Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

Kleegräfe Geotechnik GmbH · Holzstraße 212 · 59556 Lippstadt

☐ Büro Lippstadt
Holzstraße 212
59556 Lippstadt
Bad Waldliesborn
Tel.: 02941/5404
Fax: 02941/3582
info@kleegraefe.com
www.kleegraefe.com

GEOTECHNISCHER BERICHT

Projekt: B-Plan SN 135 B ´Mackensenweg´
33104 Paderborn-Sennelager

- Baugrunderkundung / Gründungsberatung / hydrogeologische Untersuchung des Versickerungspotenzials -

Auftraggeber: Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH
Walter-Bröker-Ring 17, 32756 Detmold

Auftragnehmer: Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Projekt-Nr.: 20 05 54a

Lippstadt, den 25. Februar 2021

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

- INHALTSVERZEICHNIS -

1. VORGANG / AUFGABENSTELLUNG / LAGE 3

2. UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG 6

2.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE 6
2.2 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE 8

3. ERMITTLUNG UND BEURTEILUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS 11

3.1 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (GELÄNDEVERSUCHE) 12
3.2 BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS / RAHMENBEDINGUNGEN 13
3.3 HINWEISGEBUNGEN ZUR GELÄNDEAUFHÖHUNG 15
3.4 HINWEISGEBUNG BEZÜGLICH DER NIEDERSCHLAGSWASSERABFÜHRUNG 17

4. CHEMISCHE UNTERSUCHUNG (AUSHUBMATERIAL) 25

4.1 BEWERTUNG DER GEOGEN-MISCHPROBEN 26
4.2 EMPFEHLUNG ZUR VERWERTUNG ANFALLENDER AUSHUBMASSEN 26

5. INGENIEURGEOL. BEURTEILUNG DES BAUGRUNDINVENTARS 27

5.1 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG 27
5.2 BODENKLASSEN / HOMOGENBEREICHE/ BODENGRUPPEN / FROSTKLASSEN 28
5.3 HOMOGENBEREICHE GEM. VOB TEIL C 30

6. INGENIEURGEOL. HINWEISGEBUNGEN ZUR BAUDURCHFÜHRUNG 31

6.1 KANALBAU 31

7. ANLAGEN 37

1. Vorgang / Aufgabenstellung / Lage

Vorgang: In Paderborn wird durch die STADTENTWÄSSERUNGSBETRIEBE PADERBORN (STEB) am nördlichen Rand des Ortsteils ´Sennelager´ und westlich der ´Staumühler Straße´ die abwasserseitige Erschließung einer bisher unbebauten Fläche für Wohnbebauung geplant (B-Plan SN 135 B ´Mackensenweg´).

Der Auftraggeber, die DR. KERTH + LAMPE GEO-INFOMETRIC GMBH (Walter-Bröker-Ring 17, 32756 Detmold), beauftragte für den u.g. Bauherrn das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH (Holzstraße 212, 59556 Lippstadt) auf Grundlage eines Angebotes vom 19.05.2020 mit den Untersuchungen sowie der Erstellung des Gutachtens (´Geotechnischer Bericht´).

- Bauherr: STADTENTWÄSSERUNGSBETRIEB PADERBORN
  Bentfelder Straße 12, 33106 Paderborn
- Auftraggeber: DR. KERTH + LAMPE GEO-INFOMETRIC GMBH
  Walter-Bröker-Ring 17, 32756 Detmold
- Auftragnehmer: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
  Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Die Beauftragung gliedert sich in folgende Bereiche:
Baugrund: Aufgabe ist die Durchführung einer ingenieurgeologischen Baugrunderkundung und -beurteilung. Hierauf basierend erfolgt eine orientierende Hinweisgebung unter Berücksichtigung der fachlichen Vorgaben der STEB für das hier relevante Gewerk ´Kanalbau´.
Versickerung: Des Weiteren sind das Versickerungspotenzial des Untergrundes mittels Versickerungsversuchen (´Auffüllversuchen´) sowie die diesbezüglichen Rahmenbedingungen zu ermitteln und anschließend zu beurteilen. Hierbei sind bestehende Vorplanungen der STEB zu berücksichtigen. Dies umfasst ergänzende Angaben zur Gestaltung des überplanten Geländes, die Dimensionierung der geplanten Versickerungsmulde für die Aufnahme der im Straßenbereich anfallenden Niederschlagswässer und Vorschläge zur Platzierung der Versickerungsanlagen im Bereich der einzelnen Baugrundstücke.

Relevante Planunterlagen: Für die Ausführung der Geländearbeiten stand ein Lageplan des städtebaulichen Entwurfs (Bebauungsplan SN 135 B Mackensenweg, Stand n.b., Maßstab 1:1.000) zur Verfügung. Daneben liegen die ´Fachspezifischen Vorgaben des STEB für die Anfrage eines Boden-/Schadstoff-/Versickerungsgutachtens´ vor.

Am 04.12.2020 wurden vom AG folgende ergänzende Unterlagen des STEB zur Verfügung gestellt.

- Lageplan Mackensenweg (Maßstab 1:250; Stand n.b.)
- Längsschnitt Entwurf (Maßstab 1:1.000; Stand n.b.)
- Querschnitte (Maßstab 1:100; Stand n.b.)
- Entwässerung Variante 1 (Maßstab 1:250; Stand 02.12.2020)
- Entwässerung Variante 2 (Maßstab 1:250; Stand 02.12.2020)
- Besprechungsvermerk Ortstermin Mackensenweg vom 10.12.2020

Weiterhin liegen vom AG ein GW-Gleichenplan des Baugebietes mit Geländehöhen und ein GW-Gleichenplan ohne hinterlegte Geländehöhen (Stand 06.01.2021) vor.

Den aktuellsten Planungsstand zur Flächengestaltung stellt ein am 12.02.2021 AG-seits zur Verfügung gestellter Lageplan (Vorentwurf Bebauungsplan Nr. SN 135 B Mackensenweg; Maßstab 1:1.000; Stand 01.02.2021) dar. Zudem werden aktuellste von Seiten des STEB vorliegende Überlegungen zur Geländegestaltung (Stand 04.02.2021) in den Hinweisgebungen berücksichtigt.

Untersuchungsumfang:

Gelände (14.08.2020)	- Rammkernsondierungen (∅ 60 - 50 mm)	5 Stück
	- Einmessung in Höhe und Lage	5 Stück
	- Diamantkern-Bohrung (∅ 80 mm)	1 Stück
	- Durchführung Versickerungsversuche	3 Stück
Chemisches Labor	- Parameterumfang $LAGA_{Boden}$/TR-Boden	2 Stück
	- Parameterumfang Deponieverordnung	2 Stück

Tabelle 1: Untersuchungsumfang (Gelände und Labor)

Die Lage der Bohrungen geht aus der Anlage 1.1 (Lageplan) hervor. Die Platzierung der Ansatzpunkte im Gelände erfolgte nach Vorgabe des AG. Nach Bohrende wurden die Bohransatzpunkte lage- und höhenmäßig mittels GNSS einnivelliert (System Topcon, Bezug DHHN92 = m NHN; HST 160). Der Anlage 5.1 ist eine Fotodokumentation zu entnehmen.

Lage: Das Areal befindet sich rund 7,8 km nördlich des Stadtzentrums von Paderborn am Nordrand des Ortsteils ´Sennelager´. Das Untersuchungsgebiet befindet sich in östlicher Verlängerung der Straße ´Mackensenweg´, über den auch die Erschließung erfolgen soll. Östlich verläuft etwa nord-süd-orientiert die ´Staumühler Straße´. In nördlicher Richtung begrenzt der ´Heideweg´ das zu untersuchende Areal. In südlicher und südwestlicher Richtung schließt sich bestehende Wohnbebauung an das überplante Gebiet an.

Vornutzung: Das Areal stellt sich als landwirtschaftlich genutzte Ackerfläche dar. Anderweitige Vornutzungen sind nicht bekannt.

Vorfluter: Im Nahbereich des Untersuchungsgebietes befinden sich keine Vorfluter. In einer Entfernung von ca. 300 m verläuft ein schwach ausgebildeter, namenloser Graben mit etwa südwestlicher Entwässerungsrichtung. Der ´Güsenhofsee´ liegt in einer Entfernung von über 400 m in nordwestlicher Richtung.

Morphologie: Das Areal liegt ebenso wie sein Umfeld relativ eben vor. Es konnte eine Höhendifferenz von 1,03 m zwischen den Bohr-Ansatzpunkten ermittelt werden, wobei der Norden geringfügig höhergelegen ist als der Süden des Areals. Die Höhenkote bewegt sich um +113 / +114 m NHN (RStO-Frosteinwirkungszone I).

Erdbebenzone: Nach der *´Karte der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland, hier: NRW´* (1:350 000, Geologischer Dienst NRW, 2006) ist das Arbeitsgebiet in einem *´Gebiet außerhalb von Erdbebenzonen´* gelegen.

Gefährdungspotenziale: Das Online-Fachinformationssystem *´Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW´* des Geologischen Dienstes NRW gibt für das von der Maßnahme betroffene Km-Quadrat 24800 keine besonderen Gefährdungspotenziale an. Das Areal ist außerhalb von Überschwemmungsgebieten, Trinkwasserschutz- oder Heilquellenschutzzonen gelegen.

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. Das Gelände liegt im Streubereich von Munitionssprengungen durch die Briten 1945/1946. Im Jahr 1965 erfolgte eine Kampfmittelräumung der Fläche. Zur Frage potenzieller Bodenbelastungen mit explosivstofftypischen Verbindungen wird durch die DR. KERTH + LAMPE GEO-INFOMETRIC GMBH ein eigenständiges Gutachten erstellt.

Die in diesem geotechnischen Bericht (´Gutachten´) gemachten Angaben sind ausschließlich projektbezogen zu verwenden. Das Gutachten ist geistiges Eigentum der Fa. KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH.

2. Untergrunderschließung

2.1 Untergrundschichtung / Geologie

Es wurden insgesamt fünf Bohrungen in Abstimmung mit dem AG innerhalb des Areals positioniert. Die Schichtendarstellungen sind in der Anlage 2.1 dargestellt. Die dazugehörigen Schichtenverzeichnisse finden sich in der Anlage 2.2. Die Bodenansprache erfolgte durch einen Dipl.-Geologen nach den relevanten DIN-Normen.

Bedingt durch den verwendbaren Sondendurchmesser konnte Material in Stein- oder Blockkorngröße nicht direkt beprobt werden. Innerhalb der anthropogen beeinflussten Böden muss mit dem Vorhandensein eines gewissen ´Grobkornanteils´ gerechnet werden. Innerhalb der Geogenablagerungen kann ein untergeordneter Grobkornanteil aufgrund der eiszeitlichen Beeinflussung nicht gänzlich ausgeschlossen werden. In der Festlegung der Homogenbereiche (siehe Kapitel 5.3) werden die entsprechenden Grobkornanteile daher abgeschätzt.

Die Sondierungen stellen punktuelle Untergrundaufschlüsse dar, daher kann an anderen Stellen ein von den unten gemachten Angaben abweichender Untergrundaufbau vorliegen. Die Materialansprache und -einteilung (Kies-Sand-Schluff-Ton) im Gelände erfolgt gemäß DIN nach der im Bohrgut vorhandenen Korngröße. Der Tabelle 2 sind die exakten Mächtigkeitsangaben zu entnehmen.

BS	Ansatz	Schwarz-decke	umgelagerter Mutterboden	glazifluviatile Sande	Grund-wasser	End-teufe
1	*+114,80*	-	-0,75	ab 0,75	1,82 = *+112,98*	5,00
2	*+114,26*	-	-0,70	ab 0,70	(1,85 = *+112,41)*	5,00
3	*+114,13*	-	-0,75	ab 0,75	1,86 = *+112,27*	5,00
4	*+114,38*	-0,12	0,12-0,60	ab 0,60	1,72 = *+112,66*	5,00
5	*+113,77*	-	-0,30	ab 0,30	1,50 = *+112,27*	5,00

Tabelle 2: Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse; Angaben in m u.GOK / *m NHN*
Klammerwert = Bohrlochzusammenfall

Es konnte das nachfolgend aufgeführte idealisierte Bodenprofil ermittelt werden:

- Auffüllungen / Versiegelungen liegen in Form einer Schwarzdecke nur im Bereich des ´Mackensenweg´ vor (BS 4). Dort liegen unmittelbar unterhalb der Versiegelung Restmächtigkeiten eines anthropogen beeinflussten Oberbodens vor.
- ´Mutterboden´: Alle übrigen Bohrungen weisen einen ´Mutterboden´ der mittleren Mächtigkeit von ca. 63 cm auf. Hierbei handelt es sich um einen schwach verlehmten Fein-/Mittelsand mit einem organischen Anteil (locker gelagert, trocken-erdfeucht). Dieser wurde offenbar durch die landwirtschaftliche Vornutzung anthropogen beeinflusst/umgelagert.
- Fluviatilsand: Die fluviatilgenetischen Sande prägen den Untergrund des betreffenden Areals. Überwiegend handelt es sich um schwach schluffige, mittelsandige Feinsande. Sie weisen praktisch durchgängig eine zumindest mitteldichte Lagerung auf und liegen ab i.M. ca. 1,75 m unter Geländeoberkante (m u.GOK) grundwassergesättigt nass vor.

Bodenbelastungen: Bei der Bodenansprache konnten keine Auffüllungen i.e.S. und keine auffälligen Inhaltsstoffe erkannt werden. Hinzuweisen sei darauf, dass sich diese Aussage selbstverständlich ausschließlich auf die gewonnenen Bodenproben bezieht.

Geologie: Bei den bis zu den jeweiligen Endteufen reichenden untergrundprägenden Sanden handelt es sich stratigraphisch um die Einebnungsstufe der Sande, die dem pleistozänen Quartär zuzurechnen ist.

2.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Bei den angetroffenen Feuchteverhältnissen handelt es sich um eine zeitliche Momentaufnahme. Langfristige Messdaten liegen in eingeschränktem Umfang vor (behördliche Messstelle im relativen Nahbereich). Die Geländearbeiten erfolgten in einer niederschlagsmäßig annähernd ´normalen´ Sommerperiode. Die ermittelten GW-Flurabstände stellen somit keinesfalls Hoch- oder Maximalstände dar. In dauerhaft niederschlagsintensiveren Perioden ist mit einem geringeren Grundwasser-Flurabstand zu rechnen (Anstiegspotenzial).

► Grundwasser (Bohrlöcher): Innerhalb praktisch aller Bohrlöcher konnte ´echtes´, zusammenhängendes Grundwasser gelotet werden (quartärer Porenwasserleiter). Der Bohrlochzusammenfall in der BS 2 wird unter Berücksichtigung der anstehenden Böden und der angesprochenen Bodenfeuchte erfahrungsgemäß als Hinweis auf den Grundwasserstand interpretiert. Gemittelt wurde damit ein Grundwasserstand von **1,75 m u.GOK** / **+112,52 m NHN** (Stand 14.08.2020) gemessen.

► Grundwasser (Grundwassermessstellen): Entlang der ´Staumühler Straße´ wurden maßnahmenbegleitend drei Grundwassermessstellen errichtet (nicht IB KLEEGRÄFE).
Für die Stichtagsmessung vom 25.08.2020 ergibt sich in den Grundwassermessstellen ein mittlerer Grundwasserflurabstand von 1,86 m. Die dazugehörige Höhenkote schwankt zwischen +113,03 m NHN in der nördlichsten Messstelle GMW04/20 und +112,26 m NHN in der südlichsten Messstelle GMW06/20.

Angeraten werden längerfristige / häufige Folgemessungen zwecks Ermittlung des Schwankungspotentials. Im Besonderen vor Baubeginn muss der GW-Stand erneut ermittelt und auf die Anwendbarkeit der vorgeschlagenen Wasserhaltungsmaßnahmen (s.u.) überprüft werden.

► Messstelle im Nahbereich: Etwa 200 m westlich des geplanten Baugebietes besteht im Nahbereich zur Straße ´Heideweg´ eine Grundwassermessstelle (´OL 562 Sennelager´). Die Kenndaten und Hauptwerte dieser Messstelle wurden vom *´Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen´* online gestellt (*´NRW Umweltdaten vor Ort´*) und sind in der Tabelle 3 aufgeführt.

Lage (projektbezogen)		ca. 200 m westlich Arbeitsgebiet
ca. Rechtswert / Hochwert		R 480400 / H 5737270
Messstellen-Nr. (LGD-Nr.)		021181706
Name, Bezeichnung		´OL 562 Sennelager´
Eigentümer / Betreiber		Land NRW
Art		Grundwassermessstelle
Errichtung		15.10.1966
GOK (Geländehöhe)		+114,22 m NHN
Messturnus / Lotung / Zeitraum		bis 28.03.1995 wöchentlich; z.Zt. täglich
$Hauptwerte_{absolut}$ (Grundwasser)	min.	+110,79 m NHN (11.12.1978)
	max.	**+113,03 m NHN** (23.02.1970)
	Schwankung	2,24 m
$Hauptwerte_{seit2000}$ (Grundwasser)	min.	+111,04 m NHN (23.10.2018)
	max.	**+112,70 m NHN** (15.01.2011)
	Schwankung	1,74 m

Tabelle 3: Kenndaten und Hauptwerte der nahegelegenen GWM OL 562 Sennelager

Es ist davon auszugehen, dass infolge des relativ enggesteckten Messintervalls auch die absoluten Extremwerte im Messzeitraum erfasst wurden.

