

GUTACHTEN

Projekt: Ersatzneubau der Straßenüberführung (BW 503)
über Gleisanlagen
33102 Paderborn, Bahnhofstraße



- Baugrunderkundung / Gründungsberatung -

Auftraggeber: Stadt Paderborn / Straßen- und Brückenbauamt
33098 Paderborn, Pontanusstraße 55

Auftragnehmer: Kleegräfe Geotechnik GmbH
59556 Lippstadt-Bad Waldliesborn, Holzstraße 212

Projekt-Nr.: 16 02 61

Lippstadt, den 08. Februar 2017

- Inhaltsverzeichnis -

<u>1. AUFGABENSTELLUNG / VORGANG</u>	<u>3</u>
<u>2. BAUGRUNDERSCHLIEßUNG</u>	<u>5</u>
2.1 BAUGRUNDSCHICHTUNG / UNTERGRUNDAUFBAU	5
2.2 ABFALLWIRTSCHAFTLICHE KLASSIFIKATION DES FÜLLBODENS	7
2.3 GRUNDWASSER / HYDROGEOLOGIE	8
<u>3. BAUGRUNDBEWERTUNG</u>	<u>11</u>
3.1 BAUGRUNDBEURTEILENDE LABORVERSUCHE	11
3.2 BAUGRUNDBEURTEILENDE GELÄNDEVERSUCHE (DPH)	13
3.3 BODENMECHANISCHE KENNWERTE / BAUGRUNDBEURTEILUNG	15
3.4 BODENKLASSEN, BODENGRUPPEN, FROSTKLASSEN, HOMOGENBEREICHE	16
<u>4. INGENIEURGEOLOGISCHE HINWEISE ZUR BAUDURCHFÜHRUNG</u>	<u>21</u>
<u>5. ANLAGEN</u>	<u>34</u>

1. Aufgabenstellung / Vorgang

Die Stadt Paderborn beabsichtigt den Umbau der Bahnhofstraße in ihrem westlichen Stadtgebiet. Im Zuge dieser Maßnahme soll das bestehende ältere Brückenbauwerk BW 503 (Straßenüberführung über DB-Gleisanlagen) rückgebaut und durch einen Neubau ersetzt werden (Ersatzneubau).

Aufgabe ist die Durchführung einer Baugrunderkundung für den geplanten Brückenbau als Ersterkundung/-untersuchung. Insbesondere ist die Tragfähigkeit der vorhandenen Böden zu erkunden und zu bestimmen sowie Gründungsvarianten aufzuzeigen. Ergänzend wird der Füllboden hinsichtlich seiner potenziellen Wiedereinbaulässigkeit analysiert und bewertet.

- Bauherr / Auftraggeber: STADT PADERBORN / STRAßEN- UND BRÜCKENBAUAMT, Pontanusstraße 55 in 33098 Paderborn
- Bodengutachter / Auftragnehmer: KLEEGRÄFE GEOTECHNIK GMBH, Holzstraße 212 in 59556 Lippstadt

Dem AN stehen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Statische Berechnung Bestandsbauwerk, 79 Seiten (August 1951, Fa. Wayss & Freytag AG)
- Bestandsbauwerk – Ansicht, Draufsicht, Längsschnitt a-a, Querschnitt b-b, Auflagerschnitt (1951, Fa. Wayss & Freytag AG)
- Auflagerbänke – Querschnitt, Ansicht, Draufsicht, Eisenliste 1:25/10 (August 1951, Fa. Wayss & Freytag AG)
- Fundamente Mittelstützen – Bewehrungszeichnung 1:25 (August 1951, Fa. Wayss & Freytag AG)
- Stellungnahme Bez.-Reg. Arnsberg (Kampfmittelbeseitigungsdienst Westfalen-Lippe) vom 22.08.2016
- Mündliche Auskünfte AG (27.01. und 31.01.2017)

Tabelle 1: Untersuchungsumfang (Gelände und Labor)

Gelände (13.+14.09.2016)	- Rammkernsondierungen (Ø 50 - 60 mm)	6 Stück
	- Einmessung in Höhe und Lage	6 Stück
	- Schwere Rammsondierungen (DPH)	5 Stück
Bodenmechanisches Labor	- Korngrößenanalysen (DIN 18 123)	5 Stück
	- Wassergehaltsbestimmungen (DIN 19 121)	5 Stück
Chemisches Labor	- Parameterumfang LAGA (TR Boden, 2004)	1 Stück
	- Parameterumfang Deponieverordnung (DepV)	1 Stück

Die Lage der Bohrungen geht aus der Anlage 1.1 (Lageplan) hervor. Nach Abschluss der Aufschlussarbeiten sind die Sondier- und Bohransatzpunkte lagemäßig eingemessen und höhenmäßig einnivelliert worden.

Der Anlage 6.1 ist eine Fotodokumentation zu entnehmen.

Lage: Das Arbeitsgebiet als Teil der Bahnhofstraße ist im westlichen Bereich von 33102 Paderborn nahe des Heinz-Nixdorf-Ring gelegen. Das Bestandsbauwerk BW 503 stellt eine Straßenüberführung über DB-Gleisanlagen am westlichen Ende der Bahnhofstraße dar. Die Bahnhofstraße wird dort mittels Anschüttungen (Rampenbauwerken) auf ein aufgehöhhtes Niveau geführt und mittels eines 2-feldrigen Bestands-Brückenbauwerkes über die Gleisanlagen geführt (Streckenabschnitt Soest – Paderborn).

Der Ersatzneubau soll an der gleichen Stelle wie der Bestand errichtet werden.

Höhenkote: Die OK Fahrbahnachse weist lt. Planunterlagen eine Höhe von +123,12 mNN und die Gleisbereiche eine OK von i.M. ca. +116,8 mNN auf (RStO-Frosteinwirkungszone I).

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

Gefährdungspotenziale: Das Online-Fachinformationssystem 'Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW' des Geologischen Dienstes NRW gibt für das von der Maßnahme betroffene Kilometerquadrat 22670 keine besonderen Gefährdungspotenziale aufgeführter Bereiche an (• Bergbau, • Methanausgasung, • Auslaugung, • Erdbeben). Hingewiesen wird auf das Vorhandensein verkarstungsfähigen Gesteins im Untergrund.

Bodendenkmäler: Kenntnisse über das Vorhandensein von Bodendenkmälern liegen dem AN nicht vor und die diesbezügliche Ermittlung ist nicht Bestandteil der Beauftragung.

Weltkriegsrückstände: Dem AN liegt ein Schreiben der Bezirksregierung Arnsberg (Kampfmittelbeseitigungsdienst Westfalen-Lippe) vom 22.08.2016 an die Stadtverwaltung Paderborn / Ordnungsamt vor. Demnach wurde eine Luftbildauswertung des betreffenden Areals getätigt. In dem Schreiben wird folgendes angeraten: *...Ich empfehle folgende Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen: **Sondieren der zu bebauenden Flächen und Baugruben und die Anwendung der Anlage 1TVV, im Bereich der Bombardierung.** Es ist möglich, dass die verwendeten Luftbilder aufgrund von Bildfehlern, ungenügender zeitlicher Abdeckung oder ungenügender Sichtbarkeit, nicht alle Kampfmittelbelastungen zeigen.*

Die zuständige örtliche Ordnungsbehörde ist deshalb nicht davon entbunden, eigene Erkenntnisse über Kampfmittelbelastungen der beantragten Fläche heranzuziehen (z.B. Zeitzeugenaussagen). ...". Angeratene Maßnahmen sollten umgesetzt werden.

Die in dieser Stellungnahme gemachten Angaben sind ausschließlich projektbezogen zu verwenden.

2. Baugrunderschließung

2.1 Baugrundsichtung / Untergrundaufbau

Die für den Brücken-Ersatzneubau relevanten Bohrungen wurden im Rahmen der Gesamtmaßnahme Bahnhofstraße niedergebracht. Die Nummerierung erfolgte daher fortlaufend zu den Bohrungen der Gesamtmaßnahme.

Im relevanten Bereich wurden am 13. und 14.09.2016 fünf Bohrungen (Rammkernsondierungen RK 3-7) und fünf Sondierungen (DPH-Rammsondierungen RS 1-5) positioniert und niedergebracht. Anzahl, Nummerierung und Ansatzpunkte wurden vom AG vorgegeben. Die Schichtendarstellung und die Rammdiagramme sind in der Anlage 2.1 dargestellt. Die Bodenansprache erfolgte durch einen Dipl.-Geologen nach den entsprechenden DIN-Normen. Die Bodenansprache und Mächtigkeitsangaben sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Geologie: Bis zu den Bohr- / Sondier-Endteufen wurden – nicht in allen Bohrungen / Sondierungen durchgängig – die folgenden geologischen Einheiten erbohrt.

Tabelle 2: Erbohrte geologische Einheiten (Farbzuordnung: siehe Tabelle 3)

Einheit	Petrografie (Materialbeschreibung)	Stratigrafie (Alterszuordnung)
Lößschluff	Schluff, feinsandig, schw. tonig	Quartär, Pleistozän, Weichsel-Kaltzeit
Schluff	Schluff, feinsandig, tonig, schw. kiesig	Quartär, Pleistozän, Eem-Warmzeit (Zer- setzungsbildung der oberen 'Almeschotter')
oberer Fluviatilkies	Kies, sandig, verm. steinig	Quartär, Pleistozän, Saale-Kaltzeit, Jüngere Mittelterrasse ('Almeschotter')
Grundmoräne	Ton-Schluff-Gemisch, schw. sandig. schw. kiesig	Quartär, Pleistozän, Saale-Kaltzeit, Drenthe-Stadial
unterer Fluviatilkies	Kies, sandig, verm. steinig	Quartär, Pleistozän, Elster-Kaltzeit, verm. Ältere Mittelterrasse ('Almeschotter')
Verwitt.-Zone	Lehm-Kies-Stein-Gemisch	Kreide, Oberkreide, Coniac-/Santon-Stufe ('sog. 'Emschermergel')
Tonmergelstein	Tonmergel	

Hinweis: Bei dem Fluvialtkies handelt es sich um die sog 'Almeschotter'. Kennzeichnend ist der hohe, dominierende Anteil an plattigen, gerundeten Plänergeröllen der Oberkreide (Anteil: ca. 70-90 %). Nachgeordnet treten Sandsteine der Unterkreide (ca. 5-30 %), Gerölle des Rheinischen Schiefergebirges (ca. 5-15 %) und nördische Geschiebe auf (ca. 2-10 %). Aufgrund der Vorherrschaft der plattigen Plänergesteine erfolgte eine \pm horizontale Einregelung. Grundsätzlich weist der 'Almeschotter' eine hohe bis sehr hohe Lagerungsdichte auf.

Tabelle 3: Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse

Position		SO	SW	SW	NW	N	NO
Bohrung		RK 3	RK 4	RK 4a	RK 5	RK 6	RK 7
Ansatz		+122,74	+117,01	+116,99	+117,92	+122,91	+120,09
Auffüllungen	Sand m. Organik	0-0,40	0-0,70	0-0,70	0-0,60	-	-
	Füllsand	0,40-0,70 1,80-2,40	0,70-1,80	0,70-1,90	0,60-2,80	0-1,50	0-4,20
	Fülllehm	0,70-1,80 2,40-4,40	-	-	-	1,50-6,00	-
	UK Auffüllung	4,40 +118,34	1,80 +115,21	1,90 +115,09	2,80 +115,12	6,00 +116,91	4,20 +115,89
Geogenbereich	Lößschluff	4,40-5,00	-	-	-	6,00-6,70	-
	Schluff	5,00-6,80	-	-	-	6,70-8,90	-
	oberer Fluvialtkies	6,80-10,30	ab 1,80	1,90-5,50	2,80-6,20	ab 8,90	4,20-8,50
	Grundmoräne	10,30-16,30	Abbruch auf 6,00 wg. Widerstand*	5,50-10,00	6,20-12,30	Abbruch auf 10,00 wg. Widerstand*	8,50-15,40
	unterer Fluvialtkies	16,30-20,20		10,00-16,70	12,30-15,50		15,40-17,10
	Verwitt.-Zone	20,20-20,70		16,70-17,30	15,50-15,70		17,10-17,40
	OK Tonmergelstein	ca. 20,70 +102,04		ca. 17,30 +99,69	ca. 15,70 +102,22		ca. 17,40 +102,69
Grundwasser (13./14.09.2016)		10,70 +112,04	-	4,68 +112,31	4,50 +113,42	-	Zusammenfall
DPH n ₁₀ > 120	RS1	kein Versuch	kein Versuch	RS 2	RS 3	RS 4	RS 5
	ab 18,30 +104,44			ab 9,90 +107,09	ab 10,80 +107,12	ab 15,60 +107,31	ab 14,00 +106,09
Endteufe		20,70*	6,00*	17,30*	15,70*	10,00*	17,40*

Angaben in m u.GOK / m über NN

* = kein weiterer Bohrfortschritt (wg. Widerstand: Fels / Grundmoräne / Flussskies mit sehr hoher Lagerungsdichte)

2.2 Abfallwirtschaftliche Klassifikation des Füllbodens

Veranlassung: Es ist bei der Maßnahme mit Anfall von Überschuss- / Aushubboden zu rechnen. Daher erfolgen umweltrelevante Untersuchungen des Füllbodens (potenziell aufzunehmender Aushub, ohne aufgefüllten Oberboden / Mutterboden) mit dem Ziel der Kenntnisnahme des konkreten Schadstoffpotenzials sowie der Beurteilung einer Wiedereinbaueignung/-zulässigkeit.

Die chemische Untersuchung der Rampenbereiche (LAGA plus DepV) sowie der Schwarzdecke der Bahnhofstraße im Brückenbereich auf ihre 'Teerschüssigkeit' (PAK nach EPA plus Phenolindex) wird im parallel erstellten Gutachten 'Straßenerneuerung Bahnhofstraße' behandelt.

Methodik / Auffälligkeiten: Das Bohrgut wurde auf umweltgeologisch auffällige Inhaltsstoffe kontrolliert. Bei dieser organoleptischen Bodenansprache konnten innerhalb der Auffüllungen / Beeinflussungen überwiegend keine Auffälligkeiten erkannt werden (Kiesel, Schotter, Bauschutt, Ziegelbruch).

Lediglich innerhalb der RK 3 und RK 7 wurde untergeordnet ein geringer Asche- und Schlackenanteil innerhalb der Auffüllungen angetroffen. Es handelt sich bei dem Füllboden überwiegend um sog. 'Inertmaterial' (umgelagertes Geogenmaterial) mit einem geringen bis mäßigen Fremdstoffanteil. Geruchliche Auffälligkeiten wurden nicht erkannt.

Die g.g. Aussagen besitzen – da die Bohrungen punktuelle Kenntnisnahmen darstellen – ausschließlich für das geförderte Bohrgut Gültigkeit.

Mittels der durchgeführten Bohrungen konnten an allen Bohransatzpunkten Auffüllungen differierender Stärke erkannt werden (RK 3: 4,40 m, RK 4: 1,80 m, RK 4a: 1,90 m, RK 5: 2,80 m, RK 6: 6,00 m, RK 7: 4,20 m). Die stark voneinander abweichenden Füllbodenstärken beruhen auf den Ansatz der Bohrungen teilweise auf OK Rampenkörper, teilweise im Fußbereich des Rampenkörpers.

Mischprobenzusammenstellung / Parameterumfang: Es wurde der zu lösende Füllboden (ohne aufgefüllten Oberboden / Mutterboden) untersucht.

Erstellt wurde eine Mischprobe ('MP Auffüllungen Brücke'). Diese MP umfasst den Füllboden / Auffüllungen (ohne aufgefüllten Oberboden / Mutterboden) aus dem Bereich des Bohrungen RK 3 – RK7.

Die Analyse erfolgte auf den Parameterumfang gemäß LAGA_{Boden}, da diese den vollständigeren Parametersatz beinhaltet. Ergänzend wurde an den Mischproben der Auffüllungen der Parameterumfang gemäß Deponieverordnung (DepV) untersucht.

Tabelle 4: Analysenparameter / Mischprobenzusammenstellung

Feststoffanalysen (Boden)		
Parameterumfang	Mischprobe	Einzelproben
LAGA (TR Boden, 2004), FS + Eluat, 1 Stück	<u>MP Auffüllungen</u>	3/2 + 3/3 + 3/4 + 3/5 + 3/6 + 4/2 + 5/2 +
Deponieverordnung DepV (2009, letzte Änderung: 04.03.2016), 1 Stück	<u>Brücke</u>	5/3 + 6/3 + 6/4 + 6/5 + 6/6 + 6/7 + 7/3 + 7/4

Die chemischen Analysen führte das die notwendigen Zulassungen besitzende Chemielabor HUK UMWELTLABOR GMBH, Otto-Hahn-Straße 2 in 57482 Wenden, durch. Die Labor-Analysenberichte sind als Kopie der Anlage 5.1 zu entnehmen.

Bewertungsgrundlage: Die Bewertung erfolgt hinsichtlich einer Wiedereinbaubewertung / -zulässigkeit sowie hinsichtlich der Aufzeigung der Entsorgung nach folgenden Regelwerken:

- *LAGA Technischen Regeln - Ländergemeinschaft Abfall: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen* (LAGA 'Technische Regel Boden' TR Boden, Stand 05.11.2004)
- *Deponieverordnung DepV* ('Verordnung über Deponien und Langzeitlager', Stand: 27.04.2009, letzte Änderung: 04.03.2016)

Bewertung der Mischprobe (Endeinstufung)

- Zuordnung nach LAGA (Feststoff + Eluat): Die Analysen des untersuchten Füllbodens ergaben keine auffälligen Erhöhungen.

Einstufung: Zuordnungsklasse **LAGA_{TR Boden 2004} Z0_{Boden}** ('uneingeschränkter Einbau', Bodenart Lehm/Schluff).

Eine bodenmechanische Eignung der Böden bleibt von dieser Aussage unberührt.

- Zuordnung Deponieklasse nach DepV: Die Analysenergebnisse haben eine Einstufung der Mischprobe in die **Deponieklasse DK0** zur Folge.

2.3 Grundwasser / Hydrogeologie

Es handelt sich bei den angetroffenen Grundwasserständen um eine zeitliche Momentaufnahme. Die Geländearbeiten wurden in einer herkömmlichen bis niederschlagsarmen Spätsommerperiode durchgeführt. Die angetroffenen Flurabstände stellen daher keine Hoch- oder Maximalstände dar.

In niederschlagsintensiveren Perioden ist mit einem geringeren Grundwasser-Flurabstand zu rechnen (Anstiegspotenzial). Vor allem in Herbst- bzw. Frühjahrsperioden muss von einem periodisch deutlichen Anstieg des Grundwassers ausgegangen werden.

• Grundwasser: Es wurde innerhalb Bohrlöcher der Bohrungen RK 3, RK4a und RK 5 nach Sondenziehung Grundwasser gelotet. Aufgrund der erheblich differierenden Bohransätze (Rampenfuß / Rampentop) differiert der Flurabstand zwischen 4,50 m (RK 5) und 10,70 m (RK 3). Der GW-Spiegel bewegt sich am Stichtag (13./14.09.2016) zwischen +112,04 mNN (RK3) und +113,42 mNN (RK5), gemittelt **+112,59 mNN**.

Es handelt sich um einen Porenwasserleiter (Lockergesteinsaquifer). Das Grundwasser bewegt sich weitgehend innerhalb der Fluvialtkiese.

• Vorfluter befinden sich nicht im unmittelbaren Nahbereich. Die Alme als die vermutete Vorflut verläuft ca. 640 m westlich mit nördlicher Entwässerungsrichtung.

