

ingeo-consult GbR • Am Truxhof 1 • 44229 Dortmund

blueorange Development West GmbH
Herrn Phillip Schnellbach
Sentmaringer Weg 21

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

04. Februar 2022
Wb/Al.g02
Proj.-Nr. 19/169

**Erschließung des Neubaugebiets
Wilhelm-Leithe-Weg/Ridderstraße in Bochum-Wattenscheid
(Gemarkung: Westenfeld, Flur: 3,
Flurstücke: 29, 143, 148, 149, 304, 396)
- Baugrunderkundung, geotechnische Beratung -**

2. Bericht

Bankverbindungen:
Dortmunder Volksbank
IBAN: DE96 4416 0014 6412 2365 00
BIC: GENODEM1DOR

Sparkasse Dortmund
IBAN: DE90 4405 0199 0001 3188 70
BIC: DORTDE33XXX

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Vorbemerkungen	3
2.	Untergrundverhältnisse	4
2.1	Geologie	4
2.2	Umfang der Felduntersuchungen.....	4
2.3	Schichtenfolge/Eindringwiderstände	5
2.4	Bodengruppen/bodenmechanische Kennwerte.....	5
2.4.1	Mutterboden	5
2.4.2	Schluff, feinsandig bis stark feinsandig, meist schwach tonig	6
2.5	Untergurnddurchlässigkeit	7
3.	Grundwasser.....	8
4.	Geotechnische Beratung	9
4.1	Herstellung der Verkehrsflächen.....	9
4.2	Verlegung von Rohrleitungen	12
4.3	Hydrogeologische Vorbeurteilung	12
4.5	Festlegung von Homogenbereichen	13
5.	Hinweise für die Bauausführung	15
5.1	Wasserhaltung.....	15
5.2	Erdarbeiten	15
5.2.1	Allgemein.....	15
5.2.2	Straßen- und Kanalbau.....	16
6.	Schlussbemerkungen	17

1. Vorbemerkungen

Die blueorange Development West GmbH, Münster, hat in Bochum-Wattenscheid die Erschließung eines Neubaugebiets südlich des Wilhelm-Leithe-Wegs zwischen der Ridderstraße im Osten und der Isenbrockstraße im Westen (Gemarkung: Westenfeld, Flur: 3, Flurstücke: 29, 143, 148, 149, 304, 396) vorgesehen. Die Planung erfolgt durch die Fischer Teamplan Ingenieurbüro GmbH, Dortmund.

Die ingeo-consult GbR wurde mit der Baugrundvorerkundung und geotechnischen Beratung für das Erschließungsprojekt beauftragt. Hierzu wurde im Jahr 2019 - im Auftrag der DZ Immobilien +| Treuhand GmbH, Münster - eine Baugrundvorerkundung, geotechnische Vorbeurteilung sowie die Beurteilung der Versickerung von Niederschlagswasser durchgeführt. Die Ergebnisse hierzu wurden mit dem 1. Bericht vom 02.10.2019 vorgelegt.

Im Zuge der inzwischen vorangeschrittenen Entwurfsplanung wurde die ingeo-consult GbR durch die blueorange Development West GmbH beauftragt, die Baugrundhaupteerkundung und geotechnische Beurteilung durchzuführen.

Für die Bearbeitung standen uns die nachfolgend aufgeführten, durch blueorange Development West GmbH erstellten, Planunterlagen zur Verfügung:

- Städtebaulicher Entwurf mit Darstellung der geplanten Baukörper und Verkehrswegen sowie der umgebenden Bestandsbebauung, Maßstab 1 : 1.000, Stand: August 2021

Wie dem Städtebaulichen Entwurf zu entnehmen ist, sollen im Untersuchungsgebiet neben diversen Gebäuden (Ein- und Mehrfamilienhäuser, KiTA, Mobilitätsstation, etc.) Verkehrs in Form von Straßen, Fuß- und Radwegen sowie Stellplätzen errichtet werden. Zusätzlich sollen Entwässerungsleitungen verlegt werden. Die Trassenführungen wurden gegenüber der Vorplanung erheblich verändert. Konkreten Planunterlagen zum Kanal- und Straßenbau liegen derzeit nicht vor.

Zum Zeitpunkt der Geländearbeiten (2019 u. 2022) stellte sich das etwa 7,7 ha große Untersuchungsgebiet als Ackerfläche dar. Das Areal weist hierbei eine Ausdehnung von ca. 155 - 190 m Breite und etwa 450 m Länge auf.

2. Untergrundverhältnisse

2.1 Geologie

Nach dem Blatt 4508 "Essen" der Geologischen Karte (GK25 Stand: 1987) sowie der Ingenieurgeologischen Karte (IGK25 Stand: 1989) von Nordrhein-Westfalen, Maßstab 1 : 25.000, stehen im Bereich des Untersuchungsgebiets quartäre Lockergesteinsbildungen über Festgesteinen der Oberkreide an.

Bei den quartären Sedimenten handelt es sich um tonige, schwach feinsandige, teils umgelagerte Schluffe (Jüngerer Löß), die von sandigen, z. T. schluffigen Kiesen der Niederterrasse der Ruhr unterlagert sein können. Wertet man die Informationen beider o. g. Kartenwerke aus, ist die Mächtigkeit der quartären Lockergesteinsüberlagerung mit < 5 m im Nordosten bis > 7 m im Zentralteil des Baugebiets anzunehmen.

Das zur Tiefe folgende Deckgebirge wird zunächst aus hartem, plattigem Kalkmergelstein (*labiatus*-Schichten des Unterturon) aufgebaut. Die Gesamtmächtigkeit dieser Formation beträgt im Mittel nur etwa 17,5 m ± 7,5 m. Darunter folgt das oberkarbonische Grundgebirge.

2.2 Umfang der Felduntersuchungen

Zur Erkundung der im Bereich der geplanten Verkehrswege anstehenden Baugrundsichten wurden zusätzlich zu den bereits vorhandenen Aufschlüssen aus dem Jahr 2019 (RKS 1.1 bis 1.4) durch die ingeo-consult GbR insgesamt 10 weitere Rammkernsondierungen (RKS 2.1 - RKS 2.10) niedergebracht. Die Feststellung der Lagerungsdichte bzw. Zustandsform der anstehenden Böden erfolgte an den v. g. Aufschlusspunkten über Rammsondierungen (DPM 1.1 bis 2.10) mit mittelschwerem Gerät (DPM gem. DIN EN ISO 22476-2). Die Aufschlusstiefen betragen einheitlich 5,0 m unter Geländeniveau.

