

GUTACHTEN

Projekt: Ehemalige Dempsey Kaserne
Paderborn - Schloß Neuhaus
Husarenstraße in 33104 Paderborn

- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchung
des Versickerungspotentials -

Auftraggeber: Stadt Paderborn
Am Hoppenhof 33, 33104 Paderborn

Auftragnehmer: Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Projekt-Nr.: 20 11 10

Lippstadt, den 04. Februar 2021

- INHALTSVERZEICHNIS -

1. <u>VORGANG / PLANUNG / AUFGABENSTELLUNG</u>	3
2. <u>UNTERGRUNDERSCHLIEßUNG</u>	6
2.1 UNTERGRUNDSCHICHTUNG / GEOLOGIE	6
2.2 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE	14
2.3 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS	16
2.4 ERMITTLUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS (GELÄNDEVERSUCHE)	17
2.5 BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS	17
2.6 WASSERRECHTLICHE BEWERTUNG DES VERSICKERUNGSPOTENZIALS	18
2.7 HINWEISGEBUNGEN ZUR NIEDERSCHLAGSWASSERABFÜHRUNG	19
3. <u>INGENIEURGEOLOGISCHE BEURTEILUNG DES BAUGRUNDES</u>	26
3.1 BODENCHARAKTERISIERENDE LABORVERSUCHE	26
3.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPL-5)	29
3.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	30
3.4 BODENKLASSEN, HOMOGENBEREICHE, BODENGRUPPEN UND FROSTKLASSEN	31
3.5 HOMOGENBEREICHE GEM. VOB TEIL C	34
4. <u>HINWEISGEBUNGEN KANAL- UND STRAßENBAU</u>	35
4.1 HINWEISGEBUNGEN ZUR KANALVERLEGUNG (´OFFENE´ BAUWEISE)	35
4.2 HINWEISGEBUNGEN ZUR WIEDERHERSTELLUNG DES OBERBAUS	43
5. <u>ANLAGEN</u>	45

1. Vorgang / Planung / Aufgabenstellung

Die STADT PADERBORN beabsichtigt im Zuge des Nachnutzungskonzeptes des Geländes der ehemaligen DEMPSEY KASERNE PADERBORN-SCHLOß NEUHAUS zukünftig umfangreiche Umgestaltungsmaßnahmen auf dem ehemaligen Standort.

Die geplanten Arbeiten umfassen den Um- bzw. Rückbau diverser Gebäude und die Errichtung eines Gewerbegebietes sowie eines Wohngebietes. Des Weiteren ist die Umgestaltung des Entwässerungssystems auf dem Gelände vorgesehen.

Die STADT PADERBORN (Am Hoppenhof 33, 33104 Paderborn), beauftragte das Fachbüro KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH (Holzstraße 212, 59556 Lippstadt) auf Grundlage eines Angebotes vom 13.11.2020 mit den Untersuchungen sowie der Anfertigung des Gutachtens. Die konkrete Ermittlung potenzieller Bodenverunreinigungen und Hinweise zum Rückbau sind nicht Bestandteil der Beauftragung.

Auftraggeber: STADT PADERBORN
 Am Hoppenhof 33, 33104 Paderborn

Bodengutachter: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH
 Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Die Ausführung der Außentätigkeiten und die weiteren Hinweisgebungen basieren auf einem planerischerseits übersandten Vorabzug des Gesamtlageplans (Maßstab 1:1.000; Stand 02.12.2020). Daneben liegen folgende, vom AG zur Verfügung gestellte Planunterlagen vor:

- Übersichtsplan – Historische Erkundung (Maßstab 1:500; Stand 19.04.2017)
- Kontaminationsrisikenplan – Hist. Erkundung (Maßstab 1:500; Stand 19.04.2017)
- Gutachten - Historische Erkundung (Stand 30.04.2017)
- Bau- und Zustandsbericht (Stand 28.11.2019)
- Vorabzug Entwässerungskonzept STEB (ohne Maßstab; Stand 30.10.2020)
- Stammdaten GWM Dempsey STEB (Stand 02.12.2020)

Gelände (08.12.- 16.12.2020)	- Rammkernsondierungen (Ø 60-50 mm)	76 Stück
	- Leichte Rammsondierungen (DPL)	26 Stück
	- Diamantkernbohrungen (Ø 100-150 mm)	32 Stück
	- Versickerungsversuche im Gelände	43 Stück
Bodenmecha- nisches Labor	- Korngrößenanalyse (DIN EN ISO 17892-4)	10 Stück
	- Wassergehaltsbestimmung (DIN EN ISO 17892-1)	10 Stück

Tabelle 1: Untersuchungsumfang

Die Lage der Sondierungen geht aus der Anlage 1.1 (Lageplan) hervor. Die Ansatzpunkte wurden lagemäßig eingemessen und höhenmäßig mittels GNSS (Bezug UTM32U; DHHN92 = m NHN; HST 160) einnivelliert.

Lage: Die Untersuchungsfläche ist etwa 7 km nordwestlich von Paderborn im Ortsteil Paderborn-Schloß Neuhaus gelegen. Die 'Husarenstraße', von der aus aktuell die Zufahrt erfolgt, verläuft direkt südlich der ca. 0,3 km² großen Fläche. Durch Bestandbebauung vom Untersuchungsgebiet getrennt, verläuft weiter westlich die 'Dubelohstraße'. In der nordwestlichsten Ecke des Areals besteht zudem eine Anbindung zum allgemein nördlich verlaufenden 'Reiterpfad'. Im unmittelbaren Nahbereich liegen in nördlicher und östlicher Richtung dicht mit Bäumen bestandene Flächen vor. Die weitere Umgebung wird in erster Linie von Wohnbebauung geprägt.

Vorfluter: Südlich des Geländes verläuft der 'Krebsbach', der im Bereich der 'Husarenstraße' offenbar verrohrt wurde, mit etwa westsüdwestlicher Entwässerungsrichtung. Nach etwa 1,2 km mündet der 'Krebsbach' in den Hauptvorfluter, die 'Lippe'. Die 'Lippe' ist sowohl westlich als auch südlich des Areals gelegen.

Mit einer etwa westlich gerichteten Entwässerungsrichtung verläuft nördlich des Geländes die 'Thune' in einer Entfernung von 700 m.

Der 'Habichtsee' (offen gelassener, ehem. Baggersee) befindet sich etwa 300 m nordöstlich des Untersuchungsgebietes

Morphologie: Im Untersuchungsgebiet konnten Höhenunterschiede von 3,12 m zwischen den Aufschlusspunkten festgestellt werden, wobei der westliche Grundstücksbereich deutlich tiefer liegt als der östliche Teil.

Es handelt sich um die Frosteinwirkungszone I (gem. RStO 12).

Vornutzungen: Das Areal lag zum Untersuchungszeitpunkt durch die ehem. Kasernengebäude bebaut vor. Laut zur Verfügung gestelltem Gutachten über die historische Erkundung der Kaserne wurde diese in den 1930er Jahren errichtet. Laut AG wurde diese von den britischen Streitkräften im November 2019 an die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben zurückgegeben.

Bis auf die Nutzung als Kasernenstandort sind dem IB KLEEGRÄFE keine weiteren Vornutzungen bekannt.

Erdbebenzone/Gefährdungspotenziale: 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.

Das Online-Fachinformationssystem 'Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW' des Geologischen Dienstes NRW gibt für die von der Maßnahme betroffenen KM-Quadrate 24077 und 24078 keine besonderen Gefährdungspotenziale an.

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

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

Die *Bezirksregierung Arnsberg* (Abt. Strahlenschutz) verwies nach Anfrage im Rahmen eines anderen Projektes an das *LIA – Landesinstitut für Arbeitssicherheit*. Das g.g. Institut teilte mit, dass durch das Bundesumweltministerium aktuell der sog. 'Radonmaßnahmenplan' mit einer bundesweiten Erhebung des Radonvorkommens sowie der Identifikation und Ausweisung von Radonvorsorgegebieten umgesetzt wird. Diese Maßnahmen würden noch laufen. Ergebnisse lägen noch nicht vor.

Bis zur Vorlage von Ergebnissen und konkreten Maßnahmenempfehlungen wird daher von der zuständigen Landesbehörde für die Übergangszeit die Einhaltung bzw. Durchführung der Maßnahmen zum Feuchte- / Nässeschutz entsprechend dem Stand der Technik / gem. akt. DIN-Normen als hinreichender Radon-Schutz angesehen.

Vorbemerkung: Konkrete 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.

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

2. Untergrunderschließung

2.1 Untergrundschichtung / Geologie

Die Bodenansprache erfolgte durch einen erfahrenen Dipl.-Geologen nach den entsprechenden DIN-Normen. Die Bohrungen wurden zu Schichtprofilen entwickelt und höhenmäßig zueinander in Beziehung gestellt (siehe Schnittdarstellungen – Anlagen 2.1 – 2.11).

Die Materialansprache und -einteilung (Kies-Sand-Schluff-Ton) im Gelände erfolgte gemäß DIN nach der im Bohrgut vorhandenen Korngröße.

Die Sondierungen stellen punktuelle Untergrundaufschlüsse dar, daher kann an anderen Stellen ein von den unten gemachten Angaben abweichender Untergrundaufbau vorliegen.

Aufgrund des verwendeten Sondendurchmessers wurde kein Material in Steinkorngröße oder größer direkt nachgewiesen. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass sich Steine/Blöcke sowohl in den Auffüllungen (z.B. als Bauschutt i.w.S.) als auch in den geogenen Ablagerungen (‘verlorene Geschiebe’, Findlinge, o.ä.) innerhalb der Schichten befinden.

Geologie: Untergrundprägende Einheit stellt ein fluviatiler Fein- bis Mittelsand (untergeordnet Kies), welcher stratigraphisch in die obere Niederterrasse des pleistozänen Quartärs einzuordnen ist. Darüber folgen durch menschlichen Eingriff aufgebracht Auffüllungen und Versiegelungen.

In den folgenden Tabellen 2a bis 2g sind die Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse aufgeführt. In den Bezeichnungen der Untergrundaufschlüsse wird jeweils zwischen BS (**B**ohrsondierungen - **B**augrunderkundung) und VS (Bohrsondierungen - **V**ersickerung) unterschieden.

Legende Tabelle 2a – 2g

Klammerwerte = Bohrlochzusammenfall

* = kein weiterer Bohrfortschritt

lila = organoleptisch auffällig

braun = organische/humose Anteile

Versiegelungen: kein Kürzel = Betonpflaster; SD = Schwarzdecke/Asphalt; B = Beton

Planbaufeld – Gewerbegebiet (Bohrsondierungen)

BS	Ansatz	Versiegelung	Füllsand (Mubo)	Füllkies	Fluv.-Sand (Mubo)	Grundwasser	DPL	Endteufe
1	+108,28	-	-1,50	-	1,50-2,50 ab 2,50	(3,00 = +105,28)	X	5,00
2	+108,07	-0,10 (B)	0,15-2,10	0,10-0,15	ab 2,10	(3,00 = +105,07)	-	5,00
3	+108,18	-0,10 (B)	-	0,10-0,90	ab 0,90	(2,80 = +105,38)	X	5,00
4	+108,17	-0,10 (B)	-	0,10-0,75	0,75-0,90 ab 0,90	(0,90)	-	5,00
5	+108,14	-0,10 (B)	0,60-1,25 1,75-1,85 2,05-3,70	0,10-0,60 1,25-1,75 1,85-2,05	ab 3,70	(2,45 = +105,69)	X	5,00
6	+108,01	-0,08 (B)	0,08-1,10	-	ab 1,10	(1,70 = +106,31)	X	5,00
7	+108,11	-0,08 (B)	0,40-1,70 1,70-2,30	0,08-0,40	ab 2,30	(2,70 = +105,41)	X	5,00
8	+107,87	-0,09 (B)	0,30-0,70	0,09-0,30	0,70-2,10 ab 2,10	(2,20 = +105,67)	X	5,00
9	+108,00	-0,08 (B)	0,25-1,50	0,08-0,25	1,50-1,80 ab 1,80	(2,70 = +105,30)	X	5,00
10	+107,60	-	-1,05	-	1,05-1,60 ab 1,60	(2,50 = +105,10)	-	5,00

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

Bereich Husarenstraße (Bohrsondierungen)

BS	Ansatz	Versiegelung	Füllsand (Mubo)	Füllkies	Fluv.-Sand (Mubo)	Grundwasser	DPL	Endteufe
11	+107,70	-0,12 (SD)	-	0,12-0,30	0,30-1,80 ab 1,80	(2,60 = +105,10)	X	5,00
12	+107,70	-	-	-	-1,30 ab 1,30	(2,80 = +104,90)	-	5,00
13	+107,66	-0,17 (SD)	0,60-1,25 1,25-2,00	0,17-0,35 0,35-0,60	ab 2,00	(2,60 = +105,06)	X	5,00
30	+110,09	-	-0,21	-	ab 0,21	(3,52 = +106,57)	X	5,00
31	+109,89	-0,15 (B)	0,15-0,50 0,50-2,30	-	2,30-3,00 ab 3,00	(3,50 = +106,39)	X	5,00

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

Planbaufeld – Wohngebiet (Bohrsondierungen)

BS	Ansatz	Versiegelung	Füllsand (Mubo)	Füllkies	Fluv.-Sand (Mubo)	Grundwasser	DPL	Endteufe
14	+109,30	-	-0,20	-	0,20-2,20 ab 2,20	(3,10 = +106,20)	X	5,00
15	+110,12	-0,10 (B)	0,60-1,15	0,10-0,60	1,15-1,75 ab 1,75	(3,35 = +106,77)	X	5,00
16	+109,87	-0,10 (B)	0,60-1,40	0,10-0,60	ab 1,40	(3,40 = +106,47)	X	5,00
17	+109,90	-0,10 (B)	0,45-0,90 0,90-1,10	0,10-0,45	ab 1,10	3,60 = +106,30	X	5,00
18	+110,14	-0,10 (B)	0,45-0,85	0,10-0,45	0,85-2,15 ab 2,15	(3,50 = +106,64)	X	5,00
19	+110,11	-	-0,20	-	0,20-2,05 ab 2,05	(3,60 = +106,51)	X	5,00
20	+110,18	-	-2,00	-	ab 2,00	(3,30 = +106,88)	X	5,00
21	+110,02	-	-0,20	-	0,20-1,90 ab 1,90	(3,40 = +106,62)	X	5,00
22	+109,97	-	-0,30	-	0,30-1,10 ab 1,10	(3,00 = +106,97)	X	5,00
23	+110,07	-	-0,30	-	0,30-1,20 ab 1,20	(3,30 = +106,77)	X	5,00
24	+110,18	-	-0,25	-	0,25-1,45 ab 1,45	(3,60 = +106,58)	X	5,00
25	+110,56	-0,04 (SD) 0,04-0,10 (SD)	0,40-1,00	0,10-0,40	ab 1,00	(4,10 = +106,46)	X	5,00
26	+110,72	-0,08 (SD) 0,08-0,09 (SD)	0,70-1,40	0,09-0,70	ab 1,40	(3,48 = +107,24)	-	5,00
27	+110,21	-	-0,35	-	0,35-1,20 ab 1,20	(3,70 = +106,51)	X	5,00
28	+110,07	-	-0,28 0,28-1,30	-	1,30-3,10 ab 3,10	(4,01 = +106,06)	X	5,00
29	+110,11	-0,10 (B)	0,40-0,60	0,10-0,40	ab 0,60	(3,70 = +106,41)	X	5,00

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

Bohrsondierungen - Versickerung

VS	Ansatz	Versiegelung	Füllsand (Mubo)	Füllkies	Fluv.-Sand (Mubo)	Grundwasser	Endteufe
1	+108,36	-	-0,20 0,20-0,55	-	0,55-2,10 ab 2,10	(3,00 = +105,36)	5,00
2	+107,91	-	-0,60 0,60-1,00	-	1,00-2,10 ab 2,10	(1,50 = +106,41)	5,00
3	+108,49	-	-0,40	-	0,40-1,00 ab 1,00	(2,70 = +105,79)	5,00
4	+108,99	-	-1,20	-	1,20-1,80 ab 1,80	(2,60 = +106,39)	5,00
5	+109,50	-	-0,90	-	0,90-1,55 ab 1,55	(3,40 = +106,10)	5,00
6	+109,74	-0,10 (B)	0,60-0,90 0,90-1,25	0,10-0,60	ab 1,25	(3,50 = +106,24)	5,00
7	+109,48	-0,10 (B)	ab 0,50	0,10-0,50	-	-	0,80*
7a	+109,50	-	0,80-2,90	-0,80 2,90-3,65	ab 3,65	(3,30 = +106,20)	5,00
8	+109,62	-0,10 (B)	0,60-0,80 0,80-1,50	0,10-0,60	ab 1,50	(3,20 = +106,42)	5,00
9	+109,71	-	-1,00	-	1,00-2,60 ab 2,60	(3,30 = +106,41)	5,00
10	+110,13	-0,10 (B)	-	0,10-1,00	1,00-2,35 ab 2,35	3,75 = +106,38	5,00
11	+109,01	-0,10 (B)	0,80-1,75	0,10-0,80	ab 1,75	(3,50 = +105,51)	5,00
12	+110,07	-	-0,45	-	ab 0,45	(3,40 = +106,67)	5,00
13	+110,07	-	-0,40	-	0,40-2,20 2,20-3,50 ab 3,50	3,47 = +106,60	5,00
14	+110,04	-	-0,10	-	0,10-0,65 ab 0,65	(3,30 = +106,74)	5,00

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

Bohrsondierungen - Versickerung

VS	Ansatz	Versiegelung	Füllsand (Mubo)	Füllkies	Fluv.-Sand (Mubo)	Fluv.-Kies	Grundwasser	Endteufe
15	+109,97	-	-0,10	0,10-0,80	ab 0,80	-	(3,00 = +106,97)	5,00
16	+110,13	-	-1,80	-	1,80-2,05 2,05-2,20 2,20-3,75 3,75-4,00 ab 4,00	-	3,42 = +106,71	5,00
17	+110,16	-	-0,30	0,30-0,50	0,50-1,05 1,05-1,65 1,65-1,85 ab 1,85	-	3,38 = +106,78	5,00
18	+110,03	-	-0,55	-	0,55-1,55 ab 1,55	-	(3,20 = +106,83)	5,00
19	+110,07	-	-0,30	-	0,30-1,55 ab 1,55	-	(3,00 = +107,07)	5,00
20	+110,21	-	-0,20 0,20-0,40	-	0,40-2,25 ab 2,25	-	(3,10 = +107,11)	5,00
21	+110,05	-	-0,80	-	ab 0,80	-	(3,50 = +106,55)	5,00
22	+110,01	-	-0,25	-	0,25-0,50 ab 0,50	-	(3,80 = +106,21)	5,00
23	+110,06	-	-0,40	-	0,40-1,30 ab 1,30	-	(3,60 = +106,46)	5,00
24	+110,01	-0,10 (B)	0,50-0,60	0,10-0,50	ab 0,60	-	(1,85 = +108,16)	5,00
25	+108,89	-0,10 (B)	ab 0,49	0,10-0,49	-	-	-	0,70*
25a	+108,90	-0,10 (B)	0,50-0,70	0,10-0,50 0,70-0,90 0,90-1,60	1,60-1,90 1,90-2,50 ab 4,10	2,50-4,10	3,30 = +105,60	5,00
26	+110,51	-	-0,80	-	0,80-1,20 ab 1,20	-	(4,10 = +106,41)	5,00

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

Bohrsondierungen - Versickerung

VS	Ansatz	Versiegelung	Füllsand (Mubo)	Füllkies	Fluv.-Sand (Mubo)	Fluv.-Kies	Grundwasser	Endteufe
27	+108,26	-	-0,60	-	0,60-2,15 ab 2,15	-	2,50 = +105,76	5,00
28	+110,36	-0,05 (SD)	0,20-0,40 0,40-0,70	0,05-0,20	ab 0,70	-	(4,32 = +106,04)	5,00
29	+110,04	-0,10 (B)	0,40-0,60 0,60-1,00	0,10-0,15 0,15-0,40	1,00-4,00	ab 4,00	(3,33 = +106,71)	5,00
30	+110,18	-0,08 (B)	0,50-0,70	0,08-0,50	0,70-1,30 ab 1,30	-	(3,70 = +106,48)	5,00
31	+110,05	-	-0,20	-	0,20-0,40 ab 0,40	-	(3,40 = +106,65)	5,00
32	+109,91	-0,21 (B)	1,00-1,30	0,21-1,00 1,30-1,95	ab 1,95	-	(0,70 = +109,21)	5,00
33	+109,60	-0,15 (B)	0,15-0,25	-	0,25-1,00 ab 1,00	-	(3,30 = +106,30)	5,00
34	+110,69	-	-2,00	-	ab 2,00	-	(4,10 = +106,59)	5,00
35	+110,32	-	-0,40 0,40-0,80 0,80-1,10 1,10-1,80 1,80-2,40 2,40-3,10 3,10-3,50	-	ab 3,50	-	(4,00 = +106,32)	5,00
36	+110,36	-	-1,90	-	1,90-2,65 ab 2,65	-	(3,50 = +106,86)	5,00
37	+109,10	-	-0,50 0,50-0,70 0,70-1,00 1,00-1,50	-	ab 1,50	-	(3,20 = +105,90)	5,00
38	+108,12	-	-0,50	-	ab 0,50	-	(2,40 = +105,72)	5,00

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

Bohrsondierungen - Versickerung

VS	Ansatz	Versiegelung	Füllsand (Mubo)	Füllkies	Fluv.-Sand (Mubo)	Grundwasser	Endteufe
39	+107,63	-0,16 (SD)	0,16-0,90	-	0,90-1,50 ab 1,50	(2,20 = +105,72)	5,00
40	+107,76	-0,16 (SD)	0,30-0,60 0,60-1,45	0,16-0,30	ab 1,45	(2,10 = +105,66)	5,00
41	+107,74	-	-0,20 0,20-0,90 0,90-1,80	-	1,80-2,00 ab 2,00	(2,50 = +105,24)	5,00
42	+107,70	-	-0,30 0,45-1,30	0,30-0,45	1,30-1,80 ab 1,80	(2,50 = +105,20)	5,00
43	+107,75	-	-0,30	-	0,30-0,80 ab 0,80	(2,80 = +104,95)	5,00

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

Bodenbelastungen: Grundsätzlich wurde das geförderte Bohrgut auch einer umweltgeologischen Bodenansprache unterzogen und auf auffällige bzw. schadstoffbehaftete Inhaltsstoffe kontrolliert.

Bei der Boden-/Materialansprache wurden innerhalb der Auffüllungen überwiegend Naturstein- und Bauschuttbeimengungen i.w.S. sowie untergeordnet Glas und Glasasche erkannt, die als unbedenklich eingestuft werden.

Innerhalb der BS 13, BS 25 und BS 26 wurden oberflächennah außerdem organoleptische Auffälligkeiten der Versiegelung (hier: Teer-Geruch) und lokal im Füllkies (BS 13) festgestellt, die ein Hinweis auf ein materialspezifisches Verunreinigungspotenzial sein können.

Innerhalb der gewachsenen Böden wurden keine Auffälligkeiten erkannt.

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

Sofern anfallendes Aushubmaterial vom Areal abgefahren werden soll, werden ergänzende chemische Untersuchungen auf die Parameterumfänge nach LAGA_{Boden}/TR-Boden und Deponieverordnung empfohlen, um qualifizierte Aussagen zur Wiederverwertung bzw. Entsorgung treffen zu können.

2.2 Grundwasser / Hydrogeologie

Es sei vorab darauf hingewiesen, dass die Bohrarbeiten innerhalb einer niederschlagsmäßig 'normalen' Jahreszeit im Spätherbst 2020 durchgeführt wurden. Es wurden somit keine Hoch- oder Maximalstände der Untergrundfeuchte angetroffen. Bei den angetroffenen Nässeverhältnissen handelt es sich um eine zeitliche Momentaufnahme. Langfristige Messdaten liegen nur in sehr begrenztem Umfang vor. Angaben über das Grundwasser-Schwankungspotenzial können somit nur orientierend geliefert werden.

Grundwasser Bohrlöcher: In der Mehrzahl der Bohrungen erfolgte nach Sondenziehung ein Bohrlochzusammenfall, der bei den vorliegenden sandigen Böden und der zur Tiefe hin generell zunehmenden Bodenfeuchte aus Erfahrung in etwa den Grundwasserstand wiedergibt. Nur in einem Teil der Bohrungen konnte Grundwasser direkt angetroffen werden.

Es ergeben sich für den Untersuchungszeitraum 08.12. - 16.12.2020 Flurabstände von 0,70 - 4,32 m u.GOK, was einem mittleren Grundwasser-Flurabstand von 3,09 m u.GOK entspricht. Die Angabe einer mittleren Höhenkote ist aufgrund der deutlich in westlicher Richtung einfallenden Grundwasseroberfläche nicht sinnvoll.

