



INGENIEURBÜRO DÜFFEL

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR ERSCHLIESSUNGSPLANUNG UND GEOTECHNIK MBH



Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Jorge Duque M. Eng.
Zertifizierter Sachverständiger für die Instandhaltung von
Rohrleitungssystemen



Wissenschaftliche Beratung

Dr. Ing. Uwe Stoffers

Staatl. anerkannter Sachverständiger
für Erd- und Grundbau

44263 DORTMUND (HÖRDE) HERMANNSTRASSE 4-6 * TELEFON (02 31) 44 96 02 * TELEFAX (02 31) 44 96 44 * e-mail: info@duffel.de

Mercatorquartier in Duisburg – 2.BA
Kanalerneuerung

Geotechnischer Bericht

Auftraggeber:



Wirtschaftsbetriebe Duisburg AöR

Schifferstraße 190

47059 Duisburg

Projekt-Nr. BP24055

Dortmund, 21.06.2024

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines	4
1.1. Veranlassung Aufgabenstellung	4
1.2. Unterlagen	4
1.3. Geologische- und Hydrogeologische Verhältnisse	5
2. Durchgeführte Untersuchungen	5
2.1. Felduntersuchungen	5
2.2. Bodenchemische Laborversuche	7
2.3. Bodenmechanische Laborversuche	9
3. Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen und Untergrundbeurteilung	10
3.1. Genereller Schichtenverlauf	10
3.2. Untergrund nach Bohr-, Sondierung und Labor Versuchsergebnissen	12
3.2.1. Auffüllungen	12
3.2.2. Quartäre Terrassensedimente	17
3.3. Hydrogeologische Verhältnisse	21
3.4. Charakteristische Bodenkenngößen	21
3.5. Homogenbereiche	22
4. Bautechnische Folgerungen	23
4.1. Allgemeines	23
4.2. Rohrbettung und Leitungsgrabenverfüllung	23
4.3. Baugruben und Kanalgräben	24
4.4. Wasserhaltung	25
5. Weitere Hinweise zur Bauausführung	25
5.1. Qualitätskontrollen	25
5.2. Frostsicherheit	26
5.3. Bodenaustausch	26
6. Schlussbemerkungen	26

Anlagenverzeichnis:

Anlage 1: Übersichtslageplan

Anlage 2: Lageplan mit Untersuchungsstellen

Anlage 3: Bohrprofile und Rammprofile

Anlage 4: Schichtenverzeichnisse

Anlage 5: Bodenmechanische Laborversuche

Anlage 6: Chemische Prüfberichte

6.1: Chemische Prüfberichte – RuVA

6.2: Chemische Prüfberichte – EBV

6.3: Chemische Prüfberichte – EBV und DepV

Anlage 7: Homogenbereiche nach DIN 18300

Anlage 8: Charakteristische Bodenkenngößen

Anlage 9: Geologischer Längsschnitt

Anlage 10: Längsschnitt mit Entsorgungskonzept

1. Allgemeines

1.1. Veranlassung Aufgabenstellung

Die Wirtschaftsbetriebe Duisburg (WBD) planen auf dem neuen „Mercator Quartier“ in 47051 Duisburg – Altstadt eine Kanalbaumaßnahme.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts wird mit der Errichtung von 6 Schachtbauwerken sowie der Verlegung entsprechender Haltungen auf einer Länge von insgesamt ca. 119 m geplant, welche an die Bestandskanalisation anschließen sollen.

Die Schachtbauwerke 44000039 bis 44000042 sollen mit Durchmesser 1000 errichtet und die Haltungen als DN 400 StzH ausgeführt werden. Die ursprüngliche Haltung ausgehend vom Bestandsschacht 53000328 bis 53000195 soll aufgegeben werden. Über die Schächte 44000043 und 44000038 ist nichts weiteres bekannt.

Die ungefähre Lage der Maßnahme kann dem Übersichtslageplan der Anlage 1 entnommen werden. Die Lage der Schächte, Kanäle sowie die Lage aller Untersuchungsstellen ist der Anlage 2 zu entnehmen.

Ziel des Geotechnischen Berichts ist es, die Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen darzustellen, indem die angetroffenen Baugrundverhältnisse beschrieben und beurteilt werden. Des Weiteren werden Vorschläge zur Gründung, zum Grabenverbau sowie zur Wasserhaltung erarbeitet.