Zur Durchführung von Versickerungsversuchen wurden im Osten des Untersuchungsgebiets im Jahr 2019 2 Baggerschürfe bis ca. 1,5 m unterhalb der Geländeoberfläche ausgehoben.

Die Lage der Aufschlusspunkte und der Schürfe kann dem Lageplan der Anlage 2/1 entnommen werden. Die Ergebnisse der Baugrund- und Festigkeitsaufschlüsse sind in Form von Schichtprofilen und Rammdiagrammen in den Anlagen 2/2.1 bis 2/2.4 dargestellt.

Als Höhenbezugspunkt wurde ein Kanaldeckel in der Ridderstraße (Nr. 71030548) gewählt, dessen Lage im Lageplan der Anlage 2/1 gekennzeichnet ist. Die Kanaldeckelhöhe ist nach Angaben des Planungsbüros mit der Kote +68,83 m NHN angegeben. Danach liegen die Geländehöhen im Bereich der Baugrundaufschlüsse zwischen den Koten +69,16 m NHN (RKS 1.1) und +82,76 m NHN (RKS 2.4).

2.3 Schichtenfolge/Eindringwiderstände

Die bei den Rammkernsondierungen und den Schürfen gewonnenen Bodenproben wurden seitens der ingeo-consult GbR bodenmechanisch angesprochen. Nach dem Ergebnis der Baugrundaufschlüsse stehen ab Geländeoberfläche folgende Bodenschichten an:

0,00 m bis 0,30 m/0,60 m	Mutterboden
bis 5,00 m (Endteufe der Rammkernsondierungen)	Schluff , feinsandig bis stark feinsandig, meist schwach tonig

Aufgefüllte Böden wurden im gesamten Projektgebiet nicht festgestellt. Unterhalb des **Mutterbodens** (Pflughorizont) folgen bis zur Endteufe der Aufschlüsse in 5,0 m Tiefe generell gewachsene **Schluffe**.

Bei der Durchführung der Rammsondierungen mit mittelschwerem Gerät wurden innerhalb der gewachsenen Schluffe bis in Tiefen von 1,70 - 4,50 m (Median 3,30 m) mittlere Eindringwiderstände von $N_{10} = 3 - 8$ (Schläge je 10 cm Eindringtiefe) gemessen, was deren weiche meist weiche Konsistenz anzeigt. Unterhalb der v. g. Teufe sind die Schluffe durch eine steife Konsistenz gekennzeichnet.

2.4 Bodengruppen/bodenmechanische Kennwerte

2.4.1 Mutterboden

Bodengruppe nach DIN 18196

OU:

Schluffe mit organischen Beimengungen bzw. organogene Schluffe

Der Mutterboden muss vor Beginn der Erdarbeiten gesondert gewonnen. Sofern er weitgehend frei von Fremdbestandteilen ist, kann er für den späteren Wiedereinbau im Baufeld zwischengelagert werden.

2.4.2 Schluff, feinsandig bis stark feinsandig, meist schwach tonig

Bodengruppe nach DIN 18196

Gruppe UL/UM: leicht- bis mittelplastische Schluffe

Diese Sedimente gehen genetisch auf äolische Transport- und Umlagerungsprozesse zurück und enthalten deshalb i. d. R. keine nennenswerten Anteile an grobkörnigen (> 0,2 mm) Beimengungen.

Bei der Durchführung von Erd- und Ausschachtungsarbeiten ist zu berücksichtigen, dass diese Böden bei hohen Wassergehalten stark bewegungsempfindlich sind und im flüssigen bis breiigen Zustand zum Ausfließen neigen. Dynamische Beanspruchungen der Schluffe (z. B. beim Befahren des Erdplanums mit Baufahrzeugen) können zu plastischen Verformungen, d. h. Aufweichungen des Baugrundes führen. Der Baugrund ist dann nicht mehr ausreichend tragfähig. Eine schädliche Zunahme des Wassergehalts kann bereits durch stärkere bzw. länger anhaltende Niederschläge eintreten.

Generell ist zum Schutz vor Stau- oder Schichtenwassereinflüssen eine ordnungsgemäße Wasserhaltung notwendig.

Die Schluffe sind sehr frostempfindlich, so dass Erdplanien innerhalb dieser Böden nach dem Freilegen im Bedarfsfall vor Frosteinwirkung zu schützen sind. Hinsichtlich der Tragfähigkeit für Verkehrsflächen sind die oberflächennah weichen Schluffe als mäßiger Baugrund einzustufen, der für deren Herstellung ohne Sondermaßnahmen (vgl. Abschnitt 4.) keine ausreichende Verformungsstabilität bietet.

Für die Auflagerung von Rohrleitungen bieten die gewachsenen Schluffe in Verbindung mit einer qualifizierten Rohrbettung (Bettungstyp 1 gemäß DIN 1610), bei der die Schichtdicke der unteren Bettungsschicht 10 cm zuzüglich 1/10 der Nennweite des Rohres beträgt sowie störungsarmer Herstellung der Grabensohle eine ausreichende Tragfähigkeit.

Die bodenmechanischen Kennwerte können wie folgt angegeben werden:

Steifemodul	$E_s = 8 - 15 \text{ MN/m}^2$
Wichte des feuchten Bodens	$\gamma = 19 - 20 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb	$\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel des dränierten Bodens	$\varphi' = 25 - 28^\circ$
Kohäsion des dränierten Bodens	$c' = 10 - 5 \text{ kN/m}^2$
Durchlässigkeitskoeffizient	$k = 5 \times 10^{-8} \text{ m/s bis } 1 \times 10^{-5}$ (abhängig vom Feinkornanteil)

2.5 Untergrunddurchlässigkeit

Zur Ermittlung der Wasseraufnahmerate der oberflächennah anstehenden Böden wurden im Osten des Untersuchungsgebiets im Jahr 2019 2 Baggerschürfe bis 1,5 m Tiefe unterhalb der Geländeoberfläche innerhalb der Lößablagerungen ausgehoben. Auf den gereinigten, vorgewässerten Schurfsohlen wurden von der ingeo-consult GbR sog. Schurfversickerungen durchgeführt.

