

ingeo-consult GbR • Am Truxhof 1 • 44229 Dortmund

Lindschulte Ingenieurgesellschaft mbH

Herrn Thomas Plischek
Weseler Straße 253

48151 Münster



Gesellschafter

Dipl.-Ing. Rolf Funke
Dipl.-Geol. Karsten Weber

Am Truxhof 1

44229 Dortmund

fon 0231/9678985-0

fax 0231/9678985-5

mobil 0175/93458-32/-41

mail office@ingeo-consult.de

24. Oktober 2024

AI/Wb.g01

Proj.-Nr. 24/174

**Bau eines Geh- und Radwegs entlang des Rheder Bachs
zwischen Industriestraße und Südstraße in Rehde
- Baugrunderkundung, Baugrundgutachten -**

(Zeichen: 1482-N01 Pli/KM vom 24.07.2024)

1. Bericht

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Vorbemerkungen	4
2.	Baugrund	5
2.1	Geologie	5
2.2	Umfang der Felduntersuchungen.....	6
2.3	Schichtenfolge/Eindringwiderstände	7
2.4	Bodengruppen/bodenmechanische Kennwerte.....	8
2.4.1	Mutterboden, aufgefüllt	8
2.4.2	Auffüllungen.....	8
2.4.3	(Fein- bis Grob)Sand mit wechselnden Nebenanteilen	9
2.5	Chemisch-Physikalische Untersuchungen	10
2.5.1	Untersuchungsumfang.....	10
2.5.2	Ergebnisse: Auffüllungsgemische	11
2.5.3	Ergebnisse: Oberboden und gewachsener Boden	12
2.5.4	Orientierende Abfalltechnische Bewertung der Analysenbefunde	13
3.	Grundwasser.....	14
4.	Geotechnische Beratung	15
4.1	Gründung des Brückenbauwerks.....	15
4.1.1	Flachgründung auf mitteldicht gelagerten Sanden (Variante 1).....	16
4.1.2	Tiefgründung über Fertigteil-Rammpfähle (Variante 2)	17
4.1.2.1	Angaben zur Rüttelbarkeit der anstehenden Böden.....	18
4.1.2.2	Angaben zur Mantelreibung Pfahlsitzendruck der anstehenden Böden.....	19
4.2	Herstellung der Unterführung.....	21
4.3	Baugrubenherstellung.....	23
4.4	Herstellung der Verkehrsflächen.....	24
4.5	Festlegung von Homogenbereichen	26

Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

5.	Hinweise für die Bauausführung	28
5.1	Wasserhaltung.....	28
5.1.1	Offene Wasserhaltung	28
5.1.2	Grundwasserabsenkung.....	28
5.2	Erdarbeiten	30
5.3	Spezialtiefbau	31
5.3.1	Rammpfähle	31
5.3.2	Spundwandarbeiten.....	33
5.3.3	Trägerbohlwände.....	34
6.	Schlussbemerkungen	35

1. Vorbemerkungen

Die Stadt Rhede hat den Ausbau eines Geh- und Radweges entlang des Rheder Bachs in Rhede vorgesehen. Die Planung erfolgt durch die Lindschulte Ingenieurgesellschaft mbH, Münster.

Die ingeo-consult GbR wurde durch das Planungsbüro am 24.07.2024 schriftlich (Zeichen: 1482-N01 Pli/KM) mit der Durchführung einer Baugrunderkundung und der Aufstellung des Baugrundgutachtens beauftragt. Zusätzlich sollten potenzielle Aushubmassen chemisch untersucht und orientierend abfalltechnisch bewertet werden.

Für die Bearbeitung standen uns die nachfolgend aufgeführten Planunterlagen zur Verfügung:

- Lageplan (Konzeptplanung) als Luftbild, Plan Nr.: 22794/10296998, Maßstab 1 : 500/50, mit Darstellung der vorhandenen Grundstücksgrenzen und Verkehrsflächen sowie der geplanten Geh- und Radwegführung inkl. Regelquerschnitten (1 u. 2), aufgestellt durch die FISCHER TEAMPLAN Ingenieurbüro GmbH, Erfstadt, 03.2023

Danach soll westlich des Rheder Bachs (etwa km 1,46 bis km 1,78) ein 3,00 m breiter Geh- und Radweg zzgl. jeweils 50 cm Bankett hergestellt werden. Hierbei ist im südlichen Abschnitt des Plangebietes zur Überquerung des Rehder Bachs (etwa km 1,46) eine rd. 9,8 m lange und 3,00 m breite Fuß- und Radwegbrücke vorgesehen, welche die hier bisher bestehende Fußgängerbrücke ersetzen soll. Im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes ist vorgesehen, die Straßenbrücke der Industriestraße mittels einer etwa 16,1 m langen und 2,50 m tiefen (ab UK-Brücke) Unterführung zu unterfahren. Zur Abgrenzung des etwa 1 m höher liegenden Gewässerspiegels soll hier zwischen Radweg und Gewässer eine Spundwand errichtet werden. Nördlich der Industriestraße schließt der bestehende Geh- und Radweg mit wassergebundener Wegdecke an, welcher in Asphaltbauweise erneuert werden soll.

Die Lage der vorhandenen Verkehrswege und Brückenbauwerke, sowie des geplanten Geh- und Radwegs (inkl. Brücke und Unterführung) kann dem Lageplan der Anlage 1/1 entnommen werden.

2. Baugrund

2.1 Geologie

Nach dem Blatt C 4306 "Recklinghausen" der Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen, Maßstab 1 : 100.000 (GK 100 - Stand: 1987), und dem Blatt 4106 "Rhede" der Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Maßstab 1 : 25.000 (GK - 25 Stand: 1929), stehen im Untersuchungsgebiet quartäre und tertiäre Lockergesteinsbildungen an.

Bei der quartären Lockergesteinsüberdeckung handelt es sich um holozäne Ablagerungen in den Bach- und Flusstälern (Sand, Schluff, z. T. tonig, stellenweise humos) über Talsanden (Fein- bis Mittelsand mit Schluff, stellenweise Feinkies). Darunter folgen pleistozäne Eis- und Schmelzwasserablagerungen der Grundmoräne (Mergel und Schluff, sandig steinig). Die Grundmoränenablagerungen können nordische Geschiebe (z. T. in Blockgröße >600 mm) enthalten.

Dem Fachinformationssystem "Bohrungen in NRW"¹ des Geologischen Dienstes NRW sind im unmittelbaren Umfeld des Projektgebietes (Bohrungen: 58490, 58486 und 58482) Quartärmächtigkeiten von >14,5 m - 20,0 m zu entnehmen.

Zur Tiefe folgen zunächst oligozäne Sedimente (Ton, z. T. schluffig, sandig, mit Schluff und Feinsandlagen) über älteren Ablagerungen des, nach den Angaben in den Geologischen Schnitten der GK 25, über 100 m mächtigen Tertiärs.

Dem Fachinformationssystem "Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW"² des Geologischen Dienstes in NRW zufolge ist in den relevanten 500 m x 500 m Planquadraten, über denen die geplanten Trassen liegen, das Vorhandensein von verkarstungsfähigem Gestein dokumentiert. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Digitale Karte "Geothermie" des Geologischen Dienst NRW im Bereich der geplanten Kanaltrasse kein Verkarstungsgebiet ausweist. Darüber hinaus liegen keine Hinweise auf Erdfälle oder Subrosionssenken in o. g. Planquadraten vor.

Daher wird seitens der ingeo-consult GbR zunächst empfohlen, beim Geologischen Dienst eine kostenpflichtige, grundstücksbezogene Auskunft zu geologisch bedingten Gefährdungspotenzialen einzuholen. Weitere Georisiken wie Bergbau, Erdbeben, Gasaustritte (in Bohrungen) sowie Methanaustrittungen (an der Tagesoberfläche) sind nicht dokumentiert.

¹ <https://www.bohrungen.nrw.de/>

² https://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/

2.2 Umfang der Felduntersuchungen

Zur Erkundung der Schichtenfolge wurden durch die ingeo-consult GbR im Bereich der gepl. Bauwerke und Verkehrswege 7 Rammkernsondierungen (RKS 1 - 7) bis in Tiefen von 2,00 - 8,10 m unter Geländeniveau niedergebracht. Die Feststellung der Lagerungsdichte bzw. Zustandsform der anstehenden Böden erfolgte neben den Baugrundaufschlüssen über Rammsondierungen mit mittelschwerem Gerät (DPM gem. DIN EN ISO 22476-2). Die geplanten Aufschlusstiefen von 10,0 m im Bereich der geplanten Brücke und der Unterführung (RKS 1 u. 2 sowie RKS 5 u. 6) konnten auf Grund der Lagerungsdichte der quartären Sedimente (s. u.) mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand nicht erreicht werden. Zwecks Gewinnung von Probenmaterial für chemisch Analysen wurde abstimmungsgemäß zusätzlich die Rammkernsondierung RKS 8 südlich des Brückenbauwerks der Industriestraße bis in eine Tiefe von 3,10 m niedergebracht.

Die Lage der Sondieransatzpunkte kann dem Lageplan der Anlage 1/1 entnommen werden. Die Ergebnisse der Baugrund- und Festigkeitsaufschlüsse sind in Form von Schichtprofilen und Rammdiagrammen in der Anlagen 1/2.1 und 1/2.2 dargestellt.

Für die höhenmäßige Einmessung der Aufschlusspunkte wurde von Osten nach Westen auf folgende Höhenbezugspunkte zurückgegriffen (s. Tabelle 1), die im Lageplan der Anlage 1/1 gesondert gekennzeichnet sind:

Tab. 1: Lage- und Höhenbezugspunkte

Bezeichnung im Lageplan	Lagebeschreibung	Höhe [m NHN]
Bzp. 1	ca. 39 m östlich von Industriestraße Hs.-Nr. 17	+31,38
Bzp. 2	ca. 11 m westlich von Südstraße Hs.-Nr. 20a	+30,27

Nach der höhenmäßigen Vermessung liegen die Geländehöhen im Bereich der Aufschlusspunkte zwischen den Koten +30,27 m NHN (RKS 1) und +31,74 m NHN (RKS 8).

2.3 Schichtenfolge/Eindringwiderstände

Nach dem Ergebnis der bodenmechanischen Ansprache der bei der Baugrunderkundung gewonnenen Bodenproben stehen ab Geländeoberfläche die nachfolgend aufgeführten Bodenarten an:

0,00 m bis 0,10 m/0,50 m	Mutterboden , aufgefüllt (RKS 1, 3, 4, 6 - 8)
0,00 m bis 0,13 m	Auffüllungen (Pflaster inkl. Bettungssand)
bis 1,20 m/4,00 m (Endteufe der Aufschlüsse RKS 4 u. 8)	Sonstige Auffüllungen
bis 9,50 m/10,00 m (Endteufe beider Aufschlüsse)	(Fein- bis Grob) Sand , selten schwach schluffig, selten schwach organisch, zur Tiefe lokal schwach kiesig bis kiesig, meist kalkhaltig

Im Bereich der Aufschlusspunkte RKS 2 und RKS 5 ist die Oberfläche mittels Pflastersteinen (d = 8 cm zzgl. 5 cm Bettungssand) befestigt. Bei den übrigen Aufschlusspunkten steht aufgefüllter Mutterboden (d = 10 - 50 cm, im Mittel 33 cm) an. Die **Auffüllungen** liegen meist in kiesig-sandiger und sandig-kiesiger Fraktion vor. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Ziegel- und Schlackereste bzw. Ziegel- und Schlackestücke und Bergematerial sowie untergeordnet um Flusskies, Hartkalksteinschotter, Glas- und Betonreste. Lediglich bei den Aufschlüssen RKS 5 und RKS 7 wurden feinkörnige Auffüllungen in Form umgelagerter Schluffe, z. T. mit kiesigen Beimengungen an Ziegelresten aufgeschlossen.

Darunter folgen einheitlich gewachsene **Sande**.

Bei der Durchführung der Rammsondierungen wurden innerhalb der Auffüllungen unterschiedliche Eindringwiderstände der mittelschweren Rammsonde von $N_{10} = 0 - 40$ (Schläge je 10 cm Eindringtiefe) gemessen, die eine ungleichmäßige, meist lockere bis z. T. hohlraumreiche Lagerung bzw. meist breiige bis weiche Konsistenz der aufgefüllten Böden anzeigen.

Die gewachsenen Sande sind bis etwa 0,5 - 1,0 m unter Schichtbeginn von lockerer Lagerung und gehen zur Tiefe bis etwa 2,5 - 3,5 m unter Schichtbeginn in eine mitteldichte Lagerung über. Die unterlagernden Sande sind von dichter bis sehr dichter Lagerung. Auf Grund der sehr dichten Lagerung mussten die Rammsondierungen DPM 1 u. 2 sowie DPM 5 u. 6 in Tiefen von 6,20 - 8,30 m bei Schlagzahlen mit der mittelschweren Rammsonde von $N_{10} > 100$ beendet werden, da kein weiterer Eindringfortschritt zu erzielen war.

2.4 Bodengruppen/bodenmechanische Kennwerte

2.4.1 Mutterboden, aufgefüllt

Bodengruppe nach DIN 18196

Gruppe [OU]: organogene Schluffe

Der aufgefüllte Mutterboden sollte, sofern er frei von Fremdbestandteilen ist, vor Beginn der Erdarbeiten gesondert gewonnen und zwischengelagert werden, damit er zu einem späteren Zeitpunkt wieder eingebaut werden kann.

2.4.2 Auffüllungen

Bodengruppen nach DIN 18196

Gruppe A:	Auffüllungen
Gruppe [SW]/[GW]:	weit gestufte Sande/Kiese
Gruppe [SI]/[GI]:	intermittierend gestufte Sande/Kiese
Gruppe [GE]:	eng gestufte Kiese
Gruppe [SU]:	Sand-Schluff-Gemische
Gruppe [UL]:	leichtplastische Schluffe

Die anstehenden aufgefüllten Böden neigen beim Anschneiden wassergesättigter, sandig-schluffiger und schluffiger Partien zum Ausfließen.

Ausschachtungen unter Stau- oder Schichtenwassereinfluss sind nur im Schutze einer ordnungsgemäßen Wasserhaltung möglich. Eingriffe unterhalb des Grundwasserspiegels machen eine Grundwasserabsenkung erforderlich.

Die vorgenannten Bodengruppen gelten nicht für die Beseitigung von etwaigen grobstückigen Einlagerungen (z. B. Bauwerksresten, Ziegelbruch etc.) oder Verfestigungen. Hierzu sollten in der Ausschreibung gesonderte Positionen vorgesehen werden.

Bei den aufgefüllten Böden handelt es sich um den Unterbau des vorhandenen Geh- und Radweges und sonstige Auffüllungen innerhalb der Uferböschungen sowie Wiederlager der vorhandenen Brücken. Die Auffüllungen werden im Zuge der etwaigen Baugrubenherstellung des Brückenbauwerks restlos ausgehoben und sind hier daher für die Gründung ohne Belang.

Hinsichtlich der Tragfähigkeit sind die meist locker gelagerten Auffüllungen als schlechter Baugrund einzustufen, der für die Herstellung von Verkehrsflächen ohne Sondermaßnahmen (vgl. Abschnitt 4.) keine ausreichende Verformungsstabilität bietet.

Für erdstatische Berechnungen sind folgende Bodenkennwerte in Ansatz zu bringen:

Wichte des feuchten Bodens	γ	=	18 - 20 kN/m ³
Wichte des Bodens unter Auftrieb	γ'	=	10 - 11 kN/m ³
Reibungswinkel des dränierten Bodens			
- grobkörnige Auffüllungen	φ'	=	30 - 35°
- feinkörnige/gemischtkörnige Auffüllungen	φ'	=	25 - 30°
Kohäsion des dränierten Bodens			
- grobkörnige Auffüllungen	c'	=	0 kN/m ²
- feinkörnige/gemischtkörnige Auffüllungen	c'	=	2 - 0 kN/m ²

2.4.3 (Fein- bis Grob)Sand mit wechselnden Nebenanteilen

aus bodenmechanischer Sicht	Gruppe SE/SW:	eng/weit gestufte Sande
	Gruppe SI:	intermittierend gestufte Sande
	Gruppe SU:	Sand-Schluff-Gemische

Bei der Durchführung von Erd- und Ausschachtungsarbeiten ist zu berücksichtigen, dass die lokal schwach schluffigen Sande bei hohen Wassergehalten stark bewegungsempfindlich sind. Dynamische Beanspruchungen dieser Sedimente können zu Fließerscheinungen/Auflockerungen des Baugrundes führen. Die Tragfähigkeitseigenschaften dieser Bodenschichten werden dann deutlich verschlechtert.

Ausschachtungen unter Stau- oder Schichtenwassereinfluss sowie insbesondere unterhalb des Grundwasserspiegels sind nur im Schutze einer ordnungsgemäßen Wasserhaltung bzw. Grundwasserabsenkung möglich.

Hinsichtlich der Tragfähigkeit/Verformungsstabilität für das geplante Brückenbauwerk sind die am Schichtbeginn meist locker und zur Tiefe mitteldicht gelagerten Sande als schlechter bis mäßig guter Baugrund einzustufen. Die unterlagernden dicht bis sehr dicht gelagerten Sande stellen einen guten Baugrund dar.

Die bodenmechanischen Kennwerte können wie folgt angegeben werden:

Steifemodul	$E_s = 30 - 50 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma = 18 - 19 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma' = 10 - 11 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des dränierten Bodens	$\varphi' = 30^\circ - 35^\circ$
Kohäsion des dränierten Bodens	$c' = 0 \text{ kN/m}^2$
Durchlässigkeitsbeiwert	$k = 5 \times 10^{-5} \text{ m/s bis } 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

2.5 Chemisch-Physikalische Untersuchungen

2.5.1 Untersuchungsumfang

Bei der Durchführung der Bohrungen und Rammkernsondierungen wurden je Schichtwechsel und etwa je Meter gestörte Bodenproben entnommen.

Die organoleptische Ansprache der gewonnenen Bodenproben ergab im Bereich der aufgefüllten Böden organoleptische Auffälligkeiten (Art und Aussehen der Fremdbestandteile). Die gewachsenen Böden waren ausnahmslos organoleptisch unauffällig.