Die örtlich vorhandenen Auffüllungen und der gewachsene Boden wurden chemisch untersucht, um geeignete Verwertungswege aufzuzeigen. Des Weiteren wurden bodenmechanische Laborversuche durchgeführt, um die Bodenansprache zu objektivieren und charakteristische Bodenkennwerte zu erarbeiten.

Das Bauvorhaben wird gemäß DIN 4020 in die Geotechnische Kategorie 2 eingestuft.

1.2. Unterlagen

Folgende Unterlagen standen für die Bearbeitung zur Verfügung:

- [1] Geologische- und Ingenieurgeologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt 4506 Duisburg, M 1:25.000, herausgegeben vom Geologischen Landesamt Nordrhein – Westfalen, 1991 / 2007
- [2] Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen mit Erläuterungen, Blatt 4506, Duisburg, M:1:50.000, 2007
- [3] Verordnung zur Einführung der Ersatzbaustoffverordnung, Stand 2021
- [4] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV), Stand 2021
- [5] Richtlinie für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RUVA-StB 01); Stand: 2005
- [6] Novellierte Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), Stand 2021
- [7] ELWAS-web „elektronisches wasserwirtschaftliches Verbundsystem für die Wasserwirtschaftsverwaltung in NRW“, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
- [8] Trinkwasserschutzgebiete in Duisburg, Herausgegeben von der Stadt Duisburg - Untere Wasserbehörde, 2016
- [9] Lageplan und Schnitte, digital zur Verfügung gestellt durch die Wirtschaftsbetriebe Duisburg, Stand 23.08.2023

1.3. Geologische- und Hydrogeologische Verhältnisse

Gemäß [1] stehen im Untersuchungsgebiet zunächst anthropogene Auffüllungen, hier im besonderen Bergematerial, Asche, Schlacke, Bauschutt sowie Klärschlamm, an, welche von den locker bis dicht gelagerten Sanden und Kiesen des Quartärs (Terrassensande und -kiese), mit teilweise schluffigen und tonigen Beimengungen, unterlagert werden. Die quartären Ablagerungen können bis in Tiefen von 25 Metern vorkommen, ehe das Tertiär, hier im Übergangsbereich zwischen Lintforter- und Ratinger Schichten ansteht.

Grundwasser kann gemäß [2] zwischen 24,0 und 25,0 m NHN angetroffen werden.

2. Durchgeführte Untersuchungen

2.1. Felduntersuchungen

Am 04.04.2024, 17.04.2024 und 18.04.2024 wurden unter der Leitung des Geotechnischen Sachverständigen durch die Firma STIEHL GeoService, 42349 Wuppertal und die ALBO-tec

GmbH, 45473 Mülheim a.d. Ruhr insgesamt 13 Kleinrammbohrungen (KRB) und 6 Mittelschwere Rammsondierungen (DPM) neben der gleichnamigen Bohrung abgeteuft. Dabei wurden die Bohrungen im Bereich der geplanten Kanalhaltung, außerhalb der Bestandskanalleitung niedergebracht.

Um für Analysen gemäß der ab dem 01.08.2023 in Kraft getretenen Ersatzbaustoffverordnung (EBV) die Gewinnung von ausreichend Probenmaterial zu gewährleisten wurden die Bohrungen als Doppelbohrungen (gekennzeichnet mit „R“) ausgeführt. Der Ansatzpunkt der Zusatzbohrung befand sich unmittelbar neben dem Ansatzpunkt der Ursprungsbohrung.

Die Bohrung KRB 105 konnte aufgrund eines Bohrhindernisses nicht auf die geplante Endteufe abgesetzt werden. Hier wurde der Ansatzpunkt verschoben und erneut abgeteuft (KRB 105a).

Die Festlegung der Lage und der Umfang der Felduntersuchungen erfolgte in Abstimmung mit dem Auftraggeber.

Es gilt zu erwähnen, dass die Brachfläche in der Vergangenheit großflächig mit Bauschuttresten verfüllt wurde. Im Zuge von archäologischen Aufgrabungen wurden die Bereiche des geplanten Kanalgrabens bis max. 2,0 m u. GOK umfangreich ausgehoben, archäologisch untersucht und anschließend mit dem gleichen (gesiebten) Material verfüllt.

Die ungefähre Lage aller Bohr-, Sondierpunkte ist im Lageplan der Anlage 2 dargestellt. Der Tabelle 1 ist eine Zusammenfassung erreichten Tiefen zu entnehmen.