Hierzu wurden die Schürfe ca. 20 cm über Schurfsohle mit Wasser befüllt und nach einer Vorbe- wässerungszeit von 15 Minuten, die bei einem mittleren Wasserdruck ($h = \frac{1}{2} \times (h_{\max} + h_{\min})$) über die Schurfgrundfläche (**L x B**) innerhalb eines Zeitraums von 60 Minuten versickernde Wasser- menge ermittelt. Daraus wurde die Versickerungsrate **Q** errechnet. Der Abstand zwischen Versi- ckerungsebene und Grundwasser wurde auf Grund der örtlichen Feststellungen (s. Abschnitt 3.) als ungünstige Annahme - mit **S** = 2,00 m angesetzt.

Die rechnerische Ermittlung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts (**k_f**) erfolgt in Anlehnung an die empirische Formel nach MAROTZ (1968):

$$k_f = \frac{2 \cdot Q \cdot S}{L \cdot B \cdot (S + h)}$$

In der vorstehenden Formel bedeuten:

L = Länge des Schurfs [m]

B = Breite des Schurfs [m]

h = Mittl. Wassersäule im Schurf [m]

Q = Versickerungsrate [m³/s]

S = Abstand vom Grundwasserspiegel [m]

Die Bodenart in der Prüfebene sowie die Ergebnisse der ausgeführten Versickerungsversuche sind in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Versickerungsraten und Durchlässigkeitsbeiwerte im Untersuchungsgebiet

Schurf Nr.	Prüfebene	Versickerungsversuch					Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]
		Dauer [s]	Druckhöhe [cm]	Absenkung s [cm]	Versickerungsrate Q		
					[l/h]	[l/(h x m ²)]	
Sch 1	0,30 m x 0,30 m im Löß (U, fs)	3600	19,5	1,0	0,9	10,0	ca. $5,3 \times 10^{-6}$
Sch 2	0,30 m x 0,30 m im Löß (U, fs)	3600	19,6	0,8	0,7	8,0	ca. $4,2 \times 10^{-6}$

Das Ergebnis von Feldversuchen sollte gemäß DWA-A 138, Anhang B, Tabelle B.1, mit einem Korrekturfaktor von 2 multipliziert werden. Daraus ergeben sich für die Lößablagerungen Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f = 8,4 \times 10^{-6}$ m/s bis $1,1 \times 10^{-5}$ m/s. Diese Bodenschicht ist daher gemäß DIN 18130 als "durchlässig" einzustufen.

3. Grundwasser

Bei der Durchführung der Felduntersuchungen am 12.08.2019 und 13./14.01.2022 wurde bei keiner der Rammkernsondierungen Wasser angetroffen. Der zusammenhängende Grundwasserspiegel lag zum Zeitpunkt der Untersuchungen in größeren Tiefen.

Nach den Erfahrungen der ingeo-consult GbR können aber im gesamten Untersuchungsgebiet nach starken bzw. lang anhaltenden Niederschlägen lokale Stau- bzw. Schichtenwassereinflüsse nicht ausgeschlossen werden. Hierbei handelt es sich um versickernde Niederschläge, die innerhalb der geringdurchlässigen Lößablagerungen aufgestaut werden und dem Gefälle der Schichten folgend talwärts abfließen können. Dies ist bei der Bauausführung und im Bauendzustand zu berücksichtigen.

4. Geotechnische Beratung

4.1 Herstellung der Verkehrsflächen

Nach den bisher vorliegenden Planunterlagen ist die Herstellung von Fahrflächen sowie Geh- und Radwegen geplant. Angaben über die Art der Befestigung (Schwarzdecke, Pflaster, etc.) liegen nicht vor. Bis auf Weiteres wird angenommen, dass die Lage der Gradienten weitgehend im Bereich der vorhandenen Geländeoberfläche liegen wird.

Die im Untersuchungsgebiet unterhalb des Oberbodens anstehenden feinkörnigen Böden (Löß) weisen einen Feinkornanteil von >15 % auf und sind somit gem. ZTV E-StB 17 als "sehr frostempfindlich" der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen.

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

Die **Mindestdicke des frostsicheren Unterbaus** in Bereichen sehr frostempfindlicher Böden ist dementsprechend in Abhängigkeit von der Belastungsklasse (Bk) gem. RStO 12 festzulegen.

Mit Blick auf Mehr- oder Minderdicken (RStO 12, Tabelle 7) ist darauf hinzuweisen, dass Bochum in der Frosteinwirkungs-Zone I liegt (kein Zuschlag). Das Gelände lässt keine besonderen Klimaeinflüsse erwarten (kein Zuschlag). Im Bereich geschlossener Bebauung sind günstige Klimaeinwirkungen zu erwarten (Abschlag). Allerdings sind die Wasserverhältnisse im Untergrund (Gefahr der Stau- und Schichtenwasserbildung sowie Grundwasser, vgl. Abschnitt 3.) problematisch (Zuschlag).

In der nachfolgenden Tabelle 2 sind die örtlichen Verhältnisse und die sich daraus rechnerisch ergebenden Zuschläge des frostsicheren Oberbaus im Bereich der hier sehr frostempfindlichen Böden tabellarisch zusammengestellt.

Konkrete Angaben über auftretenden Belastungsklassen liegen nicht vor. Nach den Erfahrungen der ingeo-consult GbR werden diese etwa im Bereich der Belastungsklassen Bk0,3 bis Bk 3,2 liegen.

Table 2: Zu- und Abschläge des frostsicheren Oberbaus von Fahrbahn- und Parkflächen

Örtliche Verhältnisse, Ausgangswerte und Belastungsklassen		Fahrbahn- und Parkflächen	
Belastungsklasse (Bk)		Bk 0,3	Bk 1,0 bis Bk 3,2
Frostempfindlichkeitsklasse gem. ZTV E-StB		F3	F3
Ausgangswert ⁴		50 cm	60 cm
Örtliche Verhältnisse ⁵			
Frosteinwirkung	Zone I	± 0 cm	± 0 cm
kleinräumige Klimaunterschiede	keine besondere Einflüsse	± 0 cm	± 0 cm
	günstige Klimaeinflüsse bei geschlossener seitlicher Bebauung entlang der Straße	- 5 cm	- 5 cm
Wasserverhältnisse im Untergrund	Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum	+ 5 cm	+ 5 cm
Lage der Gradiente	Geländehöhe bis Damm ≤ 2,0 m	± 0 cm	± 0 cm
	Damm > 2,0 m	- 5 cm	- 5 cm
Entwässerung der Fahrbahn/Ausführung der Randbereiche	Entwässerung der Fahrbahn über Mulden, Gräben bzw. Böschungen	± 0 cm	± 0 cm
	Entwässerung der Fahrbahn über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen	- 5 cm	- 5 cm
Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus [cm]		40 - 55	50 - 65

⁴ Ausgangswerte für die Bestimmung der Mindestdicke gem. RStO 12, Tabelle 6 (für Fahrbahnen und Parkflächen)

⁵ Festlegung der örtlichen Verhältnisse gem. RStO 12, Tabelle 7

Demnach beträgt die Mindestdicke des frostsicheren Fahrbahnoberbaus in Abhängigkeit der Belastungsklasse und der örtlichen Verhältnisse 40 - 65 cm. Die konkrete Mindestdicke des frostsicheren Gesamtaufbaus ist durch eine Detailplanung in Anhängigkeit der Belastungsklassen, kleinräumigen Klimaunterschiede, der Lage der Gradiente sowie der Entwässerung festzulegen.