• Pegel im relativen Umfeldbereich: Im relativen Nahbereich existiert eine Grundwassermessstelle (024180191 / B1 Brem [fr Welle]). Diese liegt ca. 540 m südöstlich des aktuellen Arbeitsgebietes. Die Kenndaten und Hauptwerte dieses Pegels wurden vom 'Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen' online gestellt ('NRW Umweltdaten vor Ort') und sind in der Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Kenndaten und Hauptwerte der herangezogenen Grundwassermessstelle

Lage (projektbezogen)		ca. 540 m südöstlich Arbeitsgebiet
Rechtswert / Hochwert		R 3481230 / H 5730490
Messstellen-Nr. (LGD-Nr.)		024180191
Name, Bezeichnung		B1 Brem (fr Welle)
Eigentümer / Betreiber		Fa. Bremer Stahlbeton
Messstellenart		Vertikalfilterbrunnen
Errichtung		01.01.1955 (Messungsgültigkeit: ab 01.01.2001)
GOK Messstelle		+120,65 mNN
GOK akt. Arbeitsgebiet		Rampenfuß: ca. +117,0 mNN / Rampentop: ca. 122,7 mNN
Messturnus / Zeitraum		monatlich
Anzahl Messungen		84
Hauptwerte (Grundwasser)	min.	+109,90 mNN (05.03.2015)
	max.	+115,10 mNN (07.04.2014)
	Schwankung	5,20 m

Da die Messungen zeitlich relativ weit auseinander liegen (lediglich monatliche Messungen), ist davon auszugehen, dass die absoluten Hochstände nicht gelotet wurden.

- Bemessungswasserstand: Für das vorliegende Projekt wird unter orientierender Berücksichtigung der Daten der Tabelle 5 empfohlen, einen Bemessungswasserstand von +115 mNN anzusetzen. Bezogen auf die GOK (OK Gleise) bedeutet dies einen GW-Flurabstand des Bemessungswasserstandes von ca. 1,8 / 2,0 m.

- Maßnahmen-Eingriffstiefe / tiefster natürlicher GW-Stand: Es wird bei einer Flachgründung des Brückenbauwerkes ca. 2 m u. Rampenfuß gegründet, was einer Eingriffstiefe von ca. +115 mNN gleichkommt. Vorgenannte Eingriffstiefe liegt im Bereich des Bemessungswasserstandes (+115 mNN). Ein Eingriff in den GW-Körper erfolgt somit bei einer Flachgründung im Rahmen der Baumaßnahme lediglich periodisch im geringen Umfang.

Vorgenannte GW-Messstelle weist einen tiefsten gemessenen natürlichen / unbeeinflussten GW-Stand von +109,9 mNN aus. Es erfolgt somit bei einer Flachgründung o.g. Eingriffstiefe kein relevanter Eingriff in den GW-Körper.

- Großräumige hydrogeologische Situation: Im Endteufenbereich der Bohrungen RK 3, RK 4a, RK 5 und RK 7 wurde der 'Emschermegel' erbohrt. Hierbei handelt es sich hydrogeologisch um einen relativ undurchlässigen 'Stauer' / 'Nichtleiter'.

Nicht erbohrt wurde die Liegendgrenze (UK) des 'Emschermegels', welcher den sog. 'schloenbachi-Schichten' aufliegt. Hierbei handelt es sich um einen tiefgründig verkarsteten Mergelkalkstein, welcher hydrogeologisch einen stark durchlässigen Karstwasserleiter darstellt. Die großräumige hydrogeologische Situation bedingt, dass das Grundwasser des tieferen, 2. Grundwasserstockwerks ('schloenbachi-Schichten') 'gespannt' vorliegt. Bei einer Durchörterung des 'Stauers' (Emschermegel) – z.B. mittels Bohrpfählen – würde eine unkontrollierte Grundwasserentspannung in das obere, 1. Grundwasserstockwerk (quartäres Lockergestein) erfolgen ('Kurzschluss' Karstwasserleiter / Porenwasserleiter). Diese unkontrollierte Entspannung muss vermieden werden.

Fazit: Bei einer Flachgründung muss mit einer seltenen / periodischen GW-Beeinflussung der Brückenwiderlager-Fundamente und bei einer Tiefgründung von einer permanenten GW-Beeinflussung der Gründungselemente (hier: Pfähle) gerechnet werden. Bemessungswasserstand beim derzeitigen Kenntnisstand: +115 mNN.

Hinweis: Im Rahmen von Detailuntersuchungen sollte die **Betonaggressivität des Grundwassers** gem. DIN 4030 untersucht und bewertet werden.

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

Bodenart	k_f -Wert in m/s
<u>- Füllsand:</u>	
Sand, schw. schluffig, schw. kiesig, z.T. geringe organ. Anteile	10^{-4} - 10^{-5}
<u>- Fülllehm und Löß-/Fluviatilehm:</u>	
Schluff, feinsandig, schw. tonig, z.T. schw. kiesig	10^{-7} - 10^{-9}
<u>- Grundmoräne:</u>	
Ton-Schluff-Gemisch, sandig	10^{-8} - 10^{-10}
<u>- Fluvialtkies:</u>	
Kies, sandig bis stark sandig, schw. schluffig – schluffig, verm. steinig	10^{-3} - 10^{-5}
<u>- Verwitterungszone:</u>	
Schluff-Ton-Gemisch	10^{-7} - 10^{-10}
<u>- Grundgebirge:</u>	
Tonmergelstein (angewittert, halbfest-fest)	10^{-5} - 10^{-10}

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

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

3. Baugrundbewertung

3.1 Baugrundbeurteilende Laborversuche

- Korngrößenanalysen (DIN 18 123): Im bodenmechanischen Labor wurden fünf Korngrößenanalysen (3 x Siebanalysen, 2 x Sieb-/Sedimentationsanalysen) zur Charakterisierung der bei einer Flachgründung gründungs- / lastabtragsrelevanten Einheiten durchgeführt (Grundmoräne und Fluvialtkies; Proben siehe Tabelle 6).

In den Anlagen 3.1-3.5 sind die ermittelten Kornverteilungen als Kornsummenkurven graphisch dargestellt. Die Ergebnisse der Analysen sind zusammenfassend in der Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6: Ergebnisse der Korngrößenanalysen und Wassergehaltsbestimmungen (fett: prägend)

Einheit		Grundmoräne		Fluviatilkies		
Probe		RK 3/16	RK 5/11	RK 3/10	RK 5/5	RK 7/6
Entnahme (m u.GOK)		11,70-12,70	10,30-11,30	6,80-7,70	3,90-5,00	5,30-6,40
Ton (%)		55	48	(n.b.)	(n.b.)	(n.b.)
Schluff (%)		25	33	16	9	10
Sand (%)		19	18	24	31	19
Kies (%)		1	1	60	60	71
d ₁₀ (mm)		< 0,001	< 0,001	< 0,06	0,08	0,07
k _f -Wert (m/s)	nach BEYER	< 6 * 10 ⁻⁹	< 6 * 10 ⁻⁹	ca. 1 * 10 ⁻⁶	4 * 10 ⁻⁵	3 * 10 ⁻⁵
	n. MALLET / PACQUANT	< 4 * 10 ⁻¹⁰	< 4 * 10 ⁻¹⁰	-	-	-
Wassergehalt w		18,4 %	22,2 %	8,9 %	4,5 %	4,4 %

DIN 18 130: stark durchlässig durchlässig gering durchlässig sehr gering durchlässig

Es wird darauf hingewiesen, dass aufgrund des Sondendurchmessers kein Material in Steinkorngröße gefördert werden konnte. 'In-situ' wird jedoch ein relevanter-deutlicher Steinanteil innerhalb der Fluviatilkieste vorliegen, welcher in den Korngrößenanalysen nicht berücksichtigt werden kann.

- Bodenbezeichnung nach DIN 4022 und Bodenklassen nach DIN 18 196:

- RK 3/16: Ton, schluffig, sandig (DIN 18 196: UM-TL-TM-TA)
- RK 5/11: Ton, stark schluffig, sandig (DIN 18 196: UM-TL-TM-TA)
- RK 3/10: Kies, sandig, schluffig (DIN 18 196: GU*)
- RK 5/5: Kies, stark sandig, schwach schluffig (DIN 18 196: GU)
- RK 7/6: Kies, sandig, schwach schluffig (DIN 18 196: GU)

- Frostklassen (ZTVE-StB): Nach der Frostempfindlichkeits-Klassifikation der ZTVE-StB wird sowohl die untersuchte Grundmoräne als auch der untersuchte Fluviatilkies in die Klasse F2 ('gering-mittel frostempfindlich') bis F3 ('sehr frostempfindlich') eingestuft.

- Durchlässigkeiten (DIN 18 130): Die theoretischen Berechnungen des Durchlässigkeitsbeiwertes (Durchlässigkeitskoeffizient) nach BEYER sowie bei der bindigen Grundmoräne ergänzend nach MALLET / PACQUANT ergeben Durchlässigkeiten folgender, stark differierende Größenordnungen für die untersuchten Böden:

- Fluviatilkies: k_f = ca. 10⁻⁴ – 10⁻⁶ m/s (DIN 18 130: 'durchlässig'), kein relevantes Staunässepotenzial ('Nichtstauer' / 'Leiter')
- Grundmoräne: k_f < 10⁻⁸ m/s (DIN 18 130: 'sehr gering durchlässig'), hohes, relevantes Staunässe- / Rückhaltepotenzial ('Stauer' / 'Nichtleiter').

- Wassergehalt (DIN 18 121): Die ermittelten Wassergehalte (siehe Anlagen 4.1-4.5) belegen für alle untersuchten Proben eine herkömmliche Erdfeuchte unterhalb einer Wassersättigung (Grundmoränen-Proben: $w = 18,4 - 22,2\%$, Fluviatilkies-Proben: $w = 4,4 - 8,9\%$). Deutlich wird, dass die einen erheblich höheren bindigen Anteil führende Grundmoräne gegenüber dem Fluviatilkies ein deutlich höheres Nässe-Rückhaltepotenzial aufweist.

3.2 Baugrundbeurteilende Geländeversuche (DPH)

Es wurden insgesamt fünf sog. Schwere Rammsondierungen zur Ermittlung der Lagerungsdichten / Konsistenzen durchgeführt (nach DIN EN ISO 22476-2 2012-03, DPH 'Dynamic Probing Heavy').

Die DPH-Rammsondierungen (RS 1-5) wurden im Nahbereich zu den fünf Bohrungen RK 3-7 durchgeführt. In der Tabelle 7 erfolgt die Zuordnung Bohrung / Sondierung.

Tabelle 7: Räumliche Zuordnung Bohrung / Sondierung

Bohrung	RK 3	RK 4a	RK 5	RK 6	RK 7
DPH-Sondierung	RS 1	RS 2	RS 3	RS 4	RS 5

Die Ergebnisdarstellung erfolgte in der Gegenüberstellung Schlagzahl pro 10 cm Eindringteufe n_{10} gegen Tiefe. Die Rammdiagramme der DPH sind in der Anlage 2 grafisch dargestellt und den Rammkernsondierungen gegenübergestellt.

- ⇒ Auffüllungen: Der Auffüllungskörper besitzt differierende, überwiegend geringe-mäßige Schlagzahlen.
 - Fülllehm: Der Fülllehm führt ein Schlagzahlniveau von überwiegend $n_{10} = 2-5$, was einer weitgehend **weichen Konsistenz** gleichkommt.
 - Füllsand: Betreffende Einheit zeigt ein geringes-mäßiges Niveau von $n_{10} = 2-5$, z.T. bis 10, was umgerechnet einer **lockeren, z.T. mitteldichten Lagerung** entspricht.
- ⇒ Löß- und Fluviatillehm (Schluff, RK3 / RS1 und RK6 / RS4): Der Löß- und Fluviatilschluff besitzt ein mäßiges Schlagzahlniveau von überwiegend $n_{10} = 2-6$, was umgerechnet eine **weiche, z.T. weiche-steife Konsistenz** aufzeigt.
- ⇒ Grundmoräne: Die mittelplastische bis ausgeprägt plastische Grundmoräne zeigt ein für derartige Böden typisches Schlagzahlbild.

- Hangende Grundmoräne: Das hangende Profil weist geringe bis mäßige Schlagzahlen auf (DPH $n_{10} = 5-9$). Hierbei handelt es sich weitgehend um eine **steife, z.T. weiche-steife Konsistenz**.
- Liegende Grundmoräne: Das liegende Profil betreffender Einheit zeigt überwiegend kontinuierlich zunehmende Schlagzahlen auf ($n_{10} = 10 - >40$). Hierbei handelt es sich teilweise um eine Schlagzahlverfälschung infolge erhöhter Mantelreibung (Lehm 'pappt' an Sonde) und teilweise um eine Konsistenzhöhung infolge der Auflast (**steif-halbfeste bis halbfeste Konsistenz**).

Aufgrund vorgenanntem Phänomens erfolgte innerhalb des unteren Parts der Grundmoräne bei einem Teil der Sondierungen ein Sondierabbruch.

⇒ Fluviatilkies: Die Schlagzahlen innerhalb des geogenen Kieselbewegens bewegen sich auf einem hohen Niveau ($n_{10} = 20 - >50$). Es kann von einer **dichten bis sehr dichten Lagerung** ausgegangen werden.

Aufgrund der hohen bis sehr hohen Lagerungsdichte erfolgte ein Sondierabbruch innerhalb der RS 1 und RS 2.

⇒ Verwitterungszone / Tonmergelstein: Da aufgrund der hohen bis sehr hohen Lagerungsdichte der Fluviatilkiese bzw. der Schlagzahlverfälschungen innerhalb der Grundmoräne ein Sondierabbruch in genannten Einheiten stattfand, konnte die Verwitterungszone und der 'Emschermangel' versuchsstechnisch nicht herangezogen werden.

Es sollte anhand der Bohrgutansprache von einer **steifen-halbfesten Konsistenz (Verwitterungszone)** bzw. von einem **halbfesten-festen Zustand (Grundgebirge)** ausgegangen werden.

Es konnte nachgewiesen werden, dass vor allem die Auffüllungen und die Löß- / Fluvialschluffe sowie eingeschränkt die hangende Grundmoräne eine relative Schwächezone darstellen, während die Fluviatilkiese sowie die Grundmoräne des tieferen Profils eine hohe, ausreichende Lagerungsdichte / Konsistenz aufzeigen.

3.3 Bodenmechanische Kennwerte / Baugrundbeurteilung

Tabelle 8: Charakteristische Bodenkenngrößen der relevanten Bodenarten

BODENART	γ_k (kN/m ³)	γ'_k (kN/m ³)	ϕ'_k (°)	c'_k (kN/m ²)	$E_{s,k}$ (kN/m ²)
Füllehm: Schluff, feinsandig, schw. tonig, z.T. schw. kiesig; überw. weich (angetroffen)	19,0 - 19,5	9,0 - 9,5	22,5 - 25,0	0	3.000 - 5.000 RW 4.000
Füllsand: Sand, schw. schluffig, schw. kiesig, z.T. geringe organ. Anteile; überw. locker, z.T. mit-teldicht (angetroffen)	17,0 - 18,0	9,0 - 10,0	30,0	0	8.000 - 20.000 RW 12.000
Löß- und Fluviatillehm: Schluff, feinsandig, schw. tonig, z.T. schw. kiesig; überw. weich bis weich-steif (angetroffen, unge-stört)	19,0 - 20,0	9,0 - 10,0	25,0	0	4.000 - 8.000 RW 6.000
Grundmoräne: Ton, schluffig bis stark schluffig, sandig; überw. steif / hangend bis halb-fest / liegend (angetroffen, unge-stört)	19,0 - 20,5	9,0 - 10,5	17,5 - 20,0	5-10 RW 10	14.000 - 23.000 RW 18.000
Fluviatilkies: Kies, sandig – stark sandig, schw. schluffig – schluffig, verm. steinig; überw. dicht bis sehr dicht (an-getroffen)	21,0 - 22,0	13,0 - 14,0	35,0	0	50.000 - 90.000 RW 70.000
Verwitterungszone: Schluff-Ton-Kies-Gemisch, überw. steif bis halbfest (angetroffen)	19,0 - 20,5	9,0 - 10,5	20,0 - 25,0	10-20 RW 15	12.000 - 25.000 RW 18.000
Tonmergelstein: halbfest-fest, angewittert	20,0 - 23,0	21,0 - 24,0	30,0 - 35,0	20 – 25 RW 22	50.000 - 90.000 RW 65.000

γ_k = Wichte des erdfeuchten Bodens

γ'_k = Wichte d. Bodens unter Auftrieb

ϕ'_k = Reibungswinkel des drainierten Bodens

RW = Rechenwert

c'_k = Kohäsion des drainierten Bodens

$E_{s,k}$ = Steifeziffer

3.4 Bodenklassen, Bodengruppen, Frostklassen, Homogenbereiche

Tabelle 9: Bodenklassen, Bodengruppen, Frostklassen, Homogenbereiche

Schicht- glieder (Grob- gliederung)	Boden- klassen (DIN 18 300)	Gruppen- symbol (DIN 18 196)	‘Frost- klasse’ ZTVE-StB	Boden- lösung	Homogenbereich		
					Gewerke Erdbau + Bohrarbeiten		Gewerk Verbau- arbeiten
Füllsand	3 – 4	A (SE-SW- SU-OH)	F1 – F2	‘Löffel- bagger’ / ‘Greifer- bagger’	I	I*	I**
Fülllehm ¹⁾	4, period. 2	UL-UM	F3				
Löß- und Fluv.-Lehm ¹⁾	4, period. 2	UL-UM	F3				
Grund- moräne ¹⁾	4 – 5, period. 2	UM-TL-TM- TA, u.U. X	F2 – F3				
Fluviatilkies ²	3 – 5	GU-GU*- GW-X	F1 – F2			II*	
Verwitt.- Zone ^{1) 2) 3)}	3 – 5	UM-TL-TM- GU*-GT*-X-Zv	F2 – F3		I*		
Tonmergel- stein (‘Emscher- mergel’)	6 – 7	(Z – Zv)	kein Boden	z.T. Löffel z.T. Reißzahn u.U. Meißel u.U. Stemmen	III		

¹⁾ bei Wassersättigung bewegungsempfindlich (Gefahr der Konsistenzverring. bis zu breiger Konsistenz = BK 2)

²⁾ Steingehalte von mehr als 30 Gew.-% über 0,01 – 0,1 m³ Rauminhalt = Bodenklasse 6

³⁾ Steine über 0,1 m³ Rauminhalt = Bodenklasse 7

* bei einvibrierten Spundwand- oder Trägerbohlwandverbau, ** bei vorgebohrtem Trägerbohlwandverbau

Erläuterung Tabelle 9

nach DIN 18 300	Bodenklasse 2: fließende Bodenarten Bodenklasse 3: leicht lösbare Bodenarten Bodenklasse 4: mittelschwer lösbare Bodenarten Bodenklasse 5: schwer lösbare Bodenarten Bodenklasse 6: leicht lösbarer Fels Bodenklasse 7: schwer lösbarer Fels
nach DIN 18 196	A Auffüllungen OH grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art UL/UM leicht / mittelpastische Schluffe TL/TM/TA leicht / mittel- / ausgeprägt plastische Tone SU Sand-Schluff-Gemische SE enggestufte Sande GU/GU* Kies-Schluff-Gemische GT* Kies-Ton-Gemische GW/SW weitgestufte Kies-Sand-/Sand-Kies-Gemisch X Steine (Z/Zv) Fels, allgemein / verwittert
nach ZTVE-StB	F1 'nicht frostempfindlich' F2 'gering bis mittel frostempfindlich' F3 'sehr frostempfindlich'
Homogenbereiche DIN 18 300 / 18 301 / 18 303	Eigenschaften siehe Tabelle 10

Bodenlösung / Erdbau: Es ist davon auszugehen, dass die Lösung der relevanten Lockergesteinsböden überwiegend mittels 'normalen' Löffelbagger- (kräftiger Hydraulikbagger, > 20 t Klasse) bzw. Greiferbagger-Einsatzes möglich sein wird (Bodenklassen 2-5). Diese Aussage betrifft nicht die Schwarzdeckenversiegelung im Fahrbahnbereich sowie die Bestandsbauwerke inkl. Fundamente. Diesbezüglich sollte eine eigene Position angesetzt werden.