Bei der Betrachtung der Grundwasserschwankungen in der maßgeblichen, jüngeren Vergangenheit (bis etwa 2000), ergibt sich ein höchster Grundwasserstand von +112,70 m NHN. Deutlich ältere Stände werden nicht berücksichtigt, da davon auszugehen ist, dass sich die hydrogeologischen Rahmenbedingungen entsprechend geändert haben (z.B. durch Baumaßnahmen, allgemeine Klimaentwicklungen, etc.).

Es wird darauf hingewiesen, dass die GW-Stände sich wegen des Abstandes der Messstelle zum Arbeitsgebiet sowie aufgrund der abweichenden Geländehöhe in Verbindung mit dem Gefälle des Grundwasserspiegels nicht 1:1 auf das aktuelle Areal übertragen lassen.

Anhand eines vorliegenden Grundwassergleichenplans für ´mittlere hohe Grundwasserstände´ sollten die Hauptwerte der Tabelle 3 für das Untersuchungsgebiet um **rund 0,9 m** ´nach oben´ korrigiert werden, um das Grundwassergefälle entsprechend zu berücksichtigen.

Im Sinne des ´mittleren höchsten Grundwasserstandes´ ergibt sich für den Zeitraum von 2000-2020 ein bemessungsrelevanter örtlicher Grundwasserflurabstand von ca. 1,87 m bzw. +112,35 m NHN im Bereich der Messstelle des Landesgrundwasserdienstes, was näherungsweise dem 99. Perzentil entspricht.
Zuzüglich der o.g. Anpassung aufgrund des Grundwassergefälles ergibt sich eine Höhe für den ´mittleren höchsten Grundwasserstand´ von rund 113,25 m NHN für das Arbeitsgebiet.

► Bemessungswasserstand: Hinsichtlich der Festlegung des für die Faktoren ´Auftrieb´ und ´drückende Wasserverhältnisse´ ausschlaggebenden ´Bemessungswasserstandes´ sei explizit darauf hingewiesen, dass die dafür gemäß DIN 4022, Anhang C 2.2 notwendigen Daten, insbesondere was den Punkt ´langjährige Beobachtungsergebnisse aus der (näheren) Umgebung´ anbelangt, bislang keine ausreichende Datengrundlage besteht. Hier ist dann ein sog. ´additiver Zuschlag´ (lt. Anhang C) über den höchsten erkundeten Wasserstand zu wählen.
Vorbehaltlich der Ergebnisse der angeratenen längerfristigen Pegelmessungen wird daher für das aktuelle Projekt zunächst ein additiver Zuschlag von rund 0,75 m auf die ermittelten GW-Flurabstände angenommen.
Hieraus resultieren angenommene GW-Stände (Bemessungswasserstände) zwischen ca. 1,1 m u. aktueller GOK im Norden (Umfeld BS 1 / BS 2) und ca. 0,75 m u. akt. GOK im Süden (Umfeld BS 5).

Fazit: Einzubringende Schmutzwasserkanäle unterliegen einer permanenten GW-Beeinflussung und Regenwasserkanäle einer zumindest periodischen GW-Beeinflussung (´drückendes Wasser´). Angenommener Bemessungswasserstand: ca. 1,1 m u. aktueller GOK (Norden) / ca. 0,75 m u. aktueller GOK (Süden). Der Faktor Auftrieb ist entsprechend zu beachten.
Die Betrachtung der Verhältnisse für das Thema ´Versickerung´ folgt im anschließenden Kapitel 3.

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

Bodenart	k_f-Wert in m/s
- Fluviatilsand (untergrundprägend):	
Feinsand, mittelsandig, z.T. schwach schluffig	10^{-4} - 10^{-5}

Bewertung der Lockergesteinsdurchlässigkeit mittels Durchlässigkeitsbeiwert (nach DIN 18 130)

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

3. Ermittlung und Beurteilung des Versickerungspotenzials

Im Rahmen der Erschließung des Areals ist vorgesehen, das anfallende Niederschlagswasser – bei Eignung der Böden sowie der wasserrechtlichen Bestimmungen – im Untergrund versickern zu lassen. Es ist das Versickerungspotenzial des Untergrundes mittels Versickerungsversuchen (´Auffüll-versuchen´) zu ermitteln und anschließend die relevanten Eckdaten aufzuzeigen.

Richtlinien / Regelwerke: Die Hinweisgebungen sowie Bewertungen erfolgen in enger Anlehnung an folgende Regelwerke / Verwaltungsvorschriften:

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

3.1 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)

Durchführung der Versickerungsversuche (Feldversuche): Die Versickerungsversuche wurden als hydrostatisches Verfahren (Auffüllversuche) mit konstanter Druckhöhe durchgeführt (´open-end-test´).

Für die Durchführung der Versuche wurden die Bohrlöcher der Ansatzpunkte BS 1, BS 3 und BS 5 herangezogen. Als erster Schritt der Versickerungsversuche erfolgte eine ausreichende Wässerung des jeweiligen Bohrlochprofils zwecks Sättigung des Bodenaufbaus. Im Anschluss erfolgte eine Wassersäulenfestlegung. Darauf wird die Wasserzugabe pro Zeiteinheit gemessen, welche zur Konstanthaltung dieser o.g. definierten Wassersäulenhöhe benötigt wird.

Die Versickerungsversuche wurden auf der Grundwasseroberfläche durchgeführt, was zulässig ist, solange ausschließlich die Durchlässigkeiten der darüber liegenden Bodenschichten bestimmt werden. Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind in der Anlage 3.1 sowie in der folgenden Tabelle 4 dargestellt.

Versuchspunkt	BS 1	BS 3	BS 5
Grundwasser	1,82 m u.GOK	1,86 m u.GOK	1,50 m u.GOK
Gültigkeitsbereich	1,00-1,82 m	1,00-1,86 m	1,00-1,50 m
Versickerungs-medium	Fluviatilsand		
Versuch 1 (k_f in m/s)	~ $1,9 * 10^{-4}$	~ $1,5 * 10^{-4}$	~ $1,9 * 10^{-4}$
Versuch 2 (k_f in m/s)	~ $1,8 * 10^{-4}$	~ $1,6 * 10^{-4}$	~ $1,9 * 10^{-4}$
Bewertung DIN 18 130	´stark durchlässig´		
MURL Bewertung	Versickerungseignung nach MURL: $k_f > 5 * 10^{-6}$ m/s		

Tabelle 4: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (Geländeversuche)

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

3.2 Bewertung des Versickerungspotenzials / Rahmenbedingungen

► Materialspezifische Bewertung: Die Versickerungsversuche belegen deutliche Durchlässigkeiten der Fluviatilsande, die sich weitgehend im Bereich von k_f = 1-2 * 10^{-4} m/s bewegen (DIN 18 130: ´stark durchlässig´).
Hierbei handelt es sich um hohe Durchlässigkeiten im wasserrechtlich zulässigen und bodenphysikalisch ausreichenden Bereich.

► Grundwasserrelevante Faktoren: Es sollte aus hydrogeologischen, umweltgeologischen und wasserrechtlichen Aspekten ein Mindestabstand des tiefstgelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum höchstgelegenen GW-Stand (= geringster Flurabstand) von 1 m nicht unterschritten werden. Dies fordert der o.g. Runderlass des Umweltministeriums vom 18.05.1998. Genannter Mindestabstand wird ebenfalls in dem technischen Regelwerk der DWA-Regelwerk A 138 empfohlen.
Der Entwurf des Arbeitsblattes DWA-A 138-1 (Stand 11/2020) eröffnet bei ´geringer stofflicher Belastung´ anfallender Wässer auch die Möglichkeit Sickerstrecken von 0,5 - 1,0 m als ausreichend anzusehen.

Bei den Geländeaufnahmen vom 14.08.2020 wurde Grundwasser mit differierenden Flurabständen bzw. Höhenkoten ermittelt (Norden / BS 1: +112,98 m NHN; Süden / BS 5: +112,27 m NHN; gemittelt: 1,75 m u. aktueller GOK / +112,52 m NHN).

Des Weiteren besteht ein Anstiegspotenzial, welches bis auf Weiteres auf ca. 0,75 m gegenüber den angetroffenen GW-Flurabständen geschätzt wird.

Ausgehend von den aktuellen Geländehöhen ist wasserrechtlich eine Versickerung anfallender Niederschlagswässer – gleich welcher Bauart (Mulden, Becken, etc.) – aufgrund des nicht ausreichenden / nicht dauerhaft vorhandenen Sickerraumes unzulässig. Das Gelände ist zunächst anzuhöhen, um eine ausreichende Sickerstrecke sicherzustellen.

Es sollten weitere Pegelmessungen zwecks Gewinnung weiteren Datenmaterials erfolgen.

Fazit: Hydrogeologische / versickerungsrelevante Rahmenbedingungen

● Boden: Der prägende Fluviatilsand (k_f-Wert: k_f = 1-2 * 10^{-4} m/s) ist ´stark durchlässig´. Der enggestufte Sand weist wasserrechtlich zulässige und bodenphysikalisch ausreichende Durchlässigkeiten auf.

● Grundwasser: Das Grundwasser weist moderate Flurabstände auf (Norden/Mitte: ca. 1,85 m / Süden: ca. 1,50 m). Es existiert ein Anstiegspotenzial von geschätzt 0,75 m (Bemessungswasserstände Norden: ca. 1,1 m u. akt. GOK / Süden: ca. 0,75 m u. akt. GOK). Ausgehend von der aktuellen GOK ist damit eine Versickerung nicht überall im Untersuchungsgebiet möglich / zulässig.

Die bei einer potenziellen Versickerung vom Wasserrecht geforderte dauerhaft schadlose Abführung der Niederschlagswässer kann nur bei Herstellung geeigneter Rahmenbedingungen gewährleistet werden. Durch die Seitens der STEB ohnehin bereits vorgesehenen Aufhöhung des Areals können entsprechend geeignete Rahmenbedingungen hergestellt werden.

Aus gutachterlicher Sicht wird nach Anhebung des Geländes eine Versickerung der anfallenden Niederschlagswässer mittels ´flacher´ Versickerungsmulden mit einem max. Wassereinstau von 0,1 m (Versickerungsmulde der Straßenwässer) bzw. 0,2 m (Versickerungsmulden der Baugrundstücke) angeraten.

3.3 Hinweisgebungen zur Geländeaufhöhung

Versickerung der anfallenden Niederschlagswässer ist erst nach Schaffung zulässiger wasserrechtlicher Rahmenbedingungen möglich.

Sehr wichtig ist, dass im Bereich der Versickerungsmulde der anstehende ´Mutterboden´ (Schutzgut) sowie alle potenziellen organischen und verlehmten Böden entfernt werden. Das Aufbauplanum muss im Muldenbereich zzgl. Überstand einen lehmfreien Sand aufzeigen.

Eingebaut werden darf im Versickerungs-/Muldenbereich inklusive eines Überstandes ausschließlich ein wasserwirtschaftlich unbedenklicher, geogener, lehmfreier und organikfreier Sand (oder Kies) in einer ausreichenden Durchlässigkeit.

Die Durchlässigkeit des zum Einbau vorgesehenen Materials muss gutachterlich vorab (ggf. chargenweise) abgenommen werden. Der Einbau eines geeigneten Materials ist gutachterlich fortlaufend zu begleiten, da hiervon u.U. auch die spätere Gründung von Gebäuden abhängig ist. Es darf keinesfalls bindiges oder verlehmtes Material eingebaut werden.

Wo beim Gebäudebau der anstehende Fluviatilsand (organikfrei, lehmfrei) als Aushub anfällt, kann dieser zum Geländeaufbau verwendet werden. Das Aufhöhungsmaterial darf im Versickerungs- / Muldenbereich inklusiv eines Überstandes nicht verdichtet, sondern lediglich mit der Baggerschaufel ´angedrückt´ werden.

Überlegungen zur weiteren Geländegestaltung

Vorhandene Oberböden (Schutzgut) sind als Sowieso-Aufwand im Vorfeld der Geländeanhebung abzuschieben. Das hierbei entstehende Massendefizit ist im Zuge der weiteren Arbeiten ergänzend auszugleichen.

Zwangsgröße Überleitung Bestand Mackensenweg: Es wird von Seiten des STEB eine höhengleiche Anbindung der Erschließungsstraße an die bestehenden Verkehrsflächen des Mackensenweg vorgesehen.

Anmerkungen zur Mindestsickerstrecke: Im Vorfeld durchgeführte Abstimmungsgespräche Seitens des STEB mit der zuständigen Genehmigungsbehörde des Kreises Paderborn (Untere Wasserbehörde) ergaben, dass maßnahmenbezogen in der Örtlichkeit Sickerstrecken von < 1 m möglicherweise toleriert werden können.

Besonders berücksichtigt wird hierbei die geringe stoffliche Belastung der Niederschlagsabflüsse (geplantes Wohnbaugebiet und Wohnstraße ohne Durchgangsverkehr; siehe unten).

Verhältnisse im Bereich der zentralen Versickerungsmulde: Im Bereich der zentralen Versickerungsmulde (für die anfallenden Niederschlagswässer der Erschließungsstraße) werden gemäß vorliegendem Grundwasser-Gleichenplan mittlere höchste Grundwasserstände von etwa +113,4 m NHN erwartet.

Die aktuelle Geländeoberkante liegt in diesem Bereich bei etwa +114,0 m NHN bis +114,2 m NHN. Aufgrund von zu erhaltendem ´alten´ Baumbestand ist ein deutliches Anheben der Fläche vermutlich nicht möglich, sodass von einer maximalen Geländehöhe analog zum Ist-Zustand bei +114,2 m NHN ausgegangen wird.

Bei entsprechend flacher Gestaltung der Mulde mit einer effektiven Einstauhöhe von 0,1 m ergibt sich unter Berücksichtigung eines notwendigen Mindestgefälles im Bereich der Zuleitungen eine Höhe der Muldensohle von ca. +114,0 m NHN.

Damit ergibt sich eine minimale Sickerstrecke von rund 0,6 m ab Unterkante Versickerungsmulde bis zum bemessungsrelevanten ´mittleren höchsten Grundwasserstand´, was nach den o.g. Anmerkungen zur Mindestsickerstrecke ausreichend ist.

Verhältnisse im Bereich der Baugrundstücke: Für die Baugrundstücke wird von einer Anhöhung bis auf ein Niveau von ca. 0,1 m unter zukünftiger Höhenlage der OKFF EG ausgegangen, was einer Geländeanhebung gegenüber dem Ist-Zustand von rund 0,5 m entspricht. Die hier zu errichtenden Versickerungsmulden binden rund 0,3 m in das herzustellende Gelände ein (effektive Einstauhöhe: 0,2 m zzgl. 0,1 m Mindestgefälle).
Gemäß dem vorliegendem Grundwasser-Gleichenplan werden für den Bereich der Baugrundstücke mittlere höchste Grundwasserstände von etwa +113,4 m NHN (Westen) bis ca. +113,6 m NHN (Osten) erwartet.
Für die in weiten Teilen +/- senkrecht zu den GW-Gleichen geplante Erschließungsstraße werden Höhen der Fahrbahnoberkante von ca. +114,1 m NHN (Anbindebereich zum Bestand Mackensenweg) über ca. +114,3/+114,4 m NHN (Verschwenken der Fahrbahn im Bereich von Stat. 60,0 nach Stat. 70,0) bis +114,7 m NHN (Bereich Wendehammer) geplant.

Die im Hinblick auf die herzustellende Geländehöhe und die einzuhaltende Sickerstrecke kritischen Bereiche befinden sich damit im südlichen bis südöstlichsten Areal des Plangebietes. Bei einer dort herzustellenden Geländehöhe von ca. +114,6 bis +114,9 m NHN binden die Versickerungsanlagen bis ca. +114,3 m NHN bzw. +114,6 m NHN in den Untergrund ein.
Gegenüber den jeweils anzusetzenden Bemessungswasserständen ergeben sich damit im kritischen Areal südlich des Macksenweg Sickerstrecken von mindestens rund 0,9 m (Südwesten) bis 1,0 m (Nordosten), was nach den o.g. Anmerkungen zur Mindestsickerstrecke ebenfalls ausreichend ist.
In nördlicher Richtung kommen die Grundstücke mit ansteigender Straßengradiente zunehmend höher zu liegen, sodass dort ab einer Höhe der Gradiente von ca. +114,4/+114,5 m NHN in jedem Fall Sickerstrecken von ≥ 1 m erreicht werden.