Bohrung	Bohrtiefe [m]	Anzahl der Proben	Sondierung	Sondiertiefe [m]
KRB 101	5,00	10	DPM 101	5,00
KRB 101R	2,00		-	-
KRB 102	5,00	8	DPM 102	5,00
KRB 102R	2,00		-	-
KRB 103	5,00	7	DPM 103	5,00
KRB 103R	2,00		-	-
KRB 104	5,00	13	DPM 104	5,00
KRB 104R	5,00		-	-
KRB 105	1,20 ¹⁾	3	-	-
KRB 105A	5,00	14	DPM 105A	5,00
KRB 105A R	5,00		-	-

KRB 106	7,00	13	DPM 106	7,00
KRB 106R	3,00		-	-

Tabelle 1: Durchgeführte Bohrungen und Sondierungen; ¹⁾ Kein Bohrfortschritt möglich

Aus den Kleinrammbohrungen (KRB) wurden insgesamt 68 gestörte Bodenproben der Güteklasse 4 – 5 nach DIN EN ISO 22475-1 entnommen. In der Regel wurden aus allen Bodenschichten bzw. meterweise Proben entnommen.

Nach Abschluss der Arbeiten wurden die Bohr- und Sondierlöcher verfüllt.

Die Bodenansprache erfolgte durch den Bohrtruppführer. Die bodenmechanische Feinaufnahme des Bohrguts sowie die Auswahl von Bodenproben zur Durchführung von Laborversuchen erfolgten im Anschluss hieran durch den Geotechnischen Sachverständigen. Die geprüften und modifizierten Bohrprofile und Rammdiagramme sind in Anlage 3, die Schichtenverzeichnisse in Anlage 4 dargestellt.

2.2. Bodenchemische Laborversuche

Aus den Einzelproben der Auffüllungen und des gewachsenen Bodens wurden insgesamt 23 Materialproben im chemischen Labor der Eurofins Umwelt West GmbH, Wesseling, die für entsprechende Untersuchungen akkreditiert ist, entsprechend dem Parameterkatalog der EBV [3], Anhang 1, Tabelle 3 analysiert.

Die Materialproben wurden jeweils aus den Einzelproben der Ursprungsbohrungen sowie der zugehörigen Doppelbohrung gebildet.

Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte ebenfalls anhand der o.g. Tabelle. Die Materialproben MP 1 und MP 21 überschritt die Grenzwerte der Materialklasse BM-F3. Das Material wurde zudem auf die Untersuchungsparameter der Deponieverordnung [4] untersucht.

Die Zusammenstellung der Materialproben geht aus der nachfolgenden Tabelle 2 hervor. Die Prüfberichte sind in der Anlage 6 beigelegt.

Probenbezeichnung	Zusammenstellung	Tiefe [m]	Untersuchungsart
MP 1 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 101, Probe 1.1+1.2	0,00 – 0,30	EBV [3] + DepV [4]
MP 2 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 101, Probe 2.1-2.3	0,30 – 1,50	EBV [3]
MP 3 gewachsener Boden	KRB 101, Probe 3.1+3.2	1,50 – 1,80	EBV [3]
MP 4 gewachsener Boden	KRB 101, Probe 4.2+4.3	2,80 – 5,00	EBV [3]
MP 5 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 102, Probe 1.1-1.3	0,00 – 0,30	EBV [3]
MP 6 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 102, Probe 2.1+2.2 KRB 102, Probe 3.1+3.2	0,30 – 0,90 0,90 – 1,50	EBV [3]
MP 7 gewachsener Boden	KRB 102, Probe 4.1+4.2	1,50 – 5,00	EBV [3]
MP 8 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 103, Probe 1.1-1.3	0,00 – 1,50	EBV [3]
MP 9 Auffüllung < 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 103, Probe 2.1+2.2	1,50 – 2,50	EBV [3]
MP 10 gewachsener Boden	KRB 103, Probe 3.1	2,50 – 3,50	EBV [3]
MP 11 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 104, Probe 1.1+1.2	0,00 – 0,30	EBV [3]
MP 12 Auffüllung < 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 104, Probe 2.1+2.2	0,30 – 1,20	EBV [3]
MP 13 gewachsener Boden	KRB 104, Probe 3.1+3.2	1,20 – 1,40	EBV [3]
MP 14 gewachsener Boden	KRB 104, Probe 4.1-4.4	1,40 – 4,60	EBV [3]
MP 15 gewachsener Boden	KRB 104, Probe 5.1+5.2	4,60 – 5,00	EBV [3]
MP 16 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 105A, Probe 1.1+1.2	0,00 – 0,60	EBV [3]