Ab OK Mergelstein ist die Bodenklasse 6-7 anzusetzen (Lösung z.T. mit Löffel, z.T. mit Reißzahn, u.U. Meißel, u.U. Stemmen).

Verbaueinbringung: Bei der Einbringung eines herkömmlichen Spundwandverbaus oder Trägerbohlwandverbaus mit einem Stahlträgerprofil ist bis zur OK Fluviatilkies der Homogenbereich I anzusetzen.

Für den Fluviatilkies ist aufgrund der überwiegend sehr dichten Lagerung der Homogenbereich II mit einem 'erhöhten Einbringungsaufwand' (Auflockerungsbohrungen o.ä.) anzusetzen.

Sollte alternativ die Einbringung einer Verbaus mittels Vorbohrungen / Auflockerungsbohrungen erfolgen, so kann hierfür bis OK Tonmergelstein der Homogenbereich I angesetzt werden.

Die Unterschiede der Homogenbereiche für das Gewerk (Verbau') beruhen primär auf der differierenden, bei der Verbaueinbringung relevanten Lagerungsdichte der Fluviatilkiese.

Ab OK Tonmergelstein ist der Homogenbereich III anzusetzen.

Homogenbereiche gem. VOB Teil C: Die Festlegung von Homogenbereichen (Tabelle 9) erfolgt für die anzusetzende **Geotechnische Kategorie GK2** für die **Gewerke 'Erdarbeiten' und 'Bohrarbeiten'** gem. DIN 18 300 und DIN 18 301. Grundlage ist der Einsatz eines ausreichend kräftigen Hydraulikbaggers oder Greiferbaggers zur Bodenlösung. Sollten diesbezüglich andere Gerätschaften zum Einsatz kommen, so wird um Mitteilung gebeten, um den Homogenbereich entsprechend anpassen zu können. Für das **Gewerk 'Verbauarbeiten'** erfolgt die Festlegung von Homogenbereichen gem. DIN 18 303.

- Variante A: Einbringung eines potenziellen Verbaus (z.B. Spundwand- oder Trägerbohlwandverbau) mittels Vorbohrungen / Auflockerungsbohrungen.
- Variante B: Verwendung potenzieller Spundwand- oder Trägerbohlwandverbaue ohne Vorbohrungen / Auflockerungsbohrungen.

Homogenbereich (DIN 18 300 / 18 301 / 18 303):

Tabelle 10/a: Kennwerte für Homogenbereiche (**Bodenschichten**), n.b. = nicht bestimmbar

Nr. nach VOB	Kennwert / Eigenschaft	Homogenbereiche		
		I		II
		Gewerke 'Erd- arbeiten' + 'Bohr- arbeiten'	Gewerk 'Ver- bauarbeiten' (Variante A)	Gewerk 'Ver- bauarbeiten' (Variante B)
1	Kornverteilung mit Körnungsbändern	Band A (siehe Anlage 3.6), zzgl. Steinanteil		Band B (A. 3.7), zzgl. Steinanteil
2	Definition von Steinen + Blöcken	fluvial sedimentierte Verwitterungsprodukte (überw. plattiges Plänergestein)		
2a, 2b	Anteil Steine und Blöcke	ca. 5-50 % (DIN 18 301: BS1-BS3)		
2c	Anteil große Blöcke	ca. < 2 % (DIN 18 301: BS3)		
3	mineral. Zusammensetzung der Steine und Blöcke	überw. plattiges Plänergestein, untergeordnet gerundeter Sandstein, nordische Geschiebe		
4	Dichte	$\rho_s = 2,65-2,85 \text{ g/cm}^3$ (Korndichte)		
5	Kohäsion	0-20 kN/m ²		0 kN/m ²
6	undrainierte Scherfestigkeit	0 – 200 kN/m ²		
7	Sensitivität	n.b.		
8	Wassergehalt	5-40 %		3-15 %
9	Konsistenz	~ weich bis halbfest		-
10	Konsistenzzahl	~ 0,3 – 1,0		-
11	Plastizität	n.b.		-
12	Plastizitätszahl	~ 0,10 – 0,30		-
13	Durchlässigkeit	ca. $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ bis $< 1 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$		ca. $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
14	Lagerungsdichte I_D	~ <0,15 – > 0,65	überw. ~ <0,15 – 0,50, z.T. > 0,65	überw. ~ 0,50 – > 0,65 z.T. 0,40 – 0,50
15	Kalkgehalt	mittelhoch		
16	Sulfatgehalt	gering		
17	Organischer Anteil	~ 0 – 3 % (Schätzung)		0 % (Annahme)
19	Abrasivität	ausgeprägt (plattiges Plänergestein)		
20	Bodengruppen	A, UL, UM, TL, TM, TA, OH, SU, GU, GU*, GT*, SE, SW, GW, X, Zv		GW, GU, GU*, X
21	Ortsübliche Bezeichnung	Füllsand/-lehm, Fluv.-/Lösschluff, Fluv.-Kies, Grundmoräne, Verw.-Lehm, Verw.-Schutt		Fluvialtkies

Die Unterschiede der Homogenbereiche für das Gewerk 'Verbau' beruhen primär auf der differierenden, bei der Verbaueinbringung relevanten Lagerungsdichte.

Hinweis zur Tabelle 10/b (Homogenbereiche, Felsschicht): Bei der Gründungsvariante 2 (Bohrpfähle) besitzt das Grundgebirge Gründungsrelevanz. Aufgrund hydrologischer / hydrogeologischer Notwendigkeiten und Klärung der Tragfähigkeit (1-axiale Druckfestigkeit) werden Detailuntersuchungen angeraten (Kernbohrung bis in den Tonmergelstein; s.u.). Die folgenden Angaben der Tabelle 10/b gelten vorbehaltlich der Ergebnisse der angeratenen Detailuntersuchungen.

Tabelle 10/b: Kennwerte für Homogenbereiche (**Felsschicht**), n.b. = nicht bestimmbar / nicht untersucht

Nr. nach VOB	Kennwert / Eigenschaft	Homogenbereich III		
		Gewerk 'Erdarbeiten'	Gewerk 'Bohrarbeiten'	Gewerk 'Verbauarbeiten'
1	Benennung von Fels	Tonmergelstein ('Emschermergel'), Oberkreide, Ober- und Mittelconiac		
2	Dichte	n.b.		
3	Verwitterung und Veränderung, Veränderlichkeit	entfestigt bis unverwittert, ausgeprägt veränderlich		
4	Kalkgehalt	vorhanden (mäßig-deutlich)		
5	Sulfatgehalt	gering-mäßig		
6	Druckfestigkeit	orientierende Angabe: 0,5-3 MN/m ² (1-axiale Druckfestigkeit in Abhängigkeit vom Anwitterungszustand des Gesteins) *		
7	Spaltzugfestigkeit	(Empfehlung: Kernbohrung mit Felsmechanik)		
8a	Trennflächengefüge			
8b	Trennflächenabstand			
8c	Gesteinskörperform			
9a	Öffnungsweite der Trennflächen			
9b	Kluftfüllung von Trennflächen			
10	Gebirgsdurchlässigkeit	gering (geschätzt $k_f = 10^{-5}$ bis 10^{-10} m/s (DIN 18 130: 'durchlässig' bis 'sehr gering durchlässig')		
11	Abrasivität	Ausgeprägt		
12	ergänzende ortsübliche Bezeichnung	'Emschermergel'		

* Spannweite von gewonnenen Laborversuchswerten aus dem Raum Hamm (Hinweis: Der 'Emschermergel' im Raum Hamm weist bekanntlich eine geringe 1-axiale Druckfestigkeit auf. Vorbehaltlich der Ergebnisse der angeratenen Kernbohrungen mit 1-axialen Druckversuchen kann im Arbeitsbereich u.U. mit geringfügig höheren tatsächlichen 1-axialen Druckfestigkeiten als den genannten gerechnet werden).

4. Ingenieurgeologische Hinweise zur Baudurchführung

Planung: Nach Rückbau der Bestandsbrücke soll über den DB-Gleisbereich ein Ersatzneubau errichtet werden (1-feldriges Brückenbauwerk, $l = \text{ca. } 24,15 \text{ m}$, $b = \text{ca. } 12,5 \text{ m}$). Der Ersatzneubau soll \pm an gleicher Stelle wie der Bestand errichtet werden. Die Gleisbereiche sollen unverändert bleiben. Details wie z.B. Höhen- und Lastangaben liegen dem AN nicht vor.

Brückenbestand: Laut den zur Verfügung stehenden Unterlagen handelt es sich bei dem Bestand um eine 2-feldrige Brücke. Das Baujahr der Widerlager und der Widerlagerfundamente ist sowohl dem AG als auch dem AN nicht bekannt. Die Mittelstützenreihe inkl. Streifenfundament ($b = \text{ca. } 1,7 \text{ m}$, $l = 18 \text{ m}$) sowie das Auflager wurde nachträglich in 1951 von der Fa. Wayss & Freytag AG, Niederlassung Essen, geplant und errichtet. Damaliger AG war die *Deutsche Bundesbahn*, ED Essen.

Errichtet wurde – neben der Mittelstützen plus Fundament – in 1951 eine 2-feldrige Spannbeton-Platte mit $d = 0,55 \text{ m}$ (ein Feld mit $12,57 \text{ m}$ Spannweite, ein Feld mit $11,58 \text{ m}$ Spannweite). Die beiden kastenförmigen Widerlager besitzen eine Bruchsteinverkleidung und weisen eine Breite von ca. $2,5 \text{ m}$ auf. Die Widerlagerfundamente sollen eine Breite von ca. $3,5 \text{ m}$ aufweisen. Das Baujahr der Widerlager und ihrer Fundamente ist nicht bekannt. Die Fundamente der Widerlager und der Mittelstützen sollen laut vorliegender Unterlagen flach als Streifenfundament gründen. Einbindung lt. Planunterlagen:

- Fundament 'Widerlager Salzkotten' ($b = \text{ca. } 3,5 \text{ m}$): ca. $1,0 \text{ m}$ u.GOK
- Fundament 'Widerlager Paderborn' ($b = \text{ca. } 3,5 \text{ m}$): ca. $1,5 \text{ m}$ u.GOK
- Fundament Mittelstützen ($b = \text{ca. } 1,7 \text{ m}$): ca. $1,5 \text{ m}$ u.GOK

Es wird darauf hingewiesen, dass lt. Planunterlagen die Fundamente primär des südlichen Widerlagers ('Widerlager Salzkotten') und des Mittelstützenfundamentes infolge der horizontalen Auskragung bis fast unterhalb der dortigen Gleise reichen. Dies muss beim Rückbau und Neuerrichtung an gleicher Stelle berücksichtigt werden (Verbausiherung, u.U. Gleisaufnahme + Neuverlegung, u.U. temporäre Streckensperrung).

Lt. Planunterlagen weist der Bestand folgende NN-Höhen auf, wobei auf das hohe Alter der Planunterlagen hingewiesen wird (**Aktualisierungs-Nivellement / Neuvermessung wird angeraten**):

- OK Gleis 92 (Süden):	S.O. +116,80 mNN
- OK Gleis 91:	S.O. +116,72 mNN
- OK Gleis 2:	S.O. +116,80 mNN
- OK Gleis 1 (Norden):	S.O. +116,83 mNN
- OK Fahrbahn ('Widerlager Salzkotten'):	+123,08 mNN
- OK Fahrbahn (Höhe Mittelstütze):	+123,12 mNN
- OK Fahrbahn ('Widerlager Paderborn'):	+123,05 mNN
- UK Fundament 'Widerlager Salzkotten':	ca. +115,30 mNN
- UK Fundament 'Widerlager Paderborn':	ca. +114,93 mNN
- UK Fundament Mittelstützen:	ca. +114,90 mNN

Rückbau: Es wird bei den u.g. Hinweisgebungen für die Gründungsvariante 1 (Flachgründung) von der vollständigen Entfernung der Bestandsbrücke inkl. aller Widerlagerfundamente ausgegangen. Das Fundament der Mittelstützen kann verbleiben.

Relevante Höhendaten:

Tabelle 11: Relevante Höhenangaben

aktuelle GOK (Bohransätze)	RK 3 (Rampentop):	+122,74 mNN
	RK 4 + 4a (Rampenfuß):	+117,01 mNN / +116,99 mNN
	RK 5:	+117,92 mNN
	RK 6 (Rampentop):	+122,91 mNN
	RK 7:	+120,09 mNN
OK Fahrbahn	+123,08 mNN (S) / +123,12 mNN (Mitte) / +123,05 mNN (N)	
OK Gleise S.O. (Bestand)	+116,72 mNN bis +116,83 mNN	
UK Auffüllungen	min. RK 4a (+115,09 mNN) / max. RK 3 (+118,34 mNN) i.M. +116,09 mNN	
OK Fluviatilkies (= OK tragfähiger Baugrund)	min. 115,09 mNN / max. +115,94 mNN (RK 6: DPH) i.M. +115,44 mNN (= ca. 1,4 m u. OK Gleise/Schienen)	
OK Tonmergelstein (lt. DPH $n_{10} > 120$)	i.M. +106,41 mNN (= ca. 10,4 m u. OK Gleise/Schienen)	
Grundwasser	i.M. +112,59 mNN (13./14.09.2016) (= ca. 4,21 m u. OK Gleise/Schienen)	
Bemessungswasserstand	+115 mNN	

Gründung Bestand: Bei Betrachtung vorstehender Höhen / Daten kann davon ausgegangen werden, dass der Bestand auf dem dicht bis sehr dicht gelagerten Fluviatilkies ('Almeschotter') gegründet.

Grundwasserverhältnisse: Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Geländearbeiten (13./14.09.2016) auf i.M. +112,59 mNN gelotet (= 4,21 m u. OK Gleise/Schienen). Es handelt sich um einen Porenwasserleiter. Das Grundwasser bewegt sich weitgehend innerhalb der Fluviatilkieste. Bemessungswasserstand: +115 mNN.

Bei einer Flachgründung muss mit einer seltenen / periodischen GW-Beeinflussung der Brückenwiderlager-Fundamente und bei einer Tiefgründung von einer permanenten GW-Beeinflussung der Gründungselemente (hier: Pfähle) gerechnet werden.

Hinweis: Im Rahmen von Detailuntersuchungen sollte die **Betonaggressivität des Grundwassers** gem. DIN 4030 untersucht und bewertet werden.

Ingenieurgeologische Beurteilung der Gründungseignung der Bodenschichten:

- **Auffüllungen:** Die Auffüllungen (Füllsand und Fülllehm) besitzen infolge ihrer geringen Lagerungsdichte ('locker', z.T. 'mitteldicht') bzw. geringen Konsistenz ('weich') ein deutliches Setzungspotenzial. Projektbezogen wird eine Gründung auf / in genannten Einheiten abgelehnt.
- **Löß-/Fluviatilschluff:** Die Konsistenz des Löß-/Fluviatilschluffes bewegt sich auf einem geringen-mäßigen Niveau (weich bis weich-steif), welches projektbezogen ebenfalls infolge des deutlichen Setzungspotenzials keine Gründungseignung besitzt.
- **Fluviatilkies ('Almeschotter'):** Sowohl der obere als auch der untere Fluviatilkies ('Almeschotter') weisen eine dichte bis sehr dichte Lagerung auf, was ein geringes Setzungspotenzial zur Folge hat. Der Kies besitzt eine gute Gründungseignung, welche lediglich durch die mäßige Tragfähigkeit der zwischen dem oberen und dem unteren Kies positionierten Grundmoräne in Maßen eingeschränkt wird.
- **Grundmoräne:** Die zwischen dem oberen und dem unteren Kies positionierte Grundmoräne weist für einen bindigen Boden relativ hohe Konsistenzen auf (oben: steif, unten: halbfest). Der tonige-schluffige Boden in g.g. Konsistenz ist als mäßig guter Baugrund mit Einschränkungen aufgrund des deutlichen Setzungspotenzials zu beurteilen.
- **Tonmergelstein:** Der im tieferen Untergrund angetroffene Tonmergelstein ist als sog. 'Weichgestein' zu klassifizieren. Im festen Zustand besitzt er projektbezogen eine mäßig gute, ausreichende Gründungsqualität. Einschränkend muss die hohe Tiefenlage genannt werden.

Diskussion Gründungsart / Vorschlag Gründungsvarianten:

Variante 1 (Flachgründung): Nach vollständigem Rückbau der Bestandswiderlager und der Bestandsfundamente (Mittelfundament kann verbleiben) kann – bei geeigneten statischen Rahmenbedingungen / vorbehaltlich der statischen Beurteilung – an gleicher Stelle eine Flachgründung des Ersatzneubaus erstellt werden.

Bei einer Flachgründung sollte durchgängig auf dem Fluvialtkies gegründet werden. Die hohe Tragfähigkeit des Kiesel wird jedoch durch die unterlagernde Grundmoräne eingeschränkt, was lediglich mittlere Sohlpressungen zulässt.

Es wird des Weiteren darauf hingewiesen, dass lt. Planunterlagen die Fundamente primär des südlichen Widerlagers ('Widerlager Salzkotten') und des Mittelstützenfundamentes infolge der horizontalen Auskragung bis fast unterhalb der dortigen Gleise reichen. Dies bedingt beim Rückbau und Neuerrichtung an gleicher Stelle Verbausicherungen oder eine Aufnahme und Neuverlegung der Gleise. Verbausicherungen sind jedoch vermutlich lediglich für das nördliche Fundament möglich, da das südliche Fundament bis unter die Trasse des Gleises 92 reicht. Möglicherweise bedingt der Einbau / Ausbau der Verbauwerke u.U. deutliche bauzeitliche Einschränkungen (z.B. temporäre Strecken-/Teilsperren / Geschwindigkeitsbeschränkungen, u.U. Gleisaufnahme + Neuverlegung).

- Vorteil Flachgründung: • Vermutlich geringerer wirtschaftlicher und technischer Aufwand gegenüber einer Tiefgründung. • Kein bzw. lediglich im geringen Umfang Spezialtiefbau.
- Nachteil Flachgründung: • Lediglich mittelhohe zulässige Sohlpressungen. • U.U. bauzeitliche Funktionseinschränkungen / Trassensperren für den Bahnbetrieb sowie u.U. teilweise Gleisaufnahme und Neuverlegung.

Variante 2 (Tiefgründung): Sollten bzw. müssen Funktionseinschränkungen des Bahnbetriebes vermieden bzw. minimiert werden, wird alternativ folgende Variante vorgeschlagen:

Alle Bestandsfundamente verbleiben im Untergrund. Lediglich die beiden Überflur-Widerlager werden teilweise abgetragen ('Schleifung' der \pm oberen Hälfte / des \pm oberen Zweidrittels). Die unteren Bereiche der Widerlager verbleiben dauerhaft. Im Schutze dieses 'Verbaus' werden rampenseitig (südlich des südlichen Widerlagers, nördlich des nördlichen Widerlagers) die neuen Fundamente plus Widerlager gesetzt. Gegenüber den Bestandsfundamenten sind die Neufundamente rückversetzt. Durch die rückversetzten Fundamente existiert eine deutlich längere / größere Spannweite der Brücke.