3.4 Hinweisgebung bezüglich der Niederschlagswasserabführung

Das Versickerungsmedium stellen ausschließlich die Fluviatilsande. Die Hinweisgebungen berücksichtigen ausschließlich folgende Wässer:

- Niederschlagswasser der Wohngebäude und Garagen (Dachflächen).
- Niederschlagswasser der Wohnstraße/Anliegerstraße des Wohngebietes.
-

Qualität der zu versickernden Wässer:

- Dachflächenwässer: Die Wohngebäude-Dachflächenwässer werden nach MURL-Erlass als ´unbelastetes´ (´unverschmutztes´) Niederschlagswasser eingestuft.
- Fahrflächen / Bewegungsflächen / Zufahrten: Die Wässer dieser Flächen werden als ´schwach belastet´ (´gering verschmutzt´) eingestuft. Die Wässer der Stellplätze und Anliegerstraßen dürfen aufgrund der Reinigung durch die ´belebte Bodenzone´ (s.u.) in eine Muldenversickerungsanlage eingeleitet werden. Hierzu sei angemerkt, dass die Straßenflächen im B-Plangebiet als Wohnstraße ohne Durchgangsverkehr anzusehen sind, weshalb die stoffliche Belastung anfallender Niederschlagswässer als ´sehr gering´ eingeschätzt wird.

Nach Ansicht des IB KLEEGRÄFE liegen damit geeignete Rahmenbedingungen vor, um nach dem Entwurf des Arbeitsblattes DWA-A 138-1 (Stand 11/2020) ggf. Sickerstrecken von < 1 m in der Örtlichkeit als unbedenklich einzustufen.

Angeschlossene undurchlässige Flächen (A_u): Die Unterzeichner gehen pro Wohnhaus von einer jeweiligen Grundfläche von ca. 160 m² inkl. Garage aus (Schätzung). Die Gebäude-Einzugsgebietsfläche beträgt somit geschätzte A_E = 160 m². Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass die Gebäude mit ziegelbedeckten Schrägdächern errichtet werden (mittlerer Abflussbeiwert ψ_m = 0,9). Hieraus ergibt sich eine *´angeschlossene undurchlässige Fläche´* A_u von ca. 144 m² für ein Wohnhaus inkl. Garage.
Anpassungen der Muldendimension aufgrund größerer oder kleinerer, konkreter Flächen können durch Interpolation angeglichen oder kurzfristig nachgereicht werden.

Vorschlag: Versickerung über Mulde mit ´belebter Bodenzone´: Vorgeschlagen wird die Schaffung **dezentraler Mulden-Versickerungsanlagen mit einer ´belebten Bodenzone´ (d = 20 cm) und einer max. zulässigen Wassertiefe von 20 cm**. Tiefreichende Versickerungsanlagen wie Rigolen / Schächte sind unzulässig und werden nicht weiter betrachtet.
Das zu versickernde Wasser durchläuft bei einer Muldenversickerung folgende Reinigungsstufen:

1. Mulde, Tiefe: 20 cm (Reinigung über Absatz, Sedimentation)
2. ´Belebte Bodenzone´, Mindestmächtigkeit: 20 cm (mikrobiologische Reinigung und mechanische Filterwirkung)
3. Sickerraum (Reinigung über Filterwirkung)

Entfernung potenzieller Schluffe / Verlehmungen / organischer Böden / Auffüllungen: Ausschließlich der geogene Fluviatilsand stellt das geeignete Versickerungsmedium. Der gesamte ´Mutterboden´ muss im Muldenbereich plus Überstand abgezogen werden. Ebenfalls müssen potenzielle organische Böden sowie Schluffe, verlehmte Sande und Auffüllungen entfernt werden. Dies sollte durch geeignetes Fachpersonal abgenommen werden. Vorgenannte ungeeignete Böden sind bis auf den geeigneten Geogensand zu entfernen. Angeraten wird eine ingenieurgeologische Planumabnahme.
Erst anschließend kann der Aufbau mit geeignetem Material erfolgen (s.o.). Potentielle Massendefizite sind mit Geogensand aufzufüllen, welcher im eingebauten Zustand nachweislich eine Durchlässigkeit von $k_f > 10^{-4}$ m/s aufweist. Der Sand muss locker eingeschoben werden und darf lediglich mit der Baggerschaufel leicht ´angedrückt´ werden.

´Belebte Bodenzone´: Die Mulden müssen mit einer 0,20 m mächtigen ´belebten Bodenzone´ ausgestattet werden. Diese sitzt dem geogenen Fluviatilsand auf. Die ´belebte Bodenzone´ muss aus einem gut durchlässigen Sand bestehen. Die Durchlässigkeit dieses humifizierten Sandes muss $k_f \geq 6 * 10^{-5}$ m/s im eingebauten Zustand betragen.

Positionierung Versickerungsanlagen/Abstände: Es sollte ein Mindestabstand möglicher Versickerungsanlagen von 3 m zu nichtunterkellerten und von 6 m zu unterkellerten Gebäuden / Bauwerken eingehalten werden, sofern letztgenannte nicht über entsprechende Abdichtungen verfügen. Versickerungsanlagen müssen des Weiteren einen Mindestabstand von 2 m zu Grundstücksgrenzen einhalten.

Bei den im aktuellsten Lageplan verzeichneten Abständen zwischen Baufenster und Grundstücksgrenzen können in den Gartenbereichen Versickerungsanlagen - unter Einhaltung der o.g. Mindestabstände – ohne Weiteres errichtet werden.

Die in Frage kommenden Bereiche sind in der Anlage 1 entsprechend rot gekennzeichnet.

Durchlässigkeitsbeiwert: Der AN verwendet bei den Dimensionierungsberechnungen aufgrund der Durchströmung der ´belebten Bodenzone´ einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 6 * 10^{-5}$ m/s, welcher einen deutlichen Sicherheitsabschlag gegenüber den im Gelände ermittelten Werten beinhaltet.

Details Mulde: Die Böschungsneigung der Mulden darf einen Winkel von 26º (1:2) nicht überschreiten. Die Mulden können hinsichtlich der Formgebung bei Beachtung der notwendigen Versickerungsfläche frei gewählt werden. Hinzuweisen ist auf die Notwendigkeit von Pflegearbeiten hinsichtlich einer Funktions-Aufrechterhaltung:

- Mahd (Intervall: mindestens jährlich sowie bei Bedarf, Entfernung des Mähgutes).
- Regelmäßige Entfernung von Laub und Störstoffen (im Herbst und bei Bedarf).
- Verhinderung von Auskolkungen im Einlaufbereich (Steinschüttung oder Pflasterung oder widerstandsfähige Vegetation).

Die Mulden dürfen weder bei der Errichtung noch im späteren Betriebszustand mit schwerem Gerät befahren werden, um schädliche Verdichtungen zu unterbinden.
Die bei der Dimensionierungsberechnung der Mulden angegebene ´verfügbare Versickerungsfläche´ betrifft ausschließlich den horizontalen Sohlbereich der Mulden. Die Böschungen zählen nicht hierzu. Die übrige geometrische Ausgestaltung der

Mulde ist letztlich wahlfrei, solange die entsprechenden Zwangsgrößen (Versickerungsfläche, notwendiges Speichervolumen, etc.) erreicht werden.

Zulauf: Der Zulauf sollte oberirdisch in offenen Zuleitungsrinnen erfolgen, da ansonsten die hydraulische Muldeneinleitung durch unterirdische Rohre bei Beachtung der Frostsicherheit und der notwendigen Sickerraumhöhe nicht möglich ist.

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

- Zugrundelegung von n = 0,2 (´5-jähriges Regenereignis´).
- Gegenüber den ermittelten Durchlässigkeiten wird bei der Dimensionierung ein abgeminderter Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 6 * 10^{-5}$ m/s angesetzt.
- Es wurde ein Zuschlagsfaktor von $f_z = 1,2$ gewählt (Risikomaß: gering).

Mulden-Dimensionierung dezentrale Versickerung (Baugrundstücke): In der Anlage 3.2 ist die Dimensionierung einer Mulde nach DWA-A 138 für eine beispielhafte Einzelgrundstücksfläche angegeben. Hinsichtlich der Niederschlagsspende wurde das Rasterfeld ´Delbrück Ost´ (Spalte 24, Zeile 45) herangezogen (KOSTRA-DWD 2010R, Version 3.2). Bemessungsergebnisse:

- angeschlossene undurchlässige Fläche A_u:	144	m^2 (Dachfläche WH + Garage)
- max. zulässige Muldenwassertiefe:	0,20	m
- Versickerungsfläche A_s	17,5	m^2
- mittlere Einstauhöhe z_M:	0,19	m
- Mächtigkeit ´belebte Bodenzone´:	0,20	m
- notwendiges Speichervolumen V:	3,40	m^3
- rechnerische Entleerungszeit t_e:	0,77	h (n = 1)
- rechnerische Entleerungszeit t_e:	1,79	h (n = 0,2)

Die vorberechnete Anlage stellt somit eine vollständige Versickerung der anfallenden Wässer in den Untergrund sicher. Ein Notüberlauf ist demnach nicht erforderlich.

Potenzielle Stell- und Bewegungsflächen können alternativ mit einem durchlässigen ´Öko-Pflaster´ geplant werden, so dass diese hinsichtlich ihrer mittleren Abflussbeiwerte entsprechend günstiger angesetzt werden können. Innerhalb des ´Öko-Pflasters´ stellt sich nach einiger Zeit eine ´belebte Bodenzone´ in den durchlässigen Bereichen ein, sodass eine ausreichende Reinigungswirkung gewährleistet ist.

Vom AN wird die Verwendung einer der drei folgenden durchlässigen Flächenbefestigungsarten empfohlen:

- Betonpflaster mit Sickeröffnungen (Rasengittersteine, Rasenfugenpflaster).
- Betonpflaster mit Sickerfugen (Dränfugen).
- Betonpflaster mit haufwerksporigen Steinen (Dränsteinen).

Eine regelmäßige Wartung der durchlässigen Pflaster ist notwendig. Bei der Verwendung von ´Öko-Pflaster´ erfolgt keine gezielte, punktuelle Eingabe von Versickerungswässern (ähnlich einer ´Flächenversickerung´).

Mulden-Dimensionierung zentrale Versickerung (Erschließungsstraße): Von Seiten des STEB wird die Versickerung der im Bereich der Erschließungsstraße anfallenden Niederschlagswässer in einer Anlage nördlich des Mackensenweg und westlich der Erschließungsstraße vorgesehen. Für die Versickerung der insgesamt rund 950 m² versiegelter Verkehrsfläche ist eine maximale Fläche von rund 190 m² vorgesehen.

In der Anlage 3 ist analog zu den oben beschriebenen Rahmenbedingungen die Vorab-Dimensionierung einer zentralen Versickerungsmulde nach DWA-A 138 angegeben. Es erfolgt die zweigeteilte Dimensionierung der Versickerungsmulde. Zum einen wird die Fläche für eine ´undurchlässige´ Bauweise der Erschließungsstraße (z.B. mit Schwarzdecke; siehe Anlage 3.3) und zum anderen mit einer ´durchlässigen´ Bauweise (z.B. mit versickerungsfähigem Pflaster; siehe Anlage 3.4) betrachtet.

Bemessungsergebnisse (undurchlässige Bauweise der Straße):

- angeschlossene Teilfläche-Fläche A_E:	950	m²
- mittlerer Abflussbeiwert Ψ_m:	**0,9**	
- angeschlossene undurchlässige Fläche A_u:	855	m²
- max. zulässige Muldenwassertiefe:	0,20	m
- Versickerungsfläche A_s	**100**	**m²**
- mittlere Einstauhöhe z_M:	0,20	m
- Mächtigkeit ´belebte Bodenzone´:	0,20	m
- notwendiges Speichervolumen V:	**20,3**	**m³**
- rechnerische Entleerungszeit t_e:	0,82	h (n = 1)
- rechnerische Entleerungszeit t_e:	1,88	h (n = 0,2)

Bemessungsergebnisse (durchlässige Bauweise der Straße):

- angeschlossene Teilfläche-Fläche A_E:	950	m^2
- mittlerer Abflussbeiwert Ψ_m:	**0,5**	
- angeschlossene undurchlässige Fläche A_u:	475	m^2
- max. zulässige Muldenwassertiefe:	0,20	m
- Versickerungsfläche A_s	**57**	**m^2**
- mittlere Einstauhöhe z_M:	0,20	m
- Mächtigkeit ´belebte Bodenzone´:	0,20	m
- notwendiges Speichervolumen V:	**11,2**	**m^3**
- rechnerische Entleerungszeit t_e:	0,79	h (n = 1)
- rechnerische Entleerungszeit t_e:	1,82	h (n = 0,2)

Die beschriebenen Anlagen stellen jeweils eine vollständige Versickerung der anfallenden Wässer in den Untergrund sicher. Ein Notüberlauf ist somit nicht erforderlich.

Die bei maximalen Einstauhöhen von 20 cm benötigten Flächengrößen von 100 m² bei undurchlässiger Bauweise der Erschließungsstraße bzw. 57 m² bei durchlässiger Bauweise der Erschließungsstraße unterschreiten die maximal eingeplante Fläche von 190 m² jeweils deutlich. Unter Beachtung der o.g. üblichen Grenzabstände zu Fremdgrundstücken ist die letztlich wahlfreie Ausgestaltung der Versickerungsmulde möglich. Die in Frage kommenden Bereiche sind in der Anlage 1 entsprechend grün-schraffiert gekennzeichnet.

Im Hinblick auf die weitere Höhengestaltung des Areals sei an dieser Stelle der Hinweis gegeben, dass die Realisierung einer durchlässigen Bauweise der Erschließungsstraße im Hinblick auf ein möglichst geringes Wasservolumen, welches in der Versickerungsanlage zu versickern ist, grundsätzlich als ´günstig´ anzusehen ist. Dies ermöglicht eine flexiblere Gestaltung der Versickerungsanlage was Geometrie und Wassertiefe betrifft. So werden bei einer Einstauhöhe von 10 cm weiterhin 100 m² Versickerungsfläche benötigt (siehe Anlage 3.5).

Im Hinblick auf die örtliche Höhensituation wird damit die g.g. Variante als vorteilhaft angesehen und daher gutachterlicherseits zur Umsetzung empfohlen.

Bemessungsergebnisse (durchlässige Bauweise der Straße/geringe Einstauhöhe):

- angeschlossene Teilfläche-Fläche A_E:	950	m^2
- mittlerer Abflussbeiwert Ψ_m:	0,5	
- angeschlossene undurchlässige Fläche A_u:	475	m^2
- max. zulässige Muldenwassertiefe:	**0,10**	**m**
- Versickerungsfläche A_s	**100**	**m^2**
- mittlere Einstauhöhe z_M:	0,09	m
- Mächtigkeit ´belebte Bodenzone´:	0,20	m
- notwendiges Speichervolumen V:	9,2	m^3
- rechnerische Entleerungszeit t_e:	0,34	h (n = 1)
- rechnerische Entleerungszeit t_e:	0,85	h (n = 0,2)

Die auch die obige Anlage stellt eine vollständige Versickerung der anfallenden Wässer in den Untergrund sicher. Ein Notüberlauf ist somit nicht erforderlich.

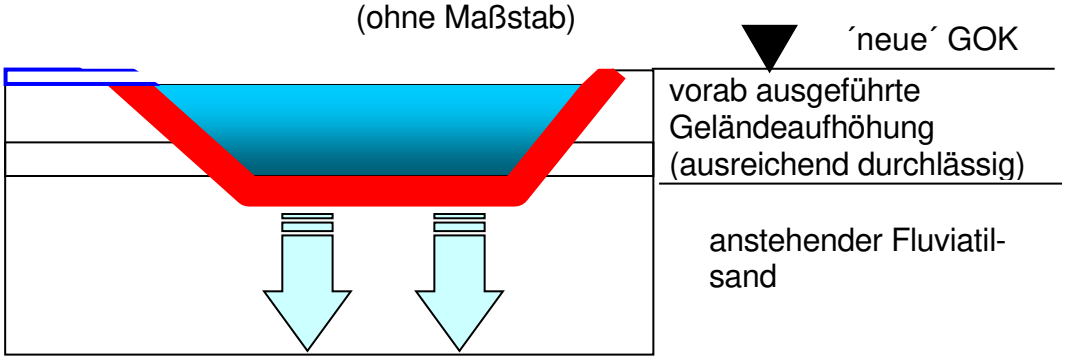
Anmerkungen Notüberlaufe: Für die vom Gesetzgeber geforderte ´dauerhaft schadlose´ Versickerung sind Notüberläufe an den Regenwasserkanal nicht notwendig. Anhand des vorliegenden Lageplans ist zudem davon auszugehen, dass die dezentralen Versickerungsanlagen nicht im Nahbereich zur Erschließungsstraße zu errichten sein werden (Gebäuderückseite/Gartenbereiche).