Als Grundlage zur Entscheidung der Verwertbarkeit der potenziellen Aushubböden wurden repräsentative Mischproben der aufgefüllten (MP A1 bis MP A3) und gewachsenen Böden (MP G1) sowie des aufgefüllten Oberbodens (MP O1) zusammengestellt und chemisch-physikalischen Untersuchungen unterzogen. Die Zusammensetzung der Proben kann dem Probenplan/Mischplan der Anlage 1/3 entnommen werden.

Die ausgewählten Einzel- und Mischproben wurden der Eurofins Umwelt West GmbH, Wesseling, zur Homogenisierung und Durchführung der chemisch-physikalischen Analysen überstellt. An den ausgewählten Mischproben erfolgten Feststoff- u. Eluatanalysen gemäß ErsatzbaustoffV, Anhang 1, Tabelle 3, auf folgende Parameter:

Im Feststoff:

Arsen, Blei, Cadmium, Chrom ges., Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium und Zink, Gesamtgehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff (TOC), Kohlenwasserstoffe (KW: $C_{10} - C_{22}$ und $C_{10} - C_{40}$), Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK₁₆ nach US-EPA), Polychlorierte Biphenyle (PCB₆ u. PCB-118) sowie Extrahierbare Organische Halogenverbindungen (EOX)

Im 2:1-Schütteleluat:

pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sulfat, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom ges., Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium und Zink, Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK₁₅ ohne Naphthalin)³, Naphthalin u. Methylnaphthaline (gesamt) sowie Polychlorierte Biphenyle (PCB₆ u. PCB-118)

Auf Grund ehemaliger und teils vorhandener Textilindustrie im Oberstrom des Rheder Bachs wurde zusätzlich vereinbart, Proben des gewachsenen Bodens im Feststoff gemäß ErsatzbaustoffV, Anhang 1, Tabelle 4, auf den Parameter Tributylzinn-Kation (TBT) zu untersuchen.

Die Originalbefunde der Feststoff- und Eluatuntersuchungen können der Anlage 1/4 entnommen werden.

Die Anlagen 1/5.1 (EBV, grobkörnige Proben) und 1/5.2 (EBV, feinkörnige Proben) enthalten tabellarische Zusammenstellungen der Resultate.

2.5.2 Ergebnisse: Auffüllungsgemische

Die Proben MP A1 bis MP A3 repräsentieren Auffüllungsgemische mit mehr als 10 % an mineralischen Fremdbestandteilen. Alle nachfolgenden Angaben zu Feststoffgehalten beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Nach dem Ergebnis der chemisch-physikalischen Untersuchungen wurden im Feststoff der untersuchten Auffüllungen ausnahmslos unauffällige Gehalte an **Schwermetallen** und **Arsen** festgestellt.

Die Untersuchung der organischen Parameter ergab für **Kohlenwasserstoffe**, **EOX** und **PCB** Gehalte unterhalb der Nachweisgrenze. Dagegen waren alle v. g. Proben durch geringe **PAK**-Belastungen (max. 5,51 mg/kg in MP A3) gekennzeichnet. Der Gesamtgehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff wurde mit **TOC** = 0,6 - 1,8 M.-% gemessen.

Die **Eluate** der untersuchten Mischproben sind als schwach alkalische (pH 7,6 - 8,2), normal mineralisierte Wässer (elektrische Leitfähigkeit: 187 - 301 µS/cm) zu charakterisieren. Einhergehend zu den Feststoffbefunden wurden in 2 von 3 Eluaten mäßig erhöhte Konzentrationen an PAK₁₅ (max. 0,511 µg/l in MP A1) gemessen.

Die Analyse der übrigen Eluatparameter (Naphthalin und Methylnaphthaline, Sulfate sowie Schwermetalle u. Arsen) ergab ausnahmslos unauffällige Befunde.

³ PAK₁₅ = PAK₁₆ (=PAK nach US-EPA) ohne Naphthalin und Methylnaphthaline

2.5.3 Ergebnisse: Oberboden und gewachsener Boden

Die Proben MP G1 und MP G2 repräsentieren die gewachsenen Böden im Bereich der Brückenwiderlager und dem Radweg. Die Probe MP O1 repräsentiert den oberflächennah vorhandenen Oberboden. Alle nachfolgenden Angaben zu Feststoffgehalten beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Nach dem Ergebnis der chemisch-physikalischen Untersuchungen wurden im Feststoff der untersuchten Proben ausnahmslos unauffällige Gehalte an **Schwermetallen** und **Arsen** festgestellt.

Die untersuchten organischen Parameter (**Kohlenwasserstoffe, PAK** (einschl. **Benzo(a)pyren**), **PCB** und **EOX**) waren nicht oder nur in unauffälliger Größenordnung nachweisbar. Gleichzeitig beträgt der Gesamtgehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff **TOC** = 0,20 - 3,80 M.-%.

Die Gehalte der in den Proben MP G1 und MP G2 gemessenen zinnorganischen Tributylzinn-Verbindungen (TBT) lagen unterhalb der Nachweisgrenze (<5 µg/kg).

Die **Eluate** der untersuchten Mischproben sind als schwach saure bis schwach alkalische (pH 6,8 - 7,9), normal bis stark mineralisierte Wässer (elektrische Leitfähigkeit: 252 - 575 µS/cm) zu charakterisieren. Die Analyse der übrigen Eluatparameter (PAK₁₅, Naphthalin und Methylnaphthaline, Sulfate sowie Schwermetalle u. Arsen) ergab ausnahmslos unauffällige Befunde.

2.5.4 Orientierende Abfalltechnische Bewertung der Analysenbefunde

Im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) sind Straßenaufbruch und Erdaushub nur bei vorhandenem Entledigungswillen oder Entledigungspflicht als Abfall zu verstehen.

Zur orientierenden Beurteilung⁴ der Verwertbarkeit sowie z. T. Entsorgung der Aushubmaterialien werden die nachfolgend aufgeführten Bewertungsgrundlagen herangezogen:

Tab. 2: Abfalltechnische Bewertungsgrundlagen

Material	Abfalltechnische Bewertungsgrundlage	Abkürzung
Boden (max. 10 Vol.-% mineralische Fremdbestandteile)	Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung - ErsatzbaustoffV) (Stand: 09.07.2021)	EBV
Auffüllungsgemische (mit > 10 - 50 Vol.-% an mineralischen Fremdbestandteilen)		

Es ist zu beachten, dass die EBV nur für Auffüllungsgemische mit bis zu 50 Vol.-% an mineralischen Fremdbestandteilen gilt und keine Materialwerte für Auffüllungen ausweist, die überwiegend, d. h. zu mehr als 50 Vol.-% aus mineralischen Fremdbestandteilen bestehen. In Ermangelung dessen erfolgt die abfalltechnische Einstufung bis auf Weiteres als ungünstige Annahme auf Basis der vorgenannten Materialwerte (für Auffüllungsgemische mit bis zu 50 Vol.-% an mineralischen Fremdbestandteilen).

Danach halten die durch die Proben MP A1 bis MP A3 repräsentierten Auffüllungsgemische die Grenzwerte der Materialklasse BM-F0* (MP A2) und BM-F1 (MP A1 u. MP A3) ein. Die durch die Mischproben MP G1 und MP G2 repräsentierten gewachsenen Böden sowie der durch die Mischprobe MP O1 repräsentierte Oberboden sind in die Materialklasse BM-0 einzustufen.⁵

⁴ Anmerkung: Gemäß § 14 Absatz (2) der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) in Verbindung mit § 19 Absatz 1 Satz 2 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) ist die Probennahme von einer nach DIN EN ISO/IEC 17025 oder DIN EN ISO/IEC 17020 akkreditierten oder nach Regelungen der Länder gemäß § 18 Satz 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) notifizierten Untersuchungsstelle durchzuführen. Da die ingeo-consult GbR diese Anforderungen nicht erfüllt, können die vorliegenden Analysenbefunde nur der orientierenden abfalltechnischen Bewertung dienen.

⁵ Die auffällige el. Leitfähigkeit (als stoffspezifischer Orientierungswert und nicht als Grenzwert) der Proben MP O1 und MP G1 ist angesichts der möglichen Versalzung durch Düngung benachbarter Gärten bzw. Streusalzeintrag nicht untypisch. Darüber hinaus ist der TOC-Gehalt der Probe MP O1 mit 3,8 M.-% für Oberboden üblich.

Die nachfolgende Tabelle enthält eine Übersicht über die abfalltechnische Bewertung der untersuchten Einzel- und Mischproben.

Tab. 3: Einordnung der untersuchten Bodenproben gem. EBV

Probe	Materialklasse	wegen Grenzwertüberschreitung durch...	Abfallschlüssel
MP A1	BM-F1	PAK im Eluat	17 05 04
MP A2	BM-F0*	Anteil mineralischer Fremdbestandteile	17 05 04
MP A3	BM-F1	PAK im Eluat	17 05 04
MP O1	[BM-0] ⁵	TOC im Feststoff, el. Leitfähigkeit im Eluat	17 05 04
MP G1	[BM-0] ⁵	el. Leitfähigkeit im Eluat	17 05 04
MP G2	BM-0	—	17 05 04

3. Grundwasser

Bei der Durchführung der Feldarbeiten am 02., 03. u. 04.09.2024 wurde bei den ausreichend tiefen Aufschlüssen (RKS 1, RKS 2, RKS 5 u. RKS 6) ein Wasserstand von 1,73 - 2,76 m unter Geländeniveau gemessen. Dies entspricht einem freien Grundwasserspiegel in Höhe der Ordinate +28,50 m NHN $\pm$ 0,25 m, der etwa in Höhe bzw. knapp oberhalb des gleichzeitig gemessenen Bachwasserstands (+27,93 m NHN (gepl. Brücke) und +28,77 m NHN (gepl. Unterführung) liegt.

Der Grundwasserstand unterliegt neben jahreszeitlichen Schwankungen auch einer langjährigen Entwicklung. Die o. g. Messwerte kennzeichnen jahreszeitlich bedingt einen niedrigen bis mittleren Grundwasserspiegel.

Das Blatt L4106 "Borken" der Karte "Grundwassergleichen in Nordrhein-Westfalen", Maßstab 1 : 50.000 (Stand: April 1988) weist zum Erhebungszeitpunkt für das hier betrachtete Untersuchungsgebiet Grundwasserstände zwischen den Ordinaten +29,0 m NN (im Süden) und +29,5 m NN⁶ (im Norden) $\pm$ 0,25 m aus. Im April 1988 hatte das Grundwasser fast landesweit seinen bisherigen Höchststand erreicht. Die großräumige Grundwasserfließrichtung ist nach Südwesten auf die ca. 3,0 km entfernte E - W fließende Bocholter Aa ausgerichtet.

Konkrete Daten zur lokalen Grundwasserschwankungsbreite liegen uns nicht vor.

⁶ Die Differenz zwischen NHN-Höhen (DHHN2016) und NN-Höhen (DHHN12) beträgt im Untersuchungsgebiet gemäß amtlicher Höhentransformation -10 mm (Berechnung über Internet-Anwendung HOETRA der Bezirksregierung Köln, Geobasis NRW und HOETRA2016 der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland).

Angesichts des nur geringen Abstands zwischen den Widerlagern der geplanten Brücke bzw. der geplanten Unterführung und dem Fließgewässer wird der Grundwasserspiegel bei Mittel- und Hochwasser, wenn auch zeitlich verzögert, mit den Bachwasserständen korrelieren.

Den Planunterlagen sind im Bereich der gepl. Unterführung bisher Hochwasserstände in Höhe der Kote +29,73 m NHN zu entnehmen. Den **höchsten zu erwartenden Grundwasserstand (HGW)** würden wir in Höhe des o. g. HHW zzgl. eines Sicherheitszuschlages von 0,5 m, d. h. in Höhe der Ordinate **+30,23 m NHN**, angeben.

In Abhängigkeit von den vorangegangenen Niederschlägen ist zudem mit Stau- und Schichtenwassereinflüssen zu rechnen. Hierbei handelt es sich um versickernde Niederschläge, die zeitweise innerhalb der Auffüllungen bzw. der lokal schwach schluffigen gewachsenen Sande aufgestaut werden können. Dies ist während der Bauausführung sowie im Bauendzustand zu berücksichtigen (s. Abschnitt 5.1).

4. Geotechnische Beratung

4.1 Gründung des Brückenbauwerks

Der ingeo-consult GbR liegen keine Planunterlagen zur geplanten Geh- und Radwegbrücke vor. Seitens des Planungsbüros wurde mündlich mitgeteilt, dass die Fuß- und Radwegbrücke voraussichtlich über Fertigrammpfähle (HEB 300) gegründet werden soll. Seitens der ingeo-consult GbR wird bei einer etwaigen Flachgründung angenommen, dass die Brücke beidseitig jeweils mindestens frostsicher, d. h. etwa 0,8 m unter Gewässersohle (ca. +27,79 m NHN) in den Gewässereinschnitt einbinden wird. Die sich daraus ungefähr ergebende konstruktive Gründungsebene der Hauptfundamente liegt somit etwa in Höhe der Kote +26,99 m NHN.

Die v. g. Kote ist im Baugrundschnitt der Anlage 1/2.1 gekennzeichnet.

Danach liegen die potenziellen konstruktiven Gründungsebenen der Hauptfundamente etwa 1,2 - 1,6 m unterhalb des festgestellten Grundwasserstands (vgl. Abschnitt 3.) innerhalb gewachsener Sande von lockerer (westliches Wiederlager) bzw. mitteldichter Lagerung (östliches Wiederlager).

Die v. g. Böden von lockerer Lagerung, im Bereich des westlichen Wiederlagers, weisen gegenüber den Böden von mitteldichter Lagerung, im Bereich des östlichen Wiederlagers, eine geringere

Verformungsstabilität auf. Wird eine Flachgründung innerhalb dieser setzungsempfindlichen Böden ausgeführt, werden mit Sicherheit unterschiedliche Setzungen bzw. Sackungen durch Kornumlagerung eintreten, die zu Rissen in der aufgehenden Konstruktion sowie evtl. zu Schiefstellungen des Bauwerkes bzw. der Bauwerkskonstruktion führen können.

Seitens der ingeo-consult GbR wird daher bei einer Flachgründung empfohlen, die Widerlager einheitlich innerhalb der gewachsenen Sande von mitteldichter Lagerung zu gründen.

Daher sind für die schadensfreie Gründung der Brücke Sondermaßnahmen zu ergreifen, die nachfolgend vorgestellt werden.

4.1.1 Flachgründung auf mitteldicht gelagerten Sanden (Variante 1)

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, bei einer Gründung über Einzel- bzw. Streifenfundamente, **Fundamenttieferführungen** bis zum Schichtbeginn der mitteldicht gelagerten Sande einzuplanen. Hierzu sind die Fundamente in ihren Grundrissabmessungen mittels Unterbeton bis zum Schichtbeginn der mitteldichten Sande tieferzuführen. Das Tieferführungsmaß im Bereich des westlichen Widerlagers beträgt, bezogen auf die bisher ausdrücklich angenommene Gründungsebene (s. o.), wenige Dezimeter.

Der **Sohlwiderstand** für die ständige Bemessungssituation (BS-P) beträgt $\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$ zu begrenzen. Bei auftretenden Kantenpressungen, kann der o. g Wert um maximal 15 % vergrößert werden.

Voraussetzung für die o. g. Bemessungsangaben ist die störungsarme Freilegung der Gründungsebenen. Hierzu sind sämtliche aufgeweichten bzw. aufgelockerten/gestörten Partien restlos aus den Gründungsebenen zu entfernen und ggf. durch Unterbeton zu ersetzen.

Bei Ansatz der vorgenannten Bemessungsgrößen werden maximale Setzungen von rechnerisch maximal $s = 0,8 - 1,2 \text{ cm}$ auftreten. Es ist davon auszugehen, dass etwa 50 - 70 % der Gesamtsetzungen mit Fertigstellung der Brücke abgeschlossen sind.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass Ausschachtungen bis unter die Grundwasseroberfläche bzw. des Wasserstandes im Rheder Bachs erforderlich werden.

Für die Durchführung der Erdarbeiten und die Errichtung der Widerlager ist sicherzustellen, dass die Baugrubensohle während der gesamten Bauzeit trockengehalten wird. Hierzu sind neben einer Grundwasserabsenkung (s. u.) spezielle Maßnahmen zur Um-/Durchleitung des Gewässers (Um-/Durchleitungsstrecken mittels Spundwänden, Überpumpen inkl. Errichtung von Absperrdämmen etc.) im Bereich der Baugrube vorzusehen.

Während der Fundamentherstellung ist der Grundwasserspiegel 0,50 m unterhalb der Aushubebene zu begrenzen. Bei Grundwasserständen von max. 0,5 m über Baugrubensohle kann der Betrieb einer offenen Wasserhaltung (Pumpensümpfe und Tauchpumpen) zur bauzeitlichen Begrenzung des Grundwasserstandes ausreichend sein. Ansonsten ist eine Absenkung des Grundwassers über eine Vakuumanlage bzw. Schwerkraftbrunnen unabdingbar (s. Abschnitt 5.1).

Zudem können temporäre Stau- und Schichtenwassereinflüsse in Abhängigkeit von den vorangegangenen Niederschlägen nicht ausgeschlossen werden, die aber auch über eine offene Wasserhaltung beherrscht werden können.

4.1.2 Tiefgründung über Fertigteil-Rammpfähle (Variante 2)

Bei einer Tiefgründung mittels Fertigteil-Rammpfählen (planerisch sind Stahlträgerprofile des Typs HEB 300 vorgesehen) werden die Bauwerkslasten punktförmig in die sehr gut tragfähigen Sande von mitteldichter bis dichter Lagerung eingeleitet.

Im vorliegenden Fall (das Baufeld der Brücke liegt mit 10 - 15 m Abstand nahe an nicht lärmgeschützter Wohnbebauung) ist die Wahrscheinlichkeit nicht tragbarer Lärm- und/oder Erschütterungsemissionen hoch, so dass das Einvibrieren von **Fertigteil-Rammpfählen** (Verdrängungspfähle gem. DIN EN 12699) in Abstimmung mit dem Planungsbüro als wahrscheinliche Einbringverfahren anzusehen ist.