Vorbehaltlich der statischen Notwendigkeiten wird daher keine Flachgründung, sondern eine Tiefgründung über Großbohrpfähle mit Einbindung in den festen Tonmergelstein vorgeschlagen.

Aufgrund der besonderen hydrogeologischen Lage werden bei einer Pfahlgründung in den Tonmergelstein dringend Detailuntersuchungen angeraten. Der Tonmergelstein ('Emschermegel') bildet einen Stauer zwischen oberem Lockergesteinsaquifer und dem unteren 'gespannten' Karstwasseraquifer innerhalb des Mergelkalksteins ('schloenbachi-Schichten'). Bei einer Durchörterung des 'Stauers' (Emschermegel) – z.B. mittels Bohrpfählen – würde eine unkontrollierte Grundwasserentspannung in das obere, 1. Grundwasserstockwerk (quartäres Lockergestein) erfolgen ('Kurzschluss' Karstwasserleiter / Porenwasserleiter). Diese unkontrollierte Entspannung muss vermieden werden.

Des Weiteren sollte die 1-axiale Druckfestigkeit des 'Emschermegels' im felsmechanischen Labor an ungestörten Proben ermittelt werden.

Daher werden bei einer Pfahlgründung dringend mind. zwei Kernbohrungen (1 x Norden, 1 x Süden) mit der Entnahme von ungestörten Felsproben angeraten. Des Weiteren muss die Mächtigkeit des 'Emschermegels' ermittelt und anhand der gewonnenen Daten fachgutachterlich eine max. zulässige Einbindelänge der Pfähle in den Tonmergelstein vorgegeben werden (Ziel: Vermeidung eines hydraulischen 'Kurzschlusses' zwischen Lockergesteinsaquifer und Karstwasseraquifer).

- Vorteil Tiefgründung: • Vermutlich deutlich geringere bauzeitliche Funktionseinschränkungen für den Bahnbetrieb als bei einer Flachgründung.
- Nachteil Tiefgründung: • Vermutlich höherer wirtschaftlicher und technischer Gründungsaufwand gegenüber einer Flachgründung. • Vermutlich höherer konstruktiver Aufwand infolge einer deutlich längeren Spannweite des Auflagers. • Dringend empfohlen werden Detailuntersuchungen (Kernbohrungen zur Ermittlung der 1-axialen Druckfestigkeit an ungestörten Felsproben, Ermittlung der Mächtigkeit des 'Emschermegels' und fachgutachterliche Beurteilung und Vorgabe der max. zul. Einbindetiefe in den Tonmergelstein).

Variante 1 (Flachgründung):

Bodenverhältnisse auf Gründungsniveau bei einer Flachgründung: Bei einer Flachgründung sollte durchgängig auf dem Fluviatilkies gegründet werden. Dieser weist eine dichte bis sehr dichte Lagerung auf. Der Kies steht gemittelt ab +115,44 mNN (= ca. 1,4 m u.OK Gleise/Schienen) an. Unterlagert wird der i.M. 3,75 m mächtige obere Kies von einer Grundmoräne (oben: steif, unten: halbfest).

Entfernung Bestand, Füllboden und Löß-/Fluviatilschluff: Es wird von einer vollständigen Entfernung der Bestandsfundamente des südlichen und des nördlichen Widerlagers und alles sonstigen Unterflurbauteile aus dem Gründungs- und Lastabtragsbereich ausgegangen.

Das Mittelfundament der Stützenreihe kann im Untergrund verbleiben.

Der Füllboden und der Löß-/Fluviatilschluff im Gründungs- und Lastabtragsbereich muss vollständig bis auf den Fluviatil Kies entfernt werden. Potenzielle Massendefizite sind lagenweise mit Güteschotter auszugleichen und ordnungsgemäß zu verdichten.

Wichtig ist die sorgfältige Kontrolle des gesamten freigelegten Erdplanums im Rahmen einer ingenieurgeologischen Baugrubenabnahme.

Aushub: In einem ersten Schritt muss der Rampenkörper nahe der Widerlager (Hinterfüll- / Andeckbereich) im ausreichenden Abstand aufgenommen werden. Der Rampenkörper darf nicht steiler als 40° geböscht werden und muss mit einer Folie windgesichert abgedeckt werden.

Der Aushub der Baugruben sollte mittels 'Glattschneide' erfolgen, um unnötige Auflockerungen zu vermeiden. Störungen des natürlichen Bodengefüges sind aufzunehmen und durch Güteschotter zu ersetzen.

Wasserhaltung: Ausgehend von einer Fundamenteinbindung von ca. 1,4 m u.OK Gleise/Schienen (Gründungsniveau ca. +114,55 mNN) und den Grundwasserverhältnissen zum Zeitpunkt der Geländearbeiten (13./14.09.2016; GW i.M. +112,59 mNN) wird keine GW-Absenkung notwendig.

Bei nicht auszuschließenden GW-Anstiegen bis oberhalb von +114 mNN ist das Grundwasser bis 0,5 m unter Aushubsohle abzusenken. Dies wird vermutlich mittels einer offenen, u.U. periodisch in einer verstärkten offenen Wasserhaltung mit Anlage eines oder mehrerer Pumpensümpfe – u.U. ergänzt um zuleitende Gräben – möglich sein.

Abböschen / Verbausicherung: Da lt. Planunterlagen die Fundamente – primär das des südlichen Widerlagers ('Widerlager Salzkotten') und das des Mittelstützenfundamentes – infolge der horizontalen Auskragung bis fast unterhalb der dortigen Gleise reichen, kann dort bei einem Rückbau vermutlich nicht geböscht und teilweise nicht verbaut werden bzw. macht dies eine Aufnahme des Gleis-/Schienenkörpers notwendig. Dies bedingt beim Fundamentrückbau und -neuerrichtung an gleicher Stelle entweder eine bauzeitliche Streckensperrung oder eine bauzeitliche Verbausicherung.

Variante Abböschen: Bei einer bauzeitlichen Streckensperrung von Gleis 1 (nahe Widerlager Norden) sowie von Gleis 92 (nahe Widerlager Süden) kann die jeweils nahegelegene Baugrube geböscht werden.

Bei einem Abböschchen muss des Weiteren im relevanten Bereich der Gleiskörper + Gleise der o.g. Gleistrassen bauzeitlich aufgenommen und später erneuert werden.

Es sind folgende Böschungswinkel anzusetzen:

- Schicht 1a (Füllsand): $\beta = 45^\circ$
- Schicht 1b (Fülllehm): $\beta = 45^\circ$
- Schicht 2 (Löß-/Fluviatilschluff) $\beta = 45^\circ$
- Schicht 3 (Fluviatilkies): $\beta = 45^\circ$
- Schicht 4 (Grundmoräne): $\beta = 60^\circ$

Vorgenannte Angaben setzen voraus, dass die bindigen Schichteinheiten (Schicht 1b, Schicht 2 und Schicht 3) nicht wassergesättigt bzw. entwässert vorliegen. Die Böschungskanten sollten auf einer Mindestbreite von $b \geq 2$ m lastfrei gehalten werden. Die Böschung ist mittels windgesicherter Folie vor witterungsbedingten Aufweichungen zu schützen.

Grundsätzlich sollte die Arbeitsraumbreite so schmal wie eben möglich gehalten werden (0,5 m), um die Böschungen nicht zu übersteilen.

Variante Verbausicherung: Sollten Streckensperrungen nicht bzw. lediglich eingeschränkt möglich sein, werden Verbausicherungen zwecks Hebung der Bestandsfundamente und Setzung der Neufundamente notwendig. Diese Möglichkeit existiert jedoch lt. Planunterlagen lediglich für das nördliche Widerlagerfundament / Gleis 1, da im Süden (Gleis 92) das Altfundament bis unter die Gleise der Trasse 92 reicht und somit der dortige Gleiskörper bauzeitlich aufgenommen werden muss.

Bei einem Verbau der nördlichen Baugrube kann entweder ein Spundwandverbau oder ein Trägerbohlwandverbau eingesetzt werden. Da die Verbaue (Spundwand oder Stahlträger) aufgrund der dichten bis sehr dichten Lagerung der Kiese nicht mittels herkömmlicher Vibrationseinbringung in die Kiese eingebracht werden können, werden dort vermutlich Vorbohrungen / Auflockerungsbohrungen im Kiesbereich notwendig und sollten einkalkuliert werden.

Die genaue Einbindeteufe ist vom Statiker festzulegen. Sinnvoll sind Verbaue mit gegenseitiger Aussteifung. Die in Tabelle 8 aufgeführten Werte sollten grundsätzlich zur Bemessung des Verbaus herangezogen werden.

Gründung: **Empfohlen wird eine (Flach-) Gründung mittels eines Streifenfundamentes auf dem Fluviatilkies.** Die Kies stehen gemittelt ab +115,44 mNN (= ca. 1,4 m u. OK Gleise/Schienen) an. Die hangenden Füllböden sowie Löß- / Fluviatilschluffe sollten vollständig bis auf den Fluviatilkies aus dem Gründungs- und Lastabtragsbereich entfernt werden. Es sollte auf ca. 1,4 m u. OK Gleise/Schienen auf der OK Kies gegründet werden (Fundamenteinbindung: ca. 1,4 m).

Nach Aushub wird eine ingenieurgeologische Abnahme empfohlen.

Abgesehen von einer sorgfältigen Nachverdichtung der Kiese und von einer Unterbetonlage (ca. 10 cm) werden keine sonstigen verbessernden Maßnahmen notwendig.

Streifenfundamentgründung: Bemessungswert des Sohlwiderstandes: Anhand der in der Tabelle 8 angegebenen Bodenkennwerte wurden voraussichtliche Setzungen der Streifenfundamente berechnet (siehe Anlage 7.1). Es wird eine Einbindung von 1,4 m (= ca. OK Fluviatilkies), einer Fundamentlänge von 12,5 m (= Bauwerksbreite) und einem Lastabtrag auf einem dicht bis sehr dicht gelagertem Fluviatilkies ausgegangen.

Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ muss im Rahmen des Tragwerksplanung mit dem Bemessungswert der Sohldruckbeanspruchung $\sigma_{E,d}$ verglichen werden, der sich aus den teilsicherheitsbehafteten Bemessungslasten des Bauwerkes ergibt.

In der Tabelle 12 sowie der Anlage 7.1 sind die zu erwartenden Setzungen aufgeführt. Der angegebene Bemessungswert des Sohlwiderstandes für die jeweilige Fundamentbreite sollte nicht überschritten werden, um die Setzungen zu begrenzen.

Tabelle 12: Setzungsbeträge (Streifenfundament-Widerlager, Anlage 7.1)

Fundamentgründung (a = 12,5 m), Einbindung: 1,4 m		
Gründungsmedium	Fluviatilkies (OK i.M. +115,44 mNN)	
Fundamentbreite	Bemessungswert des Sohlwiderstandes	Gesamtsetzung
b = 2,50	$\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$	$S_g = \text{ca. } 1,57 \text{ cm}$
b = 3,00	$\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$	$S_g = \text{ca. } 1,88 \text{ cm}$
b = 3,50	$\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$	$S_g = \text{ca. } 2,15 \text{ cm}$

Variante 2 (Tiefgründung):

Sollten bzw. müssen Funktionseinschränkungen des Bahnbetriebes vermieden bzw. minimiert werden, wird alternativ folgende Variante vorgeschlagen:

Bei einem Verbleib der Bestandsfundamente im Untergrund und einer Errichtung der Neufundamente im rückwärtigen, rampenseitigen Bereich hinter den Widerlagern können die Einschränkungen vermutlich deutlich reduziert werden.

Zunächst sollten – nachdem die Füllböden der Rampen im betreffenden Bereich (Hinterfüllung und Andeckung) im ausreichenden Umfang abgeschoben wurden – die hangenden / oberen Bereiche der beiden Widerlager abgetragen werden ('Schleifung' der \pm oberen Hälfte / des \pm oberen Zweidrittels).

Die unteren Bereiche der Widerlager verbleiben dauerhaft im Untergrund. Im Schutze dieses 'Verbaus' werden rampenseitig (südlich des südlichen Widerlagers, nördlich des nördlichen Widerlagers) die neuen Fundamente plus Widerlager gesetzt. Die Baugruben für die Fundamente sollten vom Höhenniveau der Gleise/Schienen errichtet und frostsicher in den Untergrund einbinden. Auf diese Fundamente – welche den u.g. Bohrpfählen aufliegen – können die neuen Widerlager aufgesetzt werden. Durch die Rückversetzung der Neufundamente ergibt sich eine deutlich längere / größere Spannweite der Brücke.

Gründungsvorschlag: Vorbehaltlich der statischen Notwendigkeiten wird keine Flachgründung, sondern eine **Tiefgründung über vorverrohrte Bohrpfähle mit Einbindung in den festen Tonmergelstein** vorgeschlagen. Hierdurch werden homogene und geeignete Lastabtragsverhältnisse geschaffen.

Bei einer Pfahlgründung innerhalb des Tonmergelstein-Grundgebirges erfolgt der Lastabtrag über die Pfahlspitze und über die Mantelreibung.

Die Pfahl-Mantelreibung der Auffüllungen, potenzieller organischer Böden und der Fluvial-/Lößschluffe sollte hinsichtlich des Lastabtrags nicht angesetzt werden. Da die Verwitterungszone lediglich eine geringe Mächtigkeit sowie differierende Höhenlagen aufweist, sollte für diese Einheit keine Mantelreibung angesetzt werden.

Der Lasteintrag sollte über die Mantelreibung des Fluvialtkies, der Grundmoräne, des Tonmergels sowie den Pfahlspitzendruck in den festen Tonmergelstein erfolgen.

Basierend auf den vorliegenden Informationen über die Grundgebirgsausbildung (angewitterter, halbfester-fester oberkretazischer Tonmergelstein, sog. 'Emschermergel') sollte bei einer Pfahlgründung der Pfahlfuß mindestens 1,5 m in den unverwitterten, festen Fels reichen, was durch eine Abnahme nachgewiesen werden sollte. Diese Angabe gilt vorbehaltlich der Ergebnisse der angeratenen Detailuntersuchung (s.u.).

Mittels durchgängigem Lasteintrag in den Tonmergelstein werden homogene Lastabtragsverhältnisse geschaffen.

Hinzuweisen ist darauf, dass die mittleren und liegenden Bestandteile der Pfähle permanent unter Grundwassereinfluss stehen.

Es sollten vorverrohrte Ortbeton-Bohrpfähle verwendet werden.

OK Fels: Ausgehend von den Bohr-/Sondierergebnissen steht die OK Tonmergelstein i.M. auf ca. +106,41 m ü.NN (= ca. 10,4 m u. OK Gleise/Schienen) an, so dass vermutlich Pfahllängen von ca. 12 m notwendig werden (Angabe vorbehaltlich der Ergebnisse der dringend angeratenen Detailuntersuchungen; s.u.).

Sehr wichtig ist die ingenieurgeologische Bohrkernabnahme der gewonnenen Felskerne bei den Pfahlbohrungen zwecks Festlegung der ausreichenden Einbindetiefe. Die endgültige Pfahllänge ist nach Vorlage der Ergebnisse der Detailanalysen von einem Statiker festzulegen, wobei auf die ingenieurgeologische Abnahme hingewiesen wird. Die endgültigen Pfahllängen können somit erst bei der Bohrgutabnahme festgelegt werden.

Betreffende Leistungen anbietende Firmen im Nahbereich können genannt werden.

Detail-/Ergänzungsuntersuchungen: Sollte eine Pfahlgründung anvisiert werden, so werden aus folgenden Punkten dringend Detailuntersuchungen angeraten.

► **Punkt 1 (Hydrogeologische Detailuntersuchung)**: Aufgrund der besonderen hydrogeologischen Lage des Standortes werden bei einer Pfahlgründung in den Tonmergelstein dringend Detailuntersuchungen angeraten / notwendig.

Der Tonmergelstein ('Emschermegel') bildet einen sehr geringdurchlässigen Stauer zwischen oberem Lockergesteinsaquifer und dem unteren 'gespannten' Karstwasseraquifer innerhalb des stark durchlässigen Mergelkalksteins ('schloenbachischen Schichten'). Bei einer Durchörterung des 'Stauers' (Emschermegel) – z.B. mittels Bohrpfählen – würde eine unkontrollierte Grundwasserentspannung in das obere, 1. Grundwasserstockwerk (quartäres Lockergestein) erfolgen ('Kurzschluss' Karstwasserleiter / Porenwasserleiter). **Diese unkontrollierte Entspannung / Schaffung von Wegsamkeiten muss vermieden werden.** Mittels Kernbohrungen sollte die Mächtigkeit des 'Emschermergels' (Stauer) und die OK des Karstwasserleiters (sog. 'schloenbachischen Schichten', Mergelkalkstein) ermittelt werden.

Anhand der gewonnenen Daten muss fachgutachterlich eine max. zulässige Einbindelänge der Pfähle in den Tonmergelstein vorgegeben werden (Ziel: Vermeidung eines hydraulischen 'Kurzschlusses' zwischen Lockergesteinsaquifer und Karstwasseraquifer).

Empfehlung: Niederbringung von mind. zwei Kernbohrungen (eine im nördlichen, eine im südlichen Widerlagerbereich) bis in den Karstwasserleiter unterhalb des 'Emschermergels' bzw. bis eine hinreichend mächtige Tonmergelstärke vorliegt. Sehr wichtig ist eine abschließende druckwasserdichte Verschließung des Bohrlochs.

Fachgutachterlich bearbeitete bereits mehrmals das Ingenieurbüro *Schmidt und Partner GmbH – Beratende Hydrogeologen BDG*, Osningstraße 75 in Bielefeld, betreffende Aspekte im Paderborner Stadtgebiet.

► **Punkt 2 (Ermittlung der 1-axialen Druckfestigkeit):** Der sog. 'Emschermergel' stellt eine sog. 'Weichgestein' dar, welches im Bereich seiner Verbreitung (Paderborn über südliches Münsterland bis ins Ruhrgebiet) differierende 'felsmechanische Eigenschaften besitzt. Da der Tonmergelstein eine relativ geringe Festigkeit besitzt, ist es um so wichtiger, dass die exakte Tragfähigkeit ermittelt wird (Vermeidung von Spitzenlasteintrag im Bereich der Bruchlast).

Daher sollte die 1-axiale Druckfestigkeit des 'Emschermergels' im felsmechanischen Labor an ungestörten Proben ermittelt werden. Anhand der 1-axialen Druckfestigkeit kann mittels Umrechnung der Pfahlspitzendruck umgerechnet werden.

Empfehlung: Bei den o.g. zwei Kernbohrungen (eine im nördlichen, eine im südlichen Widerlagerbereich) sollten mehrere ungestörte Felsproben des 'Emschermergels' gewonnen werden. Sinnvoll ist eine Tiefenintervall-Staffelung. Im felsmechanischen Labor sollte die 1-axiale Druckfestigkeit an den ungestörten Fels-Probekörpern ermittelt werden.

► **Punkt 3 (Betonaggressivität Grundwasser):** Notwendig ist die Ermittlung der Betonaggressivität des Grundwassers, da die mittleren und liegenden Bestandteile (sowie bei einer Flachgründung periodisch der untere Part der Fundamente) einer GW-Beeinflussung unterliegen.