Die Anbindung eines Notüberlaufes von einer gartenseitigen Versickerungsmulde an einen in der Erschließungsstraße vermutlich recht oberflächennah verlegten Kanal, wird unter hydraulischen und gestalterischen Gesichtspunkten als schwierig angesehen und sollte mit fortschreitender, konkreter Kanalplanung ggf. ergänzend geprüft werden.

Die Herstellung eines Notüberlaufes ist hinsichtlich des zu erwartenden bautechnischen Mehraufwandes bauherren-/planerischerseits zu bewerten.

In der folgenden Schemaskizze ist ein Schnitt durch eine Muldenversickerung dargestellt.

Schemaschnitt durch eine Muldenversickerungsanlage
(ohne Maßstab)



dunkelblau: oberirdischer Zulauf in offenen Rinnen
rot: ´belebte Bodenzone´ (Sand, 20 cm mächtig)

Zusammenfassung/Fazit: Die anstehenden Böden sind nachweislich als ´ausreichend durchlässig´ einzustufen. Auf Grundlage der vorliegenden Höhenplanung ist eine Sickerstrecke von minimal etwa ≥ 0,6 m zwischen der Unterkante der Versickerungsmulde der Erschließungsstraße bis zum bemessungsrelevanten ´mittleren höchsten Grundwasserstand´ zu erwarten. Für die Baugrundstücke wird nach Geländeaufhöhung von der Vorlage minimaler Sickerstrecken von ≥ 0,9 m ausgegangen.

Im Hinblick auf die von Seiten der zuständigen Behörde im Vorfeld signalisierte Möglichkeit, ggf. auch Sickerstrecken von < 1 m als genehmigungsfähig anzusehen, liegen im Untersuchungsgebiet damit bodenphysikalisch versickerungsgeeignete und (nach Geländeanhebung) auch wasserrechtlich zulässige Bedingungen für die Realisierung der geplanten Versickerungseinrichtungen vor.

Bei Umsetzung der geplanten Anhebung des Geländes und Installation ´flacher´ Versickerungseinrichtungen (Versickerungsmulden) bestehen seitens des IB KLEEGRÄFE keine Bedenken hinsichtlich der geplanten Versickerung anfallender Niederschlagswässer.

4. Chemische Untersuchung (Aushubmaterial)

An den geogenen/gewachsenen Böden wurden keinerlei Auffälligkeiten erkannt. Hinzuweisen sei darauf, dass sich diese Aussage selbstverständlich ausschließlich auf die gewonnenen Bodenproben bezieht.

Um bei Abfuhr der Böden Aussagen zur Wiederverwendungsfähigkeit bzw. zum Entsorgungsweg treffen zu können, wurden ergänzend chemische Untersuchungen auf die Parameterumfänge gemäß $LAGA_{Boden}$/TR-Boden und Deponieverordnung durchgeführt (siehe unten).

Methodik / Parameterumfang: Die Parameterauswahl (siehe Tabelle 5) erfolgte unter orientierenden Gesichtspunkten.

Feststoffanalysen (Boden)	
jeweils Parameterumfang **$LAGA_{Boden}$** (Feststoff +Eluat) und Parameterumfang **Deponieverordnung**	MP BS 1-3 (1/2 + 1/3 + 1/4 + 2/2 + 2/3 + 2/4 + 3/2 + 3/3 + 3/4) MP BS 4-5 (4/3 + 4/4 + 4/5 + 5/2 + 5/3 + 5/4)

Tabelle 5: Analysenparameter / Einzelprobenauswahl

Es wurde aus den Bohrungen gewonnenes Geogen-Material (unterhalb der anstehenden Oberböden) aus den verschiedenen Flächen in den entsprechend benannten Mischproben zusammengefasst. Hierbei handelt es sich um Material, welches bei der Erschließung, zumindest in Teilbereichen, aufgenommen werden muss (z.B. für den Straßen- und Kanalbau).
Die anthropogen beeinflussten Oberböden wurden nicht untersucht, da die LAGA definitionsgemäß nicht für Oberböden anzuwenden ist.

Die Analysen erfolgten auf den Parameterumfang gemäß $LAGA_{Boden}$. Die Bewertung erfolgt ebenfalls nach $LAGA_{Boden}$, da ausschließlich geogene/gewachsene Proben untersucht wurden, die keinerlei mineralische Fremdbestandteile führen.

Ergänzend wurde jeweils der Parameterumfang gemäß Deponieverordnung (DepV) untersucht.

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 4.1 zu entnehmen.

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

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

4.1 Bewertung der Geogen-Mischproben

- Zuordnung nach $LAGA_{Boden}$ (Feststoff + Eluat)

Die Analysen der Mischproben ´MP BS 1-3´ und ´MP BS 4-5´ ergaben jeweils keinerlei Auffälligkeiten. Das Material der vorgenannten Mischproben kann demnach durchgängig für den ´uneingeschränkten offenen Einbau´ gemäß $LAGA_{Boden}$ Z0 vorgesehen werden.

- Zuordnung Deponieklasse nach DepV

Die Analysenergebnisse weisen für die o.g. Mischproben ebenfalls keine Auffälligkeiten auf. Es kann stets eine Zuordnung in die Deponieklasse DK 0 erfolgen.

Gesamtfazit Geogen-Mischproben: $LAGA_{Boden}$ Z0 und DK 0

4.2 Empfehlung zur Verwertung anfallender Aushubmassen

Anfallendes Material der geogenen/gewachsenen Böden verfügt über eine entsprechende Wiedereinbaueignung im Niveau $LAGA_{Boden}$ Z0.

Alternativ kann, sofern entsprechend zu bevorzugende Wiederverwendungs-maßnahmen nicht zur Verfügung stehen, eine nachrangige Entsorgung aller anfallenden Aushubmassen nach DK 0 erfolgen.

Eventuell am Wiedereinbauort einzuhaltende bodenmechanische Anforderungen bleiben von den Aussagen zur chemischen Wiedereinbauzulässigkeit unberührt.

5. Ingenieurgeol. Beurteilung des Baugrundinventars

5.1 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 6 werden, abgeleitet aus örtlichen Erfahrungs- und Literaturwerten, Schwankungsbreiten der bodenmechanischen Kennwerte für die gründungsrelevanten Bodenschichten aufgeführt. Sie stellen gemäß DIN 1054 ´vorsichtige Schätzwerte der Mittelwerte´ (charakteristische Werte) dar.

BODENART	γ_k (kN/m³)	γ'_k (kN/m³)	φ'_k (°)	c'_k (kN/m²)	$E_{s,k}$ (kN/m²)
neu einzubauende Schottertragschicht (dicht)	22,0	14,0	37,5	0	80.000
Fluviatilsand (aufgelockert): Mittelsand, feinsandig, schwach bindig; locker	17,0 - 17,5	9,0 - 9,5	30,0	0	15.000 - 20.000
Fluviatilsand: Mittelsand, feinsandig, schwach bindig; überwiegend mitteldicht	17,5 - 18,0	9,5 - 10,0	32,5	0	20.000 - 30.000
Fluviatilsand: Mittelsand, feinsandig, schwach bindig; überwiegend dicht	18,5 - 19,0	10,5 - 11,0	35,0	0	30.000 - 45.000

Tabelle 6: Charakteristische Bodenkenngrößen der relevanten Bodenarten

γ_k = Wichte des erdfeuchten Bodens
γ'_k = Wichte d. Bodens unter Auftrieb
φ'_k = Reibungswinkel des drainierten Bodens
RW = Rechenwert
c'_k = Kohäsion des drainierten Bodens
$E_{s,k}$ = Steifeziffer

5.2 Bodenklassen / Homogenbereiche/ Bodengruppen / Frostklassen

In der Tabelle 7 erfolgt die Angabe der Bodenklassen (DIN 18 300_{alt}), der Homogenbereiche (DIN 18 300_{neu}), die Angabe des Gruppensymbols / der Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke (DIN 18 196), die Angabe der Frostklasse (ZTVE-StB) sowie die Vorgehensweise zur Lösung der Böden.

Schichtglieder (Grobgliederung)	Bodenklassen (DIN 18 300_{alt})	Homogen-bereiche Gewerk ´**Erd**arbeiten´ und ´**Ver**bauarbeiten´	Gruppensymbol (DIN 18 196)	´Frostklasse´ ZTVE-StB	Boden-lösung
umgelagerter ´Mutterboden´ 1)	1	-	A (OH)	F 2	´Löffel-bagger´
Fluviatilsand 1)	3, u.U. 2	ERD 1 + VER 1	SE – SU	F 1	

Tabelle 7: Bodenklassen, Bodengruppen, Frostklassen

1) bei Wassersättigung: fließende Bodenarten = BK 2

Erläuterung Tabelle 7

nach DIN 18 300_{alt}	Bodenklasse 1: Bodenklasse 2: Bodenklasse 3:	Oberboden (´Mutterboden´) fließende Bodenarten leicht lösbare Bodenarten
Homogenbereiche	ERD 1 + VER 1:	Eigenschaften siehe Tabelle 8
nach DIN 18 196	A OH SE SU	Auffüllungen grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art enggestufte Sande Sand-Schluff-Gemische
nach ZTVE-StB 17	F 1 F 2 F 3	nicht frostempfindlich gering bis mittel frostempfindlich sehr frostempfindlich

Gewerk Erdarbeiten: Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Auffüllungs- und Geogenbereiche mittels ´normalen´ Löffelbagger-Einsatzes möglich sein wird (überwiegend Bodenklassen 1 und 3 bzw. Homogenbereich ERD 1).
Die Böden sollten möglichst mit einem ausreichend kräftigen Hydraulikbagger mit ´Schneidbestückung´ gelöst werden. Grundlage ist der Einsatz eines ausreichend starken Baggers zur Bodenlösung.

Diese Aussage gilt nicht für ggf. im Untergrund befindliche pleistozäne Geschiebe und/oder Findlinge, welche aufgrund der eiszeitlichen Beeinflussung des Gebietes nicht gänzlich ausgeschlossen werden können.

Zusätzlich muss aufgrund der eiszeitlichen Beeinflussung des Bodens mit Material in Stein- und ggf. Blockkorngröße innerhalb der gesamten geogenen Ablagerungen gerechnet werden (´verlorene Geschiebe´ und Geschiebe/Findlinge in-situ; entsprechend Material Bodenklasse 6-7).
Eine Aufnahme der Bodenklassen 6 und 7 in die Ausschreibung empfiehlt sich daher als Eventualposition für die Bergung von entsprechendem Grobmaterial. Die Bodenklasse 7 z.B. beinhaltet (neben Fels) auch Blöcke mit einem Kugeldurchmesser > 0,6 m (> 0,1 m³ Rauminhalt). Ein entsprechender Anteil wird in der nachfolgenden Tabelle abgeschätzt.

Vorgenannte Aussage gilt ebenfalls nicht für möglicherweise noch im Untergrund befindliche Bauteile eines bis dato unbekannten ehemaligen Bestandes (Fundamente, Kanäle, Schächte, etc.). Hierfür sollten Eventualpositionen berücksichtigt werden.

Nach DIN 18320 ist Mutterboden ohnehin gesondert zu handhaben und wird daher an dieser Stelle nicht als separater Homogenbereich aufgeführt.

Verbauarbeiten: Für das im Rahmen einer Kanalverlegung ggf. auszuführende Gewerk ´Verbauarbeiten´ gem. DIN 18303 gelten die Angaben hinsichtlich des Einsatzes der Kapitel 6 beschriebenen Verfahren.

Sollten hiervon abweichende Erdbaugeräte oder Verfahren zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung zwecks Anpassung der Homogenbereichsfestlegung gebeten.

Eine gesonderte Ausweisung von Homogenbereichen im Hinblick auf die chemische Einstufung der anfallenden Aushubmassen ist aufgrund der nachgewiesenen Unauffälligkeit der Geogenböden (jeweils $LAGA_{Boden}$ Z0 bzw. DK 0; siehe Kapitel 4) nicht erforderlich.

5.3 Homogenbereiche gem. VOB Teil C

Die Festlegung von Homogenbereichen (Tabelle 8) erfolgt für die Gewerke ´Erdarbeiten´ gem. DIN 18300 und ´Verbauarbeiten´ gem. DIN 18303 im Hinblick auf die im ungünstigen Fall anzusetzende Geotechnische Kategorie GK 2.

Nr. n. VOB	Kennwert / Eigenschaft	Homogenbereiche ERD 1 und VER 1
		Gewerke ´Erdarbeiten´ + ´Verbauarbeiten´
1	Kornverteilung mit Körnungsbändern	n.b.
2	Definition von Steinen + Blöcken	Auffüllungen: u.U. Bauschutt i.w.S. (+/- kantig) Geogenbereich: u.U. Findlinge/Geschiebe (gerundet)
2a, 2b	Anteil Steine und Blöcke	≤ 10 %
2c	Anteil große Blöcke	≤ 2 %
3	mineral. Zusammensetzung der Steine und Blöcke	Auffüllungen: Bauschutt i.w.S. Geogenbereich: u.U. nordische, granitoide Geschiebe
4	Dichte	ρ_s = 2,65 – 2,85 g/cm^3 (Korndichte)
5	Kohäsion	n.b.
6	undrainierte Scherfestigkeit	n.b.
7	Sensitivität	n.b.
8	Wassergehalt	~ 2 – 25 %
9	Konsistenz	n.b.
10	Konsistenzzahl	n.b.
11	Plastizität	n.b.
12	Plastizitätszahl	n.b.
13	Durchlässigkeit	ca. k_f ~ 1 * 10^{-3} bis ~ 1 * 10^{-6} m/s
14	Lagerungsdichte D	~ 0,3 bis ~ 0,65
15	Kalkgehalt	gering bis hoch
16	Sulfatgehalt	gering
17	Organischer Anteil	≤ 8 %
19	Abrasivität	kaum abrasiv bis schwach abrasiv (~ LAK 50-150 g/t)
20	Bodengruppen	A, SE, SU
21	Ortsübliche Bezeichnung	Flußablagerungen

Tabelle 8: Kennwerte für Homogenbereiche ERD 1 und VER 1 (siehe Tabelle 7)
n.b. = nicht bestimmbar

6. Ingenieurgeol. Hinweisgebungen zur Baudurchführung

Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorliegenden Detailplanung soll an dieser Stelle eine orientierende, überschlägige (Baugrund-) Beurteilung des zu untersuchenden Areals vorgenommen werden. **Diese Untersuchung kann und soll keine detaillierte Einzelprojekt-Baugrunduntersuchung ersetzen.** Die Hinweisgebungen behandeln daher nach Vorgabe des AG ausschließlich das Gewerk Kanalbau.

6.1 Kanalbau

Planung / Annahme: Vermutlich erfolgt die Errichtung einer Trennkanalisation mit Regen- und Schmutzwasserkanälen. Details wie Nennweiten/Rohrdurchmesser, Rohrmaterialien und genaue Sohltiefen liegen dem AN nicht vor.
Nach erfolgter Geländeanhöhung sollen die Plankanäle in Tiefen von maximal 1,9 m unter GOK zu liegen kommen. Es wird hierbei davon ausgegangen, dass der Regenwasserkanal deutlich flacher zu liegen kommen wird, als der Schmutzwasserkanal.

Boden-/Grundwasserverhältnisse auf verm. Kanal-Gründungsniveau: Laut Bohrergebnissen steht weitgehend auf dem angenommenen Sohlniveau ein Fluviatilsand an (RW-Kanal: locker-mitteldicht, SW-Kanal: mitteldicht-dicht).
Der überwiegende Aushubanteil wird von Böden der Bodenklassen 3 bzw. dem Homogenbereich ERD 1 gebildet (´Löffelbaggereinsatz´).
Der SW-Kanal wird innerhalb zumindest periodisch grundwassererfüllter Bereiche gegründet, wobei zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen (noch) keine drückende Wassersäule auf der genannten SW-Sohltiefe vorlag.
Auf genannten Sohltiefen des RW-Kanals lag zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen keine Wassersäule vor. Eine Lage innerhalb temporär grundwasserbeeinflusster Profilabschnitte kann jedoch auch für den RW-Kanal nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Aushub: Sehr wichtig ist, dass der gründungsrelevante Sand durch die Auskofferung nicht in seiner natürlichen Lagerung gestört wird. Daher muss die Ausschachtung mit einer Baggerschaufel ohne Zähne (´Schneidbestückung´ / ´Flachlöffel´) ohne Auflockerungen durchgeführt werden. Es sollte bei der Auskofferung rückschreitend (und beim Schottereinbau ´vor-Kopf´) gearbeitet

werden, um die Baufläche nicht durch Fahrzeugbefahrung zu zerstören. Der Sand auf Aushubniveau sollte aufgrund der typischen ´Verdichtungsunwilligkeit´ enggestufter Sande nicht direkt, sondern sofern nötig, nur indirekt über eine Schotterlage als ´verdichtungsfähige Auflage´ nachverdichtet werden.
Das sandige Erdplanum sollte zudem nicht mit Radfahrzeugen befahren werden. Störungen der natürlichen Lagerung sind aufzunehmen und durch Schotter zu ersetzen.