Gemäß RStO 12, Abschnitt 5.2, erfordert die Herstellung von Geh- und Radwegen bei Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 die Herstellung eines Mindestens 30 cm dicken frostsicheren Oberbaus. Die Dicke der Tragschicht ist nach RStO 12, Tabelle 8, in Anhängigkeit der Verformungsstabilität festzulegen. Hierbei sind Klimaeinflüsse, Wasserverhältnisse sowie Überfahrten für Kraftfahrzeuge angemessen zu berücksichtigen.

Mit Blick auf die geplante Erschließungsmaßnahme ist nochmals ausdrücklich auf die besonderen bodenmechanischen Eigenschaften der unterhalb des Oberbodens bis mindestens 5 m Tiefe anstehenden Lößablagerungen hinzuweisen.

Die feinsandigen bis stark feinsandigen, teils schwach tonigen Schluffe sind durch sehr geringe bis geringe Plastizitätszahlen gekennzeichnet, so dass diese Böden schon bei geringen Wassergehaltsänderungen aufweichen. Bereits im Ist-Zustand genügen die frostempfindlichen Böden (F3 gem. ZTV E-StB 17) nicht den Anforderungen an die Verformungsstabilität des Rohplanums unterhalb geplanter Straßenaufbauten ($E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$). Diese lassen sich auch durch Verdichten i. d. R. nicht erreichen. Gemäß ZTV E-StB 17, Abschnitt 4.5.2, sind somit Maßnahmen zur Baugrundverbesserung einzuplanen. Alternativ ist die planerisch erforderliche Dicke der ungebundenen Tragschichten zu vergrößern.

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 durch das Einfräsen eines Bindemittels stabilisiert werden. 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 ($E_{V2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$). Diese Verformungsstabilität ist dann in der Ausschreibung zu definieren und mittels Plattendruckversuchen (gem. DIN 18134) zu überprüfen.

4.2 Verlegung von Rohrleitungen

Konkrete Planungen zur Tiefenlage der Rohrleitungen liegen aktuell nicht vor. Nach den Angaben des Planungsbüros werden die Rohrleitungen in Tiefen von < 4 m verlegt. Demnach werden die Rohrsohlen innerhalb von gewachsenen Böden (Löß) oberhalb des Grundwasserspiegels liegen (vgl. Abschnitt 3).

Die quartären Überlagerungsböden sind bei Ausbildung einer qualifizierten Rohrbettung (siehe Abschnitt 5.2) für die Auflagerung von Rohrleitungen ausreichend tragfähig.

Auf Grund der voraussichtlich meist geringen Tiefenlage der Rohrsohlen bieten grabenlose Rohrverlegeverfahren wahrscheinlich keinen Kostenvorteil. Der Kanalbau wird daher voraussichtlich in offener Bauweise erfolgen. Hierbei werden die Rohrleitungen in offenen Baugruben bzw. Rohrgräben verlegt, die nachträglich wieder verfüllt werden. Generell ist die Rohrverlegung in geböschten bzw. verbauten Rohrgräben möglich.

Bei ausreichendem Platzangebot können die Rohrgräben unter Beachtung der DIN 4124 in geböschter Form ($\beta \leq 45^\circ$) angelegt werden. Angesichts einer möglichen Aushubminimierung ist die Sicherung der Rohrgräben durch einen Verbau voraussichtlich überwiegend wirtschaftlicher. Hierzu können beispielsweise gegenseitig ausgesteifte Gleitafelverbaue oder Kanaldielenverbaue oder eingesetzt werden. Entscheidend für die Wahl des Verbausystems bzw. für die Kanaldielenlänge sind die Ergebnisse einer statischen Berechnung.

Für die Dimensionierung der Verbaue sind die bodenmechanischen Kennwerte gemäß Abschnitt 2.4ff anzusetzen. Sofern im Einflussbereich der Rohrgräben setzungsempfindliche Bauwerke bzw. parallel verlaufende Versorgungsleitungen vorhanden sind, ist ein verformungsarmer Verbau vorzusehen, der unter Ansatz eines erhöhten aktiven Erddrucks ($K = 0,5 \times (K_0 + K_a)$) bemessen werden muss.

4.3 Hydrogeologische Vorbeurteilung

Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 "Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser" (April 2005) ist für den Betrieb einer Versickerungsanlage eine Mindestdurchlässigkeit des Untergrundes von $k_f = 1 \times 10^{-6}$ m/s erforderlich. Ferner sollte die Mächtigkeit des Sickerraums, d. h. der Abstand zwischen UK Versickerungsanlage und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand bzw. einem Grundwassernichtleiter mindestens 1,0 m betragen. In

Ausnahmefällen (bei unbedenklichen Niederschlagswasserabflüssen und geringer stofflicher Belastung) sind auch geringere Sickerraummächtigkeiten mindestens jedoch 0,5 m vertretbar.

Nach dem Ergebnis von 2 Schurfversickerungen im Bereich möglicher Anlagenstandorte beträgt die mittlere Untergrunddurchlässigkeit aus allen Einzelversuchen im untersuchten Teil des Plangebiets rechnerisch ca. $k_f = 9,5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ (s. Abschnitt 2.5). Für die Bemessung von Versickerungsanlagen sollte vorsorglich nur ein **Bemessungswert der Untergrunddurchlässigkeit** von **$k_f = 5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$** angesetzt werden.

Wie bereits im Abschnitt 3 beschrieben, wurde im gesamten Untersuchungsgebiet bis zur Endteufe der Aufschlüsse kein Grundwasser festgestellt. Damit ist für die Anordnung von Versickerungsbekken, Mulden und Rigolen ein ausreichend großer Sickerraum gegeben.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass unter Berücksichtigung der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten innerhalb des Untersuchungsgebiets eine Versickerung von Niederschlagswasser möglich ist.