Empfehlung: Bei den o.g. Kernbohrungen sollte parallel ordnungsgemäß und fachgerecht eine Grundwasserprobe gezogen und gem. DIN 4030 auf seine Betonaggressivität untersucht sowie beurteilt werden.

Kenndaten: Die folgenden Angaben (Tabelle 13) – welche aus Sicherheitsgründen und hinsichtlich des rechnerischen Ansatzes vereinheitlicht / gemittelt wurden – gelten für Bohrpfähle / Ortbetonpfähle. Bezüglich der Angabe der seitlichen Bettung werden Pfähle mit einem typischen Durchmesser von 60 cm angesetzt. Hiervon abweichende Pfahldurchmesser können kurzfristig wertemäßig nachgereicht werden.

Wichtig: Die Angabe 'Bruchwert Pfahlspitzenwiderstand' sind Erfahrungswerte des Hammer und Lippstädter Raums und gilt vorbehaltlich der Ergebnisse der dringend angeratenen Ermittlung der 1-axialen Druckfestigkeit mittels Kernbohrung + Felsmechanik.

Die Bemessung der Pfahlgründung erfolgt von Seiten der Statik nach Abschnitt EC 7-1 bzw. DIN 1054. Die Herstellung der Pfähle und die Durchführung von Probelastungen erfolgen getrennt hiervon nach den jeweils gültigen pfahlspezifischen Ausführungsbestimmungen (z.B. DIN EN 1536:2010-12, DIN SPEC 18140:2012-02, etc.).

Tabelle 13: Bodenmechanische Kenndaten Bohrpfahlgründung (charakteristische Werte)

Bereich (in m u.GOK) bzw. anrechenbare Mächtigkeit (<i>d</i> in m)	Boden	Bruchwert der Mantelreibung $q_{s,k}$	seitliche Bettung $k_{s,h}$	Bruchwert Pfahl- spitzenwiderstand $q_{b,k}$
-	Auffüllungen	-	-	-
-	Löß-/Fluviatilehm	-	-	-
<i>d</i> = 3,70 m (gemittelt)	oberer Fluviatilkies	80 kN/m ²	116 MN/m ³ bei <i>d</i> = 0,6 m	-
<i>d</i> = 5,60 m (gemittelt)	Grundmoräne	30 kN/m ²	30 MN/m ³ bei <i>d</i> = 0,6 m	-
<i>d</i> = 3,80 m (gemittelt)	unterer Fluviatilkies	80 kN/m ²	116 MN/m ³ bei <i>d</i> = 0,6 m	-
i.M. ab ca. +106,41 mNN i.M. ab ca. 10,4 m u. OK Gleise/Schienen	Tonmergelstein (fest, DPH $n_{10} > 120$)	200 kN/m ² ^{a)}	180 MN/m ³ bei <i>d</i> = 0,6 m	3,5 MN/m ² , ^{a)}

^{a)} vorbehaltlich der Ergebnisse der angeratenen Ermittlung der 1-axialen Druckfestigkeit

§ 49 WHG-Anzeige: Bei einer Einbringung von Betonbohrpfählen wird eine Anzeige der Erdaufschlüsse gemäß § 49 WHG erforderlich (vom 31.Juli 2009, verkündet am 06. August 2009 [BGBl I S. 2585], trat am 01.März 2010 in Kraft).

Voraussetzungen für Spezialtiefbauer: Im Folgenden wird eine „Checkliste“ – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – für die spezialtiefbautechnische Errichtung der Bohrpfähle / Spunddielen angegeben:

- Verkehrsicherung / Baustellensicherung
- ausreichende Einrichtungsfläche, (ggf. *abschließbarer* Lagerplatz; auch: *standsichere* Material-Stellfläche)
- teilweise: Erdarbeiten bauseits
- mit Schwergewicht befahrbare Arbeitsebene
- freie Arbeitshöhe
- Wasser- und Stromanschlüsse (Baustrom, Kraftstrom, Bauwasser, etc.)
- Kabelpläne, Leitungsfreiheit, Ver-/Umlegen von Leitungen oder Stilllegung, etc.
- bescheinigte Kampfmittelfreiheit
- Vorlage der Betonaggressivität des Grundwassers
- schriftliche Freigabe, ggf. Freigabe vom Prüfsachverständigen
- Beseitigung von Verunreinigungen/Kontaminationen (auch diesbezügliche Arbeitsschutzmaßnahmen)

- Beseitigung von Bohr-/Verdrängungsgut, Überschussbeton, Abkapp-Beton, etc.
- ggf. Kappen von Bohrpfahl-Köpfen
- Nachverdichtung / Begradigung der AE-Flächen nach Spezialtiefbauer-Arbeiten
- ggf. Beweissicherungsverfahren bauseits
- ggf. Entfernung von Hindernissen
- ggf. Bohren in hindernisfreien Böden
- ggf. Bestandspläne benachbarter u.U. beeinflusster Gebäude
- ggf. Einmessen und Markieren der Bohrpfahl-Ansatzpunkte (lage- und höhenmäßig)

‘Pfahlrost’-Bereich: Es wird die Schaffung einer ebenen, tragfähigen Arbeitsebene für das Großbohrgerät notwendig. Dies sollte mit dem Pfahlaufsteller abgestimmt werden. Zwischen den die Pfähle horizontal verbindenden Betonbalken/-gittern (sog. ‘Rost’) sollte ein verdichtungsfähiges Mineralgemisch (Güteschotter nach TL Gestein StB 04) eingebracht und ordnungsgemäß verdichtet werden.

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

Frostsicherheit: Bei Einbindungen der Widerlagerfundamente $\geq 1,0$ m existiert eine ausreichende Frostsicherheit.

Trockenhaltung des Bauwerks: Hingewiesen wird darauf, dass der mittlere und liegende Part der Bohrpfähle permanent und der hangende Part periodisch unter GW-Einfluss steht. Unabhängig von dem o.g. Hinweis sollten die Hinweise der DIN 18 195 (‘Bauwerks-abdichtung’) beachtet werden.

Widerlager-Hinterfüllung: Hinzuzuweisen ist darauf, dass innerhalb der Widerlager-Hinterfüllbereiche alle vorhandenen organischen und bindigen Böden vollständig entfernt werden müssen, um Sackungen (Schrumpfsetzungen) zu vermeiden.

Lediglich ein Teil des Aushubes (organikfreie Füllsande mit einem bindiger Anteil < 15 %, Fluviatilkies) kann als Hinterfüllung der Widerlager im sog. ‘Sandwich’-Verfahren in Wechsellagerung mit Güteschotter, jedoch nicht als Straßen-/Wege-Oberbau verwendet werden. Der Einbau sollte in Lagen von max. 30 cm erfolgen. Das hangende Schotter-Material ist auf 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Die Verdichtung sollte mittels Plattendruckversuche überprüft und kontrolliert werden.

Der Fülllehm, der Löß-/Fluviatilehm, Böden mit organischen Anteilen und Sande / Kiese mit einem bindigen Anteil > 15 % sowie Steine sollte nicht als Hinterfüllmaterial eingebaut werden.

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


5. Anlagen

- Anlage 1.1: Lageplan
- Anlage 2.1: Schichtendarstellung und Rammdiagramme
- Anlage 3.1-3.7: Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven) + Körnungsbänder
- Anlage 4.1-4.5: Wassergehaltsbestimmungen
- Anlage 5.1: Chemische Analysenergebnisse (LAGA + DepV)
- Anlage 6.1: Fotodokumentation
- Anlage 7.1: Setzungsberechnungen (Streifenfundament / Flachgründung)


Jochen Kleegräfe
- Dipl.-Ing. FH (BDG), Geschäftsführer -



Kleegräfe
Geotechnik GmbH


Paul Girhards
- Dipl.-Geologe (BDG) -

Verteiler:

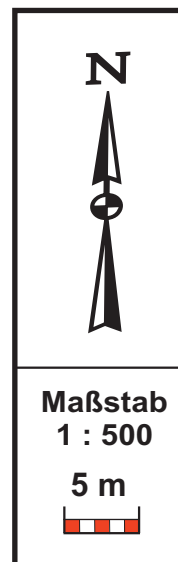
Stadt Paderborn / Straßen- und Brückenbauamt (Herrn Bode)

(2 x Druck, pdf)

ANLAGE 1.1

Lageplan

Paderborn



Zeichenerklärung:

- BS** Kleinbohrung gemäß DIN 4021
- DPL** Rammsondierung gemäß DIN 4094
- HMP** Höhenmesspunkt

KLEEGRÄFE

Kleegräfe Geotechnik GmbH

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

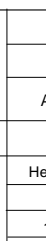
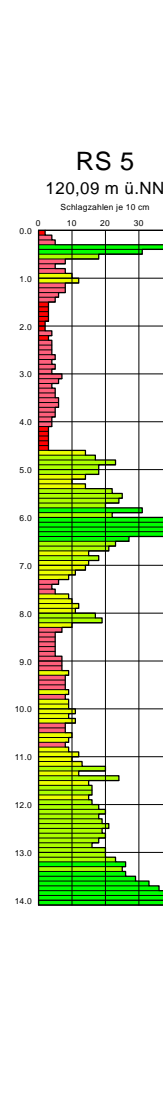
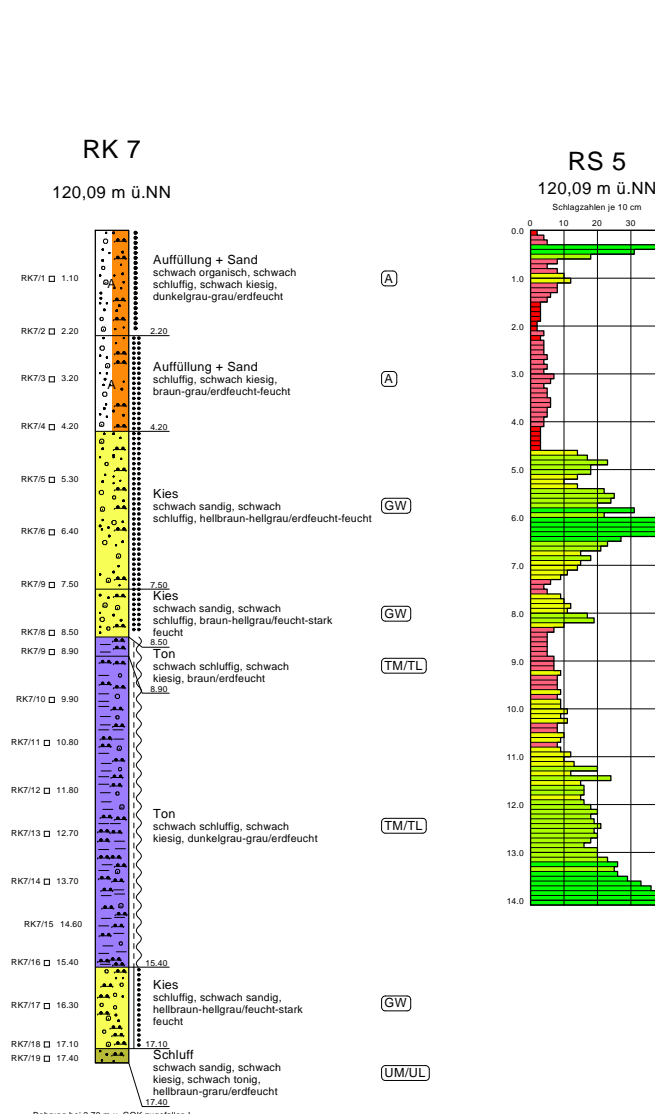
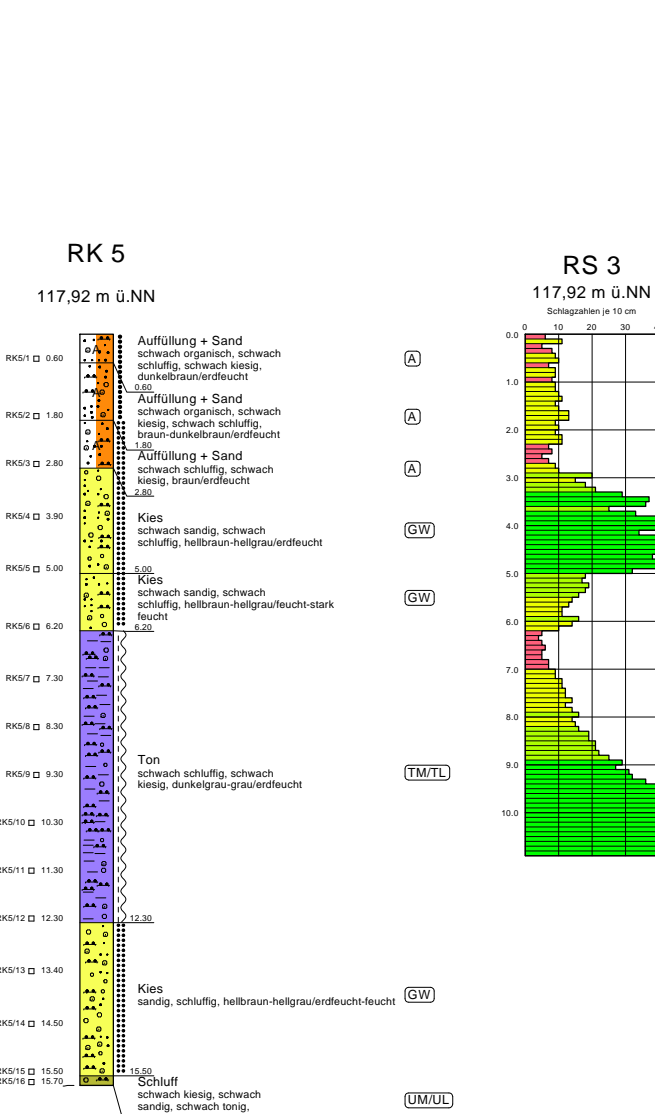
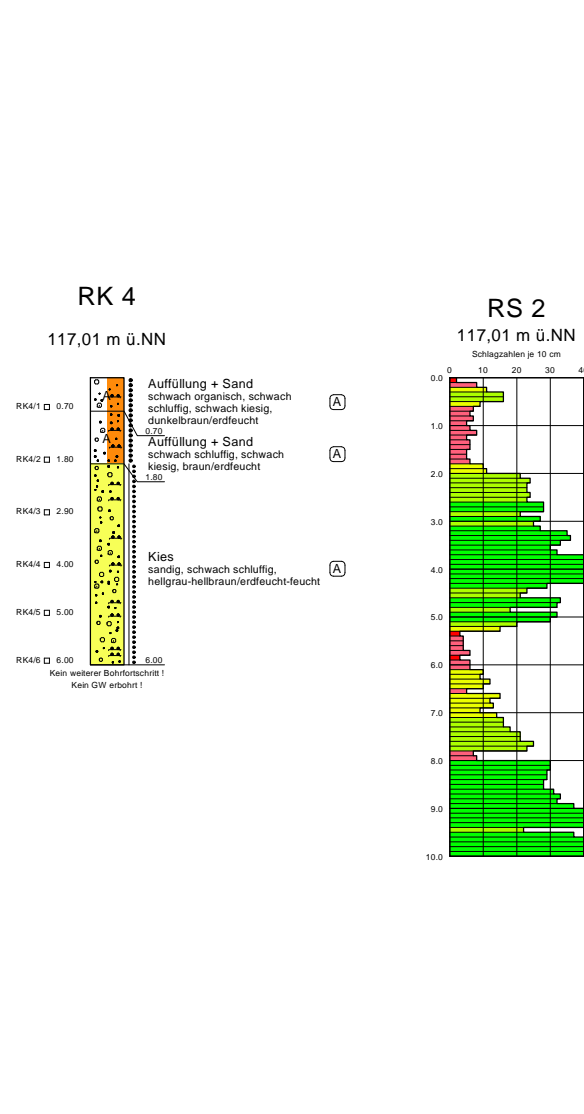


Lageplan

Maßnahme: Ersatzneubau der Straßenüberführung BW 503 über Gleisanlagen 33102 Paderborn, Bahnhofstraße	Bearb.-Nr. 160261
	Anlage: 1
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung - Auftraggeber: Stadt Paderborn Straßen- und Brückenbauamt Pontanusstraße 55 33098 Paderborn	Blatt: 1
	Febr. 2017
	Klee/Mey
	M. 1 : 500

ANLAGE 2.1

Schichtendarstellung und Rammdiagramme



ANLAGE 3.1 – 3.7

**Korngrößenanalysen (Kornsummenkurven)
und Körnungsbänder A + B**

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

Korngrößenverteilung

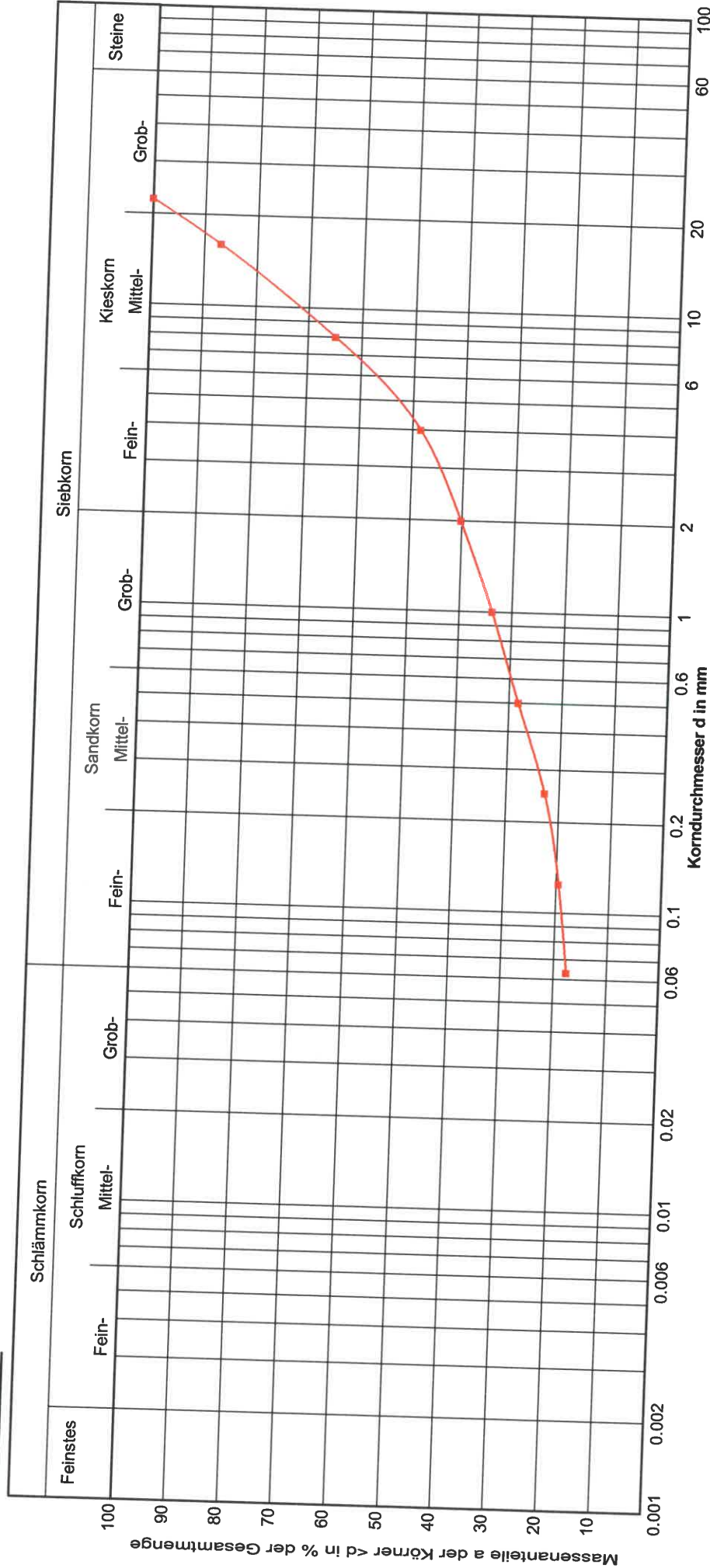
nach DIN 18123

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
 Straßenüberführung über Gleisanlagen
 - Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -
 Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn
 Sachbearbeiter: Herr Kleegräfe