Grundwasser Grundwassermessstellen: Der Ausbau sowie die Abstichmessungen der drei im Zuge der Umgestaltung des Geländes neu errichteten Grundwassermessstellen erfolgte nicht durch das IB KLEEGRÄFE. Die nachfolgend aufgeführten Daten zu den Grundwassermessstellen sowie die Grundwasserstände wurden dem IB KLEEGRÄFE durch den AG mit Datum vom 02.12.2020 übermittelt.

Hinzuweisen sei dabei, dass die Höhen der Gelände- und Pegeloberkante der Messstellen beauftragungsgemäß durch das IB KLEEGRÄFE im Zuge der Baugrunderkundungen erneut eingemessen wurden. Nachfolgend wird von den übermittelten Höhendaten der ausbauenden Firma ausgegangen.

Messstellenstandort	Husarenstraße	Reiterpfad	Bielefelder Straße
Messstellen-Nr.	0083	0084	0085
GW-Stand 22.10.2020	107,39 m NHN	104,59 m NHN	103,82 m NHN
	3,30 m u.GOK	3,20 m u.GOK	2,80 m u.GOK
GW-Stand 27.11.2020	107,42 m NHN	105,01 m NHN	103,89 m NHN
	3,27 m u.GOK	2,78 m u.GOK	2,73 m u.GOK

Tabelle 3: Grundwassermessstellen / Abstichmessungen Fremd-GWM

Es wurde somit Grundwasser bei im Mittel 3,10 m u.GOK (22.10.2020) bzw. 2,93 m u.GOK (27.11.2020) angetroffen. Ausgehend von den Messungen im Oktober konnte ein geringfügiger Anstieg zur Abstichsmessung im November festgestellt werden.

Stauanäsepotenzial: Das Stauanäsepotential auf den gering verlehmtten Füllsanden und -kiesen sowie den untergrundprägenden Fluviatilsanden und -kiesen wird als gering bis allenfalls mäßig hoch eingeschätzt.

Bemessungswasserstand: Für das vorliegende Projekt wird nach DIN 4022 (Anhang C) bzw. DIN ISO 22475-1 aufgrund der nicht ausreichenden Datengrundlage empfohlen, einen **Bemessungswasserstand von 1,3 m unter der aktuellen GOK** anzusetzen. Gegenüber den im Zeitraum der Geländeuntersuchungen angetroffenen Verhältnisse beinhaltet die o.g. Angabe ein mittleres Anstiegspotenzial von rund 1,8 m.

Hydrogeologisches Fazit: Bemessungswasserstand: 1,3 m unter aktueller GOK. Tiefer als g.g. Bemessungswasserstand in den Untergrund einbindende Bauteile (Fundamente, Rampen, Kanäle, Schächte, etc.) werden einer zumindest periodischen Grundwasserbeeinflussung unterliegen. Auf den untergrundprägenden Böden existiert – im Vorgriff auf die weiteren bodenmechanischen Ergebnisse – kein nennenswertes Stauanäsepotenzial.

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

<u>Bodenart</u>	<u>k_f -Wert in m/s</u>
<u>- aufgefüllter / geogener, sandiger Mutterboden:</u>	
Sand, (schw.) schluffig, schw. organisch, z.T. schw. humos	10^{-5} - 10^{-7}
<u>- Schotterung / Füllkies / Fluviatilkies:</u>	
Kies, (schw. - stark) sandig, schw. schluffig, u.U. schwach steinig	10^{-3} - 10^{-6}
<u>- Füllsand / Fluviatilsand:</u>	
Sand, schw. schluffig, z.T. schw. kiesig, z.T. schw. organisch	10^{-4} - 10^{-6}

**Bewertung der Lockergesteinsdurchlässigkeit mittels Durchlässigkeitsbeiwert
(nach DIN 18 130)**

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

2.3 Ermittlung des Versickerungspotenzials

Es ist vorgesehen, das anfallende Niederschlagswasser - bei Eignung der Böden sowie der wasserrechtlichen Bestimmungen - im Untergrund versickern zu lassen.

Hierfür sind zwei Alternativen in der Planung aufgeführt:

- 1.) Ableitung der Niederschlagswässer über flache Kanäle und einzelne Versickerungsanlagen.
- 2.) Ableitung der Niederschlagswässer über offene Mulden und Rinnen und Ausbildung einer umlaufenden Versickerungsanlage.

Nach erfolgter Vorabstimmung wird nachfolgend die **zweite Variante im Details betrachtet**, da im Fall einer Umsetzung der ersten Alternative mit zu geringen Sickerstrecken durch die bereits in deutlicher Tiefe zu verlegenden Zuführungskanäle zu rechnen wäre.

Im Bereich des Gewerbeareals ist in jedem Fall die Neuerrichtung von Regenwasserkanälen und deren Anschluss an bestehende Kanäle im Bereich der Husarenstraße und der Straße Reiterpfad vorgesehen.

Die Hinweisgebungen, Untersuchungen und die Bewertung des ermittelten Versickerungspotenzials erfolgen in enger Anlehnung an folgende aktuelle Regelwerke, Verwaltungsvorschriften, Software und Plandaten:

- *DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A 138 'Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser' (Ausgabe: April 2005).*
- *Software zur Anlagendimensionierung: Berechnung von Versickerungsanlagen nach DWA-A 138 (April 2005) – GGU-Seep, Version 10.13 - Nov. 2020.*
- *KOSTRA-DWD 2010R (Version 3.2) und*
- *'Wasserrundbrief 3 - Niederschlagswasserversickerung' [RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung u. Landwirtschaft vom 18. Mai 1998 (IV B 5 – 673/2-29010 / IV B 6 – 031 002 0901) zur Durchführung des § 51a des Landeswassergesetzes LWG für das Land Nordrhein-Westfalen vom 4. Juli 1979 (GV.NW. S. 488) in der Neufassung vom 25. Juni 1995 (GV. NW. S. 926/SGV NW. 77)].*

Im bodenmechanischen Labor wurden zehn Korngrößenanalysen an den versickerungsrelevanten (gewachsenen/geogenen und aufgefüllten) Böden durchgeführt. In den Anlagen 3.1-3.3 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Ergebnisse der Analyse sind zusammenfassend in der Tabelle 6 aufgeführt (siehe unten, Kapitel 3.1).

Im Ergebnis bleibt festzuhalten, dass das untersuchte Lockermaterial eine recht geringe Bandbreite an Durchlässigkeitsbeiwerten (k_f -Werte n. BEYER) erwarten lässt.

Die untersuchten Böden ergeben homogene Durchlässigkeiten in der Größenordnung von $k_f \geq 1 \times 10^{-4}$ m/s ('sehr durchlässig' gem. DIN 18130). Diese Böden lassen flächendeckend eine ausreichende Versickerungsleistung erwarten.

2.4 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)

Durchführung der Versickerungsversuche im Gelände: Die Versickerungsversuche wurden als hydrostatisches Verfahren (Auffüllversuche) mit konstanter Druckhöhe durchgeführt ('open-end-test'). Die Versuchsdurchführung erfolgte innerhalb der Bohrlöcher der VS 1 bis VS 43.

Die Lage der Versuchsansatzpunkte im Gelände geht aus dem angehängten Lageplan (Anlage 1.1) und die Ergebnisse aus den Versickerungsprotokollen (Anlage 5.1) hervor. Als versickerungsrelevanter Profilbereich wurden vorwiegend die anstehenden Füll-/ Fluviatilsande bzw. -kiese herangezogen.

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

Hingewiesen wird darauf, dass die Versickerungsversuche auf der Grundwasser-Spiegelfläche durchgeführt wurden, was zulässig ist, solange ausschließlich die Durchlässigkeit der oberhalb der Grundwasser-Spiegelfläche befindlichen Profilbereiche bestimmt wird.

2.5 Bewertung des Versickerungspotenzials

Materialspezifische Bewertung: Die Versickerungsversuche im Gelände belegen für die herangezogenen Profilbereiche Durchlässigkeiten im Bereich von $k_f \sim 1 \times 10^{-3}$ m/s (DIN 18 130: 'stark durchlässig') bis $k_f \sim 3 \times 10^{-5}$ m/s (DIN 18 130: 'durchlässig'). Es liegt eine gute Übereinstimmung von theoretisch zu erwartenden und praktisch ermittelten Durchlässigkeiten vor.

Als 'ausreichend versickerungsfähig' im Sinne bestehender Richtlinien gilt allgemein eine Bandbreite der Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f < 1,0 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $k_f > 1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Bei Überschreitung des erstgenannten Wertes ist keine ausreichende Reinigungswirkung der Böden mehr gewährleistet. Bei Unterschreitung des letzteren Wertes ist eine Versickerung prinzipiell möglich, die erforderliche Anlagengröße und der damit einhergehende Flächenbedarf bedingt häufig eine Unwirtschaftlichkeit.

Bei den Versickerungsversuchen konnte als Ergebnis eine ausreichende Versickerungsleistung ermittelt werden. Unter bodenmechanischen Gesichtspunkten sind Versickerungen am Standort möglich.

2.6 Wasserrechtliche Bewertung des Versickerungspotenzials

Grundwasserrelevante Faktoren: Es sollte aus hydrogeologischen, umweltgeologischen und wasserrechtlichen Aspekten ein Mindestabstand des tiefstgelegenen Bestandteils einer Versickerungsanlage zum mittleren höchsten Grundwasserstand von 1 m nicht unterschritten werden. Genannter Mindestabstand wird u.a. in dem grundlegenden Regelwerk der DWA-Regelwerk A 138 empfohlen. Die endgültige Entscheidung über die örtlich einzuhaltende Mindestsickerstrecke obliegt der zuständigen Genehmigungsbehörde.

Grundwasser wurde an den Untersuchungstagen (08.12 - 16.12.2020) im Mittel bei 3,09 m u.GOK angetroffen.

Der mittlere höchste Grundwasserstand als 'Bemessungswasserstand' zur Dimensionierung der Versickerungsanlagen kann zum aktuellen Kenntnisstand in der Größenordnung von ca. 1,3 m unter aktueller GOK angegeben werden.

Vorgenannter Mindestabstand lässt die Errichtung 'flacher' Versickerungsanlagen, wie z.B. Versickerungsmulden oder Flächenversickerungen wasserrechtlich zu.

Bodengenese: Die gewachsenen Böden stellen das versickerungsrelevante Medium. Ein Gefährdungspotenzial bzgl. möglicher Auswaschungen besteht hier grundsätzlich nicht. Eine nachteilige Veränderung von Boden/Grundwasser ist demnach nicht zu befürchten.

Bei einem – noch zu erbringenden – Nachweis über die chemische Eignung der Füllböden könnten diese ebenfalls als Versickerungsmedium angesehen werden.

Eine dauerhaft schadlose Ableitung gemäß § 55, Abs. 1 WHG ist aufgrund der Untersuchungsergebnisse höchstwahrscheinlich sichergestellt. Aus gutachterlicher Sicht sind Versickerungen am Standort daher ausführbar.

Dies Beurteilung steht in Einklang mit den technischen und wasserrechtlichen Vorgaben.

Aufgrund der oben aufgeführten Punkte (• materialspezifische Positiveignung des geogenen Untergrundes und • einer ausreichenden Sickerstrecke bis zum Grundwasser) ist aus gutachterlicher Sicht eine Versickerung der anfallenden Wässer der Dachflächen (sowie von Stell-/Bewegungsflächen) möglich. Oberflächennahe Versickerungsanlagen (z.B. Mulden oder Flächenversickerungen) sind zulässig und sind vermutlich mit geringem bautechnischen Aufwand zu realisieren. Tiefreichende Versickerungsanlagen (wie z.B. Rigolen) sind hingegen nicht zulässig, da hierbei die o.g. Sickerstrecke von 1 m nicht einzuhalten sein wird. Eine Abstimmung mit der zuständigen Fachbehörde wird angeraten.

2.7 Hinweisgebungen zur Niederschlagswasserabführung

Für die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes waren drei Areale gesondert zu betrachten:

- 1.) Geplanter Retentionsraum im Nordwesten des Plangebietes zwischen Reiterpfad, Gewerbegebiet, Dempseypark und 'Chapel'.
- 2.) Geplantes Wohngebiet, v.a. im Bereich der geplanten umlaufenden Versickerungsmulde im Übergang zum Wald.
- 3.) Vorhandene Mannschaftsunterkünfte entlang der Husarenstraße, Dempseyplatz und angrenzende Gebäude sowie Dempseypark.

Aufgrund der Tatsache, dass im gesamten Untersuchungsgebiet recht homogene Untergrundverhältnisse angetroffen wurden, können die diesbzüglichen bodenmechanischen Rahmenbedingungen als gleichartig angesetzt und für alle drei o.g. Teilareale in Ansatz genommen werden.

Planung: In Absprache mit dem AG werden für die Dachflächen der Wohngebäude Begrünungen (Gründächer) vorgesehen, die entsprechend bei der Wahl der Abflussbeiwerte zu berücksichtigen sind. Die Dachflächen der zu erhaltenden Bestandsgebäude werden (unverändert) als dachziegelgedeckte Schrägdächer angesetzt.

Für die ebenfalls zu entwässernden Stell- und Bewegungsflächen werden herkömmliche undurchlässige (z.B. mit Schwarzdecken) und alternativ durchlässige Bauweisen (z.B. als Pflasterung) betrachtet.

Versickerungsmedium: Bei Durchführung von Versickerungen sollten als Versickerungsmedium ausschließlich die Fluviatilsande herangezogen werden. Die Hinweisgebungen berücksichtigen ausschließlich folgende Wässer:

- Niederschlagswasser der Wohngebäude und Garagen (Dachflächen).
- Niederschlagswasser der Wohnstraßen/Anliegerstraßen 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.

Angeschlossene undurchlässige Flächen (A_u): Abschließende Flächengrößen für die zu entwässernden Flächen liegen noch nicht vor. Es wird daher zunächst eine 'Einheitsfläche' von 1.000 m² betrachtet, die mit unterschiedlichen mittleren Abflussbeiwerten (ψ_m) nach ATV-DVWK-A 117 und ATV DVWK-M 153 kombiniert wird (siehe Tabelle 4), um die letztlich bemessungsrelevanten 'angeschlossene undurchlässige Fläche' A_u zu erhalten. Hierzu sei angemerkt, dass die o.g. 'Gründächer' Neigungen bis etwa max. 15° bzw. 25% vorsehen.

Flächentyp	Einheitsfläche	mittlerer Abflussbeiwert (ψ_m)	angeschlossene undurchlässige Fläche' A_u
Gründach, < 10 cm Begrünung	1.000 m ²	0,5	500 m ²
Gründach, > 10 cm Begrünung		0,3	300 m ²
Schrägdach, ziegelgedeckt		0,9	900 m ²
Stell-/Bewegungsflächen, Schwarzdecke		0,9	900 m ²
Stell-/Bewegungsflächen, Pflaster mit offenen Fugen		0,5	500 m ²

Tabelle 4: Zusammenstellung der Einheitsflächen

Vorschlag: Versickerung über 'Mulden' mit 'belebter Bodenzone':
Vorgeschlagen wird die Schaffung von **dezentralen Mulden-Versickerungsanlagen mit einer 'belebten Bodenzone' (d = 10 cm), einer Muldentiefe von 30 cm und einer max. zulässigen Wassertiefe (Aufstauhöhe) von 20 cm ('Freibord': 10 cm)**. Tieferreichende Versickerungsanlagen wie Rigolen / Schächte sind wasserrechtlich unzulässig.

Das zu versickernde Wasser durchläuft bei einer Muldenversickerung folgende Reinigungsstufen:

- Mulde (Reinigung über Absatz, Sedimentation)
- 'Belebte Bodenzone', Mindestmächtigkeit: 10 cm (mikrobiologische Reinigung und mechanische Filterwirkung)
- Sickerraum (Reinigung über Filterwirkung)

Entfernung potenzieller Schluffe / Verlehmungen / organischer Böden / Auffüllungen: Ausschließlich der geogene Fluviatilsand stellt das zum aktuellen Kenntnisstand zulässige/geeignete Versickerungsmedium.

Der gesamte 'Mutterboden' muss im Muldenbereich plus Überstand abgezogen werden. Ebenfalls müssen potenzielle organische Böden sowie Schluffe, verlehnte 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 ggf. der Aufbau mit geeignetem Material erfolgen. Potenzielle Massendefizite sind mit wasserrechtlich unbedenklichem Geogensand aufzufüllen, welcher im eingebauten Zustand nachweislich eine Durchlässigkeit von $k_f \geq 1 \cdot 10^{-4}$ m/s aufweist. Der Sand muss locker eingeschoben werden und darf lediglich mit der Baggerschaufel leicht 'angedrückt' werden.

'Belebte Bodenzone': Die Mulden sollten mit einer 0,10 m mächtigen 'belebten Bodenzone' ausgestattet werden. Diese sitzt dem geogenen Fluviatilsand bzw. einem ggf. eingebauten Ausgleichsmaterial auf. Die 'belebte Bodenzone' muss aus einem gut durchlässigen Sand bestehen. Die Durchlässigkeit dieses humifizierten Sandes muss $k_f \geq 8 \cdot 10^{-5}$ m/s im eingebauten Zustand betragen. Die 'belebte Bodenzone' kann durch Saateinmischung des geogenen Fluviatilsandes hergestellt werden, da dieser ausreichende Durchlässigkeiten aufweist.

Abstände: Es sollte ein Mindestabstand von 3 m zu nichtunterkellerten und von 6 m zu unterkellerten Gebäuden / Bauwerken eingehalten werden, sofern diese nicht nachweislich über entsprechende Abdichtungen verfügen.

Versickerungsanlagen müssen des Weiteren einen Mindestabstand von 2 m zu Grundstücksgrenzen einhalten.

Positionierung Versickerungsanlage/-n: Die Positionierung sollte unter Berücksichtigung der o.g. Mindestabstände vorgenommen werden.

Durchlässigkeitsbeiwert: Der AN verwendet bei den Dimensionierungsberechnungen aufgrund der Durchströmung der 'belebten Bodenzone' einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 8 \cdot 10^{-5}$ m/s, welcher einen deutlichen Sicherheitsabschlag gegenüber den labortechnisch und im Gelände ermittelten Werten beinhaltet.

Details Mulde: Die Böschungsneigung der Mulden sollte einen Winkel von 26° (1:2) nicht überschreiten. Die Mulden können hinsichtlich der Formgebung bei Beachtung der notwendigen Versickerungsfläche frei gewählt werden. Dies erlaubt auch die linienförmige Gestaltung als 'umlaufende' Versickerungsmulde. 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 in den Einlaufbereichen (Steinschüttung oder Pflasterung oder widerstandsfähige Vegetation).

Die Mulden sollten 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' (bezogen auf die jeweiligen Einheitsflächen) betrifft ausschließlich den horizontalen Sohlbereich der Mulde. Die Böschungen zählen nicht hierzu.

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 wird.

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 $k_f = 8 \cdot 10^{-5}$ m/s angesetzt.
- Es wurde ein Zuschlagsfaktor von $f_z = 1,2$ gewählt (Risikomaß: gering).

Hinsichtlich der Niederschlagsspende wurde das Rasterfeld 'Paderborn Nord' (Spalte 25, Zeile 45) herangezogen (KOSTRA-DWD 2010R, Version 3.2.3).

Mulden-Dimensionierungsberechnung: In den Anlagen 5.2.1 – 5.2.3 sind die Dimensionierungen von Mulden nach DWA-A 138 für die 'angeschlossenen undurchlässigen Flächen' A_u von 300 m² (Anlage 5.2.1), 500 m² (Anlage 5.2.2) und 900 m² (Anlage 5.2.3) angegeben. Die Bemessungsergebnisse in Bezug auf die o.g. Einheitsflächen sind in der nachfolgenden Tabelle 5 zusammenfassend aufgeführt. Die Berechnungen erlauben stets eine mittlere Einstauhöhe z_M gleich der maximal zulässige Muldenwassertiefe von 0,20 m.

Flächentyp	angeschlossene undurchlässige Fläche' A_u	Versickerungsfläche A_s	notwendiges Speichervolumen V	rechnerische Entleerungszeit t_e	
				$n = 1$	$n = 0,2$
Gründach, < 10 cm Begrünung	500 m ²	55 m ²	10,93 m ³	35,5 min.	82,8 min.
Gründach, > 10 cm Begrünung	300 m ²	33 m ²	6,56 m ³	35,5 min.	82,8 min.
Schrägdach, ziegelgedeckt	900 m ²	100 m ²	19,57 m ³	35,0 min.	81,5 min.
Stell-/Bewegungsflächen, Schwarzdecke	900 m ²	100 m ²	19,57 m ³	35,0 min.	81,5 min.
Stell-/Bewegungsflächen, Pflaster mit offenen Fugen	500 m ²	55 m ²	10,93 m ³	35,5 min.	82,8 min.

Tabelle 5: Zusammenstellung der resultierenden Anlagenparameter

Bei Herstellung einer durchlässigen Pflasterdecke mit offenen Fugen (mittlerer Abflussbeiwert $\psi_m = 0,5$) und ebenfalls einseitigen Grabenführung können folgende Graben- (= Mulden-) Breiten eingeplant werden (jeweils ca. 6 % der Straßenfläche).

Straßenbreite 4 m: horizontale Graben-/Muldenbreite: ca. 0,25 m

Straßenbreite 5 m: horizontale Graben-/Muldenbreite: ca. 0,30 m

Straßenbreite 6 m: horizontale Graben-/Muldenbreite: ca. 0,35 – 0,40 m

Anmerkung zu Notüberläufen und sonstigen Retentionsräumen: Die auf die jeweiligen Einheitsflächen hin bemessenen Versickerungsanlagen leisten jeweils eine vollständige Versickerung der anfallenden Niederschlagswässer. Diesen Punkt betreffend besteht keine Notwendigkeit zur Installation von Notüberläufen.

Notüberläufe können dagegen für nicht bemessungsrelevante Regenereignisse vorgesehen werden, was im Detail mit der zuständigen Genehmigungsbehörde abzustimmen ist. In jedem Fall ist die schadlose Ableitung abgegebener Wässer über (ungenutzte) Flächen sicherzustellen.

Das im Bereich 'Chapel' vorgesehene Retentionsbecken kann unter Berücksichtigung der o.g. Angaben für den bemessungsrelevanten Fall daher vermutlich entfallen. Die Errichtung gegen unvorhersehbare bzw. nicht bemessungsrelevante Regenereignisse bleibt davon unberührt.

3. Ingenieurgeologische Beurteilung des Baugrundes

3.1 Bodencharakterisierende Laborversuche

- Korngrößenanalysen (DIN EN ISO 17892-4): Es wurden zehn Korngrößenanalysen zwecks Klassifizierung der gründungs- bzw. versickerungsrelevanten Böden durchgeführt (Proben siehe Tabelle 6). In den Anlagen 3.1 - 3.3 sind die Kornverteilungen als Kornsummenkurven grafisch dargestellt. Die Körnungsbandbreite zur Verwendung innerhalb der Homogenbereiche (zzgl. Stein-/Blockanteil) ist in Anlage 3.4 angehängt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Probe (Genese)	Profilber. m u.GOK	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Kies (%)	d ₁₀ (mm)	k _f -Wert (m/s)*	Wassergehalt w
VS 2/6 (S)	1,20-2,10	3,8		96,2	0	0,1058	~1,1x10 ⁻⁴	11,48 %
VS 7a/3 (A S)	1,20-1,60	2,4		96,8	0,8	0,1197	~1,4x10 ⁻⁴	10,01 %
VS 13/3 (S)	1,30-1,75	2,0		97,9	0,1	0,1158	~1,3x10 ⁻⁴	4,47 %
VS 17/4 (S)	1,05-1,65	0,4		99,6	-	0,1254	~1,6x10 ⁻⁴	5,96 %
VS 20/4 (S)	1,20-2,25	0,6		99,3	0,1	0,1176	~1,4x10 ⁻⁴	4,38 %
VS 24/5 (S)	1,20-2,00	0,9		98,2	0,9	0,1190	~1,4x10 ⁻⁴	4,46 %
VS 27/3 (S)	1,30-2,15	0,8		97,6	1,6	0,1141	~1,3x10 ⁻⁴	9,04 %
VS 32/5 (A G)	1,30-1,95	4,3		23,6	72,1	0,1733	~1,8x10 ⁻⁴	6,43 %
VS 37/5 (A S)	1,00-1,50	1,2		98,6	0,2	0,1226	~1,5x10 ⁻⁴	12,57 %
VS 43/3 (S)	0,80-1,50	0,3		99,6	0,1	0,1192	~1,4x10 ⁻⁴	6,05 %

Tabelle 6: Ergebnisse der Korngrößenanalysen/Wassergehaltsbestimmungen

Genese: A S = Füllsand; A G = Füllkies; S = Fluvialsand; **fett** = prägend

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

* k_f-Wertbestimmung: bei nicht bindigen Böden nach BEYER/HAZEN

Das Erdplanum wird in erster Linie von fein- bis mittelsandigen Böden geprägt. Bindige, d.h. schluffig-tonige Anteile liegen nur in stark untergeordneter Größenordnung vor und beeinflussen die bodenmechanischen Kenndaten kaum.