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.

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

- DIN 18300 "Erdarbeiten"
- DIN 18320 "Landschaftsbauarbeiten"

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, neben dem Abtragen des Oberbodens innerhalb der Lockergesteinsüberdeckung (gewachsene Schluffe) auszuführen, die im Untersuchungsgebiet ein alleiniges Schichtglied darstellen:

Tabelle 3: Einteilung des Baugrundaufbaus in Homogenbereiche

Schichteinheiten		Homogenbereiche DIN 18300 Erdarbeiten - Lösen/Einbauen -
Nr.	Baugrundsicht	
1	gew. Schluffe	LÖS/EIN - A

Grundsätzlich sind die gewachsenen Schluffe vom ohnehin vorher abzuschiebenden Oberboden zu separieren und für einen etwaigen Wiedereinbau gesondert zu lagern. Dementsprechend wird lediglich der in der v. g. Tabelle angegebene Homogenbereich ausgewiesen.

Die maßgeblichen Eigenschaften und Kennwerte des o. g. Homogenbereiches sind in der Anlage 2/3 tabellarisch zusammengestellt.

Im gesamten Untersuchungsgebiet steht Oberboden an (vgl. Abschnitt 2.4). Diese Böden sind zu Baubeginn im Baufeld abzuschieben und ggf. für den anschließenden Wiedereinbau seitlich zu lagern. 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 sind.

Tabelle 4: Homogenbereich "Oberboden" gem. DIN 18320

Homogenbereich		LÖS/EIN - O
Ortsübliche Bezeichnung		Mutterboden
Bodengruppe gem. DIN 18196		OU
Bodengruppe gem. DIN 18915		5a
Massenanteil gem. DIN EN ISO 14688-1		
- Steine	%	< 5
- Blöcke	%	< 5
- große Blöcke	%	< 5

5. Hinweise für die Bauausführung

5.1 Wasserhaltung

Wie bereits erwähnt, ist oberhalb der Aushubebene im gesamten Untersuchungsgebiet nicht mit Grundwasser zu rechnen. Allerdings können temporäre Stau- und Schichtwassereinflüsse in Abhängigkeit von vorangegangenen Niederschlägen nicht ausgeschlossen werden.

Um derartige Stau- und Schichtenwasserzuflüsse beherrschen zu können, ist innerhalb der offenen Rohrgräben und Rohplanien vom Straßenbau zusätzlich zur obligatorischen Tagwasserhaltung eine offene Wasserhaltung (Pumpensümpfe und Tauchpumpen) vorzuhalten und ggf. zu betreiben. Der Wasserstand ist im Bereich der offenen Rohrgräben und Baugruben mindestens 0,5 m unter Aushubebene zu begrenzen. Die Grabensohlen werden durch die Wasserhaltung ebenfalls stabilisiert, was sich positiv auf den Einbau eines Tragschichtmaterials (Rohrbettung) auswirkt.

Der Wasserandrang zu den Rohrgräben, Rohplanien bzw. Baugruben ist unmittelbar von der Bodenschichtung bzw. den Durchlässigkeitskoeffizienten abhängig. Erfahrungsgemäß werden beim Anschnitt von wassergesättigten Böden zunächst die größten Wassermengen anfallen. Mit zunehmender Dauer der Wasserhaltung werden sich die anfallenden Wassermengen bis zum Erreichen des stationären Beharrungszustandes reduzieren. Insgesamt kann von einem sehr geringen Zulauf (< 0,5 m³/Std. je 10 m Haltungslänge bzw. je Baugrube) ausgegangen werden.

5.2 Erdarbeiten

5.2.1 Allgemein

Beim Aushub der Rohrgräben und Baugruben werden gewachsene, feinkörnige Böden angeschnitten, die je nach Feinkornanteil bei hohen Sättigungsgraden zum Ausfließen neigen bzw. stark bewegungsempfindlich sind. Daher sind dynamische Beanspruchungen der feinkörnigen Böden - insbesondere bei hohen Wassergehalten - unbedingt zu vermeiden.

Bei der Herstellung der Baugruben sind generell die Hinweise der DIN 4124 zu beachten. Die maximal zulässigen Böschungswinkel innerhalb der Lockergesteinsüberlagerung betragen $\beta = 45^\circ$.

Der Aushub sollte mit einem Standgerät rückschreitend erfolgen. Beim Aushub innerhalb der gewachsenen Böden ist das Aushubgerät mit einer Grabenschaufel bzw. einer Baggerschaufel ohne

Zähne auszurüsten. Mit diesem Gerät lässt sich die Aushubsohle ebenflächig ohne tiefreichende Störung des Baugrunds herstellen.

Baustellenverkehr ist nur auf ordnungsgemäß angelegten Baustraßen von ausreichender Breite (evtl. Begegnungsverkehr beachten) möglich. Der Straßenaufbau sollte mindestens $d = 0,5$ m betragen und aus einem frostsicheren, volumenbeständigen und umweltverträglichen Erdbaustoff hergestellt werden. Zwischen Erdplanum und dem Tragschichtmaterial ist ein ausreichend robustes Trennvlies anzuordnen. In der Ausschreibung sollte eine Unterhaltung der Baustraßen einschl. bedarfsweiser Nachschotterung berücksichtigt werden.

Extern angelieferte Fremdmaterialien sind grundsätzlich vor dem Einbau durch die ingeo-consult GbR auf ihre bodenmechanische und umwelthygienische Eignung überprüfen zu lassen. Hierzu sind durch die bauausführende Firma jeweils die Gütezeugnisse vorzulegen.

5.2.2 Straßen- und Kanalbau

Sollten im Bereich des Rohraufagers aufgeweichte oder aufgelockerte Bodenpartien anstehen, so sind diese gegebenenfalls in Handschachtung zu entfernen und gegen ein geeignetes Bodenersatzmaterial (z. B. das Bettungsmaterial) auszutauschen.