Anlage
 3

Nr.:
 1

Prüfung DIN 18 123 - 5



Probe	Signatur	Entnahmetiefe	Bodenart	H2O-Gehalt [%]	Korndichte [g/cm³]	k (Hazen) [m/s]	U (d60/d10)	Cc	Bemerkungen
Probe RK 3/10		6,80-7,70 m	Kies, sandig, bindig	8.9					
									kf-Wert (BEYER): <1,0 x 10 ⁻⁵ m/s

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
 Straßenüberführung über Gleisanlagen
 - Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -
 Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn
 Probe : Probe RK 3/10
 Bodenart : Kies, sandig, bindig

Ort : RK 3
 Tiefe : 6,80-7,70 m
 Art : gestörte Probe
 Datum : 13.09.2016
 Person : Herr Schulte
 Witterung :

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			100.0
16.0	52.1	13.0	87.0
8.0	88.1	22.0	65.0
4.0	66.1	16.5	48.4
2.0	32.9	8.2	40.2
1.0	25.6	6.4	33.8
0.5	22.0	5.5	28.3
0.250	22.3	5.6	22.7
0.125	12.7	3.2	19.5
0.063	8.0	2.0	17.5
Schale	70.1	17.5	
Summe	400.0	100.0	
Siebverlust			

Prüfung DIN 18 123 - 5

allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum : 18.10.2016
 Person : Herr Drilling
 Trockenmasse [g] : 400.0
 Größtkorn [mm] : 25.8
 Kornform : kantig, kubisch

Bemerkungen :

kf-Wert (BEYER): $<1,0 \times 10^{-5}$ m/s

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

Korngrößenverteilung

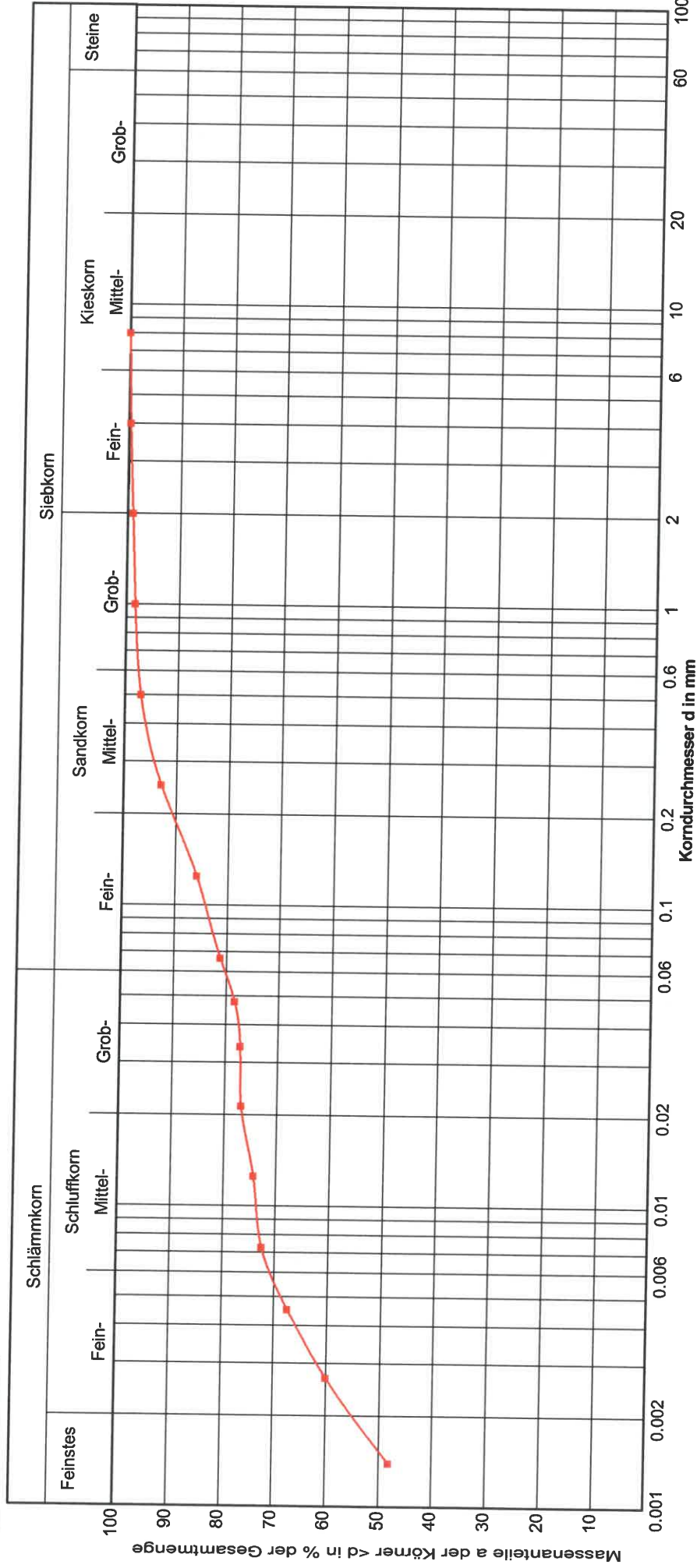
nach DIN 18123

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
Straßenüberführung über Gleisanlagen
- Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -
Auftraggeber: Stadt Paderborn, Portanustr. 55, 33102 Paderborn
Sachbearbeiter: Herr Kleegräfe

Anlage
3

Nr.:
2

Prüfung DIN 18 123 - 7



Probe	Signatur	Entnahmetiefe	Bodenart	H2O-Gehalt [%]	Korndichte [g/cm³]	k (Hazen) [m/s]	U (d60/d10)	Cc	Bemerkungen
Probe RK 3/16		11,70-12,70 m	Ton, schluffig, sandig	18.4	2.670				kf-Wert (MALLET&PACQUANT): <6,0 x 10^-9

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
Straßenüberführung über Gleisanlagen
- Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -

Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn

Probe: Probe RK 3/16

Bodenart: Ton, schluffig, sandig

Ort: RK 3
Tiefe: 11,70-12,70 m
Art: gestörte Probe
Datum: 13.09.2016
Person: Herr Schulte
Witterung:

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			
16.0			
8.0			100.00
4.0	0.17	0.43	99.57
2.0	0.26	0.66	98.90
1.0	0.24	0.61	98.29
0.5	0.52	1.33	96.96
0.250	1.59	4.06	92.91
0.125	2.74	6.99	85.91
0.063			
Schale	33.67	85.91	
Summe	39.19	100.00	
Siebverlust			

Prüfung DIN 18 123 - 7

allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum: 17.10.2016
Person: Herr Drilling
Trockenmasse [g]: 39.2
Größtkorn [mm]: 5.6
Kornform: kantig, kubisch

allgemeine Angaben zur Sedimentation

Datum: 17.10.2016
Person: Herr Drilling
Trockenmasse [g]: 33.7
Korndichte [g/cm³]: 2.670
Aräometer: 6956
Dispergierungsmittel: Na4P2O7*10H2O
Meniskuskorrektur: 1.60
100% Lesung: 21.1
Hilfswert: 4.75

Sedimentation

Zeit- spanne	Aräometer Ablesung R' [g]	Temperatur T [°C]	Korndurch- messer d [mm]	R = R' + Cm [g]	R + CT [g]	Schlämm- probe a [%]	Gesamt- probe a tot [%]
30"	18.0	21.4	0.0665	19.6	19.9	94.6	81.3
1'	17.3	21.4	0.0476	18.9	19.2	91.3	78.4
2'	17.0	21.4	0.0338	18.6	18.9	89.8	77.2
5'	16.9	21.4	0.0214	18.5	18.8	89.4	76.8
15'	16.3	21.4	0.0125	17.9	18.2	86.5	74.3
45'	15.8	21.6	0.0073	17.4	17.8	84.3	72.5
2h	14.5	21.9	0.0045	16.1	16.5	78.5	67.4
6h	12.6	22.3	0.0027	14.2	14.7	69.9	60.1
24h	9.7	22.3	0.0014	11.3	11.8	56.1	48.2

Bemerkungen:

kf-Wert (MALLET&PACQUANT): $<6,0 \times 10^{-9}$

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

Korngrößenverteilung

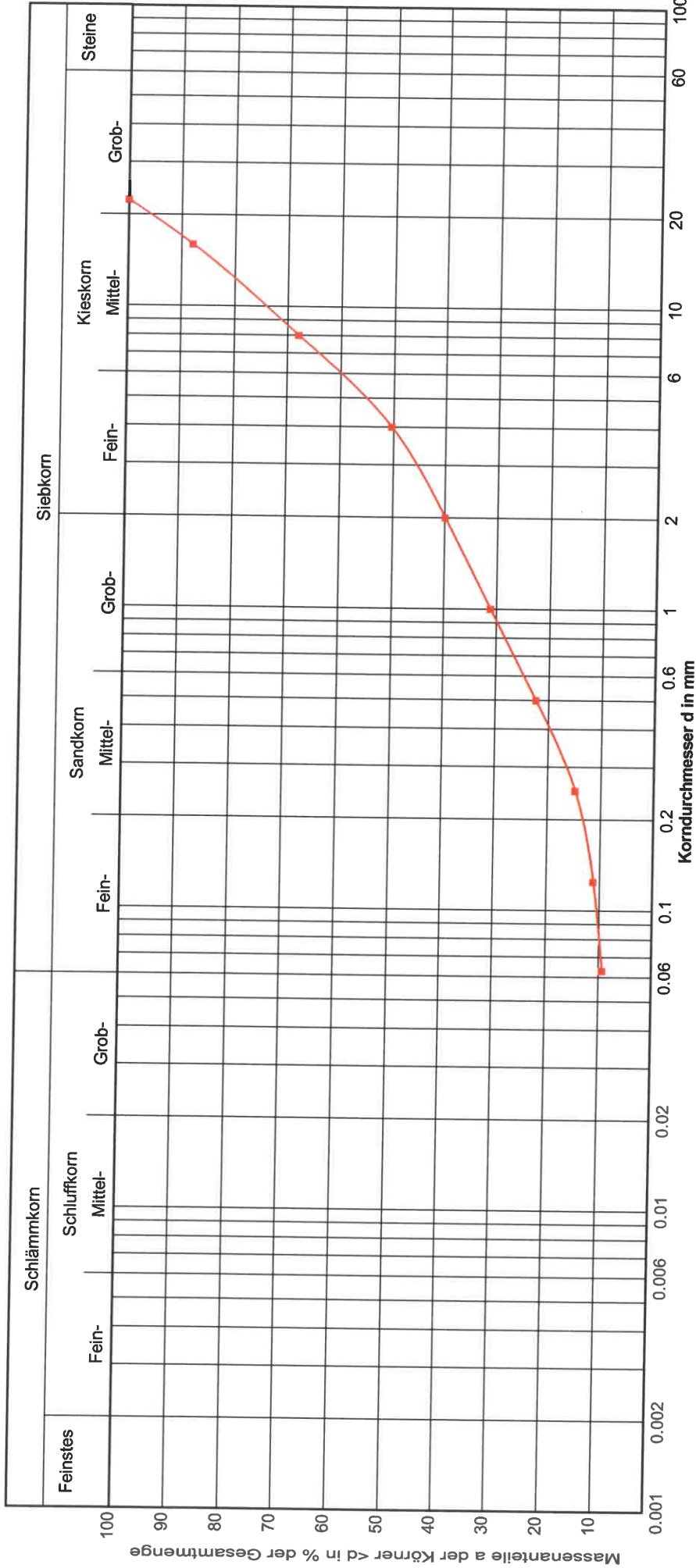
nach DIN 18123

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
Straßenüberführung über Gleisanlagen
- Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -
Auftraggeber: Stadt Paderborn, Portalanusstr. 55, 33102 Paderborn
Sachbearbeiter: Herr Kleegräfe

Anlage
3

Nr.:
3

Prüfung DIN 18 123 - 5



Probe	Signatur	Entnahmetiefe	Bodenart	H2O-Gehalt [%]	Korndichte [g/cm³]	k (Hazen) [m/s]	U (d60/d10)	Cc	Bemerkungen
Probe RK 5/5		3,90-5,00 m	Kies, stark sandig, schwach bindig	4.5			75.6	1.7	kf-Wert (BEYER): ~3,9 x 10^-5 m/s

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
 Straßenüberführung über Gleisanlagen
 - Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -
 Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn
 Probe : Probe RK 5/5
 Bodenart : Kies, stark sandig, schwach bindig

Ort : RK 5
 Tiefe : 3,90-5,00 m
 Art : gestörte Probe
 Datum : 14.09.2016
 Person : Herr Schulte
 Witterung :

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			100.0
16.0	58.2	12.0	88.0
8.0	97.2	20.1	67.9
4.0	85.6	17.7	50.2
2.0	50.1	10.3	39.9
1.0	42.4	8.7	31.1
0.5	42.2	8.7	22.4
0.250	36.7	7.6	14.9
0.125	17.8	3.7	11.2
0.063	9.1	1.9	9.3
Schale	45.1	9.3	
Summe	484.4	100.0	
Siebverlust			

Prüfung DIN 18 123 - 5

allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum : 25.12.2016
 Person : Herr Drilling
 Trockenmasse [g] : 484.4
 Größtkorn [mm] : 30.9
 Kornform : kantig, kubisch

Bemerkungen :

kf-Wert (BEYER): $\sim 3,9 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

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

Korngrößenverteilung

nach DIN 18123

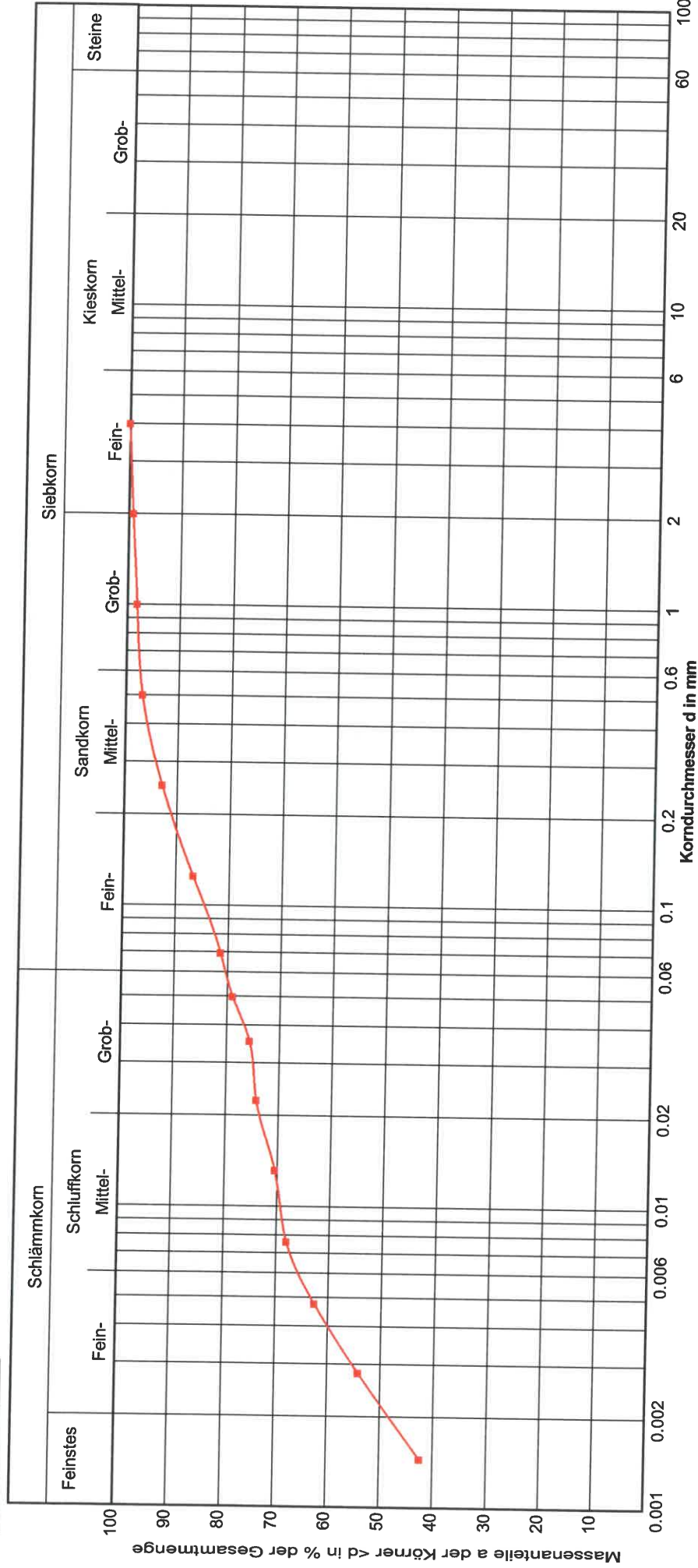
Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
Straßenüberführung über Gleisanlagen
- Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -
Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn

Anlage
3

Nr.:
4

Sachbearbeiter: Herr Kleegräfe

Prüfung DIN 18 123 - 7



Probe	Signatur	Entnahmetiefe	Bodenart	H ₂ O-Gehalt [%]	Korndichte [g/cm ³]	k (Hazen) [m/s]	U (d ₆₀ /d ₁₀)	C _c	Bemerkungen
Probe RK 5/11		10,30-11,30 m	Ton, stark schluffig, sandig	22.2	2.670				kf-Wert (MALLET&PACQUANT): <6,0 x 10 ⁻⁹ m/s

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
Straßenüberführung über Gleisanlagen
- Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -
Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn
Probe: Probe RK 5/11
Bodenart: Ton, stark schluffig, sandig

Ort: RK 5
Tiefe: 10,30-11,30 m
Art: gestörte Probe
Datum: 14.09.2016
Person: Herr Schulte
Witterung:

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			
16.0			
8.0			
4.0			100.00
2.0	0.28	0.82	99.18
1.0	0.33	0.97	98.21
0.5	0.45	1.32	96.88
0.250	1.37	4.03	92.86
0.125	2.04	6.00	86.86
0.063			
Schale	29.55	86.86	
Summe	34.02	100.00	
Siebverlust			

Prüfung DIN 18 123 - 7

allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum: 17.10.2016
Person: Herr Drilling
Trockenmasse [g]: 34.0
Größtkorn [mm]: 3.8
Kornform: gut gerundet, kubisch

allgemeine Angaben zur Sedimentation

Datum: 17.10.2016
Person: Herr Drilling
Trockenmasse [g]: 29.5
Korndichte [g/cm³]: 2.670
Aräometer: 6956
Dispergierungsmittel: Na4P2O7*10H2O
Meniskuskorrektur: 1.60
100% Lesung: 18.5
Hilfswert: 5.41