- Bodenansprache (DIN 4022) und Bodengruppe (DIN 18 196):

Probe VS2/6:	Sand	(DIN 18196: SE)
Probe VS7a/3:	A Sand	(DIN 18196: A SE)
Probe VS13/3:	Sand	(DIN 18196: SE)
Probe VS17/4:	Sand	(DIN 18196: SE)
Probe VS20/4:	Sand	(DIN 18196: SE)
Probe VS24/5:	Sand	(DIN 18196: SE)
Probe VS27/3:	Sand	(DIN 18196: SE)
Probe VS32/5:	A Kies, sandig	(DIN 18196: A GW)
Probe VS37/5:	A Sand	(DIN 18196: A SE)
Probe VS43/3:	Sand	(DIN 18196: SE)

Ungleichförmigkeit: Die sandigen Böden verfügen aufgrund ihrer durchweg niedrigen Ungleichförmigkeitszahlen von $U < 3$ über keine gute (Nach-)Verdichtungseignung (sog. 'Verdichtungsunwilligkeit').

Der Füllkies (Probe VS32/5) besitzt aufgrund seiner nominell höheren Ungleichförmigkeitszahl von $U \sim 80$ eine gute (Nach-)Verdichtungseignung.

Durchlässigkeit: Im Ergebnis bleibt festzuhalten, dass das untersuchte Lockermaterial eine relativ schmale Bandbreite an Durchlässigkeitsbeiwerten (k_f -Werte n. BEYER) erwarten lässt.

Die untersuchten Böden ergeben Durchlässigkeiten in der Größenordnung von $k_f \sim 1 \times 10^{-4}$ m/s bis $k_f \sim 2 \times 10^{-4}$ m/s ('stark durchlässig' gem. DIN 18130). Auf den Böden muss folglich nicht mit einem Staunässepotenzial gerechnet werden.

Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): Nach der Frostempfindlichkeitsklassifikation der ZTVE-StB werden die untersuchte sandigen (Füll-)Böden aufgrund der geringen bindigen Anteile und niedrigen Ungleichförmigkeitszahlen insgesamt in die Frostempfindlichkeitsklasse F 1 ('nicht frostempfindlich') eingestuft. Die Füllkiese hingegen sind aufgrund der anzunehmenden höheren Ungleichförmigkeitszahlen in die Frostempfindlichkeitsklassen F 1 ('nicht frostempfindlich') bis F 2 ('gering bis mittel frostempfindlich') einzuordnen.

Wassergehaltsbestimmungen (DIN EN ISO 17892-1): Die untersuchten Böden weisen überwiegend moderate bis hohe Wassergehalte im Bereich unterhalb bzw. im Bereich einer materialspezifischen Wassersättigung auf ($w = 4,4 - 12,6$ %).

Bodenmechanisches Fazit: Auf dem Gründungsplanum stehen überwiegend sandige (Füll-)Böden an, die in moderater bis ´erhöhter´ Durchfeuchtung vorliegen. Die Böden sind aufgrund der geringen bindigen Anteile als nicht frostempfindlich (Klasse F 1) einzustufen (Füllkiese: Klasse F 1 – F 2). Die sandig-kiesigen Böden führen keinerlei Staunässepotenzial. Eine direkte Nachverdichtungseignung der (Füll-)Sande ist nicht zielführend. Die untergeordnet angetroffenen Füllkiese hingegen weisen hingegen eine gute Nachverdichtungseignung auf.

Stellenweise liegen (schwach) organische Böden sowohl in den Auffüllungen als auch im geogenen Profilbereich vor, die im Rahmen von ingenieurgeologischen Abnahmen zu identifizieren und im Gründungs-/Lastabtragsbereich zu entfernen sind.

Es handelt sich um einen ortsüblichen Baugrund mittlerer Güte.

3.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche (DPL-5)

Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an die DIN 4094, TP BF-StB Teil B15.1 sowie EN ISO 22476-2 und wurden mit der sog. Leichten Rammsonde durchgeführt (DPL 5 = 'Dynamic Probing Light', 5 cm² Spitzenquerschnitt).

Die Rammsondierungen wurden in unmittelbarer Nähe zu den zuvor durchgeführten Rammkernsondierungen angesetzt (Beispiel: BS 1 / DPL 1). Hinzuweisen sei darauf, dass nur im Bereich der Bohrsondierungen (BS / Tabelle 2a - 2c) Versuche durchgeführt wurden. Die Ergebnisdarstellung erfolgte in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe n_{10} gegen Tiefe. Die Rammdiagramme der DPL-5 sind in der Anlage 2 den entsprechenden Bohrprofilen gegenübergestellt.

Ausgewertet werden nur die Bereiche unterhalb von Versiegelungen und ohnehin abzuschiebender, (aufgefüllter) 'Mutterböden' im Hinblick auf die geplante Verlegung von Kanälen. In Teilbereichen mussten die DPL-Ansatzpunkte aufgrund unklarer Kabellage oder nicht mehr feststellbaren Rammfortschritts vorgeschachtet werden, weshalb für die entsprechenden Bereiche keine Schlagzahlen vorliegen.

Aufgrund der insgesamt ähnlichen Lagerungsverhältnisse am Standort können die Befunde zusammengefasst werden.

- ⇒⇒ Füllkiese und Füllsande: Innerhalb der erfassten kiesigen und sandigen Auffüllungen wurden mehrheitlich geringe Schlagzahlen im Bereich von $n_{10} < 10$ festgestellt. Da alle Bohrungen im oberen Profilbereich vorgeschachtet wurden konnte lediglich ein geringer Anteil der Füllböden durch die Geländeversuche erfasst werden. Die oberflächennahen Auffüllungen wurden im Zuge der Bodenansprache vor Ort weitgehend als locker bis mitteldicht gelagert angesprochen, die eine ausreichende Gründungseignung bieten.
- ⇒ Fluviatilsande: Die den Untergrund prägenden Fluviatilsande weisen überwiegend mittelhohe bis hohe Schlagzahlen auf (DPL $n_{10} \sim 10$ bis > 30). Es liegen in erster Linie ausreichende mitteldichte bis dichte Lagerungszustände vor. Lokal muss im Grundwasserschwankungsbereich mit Auflockerungszonen gerechnet werden ($n_{10} < 5-10$). Zur Tiefe hin nehmen die Schlagzahlen allgemein deutlich zu. Einige Rammsondierungen mussten aufgrund nicht mehr feststellbaren Rammfortschrittes letztlich abgebrochen werden.

3.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

In der folgenden Tabelle 7 werden, abgeleitet aus den bodenmechanischen Laborversuchen und basierend auf 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 (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	φ_k bzw. $\varphi_{s,k}$ (°)	c_k (kN/m ²)	$E_{s,k}$ (kN/m ²)
<u>neu aufgebaute Schotterung</u> : Kies, (schwach) sandig, schwach schluffig; +/- dicht	21,5 - 22,0	13,5 - 14,0	37,5	0	60.000 - 100.000
<u>Füllkies</u> : Kies, (schwach-stark) sandig, schwach schluffig; locker	18,0 - 19,0	10,0 - 11,0	30,0	0	20.000 - 30.000
<u>Füllkies</u> : Kies, (schwach-stark) sandig, schwach schluffig; mitteldicht	19,0 - 20,0	10,5 - 11,5	30,0 - 32,5	0	30.000 - 40.000
<u>Füllkies</u> : Kies, (schwach-stark) sandig, schwach schluffig; dicht	20,5 - 21,5	12,0 - 13,5	32,5 - 35,0	0	40.000 - 60.000
<u>Füllsand</u> : Sand, schw. schluffig, z.T. schw. kiesig, z.T. schw. organisch; locker	17,0 - 17,5	9,0 - 9,5	30,0	0	12.000 - 18.000
<u>Füllsand</u> : Sand, schw. schluffig, z.T. schw. kiesig, z.T. schw. organisch; mitteldicht	17,5 - 18,0	9,5 - 10,0	32,5	0	18.000 - 25.000
<u>Füllsand</u> : Sand, schw. schluffig, z.T. schw. kiesig, z.T. schw. organisch; dicht	18,5 - 19,0	10,5 - 11,0	35,0	0	30.000 - 45.000
<u>Fluviatilsand</u> : Sand, schw. schluffig, z.T. schw. kiesig, z.T. schw. organisch; mitteldicht-dicht	18,0 - 19,0	10,0 - 11,0	32,5 - 35,0	0	25.000 - 45.000
<u>Fluviatilkies</u> : Kies, (stark) sandig, schwach schluffig; mitteldicht-dicht	20,0 - 21,0	12,0 - 13,0	32,5 - 35,0	0	35.000 - 50.000

Tabelle 7: Bodenmechanische Kennwerte der Bodeneinheiten

γ = Wichte des erdfeuchten Bodens

φ_k = Reibungswinkel

c_k = Kohäsion

γ' = Wichte d. Bodens unter Auftrieb

$\varphi_{s,k}$ = Ersatzreibungswinkel

$E_{s,k}$ = Steifeziffer

3.4 Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen und Frostklassen

In der Tabelle 8 erfolgt Angabe der Bodenklassen (DIN 18 300_{alt}), der Homogenbereiche, 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)	Boden- klassen	Homogen- bereiche	Gruppensymbol (DIN 18 196)	‘Frostklasse’ ZTVE-StB	Boden- lösung	
aufgef. Mutterboden ¹⁾	1, u.U. 2	-	A (OH)	F 2	‘Löffel- Bagger’ ²⁾	
Mutterboden ¹⁾	1, u.U. 2		OH	F 2		
Füllsand ¹⁾	3 - 4	ERD 1	EIN 1	A (SE/SU)		F 1
Fluviatilsand ¹⁾	3, u.U. 2			SE		F 1
Blöcke	6, u.U. 7	und VER 1	-	A (X/Y) bzw. X/Y		F 1
Füllkies	3 - 5		EIN 2	A (GW/GU/X)		F 1 - F 2
Fluviatilkies	4 - 5, u.U. 6	GW/GU/X		F 1 - F 2		

Tabelle 8: Bodenklassen, Homogenbereiche, Bodengruppen, Frostklassen

- ¹⁾ = bei Wassersättigung bewegungsempfindlich
- ²⁾ bei Einsatz eines Löffelbaggers der $\geq 20t$ -Klasse
- ³⁾ bei Verwendung herkömmlicher Verbauarten (siehe Kapitel 5)
- ⁴⁾ bei Verwendung herkömmlicher Fräsen für Tiefendrainage (siehe Kapitel 5)

Für die (aufgefüllten) Mutterböden erfolgt keine Ausweisung eines eigenen Homogenbereiches, da diese ohnehin separat zu handhaben sind (DIN 18 320 bzw. BauGB §202).

Bodenlösung: Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Auffüllungs- und Geogenbereiche bis zu den erreichten Bohrendteufen mittels ‘normalen’ Löffelbagger-Einsatzes möglich sein wird (überwiegend Bodenklassen 1 bis 5 bzw. Homogenbereich ERD 1).

Die dicht gelagerten, kiesigen Auffüllungen (Füllkiese und Schotterung) und Fluviatilablagerungen sind vermutlich nur mit zahnbestücktem Bagger effizient zu lösen.

Weiterhin ist eine Position für die Bodenklassen 6 und 7 (gem. DIN 18300_{alt}) in die Ausschreibung aufzunehmen, da entsprechend grobkörniges Material, bedingt durch die Vornutzung des Standortes und die Ablagerungsgeschichte der Böden, nicht

gänzlich ausgeschlossen werden kann (z.B. grobstückiger Bauschutt, Findlinge, verlorene Geschiebe, etc.). Die Bodenklasse 7 beinhaltet (neben Fels) auch Blöcke mit einem Kugeldurchmesser $> 0,6\text{ m}$ ($> 0,1\text{ m}^3$ Rauminhalt).

In der charakterisierenden Beschreibung der Homogenbereiche wird ein entsprechender Anteil abgeschätzt.

Es wird gutachterlicherseits aufgrund der deutlichen zu bewegendenden Bodenmassen davon ausgegangen, dass ein bzw. mehrere Bagger der $> 20\text{-}30\text{ t}$ -Klasse vor Ort sein werden, mit denen sämtliche Böden ohne zusätzlichen Mehraufwand gelöst werden können.

Sofern Aushubmassen vom Grundstück abgefahren werden sollen, sollten diese ergänzend chemisch auf die Parameterumfänge gemäß LAGA_{Boden}/TR-Boden und Deponieverordnung untersucht werden, um qualifizierte Aussagen zur Wiedereinbaueignung bzw. Entsorgung treffen zu können. Hieraus kann sich die Notwendigkeit zur Ausweisung der weiterer Homogenbereiche ergeben.

Die obigen Aussagen gelten nicht für aufzunehmende Versiegelungen und/oder den Rückbau von Bestandsbauwerken. Hierfür sind eigene Positionen in Ansatz zu nehmen.

Wiedereinbau: Aufgrund der geringen Ungleichförmigkeitszahl der Füll- und Geogensande sind die untersuchten Sand nach DIN 1054 als 'gleichförmig' zu charakterisieren. Hierauf basiert eine 'Verdichtungsunwilligkeit' der enggestuften Sande (Homogenbereich EIN 1). Daher sollte bei enggestuften Sanden bei Einbau in lastabtragenden Bereichen die Herstellung einer Verdichtungseignung durch den Einbau im Mischverfahren mit Güteschotter erfolgen (Mischverhältnis: Sand / Güteschotter 1:2). Eine direkte Verdichtung unaufbereiteter Sande ist nicht zielführend.

Die Füll- und Fluviatilkiese verfügen dagegen aufgrund der weiteren Stufung über eine bessere (Nach-)Verdichtungseignung (Homogenbereich EIN 2). Hier kann zielführend eine direkte (Nach-)Verdichtung erfolgen.

Die Lagenmächtigkeiten sollten jeweils $0,30\text{ m}$ in den Homogenbereichen EIN 1 und EIN 2 nicht überschreiten und jeweils ordnungsgemäß verdichtet werden.

In Frage kommende Verdichtungsgeräte stellen in beiden Homogenbereichen dynamisch arbeitende Geräte dar (z.B. Stampfer, Vibrationsplatten, Tandemwalzen, etc.), die AN-seits auf die örtlichen Platzverhältnisse abzustimmen sind.

Insbesondere (große) Blöcke besitzen ohne Herstellung einer Kornabstufung keine unmittelbare Wiedereinbaueignung und sollten daher zunächst separiert werden. Je nach tatsächlich vorliegender Aushubmasse kann dann über eine geeignete Aufbereitung entschieden werden.

Erläuterung Tabelle 8

nach DIN 18 300	Bodenklasse 1: Bodenklasse 2: Bodenklasse 3: Bodenklasse 4: Bodenklasse 5: Bodenklasse 6: Bodenklasse 7:	Oberböden fließende Bodenarten leicht lösbare Bodenarten mittelschwer lösbare Bodenarten schwer lösbare Bodenarten leicht lösbarer Fels oder vergleichbare Bodenarten schwer lösbarer Fels
Homogen- bereiche	ERD 1, VER 1, EIN 1+2	Eigenschaften siehe Tabelle 9
nach DIN 18 196	A X/Y OH SE SU GW GU	Auffüllungen Steine / Blöcke grob- oder gemischtkörnige Böden mit Anteilen humoser Art enggestufte Sande Sand-Schluff-Gemische weitgestufte Kiese Kies-Schluff-Gemische
nach ZTVE-StB	F 1 F 2	nicht frostempfindlich gering bis mittel frostempfindlich

3.5 Homogenbereiche gem. VOB Teil C

Die Festlegung von Homogenbereichen (Tabelle 9) erfolgt im Hinblick auf die im ungünstigen Fall anzusetzende Geotechnische Kategorie GK 2 und zunächst ausschließlich für die Gewerke 'Erdarbeiten' nach DIN 18300:2019-09 und teilweise auszuführenden Verbautätigkeiten gem. DIN 18 303:2016-09 gelten die Angaben analog (Stichwort Kanalbauarbeiten).

Nr. n. VOB	Kennwert / Eigenschaft	Homogenbereiche
		Gewerke 'Erdarbeiten' + 'Verbauarbeiten' + 'Wiedereinbau'
1	Kornverteilung mit Körnungsbändern	siehe Anlage 3.4 zzgl. Stein-/Blockanteil
2	Definition von Steinen + Blöcken	<u>Auffüllungen</u> : Bauschutt i.w.S. (kantig) <u>Geogenbereich</u> : Flussschotter/-kiesel (rund-kantig)
2a, 2b	Anteil Steine und Blöcke	≤ 10 %
2c	Anteil große Blöcke	≤ 2 %
3	mineral. Zusammensetzung der Steine und Blöcke	<u>Auffüllungen</u> : v.a. Beton, Ziegel <u>Geogenbereich</u> : Mergelstein, Kalkstein
4	Dichte	$\rho_s = 2,65 - 2,85 \text{ g/cm}^3$ (Korndichte)
5	Kohäsion	n.b.
6	undrainierte Scherfestigkeit	n.b.
7	Sensitivität	n.b.
8	Wassergehalt	~ 2 – 20 %
9	Konsistenz	n.b.
10	Konsistenzzahl	n.b.
11	Plastizität	n.b.
12	Plastizitätszahl	n.b.
13	Durchlässigkeit	ca. $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
14	Lagerungsdichte D	~ 0,3 – > 0,5
15	Kalkgehalt	gering bis hoch
16	Sulfatgehalt	gering
17	Organischer Anteil	≤ 8 %
19	Abrasivität	kaum abrasiv – abrasiv (LAK 50 - 500 g/t)
20	Bodengruppen	A, X, Y, SE, SU, GW, GU
21	Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, Niederterrasse

Tabelle 9: Kennwerte für Homogenbereiche (Abgrenzung siehe Tabelle 8)

n.b. = nicht bestimmbar

4. Hinweisgebungen Kanal- und Straßenbau

Aufgabe: Es war u.a. eine Untersuchung für die geplante Regenwasser-Kanalverlegung im Bereich der 'Handwerkerallee' im westlichen Teil der ehem. Dempsey-Kaserne durchzuführen. Hierfür war es notwendig, die relevanten oberflächennahen Bodenarten zu bestimmen. Daneben wird die Wiederherstellung des Straßenoberbaus im Kanalgrabenbereich betrachtet.

Aufgabe war die ingenieurgeologische Erkundung und Bewertung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundinventars im geplanten Trassenbereich. Zusätzlich wurden Aussagen über die Boden-/Grundwasserverhältnisse sowie die Tragfähigkeit getroffen. Abschließend erfolgen nun Hinweisgebungen zur Verlegung der geplanten Kanäle in offener Bauweise sowie zur Erneuerung der Fahrstraße.

4.1 Hinweisgebungen zur Kanalverlegung ('offene' Bauweise)

Vorbemerkungen: Die Erstellung der Plan-Regenwasserkanäle wird in 'offener' Bau- und hydraulischer Arbeitsweise vorgesehen. Relevant sind für den Bereich der Kanaltrasse die Bohrungen BS 1 – BS 13.

Bei Grundwasserständen wie an den Untersuchungstagen (08. – 16.12.2020) wird eine weitgehend eine 'offene' Wasserhaltung ausreichend sein.

Im Bereich der Heranführung an Bestandsschächte und bei allgemeinen Wasserständen nahe des Bemessungswasserstandes für das Areal, wird hingegen eine geschlossene Wasserhaltung bzw. eine Grundwasserabsenkung erforderlich werden. Da die Geländetätigkeiten während einer niederschlagsmäßig 'normalen' Spätherbstperiode durchgeführt wurden, stellen die Grundwasserstände keine Höchststände dar. Die Grundwasserstände sollten daher vor Baubeginn überprüft und ggf. angepasste Grundwasserhaltungsmaßnahmen vorgenommen werden.

Sollten vor Baubeginn entsprechend deutliche höhere Grundwasserstände als im Untersuchungszeitraum angetroffen werden, werden umfanglichere Wasserhaltungen notwendig, daher wird hier im Folgenden ergänzend eine bauzeitliche Grundwasserabsenkung über eine 'geschlossene' Wasserhaltung beschrieben.

Eine gesicherte Trockenlegung der Böden im Gründungsbereich dient außerdem der Bodenstabilisierung und erleichtert den Einbau der Bettung unterhalb der Kanal-/Schachtsohlen deutlich.

Planerische Vorgaben zu Art und Nenndurchmessern des Regenwasserkanals liegen dem IB KLEEGRÄFE nicht vor. Es wird daher zunächst angenommen, dass Betonrohre mit Nenndurchmessern von $DN \leq 500$ mm zu verlegen sein werden.

Regenwasserkanal (RWK) 'Handwerkerallee'

Trassenlage	Nähe BS	ca. Sohle geplant m u.GOK (m NHN)	Grundwasser (Klammerwerte = BLZ)	Boden auf Plansohle
Norden (Übergabe)	1	3,15 = +104,88	(3,00 = +105,28)	Fluviatilsand, locker-mitteldicht
	2		(3,00 = +105,07)	Fluviatilsand, locker-mitteldicht
	3	1,90 = +106,10	(2,80 = +105,38)	Fluviatilsand, mitteldicht
	4	1,75 = +106,20	(0,90)	Fluviatilsand, locker-mitteldicht
	5	1,56 = +106,34	(2,45 = +105,69)	Füllkies/Füllsand, locker-mitteldicht
	6	1,48 = +106,52	(1,70 = +106,31)	Fluviatilsand, locker-mitteldicht
	7	1,82 = +106,28	(2,70 = +105,41)	Füllsand, locker-mitteldicht
	Süden (Start)	8	1,40 = +106,70	(2,20 = +105,67)
1,26 = +106,84				
9		1,74 = +106,46	(2,70 = +105,30)	Füll-/Fluviatilsand, locker-mitteldicht
		1,39 = +106,61		
Norden (Start)	10	1,45 = +106,25	(2,50 = +105,10)	Fluviatilsand, locker-mitteldicht
	11	1,45 = +106,10	(2,60 = +105,10)	Fluviatilsand, locker-mitteldicht
Süden (Übergabe)	12	1,70 = +105,77	(2,80 = +104,90)	Fluviatilsand, mitteldicht
	13	1,90 = +105,44	(2,60 = +105,06)	Fluviatilsand, mitteldicht

Tabelle 10: Boden-/Grundwasserverhältnisse Sohniveau RWK

mäßiger Verbesserungsbedarf; kein Verbesserungsbedarf

Boden-/Grundwasserverhältnisse Kanalsohlen: Auf dem Sohlniveau der Schachtbauwerke und der Kanäle innerhalb des Areals (BS 1 – BS 13) stehen überwiegend enggestufte (verdichtungsunwillige) Fluvial- bzw. Füllsande in überwiegend lockerer bis mitteldichter Lagerung an. Insgesamt weisen die Böden einen mäßigen Verbesserungsbedarf auf.

Bei den zu erreichenden Aushubtiefen sollte - basierend auf den Erkenntnissen der Arbeiten vom 08. – 16.12.2020 lokal eine Grundwasserbeeinflussung der Kanalgräben/Schachtbauwerke durch Grundwasser mit einkalkuliert werden (Umfeld BS 1 und BS 2).

Es sollte örtlich eine Grundwasserabsenkung über eine geschlossene Wasserhaltung miteingeplant werden. Während der Tiefbauarbeiten ist das Grund-/Stauwasser bis 0,50 m unterhalb der 'Gründungssohle' abzusenken, bzw. abzuleiten, die Entwässerung dient außerdem der Bodenstabilisierung der wasserempfindlichen Böden.

Für den Faktor 'Auftrieb' ist rechnerisch ein Anstieg ein Grundwasseranstieg bis 1,30 m unter Geländeoberkante (siehe Bemessungswasserstand) heranzuziehen.

Maßnahmenvorschläge:

Beweissicherungsverfahren: Für die bestehende Bebauung wird im vorliegenden Fall aufgrund der großzügigen Abstände zu den geplanten Baugruben und der Verwendung maßnahmenbezogen 'typischer' Verdichtungsgeräte nicht mit einer relevanten Beeinflussung oder Gefährdung gerechnet.

Aufgrund der Nachbarschaft zu potenziell setzungs- und/oder erschütterungs-empfindlichen Anlagen/Bauteilen wird vor Beginn der Maßnahme für den Trassenbereich die Prüfung der Notwendigkeit eines selektiven Beweissicherungsverfahrens unter Mitwirkung der Beteiligten angeraten. Hier sei insbesondere auf die im Nahbereich vorhandenen Ver-/Entsorgungsleitungen verwiesen.

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

Bestandskanäle: Nicht mehr benötigte Kanäle / Bauwerke sollten geborgen oder verfüllt/verdämmt werden, sodass langfristig kein Setzungspotenzial von der 'Alttrasse' ausgeht (z.B. Einbrechen defekter Rohre oder Einschwemmen von Feinkorn aus umgebenden Böden).

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

Schneidbestückung / Bodenlösung: Die Lösung der Böden im Kanalgraben sollte in erster Linie mit einem Löffelbagger mit sog. 'Schneidbestückung' erfolgen, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden. Für die effiziente Lösung oberflächennah anstehender Füllkiese ist der Einsatz eines zahnbestückten Baggerlöffels sinnvoll.