Erdplanien u. Baugruben-/Rohrgrabensohlen sind zum Schutz vor Witterungs- und Baustelleneinflüssen unmittelbar nach dem Freilegen mit dem Material der Rohrbettung bzw. der Filter- oder Tragschicht abzudecken. Die Materialien sollten so gewählt werden, dass sie auch als Filtermaterialien geeignet sind (z. B. lehmfreier Kiessand Körnung 0/32 mm oder vergleichbares Mineralgemisch, Körnung 0/45 mm). Hierzu ist der Feinkornanteil ($< 0,063$ mm) auf max. 7 % zu begrenzen. Das Tragschichtmaterial muss die Anforderungen der ZTV SoB-StB 20 an Schottertragschichten erfüllen. Die Rohrbettung (Bettungstyp 1 gem. DIN 1610) muss eine Schichtdicke der unteren Bettungsschicht 10 cm zuzüglich 1/10 der Nennweite des Rohres betragen.

Bei der Verfüllung von Rohrgräben sind generell die Hinweise der ZTV A-StB 12 zu berücksichtigen.

Bindige Böden mit hohen Wassergehalten können erst nach Zwischenlagerung und Trocknung bei geeigneter Witterung für den Wiedereinbau verwendet werden. Die Verarbeitbarkeit der vorhandenen Schluffe bei hohen Wassergehalten lässt sich durch die Zugabe von Kalk oder Zement (etwa 3 - 5 Gew.-%) in gewissen Grenzen verbessern. Es wird jedoch auf die Schwierigkeiten beim Ein-

bauen und Verdichten von bindigen Böden (Verdichtbarkeitsklasse V 3 gemäß ZTV A-StB 12) in engen Rohrgräben hingewiesen.

Bereits beim Aushub sollten die zur Wiederverfüllung geeigneten Böden separiert und ordnungsgemäß auf Bodenmieten zwischengelagert werden. Dabei sind die Oberflächen der Bodenmieten möglichst glatt abzuwalzen, damit das Eindringen von Niederschlagswasser verhindert wird. Aus dem gleichen Grund müssen Mieten als Sattelprofil mit ausreichendem Gefälle ($> 1\%$) zu den möglichst steil auszubildenden Flanken angelegt werden. Alternativ können die Mieten mit Folien abgedeckt werden, die effektiv gegen Windangriff zu sichern sind.

Der Verdichtungsgrad der Rohrgrabenverfüllung muss im Bereich von Verkehrsflächen über die gesamte Schütthöhe mindestens $D_{Pr} \geq 97\%$ der einfachen Proctordichte betragen.

Zur Verfüllung der Rohrgräben im Bereich der Leitungszone sowie zur Herstellung des Straßenaufbaus wird ggf. die Anlieferung von Fremdmaterialien erforderlich, die alternativ auch innerhalb der Verfüllzone eingesetzt werden können, sofern das gewonnene Aushubmaterial bei hohen Wassergehalten schlechte Verdichtungseigenschaften aufweist bzw. evtl. aus umwelthygienischer Sicht nicht eingesetzt werden darf. Hierzu sind kornabgestufte, volumenbeständige, umweltverträgliche Erdbaustoffe einzusetzen. Die Eignung von Fremdmaterialien ist durch entsprechende Gütezeugnisse nachzuweisen.

Um sicherzustellen, dass die Rohrverlegung jeweils auf ungestörten Böden mit ausreichender Tragfähigkeit erfolgt, ist vor dem Einbau des Tragschicht- bzw. Bettungsmaterials eine Abnahme der Baugruben- und Rohrgrabensohle durch einen Bearbeiter der Ingeo-consult GbR erforderlich. Darüber hinaus ist das Planum im Bereich der Verkehrswege durch den v. g. geotechnischen Sachverständigen abzunehmen.

6. Schlussbemerkungen

Dem Fachinformationssystem "Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW" (http://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/) des Geologischen Dienstes in NRW sind für die 0,50 km x 0,50 km-Quadrate, in denen das Untersuchungsgebiet liegt, z. T. Hinweise auf altbergbauliche Einwirkungen (oberflächennaher Bergbau belegt, tagesnaher Bergbau möglich) zu entnehmen. Weitere Georisiken (Methanausgasung an der Tagesoberfläche, Verkarstung/Auslaugung und Erdbeben) sind nicht bekannt. Darüber hinaus wird auf Gasaustritte in Bohrungen hingewiesen, was sich meist auf Bohrungen innerhalb des klüftigen Grund- und Deckgebirges be-

zieht. Bohrabreiten in den v. g. Gebirgseinheiten sind in der vorliegenden Baumaßnahme jedoch nicht auszuführen, sodass eine Gefährdung hierdurch nicht zu erwarten ist.

Seitens der ingeo-consult GbR wird empfohlen, bei der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6, Bergbau und Energie in NRW, Dortmund, Auskunft über die bergbaulichen Verhältnisse einzuholen und ggf. eine Grubenbildeinsichtnahme durchführen zu lassen.

Bei der Herstellung der Kanalgräben und Verkehrsflächen werden voraussichtlich gewachsene Böden ausgehoben. Sofern die Aushubmassen nicht vor Ort verbleiben können, ist eine ordnungsgemäße Verwertung im Sinne der abfallrechtlichen Bestimmungen (Kreislaufwirtschaftsgesetz/Landesabfallgesetz/Bundes-Bodenschutzgesetz) und unter Berücksichtigung der LAGA-Mitteilung 20 erforderlich. Hierzu kann die Durchführung sog. Deklarationsanalysen notwendig werden. Entsprechende Bodenproben liegen der ingeo-consult GbR vor und werden noch 3 Monate aufbewahrt.

Weiterhin sind im Rahmen einer Fremdüberwachung Verdichtungskontrollen auf dem Planum sowie an den Tragschichten der herzustellenden Straßen und der Rohrgrabenverfüllungen (über die gesamte Schütthöhe) durchzuführen.

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: 2/1 bis 2/3

Verteiler:

- blueorange Development West GmbH, Herrn Phillip Schnellbach,
Sentmaringer Weg 21, 48151 Münster, 3x



Bzp. = KD
+68,83 m NHN

- Lage und Nr.:
- der Rammkernsondierung (RKS)
 - der mittelschweren Rammsondierung (DPM)
 - des Schurfes (SCH)