Wasserhaltung (SW-Kanal): Das Grundwasser muss grundsätzlich bis 0,5 m unter Aushubniveau angesenkt werden, was Absenkhöhen für den **SW-Kanal** von rund 0,5 m im Bereich südlich des ´Mackensenwegs´ bedingen (Stand: 14.08.2020). Die Verhältnisse am Tag der Untersuchungen vorausgesetzt wird im Bereich nördlich des ´Mackensenwegs´ keine Wassersäule für die Einbringung des SW-Kanals abzusenken sein.

In niederschlagsergiebigeren Zeiten kann sich die Absenkhöhe deutlich erhöhen. Dann kann auch nördlich des ´Mackensenwegs´ eine Wassersäule abzusenken sein.

Bei den vorliegenden Bodenverhältnissen (Fein- / Mittelsand) bietet sich für eine Absenkung ein Vakuumverfahren an (vorlaufende Vakuum-Spüllanzen). Es sollte hierfür eine Firma beauftragt werden, welche ausreichende Erfahrungen mit Vakuum-Grundwasserabsenkungen besitzt. Es sollten immer nur kurze Trassenabschnitte abgesenkt werden.

Ob beidseitig des Kanalgrabens Vakuumlanzen eingespült werden sollten, ist von der ausführenden Firma zu konkretisieren. Von großer Wichtigkeit ist eine ausreichende Vorlaufzeit der Vakuumanlage.

Es empfiehlt sich, vor Beginn der Baumaßnahme den Grundwasser-Flurabstand in den Grundwassermessstellen sowie ggf. in anzulegenden Baggerschürfen zu aktualisieren, um u.U. die notwendigen Maßnahmen anzupassen.
Unter Umständen kann in sehr trockenen, niederschlagsarmen Perioden auf die o.g. Vakuum-Absenkung verzichtet werden und evtl. eine ´verstärkte offene´ Wasserhaltung ausreichend sein.
Mit an beiden Trassen-Außenseiten verlegten schmalen Sammelgräben, innerhalb welcher Drainagerohre zu tieferliegenden Pumpensümpfen führen, ist evtl. eine kurzzeitige und lokale Grundwasserabsenkung durchführbar und der Wasserandrang kontrollier- und regulierbar. In den wasserabführenden Gräben sollte ein filterstabiles Schotterbett eingelegt werden, um die Ausschwemmung von bindigen und feinsandigen Anteilen zu vermeiden.

Wichtig ist, dass die Pumpensümpfe keinen zu großen Abstand untereinander aufweisen. Auf diese Weise wird – vergleichbar einem Schwerkraftbrunnen – eine zeitweilige Grundwasserabsenkung vorgenommen. Sollte in betreffendem Abschnitt eine ´verstärkte offene´ Wasserhaltung angedacht werden, so muss vor Durchführung der Maßnahme der aktuelle GW-Stand ermittelt werden.
Die absenkende Firma hat dafür Sorge zu tragen, dass die GW-Absenkung keine schädigenden Auswirkungen auf Bauwerke ausübt (Stichwort: Setzungsschäden).
Bezüglich der Einleitung der bei der GW-Absenkung anfallenden Wässer in den öffentlichen Kanal und/oder ein offenes Gewässer ist die Erlaubnis bei der STEB bzw. bei der Unteren Wasserbehörde zu beantragen.
Es sei deutlich darauf hingewiesen, dass die Verhältnisse zum Zeitpunkt der Geländearbeiten ´für die Verlegung des SW-Kanals im südlichen Teil des Areals vermutlich eine ´offene´ Wasserhaltung nicht zulassen und daher vom AN zum aktuellen Kenntnis- und Planungsstand eine ´geschlossene´ Wasserhaltung favorisiert wird.

Wasserhaltung (RW-Kanal): Für die Verlegung des **RW-Kanals** wird hingegen keine Grundwasserabsenkung erforderlich. Es sollte lediglich eine ´offene Wasserhaltung´ vorgehalten werden, um ggf. anfallendes Tagwasser abführen zu können.

Verbau Trassenbereich / Bauwerksbereich: Nach DIN 4124 muss ab Baugrubenteufen > 1,25 m geböscht / verbaut werden. Folgende Böschungswinkel können für die angetroffenen Böden angesetzt werden:
- Schicht 1 (´Mutterboden´): $\beta = 45°$
- Schicht 2 (Fluviatilsand): $\beta = 45°$

G.g. Angaben setzen voraus, dass die Böden nicht wassergesättigt bzw. entwässert vorliegen. Nässeerfüllte / wassergesättigte Bereiche dürfen nicht geböscht werden und erfordern ohnehin einen Verbau nach DIN 4124. Die Böschungskanten sollten auf einer Mindestbreite von $b \geq 2$ m lastfrei gehalten werden. Die Böschung ist mittels windgesicherter Folie vor witterungsbedingten Aufweichungen zu schützen.

Bei Anwendung eines ´geschlossenen Systems´ zur Wasserhaltung (z.B. Vakuum-Filterlanzen) besteht alternativ zur Anlage von Böschungen auch die Möglichkeit eines Verbaus der entwässerten Böden. Dies bedingt jedoch bei einer GW-Beeinflussung der relevanten Tiefen die vorlaufende GW-Absenkung bis mindestens 0,5 m unterhalb des Aushubniveaus.

Die in Tabelle 6 (bodenmechanische Kennwerte) aufgeführten Werte sollten grundsätzlich zur Bemessung eines Verbaus herangezogen werden.

In längeren zusammenhängenden Abschnitten ohne querende Leitungen kann bei den herzustellenden Grubentiefen z.B. ein **Einfachgleitschienenverbau** eingesetzt werden. In Bauwerksbereichen kann durch Verwendung von **Eckträgern** ein ´umlaufender Verbau´ hergestellt werden.
Alternativ können in den Trassenbereichen einfache ´Verbauboxen´ und im Bauwerksbereich sog. ´Manholeboxen´ eingesetzt werden.

Es ist darauf zu achten, dass AN-seits ausreichend leistungsfähiges Gerät für den Einbau/Bergung eingesetzt werden kann.

Auftriebsicherheit: Aufgrund der bei herkömmlichen Gründungsteufen permanenten Positionierung des SW-Kanals und einer z.Zt. nicht gänzlich auszuschließenden Positionierung des RW-Kanals innerhalb des Grundwasserschwankungsbereiches sind die Gründungskörper (SW- und RW-Kanal) gegen Auftrieb zu sichern. Die Auftriebsicherheit beträgt mind. $n_a = 1{,}1$.

Gründung / Rohrauflager: Bei der Kanalverlegung sind die Vorgaben der DIN EN 1610 (´*Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen*´) sowie das technische Merkblatt ATV/DVWK-A 139 (´*Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen*) zu beachten.
Als Regelausführung ist darin eine untere Bettungsschicht mit einer Mächtigkeit von mind. 100 mm bei herkömmlichen Bodenverhältnissen erforderlich.
Ergänzend empfiehlt die ATV/DVWK-A 139 zwecks Vermeidung von Setzungen und Rohrschäden, dass die Bettungsschicht in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser grundsätzlich auf a = 100 mm plus 1/10 DN (DN in mm) erhöht wird.
In Abhängigkeit vom konkreten DN-Maß erhöht sich somit die Bettungsschichthöhe.
Bei Rohrdurchmessern von DN 200-600 ist bei Betonrohren eine Bettung aus verdichtungsfähigem Material mit einem Größtkorn von < 40 mm herzustellen (z.B. 0/32 mm Güteschotter), welches ordnungsgemäß verdichtet werden muss (Verdichtungsgrad: > 97 % Proctordichte). Erst ab Durchmessern größer DN 600 kann auch ein gröberes Größtkorn zugelassen werden (in der Maßnahme vermutlich nicht herzustellen).

Der Aushub sollte mit ´Schneidbestückung´ erfolgen, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden.

Für den SWK wird bei der typischen Verwendung von Steinzeugrohren die Verwendung eines 0/8 mm Kies-Sand-Gemisches favorisiert (alternativ 0/11 mm Schotter).

Sollten Kunststoff-Rohre (z.B. PVCU) zum Einsatz kommen, wird die **ausschließliche** Verwendung von g.g. 0/8 mm Kies-Sand-Gemisch empfohlen.

Sowohl die Bettungsschicht als auch die u.U. notwendig werdende Stabilisierungsschicht müssen im Druckausbreitungswinkel des Kanals / Bauteils eingebracht werden (Mineralgemisch 45°).

Sollten entgegen der Bohrergebnisse bindige Böden auf Sohlniveau vorliegen, so sind Aufweichungen nach Aushub aufzunehmen und gegen Schotter auszutauschen. Je nach konkreter Konsistenz der bindigen Böden auf Aushubniveau wird ergänzend der Einbau einer Stabilisierungsschicht notwendig (z.B. aus 0/32 oder 0/45 mm Güteschotter, Stärkenfestlegung bei Abnahme).
Offensichtliche aushubbedingte Auflockerungen, potenzielle organische Böden sowie Restmächtigkeiten an potenziellen Schlufflagen sollten entfernt und durch Schotter ersetzt werden. Der Sohlbereich sollte ingenieurgeologisch abgenommen werden.

Rohrleitungszone und Grabenverfüllung: Bei Rohrleitungen mit Fuß kann auf ein Sandbett verzichtet werden; hier erfolgt eine direkte Auflagerung auf dem Schotter. Für die Leitungszone sollte ein steinfreier, möglichst sandiger Boden verwendet werden. Hierfür kann der organikfreie und nichtbindige Geogensand verwendet werden. Der bindige Anteil muss jedoch < 15 % betragen, was ggf. über ergänzende Korngrößenanalysen zu verifizieren ist.

Unter Beachtung des vermutlich oberhalb der Kanaltrasse verlaufenden Verkehrsweges wird zur Vermeidung von späteren Setzungsdifferenzen empfohlen, den Kanalgraben mit nichtbindigem, wasserwirtschaftlich unbedenklichem, raumbeständigem und verdichtungsfähigem Material zu verfüllen.

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

Alternativ kann der enggestufte, organikfreie SE-/SU-Sand (Aushubmaterial) bei einem geringen bindigen Anteil (< 15 %) in Mischung mit einem Schotter (Verhältnis Schotter-Sand = 1:2) in Lagen von max. 30 cm eingebaut werden. Stärker bindige Sande dürfen nicht eingebaut werden. Als oberste Lage sollte HKS-Schotter verwendet werden.

Bei Unklarheiten hinsichtlich der Wiedereinbaueignung sollte der Bodengutachter hinzugezogen werden.

Material: Eine mögliche Stabilisierungsschicht sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (z.B. 0/32 oder 0/45 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen). Der Schotter sollte nach den ´*Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau – Ausgabe 2004´* (TL Gestein-StB 04) zertifiziert sein (Mindestgüte: Frostschutzschicht). Dies sollte von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden. Die Verdichtung des Schotters sollte mit einem gründungsspezifisch angepassten Verdichtungsgrad erfolgen. Es ist der Druckausbreitungswinkel für Schotter (45°) zu beachten.

Bodenpressung: Es sollte auf dem Gründungsniveau eine charakteristische Beanspruchung des Baugrundes von $\sigma_{E,k}$ = 180 kN/m² in diesem Bereich nicht überschritten werden, um Setzungsunterschiede auf den Kanalstrecken zu vermeiden.

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

Wiedereinbaufähigkeit der anstehenden Böden: Ein Teil des anfallenden Baugrubenaushubs (´Mutterboden und potenzielle bindige Böden) ist nicht in lastabtragenden Bereichen wiedereinbaufähig. Ist davon auszugehen, dass zu verfüllende Bereiche auch weiterhin einer reinen Gartennutzung ohne Wege- und Gebäudebau unterliegen, so kann das ausgehobene organische sowie potenzielle bindige Material dort wiederverfüllt werden. Dies gilt ebenfalls für verfüllende Zwecke, jedoch nicht innerhalb von Gebäude-Arbeitsräumen.
Der organikfreie Fluviatilsand kann bei bindigen Anteilen < 15 % wieder eingebaut werden. Der Sand sollte jedoch nicht als Oberbau für Bewegungs- / Stellflächenbereiche verwendet werden. Da der organikfreie Sand infolge seiner engen Stufung eine ´Verdichtungsunwilligkeit´ aufweist, sollte bei Einbau in lastabtragenden Bereichen die Verdichtungseignung/-fähigkeit durch Mischung mit einem Schotter erfolgen, um eine breitere Stufung herzustellen (Mischungsverhältnis Schotter-Sand = 1:2). Die einzelnen Lagen sollten eine Mächtigkeit von 0,30 m nicht überschreiten und jeweils ordnungsgemäß verdichtet werden.

7. Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:1.000)
- Anlage 2.1: Schichtendarstellung
- Anlage 2.2: Schichtenverzeichnisse
- Anlage 3.1: Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)
- Anlage 3.2-3.5: Dimensionierungen von Versickerungsmulden (gem. DWA-A 138)
- Anlage 4.1: Chemische Analysenergebnisse (Feststoff-Mischproben)
- Anlage 5.1: Fotodokumentation

K l e e g r ä f e
- Geotechnik GmbH -

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

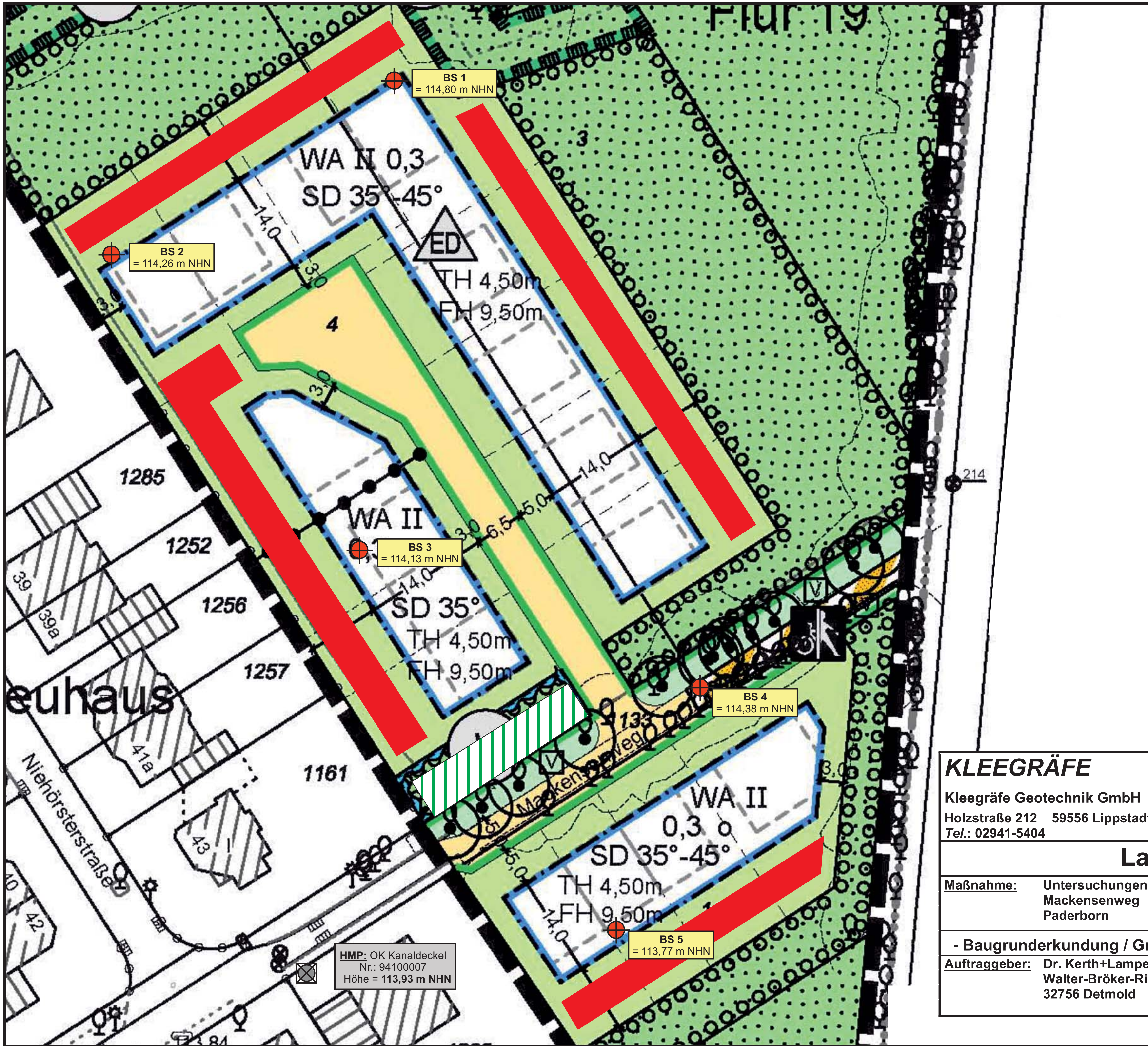
V. Thiemann
(Dipl.-Geol.)