Wasserhaltung: Grundsätzlich muss Grundwasser bis mind. 0,5 m unter Aushubsole abgesenkt werden. Unter Hinzuziehung des Rohraufagers (ca. 0,20 m, s.u.) ergeben sich – die Verhältnisse im Untersuchungszeitraum zugrunde gelegt – lokale **Absenkhöhen von maximal ca. 1,1 m**.

Bei den vorliegenden Bodenverhältnissen (gering bis nicht verlehmt Fein- / Mittelsand) bietet sich die Absenkung durch ein Vakuumverfahren an (**vorlaufende Vakuum-Spüllanzen**). Es sollte hierfür eine Firma beauftragt werden, welche ausreichende Erfahrungen mit Vakuum-Grundwasserabsenkungen besitzt. Angeraten wird eine Probeabsenkung in einem kleineren Teilabschnitt hinsichtlich der Anwendungseignung. Es sollten immer nur kurze Trassenabschnitte abgesenkt werden.

Ggf. sollten beidseitig des Kanalgrabens Vakuumlanzen eingespült werden, was jedoch von der ausführenden Firma zu konkretisieren ist. Von großer Wichtigkeit ist eine ausreichende Vorlaufzeit der Vakuumanlage. Die GW-Absenkung muss bis mindestens 0,5 m unter Aushubniveau reichen.

Die Einbindetiefe der Spülfilter bedarf der Spezifizierung durch den Absenker.

Es empfiehlt sich, vor Beginn der Kanal-Baumaßnahme den Grundwasser-Flurabstand zu aktualisieren, um u.U. die notwendigen Maßnahmen anzupassen.

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 städtischen Kanal und/oder ein offenes Gewässer (entfällt vermutlich) ist die Erlaubnis bei den Stadtentwässerungsbetrieben Paderborn bzw. bei der Unteren Wasserbehörde des Kreises Paderborn zu beantragen.

Verbau Trassenbereich: Bei Anwendung eines 'geschlossenen Systems' zur Wasserhaltung (z.B. Vakuum-Filterlanzen) besteht die Möglichkeit eines Verbaus der

entwässerten Böden mit herkömmlichen 'Grabenverbauplatten'. Dies bedingt jedoch bei einer GW-Beeinflussung der relevanten Tiefen die vorlaufende GW-Absenkung bis mindestens 0,5 m unter Aushubniveau.

Verbau: Nach DIN 4124 sind Baugruben ab Tiefen von > 1,25 m zu böschen oder zu verbauen.

Aufgrund des Verlaufs in einer Verkehrsstraße sollte die Trasse der Kanäle nicht geböscht, sondern verbaut werden. Dort wo keine Gefährdung von Bauwerken und/oder Gebäuden existiert, kann ein herkömmlicher Verbau nach DIN 4124 ('Normverbau') eingebracht werden.

Die in Tabelle 7 (bodenmechanische Kennwerte) aufgeführten Werte sollten grundsätzlich zur Bemessung eines Verbaus herangezogen werden.

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

Bei örtlichen Leitungsquerungen der Kanaltrasse wird dagegen die Verwendung eines sogenannten **Dielenkammerverbaus** empfohlen.

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

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

Auftriebsicherheit: Aufgrund der Lage der Kanäle im Schwankungsbereich der Untergrundnässe ist der Faktor 'Auftrieb' bis zum Bemessungswasserstand zu berücksichtigen. Die Auftriebsicherheit beträgt mind. $n_a = 1,1$.

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

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

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

Bei (Beton-)Rohrdurchmessern von DN 200-600 ist eine Bettung aus verdichtungsfähigem Material mit einem Größtkorn von $< 40 \text{ mm}$ herzustellen (z.B. 0/32 mm Güteschotter).

Erst ab Durchmessern größer DN 600 könnte ein gröberes Größtkorn zugelassen werden. Der Einbau entsprechender Rohrdurchmesser ist in der Maßnahme vermutlich nicht vorgesehen.

Die Bettungsschicht muss im Druckausbreitungswinkel des Kanals / Bauteils eingebracht werden (Mineralgemisch = 45°).

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

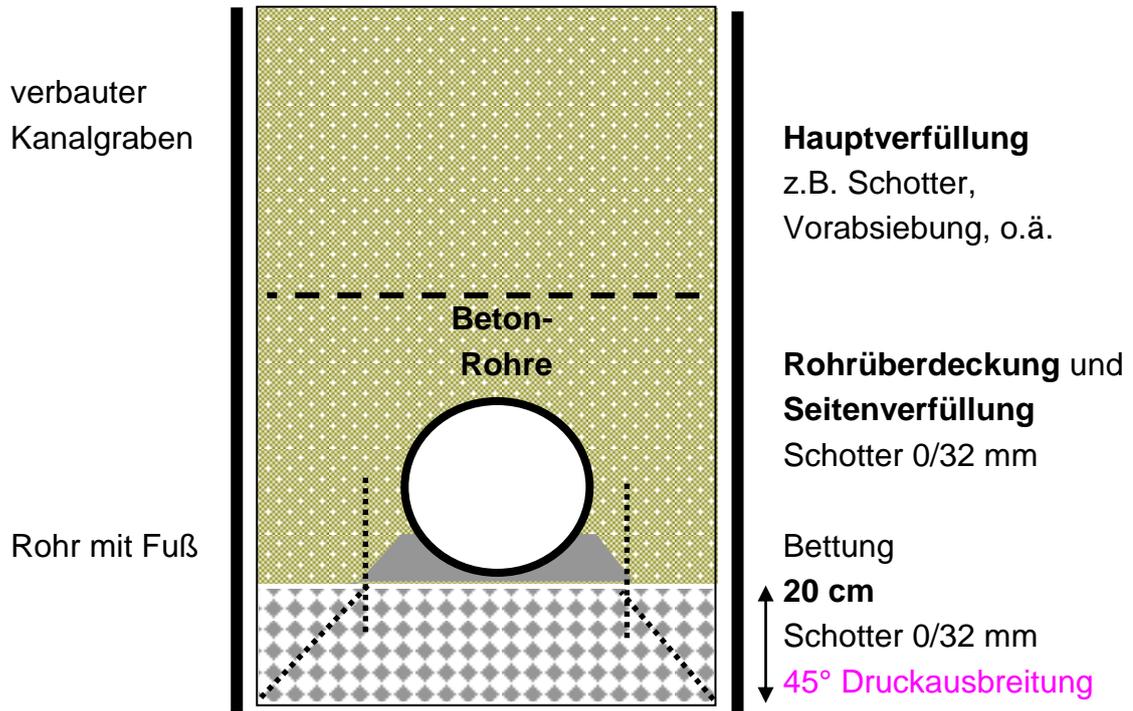
Gründung: Die Gründungsverhältnisse im Bereich des Kanals werden weitestgehend als geringumfanglich verbesserungsbedürftig angesehen.

Für die Gründung wird eine **Ausgleichs- und Sauberkeitsschicht in einer Stärke von 20 cm für die Kanäle** notwendig werden (**Beschaffenheit 'Schotter' siehe unten**). Bei Einbau der genannten Schichtmächtigkeit ist ausreichend Planungssicherheit gegeben. Nachfolgend werden die vorzuschlagenden Maßnahmen für die Plantrasse tabellarisch kurz zusammengefasst (Tabelle 11).

	Plankanäle RW; DN \leq 500 Betonrohre
Bohrungen	BS 1 - BS 13
Wasserhaltung	überwiegend 'offene' Wasserhaltung lokal (BS 1+2) 'geschlossene' Wasserhaltung
Verbau	Normverbau
Gründung (RWK)	20 cm Schotterpolster 0/32 mm
Leitungszone (RWK)	Schotter 0/32 mm
Grabenverfüllung	V 1-Material gem. ZTV-A StB
Verdichtung im Graben	dynamisch
Verdichtung im Oberbau	dynamisch

Tabelle 11: Maßnahmen für Plankanalverlegung in 'offener Bauweise'

OK Kanalgrabenverfüllung = UK RStO-Aufbau



Schotter-Material 0/32 mm: Das Auftragsmaterial zur Gründung bzw. das Ersatzmaterial bei einem Bodenaustausch sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen (z.B. 0/32 mm HKS-Kalksteinschotter, gebrochen). Der Schotter sollte nach den 'Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau - Ausgabe 2004' (TL Gestein-StB 04) zertifiziert sein. Dies sollte von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls quell- oder schrumpffähiges Material verwendet werden. Die Schotterverdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 97 - 100 \%$ erfolgen.

Rohrleitungszone und Grabenverfüllung: Unter Beachtung der oberhalb der Kanaltrasse verlaufenden Verkehrswege wird zur Vermeidung von späteren Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen empfohlen, den *Kanalgraben bzw. Verfüllzone* mit einem raumbeständigen und verdichtungsfähigen Material (Verdichtbarkeitsklasse V1 gem. ZTV-A) zu verfüllen.

In Frage für ein Mineralgemisch kommen hier z.B. Güteschotter, Vorabsiebungsmaterial bzw. Mischungen der vorgenannten Baustoffe.

Dieses Material ist lagenweise einzubringen und mittels adäquater Verdichtungsgeräte zu verdichten. Bei der Verdichtung der Füllmaterialien sind

gemäß ZTVE-StB Proctordichten zwischen 97 und 98 % (bis 1 m unter Planum) und 100 % der einfachen Proctordichte (< 1 m unter Planum) einzuhalten.

Wiedereinbaueignung von Schotter/Füllsand: Unabhängig von den ermittelten bodenmechanischen Kenndaten ist für einen Wiedereinbau im Kanalgraben zusätzlich der Nachweis über die abfallwirtschaftliche Zulässigkeit zu erbringen, was über ergänzende chemische Untersuchungen auf den Parameterumfang nach LAGA_{Boden}/TR-Boden erfolgen sollte.

Bodenpressung: Es sollte eine einheitliche max. Bodenpressung $\sigma_{zul.}$ auf dem Gründungsniveau von $\sigma_{E,k} = 150 \text{ kN/m}^2$ nicht überschritten werden, um lastinduzierte Gesamtsetzungen zu minimieren bzw. Setzungsunterschiede zu vermeiden.

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

Die ausreichende Verdichtung der Grabenverfüllung sollte ebenfalls mittels (statischen) (Last-)Plattendruckversuchen und Rammsondierungen nachgewiesen werden.

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

4.2 Hinweisgebungen zur Wiederherstellung des Oberbaus

Nach Kanalverlegung und Verfüllung des Kanalgrabens müssen die Verkehrswege oberhalb wieder hergestellt werden. Geplant ist vermutlich ausschließlich den Bereich des geöffneten Kanalgrabens wiederherzustellen.

Der Oberbau-Aufbau der Verkehrsflächen sollte nach der *‘Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen’* Ausgabe 2012 (RStO 12) erfolgen.

Bauklasse/Belastungsklasse: Nach der aktuellen Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen – Ausgabe 2012´ (RStO 12) kann die *‘Handwerkerallee’* als **Quartiersstraße (Wohnstraße/Sammelstraße)** etwa der **Belastungsklasse Bk1,0** zugeordnet werden.

Mehr-/Minderdicken gem. Tabelle 7 RStO 12: Der Ausgangswert für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus beträgt für die Belastungsklasse Bk1,0 50 cm bei Ansatz einer typischen Frostempfindlichkeitsklasse für Vorabsiebungsmaterial von F 2.

Das Areal wird in die Frosteinwirkungszone I gestellt. Es ergibt sich nicht die Notwendigkeit einer diesbezüglichen *‘Mehrdicke’*.

Nach den *‘Wasserverhältnissen im Untergrund’* ergibt sich nach der RStO 12 die Notwendigkeit des Zuschlags einer *‘Mehrdicke’* von 5 cm, da *‘Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum’* vorkommt. Hinsichtlich der Lage der Gradienten ergeben sich keine Mehr-/Minderdicken. Im Gewerbeareal noch herzustellende Entwässerungseinrichtungen können mit einer Minderdicke von 5 cm in Ansatz gebracht werden.

Die Dicke des frostsicheren Straßenaufbaus muss nach der RStO folgende Mindeststärken aufweisen, wobei die o.g. Mehr-/Minderdicken bereits eingerechnet sind.

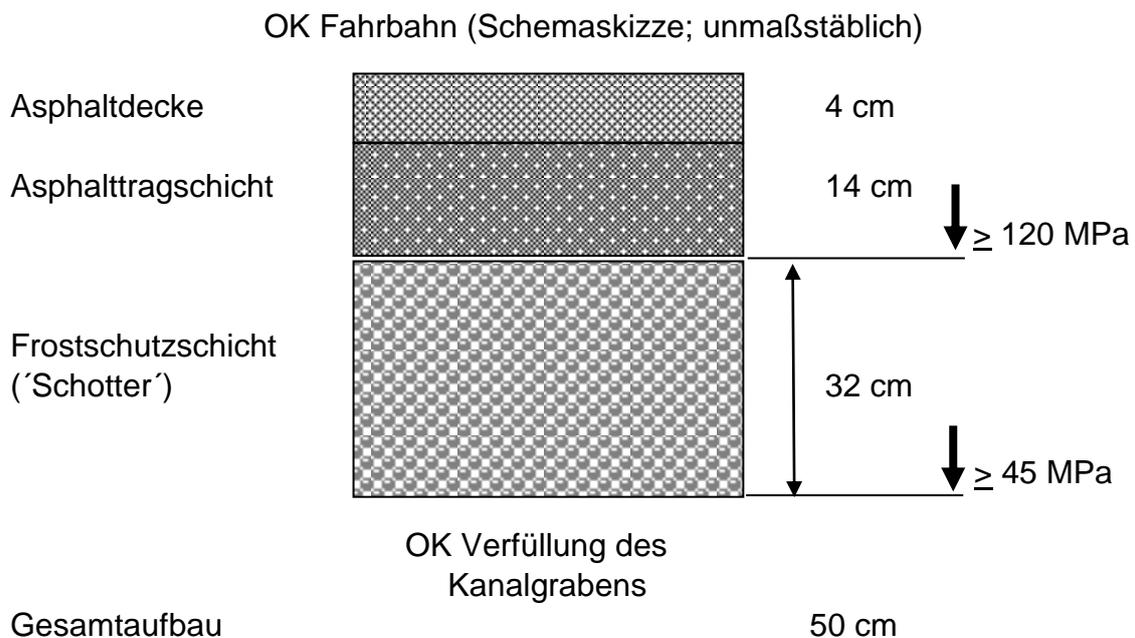
- **Fahrstraße Bk1,0** : **50 cm**

Verdichtungsüberprüfungen auf Erdplanum: Auf dem Erdplanum sollten der nach RStO geforderte Verformungsmodul durch Verdichtungsüberprüfungen (statische Lastplattendruckversuche) nachgewiesen werden.

Die RStO setzt auf dem Erdplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45$ MPa voraus. Dieser Wert wird auf der Verfüllung des Kanalgrabens durchweg zu erreichen sein. Untergrundverbesserungen werden somit nicht erforderlich.

Material: Das Mineralgemisch ('Schotter') sollte aus einem gütegeprüften Mineralgemisch bestehen. Der Schotter sollte nach den 'Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau – Ausgabe 2004' (TL Gestein-StB 04) zertifiziert sein (Forderung Mindestgüte: Frostschutzschicht). Dieses Material ist in Lagenstärken von max. 30 cm einzubringen und mittels adäquater Verdichtungsgeräte zu verdichten.

Ausführung des Oberbaus: Ein möglicher Aufbau nach Bauklasse Bk1,0 der Fahrstraße ist nachfolgend unmaßstäblich skizziert (nach RStO 12 Tafel 1, Zeile 1):



Verformungsmodul auf Schotterplanum: Auf dem Schotterplanum der Fahrstraße wird nach der RStO 12 ein Verformungsmodul von mindestens $E_{v2} = 120$ MPa (Bk1,0) gefordert. Die Verformungsmodul-Forderungen der RStO 12 sollten mittels statischen Lastplattendruckversuchen (DIN 18134) flächendeckend auf dem Schotterplanum nachgewiesen werden.

5. Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan (1:1.500)
- Anlage 2.1-2.11: Schichtendarstellungen / Rammdiagramme
- Anlage 3.1-3.4: Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)
- Anlage 4.1: Wassergehaltsbestimmungen
- Anlage 5.1: Versickerungsversuche im Gelände
- Anlage 5.2.1-5.2.5: Dimensionierung von Versickerungsmulden

Kleegräfe
- Geotechnik GmbH -

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

V. Thiemann
(Dipl.-Geol.)



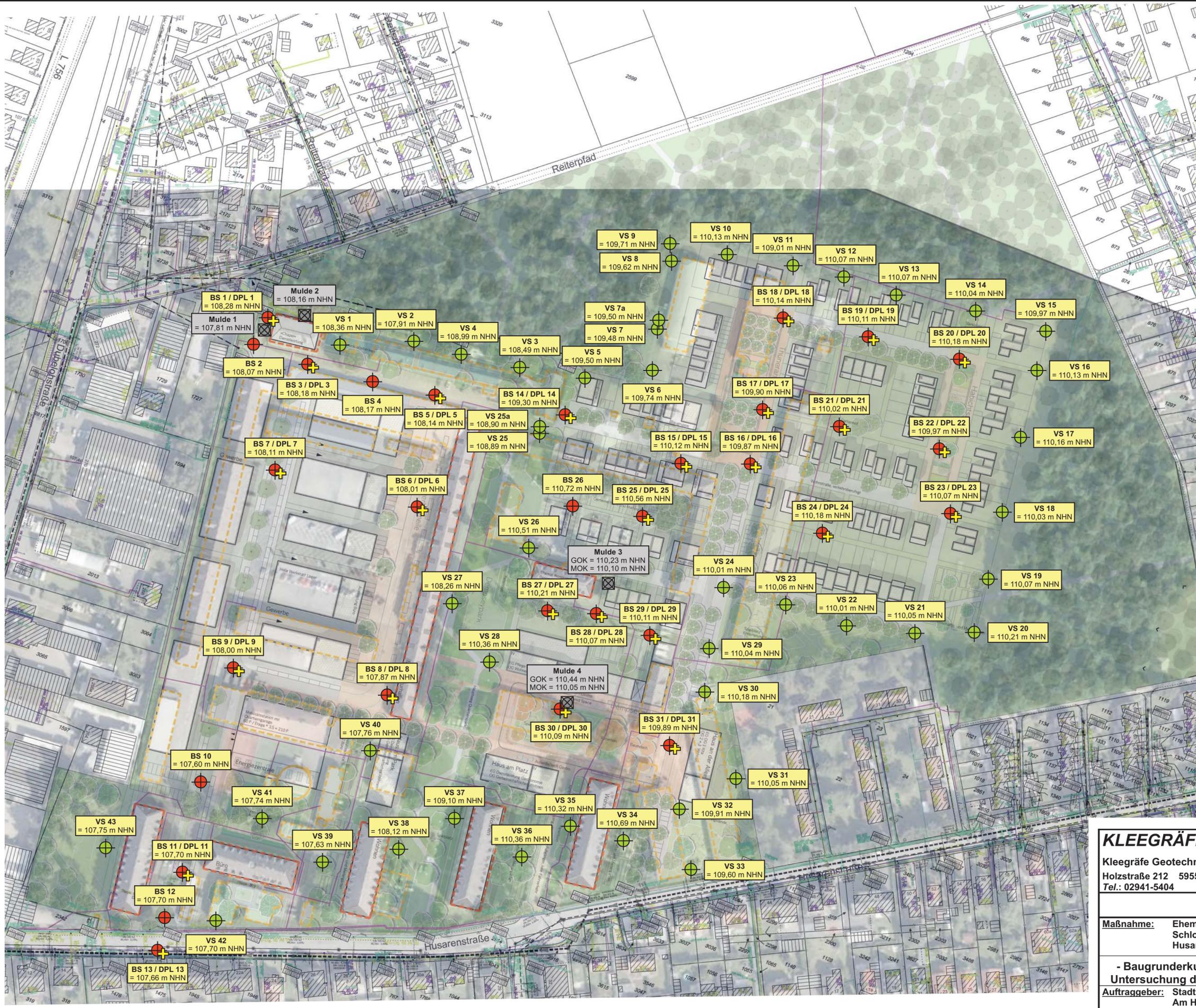
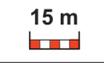
Verteiler: STADT PADERBORN
Am Hoppenhof 33, 33104 Paderborn

(2 x + pdf)

ANLAGE 1.1
Lageplan (1:1.500)



Maßstab
1 : 1.500



Zeichenerklärung:

-  **BS** Kleinbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1 (Baugrunderkundung)
-  **VS** Kleinbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1 (Versickerungspotential) + Versickerungsversuch im Gelände
-  **DPL** Rammsondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2
-  **HMP** Höhenmesspunkt

KLEEGRÄFE

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

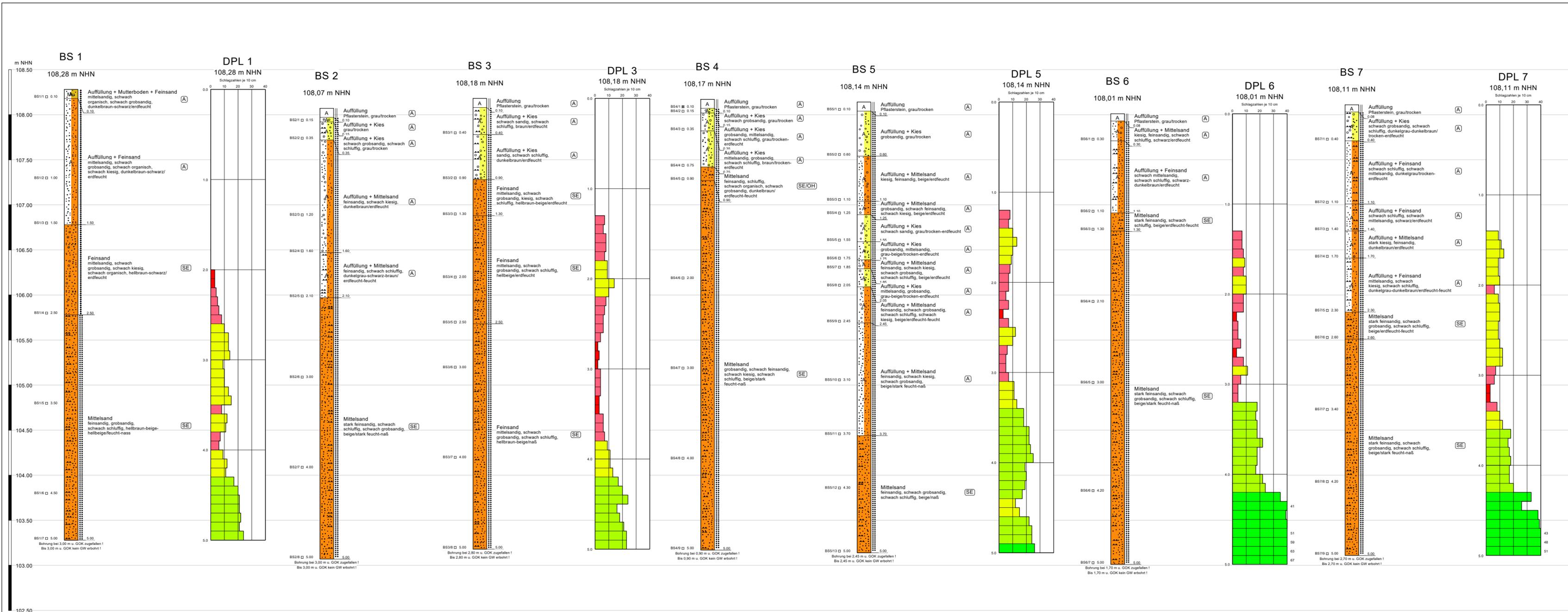


Lageplan

Maßnahme: Ehemalige Dempsey Kaserne Schloß Neuhaus Husarenstraße, 33104 Paderborn	Bearb.-Nr.: 201110
- Baugrunderkundung / hydrogeologische. Untersuchung des Versickerungspotentials -	Anlage: 1
Auftraggeber: Stadt Paderborn Am Hoppenhof 33 33104 Paderborn	Blatt: 1 Dezember 2020 Klee/Mey/Stb 1 : 1.500