Hierbei werden extern vorgefertigte Stahlpfähle mittels eines hydraulischen Vibrationsbären bis in den tragfähigen Untergrund eingebracht. Dabei wird der umliegende Boden verdrängt, so dass kein Aushubmaterial anfällt. Die Herstellung der pfähle muss unter Beachtung der aktuell gültigen DIN EN 12699 und der EA Pfähle erfolgen.

4.1.2.1 Angaben zur Rüttelbarkeit der anstehenden Böden

Mit Blick auf das vibrierende/rüttelnde Einbringen von Stahlprofilen sollen Angaben zur Rüttelbarkeit der aufgeschlossenen Baugrundsichten gemacht werden. In Ermangelung normativer Vorgaben erfolgt dies auf Grundlage der Einteilungsgrenzen der Bundesanstalt für Wasserbau (siehe nachfolgende Tabelle).

Tab. 4: Einteilungsgrenzen für Rüttelarbeiten gem. BAW-Merkblatt MEH (nicht bindige Böden)

Rüttelbarkeit	nichtbindige Böden	
	Kriterium: Eindringwiderstand N_{10} von Rammsonden (gem. DIN EN ISO 22476-2)	
	Schwere Rammsonde $N_{10(DPH)}^1$	Mittelschwere Rammsonde $N_{10(DPM)}^2$
gut geeignet	$N_{10} < 11^a$	$N_{10} < 16$
geeignet	$N_{10} = 11 - 20$	$N_{10} = 16 - 30$
sehr schwierig	$N_{10} = 20 - 25$	$N_{10} = 30 - 38$
nicht geeignet	$N_{10} > 25$	$N_{10} = 38$

1) Gemäß BAW-Merkblatt: Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche nach VOB/C (MEH), hrsg. durch die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe, August 2022

2) Umrechnung der MEH-Werte für DPH anhand des Verhältnisses der querschnittsbezogenen Rammenergie gem. DIN EN ISO 22476-2 (Faktor 1,5)

a) Eng gestufte Feinsande mit $N_{10} > 7$ (DPH) bzw. $N_{10} > 10$ (DPM) sind min. sehr schwierig rüttelbar geeignet.

Bei der Durchführung der Rammsondierungen mit mittelschwerem Gerät wurden bis in Tiefen von 2,1 m/3,5 m überwiegend Eindringwiderstände von $N_{10} = 0 - 5$ (Schläge je 10 cm Eindringtiefe) gemessen. Darunter liegen bis in Tiefen von 5,6 m/7,8 m mittlere Eindringwiderstände von $N_{10} = 10 - 25$ vor. Ab den v. g. Tiefen steigen die Eindringwiderstände über wenige Dezimeter auf $N_{10} > 100$ an.

Daher sind die Böden vor dem Hintergrund des rüttelnden Einbringens von Stahlprofilen bis max. 5,6 m/7,8 m Tiefe im Bereich des angedachten Brückenstandorts als gut geeignet bis geeignet zu bezeichnen. Sehr schwierig zu rüttelnde Böden, liegen unterhalb der v. g. Tiefen etwa bis zur Endteufe der Rammsondierungen von 6,20 m/8,20 m vor. Unterhalb der v. g. Endteufen sind die Böden zum Rütteln als nicht geeignet zu bezeichnen.

4.1.2.2 Angaben zur Mantelreibung Pfahlsitzendruck der anstehenden Böden

Um die Gründung der Brücke über eingerüttelte Stahlprofile (HEB 300) zu bemessen zu können, werden nach Angaben des Planungsbüros Angaben zu Mantelreibung der anstehenden Böden gefordert.

Neben den ständigen Lasten (aus Eigengewicht der Brückenkonstruktion) wirken aber auch veränderliche Lasten (z. B. Verkehr, Schnee u. Wind) ein. Es handelt sich also nicht um rein statische, sondern zyklisch-dynamische Einwirkungen bei denen außer Druck- voraussichtlich auch **Zugkräfte** in transversaler Richtung auftreten können.

In Ermangelung der Ergebnisse von konkreten Probelastungen wird hierzu auf die Erfahrungswerte zur Pfahlmantelreibung von Fertigrampfpfählen gem. EA Pfähle, Abschnitt 5.4.4.2, Tabelle 5.2, unter Berücksichtigung des Modellfaktors für Stahlträgerprofile gem. Tabelle 5.5, zurückgegriffen.

Da die dortigen Angaben ein Einrammen der Pfähle voraussetzen, müssen die Werte für hier voraussichtlich einzuvibrierende Stahlprofile, gemäß EA Pfähle, Abschnitt 5.4.4.2, Absatz 2, abgemindert werden. Der einschlägigen Literatur⁷ ist zu entnehmen, dass bislang keine belastbaren Erkenntnisse über den Abminderungsfaktor der Mantelreibung bei Stahlträgerprofilen vorliegen, so dass nach Einschätzung der ingeo-consult GbR die Bemessungswerte - in Anlehnung an das Einrütteln von Spundwänden - zunächst auf 75 % abgemindert und zwingend durch Probelastungen (s. u.) nachgewiesen werden sollten.

Im gesamten Teufenbereich dominieren nichtbindige Böden mit Schluffanteilen < 15 %. Die durchschnittlichen Schlagzahlen der mittelschweren Rammsonde in Abhängigkeit der Tiefe sowie der etwa daraus abzuleitende Spitzenwiderstand einer Drucksonde sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Unter Ansatz des einschlägigen Modellfaktors für Stahlprofile ($\eta_s = 0,60$) und einer vibrationsbedingten Abminderung auf 75 % (s. o.) ergeben sich für diese Böden die in nachfolgender Tabelle aufgeführten **orientierende mittlere Bruchwerte der Mantelreibung $q_{s,k}$** .

⁷ Mitteilung des Instituts für Geomechanik und Geotechnik Technische Universität Braunschweig, Heft Nr. 113, Pfahl - Symposium 2023 Band 1, 23 Seiten, Hrsg: Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Stahlmann

Tabelle 5: Orientierende mittlere Bruchwerte der Mantelreibung $q_{s,k}$.

Aufschluss	Tiefenlage in m NHN	mittlere Eindringwiderstände		Pfahlmantelreibung ^B $q_{s,k}$
		Schlagzahl N_{10} DPM	Spitzenwiderstand ^A q_c	
DPM 1 (GOK +30,27 m NHN)	+28,17 bis +30,27	0 - 5	<3 MN/m ²	0 kN/m ²
	+26,87 bis +28,17	7 - 11	7 MN/m ²	12,5 kN/m ²
	+24,57 bis +26,87	11 - 26	11 MN/m ²	21,5 kN/m ²
	< +24,57	26 - >100	15 - >25 MN/m ²	38,0 kN/m ²
DPM 2 (GOK +30,28 m NHN)	+26,88 bis +30,28	0 - 5	<3 MN/m ²	0 kN/m ²
	+22,48 bis +26,88	11 - 26	7 MN/m ²	12,5 kN/m ²
	< +22,48	26 - >100	15 - >25 MN/m ²	38,0 kN/m ²

^A = Abgeleitet aus Rammsondierungen nach Helmut Prinz u. Roland Strauß, Ingenieurgeologie, 5. Auflage Tabelle 4.7

^B = Bemessungswerte gemäß EA-Pfähle, 2. Auflage, Tabelle 5.31, Seite 120

Mit Verweis auf die EA Pfähle, Abschnitte 5.4.1 (5) und 5.4.10, sollte der vorgenannte Wert nur für die Ableitung von charakteristischen **Druck**pfahlwiderständen verwendet werden. **Unter Zugbelastung ist der o. g. Bruchwert zunächst zu halbieren.**

Unter Ansatz des einschlägigen Modellfaktors für HEB 300-Stahlprofile mit einer Flanschbreite von 300 mm ($\eta_b = 0,31$) und einer vibrationsbedingten Abminderung auf 75 % (s. o.) ergibt sich für dicht bis sehr dicht gelagerte Böden (Spitzenwiderstand $q_c > 15$ MN/m²) ein **orientierender mittlerer Bruchwert des Pfahlspitzendrucks $q_{b,k}$ von 0,9 MN/m².**

Insbesondere wegen der nicht genau anzugebenden Abminderung von einvibrierten Pfählen und zu erwartender Zugeinwirkungen sollten die o. g. Angaben lediglich als Orientierungswerte zur Vorbemessung angesetzt werden. **Für die genauere und verlässliche Ermittlung der Pfahl- bzw. Trägerwiderstände sind gem. EA-Pfähle, Abschnitt 5.4.10, Probelastungen auszuführen.**

4.2 Herstellung der Unterführung

Für den Bau der etwa 16,1 m langen und 2,50 m tiefen Unterführung parallel zum Rheder Bach wird zur dauerhaften Sicherung des Gewässerlaufes eine Spundwandkonstruktion zwischen Radweg und Gewässer erwogen. Plangrundlagen der geplanten Unterführung liegen bislang nicht vor. Dem vorliegenden Regelquerschnitt ist zu entnehmen, dass OK Radweg etwa 70 cm unterhalb der Gewässersohle, d. h. etwa in Höhe der Kote +28,10 m NHN angeordnet werden soll. Die v. g. Kote ist im Baugrundschnitt der Anlage 1/2.2 gekennzeichnet.

Im Zuge der Baugrunderkundung (RKS 5 u. 6) wurde hier eine freie Grundwasseroberfläche in Höhe der Kote +28,70 m NHN $\pm$ 0,05 m, d. h. etwa 0,6 m über OK-Radweg aufgeschlossen. Seitens der ingeo-consult GbR wird darauf hingewiesen, dass es sich bei den v. g. Grundwasserständen um niedrige bis mittlere Werte handelt. Bei mittleren bis hohen Grundwasserständen ist davon auszugehen, dass der geplante Radweg etwa 1,6 m unter der Grundwasseroberfläche liegt (vgl. Abschnitt 3.). Daher sind hier planerisch zwingend Sondermaßnahmen, z. B. die Herstellung eines auftriebssicheren, wasserdruckhaltenden Trogbauwerkes, erforderlich. Darüber hinaus ist der vorhandene Brückenüberbau der Industriestraße für die Einbringung der Spundwand zu entfernen. Sollte dies nicht möglich sein sind weitergehende Spezialtiefbaumaßnahmen zur Trennung von Radweg und Gewässer zu erwägen.

Seitens der Auftraggeberin wurde für die herzustellende Unterführung ausdrücklich gewünscht, lediglich Bemessungsangaben und Hinweise zum Bau der Spundwand vorzulegen. Da der Radweg, wie bereits erwähnt, unterhalb der Gewässersohle liegt, ist hier eine wasserdichte Spundwand (gem. DIN 4124, Abschnitt 8.3) herzustellen. Hinweise zur Herstellung sind dem Abschnitt 5.3.2 zu entnehmen.

Zur Aufnahme der Horizontal- und Vertikallasten müssen die Spundbohlen in die mitteldichten-Sande eingebunden werden. Die genau erforderlichen Einbindetiefen der Einzelbohlen bzw. die Geometrie der Gesamtkonstruktion sind das Ergebnis noch aufzustellender statischer Berechnungen. Hierbei ist besonderes Augenmerk auf die zulässige Kopfverformung zu richten. Im Bedarfsfall ist die Spundwand durch eine Rückverankerung zu stützen.

Auch hier ist auf Grund entstehender Lärm- und Erschütterungsemissionen von einem Einrütteln der Spundbohlen auszugehen.

Bei der Durchführung der Rammsondierungen mit mittelschwerem Gerät wurden bis in Tiefen von 3,9 m/4,1 m überwiegend Eindringwiderstände von $N_{10} = 1 - 5$ (Schläge je 10 cm Eindringtiefe) gemessen. Darunter liegen bis in Tiefen von 5,7 m/7,3 m mittlere Eindringwiderstände von $N_{10} = 8 - 25$ vor. Ab den v. g. Tiefen steigen die Eindringwiderstände über wenige Dezimeter auf $N_{10} > 100$ an.

Daher sind die Böden vor dem Hintergrund des rüttelnden Einbringens von Spundwandprofilen bis max. 5,7 m/7,3 m Tiefe im Bereich der angedachten Unterführung überwiegend als gut geeignet bis geeignet zu bezeichnen. Sehr schwierig rüttelbare Böden, liegen unterhalb der v. g. Tiefen etwa bis zur Endteufe der Rammsondierungen von 6,10 m/8,30 m vor. Unterhalb der v. g. Endteufen sind die Böden als nicht geeignet zu bezeichnen (siehe Seite 18, Tabelle 4). Lokal vorhandene hier breiige bis weiche bindige Böden sind nach der o. g. Bewertungsgrundlage als gut geeignet bis geeignet zu bezeichnen.

Für die Bemessung der Spundwand können unter Berücksichtigung einer Abminderung auf 75 % (gemäß EA-Baugruben, Anhang A10, Abschnitt c, Punkt 1) für die hier voraussichtlich einzuvibrierenden Spundwandelemente, folgende charakteristische Erfahrungswerte für die **Mantelreibung** und den **Spitzenwiderstand** (gem. EA-Baugruben, Anhang A10, Tab. 10.1) angesetzt werden:

- | | |
|--|-------------------------------|
| • Mantelreibung (ca. >+27,0 m NHN): | $q_{s,k} = 0 \text{ kN/m}^2$ |
| • Mantelreibung (ca. +26,5 - +27,0 m NHN): | $q_{s,k} = 15 \text{ kN/m}^2$ |
| • Mantelreibung (ca. +25,0 - +26,5 m NHN): | $q_{s,k} = 20 \text{ kN/m}^2$ |
| • Mantelreibung (ca. +24,0 - +25,0 m NHN): | $q_{s,k} = 30 \text{ kN/m}^2$ |
| • Mantelreibung (ca. <+24,0 m NHN): | $q_{s,k} = 37 \text{ kN/m}^2$ |
| • Spitzenwiderstand (bei Mindesteinbindung von 1,0 m in die dicht gelagerten Terrassenablagerungen): | $q_{b,k} = 6 \text{ MN/m}^2$ |

Sobald die konkrete Spundwandkonstruktion geplant ist, können Setzungsabschätzungen vorgenommen werden. Voraussetzung für die o. g. Bemessungsangaben ist, dass die Spundwände eingerüttelt werden. Auflockerungsbohrungen sind ohne Anpassung der o. g. Bemessungsangaben nicht zulässig.

4.3 Baugrubenherstellung

Beim etwaigen Herstellen der Baugruben für die Widerlager sind generell die Hinweise der DIN 4124 zu beachten. Die möglichen Neigungen bauzeitlicher Böschungen betragen im Schutze einer fachgerechten Wasserhaltung $\beta \leq 45^\circ$ (Auffüllungen u. gewachsene Sande).

Für die Herstellung der Widerlager ist ein Aushub von max. etwa 4,0 m Tiefe erforderlich. Auf Grund der vorhandenen Dammböschung reduziert sich die Aushubtiefe an der wasserseitigen Baugrubenwand deutlich. Nach Einschätzung der ingeo-consult GbR lassen die Platzverhältnisse vor Ort die Herstellung der Baugruben in geböschter Form auf Grund vorhandener Nachbargrundstücke (u. a. Flurstück 911) nicht zu.

Sofern für die Herstellung geböschter Baugrubenwände nicht mit Duldung der Grundstückseigentümer bauzeitlich Nachbargrundstücke in Anspruch genommen werden dürfen, sind senkrechte Baugrubensicherungen vorzusehen.

Unter Berücksichtigung der örtlichen Randbedingungen (Baugrundsichtung/Baugrubentiefe) besteht grundsätzlich die Möglichkeit die Baugrubensicherung in Form einer **Trägerbohlwand** (Berliner Verbau) **gem. DIN 4124, Abschnitt 8.2**, auszuführen (vgl. Abschnitt 5.3). Eine **frei eingespannte** Trägerbohlwand kann meist bis zu Verbauhöhen von etwa 3 - 4 m realisiert werden. Bei größeren Verbauhöhen ist die Erfordernis einer Rückverankerung wahrscheinlich, welche die Zustimmung der betroffenen Nachbarn voraussetzt. Je nach Erfordernis einer Rückverankerung ist ggf. die Herstellung einer Arbeitsebene erforderlich. Hierbei ist zu beachten, dass bei Überschüttung des Gewässereinschnittes die hydraulische Wirksamkeit des Fließgewässers nicht unterbrochen wird. Daher sind im erforderlichen Umfang Rohrdurchleitungen vorzusehen bzw. die v. g. Maßnahmen zu Um-/Durchleitung vorzusehen. Alternativ ist eine gegenseitige Aussteifung des Verbaus vorzusehen.

Anzahl, Abstand, Länge, Einbindung der Bohrträger sowie die Lage der Gurtung und der etwaigen Anker/Ankerabstände sind gemäß den statischen Erfordernissen zu wählen. Die Bemessung des Verbaus muss gem. Eurocode 7 (DIN EN 1997-1 einschl. des nationalen Anhangs und DIN 1054), Abschnitte 8 u. 9, erfolgen. Zudem werden die EAB zur Beachtung empfohlen. Bei der Dimensionierung des Verbaus sind die bodenmechanischen Kennwerte gemäß der Abschnitte 2.4ff zu berücksichtigen.

Sollten im Umfeld der Baugrube setzungsempfindliche Bauwerke bzw. parallel verlaufende Versorgungsleitungen vorhanden sein, kann die Herstellung eines verformungsarmen Verbau erforderlich werden, der unter Ansatz des erhöhten aktiven Erddrucks ($K = 0,5 \times [K_0 + K_a]$) bemessen werden muss. Hier ist eine Abstimmung mit den jeweiligen Leitungsträgern unabdingbar. Zusätzlich sind die verkehrlichen Verhältnisse angemessen zu berücksichtigen.

Vor Beginn der Aushubarbeiten sind der vorhandene Wegeaufbau (Pflastersteine einschließlich Trag-/Frostschuttschicht) und die unterlagernden Auffüllungen aufzunehmen. Des Weiteren ist die vorhandene Brücke (inkl. Widerlager und Fundamenten) vorher zurückzubauen.