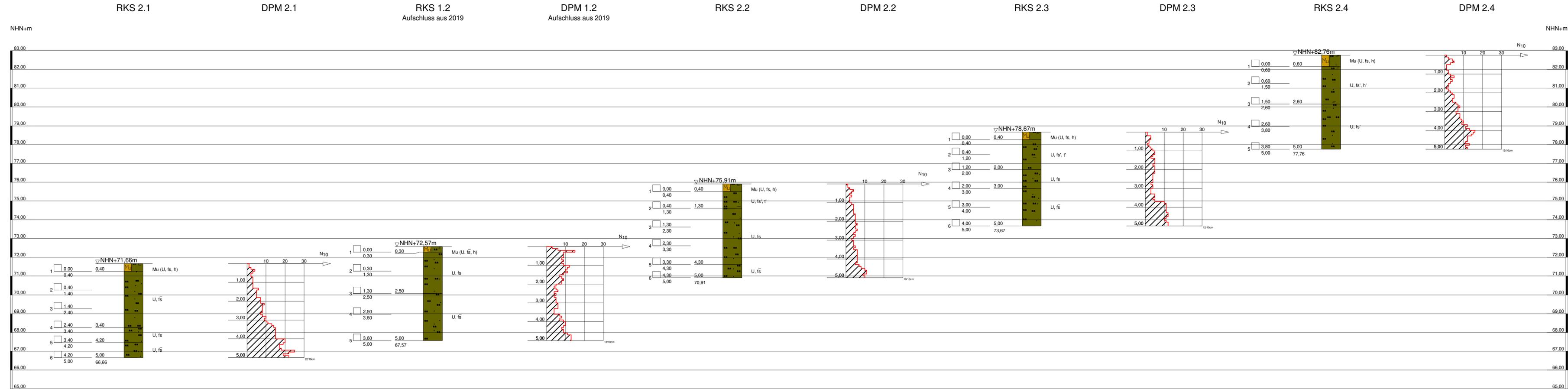
ingeo-consult GbR
 Ingenieurgesellschaft für Geotechnik
 Am Truxhof 1 Tel.: 0231/9678985 - 0
 44229 Dortmund Fax.: 0231/9678985 - 5

blueorange Development West GmbH Erschließung des Neubaugebiets Wilhelm-Leithe-Weg/Ridderstraße in Bochum-Wattenscheid	Proj.-Nr.: 19/169
---	--------------------------

Lageplan, Maßstab 1 : 1000	Anlage Nr.: 2/1
----------------------------	------------------------

Längenmaßstab	Höhenmaßstab	Datum	gezeichnet	Bearbeiter
-----	-----	04.02.2022	Rossel	Altherr

SCHNITT A - A



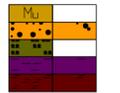
ZEICHENERKLÄRUNG (nach DIN 4023)

PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

□ Bohrprobe (Glas 0.7l)

BODENARTEN

Mutterboden		Mu	
Sand	sandig	S	s
Schluff		U	
Ton	tonig	T	t
Torf	humos	H	h

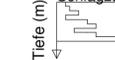


KORNGRÖßENBEREICH

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

RAMMDIAGRAMM

Schlagzahlen für 10 cm Eindrigtiefe



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

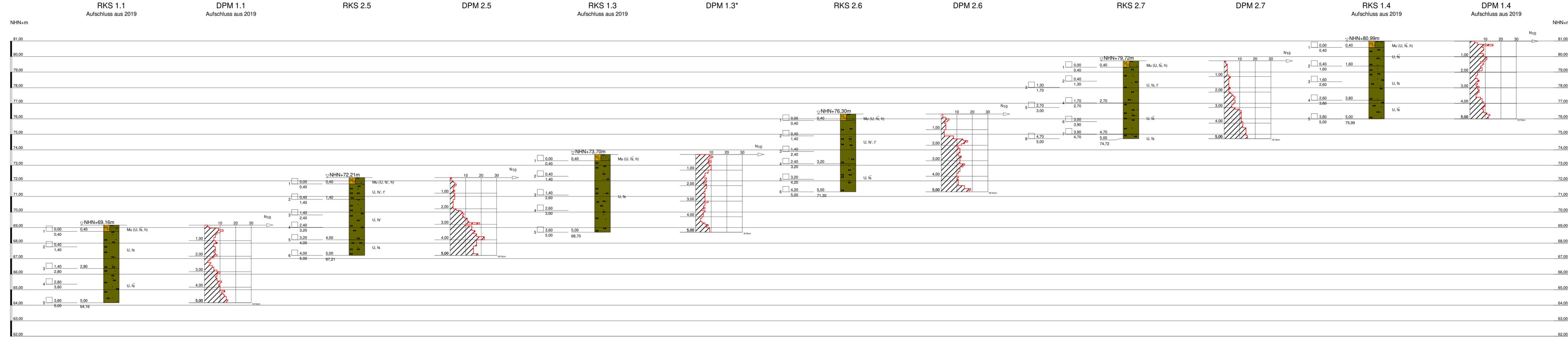
	leicht	mittelschwer		schwer
		alt	neu	
		DPM*	DPM	DPH
Spitzenquerschnitt	10.00 cm ²	10.00 cm ²	15.00 cm ²	15.00 cm ²
Gestängedurchmesser	2.20 cm	3.20 cm	3.20 cm	3.20 cm
Rambbärgewicht	10.00 kg	30.00 kg	30.00 kg	50.00 kg



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

blueorange Development West GmbH	Proj.-Nr.:			
Erschließung des Neubaugebiets Wilhelm-Leithe-Weg/Ridderstraße in Bochum-Wattenscheid	19/169			
Schichtprofile und Rammdiagramme Schnitt A - A	Anlage-Nr.:			
	2/2.1			
Längenmaßstab: -----	Höhenmaßstab: 1 : 100	Datum: 27.01.2022	Gezeichnet: S.Weber	Bearbeiter: Altherr

SCHNITT B - B



ZEICHENERKLÄRUNG (nach DIN 4023)

PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

□ Bohrprobe (Glas 0.7l)