A N L A G E 2.1 – 2.11

Schichtendarstellung / Rammdiagramme

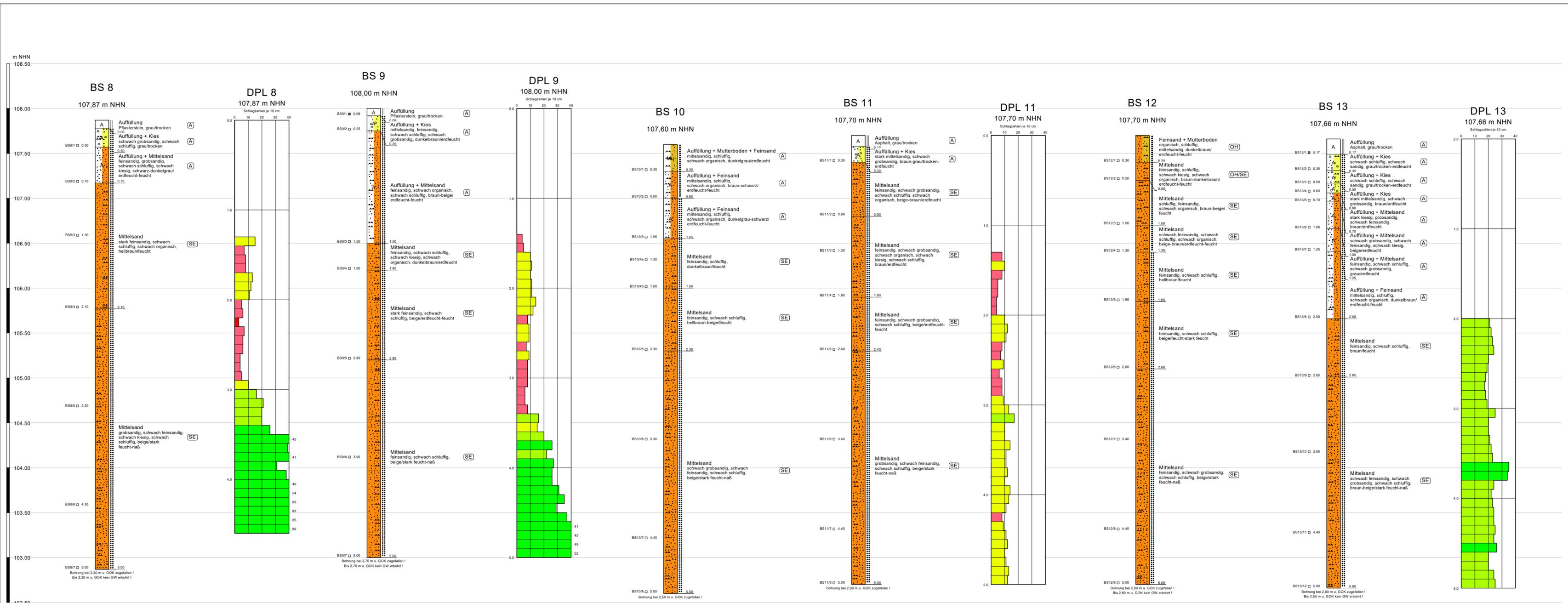


KLEEGRÄFE
 Kleegräfe Geotechnik GmbH
 Holzstraße 212 59556 Lippstadt
 Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582

Schichtendarstellung		
Maßnahme:	Ehem. Dempsey Kaserne Schloss Neuhaus 33104 Paderborn	Bearb.-Nr. 201110 Anlage 2.1
- Baugrunderkundung / hydrog. Untersuchung -		Geologen:
Auftraggeber:	Stadt Paderborn Am Hoppenhof 33 33104 Paderborn	Hr. Schulte / Hr. Jäger / Fr. Weinstock Dezember 2020

Legende

fest	Schluff	Mutterboden
locker bis sehr locker	Sand	Auffüllung
mitteldicht	Feinsand	
dicht	Mittelsand	
	Grobsand	
	Kies	
	Feinkies	



Legende DPL

	sehr locker
	locker
	mitteldicht
	dicht
	sehr dicht

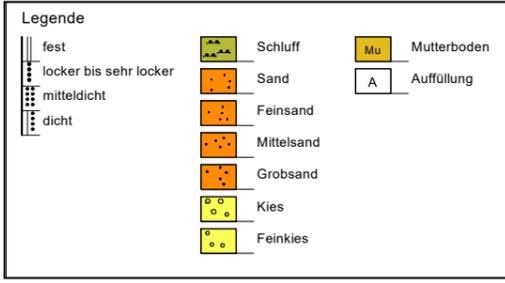
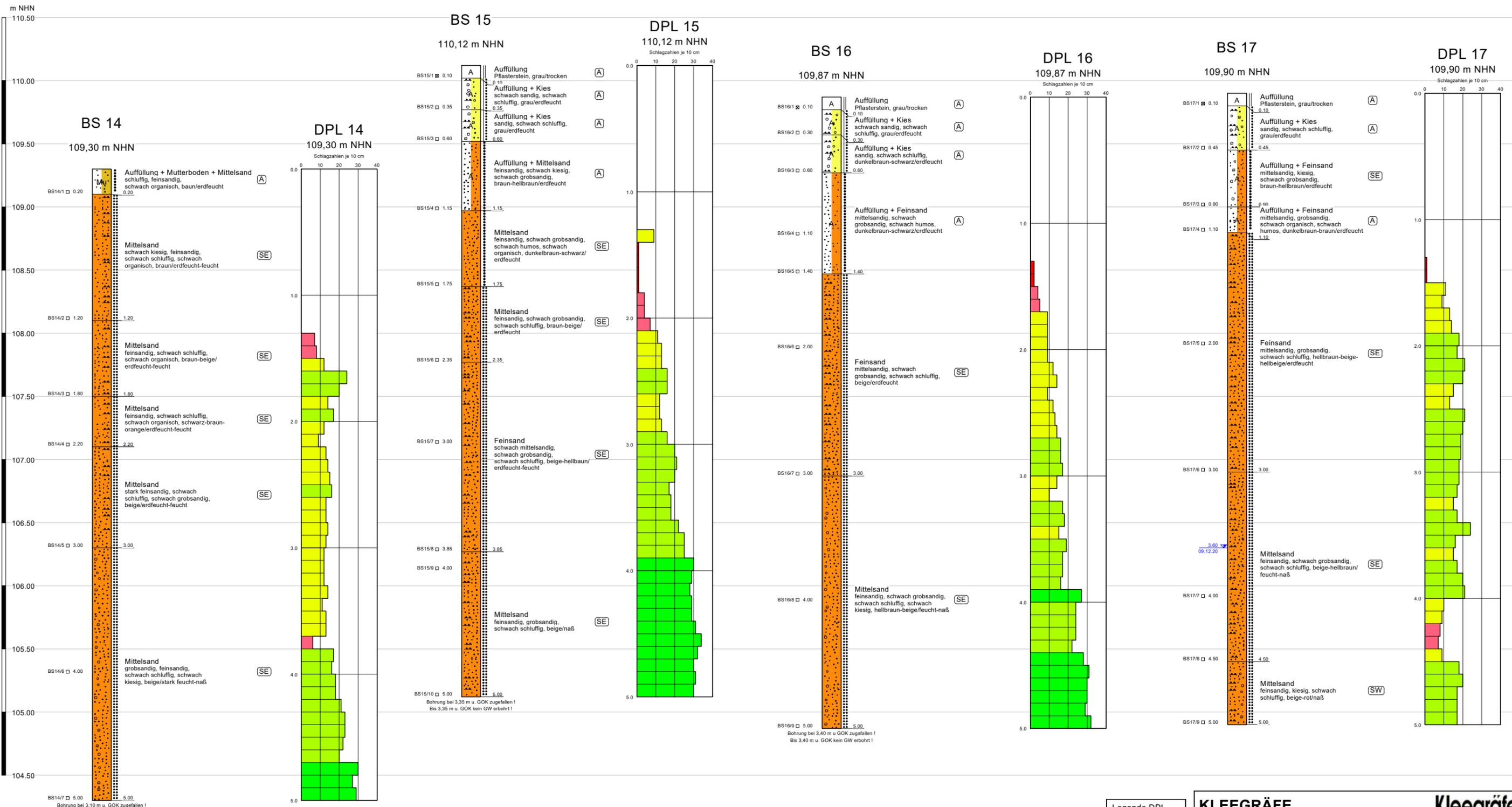
Legende

	fest
	locker bis sehr locker
	mitteldicht
	dicht
	Schluff
	Sand
	Feinsand
	Mittelsand
	Grobsand
	Kies
	Feinkies
	Mutterboden
	Auffüllung

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

Schichtendarstellung

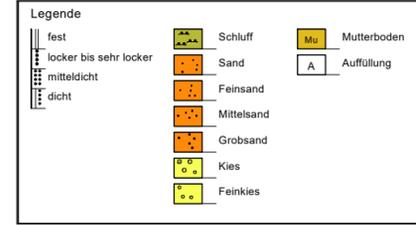
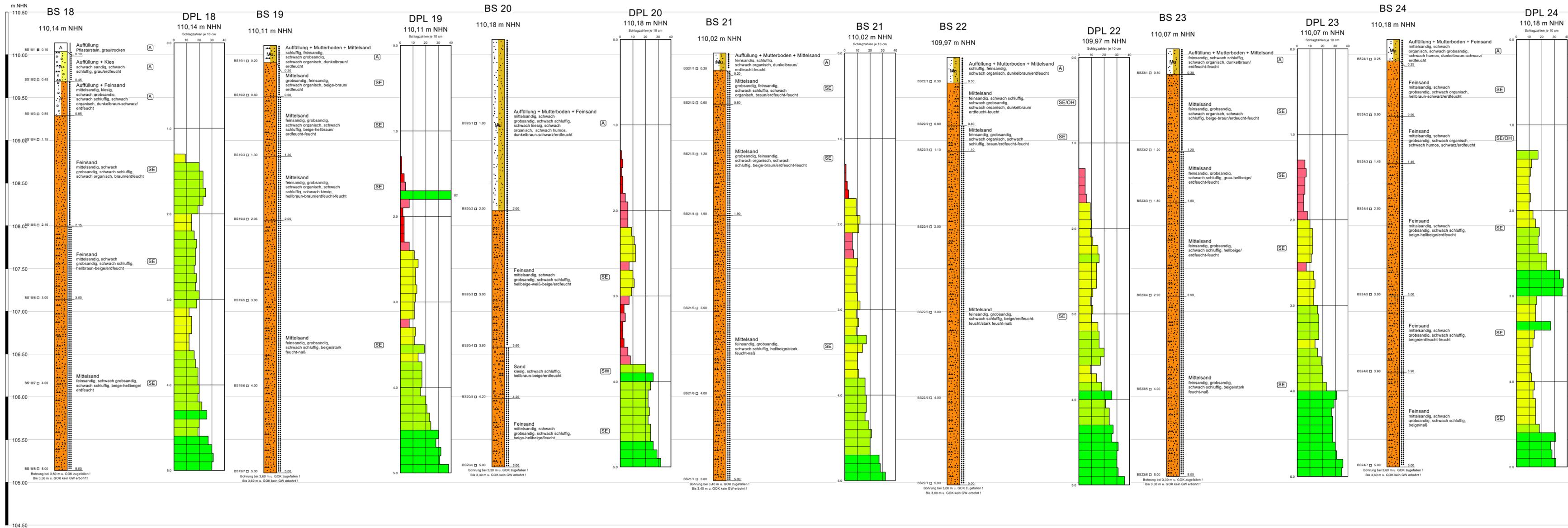
Maßnahme:	Ehem. Dempsey Kaserne	Bearb.-Nr.
	Schloss Neuhaus	201110
	33104 Paderborn	Anlage 2.2
- Baugrunderkundung / hydrog. Untersuchung -		Geologen:
Auftraggeber:	Stadt Paderborn	Hr. Schulte /
	Am Hoppenhof 33	Fr. Jäger /
	33104 Paderborn	Fr. Weinstock
		Dezember 2020



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

Schichtendarstellung

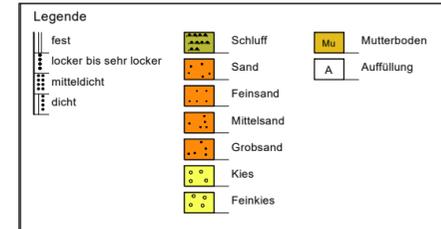
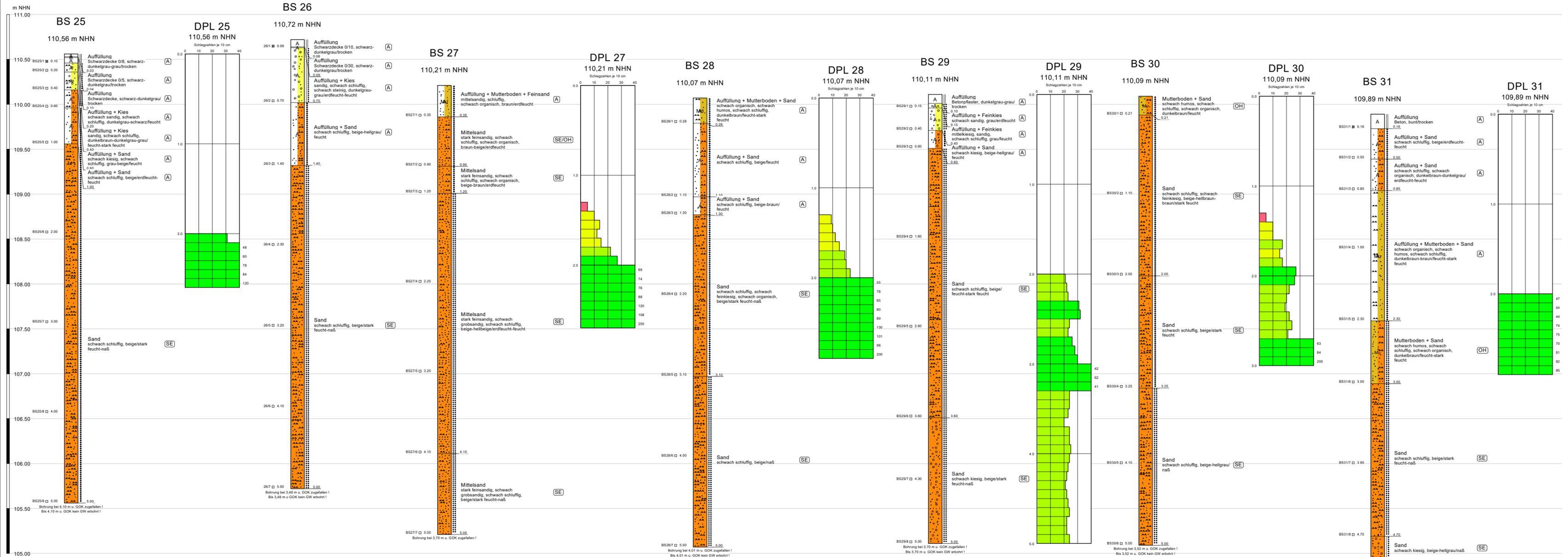
Maßnahme:	Ehem. Dempsey Kaserne Schloss Neuhaus 33104 Paderborn	Bearb.-Nr.:	201110 Anlage 2.3
- Baugrunderkundung / hydrog. Untersuchung -		Geologen:	Hr. Schulte / Hr. Jäger / Fr. Weinstock
Auftraggeber:	Stadt Paderborn Am Hoppenhof 33 33104 Paderborn		Dezember 2020



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

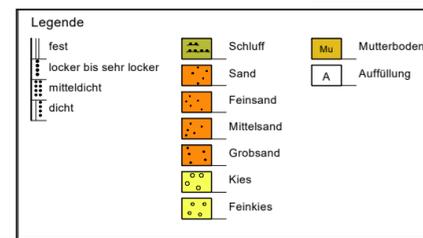
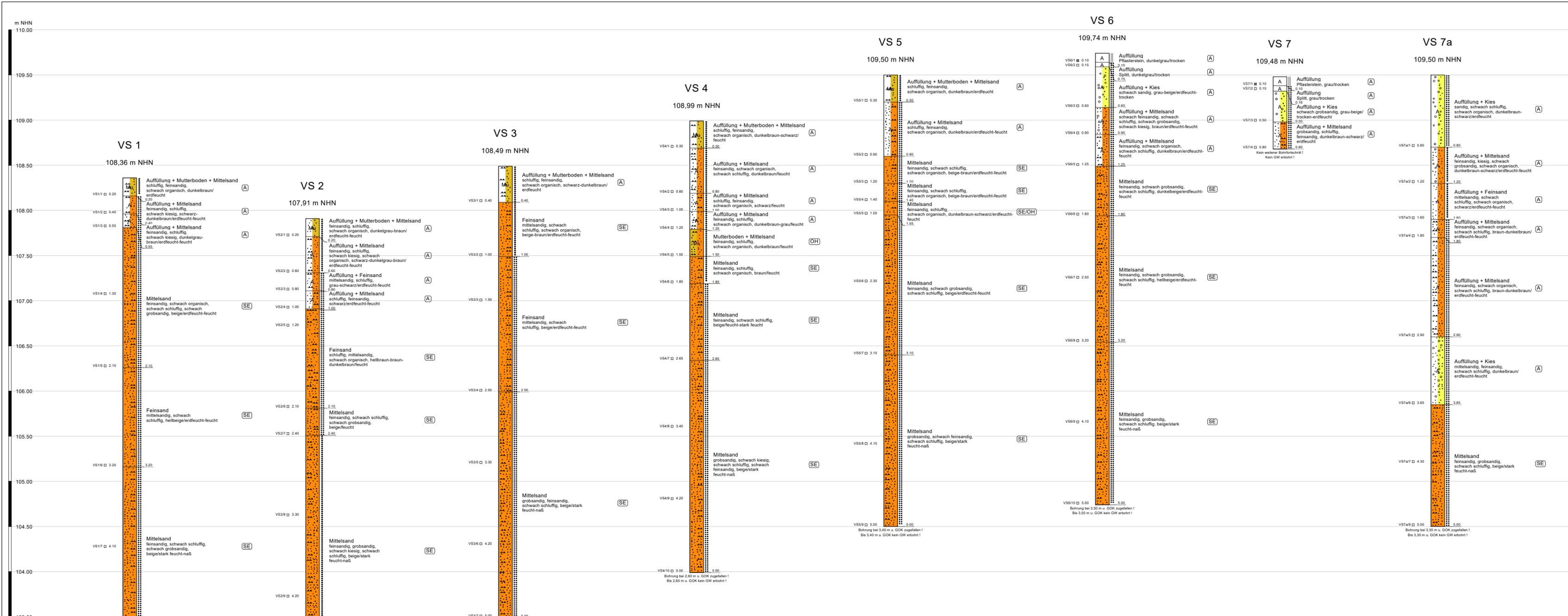
Schichtendarstellung

Maßnahme: Ehem. Dempsey Kaserne Schloss Neuhaus 33104 Paderborn	Bearb.-Nr.: 201110 Anlage 2.3
- Baugrunderkundung / hydrog. Untersuchung -	
Auftraggeber: Stadt Paderborn Am Hoppenhof 33 33104 Paderborn	Geologen: Hr. Schulte / Hr. Jäger / Fr. Weinstock Dezember 2020



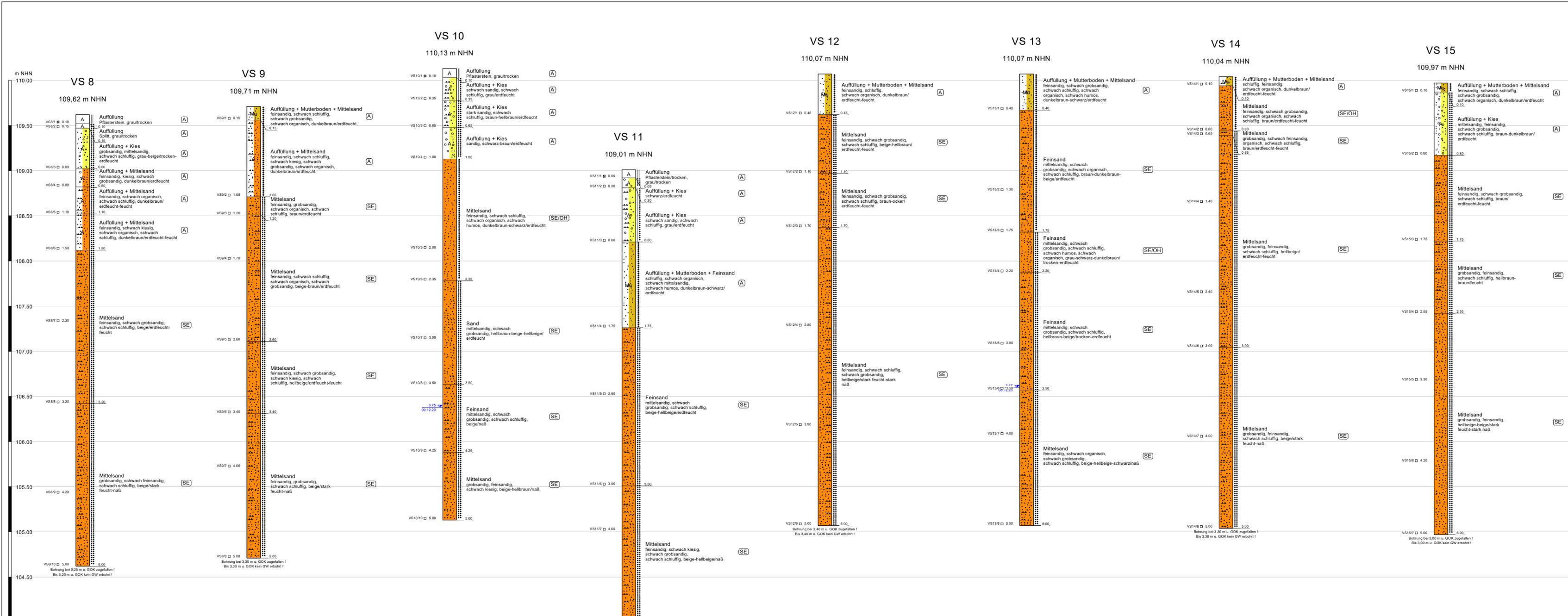
KLEEGRÄFE
 Kleegräfe Geotechnik GmbH
 Holzstraße 212 59556 Lippstadt
 Tel.: 02941-5404 Fax: 02941-3582

Schichtendarstellung		
Maßnahme:	Ehem. Dempsey Kaserne Schloss Neuhaus 33104 Paderborn	Bearb.-Nr. 201110 Anlage 2.5
- Baugrunderkundung / hydrog. Untersuchung -		Geologen:
Auftraggeber:	Stadt Paderborn Am Hoppenhof 33 33104 Paderborn	Hr. Schulte / Hr. Jäger / Fr. Weinstock Dezember 2020



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

Schichtendarstellung		
Maßnahme:	Ehem. Dempsey Kaserne Schloss Neuhaus 33104 Paderborn	Bearb.-Nr. 201110 Anlage 2.6
- Baugrunderkundung / hydrog. Untersuchung -		Geologen:
Auftraggeber:	Stadt Paderborn Am Hoppenhof 33 33104 Paderborn	Hr. Schulte / Hr. Jäger / Fr. Weinstock Dezember 2020



Legende DPL

■	sehr locker
■	locker
■	mitteldicht
■	dicht
■	sehr dicht

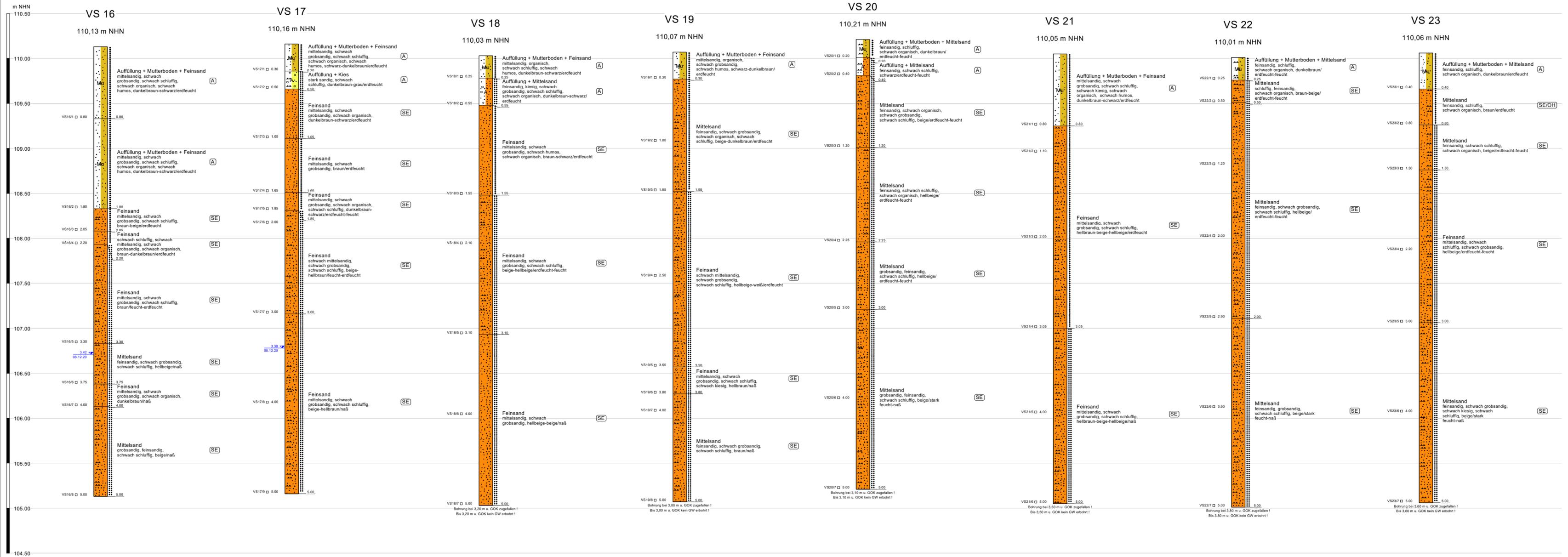
Legende

	fest	■	Schluff	■	Mutterboden
	locker bis sehr locker	■	Sand	■	Auffüllung
	mitteldicht	■	Feinsand		
	dicht	■	Mittelsand		
		■	Grobsand		
		■	Kies		
		■	Feinkies		