4.4 Herstellung der Verkehrsflächen

Nach der bisher vorgesehenen Planung soll westlich des Rheder Bachs auf einer Länge von etwa 320 m ein 3,00 m breiter Geh- und Radweg zzgl. jeweils 50 cm Bankett hergestellt werden. Die Oberfläche soll mit einer Schwarzdecke befestigt werden. Gemäß den Planunterlagen soll dabei die heutige Gradienten weitgehend beibehalten werden.

Die im Untersuchungsgebiet im Rad- und Gehwegbereich oberflächennah (bis 1,2 m unter vorhandener Geländeoberfläche) anstehenden, meist grob- bis gemischtkörnigen Auffüllungen und gewachsenen Sande weisen häufig einen Feinkornanteil ($< 0,063 \text{ mm}$) von 5 - 15 % auf und sind somit gem. ZTV E-StB 17 als "gering bis mittel frostempfindlich" der Frostempfindlichkeitsklasse F2 zuzuordnen. Grobkörnige Böden, welche einen Feinkornanteil von $< 5 \%$ aufweisen sind auf der gleichen Grundlage als "nicht frostempfindlich" der Frostempfindlichkeitsklasse F1 einzustufen. Gemischtkörnige Böden mit einem Feinkornanteil von $> 15 \%$ wurden innerhalb geplanter Verkehrsflächen mit Ausnahme des vorhandenen Oberbodens nicht aufgeschlossen. Eine Zusammenstellung ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tab. 6: Zusammenstellung der Bodenart und Frostempfindlichkeitsklassen

Aufschluss	Tiefe [m]	Bodenart	Frostempfindlichkeitsklasse
RKS 2	0,13 - 0,80	A (S, u')	F2 [gering bis mittel frostempfindlich]
	0,80 - >1,20	A (S, u', g')	
RKS 3	0,00 - 0,50	A (Mu (U, s', g', h)	F3 [sehr frostempfindlich]
	0,50 - >1,20	f-mS	F1 [nicht frostempfindlich]
RKS 4	0,00 - 0,30	A (Mu (U, s', g', h')	F3 [sehr frostempfindlich]
	0,30 - 1,00	A (S, g)	F1 [nicht frostempfindlich]
	1,00 - >1,20	A (S, g')	
RKS 7	0,00 - 0,30	A (Mu (U, s+, g')	F3 [sehr frostempfindlich]
	0,30 - 0,60	A (S, g', u', o')	F2 [gering bis mittel frostempfindlich]
	0,60 - >1,20	A (S, g')	F1 [nicht frostempfindlich]

Die Bemessung des Oberbaus der geplanten Verkehrsflächen sollte in Anlehnung an die RStO 12 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen) erfolgen.

Gemäß RStO 12, Abschnitt 5.2 erfordert die Herstellung von Geh- und Radwegen bei Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F1 keine besonderen Frostschutzmaßnahmen. Die Dicke der Trag-schicht ist nach RStO 12, Tabelle 8, in Anhängigkeit der Verformungsstabilität festzulegen. Bei Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 und F3 beträgt die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus 30 cm. Hierbei sind Klimaeinflüsse, Wasserverhältnisse sowie etwaige Überfahrten für Kraftfahrzeuge angemessen zu berücksichtigen.

Nach Einschätzung der ingeo-consult GbR kann auf Grund der teils heterogenen Baugrundverhältnisse (Auffüllungen) das Vorhandensein schluffiger Beimengungen innerhalb der Auffüllungen für klar definierbare Trassenabschnitte nicht sicher ausgeschlossen werden. Daher empfehlen wir, auch vor dem Hintergrund des Bauablaufs, grundsätzlich eine Trag-/Frostschutzschicht vorzusehen, welche die Mindestdicke für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 aufweist.

Die erforderliche Verformungsstabilität des Planums lässt sich i. d. R. nicht ohne besondere Maßnahmen innerhalb der anstehenden Auffüllungen und gewachsenen Böden erreichen. Um die gem. ZTV E-StB 17, Abschnitt 4.5, geforderten Verformungsmoduln von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Erdplanum erreichen zu können, sollten die dort anstehenden Böden generell durch mehrmalige Übergänge mit schweren Verdichtungsgerät nachverdichtet werden.

Bei tief reichenden Aufweichungen des Baugrundes ist das Erdplanum im Bereich gemischtkörnigen Böden durch das Einfräsen eines Bindemittels zu stabilisieren. Hierbei ist die Lage von eventuell vorhandenen Versorgungsleitungen zu berücksichtigen. Gemäß ZTV E-StB 17, Abschnitt 4.5, sind an das Rohplanum einer kontrollierten Geländeauffüllung mit frostempfindlichem, durch Kalkzugabe konditioniertem Material erhöhte Anforderungen an das Verformungsverhalten zu stellen ($EV_2 \geq 70 \text{ MN/m}^2$). Diese Verformungsstabilität ist dann in der Ausschreibung zu definieren und mittels statischer Plattendruckversuche (gem. DIN 18134) zu überprüfen.

4.5 Festlegung von Homogenbereichen

Bei der Baumaßnahme werden Abtrags- und Aushubarbeiten ausgeführt, die u. a. das Lösen, Laden und Fördern von Boden und sonstigen Stoffen erforderlich machen. Weiterhin können bei der Verbauherstellung und Brückengründung Bohr- und/oder Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten notwendig werden.

Die Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für diese Arbeiten sind in den folgenden Normen der VOB/C geregelt:

- DIN 18300 "Erdarbeiten"
- DIN 18301 "Bohrarbeiten"
- DIN 18304 "Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten"

Nach diesen Normen sind Boden/Fels bzw. künstliche Böden und Stoffe, in denen vorgenannte Arbeiten durchzuführen sind, in sog. **Homogenbereiche** einzuteilen.

Die Ermittlung der Eigenschaften und Kennwerte eines Homogenbereichs erfolgt durch Literatur- und Internetrecherchen und wird ggf. um Erfahrungswerte ergänzt. Sofern die maßgebenden Kenngrößen in genaueren Bandbreiten ermittelt werden sollen, sind ergänzende Feld- und Laboruntersuchungen erforderlich.

Die o. g. Arbeiten sind nach dem Ergebnis der Baugrunderkundung ausschließlich innerhalb der Lockergesteinsüberdeckung auszuführen, die im Untersuchungsgebiet aus 3 Schichteinheiten besteht.

Tab. 7: Einteilung des Baugrundaufbaus in Homogenbereiche

Schichteinheiten		Homogenbereiche			
Nr.	Baugrundsicht	DIN 18300 Erdarbeiten - Lösen -	DIN 18300 Erdarbeiten - Einbauen -	DIN 18301 Bohrarbeiten	DIN 18304 Ramm-/Rüttel-/ Pressarbeiten
1	bindige Böden und Auffüllungen	LÖS - A	EIN - A	BOHR - A	RÜTT - A
2	nichtbindige Böden und Auffüllungen (locker - mitteldicht)		EIN - B		
3	nichtbindige Böden (dicht - sehr dicht)			BOHR - B	RÜTT - B

Die maßgeblichen Eigenschaften und Kennwerte der o. g. Homogenbereiche sind in der Anlage 1/6 tabellarisch zusammengestellt.

Im Brücken- und Radwegbereich steht in 10 - 50 cm Mächtigkeit Oberboden an., der zu Baubeginn im Baufeld abzuschleppen und ggf. für den anschließenden Wiedereinbau seitlich zu lagern ist. Die Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für die Arbeiten sind in der DIN 18320 "Landschaftsbauarbeiten" geregelt, nach der Oberboden einen eigenen Homogenbereich darstellt, dessen maßgebliche Eigenschaften in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tab. 8: Homogenbereich "Oberboden" gem. DIN 18320

Homogenbereich		LBA - A
Ortsübliche Bezeichnung		Mutterboden
Bodengruppe gem. DIN 18196		OU
Bodengruppe gem. DIN 18915		4a, 5a
Massenanteil gem. DIN EN ISO 14688-1		
- Steine	%	< 5
- Blöcke	%	< 5
- große Blöcke	%	< 5

5. Hinweise für die Bauausführung

5.1 Wasserhaltung

5.1.1 Offene Wasserhaltung

Es wurde bereits erwähnt, dass in Abhängigkeit von der Intensität und Dauer vorangegangener Niederschläge Stau- und Schichtenwassereinflüsse eintreten können. Seitens der ingeo-consult GbR wird deshalb empfohlen, während der Bauzeit eine offene Wasserhaltung (Pumpensümpfe und Tauchpumpen) zur Ableitung des anfallenden Stau- und Oberflächenwassers vorzuhalten und bei Bedarf zu betreiben. Hierbei handelt es sich um eine Ergänzung zur obligatorischen Tagwasserhaltung und damit im Sinne der VOB/C um eine besondere Leistung.

5.1.2 Grundwasserabsenkung

Es wurde darauf hingewiesen, dass die Gründung der Brücke nach Variante 1 (Flachgründung mittels Fundamenttieferführung) eine Grundwasserabsenkung bis mindestens 0,5 m unter Aushubebene erforderlich macht (vgl. Abschnitt 4.1.1). Die Unterkanten der Widerlager sollen voraussichtlich etwa in Höhe der Ordinate +26,99 m NHN angeordnet werden. In Verbindung mit einer Fundamenttieferführung mittels Unterbeton (siehe Abschnitt 4.1) ergibt sich eine Aushubebene in Höhe der Kote +26,79 m NHN (UK Unterbeton).

Daraus folgt, dass für die Herstellung der Baugrube einen Aushub bis maximal ca. 3,5 m Tiefe, d. h. etwa 1,5 - 1,9 m unterhalb des während der Baugrunderkundung im September 2024 festgestellten Grundwasserstandes (vgl. Abschnitt 3.), erforderlich wird. Unter Ansatz des höchsten zu erwartenden Wasserstands liegt die voraussichtliche Baugrubensohle mehr als 3,4 m unterhalb der, voraussichtlich im Nahbereich des Rheder Bachs mit den Bachwasserständen korrespondierenden, Grundwasseroberfläche.

Die Grundwasserabsenkung lässt sich allenfalls bei sehr niedrigen Grund- und Bachwasserständen bis maximal 0,5 m über der Aushubebene im Schutze einer **offenen Wasserhaltung** durchführen. In diesem Fall sind fachgerechte Pumpensümpfe anzulegen und mit schwimmergesteuerten Tauchpumpen auszustatten.

Seitens der ingeo-consult GbR wird empfohlen, den Grundwasserstand im Bereich der Widerlager rechtzeitig vor Baubeginn z. B. durch zu errichtende Grundwassermessstellen zu erkunden. Bei

Wasserständen von mehr als 0,5 m über der Aushubebene ist eine Absenkung des Grundwasserspiegels z. B. mittels einer Vakuumanlage bzw. Schwerkraftbrunnen notwendig.

Daher wird seitens der ingeo-consult GbR vorgeschlagen, eine offene Wasserhaltung (s. o.) als Hauptposition auszuschreiben. Darüber hinaus wird empfohlen, als Alternative eine Grundwasserabsenkung zu planen. Auf dieser Basis kann eine klar kalkulierbare Leistungsbeschreibung, mit genauen Angaben zur Absenkanlage (Brunnendurchmesser und -anzahl, Tiefe, Ausbau, Anzahl und Aufstellung der Unterdruckerzeuger, etc.) erfolgen und ausgeschrieben werden.

Angesichts der teils feinkörnigen Böden in Wechsellagerung mit zur Tiefe grobkörniger Böden ist die Wahl des Absenkverfahrens (Vakuummwasserhaltung mittels Lanzen oder Spülfiltern bzw. in Ergänzung mit Schwerkraftbrunnen) von der bislang nicht bekannten Einbindetiefe der Bauwerke unterhalb des Grundwasserspiegels abhängig. Da hierzu bislang keine Planung vorliegt, ist die Wahl des Absenkverfahrens nach erfolgter Planung festzulegen. Nach vorläufiger Einschätzung der ingeo-consult GbR ist davon auszugehen, dass mindestens eine Vakuummwasserhaltung in den feinkörnigen Sanden erforderlich wird, welche je nach Gründungstiefe um Schwerkraftbrunnen (ggf. gestaffelt) erweitert werden muss. Unabhängig davon ist der Wasserstand grundsätzlich mindestens bei 0,5 m unter der Aushubebene zu begrenzen.

Das Absenkmaß der Grundwasserabsenkung hängt unmittelbar von Zeitpunkt und Dauer der Baumaßnahme ab. Unter Berücksichtigung jahreszeitlich bedingter Grund- und Bachwasserstandsschwankungen können die Absenkbeträge je nach Bauzeit und Ausführungszeitraum deutlich variieren.

Der Wasserandrang zur Baugrube ist neben der erforderlichen Absenktiefe unmittelbar von der Bodenschichtung bzw. den Durchlässigkeitskoeffizienten der zu entwässernden Bodenschichten sowie von den Bach- und Grundwasserständen zum Zeitpunkt der Bauausführung abhängig. Der Grundwasserspiegel ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen (s. Abschnitt 3).

Erfahrungsgemäß werden zu Beginn der Wasserhaltungsmaßnahme zunächst die größten Wassermengen anfallen. Mit zunehmender Dauer der Wasserhaltung werden sich die Förderraten bis zum Erreichen des stationären Beharrungszustandes reduzieren.

Es bestehen keine Bedenken, das geförderte Grundwasser nach Sedimentation schwebstoffarm in den weiteren Verlauf des Rheder Bachs einzuleiten.

Die tatsächlich erzielten Absenktiefen müssen über die ohnehin im Vorfeld einzurichtenden Grundwassermessstellen (s. o.) kontrolliert werden. Der Betrieb der Absenkanlage hat so zu erfolgen, dass ein Geräteausfall umgehend behoben werden kann, d. h. sie muss in Tag- und Nachtschicht überwacht und betriebsbereit gehalten werden. Zweckmäßigerweise ist auch eine Notstromversorgung zu gewährleisten.

Zusätzlich ist innerhalb der jeweiligen Baugrube eine fachgerechte offene Wasserhaltung zur Ableitung des Tagwassers und ggf. zur Beherrschung geringer Schichtwasserzutritte zu betreiben.

Für die Durchführung der Erdarbeiten ist sicherzustellen, dass die Baugrubensohle während der gesamten Bauzeit trockengehalten wird. Hierzu sind neben einer Grundwasserabsenkung (s. o.) eventuell spezielle Maßnahmen zur Um-/Durchleitung des Rheder Bachs (z. B. Umleitungsstrecken mittels Spundwänden, Überpumpen inkl. Errichtung von Absperrdämmen etc.) um die Baugrube vorzusehen. Es ist zu überprüfen, inwiefern ein spezieller Hochwasserschutz zur Vermeidung bauzeitlicher Überflutungen (z. B. Errichtung eines Absperrdamms) herzustellen ist bzw. Überflutungen in Kauf genommen werden können. Hierbei sind die festzustellenden Bemessungswerte der Hochwasserereignisse angemessen zu berücksichtigen.

5.2 Erdarbeiten

Beim etwaigen Aushub von Baugruben werden nach dem Ergebnis der Baugrunderkundung fein-, gemischt- und grobkörnige Auffüllungen angeschnitten. Die feinkörnigen Auffüllungen und gewachsene Sande mit teils hohem Feinkornanteil sind stark bewegungsempfindlich. Die v. g. Böden neigen bei hohen Wassergehalten auch zum Ausfließen. Daher sind dynamische Beanspruchungen der Böden - insbesondere bei hohen Wassergehalten - unbedingt zu vermeiden.

Der Aushub muss nach Rückbau der vorhandenen Brücke mit einem Standgerät rückschreitend mit einer Grabenschaufel (Baggerschaufel ohne Zähne) erfolgen, um eine ebene Aushubsohle ohne tiefreichende Störung des Baugrundes herstellen zu können.

Die Baugrubensohle ist zum Schutz vor Witterungs- und Baustelleneinflüssen kurzfristig nach dem Freilegen mit Unterbeton anzudecken. Vor dem Einbau sind die Gründungsebenen mit einem schweren Verdichtungsgerät **dynamisch** nachzuverdichten. Nicht ausreichend tragfähige Bereiche werden hierbei durch größere Verformungen der Aushubebene deutlich. Sollten hierbei noch aufgeweichte bzw. aufgelockerte Bodenpartien festgestellt werden, so sind diese ggf. in Handschachtung zu entfernen und durch Unterbeton zu ersetzen.

Die beim Aushub anfallenden Auffüllungen und gewachsenen Böden sind bei entsprechenden Wassergehalten für eine Wiederverfüllung der Arbeitsräume und Brückenwiderlager geeignet. Dies setzt jedoch zwingend die Beachtung umwelttechnischer Belange (siehe Abschnitt 2.5.5.2) voraus. Wassergesättigte Böden mit erhöhten Feinkornanteil und bindige Böden können erst nach Zwischenlagerung und Trocknung bei geeigneter Witterung für den Wiedereinbau verwendet werden. Die Verarbeitbarkeit der lokal aufgeschlossenen Schluffe bei hohen Wassergehalten lässt sich durch die Zugabe von Kalk (ca. 3 - 5 Gew.-%, min. CL 80) in gewissen Grenzen verbessern. Es wird jedoch ausdrücklich auf die Schwierigkeiten beim Einbauen und Verdichten von bindigen Böden (Verdichtbarkeitsklasse V 3 gem. ZTV-A-StB 97/06) in engen Arbeitsräumen hingewiesen.

Um sicher zu stellen, dass die Gründung jeweils auf ausreichend tragfähigen Böden erfolgt, ist vor dem Einbau des Unterbetons eine Abnahme der Aushubebene durch den Bearbeiter der ingeo-consult GbR erforderlich.

5.3 Spezialtiefbau

5.3.1 Rammpfähle

Für Gründung mit Fertigrammpfählen sind die Hinweise und Auflagen der entsprechenden bauaufsichtlichen Zulassung, der DIN EN 12699 sowie der EA-Pfähle zu berücksichtigen. Dies gilt auch für den Antransport, die Lagerung und die Handhabung der Pfähle auf der Baustelle.

Im Zuge der Pfahleinbringung sind die in den Anlagen 1/2.1 angegebenen Schichtgrenzen zu verifizieren. Bei Abweichungen um mehr als 0,5 m ist die ingeo-consult GbR zu informieren, um ggf. über das Erfordernis von Zusatzpfählen entscheiden zu können.