BODENARTEN

Mutterboden		Mu		
Sand	sandig	S	s	
Schluff		U		
Ton	tonig	T	t	
Torf	humos	H	h	

KORNGRÖßENBEREICH

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

RAMMDIAGRAMM

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe



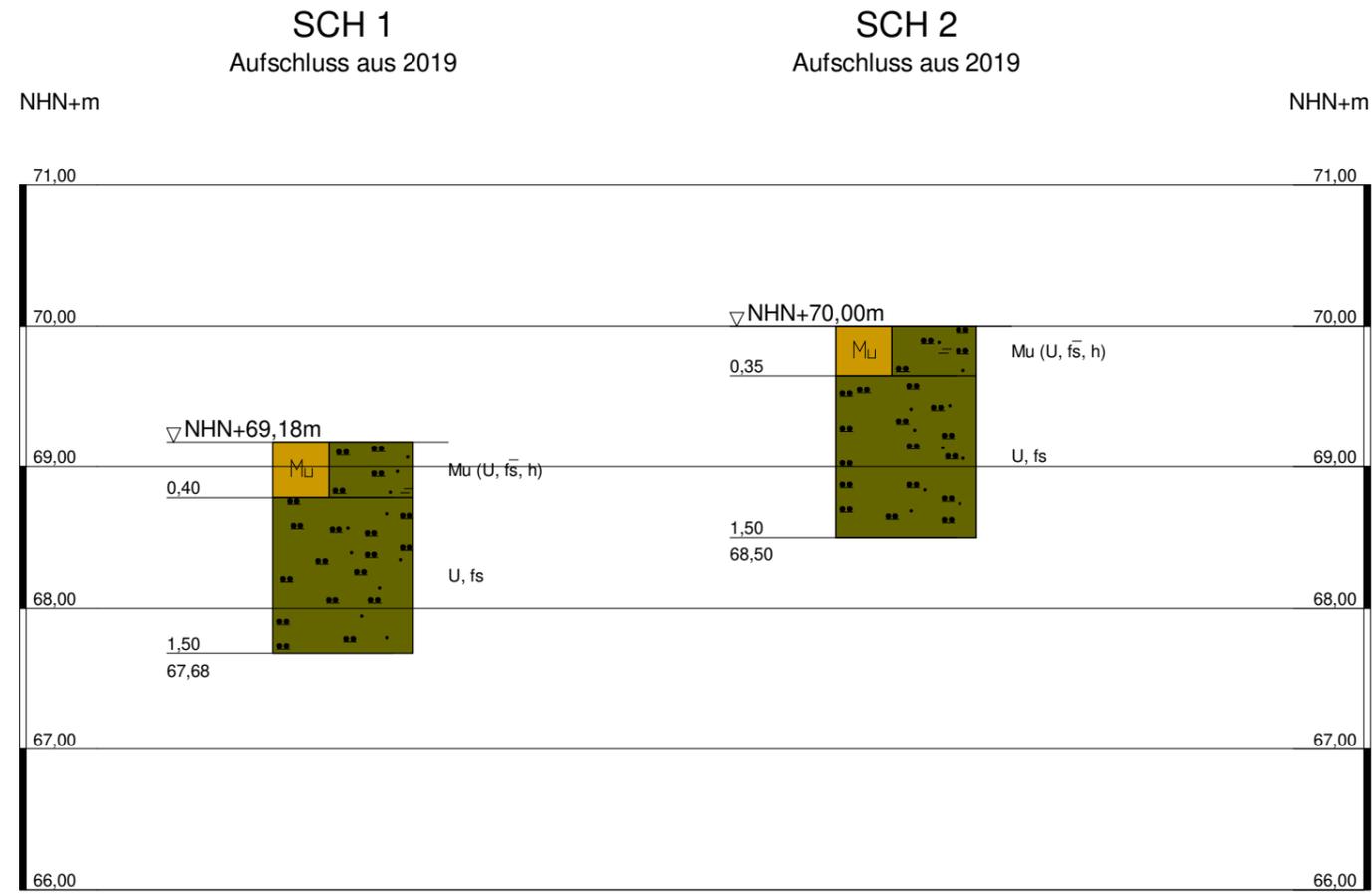
Rammsondierung nach DIN 4094 (alte Norm) bzw. DIN EN ISO 22476-2 (neue Norm)

	leicht	mittelschwer	schwer
Spitzenquerschnitt	DPL 10.00 cm²	DPM* 10.00 cm²	DPH 15.00 cm²
Gestängedurchmesser	2.20 cm	3.20 cm	3.20 cm
Rammbárgewicht	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

blueorange Development West GmbH	Proj.-Nr.:
Erschließung des Neubaugebiets Wilhelm-Leithe-Weg/Ridderstraße in Bochum-Wattenscheid	19/169
Schichtprofile und Rammdiagramme Schnitt B - B	Anlage-Nr.:
	2/2.2

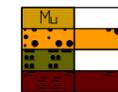
Längenmaßstab:	Höhenmaßstab:	Datum:	Gezeichnet:	Bearbeiter:
----	1 : 100	27.01.2022	S.Weber	Altherr



ZEICHENERKLÄRUNG (nach DIN 4023)

BODENARTEN

Mutterboden		Mu	
Sand	sandig	S	s
Schluff		U	
Torf	humos	H	h



KORNGRÖßENBEREICH

f	fein
m	mittel
g	grob

NEBENANTEILE

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

 ingeo-consult GbR Ingenieurgesellschaft für Geotechnik Am Truxhof 1 44229 Dortmund Tel.: 0231/9678985-0 Fax.: 0231/9678985-5	
blueorange Development West GmbH Erschließung des Neubaugebiets Wilhelm-Leithe-Weg/Ridderstraße in Bochum-Wattenscheid	Proj.-Nr.: 19/169
Schichtprofile SCH 1 und SCH 2	Anlage-Nr.: 2/2.4
Längenmaßstab: -----	Höhenmaßstab: 1 : 50
Datum: 27.01.2022	Gezeichnet: S.Weber
	Bearbeiter: Altherr

Table 1: Homogenbereiche gem. DIN 18300 (Lösen, Laden, Fördern und Einbauen) für Boden

Homogenbereich		LÖS/EIN - A
Schichteinheit		1
Ortsübliche Bezeichnung		gew. Schluffe
Massenanteile	Ton ¹	% < 5 - 15
	Schluff ¹	% 60 - 80
	Sand ¹	% 15 - 40
	Kies ¹	% < 5
	Steine ²	% < 5
	Blöcke ²	% < 5
	große Blöcke ²	% < 5
mineralogische Zusammensetzung ³ von Steinen und Blöcken		n. e.
Dichte ρ^4	t/m ³	1,65 - 2,10
Kohäsion ⁵	kN/m ²	0 - 15
undrained Scherfestigkeit ⁶	kN/m ²	5 - 300
Sensitivität ⁶	—	n. e.
Wassergehalt (w) ⁷	%	15 - 35
Plastizitätszahl (I _p) ⁸	%	4 - 22
Konsistenzzahl (I _c) ⁸	—	0,25 - 1,00
Durchlässigkeit (k _r) ⁹	m/s	n. e.
Lagerungsdichte (D) ¹⁰	—	k. A.
Organischer Anteil (V _{gl}) ¹¹	%	k. A.
Benennung/Beschreibung organischer Böden ²		n. e.
Abrasivität (LAC) ¹²	g/t	100 - 500
Bodengruppe gem. DIN 18196		UL/UM

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