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

Schichtendarstellung

Maßnahme:	Ehem. Dempsey Kaserne	Bearb.-Nr.	
	Schloss Neuhaus		201110
	33104 Paderborn		Anlage 2.7
- Baugrunderkundung / hydrog. Untersuchung -		Geologen:	
Auftraggeber:	Stadt Paderborn	Hr. Schulte /	
	Am Hoppenhof 33	Hr. Jäger /	
	33104 Paderborn	Fr. Weinstock	
			Dezember 2020



Legende DPL

Red	sehr locker
Orange	locker
Yellow	mitteldicht
Green	dicht
Dark Green	sehr dicht

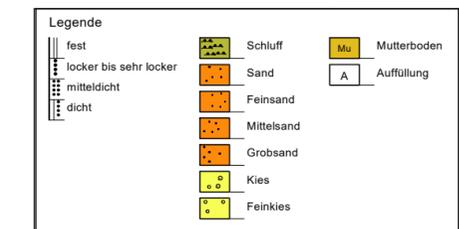
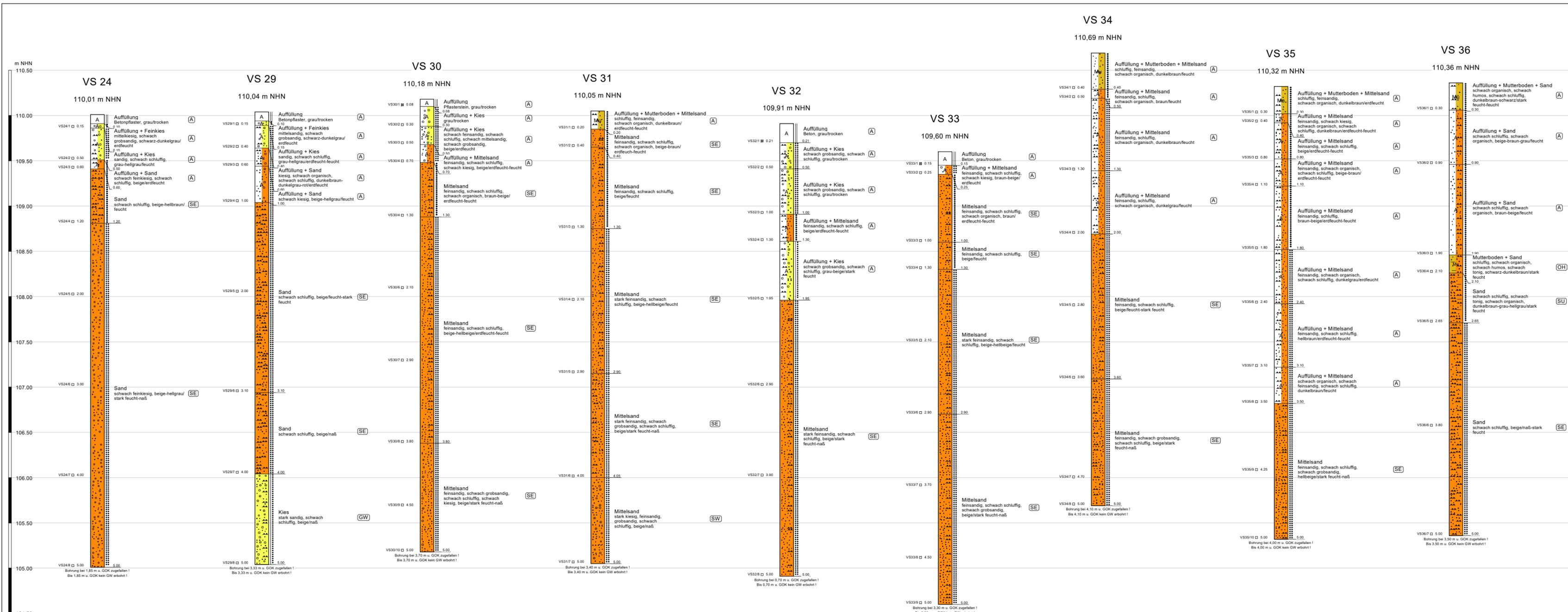
Legende

Vertical lines	fest	Mu	Mutterboden
Vertical lines with dots	locker bis sehr locker	A	Auffüllung
Vertical lines with small circles	mitteldicht		
Vertical lines with larger circles	dicht		
Vertical lines with triangles	Schluff		
Vertical lines with squares	Sand		
Vertical lines with diamonds	Feinsand		
Vertical lines with hexagons	Mittelsand		
Vertical lines with octagons	Grobsand		
Vertical lines with circles	Kies		
Vertical lines with squares	Feinkies		

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

Schichtendarstellung

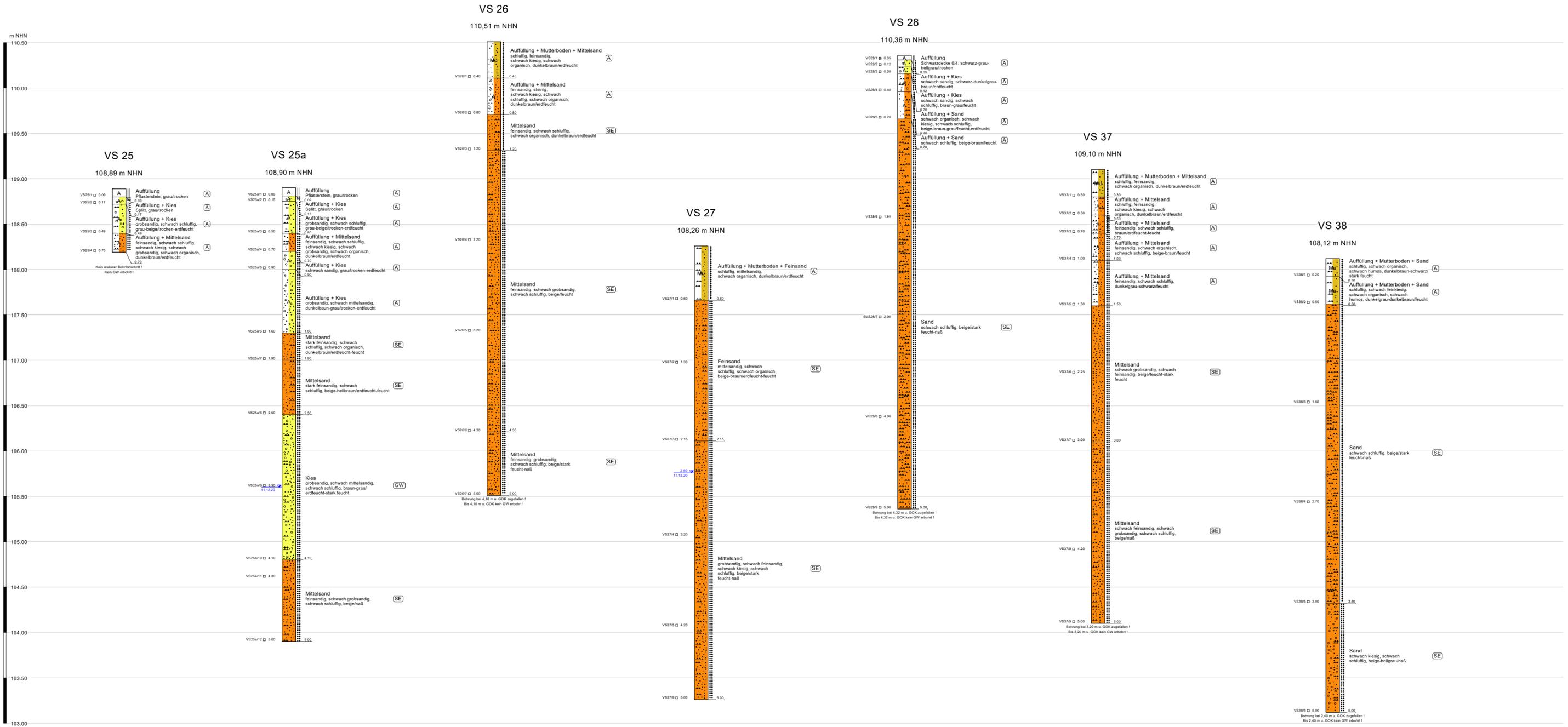
Maßnahme:	Ehem. Dempsey Kaserne	Bearb.-Nr.
	Schloss Neuhaus 33104 Paderborn	201110
		Anlage 2.8
- Baugrunderkundung / hydrog. Untersuchung -		
Auftraggeber:	Stadt Paderborn Am Hoppenhof 33 33104 Paderborn	Geologen:
		Hr. Schulte / Hr. Jäger / Fr. Weinstock
		Dezember 2020



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



Schichtendarstellung		
Maßnahme:	Ehem. Dempsey Kaserne Schloss Neuhaus 33104 Paderborn	Bearb.-Nr. 201110 Anlage 2.9
- Baugrunderkundung / hydrog. Untersuchung -		Geologen:
Auftraggeber:	Stadt Paderborn Am Hoppenhof 33 33104 Paderborn	Hr. Schulte / Hr. Jäger / Fr. Weinstock Dezember 2020



Legende DPL

Red	sehr locker
Orange	locker
Yellow	mitteldicht
Green	dicht
Dark Green	sehr dicht

Legende

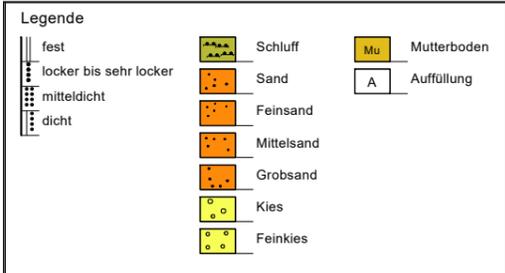
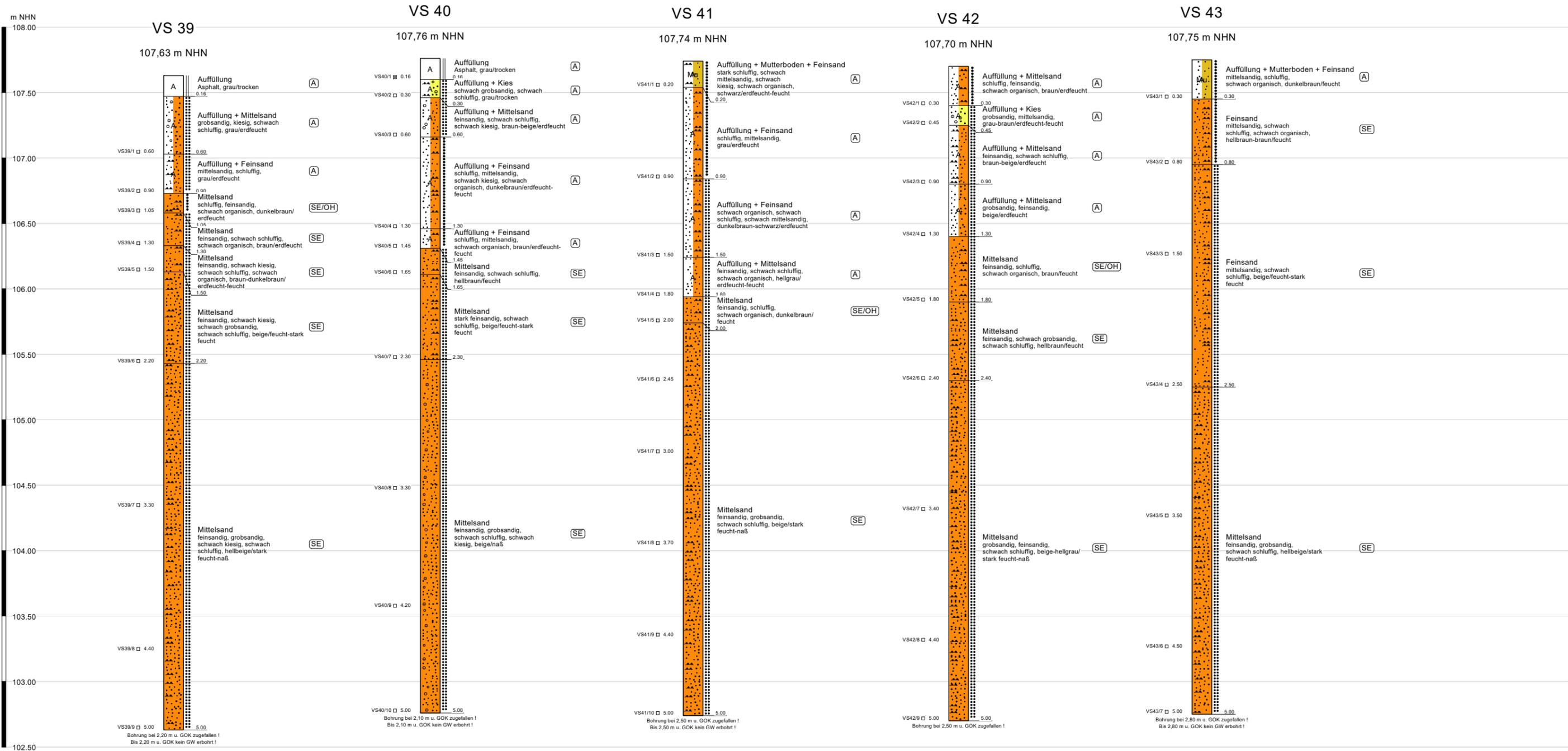
Vertical lines	fest	Vertical lines with dots	Schluff	Yellow box with 'M _u	Mutterboden
Vertical lines with dots	locker bis sehr locker	Orange box	Sand	White box with 'A'	Auffüllung
Vertical lines with dots and dashes	mitteldicht	Yellow box with dots	Feinsand		
Vertical lines with dots and dashes	dicht	Orange box with dots	Mittelsand		
		Orange box with dots and dashes	Grobsand		
		Yellow box with dots and dashes	Kies		
		Yellow box with dots and dashes	Feinkies		

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



Schichtendarstellung

Maßnahme:	Ehem. Dempsey Kaserne Schloss Neuhaus 33104 Paderborn	Bearb.-Nr.	201110
			Anlage 2.10
- Baugrunderkundung / hydrog. Untersuchung -		Geologen:	Hr. Schulte / Hr. Jäger / Fr. Weinstock
Auftraggeber:	Stadt Paderborn Am Hoppenhof 33 33104 Paderborn		Dezember 2020



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

Schichtendarstellung

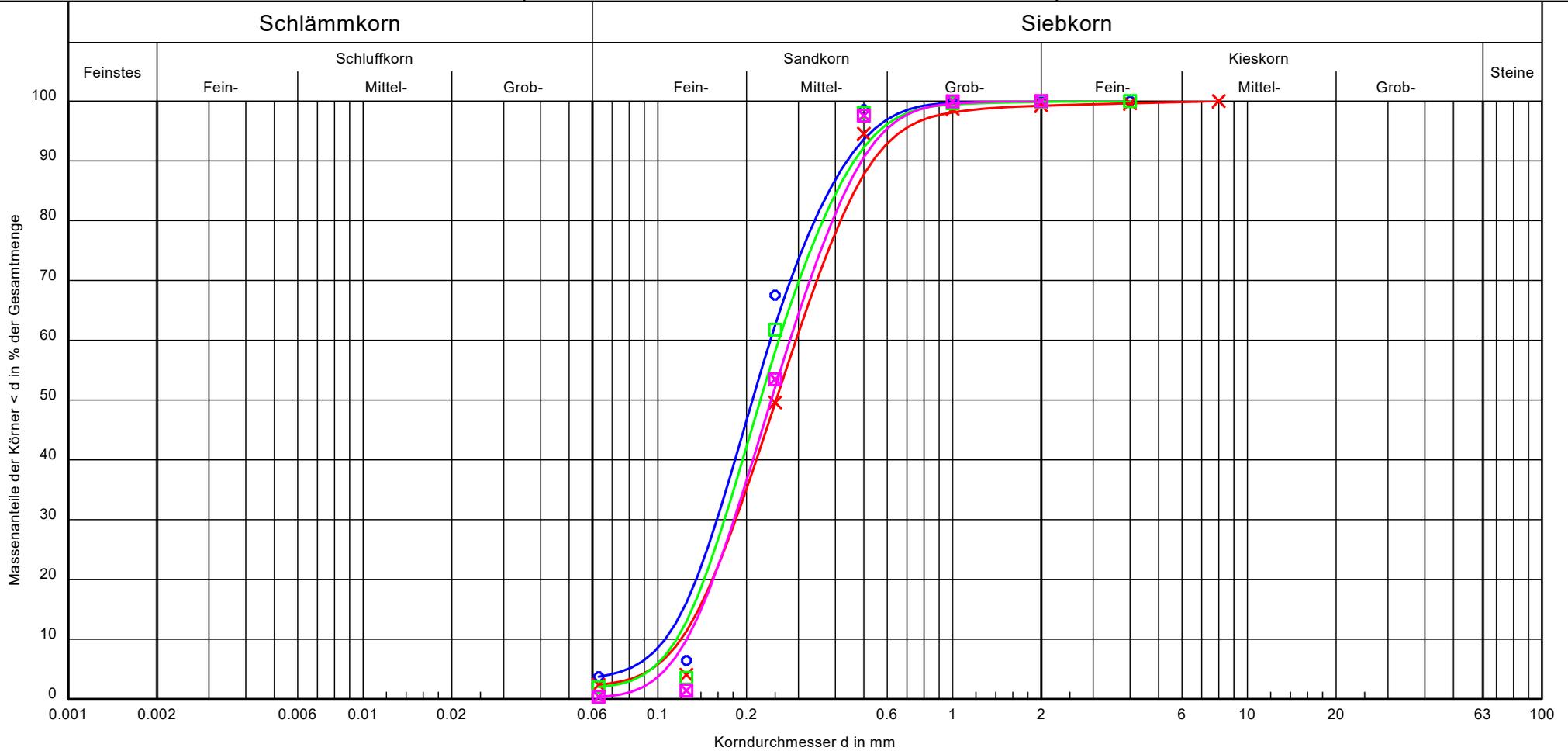
Maßnahme:	Ehem. Dempsey Kaserne Schloss Neuhaus 33104 Paderborn	Bearb.-Nr.:	201110 Anlage 2.11
- Baugrunderkundung / hydrog. Untersuchung -		Geologen:	Hr. Schulte / Hr. Jäger / Fr. Weinstock
Auftraggeber:	Stadt Paderborn Am Hoppenhof 33 33104 Paderborn		Dezember 2020

ANLAGE 3.1 – 3.4

Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)

Körnungslinie

Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus
Husarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -



Bezeichnung:	Probe VS2/6	Probe VS7a/3	Probe VS13/3	Probe VS17/4
Bodenart:	fS, mS	mS, fS, gs'	fS, mS	mS, fS
Tiefe:	1,20 - 2,10 m	1,20 - 1,60 m	1,30 - 1,75 m	1,05 - 1,65 m
k [m/s] (Hazen):	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$1.4 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$
Entnahmestelle:	VS 2	VS 7a	VS 13	VS 17
Cu/Cc	2.3/1.0	2.5/1.0	2.2/1.0	2.2/0.9

Bemerkungen:
 VS2/6: kf-Wert (Beyer): $\sim 1,1 \times 10^{-4}$ m/s
 VS7a/3: kf-Wert (Beyer): $\sim 1,4 \times 10^{-4}$ m/s
 VS13/3: kf-Wert (Beyer): $\sim 1,3 \times 10^{-4}$ m/s
 VS17/4: kf-Wert (Beyer): $\sim 1,6 \times 10^{-4}$ m/s

Bericht: 201110
 Anlage: 3.1

Körnungslinie

Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus

Husarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Bearbeiter: Frau Steinbach

Datum: 07.01.2021

Prüfungsnummer: Proben VS2/6, VS7a/3, VS13/3, VS17/4

Probe entnommen am: Dezember 2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe VS2/6
 Bodenart: fS, mS
 Tiefe: 1,20 - 2,10 m
 k [m/s] (Hazen): 1.120E-4
 Entnahmestelle: VS 2
 Cu/Cc 2.3/1.0
 d10/d30/d60 [mm]: 0.106 / 0.159 / 0.241
 Siebanalyse:
 Trockenmasse [g]: 320.41

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.07	0.02	99.98
1.0	0.22	0.07	99.91
0.5	4.35	1.36	98.55
0.25	99.37	31.01	67.54
0.125	195.81	61.11	6.43
0.063	8.61	2.69	3.74
Schale	11.98	3.74	-
Summe	320.41		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus

Husarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Bearbeiter: Frau Steinbach

Datum: 07.01.2021

Prüfungsnummer: Proben VS2/6, VS7a/3, VS13/3, VS17/4

Probe entnommen am: Dezember 2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe VS7a/3

Bodenart: mS, f_s, gs'

Tiefe: 1,20 - 1,60 m

k [m/s] (Hazen): 1.432E-4

Entnahmestelle: VS 7a

Cu/Cc 2.5/1.0

d₁₀/d₃₀/d₆₀ [mm]: 0.120 / 0.184 / 0.294

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 196.85

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
8.0	0.00	0.00	100.00
4.0	0.74	0.38	99.62
2.0	0.75	0.38	99.24
1.0	1.09	0.55	98.69
0.5	8.15	4.14	94.55
0.25	88.50	44.96	49.59
0.125	89.62	45.53	4.06
0.063	3.30	1.68	2.39
Schale	4.70	2.39	-
Summe	196.85		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß NeuhausHusarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Bearbeiter: Frau Steinbach

Datum: 07.01.2021

Prüfungsnummer: Proben VS2/6, VS7a/3, VS13/3, VS17/4

Probe entnommen am: Dezember 2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe VS13/3

Bodenart: fS, mS

Tiefe: 1,30 - 1,75 m

k [m/s] (Hazen): 1.341E-4

Entnahmestelle: VS 13

Cu/Cc 2.2/1.0

d10/d30/d60 [mm]: 0.116 / 0.168 / 0.257

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 262.86

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.29	0.11	99.89
1.0	0.66	0.25	99.64
0.5	4.16	1.58	98.06
0.25	95.35	36.27	61.78
0.125	153.08	58.24	3.55
0.063	4.03	1.53	2.01
Schale	5.29	2.01	-
Summe	262.86		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus

Husarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Bearbeiter: Frau Steinbach

Datum: 07.01.2021

Prüfungsnummer: Proben VS2/6, VS7a/3, VS13/3, VS17/4

Probe entnommen am: Dezember 2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe VS17/4

Bodenart: mS, f \bar{s}

Tiefe: 1,05 - 1,65 m

k [m/s] (Hazen): 1.572E-4

Entnahmestelle: VS 17

Cu/Cc 2.2/0.9

d₁₀/d₃₀/d₆₀ [mm]: 0.125 / 0.181 / 0.281

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 234.70

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
2.0	0.00	0.00	100.00
1.0	0.11	0.05	99.95
0.5	5.60	2.39	97.57
0.25	103.50	44.10	53.47
0.125	122.14	52.04	1.43
0.063	2.49	1.06	0.37
Schale	0.86	0.37	-
Summe	234.70		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