Das einzusetzende Vibrationsgerät ist auf die Pfähle und die lokalen Baugrundverhältnisse abzustimmen. Dabei ist u. a. zu beachten, dass die Fertigpfähle bis in ungefähre Tiefen von etwa 0 - 3,5 m z. T. durch locker gelagerte Böden vibriert werden müssen. Innerhalb dieser Schichten muss die Einbringung mit niedriger Vibrationsenergie erfolgen, um hohe Eindringungsraten und daraus resultierende Zugspannungen im Pfahl zu vermeiden.

Es wird darauf hingewiesen, dass Vibrationen im Baugrund durch schwingungsverstärkende Resonanzeffekte zu Bauwerksschäden führen können. Gleichzeitig besteht die Gefahr von Bodenverformungen. Dieses Risiko ist durch eine entsprechende maschinentechnische Ausstattung (z. B.

Hochfrequenzvibrationsbären mit kontinuierlich verstellbarer Unwucht und resonanzfreien Start- und Stoppphasen) zu minimieren (vgl. DIN EN 12699, Abschnitt 8.3.3.5).

Vorsorglich sollte vor Baubeginn an Gebäuden im Einflussbereich der Baumaßnahme (Abstand < 50 m) eine Beweissicherung durchgeführt werden. Zusätzlich müssen mit Beginn der Arbeiten am nächstgelegenen Nachbargebäude Schwingungsmessungen nach DIN 4150-3 durchgeführt und ausgewertet werden, um ggf. zu hohe Erschütterungen festzustellen und abstellen zu können.

Weiterhin wird auf die Möglichkeit des Vorhandenseins von Fundament-/Bauwerksresten innerhalb der Auffüllungen hingewiesen. Diese Hindernisse können die Pfahlherstellung behindern. Sofern sich etwaige Hindernisse nicht durchdringen bzw. verdrängen lassen, kann der betroffene Pfahl von der Solllage abgelenkt und/oder beschädigt werden sowie seine planmäßige Endteufe nicht erreichen. Bei Lageabweichungen/Neigungen von Pfählen oberhalb der Bautoleranzen ist zu prüfen, ob die geplante Lastabtragung trotzdem noch gewährleistet ist. Andernfalls ist wie grundsätzlich bei nicht ausreichender Einbringtiefe oder nicht tolerierbarer Beschädigung ein Ersatzpfahl herzustellen.

Das Einbringen der Fertigpfähle ist gem. DIN EN 12699, Abschnitte 9 u. 10, aufzuzeichnen und zu dokumentieren. Grundsätzlich sind dabei die Leistungsaufnahme, Amplitude, Frequenz und Eindringung (Geschwindigkeit und Betrag) zu registrieren und die aufgewendete Rüttel-/Vibrationsarbeit daraus abzuleiten, um einen Vergleich mit den erkundeten Baugrundverhältnissen zu ermöglichen. Für jeden Pfahl muss ein entsprechendes Vibrations-/Rüttelprotokoll erstellt werden. Darüber hinaus sind das Antreffen von Hindernissen, die Feststellung von Lageabweichungen und sonstige Abweichungen vom üblichen Arbeitsablauf anzugeben.

Grundsätzlich sind an wenigstens 10 % der herzustellenden Pfähle Integritätsprüfungen im sog. low-strain-Verfahren durchzuführen. Weiterhin hinaus sind in den nachfolgend aufgeführten Fällen Integritätsprüfungen nach dem gleichen Verfahren vorzunehmen (low-strain-Untersuchungen sind generell gesondert auszuschreiben):

- beim Antreffen von Hindernissen,
- bei Festgestellten Lageabweichungen,
- bei unverhältnismäßig hohen Eindringgeschwindigkeiten.

Beim Einbringen von Verdrängungspfählen treten Lärm- und Erschütterungsemissionen auf. Bezüglich der Lärmentwicklung sind etwaige behördliche Auflagen (zulässiger Lärmpegel, Festlegung bestimmter Tageszeiten für Einbringungen) dringend zu beachten. Die beim Einbringen auftreten-

den Erschütterungen können u. a. auf benachbarte Bauwerke einwirken. Hier sind sämtliche Teile der DIN 4150 "Erschütterungen im Bauwesen" zu berücksichtigen.

5.3.2 Spundwandarbeiten

Die Herstellung der wasserdichten Spundwand muss unter Beachtung der aktuell gültigen DIN EN 12063 erfolgen. Insbesondere sind Maßnahmen zur Abdichtung der Schlossverbindungen (gemäß Anhang E der o. g. Norm) vorzusehen. Darüber hinaus sind die Hinweise der EAB zu beachten und ein Nachweis gegen hydraulischen Grundbruch zu führen.

Im Zuge der Spundbohleneinbringung sind die in der Anlage 1/2.2 angegebenen Schichtgrenzen zu verifizieren. Bei Abweichungen um mehr als 0,5 m ist die ingeo-consult GbR zu informieren, um ggf. über das Erfordernis von Sondermaßnahmen entscheiden zu können. Sofern sich etwaige Hindernisse nicht durchdringen bzw. verdrängen lassen, kann die betroffene Spundbohle von der Sollage abgelenkt und/oder beschädigt werden sowie ihre planmäßige Endteufe nicht erreichen. Bei Lageabweichungen/Neigungen oberhalb der Bautoleranzen ist zu prüfen, ob die geplante Lastabtragung trotzdem noch gewährleistet ist. Andernfalls ist wie grundsätzlich bei nicht ausreichender Einbringtiefe oder nicht tolerierbarer Beschädigung eine Räumungsbohrung herzustellen.

Auf Grund der unmittelbaren Nähe zu bestehenden Gebäuden (ca. 15 m) und Versorgungsleitungen sollten erschütterungsarme Einbringeverfahren eingesetzt werden. Es wird darauf hingewiesen, dass Vibrationen im Baugrund durch schwingungsverstärkende Resonanzeffekte zu Bauwerksschäden führen können. Gleichzeitig besteht die Gefahr von Bodenverformungen. Dieses Risiko ist durch eine entsprechende maschinentechnische Ausstattung (z. B. Hochfrequenzvibratoren mit kontinuierlich verstellbarer Unwucht und resonanzfreien Start- und Stoppphasen) zu minimieren (vgl. DIN EN 12063, Anhang C).

Vorsorglich sollte vor Baubeginn an Gebäuden im Einflussbereich der eine Beweissicherung durchgeführt werden. Zusätzlich müssen mit Beginn der Spundwandarbeiten am nächstgelegenen Nachbargebäude Schwingungsmessungen nach DIN 4150-3 durchgeführt und ausgewertet werden, um ggf. zu hohe Erschütterungen festzustellen und ggf. abstellen zu können.

Das Einbringen der Spundwand ist gem. DIN EN 12063, Abschnitte 9 u. 10, aufzuzeichnen und zu dokumentieren. Grundsätzlich ist dabei die Lagegenauigkeit, Neigung der Spundwand, Leistungsaufnahme, Amplitude, Frequenz und Eindringung (Geschwindigkeit und Betrag) zu registrieren und

die aufgewendete Rüttel-/Vibrationsarbeit daraus abzuleiten, um einen Vergleich mit den erkundeten Baugrundverhältnissen zu ermöglichen. Für jede Spundbohle ist ein entsprechendes Herstellungsprotokoll anzufertigen. Darüber sind das Antreffen von Hindernissen, die Feststellung von Lageabweichungen und sonstige Abweichungen vom üblichen Arbeitsablauf anzugeben.

5.3.3 Trägerbohlwände

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass für die Herstellung der etwaigen Baugruben im Bereich des Brückenstandorts in geböschter Form bereichsweise voraussichtlich kein ausreichendes Platzangebot besteht und ein senkrechter Verbau z. B. in Form einer **Trägerbohlwand** gemäß DIN 4124, Abschnitt 8.2, erforderlich wird.

Für die Herstellung eines Trägerbohlwandverbaus sind in vorab im Schutze einer Verrohrung zu bohrende Bohrlöcher Stahlträger mit Fußblech einzustellen und unterhalb der planmäßigen Aushubtiefe einzubetonieren. Der oberhalb der Baugrubensohle verbleibende Ringraum des Bohrlochs muss mit Sand bzw. Kiessand verfüllt und anschließend vermörtelt werden.

Dem Aushub folgend wird dann von oben nach unten abschnittsweise und kraftschlüssig zum Baugrund ein Holzverzug eingebaut. Ein Mehraushub über Hinterkante des Verzugs hinaus ist zu vermeiden bzw. durch Hinterfüllen mit Füllsand o. ä. auszugleichen. Die Höhe der Ausschachtungsabschnitte ist den örtlichen Gegebenheiten anzupassen. Innerhalb mindestens steifer bindiger Böden sind Aushubabschnitte von $h = 1,0$ m zulässig. Bei weniger konsistenten Böden und innerhalb von Sanden sind die Aushubabschnitte auf $h \leq 0,5$ m zu begrenzen. Im Bedarfsfall ist die Ausschachtung auf die Höhe der Ausfachungselemente zu reduzieren. Der Verbau sollte nach Fertigstellung der Arbeiten zurück gewonnen werden, so dass eine Spritzbetonausfachung zwar alternativ möglich aber nicht zwingend erforderlich ist.

6. Schlussbemerkungen

Wie bereits erwähnt ist die vorgesehene Unterführung zunächst unter Berücksichtigung der örtlichen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse zu planen. Im Anschluss kann hier ergänzend eine gezielte geotechnische Beratung erfolgen.

Sofern im Zuge der weiteren Planung nennenswerte Abweichungen von den diesem Bericht zu Grunde liegenden Annahmen erfolgen, bitten wir um Benachrichtigung, damit ggf. eine ergänzende gründungstechnische Beurteilung erfolgen kann.

ingeo-consult GbR

gez. Funke
(Dipl.-Ing.)



Weber
(Dipl.-Geol.)

Projektbearbeiter



Altherr
(M.Sc. Geowissenschaftler)

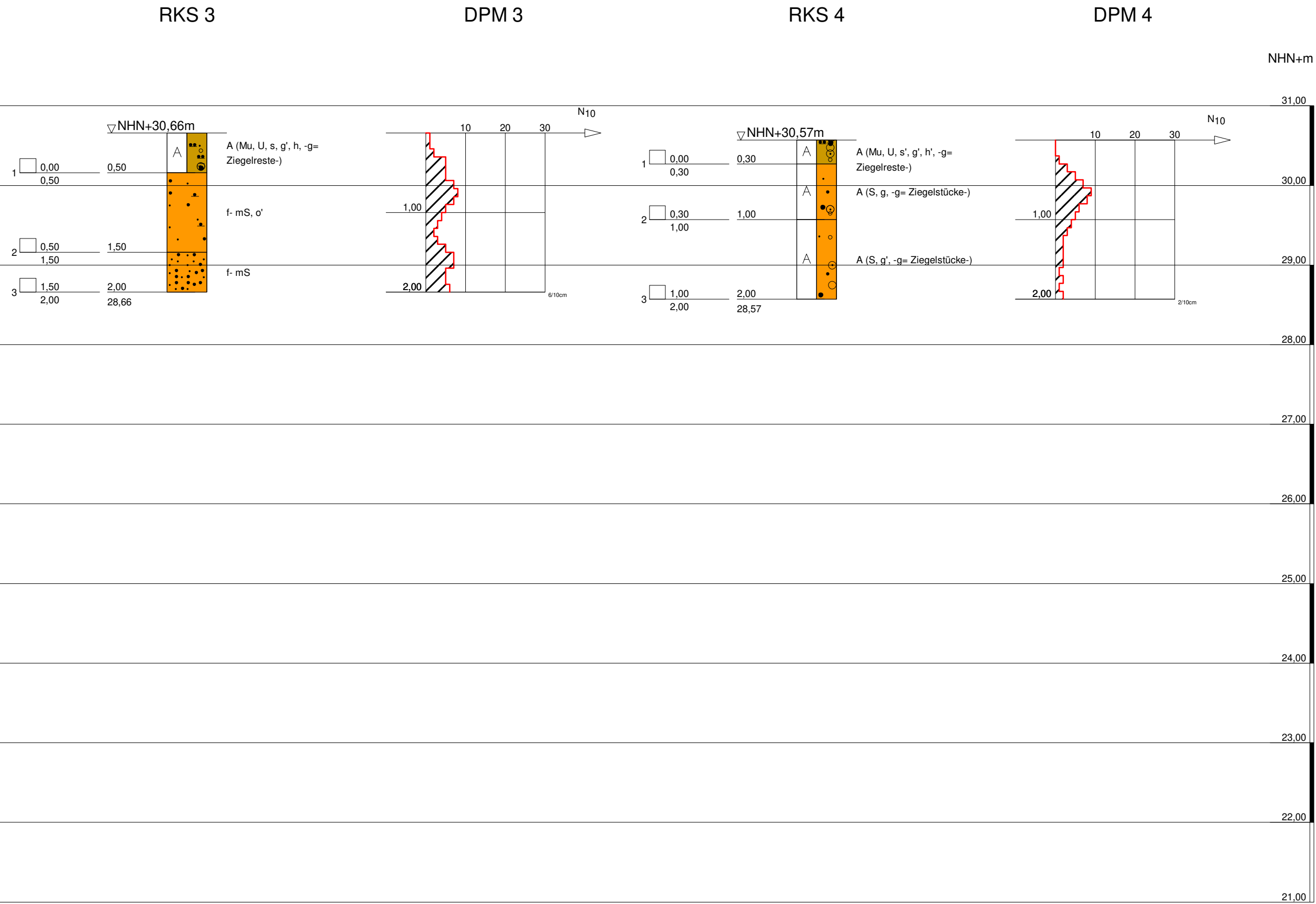
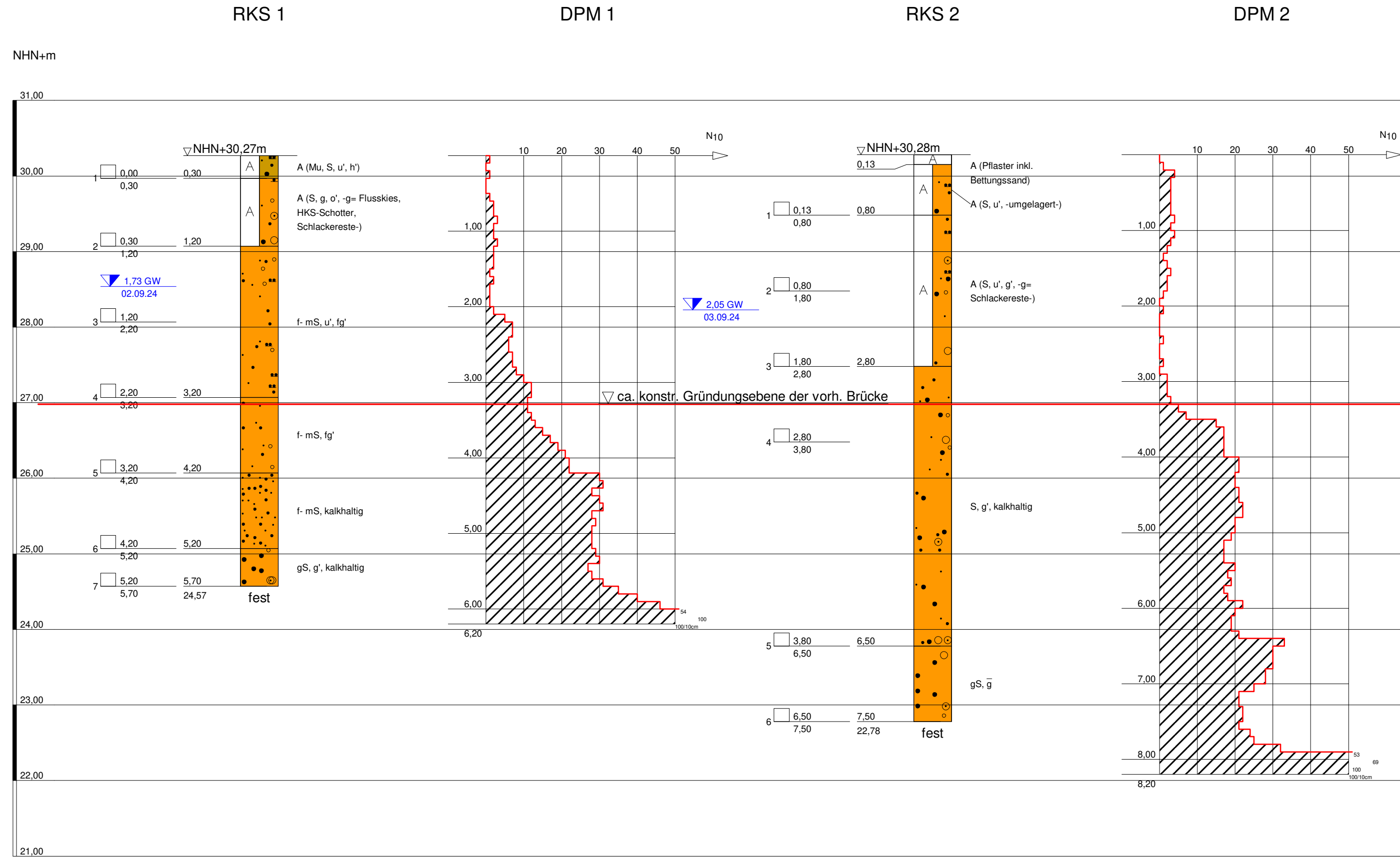
Anlagen: 1/1 bis 1/6

Verteiler:

- Lindschulte Ingenieurgesellschaft mbH, Herrn Thomas Plischek,
Weseler Straße 253, 48151 Münster, 1x

Schnitt A - A

Schnitt B - B



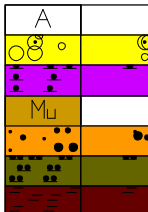
ZEICHENERKLÄRUNG (nach DIN 4023)

PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

- Grundwasser nach Bohrende
Bohrprobe (Glas 0.7l)