Probenbezeichnung	Zusammenstellung	Tiefe [m]	Untersuchungsart
MP 17 Auffüllung < 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 105A, Probe 2.1+2.2	0,60 – 1,60	EBV [3]
MP 18 gewachsener Boden	KRB 105A, Probe 3.1+3.2	1,60 – 2,20	EBV [3]
MP 19 gewachsener Boden	KRB 105A, Probe 4.1+4.2	2,20 – 2,50	EBV [3]
MP 20 gewachsener Boden	KRB 105A, Probe 5.1-5.3	2,50 – 4,40	EBV [3]
MP 21 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 106, Probe 2 + R	0,23 – 0,70	EBV [3] + DepV[4]
MP 22 Auffüllung < 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 106, Probe 3 + R KRB 106, Probe 4 + R	0,70 – 1,70 1,70 – 2,70	EBV [3]
MP 23 gewachsener Boden	KRB 106, Probe 5-8	2,70 – 7,00	EBV [3]

Tabelle 2: Probenmischplan der Untersuchungen nach EBV

Zudem wurde an dem Bohrkern des gebundenen Straßenoberbaus der Bohrung KRB 106 der Gehalt an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) im Feststoff sowie der Phenolindex im Eluat bestimmt. Die Bewertung erfolge nach RuVA-StB 01 [5].

Die Zusammenstellung geht aus Tabelle 3 hervor.

Probenbezeichnung	Zusammenstellung	Tiefe [m]	Untersuchungsart
AP 1	KRB 106, Probe 1	0,00 – 0,23	RuVA [5]

Tabelle 3: Probenmischplan der RuVA Untersuchung

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sind in Kapitel 3 dargestellt und in der Anlage 6 beigefügt.

2.3. Bodenmechanische Laborversuche

Durch den Geotechnischen Sachverständigen wurden stichpunktartig Bodenproben für bodenmechanische Laborversuche ausgewählt, um die im Gelände vorgenommene Bodenansprache zu objektivieren und um die charakteristischen Bodenkenngößen des Baugrunds zu ermitteln.

Die bodenmechanischen Laborversuche wurden durch die ALBO-tec GmbH, 45473 Mülheim, ausgeführt.

Die Untersuchungsergebnisse sind in Anlage 5 dokumentiert. Die Tabelle 4 gibt Aufschluss über den Umfang der bodenmechanischen Laborversuche.

Probennummer	Kornverteilung	Wassergehalt
	DIN EN ISO 17892-4:2017-04	DIN EN ISO 17892-1:2022-08
KRB 101, Probe 4.1	X	X
KRB 102, Probe 4.3	X	X
KRB 103, Probe 3.2	X	X
KRB 104, Probe 4.5	X	X
KRB 105a, Probe 5.2	X	X
KRB 106, Probe 4	X	X
KRB 106, Probe 6	X	X

Tabelle 4: Bodenmechanische Versuche

3. Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen und Untergrundbeurteilung

3.1. Genereller Schichtenverlauf

Die Geländehöhen im Untersuchungsbereich liegen an den Untersuchungsstellen zwischen 31,61 m NHN und 33,01 m NHN.

Die derzeitige Geländeoberfläche besteht im Straßenbereich (KRB 106) aus einem gebundenen Straßenoberbau. Dieser wurde mit einer Dicke von 23 cm festgestellt.

In den Bohrungen KRB 101 und KRB 105 waren keine Versiegelungen vorhanden. Die Bohrung KRB 105 musste aufgrund eines Bohrwiderstandes versetzt und erneut abgeteuft werden. Diese Bohrung wurde mit dem index „a“ versehen.

Unterhalb des gebundenen Straßenoberbaus der Bohrung KRB 106 wurde eine Tragschicht bestehend aus einem sandigen Kies mit erhöhten Anteilen an Ziegelbruch und Schotter festgestellt. Die Unterkante dieser Schicht wurde bei 0,7 m u. GOK angetroffen.