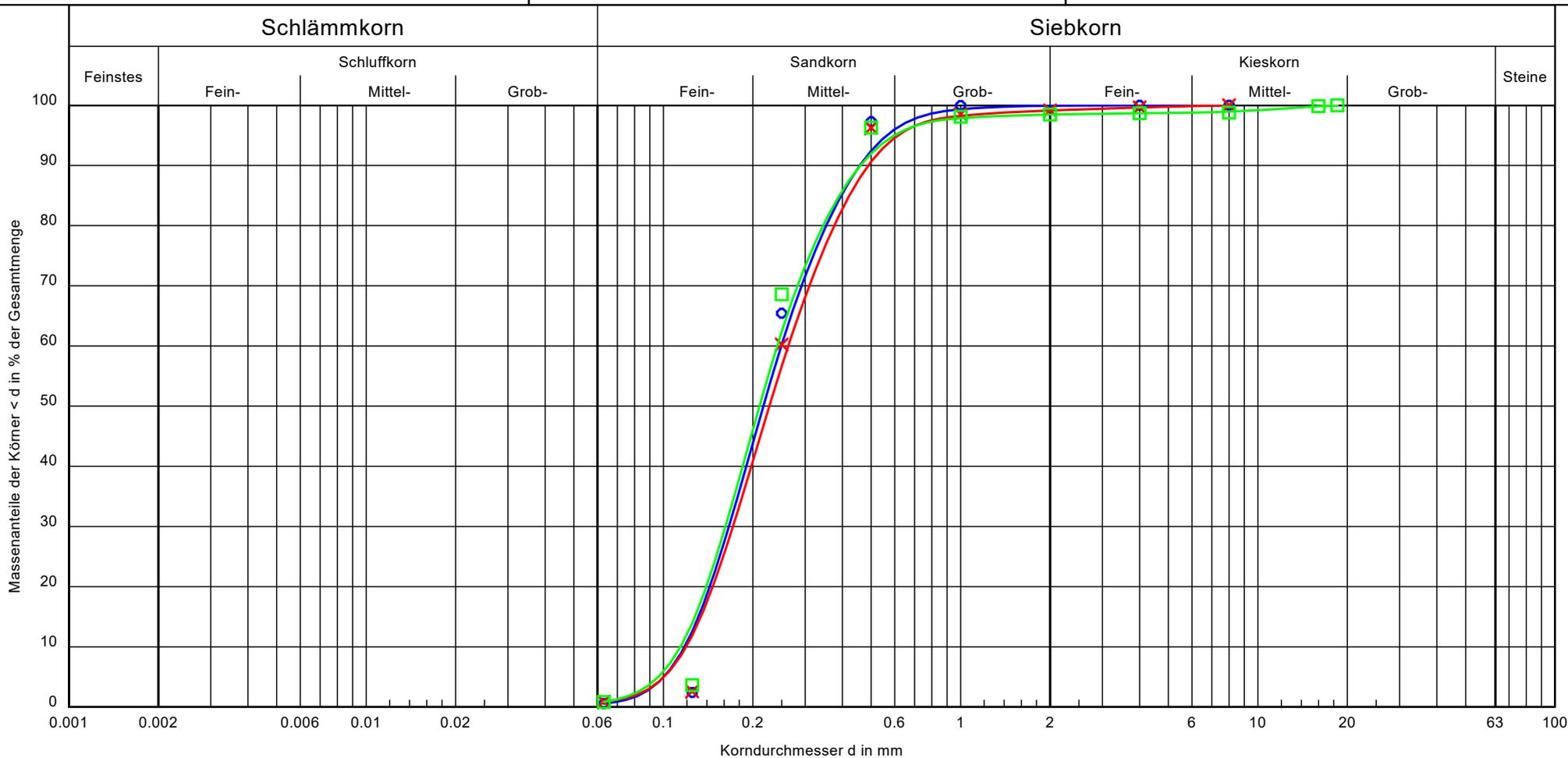
Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus
Husarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Prüfungsnummer: Proben VS20/4, VS24/5, VS27/3

Probe entnommen am: Dezember 2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen



Bezeichnung:	Probe VS20/4	Probe VS24/5	Probe 27/3
Bodenart:	fS, mS	mS, fS	fS, mS
Tiefe:	1,20 - 2,25 m	1,20 - 2,00 m	1,30 - 2,15 m
k [m/s] (Hazen):	$1.4 \cdot 10^{-4}$	$1.4 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$
Entnahmestelle:	VS 20	VS 24	VS 27
Cu/Cc	2.1/0.9	2.2/0.9	2.1/0.9

Bemerkungen:
 VS20/4: kf-Wert (Beyer): $\sim 1,4 \times 10^{-4}$ m/s
 VS24/5: kf-Wert (Beyer): $\sim 1,4 \times 10^{-4}$ m/s
 VS27/3: kf-Wert (Beyer): $\sim 1,3 \times 10^{-4}$ m/s

Bericht:
201110
Anlage:
3.2

Körnungslinie

Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus

Husarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Bearbeiter: Frau Steinbach

Datum: 07.01.2021

Prüfungsnummer: Proben VS20/4, VS24/5, VS27/3

Probe entnommen am: Dezember 2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe VS20/4

Bodenart: fS, mS

Tiefe: 1,20 - 2,25 m

k [m/s] (Hazen): 1.382E-4

Entnahmestelle: VS 20

Cu/Cc 2.1/0.9

d10/d30/d60 [mm]: 0.118 / 0.166 / 0.249

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 283.03

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
8.0	0.00	0.00	100.00
4.0	0.01	0.00	100.00
1.0	0.08	0.03	99.97
0.5	7.62	2.69	97.28
0.25	90.13	31.84	65.43
0.125	178.33	63.01	2.42
0.063	5.24	1.85	0.57
Schale	1.62	0.57	-
Summe	283.03		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus

Husarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Bearbeiter: Frau Steinbach

Datum: 07.01.2021

Prüfungsnummer: Proben VS20/4, VS24/5, VS27/3

Probe entnommen am: Dezember 2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe VS24/5

Bodenart: mS, f \bar{s}

Tiefe: 1,20 - 2,00 m

k [m/s] (Hazen): 1.416E-4

Entnahmestelle: VS 24

Cu/Cc 2.2/0.9

d₁₀/d₃₀/d₆₀ [mm]: 0.119 / 0.171 / 0.263

Siebanalyse:

Trockenmasse [g]: 314.74

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
8.0	0.00	0.00	100.00
4.0	1.11	0.35	99.65
2.0	1.60	0.51	99.14
1.0	1.98	0.63	98.51
0.5	7.08	2.25	96.26
0.25	113.37	36.02	60.24
0.125	181.40	57.63	2.61
0.063	5.31	1.69	0.92
Schale	2.89	0.92	-
Summe	314.74		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus

Husarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Bearbeiter: Frau Steinbach

Datum: 07.01.2021

Prüfungsnummer: Proben VS20/4, VS24/5, VS27/3

Probe entnommen am: Dezember 2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 27/3
Bodenart: fS, mS
Tiefe: 1,30 - 2,15 m
k [m/s] (Hazen): 1.301E-4
Entnahmestelle: VS 27
Cu/Cc 2.1/0.9
d10/d30/d60 [mm]: 0.114 / 0.162 / 0.242
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 254.84

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
18.5	0.00	0.00	100.00
16.0	0.36	0.14	99.86
8.0	2.74	1.08	98.78
4.0	0.26	0.10	98.68
2.0	0.54	0.21	98.47
1.0	0.98	0.38	98.09
0.5	4.58	1.80	96.29
0.25	70.61	27.71	68.58
0.125	165.49	64.94	3.64
0.063	7.14	2.80	0.84
Schale	2.14	0.84	-
Summe	254.84		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

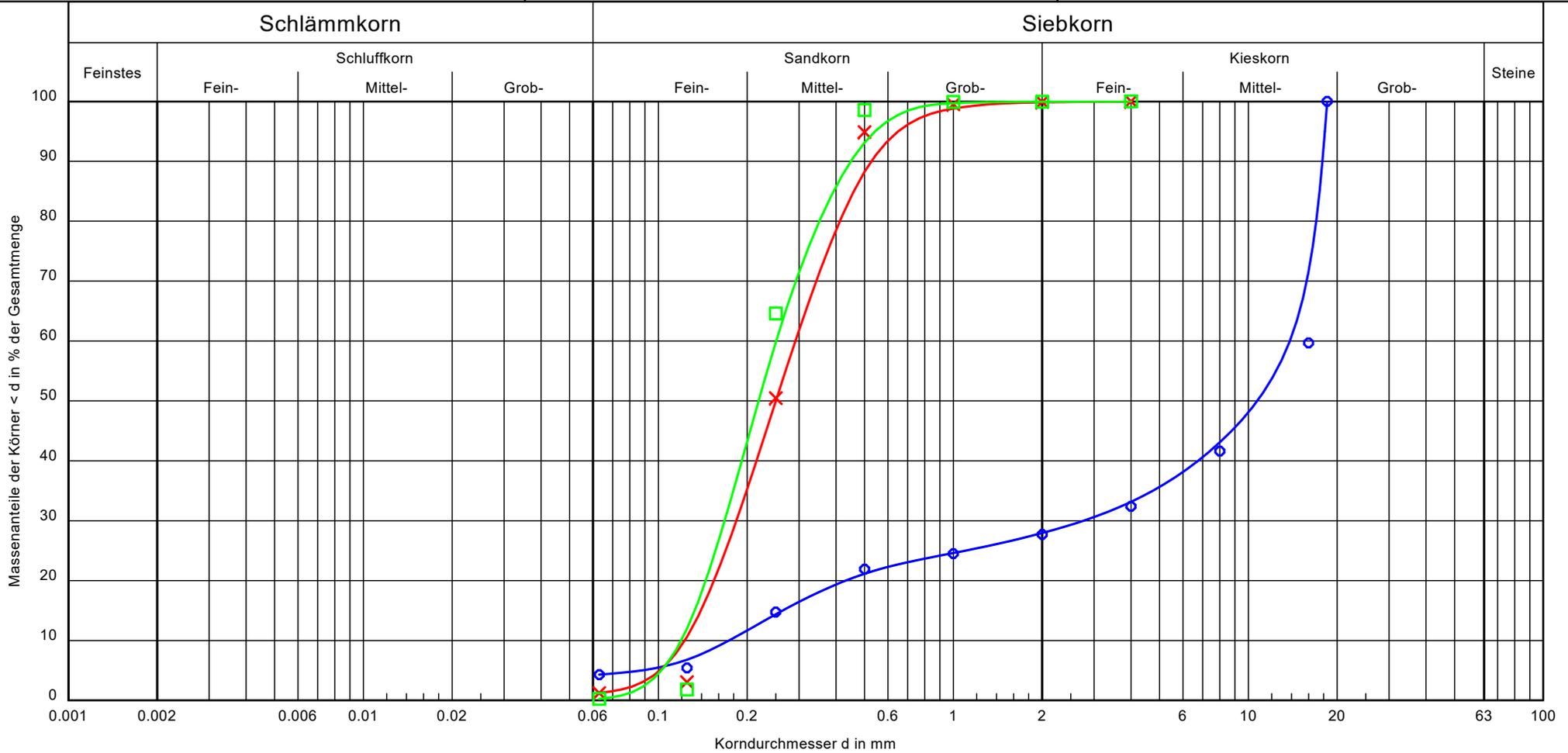
Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus
Husarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Prüfungsnummer: Proben VS32/5, VS37/5, VS43/3

Probe entnommen am: Dezember 2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen



Bezeichnung:	Probe VS32/5	Probe 37/5	Probe 43/3
Bodenart:	mG, fs', ms', gs', fg'	mS, fs, gs'	fs, mS
Tiefe:	1,30 - 1,95 m	1,00 - 1,50 m	0,80 - 1,50 m
k [m/s] (Hazen):	-	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$1.4 \cdot 10^{-4}$
Entnahmestelle:	VS 32	VS 37	VS 43
Cu/Cc	79.7/3.2	2.4/0.9	2.1/0.9

Bemerkungen:
 VS32/5: kf-Wert (Beyer): $\sim 1,8 \times 10^{-4}$ m/s
 VS37/5: kf-Wert (Beyer): $\sim 1,5 \times 10^{-4}$ m/s
 VS43/3: kf-Wert (Beyer): $\sim 1,4 \times 10^{-4}$ m/s

Bericht: 201110
 Anlage: 3.3

Körnungslinie

Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus

Husarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Bearbeiter: Frau Steinbach

Datum: 07.01.2021

Prüfungsnummer: Proben VS32/5, VS37/5, VS43/3

Probe entnommen am: Dezember 2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe VS32/5
Bodenart: mG, fs', ms', gs', fg'
Tiefe: 1,30 - 1,95 m
k [m/s] (Hazen): -
Entnahmestelle: VS 32
Cu/Cc 79.7/3.2
d10/d30/d60 [mm]: 0.173 / 2.757 / 13.821
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 598.96

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurchgänge [%]
18.5	0.00	0.00	100.00
16.0	241.48	40.32	59.68
8.0	108.21	18.07	41.62
4.0	55.17	9.21	32.41
2.0	28.16	4.70	27.70
1.0	19.09	3.19	24.52
0.5	15.61	2.61	21.91
0.25	42.89	7.16	14.75
0.125	55.74	9.31	5.44
0.063	6.77	1.13	4.31
Schale	25.84	4.31	-
Summe	598.96		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus

Husarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Bearbeiter: Frau Steinbach

Datum: 07.01.2021

Prüfungsnummer: Proben VS32/5, VS37/5, VS43/3

Probe entnommen am: Dezember 2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 37/5
Bodenart: mS, f_s, gs'
Tiefe: 1,00 - 1,50 m
k [m/s] (Hazen): 1.503E-4
Entnahmestelle: VS 37
Cu/Cc 2.4/0.9
d10/d30/d60 [mm]: 0.123 / 0.184 / 0.292
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 303.30

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.32	0.11	99.89
1.0	1.20	0.40	99.50
0.5	14.04	4.63	94.87
0.25	134.65	44.39	50.47
0.125	143.80	47.41	3.06
0.063	5.52	1.82	1.24
Schale	3.77	1.24	-
Summe	303.30		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus

Husarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Bearbeiter: Frau Steinbach

Datum: 07.01.2021

Prüfungsnummer: Proben VS32/5, VS37/5, VS43/3

Probe entnommen am: Dezember 2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Sieb-Analysen

Bezeichnung: Probe 43/3
 Bodenart: fS, mS
 Tiefe: 0,80 - 1,50 m
 k [m/s] (Hazen): 1.420E-4
 Entnahmestelle: VS 43
 Cu/Cc 2.1/0.9
 d10/d30/d60 [mm]: 0.119 / 0.168 / 0.251
 Siebanalyse:
 Trockenmasse [g]: 292.57

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Siebdurch- gänge [%]
4.0	0.00	0.00	100.00
2.0	0.17	0.06	99.94
1.0	0.09	0.03	99.91
0.5	4.01	1.37	98.54
0.25	99.31	33.94	64.60
0.125	183.62	62.76	1.84
0.063	4.57	1.56	0.27
Schale	0.80	0.27	-
Summe	292.57		
Siebverlust	0.00		

Körnungslinie

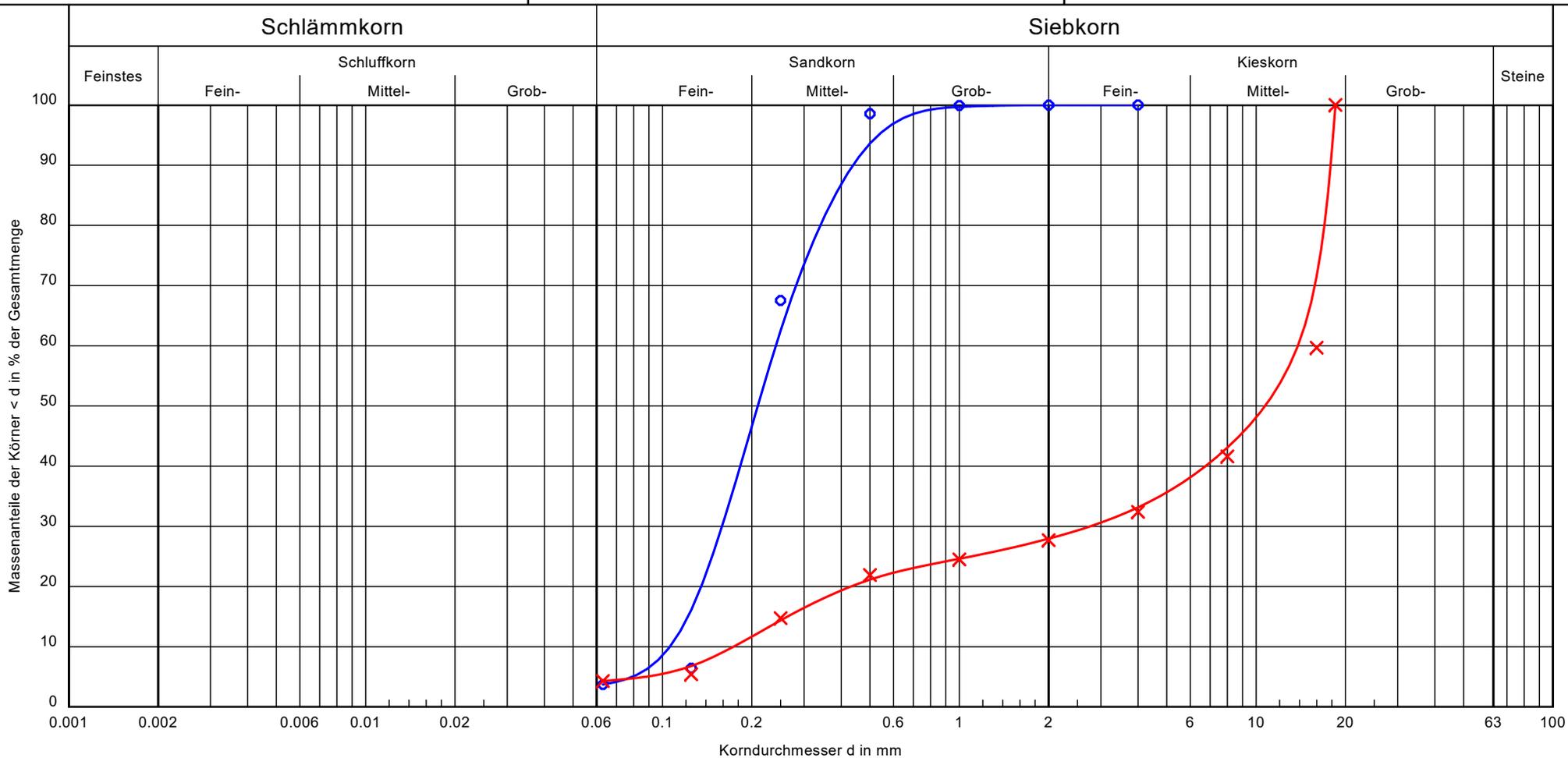
Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus
Husarenstraße in 33104 Paderborn
- Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: Dezember 2020

Art der Entnahme: gestörte Proben

Arbeitsweise: Körnungsbandbreite



Bezeichnung:	Probe VS2/6	Probe VS32/5
Bodenart:	fS, mS	mG, fs', ms', gs', fg'
Tiefe:	1,20 - 2,10 m	1,30 - 1,95 m
k [m/s] (Hazen):	$1.1 \cdot 10^{-4}$	-
Entnahmestelle:	VS 2	VS 32
Cu/Cc	2.3/1.0	79.7/3.2

Bemerkungen:

Bericht: 201110
 Anlage: 3.4

ANLAGE 4.1

Wassergehaltsbestimmungen

KLEEGRÄFE
 Geotechnik GmbH
 Holzstraße 212
 59556 Lippstadt

Bericht: 201110
Anlage: 4.1

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Ehemalige Dempsey Kaserne Paderborn-Schloß Neuhaus

Husarenstraße in 33104 Paderborn
 - Baugrunderkundung / hydrogeologische Untersuchungen -

Bearbeiter: Frau Steinbach

Datum: 07.01.2021

Prüfungsnummer: diverse Proben
 Entnahmestelle: diverse Bohrungen (VS)
 Tiefe: 0,80 - 2,25 m (min.-max.)
 Bodenart: Füll-/Fluviatilsand (Füllkies)
 Art der Entnahme: gestörte Proben
 Probe entnommen am: Dezember 2020

Probenbezeichnung:	Probe VS2/6	Probe VS7a/3	Probe VS13/3	Probe VS17/4	Probe VS20/4	Probe VS24/5
Feuchte Probe + Behälter [g]:	744.88	602.02	714.22	673.87	730.69	700.83
Trockene Probe + Behälter [g]:	708.11	582.32	702.47	659.89	718.29	686.80
Behälter [g]:	387.70	385.47	439.61	425.19	435.26	372.06
Porenwasser [g]:	36.77	19.70	11.75	13.98	12.40	14.03
Trockene Probe [g]:	320.41	196.85	262.86	234.70	283.03	314.74
Wassergehalt [%]	11.48	10.01	4.47	5.96	4.38	4.46

Probenbezeichnung:	Probe VS27/3	Probe VS32/5	Probe VS37/5	Probe VS43/3		
Feuchte Probe + Behälter [g]:	677.13	1072.18	733.84	748.70		
Trockene Probe + Behälter [g]:	654.08	1033.67	695.73	730.99		
Behälter [g]:	399.24	434.71	392.43	438.42		
Porenwasser [g]:	23.05	38.51	38.11	17.71		
Trockene Probe [g]:	254.84	598.96	303.30	292.57		
Wassergehalt [%]	9.04	6.43	12.57	6.05		

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

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

ANLAGE 5.1

Versickerungsversuche im Gelände

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

<u>Maßnahme:</u>	Hydrogeologische Untersuchungen auf dem Gelände der ehem. Dempsey Kaserne
<u>Ort:</u>	Husarenstraße in 33104 Paderborn - Schloß Neuhaus
<u>Datum:</u>	08.-16.12.2020

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	r mm	h m	Zeit min	Wasser- menge l	Q m ³ /s	k_f m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Versick.-Medium und Gültigkeitsbereich)
VS 1	1	20	2,00	0,50	4,00	1,33E-04	6,06E-04	BLZ: 3,00 m u.GOK;
	2	20	2,00	0,52	4,00	1,28E-04	5,83E-04	1,00-3,00 m u. GOK (Fluviatilsand)
VS 2	1	20	0,50	1,33	4,00	5,01E-05	9,11E-04	BLZ: 1,50 m u.GOK;
	2	20	0,50	1,42	4,00	4,69E-05	8,54E-04	1,00-1,50 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 3	1	20	1,70	0,58	4,00	1,15E-04	6,15E-04	BLZ: 2,70 m u.GOK;
	2	20	1,70	0,59	4,00	1,13E-04	6,04E-04	1,00-2,70 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 4	1	20	1,60	0,55	4,00	1,21E-04	6,89E-04	BLZ: 2,60 m u.GOK;
	2	20	1,60	0,58	4,00	1,15E-04	6,53E-04	1,00-2,60 m u.GOK (Füll-/Fluviatilsand)
VS 5	1	20	2,40	0,48	4,00	1,39E-04	5,26E-04	BLZ: 3,40 m u.GOK;
	2	20	2,40	0,50	4,00	1,33E-04	5,05E-04	1,00-3,40 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 6	1	20	2,50	0,33	4,00	2,02E-04	7,35E-04	BLZ: 3,50 m u.GOK;
	2	20	2,50	0,37	4,00	1,80E-04	6,55E-04	1,00-3,50 m u.GOK (Füll-/Fluviatilsand)
VS 7a	1	20	1,80	0,35	4,00	1,90E-04	9,62E-04	BLZ: 3,30 m u.GOK;
	2	20	1,80	0,34	4,00	1,96E-04	9,90E-04	1,50-3,30 m u.GOK (Füll-/Fluviatilsand/-kies)
VS 8	1	20	1,90	0,50	4,00	1,33E-04	6,38E-04	BLZ: 3,20 m u.GOK;
	2	20	1,90	0,52	4,00	1,28E-04	6,13E-04	1,30-3,20 m u.GOK (Füll-/Fluviatilsand)
VS 9	1	20	1,80	0,41	4,00	1,63E-04	8,21E-04	BLZ: 3,30 m u.GOK;
	2	20	1,80	0,43	4,00	1,55E-04	7,83E-04	1,50-3,30 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 10	1	20	2,75	1,21	4,00	5,51E-05	1,82E-04	GW: 3,75 m u.GOK;
	2	20	2,75	1,28	4,00	5,21E-05	1,72E-04	1,00-3,75 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 11	1	20	2,50	0,92	4,00	7,25E-05	2,64E-04	BLZ: 3,50 m u.GOK;
	2	20	2,50	0,88	4,00	7,58E-05	2,75E-04	1,00-3,50 m u.GOK (Mutterboden/Fluviatilsand)
VS 12	1	20	2,40	0,45	4,00	1,48E-04	5,61E-04	BLZ: 3,40 m u.GOK;
	2	20	2,40	0,53	4,00	1,26E-04	4,76E-04	1,00-3,40 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 13	1	20	2,47	1,75	4,00	3,81E-05	1,40E-04	GW: 3,47 m u.GOK;
	2	20	2,47	2,73	4,00	2,44E-05	8,99E-05	1,00-3,47 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 14	1	20	2,30	0,63	4,00	1,06E-04	4,18E-04	BLZ: 3,30 m u.GOK;
	2	20	2,30	0,70	4,00	9,52E-05	3,76E-04	1,00-3,30 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 15	1	20	2,00	0,57	4,00	1,17E-04	5,32E-04	BLZ: 3,00 m u.GOK;
	2	20	2,00	0,57	4,00	1,17E-04	5,32E-04	1,00-3,00 m u.GOK (Fluviatilsand)

Erläuterung

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

Durchlässigkeitsbewertung nach DIN 18 130

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

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

<u>Maßnahme:</u>	Hydrogeologische Untersuchungen auf dem Gelände der ehem. Dempsey Kaserne
<u>Ort:</u>	Husarenstraße in 33104 Paderborn - Schloß Neuhaus
<u>Datum:</u>	08.-16.12.2020