BODENARTEN

Auffüllung	A
Kies	G g
Mudde	F o
Mutterboden	Mu
Sand	S s
Schluff	U u
Torf	H h



KORNGRÖßENBEREICH

f	fein
m	mittel
g	grob

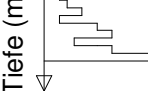
NEBENANTEILE

-	schwach (< 15 %)
"	stark (ca. 30-40 %)
"	sehr schwach; = sehr stark

KALKGEHALT k+ kalkhaltig

RAMMDIAGRAMM

Schlagzahlen für 10 cm Eindrigtiefe



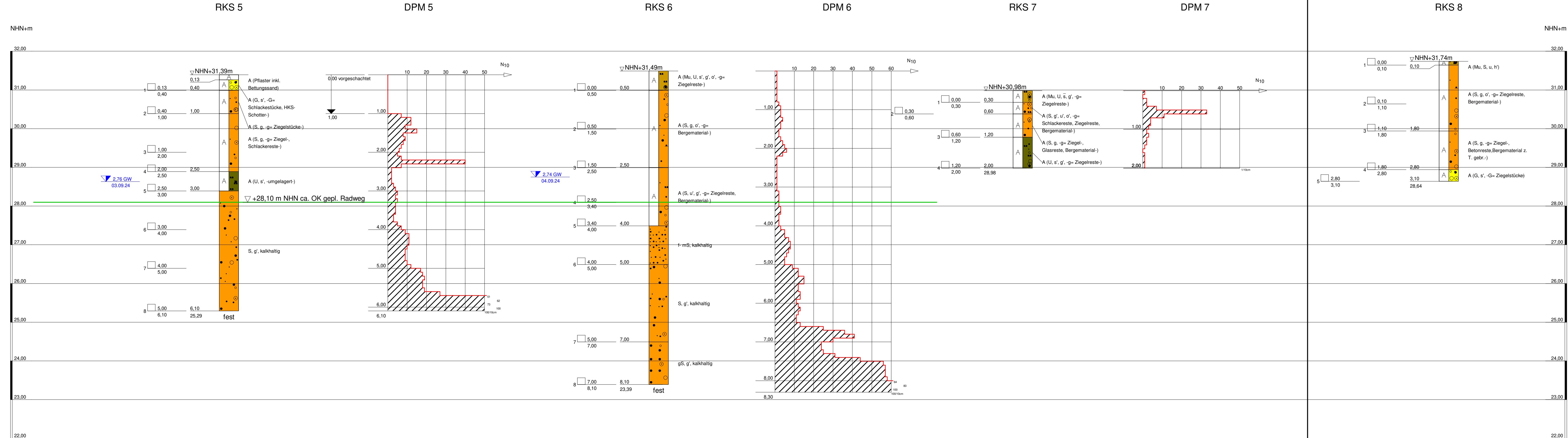
Rammsondierung nach DIN 4094 (alte Norm) bzw. DIN EN ISO 22476-2 (neue Norm)

	leicht	mittelschwer	schwer
	DPL	alt DPM*	neu DPM
Spitzenquerschnitt	10,00 cm²	10,00 cm²	15,00 cm²
Gestängeldurchmesser	2,20 cm	3,20 cm	3,20 cm
Rambbärgewicht	10,00 kg	30,00 kg	50,00 kg

ingeo-consult GbR
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik
Am Truxhof 1 44229 Dortmund
Tel.: 0231/9678985-0 Fax.: 0231/9678985-5

LINDSCHULTE Ingenieurgesellschaft mbH	Proj.-Nr.: 24/174
Bau eines Geh- und Radweges entlang des Rheder Baches zwischen Industriestraße und Südstraße in Rhede	Anlage-Nr.: 1/2.1
Schichtprofile und Rammdiagramme Schnitt A - A und Schnitt B - B	Bearbeiter: Altherr
Längenmaßstab: -----	Höhenmaßstab: 1 : 50
Datum: 16.09.2024	Gezeichnet: Rossel

Schnitt C - C



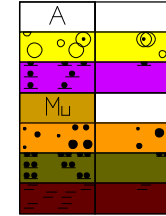
ZEICHENERKLÄRUNG (nach DIN 4023)

PROBENTNAHME UND GRUNDWASSER

- Grundwasser nach Bohrende
Bohrprobe (Glas 0.7l)

BODENARTEN

Auffüllung		A
Kies	kiesig	G g
Mudde	organisch	F o
Mutterboden		Mu
Sand	sandig	S s
Schluff	schluffig	U u
Torf	humos	H h



KORNGRÖßENBEREICH

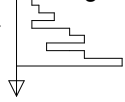
f	fein	schwach (< 15 %)
m	mittel	stark (ca. 30-40 %)
g	grob	sehr schwach; " sehr stark

KALKGEHALT

k+ kalkhaltig

RAMMDIAGRAMM

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe



Rammsondierung nach DIN 4094 (alte Norm) bzw. DIN EN ISO 22476-2 (neue Norm)

	leicht	mittelschwer	alt	neu	schwer
			DPM*	DPM	DPH
Spitzenquerschnitt	10.00 cm²	10.00 cm²	15.00 cm²	15.00 cm²	15.00 cm²
Gestängeldurchmesser	2.20 cm	3.20 cm	3.20 cm	3.20 cm	3.20 cm
Rambbärgewicht	10.00 kg	30.00 kg	30.00 kg	30.00 kg	50.00 kg

ingeo-consult GbR
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik
Am Truxhof 1 44229 Dortmund
Tel.: 0231/9678985-0 Fax.: 0231/9678985-5

LINDSCHULTE Ingenieurgesellschaft mbH	Proj.-Nr.: 24/174			
Bau eines Geh- und Radweges entlang des Rheder Baches zwischen Industriestraße und Südstraße in Rhede	Anlage-Nr.: 1/2.2			
Schichtprofile und Rammdigramme Schnitt C - C				
Längenmaßstab: 1 : 50	Höhenmaßstab: 1 : 50	Datum: 16.09.2024	Gezeichnet: Rossel	Bearbeiter: Altherr

Proben-/Mischplan

Probe	Aufschluss	Tiefe [m]	Bodenart	min. FB ^a
MP O1	RKS 3	0,00 - 0,50	A (Mu, U, s, g', h, - g = Ziegelreste -)	<10 %
	RKS 4	0,00 - 0,30	A (Mu, U, s, g', h', - g = Ziegelreste -)	
	RKS 6	0,00 - 0,50	A (Mu, U, s', g', o', - g = Ziegelreste -)	
	RKS 7	0,00 - 0,30	A (Mu, U, s+, g', - g = Ziegelreste -)	
MP A1	RKS 1	0,30 - 1,20	A (S, g, o', - g = Flussskies, HKS, Schl. -)	85 %
	RKS 2	0,80 - 1,80	A (S, u', g', - g = Schl. -)	
		1,80 - 2,80	A (S, u', g', - g = Schl. -)	
		1,80 - 2,80	A (S, u', g', - g = Schl. -)	
	RKS 5	0,13 - 0,40	A (G, s' - G = Schl., HKS -)	
		1,00 - 2,00	A (S, g, - g = Ziegel-, Schl. -)	
		2,00 - 2,50	A (S, g, - g = Ziegel-, Schl. -)	
	RKS 7	0,30 - 0,60	A (S, g', u', o', - g = Schl., Ziegelreste, BM -)	
MP A2	RKS 4	0,30 - 1,00	A (S, g, - g = Ziegelstücke -)	85 %
	RKS 5	0,40 - 1,00	A (S, g, - g = Ziegelstücke -)	
MP A3	RKS 6	0,50 - 1,50	A (S, g, o', - g = BM -)	85 %
		1,50 - 2,50	A (S, g, o', - g = BM -)	
		2,50 - 3,40	A (S, u', g', - g = Ziegelreste, BM -)	
		3,40 - 4,00	A (S, u', g', - g = Ziegelreste, BM -)	
	RKS 7	0,60 - 1,20	A (S, g, - g = Ziegel-, Glasreste, BM -)	
	RKS 8	0,10 - 1,10	A (S, g, o', - g = Ziegelreste, BM -)	
		1,10 - 1,80	A (S, g, o', - g = Ziegelreste, BM -)	
MP G1	RKS 1	1,20 - 2,20	S, u', g'	<10 %
		2,20 - 3,20	S, u', g'	
	RKS 2	2,80 - 3,80	S, g', kalkhaltig	
	RKS 3	0,50 - 1,50	f-mS, o'	
MP G2	RKS 5	3,00 - 4,00	S, g', kalkhaltig	<10 %
	RKS 6	4,00 - 5,00	f-mS, kalkhaltig	

T/t = Ton/tonig; U/u = Schluff/schluffig; S/s = Sand/sandig; G/g = Kies/kiesig; X/x = Steine/steinig; o = organisch

' = schwach; + = stark, HKS = Hartkalksteinschotter, BM = Bergematerial, Schl. = Schlacke

^aAnteil mineralischer Fremdbestandteile im Sinne von § 2 Nummer 8 BBodSchV: *mineralische Bestandteile im Bodenmaterial [...], die keine natürlichen Bodenausgangssubstrate sind, insbesondere Beton, Ziegel, Keramik, Bauschutt, Straßenaufbruch und Schlacke.*

	Schwarzdecken
	Auffüllungsgemische (> 10 % minFB)
	Boden/bodenähnliche Auffüllungen

Sammelanlage 1/4

Zusammenstellung der Ergebnisse Chemischer Analysen durch die Eurofins Umwelt West GmbH, Wesseling

Feststoff- u. Eluatanalysen gemäß ErsatzbaustoffV, Anhang 1, Tabelle 3,
für Boden/Baggergut
an den Proben

**MP A1, MP A2, MP A3
MP O1, MP G1 und MP G2**

Feststoffanalysen gemäß ErsatzbaustoffV, Anhang 1, Tabelle 4,
für Boden/Baggergut
an den Proben

MP G1 und MP G2

(12 Seiten incl. Deckblatt)

Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) - Vorgebirgsstrasse 20 - 50389 Wesseling

ingeo-consult GbR
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik
Am Truxhof 1
44229 Dortmund
Deutschland

Prüfbericht

Prüfberichtsnummer	AR-777-2024-071722-01
Ihre Auftragsreferenz	24/174 Rhede Geh- u. Radweg am Rheder Bach
Bestellbeschreibung	-
Auftragsnummer	777-2024-071722
Anzahl Proben	6
Probenart	Boden
Probenahmezeitraum	11.09.2024
Probeneingang	13.09.2024
Prüfzeitraum	13.09.2024 - 30.09.2024

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse gelten dann für die Probe wie erhalten. Dieser Prüfbericht darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Alina Bonet
Prüfleitung
+49 2236 897204

Digital signiert, 30.09.2024

Alina Bonet

			Probenreferenz		MP O1	MP A1	MP A2	MP A3
			Probenahmedatum		11.09.2024	11.09.2024	11.09.2024	11.09.2024
Parametername	Akk.	Methode	BG	Einheit	777-2024-00217894	777-2024-00217896	777-2024-00217897	777-2024-00217898

Probenvorbereitung Feststoffe

Königswasseraufschluss (angewandte Methode)	L8	L8:DIN EN 13657:2003-01; F5:DIN EN ISO 54321:2021-4			unter Rückfluss	unter Rückfluss	unter Rückfluss	unter Rückfluss
--	----	---	--	--	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz

Trockenmasse	L8	L8:DIN EN 14346:2007-03A; F5:DIN EN 15934:2012-11A	0,1	Ma.-%	89,1	92,7	92,0	91,9
--------------	----	--	-----	-------	------	------	------	------

Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657: 2003-01

Arsen (As)	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,8	mg/kg TS	3,6	3,3	3,5	7,5
Blei (Pb)	L8	DIN EN 16171:2017-01	2	mg/kg TS	28	17	14	33
Cadmium (Cd)	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,2	mg/kg TS	0,4	< 0,2	< 0,2	0,3
Chrom (Cr)	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	37	25	21	26
Kupfer (Cu)	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	17	10	9	16
Nickel (Ni)	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	6	8	11	12
Quecksilber (Hg)	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,07	mg/kg TS	0,08	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Thallium (Tl)	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,2	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zink (Zn)	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	96	36	48	67

Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz

TOC	L8	DIN EN 15936: 2012-11 (AN,L8: Ver.A; FG,F5: Ver.B)	0,1	Ma.-% TS	3,8	0,8	0,6	1,8
EOX	L8	DIN 38414-17 (S17): 2017-01	1	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Kohlenwasserstoffe C10-C22	L8	DIN EN 14039: 2005-01 // LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40	< 40
Kohlenwasserstoffe C10-C40	L8	DIN EN 14039: 2005-01 // LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40	< 40

PAK aus der Originalsubstanz

Naphthalin	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,05	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,05
Acenaphthylen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,05	nicht nachweisbar	0,06
Acenaphthen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,05	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Fluoren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,05	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,05
Phenanthren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nachweisbar < 0,05	0,39	0,08	0,36

Parametername	Akk.	Methode	Probenreferenz		MP O1	MP A1	MP A2	MP A3
			Probenahmedatum		11.09.2024	11.09.2024	11.09.2024	11.09.2024
			BG	Einheit	777-2024-00217894	777-2024-00217896	777-2024-00217897	777-2024-00217898

PAK aus der Originalsubstanz

Anthracen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nicht nachweisbar	0,10	nachweisbar < 0,05	0,15
Fluoranthren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,15	0,92	0,25	1,1
Pyren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,11	0,68	0,20	0,84
Benzo[a]anthracen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,11	0,49	0,15	0,50
Chrysen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,06	0,40	0,11	0,43
Benzo[b]fluoranthren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,13	0,62	0,18	0,65
Benzo[k]fluoranthren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nachweisbar < 0,05	0,24	0,08	0,25
Benzo[a]pyren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,09	0,42	0,13	0,43
Indeno[1,2,3-cd]pyren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,08	0,31	0,13	0,33
Dibenzo[a,h]anthracen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nicht nachweisbar	0,06	nachweisbar < 0,05	0,05
Benzo[ghi]perylene	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,08	0,31	0,09	0,33
Summe 16 PAK nach EBV: 2021		berechnet		mg/kg TS	0,862	5,03	1,46	5,51
Summe 15 PAK ohne Naphthalin nach EBV: 2021		berechnet		mg/kg TS	0,862	5,01	1,46	5,48

PCB aus der Originalsubstanz

PCB 28	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
PCB 52	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
PCB 101	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,01
PCB 153	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	0,01
PCB 138	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	0,02
PCB 180	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,01
Summe 6 PCB nach EBV: 2021		berechnet		mg/kg TS	(n.b.) ²⁾	(n.b.) ²⁾	(n.b.) ²⁾	0,040

Parametername	Akk.	Methode	Probenreferenz		MP O1	MP A1	MP A2	MP A3
			Probenahmedatum		11.09.2024	11.09.2024	11.09.2024	11.09.2024
			BG	Einheit	777-2024-00217894	777-2024-00217896	777-2024-00217897	777-2024-00217898

PCB aus der Originalsubstanz

PCB 118	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,01
Summe 7 PCB nach EBV: 2021		berechnet		mg/kg TS	(n.b.) ²⁾	(n.b.) ²⁾	(n.b.) ²⁾	0,045

Physikalisch-chem. Kenngrößen aus dem 2:1-Schüttelleuat nach DIN 19529: 2015-12

pH-Wert	L8	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			6,8	8,2	8,1	7,6
Temperatur pH-Wert	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	22,6	23,0	22,7	22,5
Leitfähigkeit bei 25°C	L8	DIN EN 27888 (C8): 1993-11	5	µS/cm	575	226	187	301

Kenngr. d. Eluatherst. f. org., nicht-flücht. Par. nach DIN 19529: 2015-12

Trübung im Eluat nach DIN EN ISO 7027: 2000-04	L8		10	FNU	< 10	< 10	< 10	< 10
--	----	--	----	-----	------	------	------	------

Anionen aus dem 2:1-Schüttelleuat nach DIN 19529: 2015-12

Sulfat (SO4)	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1	mg/l	17	31	11	18
--------------	----	-----------------------------------	---	------	----	----	----	----

Elemente aus dem 2:1-Schüttelleuat nach DIN 19529: 2015-12

Arsen (As)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,003	0,010	0,007	0,005
Blei (Pb)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,003	< 0,001	< 0,001	0,004
Cadmium (Cd)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0003	mg/l	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Chrom (Cr)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,001	0,003	0,003	0,001
Kupfer (Cu)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,014	0,007	0,008	0,009
Nickel (Ni)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,003	0,001	0,002	0,002
Quecksilber (Hg)	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0001	mg/l	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Thallium (Tl)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0002	mg/l	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Zink (Zn)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,05	< 0,01	< 0,01	0,01

PAK aus dem 2:1-Schüttelleuat nach DIN 19529: 2015-12

Naphthalin	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	nachweisbar < 0,05	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Acenaphthylen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,03	µg/l	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,03
Acenaphthen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,02	µg/l	nachweisbar < 0,02	nachweisbar < 0,02	nachweisbar < 0,02	nachweisbar < 0,02
Fluoren	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,01	0,01	0,01	0,01
Phenanthren	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,02	µg/l	0,04	0,05	0,04	0,02

Parametername	Akk.	Methode	Probenreferenz		MP O1	MP A1	MP A2	MP A3
			Probenahmedatum		11.09.2024	11.09.2024	11.09.2024	11.09.2024
			BG	Einheit	777-2024-00217894	777-2024-00217896	777-2024-00217897	777-2024-00217898

