	2.0	0.00	35.0	lehmiger Verw.-Kies; dicht
	22.0/14.0	35.0	0.0	0.00	50.0	Verw.-Kies; dicht
	23.0/24.0	35.0	25.0	0.00	80.0	Festgestein

Einzel- fundamente

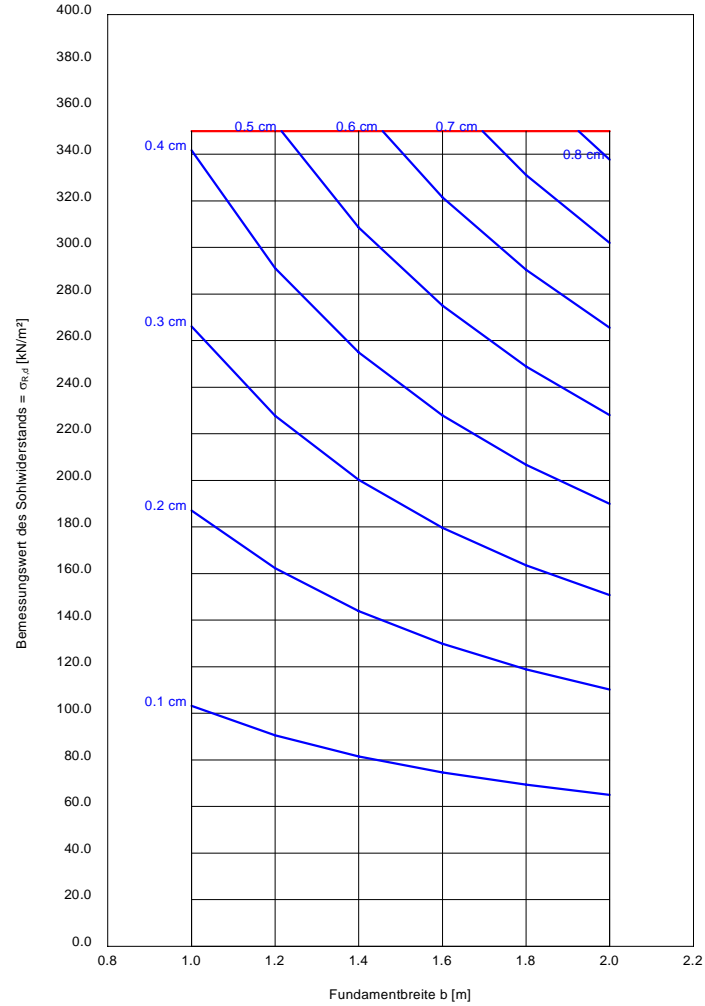
KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH
 59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn, Holzstraße 212
 Tel.: 02941 - 5404 Fax: 02941 - 3582
 Projekt: Werkserweiterung Fosch GmbH in Marsberg-Giershagen
[Setzungsberechnung Einzelfundamente \(a/b = 1:1,5\)](#)

Berechnungsgrundlagen:
 BV Fosch GmbH
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.50)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 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 350.00 kN/m² begrenzt
 Oberkante Gelände = 395.36 m NHN
 Gründungssohle = 394.36 m NHN
 Grundwasser = 390.00 m NHN
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 Grenziefen spannungsvariabel bestimmt



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_z [kN/m ³]	σ_G [kN/m ²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m ³]
1.50	1.00	350.0	525.0	245.6	0.41	35.0	0.00	20.00	20.00	4.03	2.91	59.7
1.80	1.20	350.0	756.0	245.6	0.49	35.0	0.00	20.00	20.00	4.43	3.29	49.7
2.10	1.40	350.0	1029.0	245.6	0.58	34.6	0.34	20.00	20.00	4.81	3.63	42.5
2.40	1.60	350.0	1344.0	245.6	0.66	34.2	0.64	20.00	20.00	5.17	3.96	37.1
2.70	1.80	350.0	1701.0	245.6	0.75	34.0	0.81	20.00	20.00	5.53	4.30	32.9
3.00	2.00	350.0	2100.0	245.6	0.83	33.9	0.93	20.00	20.00	5.90	4.65	29.4



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

Gründung Einzelfundamente auf dem Massendefizitausgleich (Mindesteinbindung: 1,0 m u. GOK)