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	r mm	h m	Zeit min	Wasser- menge l	Q m ³ /s	k_f m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Versick.-Medium und Gültigkeitsbereich)
VS 16	1	20	2,42	5,00	3,20	1,07E-05	4,01E-05	GW: 3,42 m u.GOK;
	2	20	2,42	5,00	3,00	1,00E-05	3,76E-05	1,00-3,42 m u. GOK (Mutterboden/Fluviatilsand)
VS 17	1	20	2,38	5,00	2,90	9,67E-06	3,69E-05	GW: 3,38 m u.GOK;
	2	20	2,38	5,00	2,50	8,33E-06	3,18E-05	1,00-3,38 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 18	1	20	2,20	2,93	4,00	2,28E-05	9,40E-05	BLZ: 3,20 m u.GOK;
	2	20	2,20	3,08	4,00	2,16E-05	8,94E-05	1,00-3,20 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 19	1	20	2,00	1,11	4,00	6,01E-05	2,73E-04	BLZ: 3,00 m u.GOK;
	2	20	2,00	1,14	4,00	5,85E-05	2,66E-04	1,00-3,00 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 20	1	20	2,10	1,08	4,00	6,17E-05	2,67E-04	BLZ: 3,10 m u.GOK;
	2	20	2,10	1,15	4,00	5,80E-05	2,51E-04	1,00-3,10 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 21	1	20	2,50	1,23	4,00	5,42E-05	1,97E-04	BLZ: 3,50 m u.GOK;
	2	20	2,50	1,25	4,00	5,33E-05	1,94E-04	1,00-3,50 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 22	1	20	2,80	0,41	4,00	1,63E-04	5,28E-04	BLZ: 3,80 m u.GOK;
	2	20	2,80	0,43	4,00	1,55E-04	5,03E-04	1,00-3,80 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 23	1	20	2,60	0,52	4,00	1,28E-04	4,48E-04	BLZ: 3,60 m u.GOK;
	2	20	2,60	0,55	4,00	1,21E-04	4,24E-04	1,00-3,60 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 24	1	20	0,85	0,60	4,00	1,11E-04	1,19E-03	BLZ: 1,85 m u.GOK;
	2	20	0,85	0,63	4,00	1,06E-04	1,13E-03	1,00-1,85 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 25a	1	20	2,30	2,63	4,00	2,53E-05	1,00E-04	GW: 3,30 m u.GOK;
	2	20	2,30	2,95	4,00	2,26E-05	8,93E-05	1,00-3,30 m u.GOK (Füllkies/Fluviatilsand/-kies)
VS 26	1	20	0,20	5,00	4,51	1,50E-05	6,83E-04	BLZ: 4,10 m u.GOK;
	2	20	0,20	5,00	4,31	1,44E-05	6,53E-04	3,90-4,10 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 27	1	20	1,50	2,67	4,00	2,50E-05	1,51E-04	GW: 2,50 m u.GOK;
	2	20	1,50	2,52	4,00	2,65E-05	1,60E-04	1,00-2,50 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 28	1	20	3,32	0,43	4,00	1,55E-04	4,25E-04	BLZ: 4,32 m u.GOK;
	2	20	3,32	0,41	4,00	1,63E-04	4,45E-04	1,00-4,32 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 29	1	20	2,33	0,73	4,00	9,13E-05	3,56E-04	BLZ: 3,33 m u.GOK;
	2	20	2,33	0,75	4,00	8,89E-05	3,47E-04	1,00-3,33 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 30	1	20	2,20	0,75	4,00	8,89E-05	3,67E-04	BLZ: 3,70 m u.GOK;
	2	20	2,20	0,75	4,00	8,89E-05	3,67E-04	1,50-3,70 m u.GOK (Fluviatilsand)

<u>Erläuterung</u>	
r -	Brunnenradius, mm
h -	Wasserstandshöhe über der Grundwasseroberfläche, m
Q -	Wasserzugabe in m ³ /s (Wasserspiegelkonstanzhaltung)
k_f -	Durchlässigkeitsbeiwert, m/s

<u>Durchlässigkeitsbewertung nach DIN 18 130</u>		
k_f	$> 10^{-4}$	m/s : 'stark durchlässig'
k_f	$10^{-5} - 10^{-6}$	m/s : 'durchlässig'
k_f	$10^{-7} - 10^{-8}$	m/s : 'gering durchlässig'
k_f	$< 10^{-8}$	m/s : 'sehr gering durchlässig'

Versickerungsversuche im Gelände (Auffüllversuche)

Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f

<u>Maßnahme:</u>	Hydrogeologische Untersuchungen auf dem Gelände der ehem. Dempsey Kaserne
<u>Ort:</u>	Husarenstraße in 33104 Paderborn - Schloß Neuhaus
<u>Datum:</u>	08.-16.12.2020

Versuchsdurchführung mittels 'open-end-test'

Bohrung	Vers. Nr.	r mm	h m	Zeit min	Wassermenge l	Q m ³ /s	k_f m/s	Bemerkung (Grundwasserstand, Versick.-Medium und Gültigkeitsbereich)
VS 31	1	20	1,90	0,50	4,00	1,33E-04	6,38E-04	BLZ: 3,40 m u.GOK;
	2	20	1,90	0,50	4,00	1,33E-04	6,38E-04	1,50-3,40 m u. GOK (Fluviatilsand)
VS 32	1	20	0,20	5,00	3,20	1,07E-05	4,85E-04	BLZ: 0,70 m u.GOK;
	2	20	0,20	5,00	3,15	1,05E-05	4,77E-04	0,50-0,70 m u.GOK (Füllkies)
VS 33	1	20	1,80	0,67	4,00	9,95E-05	5,03E-04	BLZ: 3,30 m u.GOK;
	2	20	1,80	0,70	4,00	9,52E-05	4,81E-04	1,50-3,30 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 34	1	20	2,60	0,58	4,00	1,15E-04	4,02E-04	BLZ: 4,10 m u.GOK;
	2	20	2,60	0,55	4,00	1,21E-04	4,24E-04	1,50-4,10 m u.GOK (Füll-/Fluviatilsand)
VS 35	1	20	2,50	0,58	4,00	1,15E-04	4,18E-04	BLZ: 4,00 m u.GOK;
	2	20	2,50	0,58	4,00	1,15E-04	4,18E-04	1,50-4,00 m u.GOK (Füll-/Fluviatilsand)
VS 36	1	20	2,00	1,08	4,00	6,17E-05	2,81E-04	BLZ: 3,50 m u.GOK;
	2	20	2,00	1,12	4,00	5,95E-05	2,71E-04	1,50-3,50 m u.GOK (Mutterb./Füll-/Fluviatilsand)
VS 37	1	20	1,70	0,97	4,00	6,87E-05	3,68E-04	BLZ: 3,20 m u.GOK;
	2	20	1,70	1,00	4,00	6,67E-05	3,57E-04	1,50-3,20 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 38	1	20	1,40	1,25	4,00	5,33E-05	3,46E-04	BLZ: 2,40 m u.GOK;
	2	20	1,40	1,47	4,00	4,54E-05	2,94E-04	1,00-2,40 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 39	1	20	0,65	5,00	2,45	8,17E-06	1,14E-04	BLZ: 2,20 m u.GOK;
	2	20	0,65	5,00	2,24	7,47E-06	1,04E-04	1,55-2,20 m u.GOK (Fluviatilsand)
VS 40	1	20	1,10	1,00	4,00	6,67E-05	5,51E-04	BLZ: 2,10 m u.GOK;
	2	20	1,10	1,08	4,00	6,17E-05	5,10E-04	1,00-2,10 m u.GOK (Füll-/Fluviatilsand)
VS 41	1	20	1,50	1,20	4,00	5,56E-05	3,37E-04	BLZ: 2,50 m u.GOK;
	2	20	1,50	1,17	4,00	5,70E-05	3,45E-04	1,00-2,50 m u.GOK (Füll-/Fluviatilsand)
VS 42	1	20	1,50	0,87	4,00	7,66E-05	4,64E-04	BLZ: 2,50 m u.GOK;
	2	20	1,50	0,83	4,00	8,03E-05	4,87E-04	1,00-2,50 m u.GOK (Füll-/Fluviatilsand)
VS 43	1	20	1,80	0,92	4,00	7,25E-05	3,66E-04	BLZ: 2,80 m u.GOK;
	2	20	1,80	0,87	4,00	7,66E-05	3,87E-04	1,00-2,80 m u.GOK (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	$10^{-5} - 10^{-6}$	m/s :	'durchlässig'
k_f	$10^{-7} - 10^{-8}$	m/s :	'gering durchlässig'
k_f	$< 10^{-8}$	m/s :	'sehr gering durchlässig'

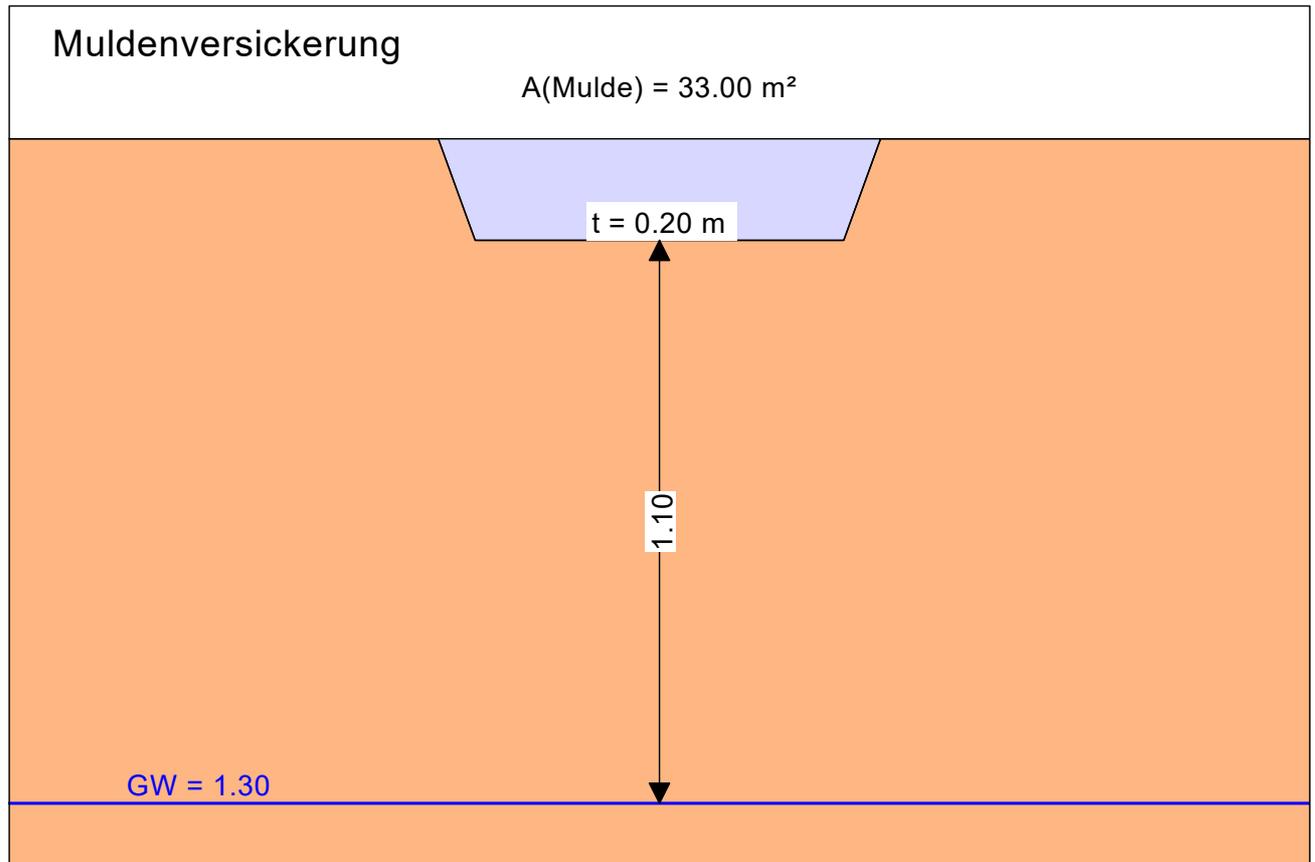
ANLAGE 5.2.1 – 5.2.3

Dimensionierung von Versickerungsmulden

Ehem. Dempsey-Kaserne, PB-Schloß Neuhaus
 Muldenversickerung
 Durchlässigkeit $k_f = 8.000 \cdot 10^{-5}$ m/s
 Grundwasserflurabstand = 1.30 m
 Zuschlagsfaktor $f_z = 1.20$
 Häufigkeit $n [1/a] = 0.200$
 5-jährige Überschreitungshäufigkeit
 $A_u = 300.0$ m²
 Zul. Abstand UK Anlage - GW = 1.00 m
 Vorh. Versickerungsfläche $A_s = 33.0$ m²
 $V = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_s \cdot k_f/2] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$
 Muldentiefe $t = V / A_s$

Ergebnis
 Erforderliche Muldentiefe $t = 0.20$ m
 Erforderliches Speichervolumen $V = 6.56$ m³
 Maßgebende Regendauer $D = 45.0$ Minuten
 Regenspende $r_{D(n)} = 100.4$ Liter/(s·ha)
 Entleerungszeit = 1.4 Stunden

angeschlossene undurchlässige Fläche (A_u) = 300 m²



Paderborn (Nord)		
D	$r_{D(0.2)}$ [l/(s·ha)]	V [m ³]
5 min	320.0	3.36
10 min	236.7	4.72
15 min	194.4	5.57
20 min	165.8	6.05
30 min	130.6	6.54
45 min	100.4	6.56
60 min	82.5	6.17
90 min	59.4	4.26
2 h	47.1	2.15
3 h	33.9	-2.48
4 h	26.8	-7.39
6 h	19.4	-17.47
9 h	13.9	-33.33
12 h	11.0	-49.44
18 h	8.0	-81.93
24 h	6.3	-115.11
48 h	3.8	-247.48
72 h	2.8	-381.57

KLEEGRÄFE

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



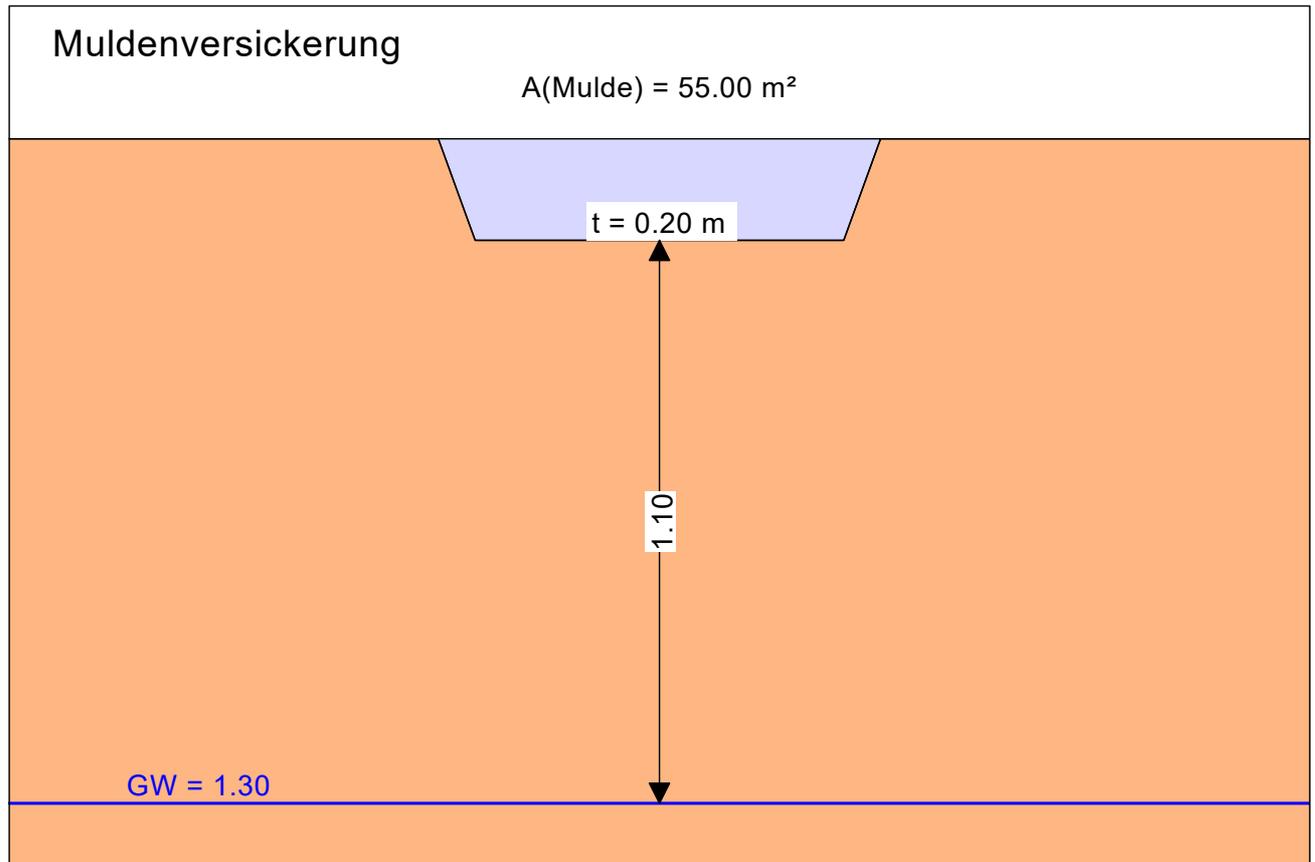
Dimensionierung Versickerungsmulde n. DWA-A 138

Maßnahme: ehem. Dempsey-Kaserne Husarenstraße 33104 Paderborn	Bearb.-Nr.
	140929
	Anlage 5.2.2
- Baugrunderkundung/hydrogeol. Untersuchung -	Bearbeiter:
Auftraggeber: Stadt Paderborn Am Hoppenhof 33 33104 Paderborn	Herr Thiemann
	Datum:
	03.02.2021

Ehem. Dempsey-Kaserne, PB-Schloß Neuhaus
 Muldenversickerung
 Durchlässigkeit $k_f = 8.000 \cdot 10^{-5}$ m/s
 Grundwasserflurabstand = 1.30 m
 Zuschlagsfaktor $f_z = 1.20$
 Häufigkeit $n [1/a] = 0.200$
 5-jährige Überschreitungshäufigkeit
 $A_u = 500.0$ m²
 Zul. Abstand UK Anlage - GW = 1.00 m
 Vorh. Versickerungsfläche $A_s = 55.0$ m²
 $V = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_s \cdot k_f/2] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$
 Muldentiefe $t = V / A_s$

Ergebnis
 Erforderliche Muldentiefe $t = 0.20$ m
 Erforderliches Speichervolumen $V = 10.93$ m³
 Maßgebende Regendauer $D = 45.0$ Minuten
 Regenspende $r_{D(n)} = 100.4$ Liter/(s·ha)
 Entleerungszeit = 1.4 Stunden

angeschlossene undurchlässige Fläche (A_u) = 500 m²



Paderborn (Nord)		
D	$r_{D(0.2)}$ [l/(s·ha)]	V [m ³]
5 min	320.0	5.60
10 min	236.7	7.87
15 min	194.4	9.28
20 min	165.8	10.08
30 min	130.6	10.90
45 min	100.4	10.93
60 min	82.5	10.28
90 min	59.4	7.11
2 h	47.1	3.58
3 h	33.9	-4.13
4 h	26.8	-12.31
6 h	19.4	-29.12
9 h	13.9	-55.54
12 h	11.0	-82.40
18 h	8.0	-136.55
24 h	6.3	-191.84
48 h	3.8	-412.46
72 h	2.8	-635.95

KLEEGRÄFE

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



Dimensionierung Versickerungsmulde n. DWA-A 138

Maßnahme: ehem. Dempsey-Kaserne Husarenstraße 33104 Paderborn	Bearb.-Nr.
	140929
	Anlage 5.2.1
- Baugrunderkundung/hydrogeol. Untersuchung -	Bearbeiter:
Auftraggeber: Stadt Paderborn Am Hoppenhof 33 33104 Paderborn	Herr Thiemann
	Datum:
	03.02.2021

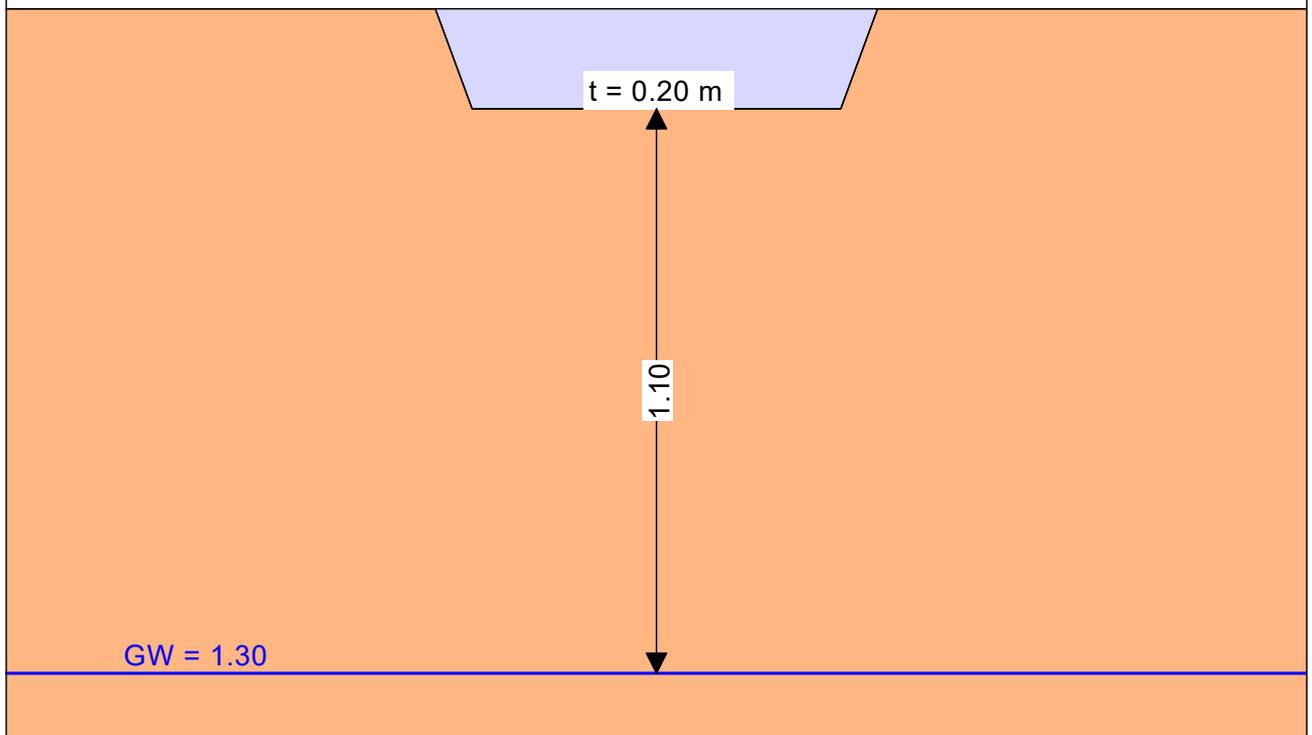
Ehem. Dempsey-Kaserne, PB-Schloß Neuhaus
 Muldenversickerung
 Durchlässigkeit $k_f = 8.000 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
 Grundwasserflurabstand = 1.30 m
 Zuschlagsfaktor $f_z = 1.20$
 Häufigkeit $n [1/a] = 0.200$
 5-jährige Überschreitungshäufigkeit
 $A_u = 900.0 \text{ m}^2$
 Zul. Abstand UK Anlage - GW = 1.00 m
 Vorh. Versickerungsfläche $A_s = 100.0 \text{ m}^2$
 $V = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_s \cdot k_f/2] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$
 Muldentiefe $t = V / A_s$

Ergebnis
 Erforderliche Muldentiefe $t = 0.20 \text{ m}$
 Erforderliches Speichervolumen $V = 19.57 \text{ m}^3$
 Maßgebende Regendauer $D = 30.0 \text{ Minuten}$
 Regenspende $r_{D(n)} = 130.6 \text{ Liter/(s} \cdot \text{ha)}$
 Entleerungszeit = 1.4 Stunden

angeschlossene undurchlässige Fläche (A_u) = 900 m²

Muldenversickerung

$A(\text{Mulde}) = 100.00 \text{ m}^2$



Paderborn (Nord)		
D	$r_{D(0.2)}$ [l/(s·ha)]	V [m ³]
5 min	320.0	10.08
10 min	236.7	14.16
15 min	194.4	16.68
20 min	165.8	18.12
30 min	130.6	19.57
45 min	100.4	19.57
60 min	82.5	18.36
90 min	59.4	12.57
2 h	47.1	6.13
3 h	33.9	-7.91
4 h	26.8	-22.81
6 h	19.4	-53.40
9 h	13.9	-101.48
12 h	11.0	-150.34
18 h	8.0	-248.83
24 h	6.3	-349.40
48 h	3.8	-750.64
72 h	2.8	-1157.07

KLEEGRÄFE

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



Dimensionierung Versickerungsmulde n. DWA-A 138

Maßnahme: ehem. Dempsey-Kaserne Husarenstraße 33104 Paderborn	Bearb.-Nr.
	140929
	Anlage 5.2.3
- Baugrunderkundung/hydrogeol. Untersuchung -	Bearbeiter:
Auftraggeber: Stadt Paderborn Am Hoppenhof 33 33104 Paderborn	Herr Thiemann
	Datum:
	03.02.2021