- Verteiler: DR. KERTH + LAMPE GEO-INFOMETRIC GMBH
  Walter-Bröker-Ring 17, 32756 Detmold (2 x Druck, pdf)

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 1.1

Lageplan (1:1.000)



Paderborn

N

Maßstab
1 : 500
5,0 m

Zeichenerklärung:

- BS Kleinbohrung gemäß DIN 4021
- HMP Höhenmesspunkt
- potenzielle Fläche Versickerungsmulde Erschließungsstraße
- potenzielle Fläche Versickerungsmulden Baufelder

KLEEGRÄFE
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212 59556 Lippstadt - Bad Waldliesborn
Tel.: 02941-5404 *Fax*: 02941-3582
Kleegräfe Geotechnik GmbH
• Baugrund • Umwelt • Hydrogeologie

Lageplan

Maßnahme:	Untersuchungen eines Grundstückes Mackensenweg Paderborn	Bearb.-Nr. 200554
	- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -	Anlage: 1
Auftraggeber:	Dr. Kerth+Lampe Walter-Bröker-Ring 17 32756 Detmold	Blatt: 1 18.02.2021 Klee/Wulff/Stb M. 1 : 500

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 2.1

Schichtendarstellung

m NHN

115.00
114.50
114.00
113.50
113.00
112.50
112.00
111.50
111.00
110.50
110.00
109.50
109.00
108.50

BS 1

114,80 m NHN

Auffüllung + Mutterboden + Mittelsand
schwach organisch, schwach schluffig, feinsandig, schwach humos, dunkelbraun-schwarz/ trocken-erdfeucht — A

1/1 □ 0.75 — 0.75

Mittelsand
feinsandig, schwach schluffig, hellbeige-hellbraun/trocken-erdfeucht — SE

1.82 14.08.20

1/2 □ 1.00

1/3 □ 2.00 — 2.00

1/4 □ 2.50

Mittelsand
feinsandig, schwach schluffig, hellbraun-hellbeige/naß — SE

1/5 □ 3.20

5.00

Bohrung bei 3,45 m u. GOK zugefallen !

BS 2

114,26 m NHN

Auffüllung + Mutterboden + Mittelsand
schwach schluffig, schwach organisch, feinsandig, schwach humos, dunkelbraun-schwarz/ trocken-erdfeucht — A

2/1 □ 0.70 — 0.70

Feinsand
mittelsandig, schwach schluffig, grau-hellbraun/erdfeucht — SE

2/2 □ 1.50 — 1.50

Feinsand
mittelsandig, schwach schluffig, hellbraun/erdfeucht-feucht — SE

2/3 □ 2.25 — 2.25

Feinsand
mittelsandig, schwach schluffig, hellbraun-beige/naß — SE

2/4 □ 3.25

2/5 □ 4.25

2/6 □ 5.00 — 5.00

Bohrung bei 1,85 m u. GOK zugefallen !
Bis 1,85 m u. GOK kein GW erbohrt !

BS 3

114,13 m NHN

Auffüllung + Mutterboden + Mittelsand
schwach organisch, schwach humos, feinsandig, dunkelbraun-schwarz/ trocken-erdfeucht — A

3/1 □ 0.75 — 0.75

Feinsand
mittelsandig, schwach schluffig, baun/erdfeucht-feucht — SE

3/2 □ 1.55 — 1.55

1.86 14.08.20

Mittelsand
feinsandig, schwach schluffig, hellbraun-beige/feucht — SE

3/3 □ 2.00 — 2.00

3/4 □ 3.00

Mittelsand
feinsandig, schwach schluffig, hellbraun-beige/naß — SE

3/5 □ 5.00 — 5.00

BS 4

114,38 m NHN

4/1 ⊠ 0.12

Auffüllung
Asphaltdeckschicht 0/21, schwarz — A
0.03

Auffüllung
Asphaltbinderschicht 0/16, schwarz — A
0.08

Auffüllung
Asphalttragschicht 0/10, schwarz — A
0.12

Auffüllung + Mutterboden + Mittelsand
schwach schluffig, feinsandig, schwach organisch, schwach humos, braun-schwarz/ trocken-erdfeucht — A
0.60

4/2 □ 0.60

4/3 □ 1.00

1.72 14.08.20

Mittelsand
feinsandig, schwach schluffig, hellbraun-beige/trocken-erdfeucht — SE

4/4 □ 1.90 — 1.90

Feinsand
mittelsandig, schwach schluffig, hellbraun-braun/feucht — SE

4/5 □ 2.15 — 2.15

4/6 □ 3.15

Feinsand
mittelsandig, schwach grobsandig, schwach schluffig, hellbraun-braun/naß — SE

4/7 □ 4.00

4/8 □ 5.00 — 5.00

BS 5

113,77 m NHN

Auffüllung + Mutterboden + Mitelsand
organisch, schwach humos, feinsandig, dunkelbraun-schwarz/erdfeucht — A

5/1 □ 0.30 — 0.30

Mittelsand
feinsandig, hellbraun-beige/erdfeucht-feucht — SE

5/2 □ 1.35 — 1.35

1.50 14.08.20

5/3 □ 2.35

Feinsand
mittelsandig, schwach schluffig, hellbraun-beige/naß — SE

5/4 □ 3.00

5/5 □ 4.00

5/6 □ 5.00 — 5.00

Legende DPL
- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

Legende
- fest
- locker bis sehr locker
- mitteldicht
- dicht
- Feinsand
- Mittelsand
- Mu — Mutterboden
- A — Auffüllung

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

Schichtendarstellung

Maßnahme:	Untersuchung eines Grundstückes Mackensenweg Paderborn	Bearb.-Nr. 200554
		Anlage 2.1
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -		Geologe:
Auftraggeber:	Dr. Kerth + Lampe Walter-Bröker-Ring 17 32756 Detmold	Herr Jäger
		Datum: 14.08.2020

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 2.2

Schichtenverzeichnisse

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt	**Schichtenverzeichnis** für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: 200554 Anlage:

Vorhaben: Untersuchung eines Grundstückes, Mackensenweg, Paderborn

Bohrung BS 1 / Blatt: 1 Höhe: 114,80 m NHN | Datum: 14.08.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung [1]					Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung [1]	h) [1] Gruppe	i) Kalkgehalt				
0.75	a) Auffüllung + Mutterboden + Mittelsand, feinsandig schwach organisch, schwach humos, schwach schluffig,				d = 60 mm trocken-erdfeucht Organikanteil: Wurzeln, Pflanzen, Huminstoffe	g	1/1	0,75
	b)							
	c) lockere Lagerung	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun-schwarz					
	f) Mutterboden	g) Auffüllung	h) A	i)				
2.00	a) Mittelsand feinsandig, schwach schluffig				d = 60 mm trocken-erdfeucht	g	1/2 1/3	1,00 2,00
	b)							
	c) mitteldichte Lagerung	d) mittel-schwer zu bohren	e) hellbeige-hellbraun					
	f) Sand	g) fluviatile Ablagerung	h) SE	i)				
5.00	a) Mittelsand, feinsandig, schwach schluffig				d = 60,50 mm nass	g	1/4 1/5	2,50 3,20
	b)							
	c) dichte Lagerung	d) schwer zu bohren	e) hellbraun-hellbeige					
	f) Sand	g) fluviatile Ablagerung	h) SE	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt	**Schichtenverzeichnis** für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: 200554 Anlage:

Vorhaben: Untersuchung eines Grundstückes, Mackensenweg, Paderborn

Bohrung BS 2 / Blatt: 1 Höhe: 114,26 m NHN | Datum: 14.08.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1)] c) Beschaffenheit nach Bohrgut d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang e) Farbe f) Übliche Benennung g) Geologische Benennung [1)] h) [1)] Gruppe i) Kalkgehalt				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.70	a) Auffüllung + Mutterboden + Mittelsand, feinsandig schwach schluffig, schwach organisch, schwach humos b) c) lockere Lagerung d) mittel-schwer zu bohren e) dunkelbraun-schwarz f) Mutterboden g) Auffüllung h) A i)				d = 60 mm trocken-erdfeucht Organikanteil: Wurzeln, Pflanzen, Huminstoffe	g	2/1	0,70
1.50	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig b) c) mitteldicht-dichte Lagerung d) mittel-schwer zu bohren e) grau-hellbraun f) Sand g) fluviatile Ablagerung h) SE i)				d = 60 mm erdfeucht	g	2/2	1,50
2.25	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig b) c) mitteldicht-dichte Lagerung d) mittel-schwer zu bohren e) hellbraun f) Sand g) fluviatile Ablagerung h) SE i)				d = 60 mm erdfeucht-feucht	g	2/3	2,25
5.00	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig b) c) mitteldicht-dichte Lagerung d) mittel-schwer zu bohren e) hellbraun-beige f) Sand g) fluviatile Ablagerung h) SE i)				d = 60 mm nass	g	2/4 2/5 2/6	3,25 4,25 5,00
	a) b) c) d) e) f) g) h) i)							

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt	**Schichtenverzeichnis** für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: 200554 Anlage:

Vorhaben: Untersuchung eines Grundstückes, Mackensenweg, Paderborn

Bohrung BS 3 / Blatt: 1 Höhe: 114,13 m NHN | Datum: 14.08.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung [1]					Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung [1]	h) [1] Gruppe	i) Kalkgehalt				
0.75	a) Auffüllung + Mutterboden + Mittelsand, feinsandig schwach organisch, schwach humos				d = 60 mm trocken-erdfeucht Organikanteil: Wurzeln, Pflanzen, Huminstoffe	g	3/1	0,75
	b)							
	c) lockere Lagerung	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun-schwarz					
	f) Mutterboden	g) Auffüllung	h) A	i)				
1.55	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig				d = 60 mm erdfeucht-feucht	g	3/2	1,55
	b)							
	c) mitteldicht-dichte Lagerung	d) mittel-schwer zu bohren	e) braun					
	f) Sand	g) fluviatile Ablagerung	h) SE	i)				
2.00	a) Mittelsand, feinsandig, schwach schluffig				d = 60 mm feucht	g	3/3	2,00
	b)							
	c) mitteldicht-dichte Lagerung	d) mittel-schwer zu bohren	e) hellbraun-beige					
	f) Sand	g) fluviatile Ablagerung	h) SE	i)				
5.00	a) Mittelsand, feinsandig, schwach schluffig				d = 60,50 mm nass	g	3/4 3/5	3,00 5,00
	b)							
	c) mitteldicht-dichte Lagerung	d) mittel-schwer zu bohren	e) hellbraun-beige					
	f) Sand	g) fluviatile Ablagerung	h) SE	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt	**Schichtenverzeichnis** für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: 200554 Anlage:

Vorhaben: Untersuchung eines Grundstückes, Mackensenweg, Paderborn

Bohrung BS 4 / Blatt: 1 Höhe: 114,38 m NHN | Datum: 14.08.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung [1]					Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung [1]	h) [1] Gruppe	i) Kalkgehalt				
0.03	a) Auffüllung, Asphaltdeckschicht 0/21				d = 75 mm	k	4/1	0,03
	b)							
	c) feste Lagerung	d) schwer zu bohren	e) schwarz					
	f) Asphaltdeckschicht	g) Auffüllung	h) A	i)				
0.08	a) Auffüllung, Asphaltbindeschicht 0/16				d = 75 mm	k	4/1	0,08
	b)							
	c) feste Lagerung	d) schwer zu bohren	e) schwarz					
	f) Asphaltbindeschicht	g) Auffüllung	h) A	i)				
0.12	a) Auffüllung, Asphalttragschicht 0/10				d = 75 mm	k	4/1	0,12
	b)							
	c) feste Lagerung	d) schwer zu bohren	e) schwarz					
	f) Asphalttragschicht	g) Auffüllung	h) A	i)				
0.60	a) Auffüllung + Mutterboden + Mittelsand, feinsandig schwach organisch, schwach humos, schwach schluffig				d = 60 mm trocken-erdfeucht Organikanteil: Wurzeln, Huminstoffe	g	4/2	0,60
	b)							
	c) lockere-mittlere Lagerung	d) mittel-leicht zu bohren	e) braun-schwarz					
	f) Mutterboden	g) Auffüllung	h) A	i)				
1.90	a) Mittelsand, feinsandig, schwach schluffig				d = 60 mm trocken-erdfeucht	g	4/3 4/4	1,00 1,90
	b)							
	c) mitteldicht-dichte Lagerung	d) mittel-schwer zu bohren	e) hellbraun-beige					
	f) Sand	g) fluviatile Ablagerung	h) SE	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt	**Schichtenverzeichnis** für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: 200554 Anlage:

Vorhaben: Untersuchung eines Grundstückes, Mackensenweg, Paderborn

Bohrung BS 4 / Blatt: 2 Höhe: 114,38 m NHN | Datum: 14.08.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung [1]					Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung [1]	h) [1] Gruppe	i) Kalkgehalt				
2.15	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig				d = 60 mm feucht	g	4/5	2,15
	b)							
	c) mitteldicht-dichte Lagerung	d) mittel-schwer zu bohren	e) helllbraun-braun					
	f) Sand	g) fluviatile Ablagerung	h) SE	i)				
5.00	a) Feinsand, mittelsandig, schwach grobsandig schwach schluffig				d = 60 mm nass	g	4/6 4/7 4/8	3,15 4,00 5,00
	b)							
	c) mitteldicht-dichte Lagerung	d) mittel-schwer zu bohren	e) hellbraun-braun					
	f) Sand	g) fluviatile Ablagerung	h) SE	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH Holzstraße 212 59556 Lippstadt	**Schichtenverzeichnis** für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: 200554 Anlage:

Vorhaben: Untersuchung eines Grundstückes, Mackensenweg, Paderborn

Bohrung BS 5 / Blatt: 1 Höhe: 113,77 m NHN | Datum: 14.08.2020

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung [1]					Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung [1]	h) [1] Gruppe	i) Kalkgehalt				
0.30	a) Auffüllung + Mutterboden + Mitelsand, feinsandig, schwach organisch, schwach humos				d = 60 mm erdfeucht Organikanteil: Wurzeln, Pflanzen, Huminstoffe	g	5/1	0,30
	b)							
	c) lockere Lagerung	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun-schwarz					
	f) Mutterboden	g) Aufffüllung	h) A	i)				
1.35	a) Mittelsand, feinsandig				d = 60 mm erdfeucht-feucht	g	5/2	1,35
	b)							
	c) mitteldicht-dichte Lagerung	d) mittel-schwer zu bohren	e) hellbraun-beige					
	f) Sand	g) fluviatile Ablagerung	h) SE	i)				
5.00	a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig				d = 60,50 mm nass	g	5/3 5/4 5/5 5/6	2,35 3,00 4,00 5,00
	b)							
	c) dicht-mitteldichte Lagerung	d) mittel-schwer zu bohren	e) hellbraun-beige					
	f) Sand	g) fluviatile Ablagerung	h) SE	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 3.1

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

Anlage: 3.1

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

Maßnahme:	B-Plan SN 135 B ´Mackensenweg´
Ort:	33104 Paderborn-Sennelager
Datum:	14.08.2020

Versuchsdurchführung mittels ´open-end-test´ (auf GW-Spiegelfläche)

Bohrung	Vers. Nr.	r mm	h m	Zeit min	Wasser-menge l	Q m³/s	kf m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Versick.-Medium und Gültigkeitsbereich)
BS 1	1	25	0,82	2,33	3,00	2,15E-05	**1,90E-04**	Grundwasser bei 1,82 m; 1,00 - 1,82 m
	2	25	0,82	2,42	3,00	2,07E-05	**1,83E-04**	Fluviatilsand
BS 3	1	30	0,86	2,37	3,00	2,11E-05	**1,49E-04**	Grundwasser bei 1,86 m; 1,00 - 1,86 m
	2	30	0,86	2,23	3,00	2,24E-05	**1,58E-04**	Fluviatilsand
BS 5	1	25	0,50	5	3,82	1,27E-05	**1,85E-04**	Grundwasser bei 1,50 m; 1,00 - 1,50 m
	2	25	0,50	5	4,00	1,33E-05	**1,94E-04**	Fluviatilsand

Erläuterung
r - Brunnenradius, mm
h - Wasserstandshöhe über der Grundwasseroberfläche, m
Q - Wasserzugabe in m³/s (Wasserspiegelkonstanthaltung)
k_f - Durchlässigkeitsbeiwert, m/s

Durchlässigkeitsbewertung nach DIN 18 130

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´

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 3.2 – 3.5

Dimensionierung von Versickerungsmulden (gem. DWA-A 138)

Arbeitsblatt DWA-A 138

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

A138-XP

Version 2006

Dimensionierung von Versickerungsanlagen

Anlage 3.2
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212
59556 Lippstadt
Lizenznr.: 400-0706-0142