PAK aus dem 2:1-Schüttelauat nach DIN 19529: 2015-12

Anthracen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,008	µg/l	nachweis bar < 0,008	0,020	0,016	0,086
Fluoranthen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,02	µg/l	nachweis bar < 0,02	0,12	0,04	0,03
Pyren	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	nachweis bar < 0,01	0,08	0,03	0,03
Benzo[a]anthracen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	nicht nachweis bar	0,03	0,01	0,01
Chrysen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	nicht nachweis bar	0,03	0,02	0,02
Benzo[b]fluoranthen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	nachweis bar < 0,01	0,05	0,02	0,03
Benzo[k]fluoranthen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	nicht nachweis bar	0,02	nachweis bar < 0,01	0,01
Benzo[a]pyren	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,008	µg/l	nicht nachweis bar	0,028	0,012	0,015
Indeno[1,2,3-cd]pyren	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	nicht nachweis bar	0,03	0,01	0,02
Dibenzo[a,h]anthracen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,008	µg/l	nicht nachweis bar	nachweis bar < 0,008	nachweis bar < 0,008	nachweis bar < 0,008
Benzo[ghi]perylen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	nachweis bar < 0,01	0,03	0,02	0,02
Summe 16 PAK nach EBV: 2021		berechnet		µg/l	0,114	0,511	0,261	0,337
Summe 15 PAK ohne Naphthalin nach EBV: 2021		berechnet		µg/l	0,089	0,511	0,261	0,337
1-Methylnaphthalin	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,02	nachweis bar < 0,01	0,01	nachweis bar < 0,01
2-Methylnaphthalin	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,02	0,01	0,01	nachweis bar < 0,01
Summe Methylnaphthaline nach EBV: 2021		berechnet		µg/l	0,042	0,016	0,026	0,010
Summe Naphthalin + Methylnaphthaline nach EBV: 2021		berechnet		µg/l	0,067	0,016	0,026	0,010

			Probenreferenz		MP O1	MP A1	MP A2	MP A3
			Probenahmedatum		11.09.2024	11.09.2024	11.09.2024	11.09.2024
Parametername	Akk.	Methode	BG	Einheit	777-2024-00217894	777-2024-00217896	777-2024-00217897	777-2024-00217898
PCB aus dem 2:1-Schüttelauat nach DIN 19529: 2015-12								
PCB 28	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
PCB 52	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
PCB 101	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
PCB 153	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,001	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
PCB 138	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,001
PCB 180	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,001	nicht nachweisbar
Summe 6 PCB nach EBV: 2021		berechnet		µg/l	(n.b.) ²⁾	0,0005	0,0005	0,0005
PCB 118	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Summe 7 PCB nach EBV: 2021		berechnet		µg/l	(n.b.) ²⁾	0,0005	0,0005	0,0005

Parametername	Akk.	Methode	Probenreferenz		MP G1	MP G2
			Probenahmedatum		11.09.2024	11.09.2024
Parametername	Akk.	Methode	BG	Einheit	777-2024-00217900	777-2024-00217901

Probenvorbereitung Feststoffe

Fraktion < 2 mm	L8	DIN 19747: 2009-07	0,1	%	91,8	95,2
Fraktion > 2 mm	L8	DIN 19747: 2009-07	0,1	%	8,2	4,8

Probenvorbereitung aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)

Königswasseraufschluss (angewandte Methode)	L8	L8:DIN EN 13657:2003-01; F5:DIN EN ISO 54321:2021-4			unter Rückfluss	unter Rückfluss
---	----	---	--	--	-----------------	-----------------

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz

Trockenmasse	L8	L8:DIN EN 14346:2007-03A; F5:DIN EN 15934:2012-11A	0,1	Ma.-%	87,0	84,9
--------------	----	--	-----	-------	------	------

Elemente aus Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657: 2003-01 (Fraktion <2mm)

Arsen (As)	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,8	mg/kg TS	2,4	1,7
Blei (Pb)	L8	DIN EN 16171:2017-01	2	mg/kg TS	8	17
Cadmium (Cd)	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,2	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2
Chrom (Cr)	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	11	8
Kupfer (Cu)	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	6	5
Nickel (Ni)	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	9	7
Quecksilber (Hg)	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,07	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07
Thallium (Tl)	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,2	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2
Zink (Zn)	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	27	20

Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)

TOC	L8	DIN EN 15936: 2012-11	0,1	Ma.-% TS	0,3	0,2
EOX	L8	DIN 38414-17 (S17): 2017-01	1	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0
Kohlenwasserstoffe C10-C22	L8	DIN EN 14039: 2005-01	40	mg/kg TS	< 40	< 40
Kohlenwasserstoffe C10-C40	L8	DIN EN 14039: 2005-01	40	mg/kg TS	< 40	< 40

PAK aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)

Naphthalin	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Acenaphthylen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Acenaphthen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Fluoren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar

Parametername	Akk.	Methode	Probenreferenz		MP G1	MP G2
			Probenahmedatum		11.09.2024	11.09.2024
			BG	Einheit	777-2024-00217900	777-2024-00217901

PAK aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)

Phenanthren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,06	0,08
Anthracen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,05
Fluoranthren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,17	0,17
Pyren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,17	0,13
Benzo[a]anthracen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,12	0,08
Chrysen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,08	0,06
Benzo[b]fluoranthren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,13	0,09
Benzo[k]fluoranthren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nachweisbar < 0,05	nachweisbar < 0,05
Benzo[a]pyren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,08	0,06
Indeno[1,2,3-cd]pyren	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,06	0,06
Dibenzo[a,h]anthracen	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Benzo[ghi]perylene	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,06	nachweisbar < 0,05
Summe 15 PAK ohne Naphthalin nach EBV: 2021		berechnet		mg/kg TS	0,964	0,808
Summe 16 PAK nach EBV: 2021		berechnet		mg/kg TS	0,964	0,808

PCB aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)

PCB 28	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
PCB 52	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
PCB 101	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nachweisbar < 0,01
PCB 153	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
PCB 138	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
PCB 180	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar

Parametername	Akk.	Methode	Probenreferenz		MP G1	MP G2
			Probenahmedatum		11.09.2024	11.09.2024
Parametername	Akk.	Methode	BG	Einheit	777-2024-00217900	777-2024-00217901

PCB aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)

Summe 6 PCB nach EBV: 2021		berechnet		mg/kg TS	(n.b.) ²⁾	0,005
PCB 118	L8	DIN EN 17322: 2021-03	0,01	mg/kg TS	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Summe 7 PCB nach EBV: 2021		berechnet		mg/kg TS	(n.b.) ²⁾	0,005

Organozinnverbindungen aus der Originalsubstanz

Tributylzinn (TBT) ¹⁾		Methode des Unterauftragnehmers (Unterauftrag)	5	µg/kg TS	< 5,0	< 5,0
----------------------------------	--	--	---	----------	-------	-------

Physikalisch-chem. Kenngrößen aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12

pH-Wert	L8	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			7,7	7,9
Temperatur pH-Wert	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	24,3	22,5
Leitfähigkeit bei 25°C	L8	DIN EN 27888 (C8): 1993-11	5	µS/cm	399	252

Kenngr. d. Eluatherst. f. org., nicht-flücht. Par. nach DIN 19529: 2015-12

Trübung im Eluat nach DIN EN ISO 7027: 2000-04	L8		10	FNU	< 10	< 10
--	----	--	----	-----	------	------

Anionen aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12

Sulfat (SO ₄)	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1	mg/l	57	47
---------------------------	----	-----------------------------------	---	------	----	----

Elemente aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12

Arsen (As)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,003	0,002
Blei (Pb)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001
Cadmium (Cd)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0003	mg/l	< 0,0003	< 0,0003
Chrom (Cr)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001
Kupfer (Cu)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,007	0,004
Nickel (Ni)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,003	0,001
Quecksilber (Hg)	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0001	mg/l	< 0,0001	< 0,0001
Thallium (Tl)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0002	mg/l	< 0,0002	< 0,0002
Zink (Zn)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01	< 0,01

PAK aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12

Naphthalin	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,07	0,18
Acenaphthylen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,03	µg/l	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Acenaphthen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,02	µg/l	0,05	0,03
Fluoren	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,02	0,03

Parametername	Akkr.	Methode	Probenreferenz		MP G1	MP G2
			Probenahmedatum		11.09.2024	11.09.2024
			BG	Einheit	777-2024-00217900	777-2024-00217901

PAK aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12

Phenanthren	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,02	µg/l	0,03	0,05
Anthracen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,008	µg/l	0,009	0,054
Fluoranthren	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,02	µg/l	0,04	0,10
Pyren	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,06	0,07
Benzo[a]anthracen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	nachweis bar < 0,01	0,02
Chrysen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	nachweis bar < 0,01	0,02
Benzo[b]fluoranthren	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	nachweis bar < 0,01	0,02
Benzo[k]fluoranthren	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	nicht nachweis bar	nachweis bar < 0,01
Benzo[a]pyren	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,008	µg/l	nachweis bar < 0,008	0,016
Indeno[1,2,3-cd]pyren	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	nachweis bar < 0,01	0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,008	µg/l	nicht nachweis bar	nicht nachweis bar
Benzo[ghi]perylene	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	nachweis bar < 0,01	0,02
Summe 16 PAK nach EBV: 2021		berechnet		µg/l	0,309	0,619
Summe 15 PAK ohne Naphthalin nach EBV: 2021		berechnet		µg/l	0,237	0,441
1-Methylnaphthalin	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,07	0,03
2-Methylnaphthalin	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,07	0,04
Summe Methylnaphthaline nach EBV: 2021		berechnet		µg/l	0,146	0,064
Summe Naphthalin + Methylnaphthaline nach EBV: 2021		berechnet		µg/l	0,217	0,242

PCB aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12

PCB 28	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nicht nachweis bar	nicht nachweis bar
--------	----	-----------------------	-------	------	--------------------------	--------------------------

Parametername	Akk.	Methode	Probenreferenz		MP G1	MP G2
			Probenahmedatum		11.09.2024	11.09.2024
			BG	Einheit	777-2024-00217900	777-2024-00217901

PCB aus dem 2:1-Schüttelleuat nach DIN 19529: 2015-12

PCB 52	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
PCB 101	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nachweisbar < 0,001	nicht nachweisbar
PCB 153	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
PCB 138	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
PCB 180	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Summe 6 PCB nach EBV: 2021		berechnet		µg/l	0,0005	(n.b.) ²⁾
PCB 118	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
Summe 7 PCB nach EBV: 2021		berechnet		µg/l	0,0005	(n.b.) ²⁾

Weitere Erläuterungen

Nr.	Probennummer	Probenart	Probenreferenz	Probenbeschreibung	Eingangsdatum
1	777-2024-00217894	Boden	MP O1		13.09.2024
2	777-2024-00217896	Boden	MP A1		13.09.2024
3	777-2024-00217897	Boden	MP A2		13.09.2024
4	777-2024-00217898	Boden	MP A3		13.09.2024
5	777-2024-00217900	Boden	MP G1		13.09.2024
6	777-2024-00217901	Boden	MP G2		13.09.2024

Akkreditierung

1) Die Analyse erfolgte in Fremdvergabe bei Jena Bios GmbH, Jena, Deutschland

Akk.-Code	Erläuterung
L8	DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 (Scope on https://www.dakks.de/as/ast/d/D-PL-14078-01-00.pdf)

Laborkürzelerklärung

BG - Bestimmungsgrenze

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Alle nicht besonders gekennzeichneten Analysenparameter wurden in der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) durchgeführt. Die mit L8 gekennzeichneten Parameter sind nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 (DAkkS, D-PL-14078-01-00) akkreditiert.

Angaben zur durchgeführte(n) Probenahme(n), sofern von Eurofins durchgeführt, siehe Probenahmeprotokoll(e).

Kommentare und Bewertungen

zu Ergebnissen:

2) nicht berechenbar

		Materialwerte für Bodenmaterial gem. Ersatzbaustoffverordnung, Anlage 1, Tabellen 3 u. 4							MP A1	MP A2	MP A3	MP G1	MP G2
		≤ 10 Vol.-% min. FB		≤ 50 Vol.-% min. FB					RKS 1,2, RKS 5 u. 7 0,13/0,80 - 0,60/2,80 m	RKS 4 u. RKS 5 0,30/0,40 - 1,00 m	RKS 6 bis RKS 8 0,10/0,60 - 1,20/4,00 m	RKS 1 bis RKS 3 0,50/2,80 - 1,50/3,20 m	RKS 5 u. RKS 6 3,00/4,00 - 4,00/5,00 m
		BM-0 Sand	BM-0 ^{*(1)}	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	> BM-F3					
Parameter	Einheit												
Feststoffgehalte													
Mineralische Fremdbestandteile	Vol.-%	10		50					>10	>10	>10	0,00	0,00
Trockenrückstand	M%								92,70	92,00	91,90	91,80	95,20
Arsen (As)	mg/kg TS	10	20	40	40	40	150	>150	3,3	3,5	7,5	2,4	1,7
Blei (Pb)	mg/kg TS	40	140	140	140	140	700	>700	17	14	33	8	17
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	0,4	1	2	2	2	10	>10	-0,2	-0,2	0,3	-0,2	-0,2
Chrom (Cr)	mg/kg TS	30	120	120	120	120	600	>600	25	21	26	11	8
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	20	80	80	80	80	320	>320	10	9	16	6	5
Nickel (Ni)	mg/kg TS	15	100	100	100	100	350	>350	8	11	12	9	7
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	0,2	0,6	0,6	0,6	0,6	5	>5	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07
Thallium (Tl)	mg/kg TS	0,5	1	2	2	2	7	>7	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Zink (Zn)	mg/kg TS	60	300	300	300	300	1200	>1200	36	48	67	27	20
Org. geb. Kohlenstoff (TOC) ⁽⁴⁾	M%	1	1	5	5	5	5	>5	0,80	0,60	1,80	0,30	0,20
Kohlenwasserstoffe (C ₁₀ - C ₂₂)	mg/kg TS	—	300	300	300	300	1000	>1000	-40	-40	-40	-40	-40
Kohlenwasserstoffe (C ₁₀ - C ₄₀)	mg/kg TS	—	600	600	600	600	2000	>2000	-40	-40	-40	-40	-40
Benzo(a)pyren (B(a)P)	mg/kg TS	0,3	—	—	—	—	—	—	0,420	0,130	0,430	0,080	0,060
PAK, Summe 16 nach EPA	mg/kg TS	3	6	6	6	9	30	>30	5,030	1,460	5,510	0,964	0,808
PCB ₆ und PCB-118 (= PCB ₇)	mg/kg TS	0,05	0,10	0,15	0,15	0,15	0,50	>0,50	(n.b.)	(n.b.)	0,045	(n.b.)	0,005
Extrah. org. Halogenverb.(EOX) ⁽⁵⁾	mg/kg TS	1	1	3	3	3	10	>10	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
Tributylzinn-Kation (TBT)	µg/kg TS	—	—	20	100	100	1000	>1000	(n.b.)	(n.b.)	(n.b.)	-5	-5
Eluatkonzentration													
pH-Wert ⁽²⁾	--	—	—	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	5,5-12	<5,5; >12	8,2	8,1	7,6	7,7	7,9
Elektrische Leitfähigkeit ⁽²⁾	µS/cm	—	350	350	500	500	2000	>2000	226	187	301	399	252
Sulfat (SO ₄ ²⁻) ⁽³⁾	mg/l	250	250	250	450	450	1000	>1000	31,0	11,0	18,0	57,0	47,0
Arsen (As) ⁽⁶⁾	µg/l	—	8 (13)	12	20	85	100	>100	10,0	7,0	5,0	3,0	2,0
Blei (Pb)	µg/l	—	23 (43)	35	90	250	470	>470	-1,0	-1,0	4,0	-1,0	-1,0
Cadmium (Cd)	µg/l	—	2 (4)	3	3	10	15	>15	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
Chrom (Cr)	µg/l	—	10 (19)	15	150	290	530	>530	3,0	3,0	1,0	-1,0	-1,0
Kupfer (Cu)	µg/l	—	20 (41)	30	110	170	320	>320	7,0	8,0	9,0	7,0	4,0
Nickel (Ni)	µg/l	—	20 (31)	30	30	150	280	>280	1,0	2,0	2,0	3,0	1,0
Quecksilber (Hg)	µg/l	—	0,1 0,1	—	—	—	—	—	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Thallium (Tl)	µg/l	—	0,2 (0,3)	—	—	—	—	—	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Zink (Zn)	µg/l	—	100 210	150	160	840	1600	>1600	-10,0	-10,0	10,0	-10,0	-10,0
PAK ₁₅ (PAK ₁₆ ohne Naphthalin)	µg/l	—	0,2 0,2	0,3	1,5	3,8	20	>20	0,511	0,261	0,337	0,237	0,441
Naphthalin u. Methylnaphthaline	µg/l	—	2 2	—	—	—	—	—	0,016	0,026	0,010	0,217	0,242
PCB ₆ und PCB-118 (= PCB ₇)	µg/l	—	0 0	0,02	0,02	0,02	0,04	>0,04	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	(n.b.)

min. FB = mineralische Fremdbestandteile: mineralische Bestandteile im Bodenmaterial oder im Baggergut, die keine natürlichen Bodenausgangssubstrate sind, insbesondere Beton, Ziegel, Keramik, Bauschutt, Straßenaufbruch und Schlacke

(n.b.) = nicht bestimmbar

Ausnahme des Eluatwertes für Sulfat nur

(1) Die Eluatwerte in Spalte 6 sind mit Ausnahme des Eluatwertes für Sulfat nur maßgeblich, wenn für den betreffenden Stoff der jeweilige Feststoffwert nach Spalte 3 überschritten wird. Der Eluatwert für PAK₁₅ und Naphthalin und Methylnaphthaline, gesamt, ist maßgeblich, wenn der Feststoffwert für PAK₁₆ nach Spalte 3 überschritten wird. Die in Klammern genannten Werte gelten jeweils bei einem TOC-Gehalt von ≥ 0,5 %.

(2) Der pH-Wert sowie die elektrische Leitfähigkeit sind als stoffspezifische Orientierungswerte anzusehen. Bei Abweichungen ist die Ursache zu prüfen.

(3) Bei Überschreitung des Materials werts für Sulfat ist die Ursache zu prüfen. Handelt es sich um naturbedingt erhöhte Sulfatkonzentrationen, ist eine Verwertung innerhalb der betroffenen Gebiete möglich. Außerhalb dieser Gebiete ist über die Verwertungseignung im Einzelfall zu entscheiden.

(4) Der Gesamtgehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff ist als bodenmaterialspezifischer Orientierungswert anzusehen. Der TOC-Gehalt muss nur bei Hinweisen auf erhöhte Gehalte nach den Untersuchungsverfahren in Anlage 5 bestimmt werden. § 6 Absatz 11 Satz 2 und 3 BBodSchV ist entsprechend anzuwenden. Beim Einbau sind Volumenbeständigkeit und Setzungsprozesse zu berücksichtigen.

(5) Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen.