Sedimentation

Zeit- spanne	Aräometer Ablesung R' [g]	Temperatur T [°C]	Korndurch- messer d [mm]	R = R' + Cm [g]	R + CT [g]	Schlämm- probe a [%]	Gesamt- probe a tot [%]
30"	15.4	21.4	0.0695	17.0	17.3	93.7	81.4
1'	14.9	21.4	0.0496	16.5	16.8	91.0	79.0
2'	14.2	21.4	0.0354	15.8	16.1	87.2	75.7
5'	13.9	21.4	0.0225	15.5	15.8	85.6	74.3
15'	13.1	21.4	0.0132	14.7	15.0	81.3	70.6
45'	12.5	21.7	0.0076	14.1	14.5	78.4	68.1
2h	11.3	21.9	0.0048	12.9	13.3	72.1	62.7
6h	9.4	22.3	0.0028	11.0	11.5	62.3	54.2
24h	6.9	22.3	0.0014	8.5	9.0	48.8	42.4

Bemerkungen:

Kf-Wert (MALLET&PACQUANT): $<6,0 \times 10^{-9}$ m/s

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

Korngrößenverteilung

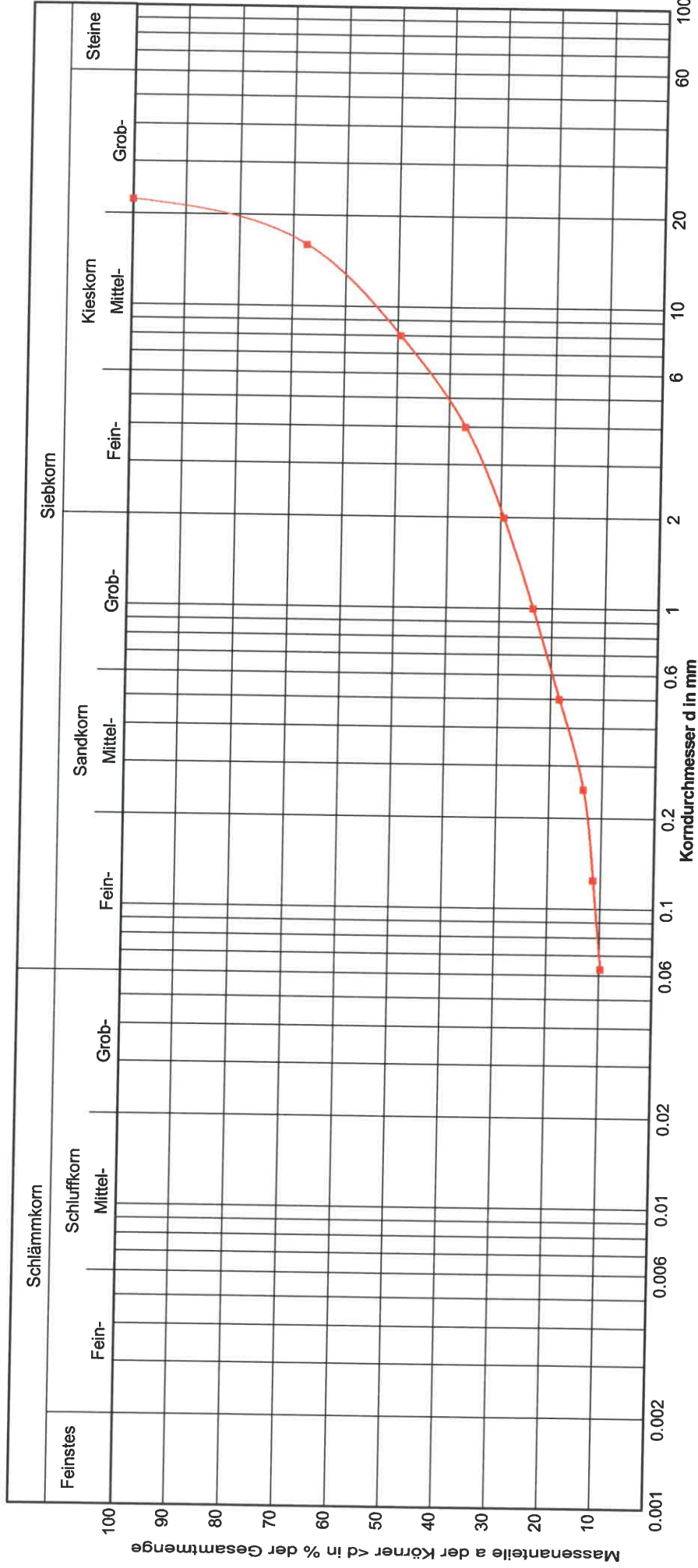
nach DIN 18123

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
Straßenüberführung über Gleisanlagen
- Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -
Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn
Sachbearbeiter: Herr Kleegräfe

Anlage
3

Nr.:
5

Prüfung DIN 18 123 - 5



Probe	Signatur	Entnahmetiefe	Bodenart	H2O-Gehalt [%]	Korndichte [g/cm³]	k (Hazen) [m/s]	U (d60/d10)	Cc	Bemerkungen
Probe RK 7/6		5,30-6,40 m	Kies, sandig, schwach bindig	4.4			194.0	5.7	kf-Wert (BEYER): ~2,5 x 10^-5 m/s

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
Straßenüberführung über Gleisanlagen
- Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -

Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn

Probe: Probe RK 7/6

Bodenart: Kies, sandig, schwach bindig

Ort: RK 7
Tiefe: 5,30-6,40 m
Art: gestörte Probe
Datum: 13.09.2016
Person: Herr Schulte
Witterung:

Siebanalyse

Korngröße [mm]	Rückstände		Summe Sieb- durchgänge [%]
	Masse [g]	Anteil [%]	
56.0			
45.0			
31.5			
22.4			100.0
16.0	66.3	32.7	67.3
8.0	36.3	17.9	49.4
4.0	25.2	12.4	37.0
2.0	15.3	7.5	29.4
1.0	11.8	5.8	23.6
0.5	10.7	5.3	18.3
0.250	9.7	4.8	13.5
0.125	4.3	2.1	11.4
0.063	3.3	1.6	9.8
Schale	19.8	9.8	
Summe	202.7	100.0	
Siebverlust			

Prüfung DIN 18 123 - 5

allgemeine Angaben zur Siebanalyse

Datum: 18.10.2016
Person: Herr Drilling
Trockenmasse [g]: 202.7
Größtkorn [mm]: 30.0
Kornform: kantig, kubisch

Bemerkungen:

kf-Wert (BEYER): $\sim 2,5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

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

Korngrößenverteilung

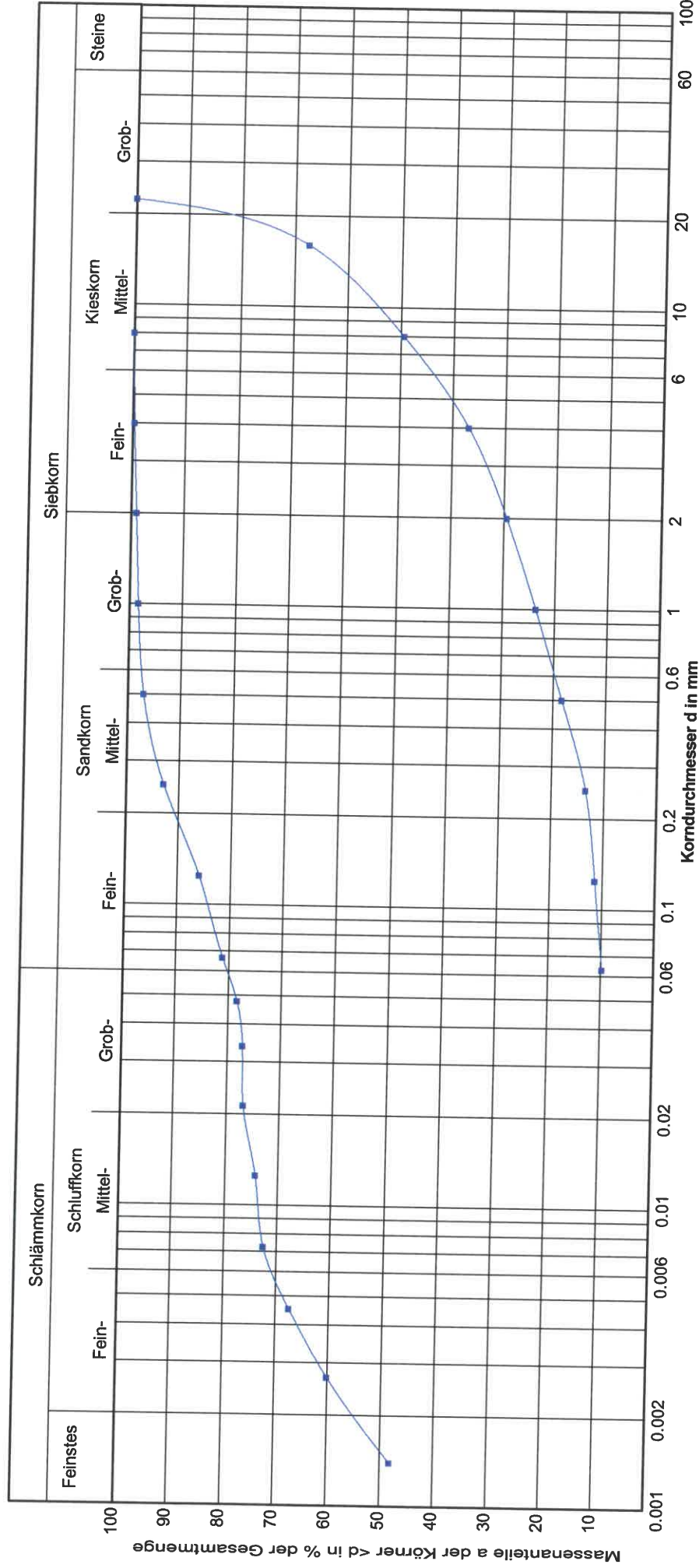
nach DIN 18123

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
 Straßenüberführung über Gleisanlagen
 - Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -
Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn

Anlage
3

Nr.:
6

Sachbearbeiter: Herr Kleegräfe



Probe	Signatur	Entnahmetiefe	Bodenart	H2O-Gehalt [%]	Korndichte [g/cm³]	k (Hazen) [m/s]	U (d60/d10)	Cc	Bemerkungen
Körnungsband A									
Probe RK 7/6		5,30-6,40 m	Kies, sandig, schwach bindig	4.4			194.0	5.7	kf-Wert (BEYER): ~2,5 x 10^-5 m/s
Probe RK 3/16		11,70-12,70 m	Ton, schluffig, sandig	18.4	2.670				kf-Wert (MALLET&PACQUANT): <6,0 x 10^-9

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

Korngrößenverteilung

nach DIN 18123

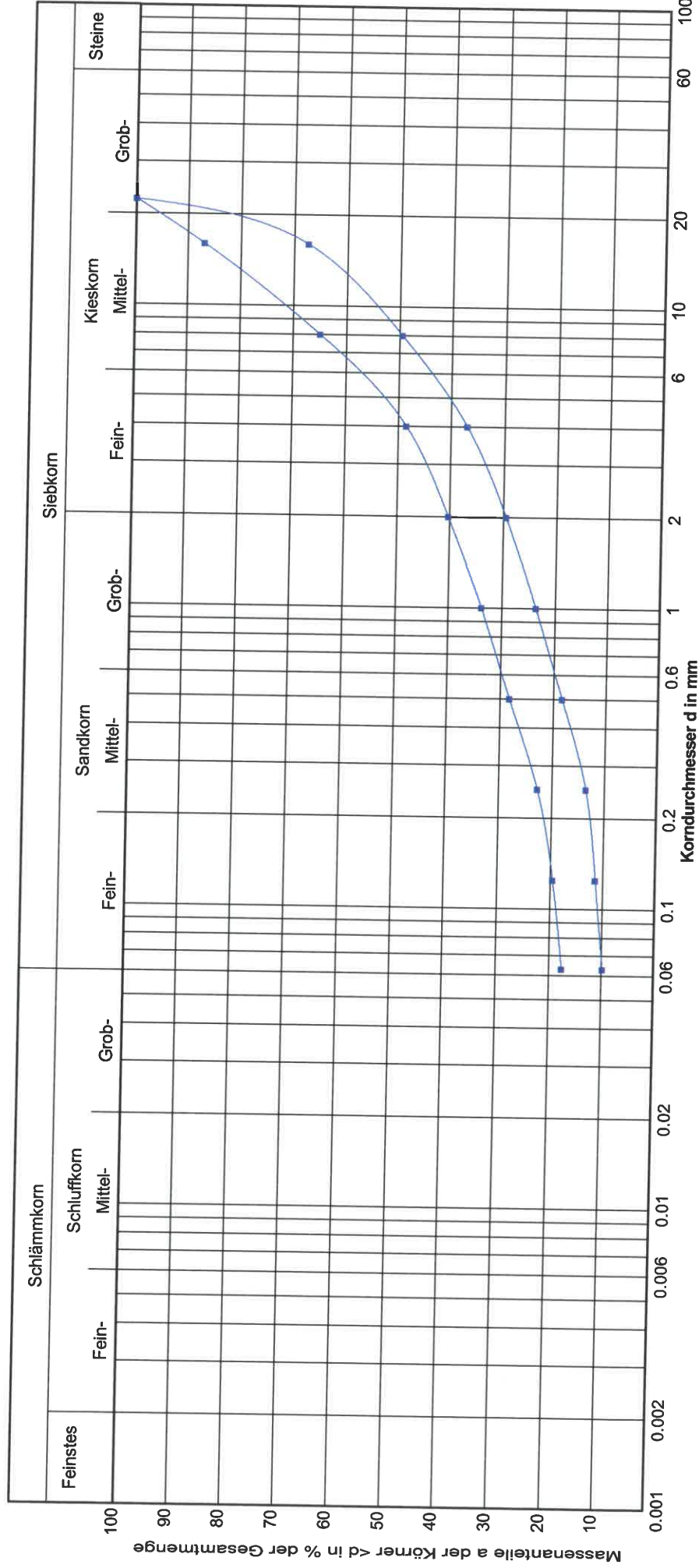
Projekt:

Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
Straßenüberführung über Gleisanlagen
- Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -
Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn

Anlage
3

Nr.:
7

Sachbearbeiter: Herr Kleegräfe



Probe	Signatur	Entnahmetiefe	Bodenart	H ₂ O-Gehalt [%]	Korndichte [g/cm³]	k (Hazen) [m/s]	U (d ₆₀ /d ₁₀)	C _c	Bemerkungen
Körnungsband B									
Probe RK 7/6		5,30-6,40 m	Kies, sandig, schwach bindig	4.4			194.0	5.7	kf-Wert (BEYER): ~2,5 x 10 ⁻⁵ m/s
Probe RK 3/10		6,80-7,70 m	Kies, sandig, bindig	8.9					kf-Wert (BEYER): <1,0 x 10 ⁻⁵ m/s

ANLAGE 4.1 – 4.5
Wassergehaltsbestimmungen

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

Wassergehaltsbestimmung mittels Ofen

nach DIN 18121, Teil 1

Anlage

4

Nr.:

1

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
Straßenüberführung über Gleisanlagen
- Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -
Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn
Probe: Probe RK 3/10
Bodenart: Kies, sandig, bindig

Ort: RK 3
Tiefe: 6,80-7,70 m
Art: gestörte Probe
Datum: 13.09.2016
Person: Herr Schulte
Witterung:

Datum: 14.10.2016
Person: Herr Drilling

Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter [g]		836.87		
Masse der trockenen Probe+Behälter [g]		801.19		
Masse des Behälters [g]		401.20		
Masse des Wassers [g]		35.68		
Masse der trockenen Probe [g]		399.99		
Wassergehalt [%]		8.9		

		4	5	6
Masse der feuchten Probe+Behälter [g]				
Masse der trockenen Probe+Behälter [g]				
Masse des Behälters [g]				
Masse des Wassers [g]				
Masse der trockenen Probe [g]				
Wassergehalt [%]				

Mittelwert des Wassergehaltes [%] : 8.92

Bemerkungen :

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

Wassergehaltsbestimmung mittels Ofen

nach DIN 18121, Teil 1

Anlage

4

Nr.:

2

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
Straßenüberführung über Gleisanlagen
- Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -

Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn

Probe: Probe RK 3/16

Bodenart: Ton, schluffig, sandig

Ort: RK 3
Tiefe: 11,70-12,70 m
Art: gestörte Probe
Datum: 13.09.2016
Person: Herr Schulte
Witterung:

Datum: 14.10.2016

Person: Herr Drilling

Prüfung DIN 18 121

	1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter [g]	221.14		
Masse der trockenen Probe+Behälter [g]	217.56		
Masse des Behälters [g]	198.10		
Masse des Wassers [g]	3.58		
Masse der trockenen Probe [g]	19.46		
Wassergehalt [%]	18.4		

	4	5	6
Masse der feuchten Probe+Behälter [g]			
Masse der trockenen Probe+Behälter [g]			
Masse des Behälters [g]			
Masse des Wassers [g]			
Masse der trockenen Probe [g]			
Wassergehalt [%]			

Mittelwert des Wassergehaltes [%] : 18.40

Bemerkungen:

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
 Straßenüberführung über Gleisanlagen
 - Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -
 Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn
 Probe: Probe RK 5/5
 Bodenart: Kies, stark sandig, schwach bindig

Ort: RK 5
 Tiefe: 3,90-5,00 m
 Art: gestörte Probe
 Datum: 14.09.2016
 Person: Herr Schulte
 Witterung:

Datum: 14.10.2016
 Person: Herr Drilling

Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	907.01		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	885.24		
Masse des Behälters	[g]	400.83		
Masse des Wassers	[g]	21.77		
Masse der trockenen Probe	[g]	484.41		
Wassergehalt	[%]	4.5		

		4	5	6
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]			
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]			
Masse des Behälters	[g]			
Masse des Wassers	[g]			
Masse der trockenen Probe	[g]			
Wassergehalt	[%]			

Mittelwert des Wassergehaltes [%] : 4.49

Bemerkungen :

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

Wassergehaltsbestimmung mittels Ofen

nach DIN 18121, Teil 1

Anlage

4

Nr.:

4

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
Straßenüberführung über Gleisanlagen
- Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -

Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn

Probe : Probe RK 5/11

Bodenart : Ton, stark schluffig, sandig

Ort : RK 5

Tiefe : 10,30-11,30 m

Art : gestörte Probe

Datum : 14.09.2016

Person : Herr Schulte

Witterung :

Datum : 14.10.2016

Person : Herr Drilling

Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	248.12		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	243.62		
Masse des Behälters	[g]	223.34		
Masse des Wassers	[g]	4.50		
Masse der trockenen Probe	[g]	20.28		
Wassergehalt	[%]	22.2		

		4	5	6
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]			
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]			
Masse des Behälters	[g]			
Masse des Wassers	[g]			
Masse der trockenen Probe	[g]			
Wassergehalt	[%]			

Mittelwert des Wassergehaltes [%] : 22.19

Bemerkungen :

Kleegräfe Geotechnik GmbH
Holzstraße 212, 59556 Lippstadt

Tel. 02941-5404 Fax. 02941-3582

Wassergehaltsbestimmung mittels Ofen

nach DIN 18121, Teil 1

Anlage

4

Nr.:

5

Projekt: Umbau Bahnhofstraße und Ersatzneubau
Straßenüberführung über Gleisanlagen
- Baugrund-/Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -

Auftraggeber: Stadt Paderborn, Pontanusstr. 55, 33102 Paderborn

Probe: Probe RK 7/6

Bodenart: Kies, sandig, schwach bindig

Ort: RK 7
Tiefe: 5,30-6,40 m
Art: gestörte Probe
Datum: 13.09.2016
Person: Herr Schulte
Witterung:

Datum: 14.10.2016

Person: Herr Drilling

Prüfung DIN 18 121

		1	2	3
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]	413.67		
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]	404.80		
Masse des Behälters	[g]	202.06		
Masse des Wassers	[g]	8.87		
Masse der trockenen Probe	[g]	202.74		
Wassergehalt	[%]	4.4		

		4	5	6
Masse der feuchten Probe+Behälter	[g]			
Masse der trockenen Probe+Behälter	[g]			
Masse des Behälters	[g]			
Masse des Wassers	[g]			
Masse der trockenen Probe	[g]			
Wassergehalt	[%]			

Mittelwert des Wassergehaltes [%] : 4.38

Bemerkungen :

ANLAGE 5.1

Chemische Analysenergebnisse (LAGA + DepV)

Prüfbericht-Nr: **B1611745**

HuK Umweltlabor GmbH

Weitere Zulassungen und Notifizierungen unter: www.huk-umweltlabor.de

Division: Horn & Co. Analytics

Auftraggeber 14491
KleeGräfe Geotechnik GmbH

Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 17.10.2016

Auftrag-Nr. A060105

Probe-Nr. P201623397

Probenehmer / -eingang Auftraggeber / Night Star

Prüfart HuK Umweltlabor GmbH

Untersuchungszeitraum 17.10.2016 - 20.10.2016

Ansprechpartner

FAX

Telefon

Herr KleeGräfe

02941 / 3582

02941 / 5404

Probenbezeichnung MP Auffüllung Brücke

Herkunftsort Paderborn, Straßenüberführung Bahnhofstraße

Entnahmeort Paderborn, Straßenüberführung Bahnhofstraße

Bemerkung

Untersuchungsergebnisse

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Probennahme Boden / Abfall	AG		LAGA PN 98	1*	Wen	
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg		DepV Anhang 4 Nr. 3.1.1	4*	Wen	
Probenvorbereitung	ja		DIN 19747	1*	Wen	DIN ISO 11464
Feuchte (105°C)	8,99	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Trockenrückstand (105°C)	91,0	%	DIN EN 14346	1*	Wen	
Glühverlust (550°C)	3,61	%	DIN EN 15169	1*	Wen	
Glührückstand (550°C)	96,4	%	DIN EN 15169	1*	Wen	
TOC (TS)	0,22	%	DIN EN 13137	1*	Wen	E DIN 19539
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	0,044	%	LAGA KW/04	1*	Wen	
EOX (TS)	<1	mg/kg	DIN 38414-17	1*	Wen	
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen	
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	DIN EN 14039	1*	Wen	
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN 38407-9
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN 38407-9
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 22155	1*	Wen	DIN EN ISO 10301
Naphthalin (TS)	0,011	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Benzo(a)pyren (TS)	0,15	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Summe PAK n. EPA (TS)	2,26	mg/kg	DIN ISO 18287	1*	Wen	DIN EN 15527
Summe PCB nach DIN (TS)	<0,01	mg/kg	DIN 38414-20	1*	Wen	DIN EN 15308
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg	DIN 38414-20	1*	Wen	DIN EN 15308
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg	DIN EN ISO 17380	1*	Wen	
Königswasseraufschluss (TS)	ja		DIN EN 13346	1*	Wen	DIN EN 13657
Arsen (TS)	6,10	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (TS)	23,2	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom (TS)	10,9	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (TS)	14,9	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (TS)	13,6	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 12846	2*	Wen	DIN EN 1483
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (TS)	78,9	mg/kg	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	

Prüfbericht-Nr: **B1611745**

HuK Umweltlabor GmbH

Weitere Zulassungen und Notifizierungen unter: www.huk-umweltlabor.de

Division: Horn & Co. Analytics

Auftraggeber 14491

Kleeграfe Geotechnik GmbH

Holzstr. 212

D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 17.10.2016

Auftrag-Nr. A060105

Probe-Nr. P201623397

Probenehmer / -eingang Auftraggeber / Night Star

Prüfart HuK Umweltlabor GmbH

Untersuchungszeitraum 17.10.2016 - 20.10.2016

Ansprechpartner

Herr Kleeграfe

FAX

02941 / 3582

Telefon

02941 / 5404

Probenbezeichnung MP Auffüllung Brücke

Parameter	Meßwert	Einheit	Norm		Ort	2. Norm
Elution mit dest. Wasser	ja		DIN 38414-4	1*	Wen	DIN EN 12457-4
pH-Wert (Eluat)	8,21		DIN EN ISO 10523	1*	Wen	DIN 38404-5
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	108	µS/cm	DIN EN 27888	1*	Wen	
Wasserlöslicher Anteil	0,054	%	DIN 38409-1	1*	Wen	
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	54	mg/L	DIN EN 15216	1*	Wen	
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 14402	1*	Wen	
DOC (Eluat)	2,54	mg/L	DIN EN 1484	1*	Wen	
Chlorid-IC (Eluat)	10,3	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 14403	1*	Wen	
Fluorid-IC (Eluat)	0,90	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Sulfat-IC (Eluat)	1,86	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	1*	Wen	
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	DIN EN ISO 12846	1*	Wen	DIN EN 1483
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	DIN EN ISO 11885	1*	Wen	

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

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

Grenzwerteinstufung

Z0 Boden - L/S

LAGA Z0 - Boden uneingeschränkter Einbau - Bodenart
Lehm/Schluff

Einstufung

eingehalten

Z1.1 Boden

LAGA Z1.1 - Boden - eingeschränkter offener Einbau

eingehalten

DK 0

Deponieklasse 0 nach Deponieverordnung (Stand 02.05.2013)

eingehalten

DK 1

Deponieklasse 1 nach Deponieverordnung (Stand 02.05.2013)

eingehalten

Prüfbericht-Nr: **B1611745**

HuK Umweltlabor GmbH

Weitere Zulassungen und Notifizierungen unter: www.huk-umweltlabor.de

Division: Horn & Co. Analytics

Auftraggeber 14491
Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 17.10.2016

Auftrag-Nr. A060105

Probe-Nr. P201623397

Probenehmer / -eingang Auftraggeber / Night Star

Prüfart HuK Umweltlabor GmbH

Untersuchungszeitraum 17.10.2016 - 20.10.2016

Ansprechpartner

Herr Kleegräfe

FAX

02941 / 3582

Telefon

02941 / 5404

Probenbezeichnung MP Auffüllung Brücke

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

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

Untersuchungsergebnisse incl. Grenzwerteinstufung

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Probennahme Boden / Abfall	AG					
Probenhomogenisierung / -menge	auf 1 kg					
Probenvorbereitung	ja					
Feuchte (105°C)	8,99	%				
Trockenrückstand (105°C)	91,0	%				
Glühverlust (550°C)	3,61	%			3	3
Glührückstand (550°C)	96,4	%				
TOC (TS)	0,22	%	0,5	1,5	1	1
Extrahierbare lipophile Stoffe (Orig)	0,044	%			0,1	0,4
EOX (TS)	<1	mg/kg	1	3		
Kohlenwasserstoff-Index C10 - 22 (TS)	<100	mg/kg	100	300		
Kohlenwasserstoff-Index (TS)	<100	mg/kg	100	600	500	
Summe BTEX (TS)	<1	mg/kg	1	1		
Summe BTEX / Styrol / Cumol (TS)	<1	mg/kg			6	
Summe LHKW (TS)	<1	mg/kg	1	1		
Naphthalin (TS)	0,011	mg/kg				
Benzo(a)pyren (TS)	0,15	mg/kg	0,3	0,9		
Summe PAK n. EPA (TS)	2,26	mg/kg	3	9	30	
Summe PCB nach DIN (TS)	<0,01	mg/kg	0,05	0,15		
Summe 7 PCB (TS)	<0,01	mg/kg			1	
Cyanid, gesamt (TS)	<1	mg/kg		3		
Königswasseraufschluss (TS)	ja					
Arsen (TS)	6,10	mg/kg	15	45		
Blei (TS)	23,2	mg/kg	70	210		
Cadmium (TS)	<0,1	mg/kg	1	3		
Chrom (TS)	10,9	mg/kg	60	180		
Kupfer (TS)	14,9	mg/kg	40	120		
Nickel (TS)	13,6	mg/kg	50	150		
Quecksilber (TS) AAS	<0,1	mg/kg	0,5	1,5		
Thallium (TS)	<0,1	mg/kg	0,7	2,1		

Prüfbericht-Nr: **B1611745**

HuK Umweltlabor GmbH

Weitere Zulassungen und Notifizierungen unter: www.huk-umweltlabor.de

Division: Horn & Co. Analytics

Auftraggeber 14491
Kleegräfe Geotechnik GmbH

Holzstr. 212
D-59556 Lippstadt

Eingangsdatum 17.10.2016

Auftrag-Nr. A060105

Probe-Nr. P201623397

Probenehmer / -eingang Auftraggeber / Night Star

Prüfart HuK Umweltlabor GmbH

Untersuchungszeitraum 17.10.2016 - 20.10.2016

Ansprechpartner

Herr Kleegräfe

FAX

02941 / 3582

Telefon

02941 / 5404

Probenbezeichnung MP Auffüllung Brücke

Parameter	Meßwert	Einheit	Z0 Boden - L/S	Z1.1 Boden	DK 0	DK 1
Zink (TS)	78,9	mg/kg	150	450		
Elution mit dest. Wasser	ja					
pH-Wert (Eluat)	8,21		6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 13	5,5 - 13
Elektrische Leitfähigkeit (25°C) (Eluat)	108	µS/cm	250	250		
Wasserlöslicher Anteil	0,054	%			0,4	3
Gesamtgehalt gelöst. Feststoffe	54	mg/L			400	3000
Phenolindex (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,1	0,2
DOC (Eluat)	2,54	mg/L			50	50
Chlorid-IC (Eluat)	10,3	mg/L	30	30	80	1500
Cyanid, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,005	0,005		
Cyanid, l. freisetzbar (Eluat)	<0,005	mg/L			0,01	0,1
Fluorid-IC (Eluat)	0,90	mg/L			1	5
Sulfat-IC (Eluat)	1,86	mg/L	20	20	100	2000
Antimon (Eluat)	<0,005	mg/L			0,006	0,03
Arsen (Eluat)	<0,01	mg/L	0,014	0,014	0,05	0,2
Barium (Eluat)	<0,01	mg/L			2	5
Blei (Eluat)	<0,01	mg/L	0,04	0,04	0,05	0,2
Cadmium (Eluat)	<0,001	mg/L	0,0015	0,0015	0,004	0,05
Chrom, gesamt (Eluat)	<0,005	mg/L	0,0125	0,0125	0,05	0,3
Molybdän (Eluat)	<0,01	mg/L			0,05	0,3
Kupfer (Eluat)	<0,01	mg/L	0,02	0,02	0,2	1
Nickel (Eluat)	<0,01	mg/L	0,015	0,015	0,04	0,2
Quecksilber (Eluat) AAS	<0,0001	mg/L	0,0005	0,0005	0,001	0,005
Selen (Eluat)	<0,01	mg/L			0,01	0,03
Zink (Eluat)	<0,01	mg/L	0,15	0,15	0,4	2

HuK Umweltlabor GmbH, Hünsborn 20.10.2016

H. Grebe

ppa. Dr. Mechthild Grebe
Laborleitung

ANLAGE 6.1
Fotodokumentation

Fotodokumentation

Seite 1

Anlage 6

Situation am 12.09.2016



Foto 1: Blickrichtung ~ S; Bereich der RK 3 (Markierung)

Situation am 12.09.2016



Foto 2: Blickrichtung ~ N; Bereich der RK 4 und RK 4a (Markierung)

Projekt:

Ersatzneubau Straßenüberführung über Gleisanlagen
Bahnhofstraße, Paderborn
- Baugrund- / Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -

Fotodokumentation

Seite 2

Anlage 6

Situation am 12.09.2016



Foto 3: Blickrichtung ~ S; Bereich der RK 5 (Markierung)

Situation am 12.09.2016



Foto 4: Blickrichtung ~ S; Bereich der RK 6 (Markierung)

Projekt:

Ersatzneubau Straßenüberführung über Gleisanlagen
Bahnhofstraße, Paderborn
- Baugrund- / Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -

Fotodokumentation

Seite 3

Anlage 6

Situation am 12.09.2016



Foto 5: Blickrichtung ~ W; Bereich der RK 7 (Markierung)

Projekt:

Ersatzneubau Straßenüberführung über Gleisanlagen
Bahnhofstraße, Paderborn
- Baugrund- / Oberbauerkundung / geotechn. Bericht -

ANLAGE 7.1

Setzungsberechnungen (Streifenfundament / Flachgründung)

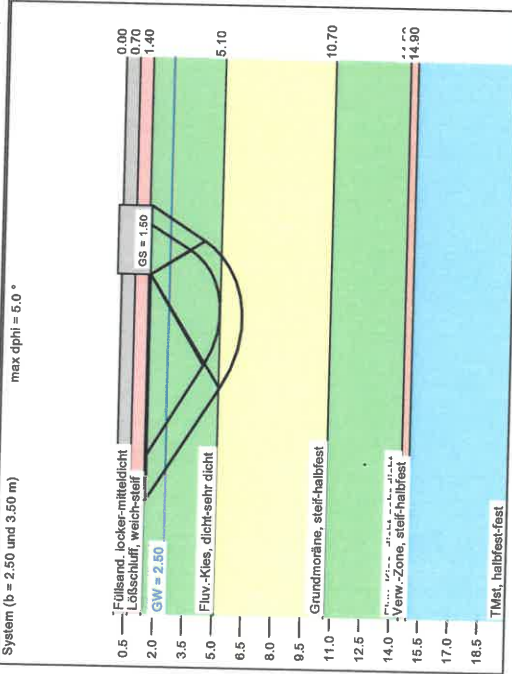
Gründung über Streifenfundamente

KLEEGRÄFE Geotechnik GmbH
59556 Lippstadt, Holzstraße 212
Tel.: 0 29 41 / 54 04 Mail: info@kleegraefe.com
Projekt: Paderborn, BW 503 (Ersatzneubau Brücke Bahnhofstraße)
Setzungsberechnung Streifenfundamente

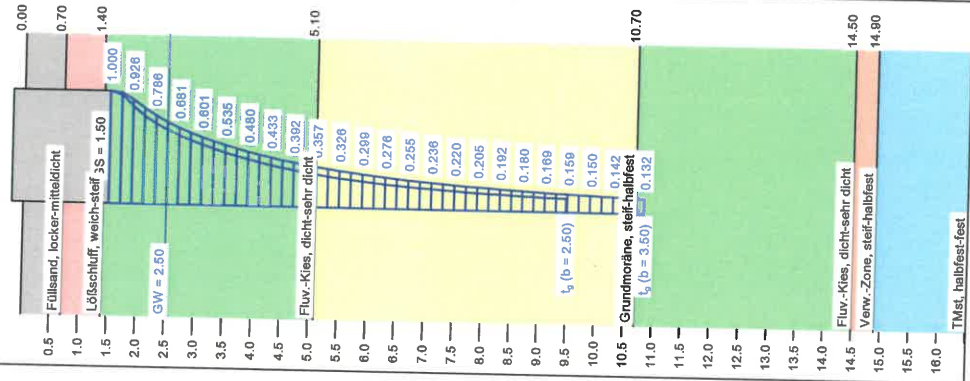
Berechnungsgrundlagen:
Paderborn, BW 503 Bahnhofstr.
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 12.50 m)
 $\gamma_{k,v} = 1.40$
 $\gamma_{k,d} = 1.35$
 $\gamma_{k(a)} = 1.50$
 $\gamma_{k(a)} = 0.500 \cdot \gamma_k + (1 - 0.500) \cdot \gamma_{k(a)}$
 $\sigma_{k,d}$ auf 350.00 kN/m² begrenzt
Gründungssohle = 1.50 m
Grundwasser = 2.50 m
Vorbelastung = 30.0 kN/m²
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztafelspannungsvariabel bestimmt
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

Bezeichnung

Füllsand, locker-mitteldicht
Lössschluff, weich-steiß
Fluv.-Kies, dicht-sehr dicht
Grundmoräne, steif-halbfest
Fluv.-Kies, dicht-sehr dicht
Verw.-Zone, steif-halbfest
TMst, halbfest-fest

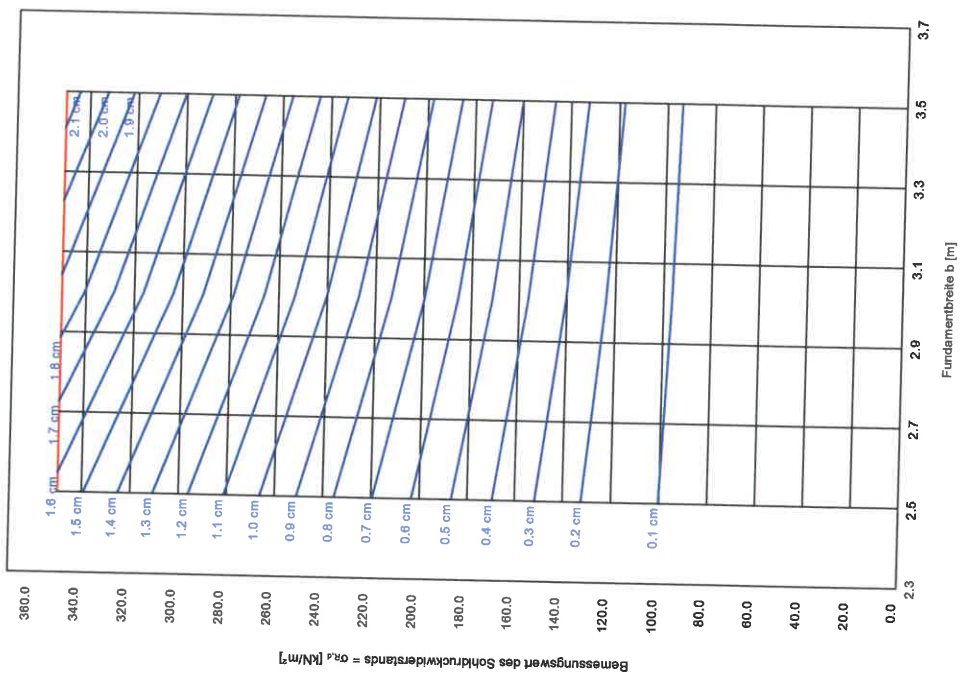


Spannungsverlauf (b = 2.50 und 3.50 m)



a	b	$\sigma_{k,d}$	$R_{k,d}$	$\sigma_{k,a}$	s	cal ϕ	cal c	γ_s	σ_0	t_s	UK LIS	t_k
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m]	[kN/m ²]	[cm]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
12.50	2.50	350.0	875.0	245.6	1.57 *	27.1 **	0.00	18.98	27.35	9.48	5.09	15.6
12.50	3.00	350.0	1050.0	245.6	1.88 *	25.0 **	2.95	16.24	27.35	10.21	5.53	13.1
12.50	3.50	350.0	1225.0	245.6	2.16 *	25.0 **	3.98	15.58	27.35	10.84	6.21	11.4

* Vorbelastung = 30.0 kN/m²
** phi wegen 5° Bodigung abgemindert
 $\sigma_{k,a} = \sigma_{k,d} \cdot (\gamma_{k,v} \cdot \gamma_{k(a)}) = \sigma_{k,d} \cdot (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{k,d} / 1.90$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(Q+Q₀) = 0.50



Gründung der Streifenfundamente auf dem Fluvialtkies (ca. 1,4 m u.OK Gleise/Schienen)