Projekt

Bezeichnung:	B-Plan SN 135 , Mackensenweg, 33104 Paderborn-Sennelager	Datum: 16.09.2020
Bearbeiter:	Hr. Thiemann	
Bemerkung:	dezentrale Muldenversickerung (t = 20 cm)	

Angeschlossene Flächen

Nr.	angeschlossene Teilfläche A_E [m²]	mittlerer Abfluss-beiwert Psi,m [-]	undurchlässige Fläche A_u [m²]	Beschreibung der Fläche
1	160,00	0,90	144,00	Dachfläche Wohnhaus
2	0,00	0,00	0,00	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Gesamt	**160,00**	**0,90**	**144,00**	

Risikomaß

Verwendeter Zuschlagsfaktor f_z 1,2

Arbeitsblatt DWA-A 138

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

A138-XP

Version 2006

Dimensionierung von Versickerungsanlagen

Anlage 3.2
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212
59556 Lippstadt
Lizenznr.: 400-0706-0142

Projekt

Bezeichnung:	B-Plan SN 135 , Mackensenweg, 33104 Paderborn-Sennelager	Datum: 16.09.2020
Bearbeiter:	Hr. Thiemann	
Bemerkung:	dezentrale Muldenversickerung (t = 20 cm)	

Eingangsdaten

angeschlossene undurchlässige Fläche	A_u	144	m²
mittlere Versickerungsfläche	A_S	17,5	m²
wassergesättigte Bodendurchlässigkeit	k_f	0,00006	m/s
Niederschlagsbelastung	Statistik	Kostra Regendaten	
	n	0.20	1/a
Zuschlagsfaktor	f_z	1,2	

Bemessung der Versickerungsmulde

D [min]	r_D(n) [l/(s·ha)]	V [m³]
5	310,0	1,6
10	230,0	2,3
15	187,8	2,7
20	160,8	3,0
30	126,1	3,3
45	**97,0**	**3,4**
60	79,7	3,3
90	57,4	2,6
120	45,6	1,8
180	32,8	0,1
240	26,0	0,0
360	18,7	0,0
540	13,5	0,0
720	10,7	0,0
1080	7,7	0,0
1440	6,1	0,0
2880	3,7	0,0
4320	2,8	0,0

Erforderliche Größe der Anlage

<u>erforderliches Speichervolumen</u>

V = 3,4 m³

$$V = \left[(A_u + A_S) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_S \cdot \frac{k_f}{2} \right] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

<u>mittlere Einstauhöhe</u>

z = 0,19 m

$$z = V / A_S$$

<u>rechnerische Entleerungszeit</u>

t_E = 1,79 h

$$t_E = 2 \cdot z / k_f$$

<u>Nachweis der Entleerungszeit für n=1/a</u>

vorh. t_E = 0,77 h < erf. t_E = 24 h

Arbeitsblatt DWA-A 138

A138-XP

Version 2006

Dimensionierung von Versickerungsanlagen

Anlage 3.3
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212
59556 Lippstadt
Lizenznr.: 400-0706-0142

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e.V.

Projekt

Bezeichnung:	B-Plan SN 135 , Mackensenweg, 33104 Paderborn-Sennelager	Datum: 22.12.2020
Bearbeiter:	Hr. Thiemann	
Bemerkung:	zentrale Versickerung - Muldenversickerung Verkehrsflächen (t = 20 cm)	

Angeschlossene Flächen

Nr.	angeschlossene Teilfläche A_E [m²]	mittlerer Abfluss-beiwert Psi,m [-]	undurchlässige Fläche A_u [m²]	Beschreibung der Fläche
1	950,00	0,90	855,00	Erschließungsstraße
2	0,00	0,00	0,00	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Gesamt	**950,00**	**0,90**	**855,00**	

Risikomaß

Verwendeter Zuschlagsfaktor f_z 1,2

Arbeitsblatt DWA-A 138

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

A138-XP

Version 2006

Dimensionierung von Versickerungsanlagen

Anlage 3.3
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212
59556 Lippstadt
Lizenznr.: 400-0706-0142

Projekt

Bezeichnung:	B-Plan SN 135 , Mackensenweg, 33104 Paderborn-Sennelager	Datum: 22.12.2020
Bearbeiter:	Hr. Thiemann	
Bemerkung:	zentrale Versickerung - Muldenversickerung Verkehrsflächen (t = 20 cm)	

Eingangsdaten

angeschlossene undurchlässige Fläche	A_u	855	m²
mittlere Versickerungsfläche	A_S	100	m²
wassergesättigte Bodendurchlässigkeit	k_f	0,00006	m/s
Niederschlagsbelastung	Statistik Kostra Regendaten		
	n	0.20	1/a
Zuschlagsfaktor	f_z	1,2	

Bemessung der Versickerungsmulde

D [min]	r_D(n) [l/(s·ha)]	V [m³]
5	310,0	9,6
10	230,0	13,7
15	187,8	16,1
20	160,8	17,8
30	126,1	19,5
45	**97,0**	**20,3**
60	79,7	19,9
90	57,4	16,1
120	45,6	11,7
180	32,8	1,7
240	26,0	0,0
360	18,7	0,0
540	13,5	0,0
720	10,7	0,0
1080	7,7	0,0
1440	6,1	0,0
2880	3,7	0,0
4320	2,8	0,0

Erforderliche Größe der Anlage

<u>erforderliches Speichervolumen</u>

V = 20,3 m³

$$V = \left[(A_u + A_S) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_S \cdot \frac{k_f}{2} \right] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

<u>mittlere Einstauhöhe</u>

z = 0,20 m

$$z = V / A_S$$

<u>rechnerische Entleerungszeit</u>

t_E = 1,88 h

$$t_E = 2 \cdot z / k_f$$

<u>Nachweis der Entleerungszeit für n=1/a</u>

vorh. t_E = 0,82 h < erf. t_E = 24 h

Arbeitsblatt DWA-A 138

A138-XP

Version 2006

Dimensionierung von Versickerungsanlagen

Anlage 3.4
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212
59556 Lippstadt
Lizenznr.: 400-0706-0142

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e.V.

Projekt

Bezeichnung:	B-Plan SN 135 , Mackensenweg, 33104 Paderborn-Sennelager	Datum: 22.12.2020
Bearbeiter:	Hr. Thiemann	
Bemerkung:	zentrale Versickerung - Muldenversickerung Verkehrsflächen (t = 20 cm)	

Angeschlossene Flächen

Nr.	angeschlossene Teilfläche A_E [m²]	mittlerer Abfluss-beiwert Psi,m [-]	undurchlässige Fläche A_u [m²]	Beschreibung der Fläche
1	950,00	0,50	475,00	Erschließungsstraße
2	0,00	0,00	0,00	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Gesamt	**950,00**	**0,50**	**475,00**	

Risikomaß

Verwendeter Zuschlagsfaktor f_z 1,2

Arbeitsblatt DWA-A 138

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

A138-XP
Version 2006
Dimensionierung von Versickerungsanlagen

Anlage 3.4
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212
59556 Lippstadt
Lizenznr.: 400-0706-0142

Projekt

Bezeichnung:	B-Plan SN 135 , Mackensenweg, 33104 Paderborn-Sennelager	Datum: 22.12.2020
Bearbeiter:	Hr. Thiemann	
Bemerkung:	zentrale Versickerung - Muldenversickerung Verkehrsflächen (t = 20 cm)	

Eingangsdaten

angeschlossene undurchlässige Fläche	A_u	475	m²
mittlere Versickerungsfläche	A_S	57	m²
wassergesättigte Bodendurchlässigkeit	k_f	0,00006	m/s
Niederschlagsbelastung	Statistik Kostra Regendaten		
	n	0.20	1/a
Zuschlagsfaktor	f_z	1,2	

Bemessung der Versickerungsmulde

D [min]	r_D(n) [l/(s·ha)]	V [m³]
5	310,0	5,3
10	230,0	7,6
15	187,8	8,9
20	160,8	9,9
30	126,1	10,8
45	**97,0**	**11,2**
60	79,7	10,9
90	57,4	8,7
120	45,6	6,2
180	32,8	0,5
240	26,0	0,0
360	18,7	0,0
540	13,5	0,0
720	10,7	0,0
1080	7,7	0,0
1440	6,1	0,0
2880	3,7	0,0
4320	2,8	0,0

Erforderliche Größe der Anlage

<u>erforderliches Speichervolumen</u>

V = 11,2 m³

$$V = \left[(A_u + A_S) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_S \cdot \frac{k_f}{2} \right] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

<u>mittlere Einstauhöhe</u>

z = 0,20 m

$$z = V / A_S$$

<u>rechnerische Entleerungszeit</u>

t_E = 1,82 h

$$t_E = 2 \cdot z / k_f$$

<u>Nachweis der Entleerungszeit für n=1/a</u>

vorh. t_E = 0,79 h < erf. t_E = 24 h

Arbeitsblatt DWA-A 138

A138-*XP*

Version 2006

Dimensionierung von Versickerungsanlagen

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

Anlage 3.5
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212
59556 Lippstadt
Lizenznr.: 400-0706-0142

Projekt

Bezeichnung:	B-Plan SN 135 , Mackensenweg, 33104 Paderborn-Sennelager	Datum: 15.01.2021
Bearbeiter:	Hr. Thiemann	
Bemerkung:	zentrale Versickerung - Muldenversickerung Verkehrsflächen (t = 10 cm)	

Angeschlossene Flächen

Nr.	angeschlossene Teilfläche A_E [m²]	mittlerer Abfluss-beiwert Psi,m [-]	undurchlässige Fläche A_u [m²]	Beschreibung der Fläche
1	950,00	0,50	475,00	Erschließungsstraße
2	0,00	0,00	0,00	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Gesamt	**950,00**	**0,50**	**475,00**	

Risikomaß

Verwendeter Zuschlagsfaktor f_z 1,2

Arbeitsblatt DWA-A 138

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

A138-XP

Version 2006

Dimensionierung von Versickerungsanlagen

Anlage 3.5
Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212
59556 Lippstadt
Lizenznr.: 400-0706-0142

Projekt

Bezeichnung:	B-Plan SN 135 , Mackensenweg, 33104 Paderborn-Sennelager	Datum: 15.01.2021
Bearbeiter:	Hr. Thiemann	
Bemerkung:	zentrale Versickerung - Muldenversickerung Verkehrsflächen (t = 10 cm)	

Eingangsdaten

angeschlossene undurchlässige Fläche	A_u	475	m²
mittlere Versickerungsfläche	A_S	100	m²
wassergesättigte Bodendurchlässigkeit	k_f	0,00006	m/s
Niederschlagsbelastung	Statistik Kostra Regendaten		
	n	0.20	1/a
Zuschlagsfaktor	f_z	1,2	

Bemessung der Versickerungsmulde

D [min]	r_D(n) [l/(s·ha)]	V [m³]
5	310,0	5,3
10	230,0	7,4
15	187,8	8,4
20	160,8	9,0
30	**126,1**	**9,2**
45	97,0	8,4
60	79,7	6,8
90	57,4	1,9
120	45,6	0,0
180	32,8	0,0
240	26,0	0,0
360	18,7	0,0
540	13,5	0,0
720	10,7	0,0
1080	7,7	0,0
1440	6,1	0,0
2880	3,7	0,0
4320	2,8	0,0

Erforderliche Größe der Anlage

<u>erforderliches Speichervolumen</u>

V = 9,2 m³

$$V = \left[(A_u + A_S) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_S \cdot \frac{k_f}{2} \right] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

<u>mittlere Einstauhöhe</u>

z = 0,09 m

$$z = V / A_S$$

<u>rechnerische Entleerungszeit</u>

t_E = 0,85 h

$$t_E = 2 \cdot z / k_f$$

<u>Nachweis der Entleerungszeit für n=1/a</u>

vorh. t_E = 0,34 h < erf. t_E = 24 h

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 4.1

Chemische Analysenergebnisse (Feststoff-Mischproben)

Prüfbericht-Nr: B2013631

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum	08.09.2020
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202026189
Probenehmer / -eingang	AG / Nightstar
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	08.09.2020 - 14.09.2020

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

Probenbezeichnung MP BS 1-3

Herkunftsort Paderborn, Mackensenweg

Entnahmeort Paderborn, Mackensenweg

Bemerkung

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Probennahme Boden / Abfall	AG		i.A. LAGA PN 98	1*	Wen	DIN 19698-1
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden				Wen	
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg		DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1	4*	Wen	
Probenvorbereitung	s. Anlage		DIN 19747	1*	Wen	DIN ISO 11464
Feuchte (105°C)	10,2	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Trockenrückstand (105°C)	89,8	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Glühverlust (550°C)	0,78	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
Glührückstand (550°C)	99,2	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
TOC (TS)	0,14	%	DIN EN 15936	1*	Wen	DIN 19539
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	0,012	%	LAGA KW/04	1*	Wen	
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen	
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen	LAGA KW/04
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen	LAGA KW/04
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN 38407-43
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN 38407-43
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN EN ISO 10301
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Summe PCB nach DIN (TS)	<0,01	mg/kg	DIN 38414-20	1*	Wen	DIN EN 15308
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	DIN EN 15308	1*	Wen	DIN 38414-20
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 17380	1*	Wen	
Königswasseraufschluss (TS)	ja		DIN EN 13346	1*	Wen	DIN EN 13657
Arsen (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	

Prüfbericht-Nr: B2013631

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum	08.09.2020
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202026189
Probenehmer / -eingang	AG / Nightstar
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	08.09.2020 - 14.09.2020

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

Probenbezeichnung MP BS 1-3

Herkunftsort Paderborn, Mackensenweg

Entnahmeort Paderborn, Mackensenweg

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen	DIN EN 1483
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Elution mit dest. Wasser	ja		DIN EN 12457-4	1*	Wen	
pH-Wert (Eluat)	7,75		DIN EN ISO 10523	1*	Wen	
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	11	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen	
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%	DIN 38409-1	1*	Wen	
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	5,5	mg/L	DIN EN 15216	1*	Wen	
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 14402	1*	Wen	
DOC (Eluat)	3,62	mg/L	DIN EN 1484	1*	Wen	
Chlorid-IC (Eluat)	0,25	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Fluorid-IC (Eluat)	<0,1	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Sulfat-IC (Eluat)	0,43	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	DIN EN ISO 12846	1*	Wen	DIN EN 1483
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	

Akkreditierte Prüfmethode: 1* = Ja; 2*=Ja, mit Modifikationen; 3* Ja, im Unterauftrag // 4*: Nein; 5*: Fremdvergabe
Ort der Messung: Wen = Wenden, Wtz = Wetzlar
Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Proben. Fehlerhaft zur Verfügung gestellte Proben können die Prüfergebnisse beeinträchtigen. Die angegebenen Ergebnisse beinhalten Messunsicherheiten, die bei Bedarf angefordert werden können.
Der Prüfbericht darf nur mit Zustimmung der Horn & Co. Analytics GmbH auszugsweise vervielfältigt werden.

Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

Prüfbericht-Nr: B2013631

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum	08.09.2020
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202026189
Probenehmer / -eingang	AG / Nightstar
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	08.09.2020 - 14.09.2020

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

Probenbezeichnung MP BS 1-3

Herkunftsort Paderborn, Mackensenweg

Entnahmeort Paderborn, Mackensenweg

DIN 19539: 2016-12	DIN 19698-1: 2014-05	DIN 19747: 2009-07
DIN 38407-43: 2014-10	DIN 38409-1: 1987-01	DIN 38414-17: 2014-04
DIN 38414-20: 1996-01	DIN EN 12457-4: 2003-01	DIN EN 13346: 2001-04
DIN EN 13657: 2003-01	DIN EN 14039: 2005-01	DIN EN 14346: 2007-03
DIN EN 1483: 2007-07	DIN EN 1484: 1997-08	DIN EN 15169: 2007-05
DIN EN 15216: 2008-01	DIN EN 15308: 2008-05	DIN EN 15308: 2016-12
DIN EN 15527: 2008-09	DIN EN 15935: 2012-11	DIN EN 15936: 2012-11
DIN EN 27888: 1993-11	DIN EN ISO 10301: 1997-08	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
DIN EN ISO 10523: 2012-04	DIN EN ISO 11885: 2009-09	DIN EN ISO 12846: 2012-08
DIN EN ISO 14402: 1999-12	DIN EN ISO 14403: 2002-07	DIN EN ISO 17380: 2013-10
DIN EN ISO 22155: 2013-05	DIN ISO 11464: 2006-12	DIN ISO 18287: 2006-05
DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1: 2009-04	LAGA KW/04: 2009-12	LAGA PN 98: 2001-12

Grenzwerteinstufung

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

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

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

Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Probennahme Boden / Abfall	AG					
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden					
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg					
Probenvorbereitung	s. Anlage					
Feuchte (105°C)	10,2	%				
Trockenrückstand (105°C)	89,8	%				
Glühverlust (550°C)	0,78	%			3	3

Prüfbericht-Nr: B2013631

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum	08.09.2020
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202026189
Probenehmer / -eingang	AG / Nightstar
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	08.09.2020 - 14.09.2020

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

Probenbezeichnung MP BS 1-3

Herkunftsort Paderborn, Mackensenweg

Entnahmeort Paderborn, Mackensenweg

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Glührückstand (550°C)	99,2	%				
TOC (TS)	0,14	%	0,5	1,5	1	1
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	0,012	%			0,1	0,4
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	3		
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	100	300		
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	100	600	500	4000
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	1	1		
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg			6	30
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	1	1	2	10
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg				
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	0,3	0,9		
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	3	9	30	500
Summe PCB nach DIN (TS)	<0,01	mg/kg	0,05	0,15		
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg			1	5
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg		3		
Königswasseraufschluss (TS)	ja					
Arsen (TS)	<1	mg/kg	15	45		
Blei (TS)	<10	mg/kg	70	210		
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	1	3		
Chrom (TS)	<10	mg/kg	60	180		
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	40	120		
Nickel (TS)	<10	mg/kg	50	150		
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,5	1,5		
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	0,7	2,1		
Zink (TS)	<10	mg/kg	150	450		
Elution mit dest. Wasser	ja					
pH-Wert (Eluat)	7,75		6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 13	5,5 - 13
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	11	µS/cm	250	250		
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%			0,4	3
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	5,5	mg/L			400	3000
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,1	0,2
DOC (Eluat)	3,62	mg/L			50	50

Prüfbericht-Nr: B2013631

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum	08.09.2020
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202026189
Probenehmer / -eingang	AG / Nightstar
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	08.09.2020 - 14.09.2020

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

Probenbezeichnung MP BS 1-3

Herkunftsort Paderborn, Mackensenweg

Entnahmeort Paderborn, Mackensenweg

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Chlorid-IC (Eluat)	0,25	mg/L	30	30	80	1500
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,005	0,005		
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L			0,01	0,1
Fluorid-IC (Eluat)	<0,1	mg/L			1	5
Sulfat-IC (Eluat)	0,43	mg/L	20	20	100	2000
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L			0,006	0,03
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	0,014	0,014	0,05	0,2
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L			2	5
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	0,04	0,04	0,05	0,2
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	0,0015	0,0015	0,004	0,05
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,0125	0,0125	0,05	0,3
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L			0,05	0,3
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,2	1
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	0,015	0,015	0,04	0,2
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	0,0005	0,0005	0,001	0,005
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L			0,01	0,03
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	0,15	0,15	0,4	2

Horn & Co. Analytics GmbH, Hünsborn 14.09.2020

i.A. Dorothea Egbun
Projektmanagement

Formblatt **VA-HuK-025-F1** **Probenvorbereitungsprotokoll**

A. Allgemeine Angaben

Datum	08.09.2020	**Proben-Nr.**	P202026189
Auftraggeber	Kleegräfe Geotechnik GmbH		
Ansprechpartner	Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe		
Probenkennzeichnung	MP BS 1-3		

B. Probenahmeinformationen

Probenahme durch	☐ *Horn & Co. Analytics GmbH*	☒ *Auftraggeber*		
PN-Protokoll	☒ *Nein* ☐ *Ja*	☐ *vorhanden*	☒ *n. vorhanden*	
Vorbereitung vor Ort	☒ Nein ☐ *Ja*	☐ *bekannt*	☒ *n. bekannt*	
Probenart	Boden			
Probenmenge	☒ *Masse[kg]:* 2,0	☐ *Volumen[L]:*		

C. Untersuchungsinformationen

Untersuchung gem. Untersuchungs-parameter	☒ *LAGA Boden*	☐ *LAGA Bauschutt*	☒ *DepV*	☐ *PAK nach RuVA-Stb 01*	☐ *sonst.:*
	☐ *physikalisch*	☒ *anorganisch Feststoff*	☒ *anorg. Eluat*	☒ *leichtflüchtig*	
	☐ *biologisch*	☒ *organisch Feststoff*	☒ *organ. Eluat*		
Bemerkungen					

D. Probenvorbereitung (von der Labor- zur Prüfprobe)

Sortierung	☒ *Nein*	☐ *Ja:*		
Siebung	☒ *Nein*	☐ *Ja*	**Siebschnitt [mm]**	
Durchgang [%]	**Analytik von**	☐ *Durchgang*	☐ *Rückstand*	☒ *gesamt*
Zerkleinerung	☐ *Nein*	☒ *Ja*	☒ *Brechen*	☒ *Shreddern* ☐ *sonstiges:*
Teilung	☐ *¼-Teilung*	☒ *Riffelteiler*	☐ *Rotationsverteiler*	☐ *sonstiges:*

Prüf-/Rückstellproben				
	Originalsubstanz	☐ *Nein*	☒ *Ja [g]:* 500	☒ *Rückstellprobe*
	Trockensubstanz	☐ *Nein*	☒ *Ja [g]:* 100	☐ *Rückstellprobe*
	Probe für Eluat	☐ *Nein*	☒ *Ja [g]:* 100	☐ *Rückstellprobe*

E. Probenaufbereitung (von der Prüf- zur Messprobe)

Trocknung	☒ *bei 105°C*	☐ *chemisch*	☐ *Lufttrocknung*	☐ *sonstiges:*
Feinzerkleinerung	☐ *Nein*	☒ *Ja*	☒ *Mahlen*	☐ *Schneiden* ☐ *sonstiges:*
Siebung	☒ *Nein*	☐ *Ja*	**Endfeinheit [mm]**	

Prüf-/Rückstellproben				
	Gemahlene TS	☐ *Nein*	☒ *Ja [g]:* 50	☒ *Rückstellprobe*

F. Sonstiges

Bemerkungen			
Ort / Datum	**Wenden /** 08.09.2020	**Unterschrift**	i.A. Dr. Axel Blatt

Prüfbericht-Nr: B2013632

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum	08.09.2020
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202026190
Probenehmer / -eingang	AG / Nightstar
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	08.09.2020 - 14.09.2020

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

Probenbezeichnung MP BS 4-5

Herkunftsort Paderborn, Mackensenweg

Entnahmeort Paderborn, Mackensenweg

Bemerkung

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Probennahme Boden / Abfall	AG		i.A. LAGA PN 98	1*	Wen	DIN 19698-1
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden				Wen	
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg		DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1	4*	Wen	
Probenvorbereitung	s. Anlage		DIN 19747	1*	Wen	DIN ISO 11464
Feuchte (105°C)	10,2	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Trockenrückstand (105°C)	89,8	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Glühverlust (550°C)	0,61	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
Glührückstand (550°C)	99,4	%	DIN EN 15169	1*	Wen	DIN EN 15935
TOC (TS)	0,11	%	DIN EN 15936	1*	Wen	DIN 19539
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	0,012	%	LAGA KW/04	1*	Wen	
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen	
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen	LAGA KW/04
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen	LAGA KW/04
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN 38407-43
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN 38407-43
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN EN ISO 10301
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Summe PCB nach DIN (TS)	<0,01	mg/kg	DIN 38414-20	1*	Wen	DIN EN 15308
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	DIN EN 15308	1*	Wen	DIN 38414-20
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 17380	1*	Wen	
Königswasseraufschluss (TS)	ja		DIN EN 13346	1*	Wen	DIN EN 13657
Arsen (TS)	1,27	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	

Prüfbericht-Nr: B2013632

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum	08.09.2020
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202026190
Probenehmer / -eingang	AG / Nightstar
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	08.09.2020 - 14.09.2020

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

Probenbezeichnung MP BS 4-5

Herkunftsort Paderborn, Mackensenweg

Entnahmeort Paderborn, Mackensenweg

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen	DIN EN 1483
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (TS)	<10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Elution mit dest. Wasser	ja		DIN EN 12457-4	1*	Wen	
pH-Wert (Eluat)	7,54		DIN EN ISO 10523	1*	Wen	
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	10	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen	
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%	DIN 38409-1	1*	Wen	
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	5	mg/L	DIN EN 15216	1*	Wen	
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 14402	1*	Wen	
DOC (Eluat)	3,04	mg/L	DIN EN 1484	1*	Wen	
Chlorid-IC (Eluat)	0,38	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Fluorid-IC (Eluat)	<0,1	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Sulfat-IC (Eluat)	0,31	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	DIN EN ISO 12846	1*	Wen	DIN EN 1483
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	

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

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

Übersicht der verwendeten Normen / SOP's

Prüfbericht-Nr: B2013632

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum	08.09.2020
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202026190
Probenehmer / -eingang	AG / Nightstar
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	08.09.2020 - 14.09.2020

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

Probenbezeichnung MP BS 4-5

Herkunftsort Paderborn, Mackensenweg

Entnahmeort Paderborn, Mackensenweg

DIN 19539: 2016-12	DIN 19698-1: 2014-05	DIN 19747: 2009-07
DIN 38407-43: 2014-10	DIN 38409-1: 1987-01	DIN 38414-17: 2014-04
DIN 38414-20: 1996-01	DIN EN 12457-4: 2003-01	DIN EN 13346: 2001-04
DIN EN 13657: 2003-01	DIN EN 14039: 2005-01	DIN EN 14346: 2007-03
DIN EN 1483: 2007-07	DIN EN 1484: 1997-08	DIN EN 15169: 2007-05
DIN EN 15216: 2008-01	DIN EN 15308: 2008-05	DIN EN 15308: 2016-12
DIN EN 15527: 2008-09	DIN EN 15935: 2012-11	DIN EN 15936: 2012-11
DIN EN 27888: 1993-11	DIN EN ISO 10301: 1997-08	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
DIN EN ISO 10523: 2012-04	DIN EN ISO 11885: 2009-09	DIN EN ISO 12846: 2012-08
DIN EN ISO 14402: 1999-12	DIN EN ISO 14403: 2002-07	DIN EN ISO 17380: 2013-10
DIN EN ISO 22155: 2013-05	DIN ISO 11464: 2006-12	DIN ISO 18287: 2006-05
DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1: 2009-04	LAGA KW/04: 2009-12	LAGA PN 98: 2001-12

Grenzwerteinstufung

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

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

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

Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Probennahme Boden / Abfall	AG					
Probennahmeprotokoll	n. vorhanden					
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg					
Probenvorbereitung	s. Anlage					
Feuchte (105°C)	10,2	%				
Trockenrückstand (105°C)	89,8	%				
Glühverlust (550°C)	0,61	%			3	3

Prüfbericht-Nr: B2013632

Auftraggeber 14491

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum	08.09.2020
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202026190
Probenehmer / -eingang	AG / Nightstar
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	08.09.2020 - 14.09.2020

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

Probenbezeichnung MP BS 4-5

Herkunftsort Paderborn, Mackensenweg

Entnahmeort Paderborn, Mackensenweg

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Glührückstand (550°C)	99,4	%				
TOC (TS)	0,11	%	0,5	1,5	1	1
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	0,012	%			0,1	0,4
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	3		
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	100	300		
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	100	600	500	4000
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	1	1		
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg			6	30
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	1	1	2	10
Naphthalin (TS)	<0,01	mg/kg				
Benzo(a)pyren (TS)	<0,01	mg/kg	0,3	0,9		
Summe PAK n. EPA (TS)	<1	mg/kg	3	9	30	500
Summe PCB nach DIN (TS)	<0,01	mg/kg	0,05	0,15		
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg			1	5
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg		3		
Königswasseraufschluss (TS)	ja					
Arsen (TS)	1,27	mg/kg	15	45		
Blei (TS)	<10	mg/kg	70	210		
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	1	3		
Chrom (TS)	<10	mg/kg	60	180		
Kupfer (TS)	<10	mg/kg	40	120		
Nickel (TS)	<10	mg/kg	50	150		
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,5	1,5		
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	0,7	2,1		
Zink (TS)	<10	mg/kg	150	450		
Elution mit dest. Wasser	ja					
pH-Wert (Eluat)	7,54		6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 13	5,5 - 13
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	10	µS/cm	250	250		
Wasserlöslicher Anteil	<0,05	%			0,4	3
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	5	mg/L			400	3000
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,1	0,2
DOC (Eluat)	3,04	mg/L			50	50

Prüfbericht-Nr: B2013632

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

Eingangsdatum	08.09.2020
Auftrag-Nr.	A190230
Probe-Nr.	P202026190
Probenehmer / -eingang	AG / Nightstar
Prüfort	Horn & Co. Analytics GmbH
Untersuchungszeitraum	08.09.2020 - 14.09.2020

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

Probenbezeichnung MP BS 4-5
Herkunftsort Paderborn, Mackensenweg
Entnahmeort Paderborn, Mackensenweg

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Chlorid-IC (Eluat)	0,38	mg/L	30	30	80	1500
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,005	0,005		
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L			0,01	0,1
Fluorid-IC (Eluat)	<0,1	mg/L			1	5
Sulfat-IC (Eluat)	0,31	mg/L	20	20	100	2000
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L			0,006	0,03
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	0,014	0,014	0,05	0,2
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L			2	5
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	0,04	0,04	0,05	0,2
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	0,0015	0,0015	0,004	0,05
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,0125	0,0125	0,05	0,3
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L			0,05	0,3
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,2	1
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	0,015	0,015	0,04	0,2
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	0,0005	0,0005	0,001	0,005
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L			0,01	0,03
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	0,15	0,15	0,4	2

Horn & Co. Analytics GmbH, Hünsborn 14.09.2020

i.A. Dorothea Egbun
Projektmanagement

Formblatt **VA-HuK-025-F1** **Probenvorbereitungsprotokoll**

A. Allgemeine Angaben

Datum	08.09.2020 **Proben-Nr.** P202026190
Auftraggeber	Kleegräfe Geotechnik GmbH
Ansprechpartner	Herr Dipl.-Ing. (FH) Kleegräfe
Probenkennzeichnung	MP BS 4-5

B. Probenahmeinformationen

Probenahme durch	☐ *Horn & Co. Analytics GmbH* ☒ *Auftraggeber*
PN-Protokoll	☒ *Nein* ☐ *Ja* ☐ *vorhanden* ☒ *n. vorhanden*
Vorbereitung vor Ort	☒ Nein ☐ *Ja* ☐ *bekannt* ☒ *n. bekannt*
Probenart	Boden
Probenmenge	☒ *Masse[kg]:* 1,4 ☐ *Volumen[L]:*

C. Untersuchungsinformationen

Untersuchung gem. Untersuchungs-parameter	☒ *LAGA Boden* ☐ *LAGA Bauschutt* ☒ *DepV* ☐ *PAK nach RuVA-Stb 01* ☐ *sonst.:*
	☐ *physikalisch* ☒ *anorganisch Feststoff* ☒ *anorg. Eluat* ☒ *leichtflüchtig*
	☐ *biologisch* ☒ *organisch Feststoff* ☒ *organ. Eluat*
Bemerkungen	

D. Probenvorbereitung (von der Labor- zur Prüfprobe)

Sortierung	☒ *Nein* ☐ *Ja:*
Siebung	☒ *Nein* ☐ *Ja* **Siebschnitt [mm]**
Durchgang [%]	**Analytik von** ☐ *Durchgang* ☐ *Rückstand* ☒ *gesamt*
Zerkleinerung	☐ *Nein* ☒ *Ja* ☒ *Brechen* ☒ *Shreddern* ☐ *sonstiges:*
Teilung	☐ *¼-Teilung* ☒ *Riffelteiler* ☐ *Rotationsverteiler* ☐ *sonstiges:*

Prüf-/Rückstellproben				
Originalsubstanz	☐ *Nein*	☒ *Ja [g]:* 500	☒ *Rückstellprobe*
Trockensubstanz	☐ *Nein*	☒ *Ja [g]:* 100	☐ *Rückstellprobe*
Probe für Eluat	☐ *Nein*	☒ *Ja [g]:* 100	☐ *Rückstellprobe*

E. Probenaufbereitung (von der Prüf- zur Messprobe)

Trocknung	☒ *bei 105°C* ☐ *chemisch* ☐ *Lufttrocknung* ☐ *sonstiges:*
Feinzerkleinerung	☐ *Nein* ☒ *Ja* ☒ *Mahlen* ☐ *Schneiden* ☐ *sonstiges:*
Siebung	☒ *Nein* ☐ *Ja* **Endfeinheit [mm]**

Prüf-/Rückstellproben			
Gemahlene TS	☐ *Nein*	☒ *Ja [g]:* 50	☒ *Rückstellprobe*

F. Sonstiges

Bemerkungen	
Ort / Datum	**Wenden /** 08.09.2020 **Unterschrift**

i.A. Dr. Axel Blatt

Kleegräfe Geotechnik GmbH
•Baugrund •Umwelt •Hydrogeologie

A N L A G E 5.1

Fotodokumentation

Fotodokumentation

Situation am 14.08.2020

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

Situation am 14.08.2020

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

Fotodokumentation

Situation am 14.08.2020

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

Situation am 14.08.2020

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

Fotodokumentation

Situation am 14.08.2020

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