Unterhalb der Tragschicht in der KRB 106 wurde eine sonstige Auffüllung bis in eine Tiefe von 2,7 m u. GOK angetroffen. Die sonstige Auffüllung wurde nicht bindig als schwach kiesiger Sand mit geringen Mengen an bodenfremden Bestandteilen erkundet. Die Anteile der bodenfremden Materialien beliefen sich betrachtet auf die Gesamtmenge im Regelfall auf unter 10 %,

In den übrigen Bohrungen KRB 101 - 105 wurde keine ausgeprägte Tragschicht angetroffen. Hier standen die sonstigen Auffüllungen auf der Brachfläche in den Bohrungen KRB 101 bis KRB 105 und KRB 105a von Geländeoberkante bis in eine maximale Tiefe von 2,5 m u. GOK an. Die sonstigen Auffüllungen bestehen oberflächennah aus einem RC-Material welcher als stark kiesiger bis kiesiger Sand beschrieben wurde. Der Anteil an feinkörnigen Komponenten ist nur untergeordnet vorhanden.

Mit zunehmender Tiefe nehmen die feinkörnigen Beimengungen zu und der Anteil an bodenfremden Bestandteilen (RC-Material) ab. Das Material ist als schluffiger, kiesiger Sand angetroffen worden. Eine Ausnahme bildet die Bohrung KRB 103. In dieser Bohrung wurde ab 1,50 u. GOK eine 1,0 m dicke sandige Kiesschicht angetroffen.

Die Auffüllungen unterlagernd, wurden bis zur Endteufe von 5,0 m (KRB 101 bis KRB 105A) bzw. 7,0 m (KRB 106) nicht bindige Terrassensedimente angetroffen. Diese wurden als Sand mit unterschiedlich Beimengungen an Schluff und Kies angetroffen.

Erbohrte Bodenpartien wurden als erdfeucht beschrieben. Ein geschlossener Grundwasserspiegel wurde während der Bohrarbeiten nicht angetroffen.

Nachfolgend werden in Anbetracht der Aufgabenstellung folgende Schichten unterschieden:

- Schicht 1: Auffüllungen
- Schicht 2: Quartäre Terrassensedimente (nicht bindig)

Es muss jedoch deutlich darauf hingewiesen werden, dass die Bohrungen lediglich eine punktuelle Information darstellen, so dass der Verlauf der Schichten seitlich und zwischen den Bohrpunkten abweichen kann.

3.2. Untergrund nach Bohr-, Sondierung und Laborversuchsergebnissen

3.2.1. Auffüllungen

Die derzeitige Geländeoberfläche besteht im Straßenbereich (KRB 106) aus einem gebundenen Straßenoberbau. Dieser wurde mit einer Dicke von 23 festgestellt. Unterhalb des geb. Straßenoberbaus wurde eine ca. 50 cm dicke Tragschicht aus sandigem Kies angetroffen. Die Tragschicht wies einen erhöhten Anteil an bodenfremden Bestandteilen auf.

Bei der Bohrung KRB 105 wurde ein abrupter Bohrstillstand in den Auffüllungen bei 1,2 m u. GOK festgestellt. Die Bohrung (KRB 105A) wurde ca. 0,5 m entfernt erneut ausgeführt.

In den Bohrungen KRB 101 bis KRB 105A wurden die Auffüllungen bis in Tiefen zwischen 1,2 m (KRB 104) und 2,5 m u. GOK (KRB 103) erkundet. Diese wurden ebenfalls als Sand mit kiesigen und schluffigen Beimengungen festgestellt. Die Anteile bodenfremde Materialien lagen oberhalb von 10 %. Mit zunehmender Tiefe wurde eine Abnahme des Anteils der bodenfremden Materialein beobachtet.

Ergebnisse der Rammsondierungen

Die mit den Mittelschweren Rammsondierungen DPM 101 bis DPM 106 in den Auffüllungen festgestellten Rammwiderstände pro 10 cm Eindringtiefe stellen sich wie folgt dar.

Auffüllung → 0 bis 95 Schläge pro 10 cm Eindringtiefe → ø 2 – 10 Schläge

Chemische Laborversuche

Zur Einstufung des Aushubmaterials in die Materialklassen der EBV [3] wurden insgesamt 12 Materialproben aus den aus Bohrungen gewonnenen Auffüllungsmaterialien gebildet und gemäß dem Parameterkatalog der EBV, Anlage 1, Tabelle 3 untersucht und bewertet.

Eine übersichtliche Zusammenstellung der Versuchsergebnisse ist der nachfolgenden Tabelle 5 zu entnehmen. Die Prüfberichte sind der Anlage 6 beigelegt.