(6) Bei Quecksilber und Thallium ist für die Klassifizierung in die Materialklassen BM-F0*/BG-F0*, BM-F1/BG-F1, BM-F2/BG-F2, BM-F3/BG-F3 der angegebene Gesamtgehalt maßgeblich. Der Eluatwert der Materialklasse BM-0*/BG-0* ist einzuhalten.

		Materialwerte für Bodenmaterial gem. Ersatzbaustoffverordnung, Anlage 1, Tabellen 3 u. 4							MP O1 RKS 3, 4 u. RKS 6,7 0,00 - 0,30/0,50 m
		≤ 10 Vol.-% min. FB		≤ 50 Vol.-% min. FB					
		BM-0 Schluff	BM-0 ^{*(1)}	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	> BM-F3	
Parameter	Einheit								
Feststoffgehalte									
Mineralische Fremdbestandteile	Vol.-%	10		50					-10,00
Trockenrückstand	M%								89,10
Arsen (As)	mg/kg TS	20	20	40	40	40	150	>150	3,6
Blei (Pb)	mg/kg TS	70	140	140	140	140	700	>700	28
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	1	1	2	2	2	10	>10	0,4
Chrom (Cr)	mg/kg TS	60	120	120	120	120	600	>600	37
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	40	80	80	80	80	320	>320	17
Nickel (Ni)	mg/kg TS	50	100	100	100	100	350	>350	6
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	>5	0,08
Thallium (Tl)	mg/kg TS	1	1	2	2	2	7	>7	-0,2
Zink (Zn)	mg/kg TS	150	300	300	300	300	1200	>1200	96
Org. geb. Kohlenstoff (TOC) ⁽⁴⁾	M%	1	1	5	5	5	5	>5	3,80
Kohlenwasserstoffe (C ₁₀ - C ₂₂)	mg/kg TS	—	300	300	300	300	1000	>1000	-40
Kohlenwasserstoffe (C ₁₀ - C ₄₀)	mg/kg TS	—	600	600	600	600	2000	>2000	-40
Benzo(a)pyren (B(a)P)	mg/kg TS	0,3	—	—	—	—	—	—	0,090
PAK, Summe 16 nach EPA	mg/kg TS	3	6	6	6	9	30	>30	0,862
PCB ₆ und PCB-118 (= PCB ₇)	mg/kg TS	0,05	0,10	0,15	0,15	0,15	0,50	>0,50	(n.b.)
Extrah. org. Halogenverb.(EOX) ⁽⁵⁾	mg/kg TS	1	1	3	3	3	10	>10	-1,00
Tributylzinn-Kation (TBT)	µg/kg TS	—	—	20	100	100	1000	>1000	(n.b.)
Eluatkonzentration									
pH-Wert ⁽²⁾	--	—	—	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	5,5-12	<5,5; >12	6,8
Elektrische Leitfähigkeit ⁽²⁾	µS/cm	—	350	350	500	500	2000	>2000	575
Sulfat (SO ₄ ²⁻) ⁽³⁾	mg/l	250	250	250	450	450	1000	>1000	17,0
Arsen (As) ⁽⁶⁾	µg/l	—	8 (13)	12	20	85	100	>100	3,0
Blei (Pb)	µg/l	—	23 (43)	35	90	250	470	>470	3,0
Cadmium (Cd)	µg/l	—	2 (4)	3	3	10	15	>15	-0,3
Chrom (Cr)	µg/l	—	10 (19)	15	150	290	530	>530	1,0
Kupfer (Cu)	µg/l	—	20 (41)	30	110	170	320	>320	14,0
Nickel (Ni)	µg/l	—	20 (31)	30	30	150	280	>280	3,0
Quecksilber (Hg)	µg/l	—	0,1 0,1	—	—	—	—	—	-0,1
Thallium (Tl)	µg/l	—	0,2 (0,3)	—	—	—	—	—	-0,2
Zink (Zn)	µg/l	—	100 210	150	160	840	1600	>1600	50,0
PAK ₁₅ (PAK ₁₆ ohne Naphthalin)	µg/l	—	0,2 0,2	0,3	1,5	3,8	20	>20	0,089
Naphthalin u. Methylnaphthaline	µg/l	—	2 2	—	—	—	—	—	0,067
PCB ₆ und PCB-118 (= PCB ₇)	µg/l	—	0 0	0,02	0,02	0,02	0,04	>0,04	(n.b.)

min. FB = mineralische Fremdbestandteile: mineralische Bestandteile im Bodenmaterial oder im Baggergut, die keine natürlichen Bodenausgangssubstrate sind, insbesondere Beton, Ziegel, Keramik, Bauschutt, Straßenaufbruch und Schlacke

(n.b.) = nicht bestimmbar

Ausnahme des Eluatwertes für Sulfat nur

(1) Die Eluatwerte in Spalte 6 sind mit Ausnahme des Eluatwertes für Sulfat nur maßgeblich, wenn für den betreffenden Stoff der jeweilige Feststoffwert nach Spalte 3 überschritten wird. Der Eluatwert für PAK₁₅ und Naphthalin und Methylnaphthaline, gesamt, ist maßgeblich, wenn der Feststoffwert für PAK₁₆ nach Spalte 3 überschritten wird. Die in Klammern genannten Werte gelten jeweils bei einem TOC-Gehalt von ≥ 0,5 %.

(2) Der pH-Wert sowie die elektrische Leitfähigkeit sind als stoffspezifische Orientierungswerte anzusehen. Bei Abweichungen ist die Ursache zu prüfen.

(3) Bei Überschreitung des Materials werts für Sulfat ist die Ursache zu prüfen. Handelt es sich um naturbedingt erhöhte Sulfatkonzentrationen, ist eine Verwertung innerhalb der betroffenen Gebiete möglich. Außerhalb dieser Gebiete ist über die Verwertungseignung im Einzelfall zu entscheiden.

(4) Der Gesamtgehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff ist als bodenmaterialspezifischer Orientierungswert anzusehen. Der TOC-Gehalt muss nur bei Hinweisen auf erhöhte Gehalte nach den Untersuchungsverfahren in Anlage 5 bestimmt werden. § 6 Absatz 11 Satz 2 und 3 BBodSchV ist entsprechend anzuwenden. Beim Einbau sind Volumenbeständigkeit und Setzungsprozesse zu berücksichtigen.

(5) Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen.

(6) Bei Quecksilber und Thallium ist für die Klassifizierung in die Materialklassen BM-F0*/BG-F0*, BM-F1/BG-F1, BM-F2/BG-F2, BM-F3/BG-F3 der angegebene Gesamtgehalt maßgeblich. Der Eluatwert der Materialklasse BM-0*/BG-0* ist einzuhalten.

Tabelle 1/3-1: Homogenbereiche gem. DIN 18300 (Lösen, Laden, Fördern) für Boden

Homogenbereich		LÖS - A		
Schichteinheit		1	2	3
Ortsübliche Bezeichnung		bindige Böden u. Auffüllun- gen	nicht bindige Böden u. Auf- füllungen (locker - mitteldicht)	nicht bindige Böden (dicht - sehr dicht)
Massenanteile	Ton ¹ %	< 5	< 5	< 5
	Schluff ¹ %	55 - 85	< 5	< 5
	Sand ¹ %	5 - 85	5 - 100	5 - 100
	Kies ¹ %	< 5 - 15	< 5 - 85	< 5 - 85
	Steine ² %	< 10	< 10	< 10
	Blöcke ² %	< 5	< 10	< 10
	große Blöcke ² %	< 5	< 5	< 5
mineralogische Zusammensetzung ³ von Steinen und Blöcken		n. e.	n. e.	n. e.
Dichte ρ^4 t/m ³		1,60 - 2,25	1,60 - 2,30	1,60 - 2,30
Kohäsion ⁵ kN/m ²		0 - 10	k. A.	k. A.
undränirte Scherfestigkeit ⁶ kN/m ²		5 - 300	k. A.	k. A.
Sensitivität ⁶ —		n. e.	n. e.	n. e.
Wassergehalt (w) ⁷ %		4 - 28	1 - 22	1 - 22
Plastizitätszahl (I _p) ⁸ %		4 - 25	k. A.	k. A.
Konsistenzzahl (I _c) ⁸ —		0 - 0,75	k. A.	k. A.
Durchlässigkeit (k _f) ⁹ m/s		n. e.	n. e.	n. e.
Lagerungsdichte (D) ¹⁰ —		k. A.	0,10 - 0,65	0,65 - >0,85
Organischer Anteil (V _{gl}) ¹¹ %		0 - 6	0 - 6	0 - 2
Benennung/Beschreibung organischer Böden ²		n. e.	n. e.	n. e.
Abrasivität (LAK) ¹² g/t		50 - 500	100 - 750	100 - 750
Bodengruppe gem. DIN 18196		[SU]/[UL], SU	[SW], [GW], [GE], SE, SI	SE, SI

Alle Angaben von Eigenschaften bzw. Kennwerten beziehen sich auf den Zustand vor dem Lösen.
In den schraffierten Feldern sind Angaben nicht erforderlich.

¹nach DIN 18123; ²nach DIN EN ISO 14688-1; ³nach DIN EN ISO 14689-1; ⁴nach DIN 18125-2; ⁵nach DIN 18137;

⁶DIN EN ISO 4094-4; ⁷nach DIN EN ISO 17892-1; ⁸nach DIN 18122-1; ⁹nach DIN 18130; ¹⁰nach DIN EN ISO 14688-2;

¹¹nach DIN 18128; ¹²nach NF P18-579; k. A. = keine Angabe

Tabelle 1/3-2: Homogenbereiche gem. DIN 18300 (Einbauen und Verdichten) für Boden

Homogenbereich		EIN - A	EIN - B	
Schichteinheit		1	2	3
Ortsübliche Bezeichnung		nichtbindige Böden u. Auf-füllungen	nicht bindige Böden u. Auf-füllungen (locker - mitteldicht)	nicht bindige Böden (dicht - sehr dicht)
Massenanteile	Ton ¹ %	< 5	< 5	< 5
	Schluff ¹ %	55 - 85	< 5	< 5
	Sand ¹ %	5 - 85	5 - 100	5 - 100
	Kies ¹ %	< 5 - 15	< 5 - 85	< 5 - 85
	Steine ² %	< 10	< 10	< 10
	Blöcke ² %	< 5	< 10	< 10
	große Blöcke ² %	< 5	< 5	< 5
mineralogische Zusammensetzung ³ von Steinen und Blöcken		n. e.	n. e.	
Dichte ρ^4 t/m ³		1,60 - 2,25	1,60 - 2,30	1,60 - 2,30
Kohäsion ⁵ kN/m ²		0 - 10	k. A.	k. A.
undräßierte Scherfestigkeit ⁶ kN/m ²		5 - 300	k. A.	k. A.
Sensitivität ⁶ —		n. e.	n. e.	n. e.
Wassergehalt (w) ⁷ %		4 - 28	1 - 22	1 - 22
Plastizitätszahl (I _p) ⁸ %		4 - 25	k. A.	k. A.
Konsistenzzahl (I _c) ⁸ —		0 - 0,75	k. A.	k. A.
Durchlässigkeit (k _f) ⁹ m/s		n. e.	n. e.	n. e.
Lagerungsdichte (D) ¹⁰ —		k. A.	0,10 - 0,65	0,65 - >0,85
Organischer Anteil (V _{gl}) ¹¹ %		0 - 2	0 - 2	0 - 2
Benennung/Beschreibung organischer Böden ²		n. e.	n. e.	n. e.
Abrasivität (LAK) ¹² g/t		50 - 500	100 - 750	100 - 750
Bodengruppe gem. DIN 18196		[SU]/[UL], SU	[SW], [GW], [GE], SE, SI	SE, SI

Alle Angaben von Eigenschaften bzw. Kennwerten beziehen sich auf den Zustand vor dem Lösen.
In den schraffierten Feldern sind Angaben nicht erforderlich.

¹nach DIN 18123; ²nach DIN EN ISO 14688-1; ³nach DIN EN ISO 14689-1; ⁴nach DIN 18125-2; ⁵nach DIN 18137;

⁶DIN EN ISO 4094-4; ⁷nach DIN EN ISO 17892-1; ⁸nach DIN 18122-1; ⁹nach DIN 18130; ¹⁰nach DIN EN ISO 14688-2;

¹¹nach DIN 18128; ¹²nach NF P18-579; k. A. = keine Angabe

Tabelle 1/3-3: Homogenbereiche gem. DIN 18301 (Bohrarbeiten) für Boden

Homogenbereich		BOHR - A	BOHR - B	
Schichteinheit		1	2	3
Ortsübliche Bezeichnung		nichtbindige Böden u. Auf-füllungen	nicht bindige Böden u. Auf-füllungen (locker - mitteldicht)	nicht bindige Böden (dicht - sehr dicht)
Massenanteile	Ton ¹ %	< 5	< 5	< 5
	Schluff ¹ %	55 - 85	< 5	< 5
	Sand ¹ %	5 - 85	5 - 100	5 - 100
	Kies ¹ %	< 5 - 15	< 5 - 85	< 5 - 85
	Steine ² %	< 10	< 10	< 10
	Blöcke ² %	< 5	< 10	< 10
	große Blöcke ² %	< 5	< 5	< 5
mineralogische Zusammensetzung ³ von Steinen und Blöcken		n. e.	n. e.	n. e.
Dichte ρ^4 t/m ³		1,60 - 2,25	1,60 - 2,30	1,60 - 2,30
Kohäsion ⁵ kN/m ²		0 - 10	k. A.	k. A.
undrÄnirte Scherfestigkeit ⁶ kN/m ²		5 - 300	k. A.	k. A.
SensitivitÄt ⁶ —		n. e.	n. e.	n. e.
Wassergehalt (w) ⁷ %		4 - 28	1 - 22	1 - 22
PlastizitÄtzzahl (I _p) ⁸ %		4 - 25	k. A.	k. A.
Konsistenzzahl (I _c) ⁸ —		0 - 0,75	k. A.	k. A.
DurchlÄssigkeit (k _f) ⁹ m/s		n. e.	n. e.	n. e.
Lagerungsdichte (D) ¹⁰ —		k. A.	0,10 - 0,65	0,65 - >0,85
Organischer Anteil (V _{gl}) ¹¹ %		0 - 2	0 - 2	0 - 2
Benennung/Beschreibung organischer BÖden ²		n. e.	n. e.	n. e.
AbrasivitÄt (LAK) ¹² g/t		50 - 500	100 - 750	100 - 750
Bodengruppe gem. DIN 18196		[SU]/[UL], SU	[SW], [GW], [GE], SE, SI	SE, SI

Alle Angaben von Eigenschaften bzw. Kennwerten beziehen sich auf den Zustand vor dem LÖsen.
In den schraffierten Feldern sind Angaben nicht erforderlich (n. e.).

¹nach DIN 18123; ²nach DIN EN ISO 14688-1; ³nach DIN EN ISO 14689-1; ⁴nach DIN 18125-2; ⁵nach DIN 18137;

⁶DIN EN ISO 4094-4; ⁷nach DIN EN ISO 17892-1; ⁸nach DIN 18122-1; ⁹nach DIN 18130; ¹⁰nach DIN EN ISO 14688-2;

¹¹nach DIN 18128; ¹²nach NF P18-579; k. A. = keine Angabe

Tabelle 1/3-4: Homogenbereiche gem. DIN 18304 (Ramm-, Rüttel- u. Pressarbeiten) für Boden

Homogenbereich		RÜTT - A	RÜTT - B	
Schichteinheit		1	2	3
Ortsübliche Bezeichnung		nichtbindige Böden u. Auf-füllungen	nicht bindige Böden u. Auf-füllungen (locker - mitteldicht)	nicht bindige Böden (dicht - sehr dicht)
Massenanteile	Ton ¹ %	< 5	< 5	< 5
	Schluff ¹ %	55 - 85	< 5	< 5
	Sand ¹ %	5 - 85	5 - 100	5 - 100
	Kies ¹ %	< 5 - 15	< 5 - 85	< 5 - 85
	Steine ² %	< 10	< 10	< 10
	Blöcke ² %	< 5	< 10	< 10
	große Blöcke ² %	< 5	< 5	< 5
mineralogische Zusammensetzung ³ von Steinen und Blöcken		n. e.	n. e.	n. e.
Dichte ρ^4 t/m ³		1,60 - 2,25	1,60 - 2,30	1,60 - 2,30
Kohäsion ⁵ kN/m ²		0 - 10	k. A.	k. A.
undräßierte Scherfestigkeit ⁶ kN/m ²		5 - 300	k. A.	k. A.
Sensitivität ⁶ —		n. e.	n. e.	n. e.
Wassergehalt (w) ⁷ %		4 - 28	1 - 22	1 - 22
Plastizitätszahl (I _p) ⁸ %		4 - 25	k. A.	k. A.
Konsistenzzahl (I _c) ⁸ —		0 - 0,75	k. A.	k. A.
Durchlässigkeit (k _f) ⁹ m/s		n. e.	n. e.	n. e.
Lagerungsdichte (D) ¹⁰ —		k. A.	0,10 - 0,65	0,65 - >0,85
Organischer Anteil (V _{gl}) ¹¹ %		0 - 2	0 - 2	0 - 2
Benennung/Beschreibung organischer Böden ²		n. e.	n. e.	n. e.
Abrasivität (LAK) ¹² g/t		50 - 500	100 - 750	100 - 750
Bodengruppe gem. DIN 18196		[SU]/[UL], SU	[SW], [GW], [GE], SE, SI	[SW], [GW], [GE], SE, SI

Alle Angaben von Eigenschaften bzw. Kennwerten beziehen sich auf den Zustand vor dem Lösen.
In den schraffierten Feldern sind Angaben nicht erforderlich.

¹nach DIN 18123; ²nach DIN EN ISO 14688-1; ³nach DIN EN ISO 14689-1; ⁴nach DIN 18125-2; ⁵nach DIN 18137;

⁶DIN EN ISO 4094-4; ⁷nach DIN EN ISO 17892-1; ⁸nach DIN 18122-1; ⁹nach DIN 18130; ¹⁰nach DIN EN ISO 14688-2;

¹¹nach DIN 18128; ¹²nach NF P18-579; k. A. = keine Angabe