Probenbezeichnung	Zusammenstellung	Tiefe [m]	Materialklasse	Maßgebende Parameter
MP 1 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 101/ 1.1+1.2	0,00 – 0,30	>BM-F3 n. EBV	PAK im Feststoff (41,9 mg / kg)
			DK II n. DepV	Lipophile Stoffe (0,65 Ma.-%) Glühverlust (3,20 Ma.-%) TOC (1,20 Ma.-%)
MP 2 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 101/ 2.1-2.3	0,30 – 1,50	BM-F2 n. EBV	PAK im Feststoff (7,33 mg / kg) PAK im Eluat (0,384 µg / kg)
MP 5 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 102/ 1.1-1.3	0,00 – 0,30	BM-F3 n. EBV	PAK im Feststoff (16,3 mg / kg)
MP 6 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 102/ 2.1+2.2	0,30 – 0,90	BM-F2 n. EBV	PAK im Feststoff (6,57 mg / kg)
	KRB 102/ 3.1+3.2	0,90 – 1,50		PAK im Eluat (0,713 µg / kg)
MP 8 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 103/ 1.1-1.3	0,00 – 1,50	BM-F3 n. EBV	Blei im Feststoff (592 mg / kg) Kupfer im Feststoff (137 mg / kg)
MP 9 Auffüllung < 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 103/ 2.1+2.2	1,50 – 2,50	BM-0 n. EBV	-
MP 11 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 104/ 1.1+1.2	0,00 – 0,30	BM-F3 n. EBV	KW C10-C40 (1100 mg / kg) PAK im Feststoff (18,2 mg / kg)
MP 12 Auffüllung < 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 104/ 2.1+2.2	0,30 – 1,20	BM-F3 n. EBV	Blei im Feststoff (183 mg / kg)
MP 16 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 105A/ 1.1+1.2	0,00 – 0,60	BM-F3 n. EBV	PAK im Feststoff (19,1 mg / kg)

MP 17 Auffüllung < 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 105A/ 2.1+2.2	0,60 – 1,60	BM-0 n. EBV	-
MP 21 Auffüllung > 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 106/ 2 + R	0,23 – 0,70	>BM-F3 n. EBV	Sulfat im Eluat (1700 mg / l)
			DK I n. DepV	Lipophile Stoffe (0,23 Ma.-%)
MP 22 Auffüllung < 10 % bodenfremde Bestandteile	KRB 106/ 3 + R KRB 106/ 4 + R	0,70 – 1,70 1,70 – 2,70	BM-0* n. EBV	Nickel im Feststoff (18 mg / kg) Zink im Feststoff (62 mg / kg)

Tabelle 5: EBV Materialklassen und Deponieklassen – Auffüllung

Die Wiedereinbaumöglichkeiten stehen in Abhängigkeit zur Einbauweise und in Hinblick auf die hydrogeologischen Gegebenheiten gemäß EBV, Anlage 2. Die nachfolgende Bewertung der Wiedereinbaufähigkeit bezieht sich gemäß EBV nur für die konkrete Baumaßnahme, in welcher das Material gefördert wird.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich gemäß [8] außerhalb von Wasserschutzgebieten. Die grundwasserfreie Sickerstrecke beträgt nach Auswertung der vorhandenen Unterlagen mehr als 1,5 m und ist daher als günstig anzusehen.

Die untersuchten Materialproben der sonstigen Auffüllungen sind den Materialklassen BM-0 (2x), BM-0* (1x), BM- F2 (2x), BM-F3 (5x) und >BM-F3 (2x) zuzuordnen.

Bei Einstufung in die Materialklassen BM-0* und BM-F0* ist ein Wiedereinbau des Materials von der Einbauweise im Hinblick auf die o.g. hydrogeologischen Gegebenheiten gemäß EBV, Anlage 2, Tabelle 5 – Bodenmaterial der Klassen 0* (bis BM-F0*) [3] abhängig. Für den Wiedereinbau des angetroffenen Materials innerhalb der Maßnahme sind somit die Spalte 2 der Tabelle 5, Anlage 2 EBV [3] ausschlaggebend.

Bei Einstufung in die Materialklasse BM-F2 ist ein Wiedereinbau des Materials von der Einbauweise im Hinblick auf die o.g. hydrogeologischen Gegebenheiten gemäß EBV, Anlage 2, Tabelle 7 – Bodenmaterial der Klasse F2 (BM-F2) [3] abhängig. Für den Wiedereinbau des angetroffenen Materials innerhalb der Maßnahme sind somit die Spalte 2 der Tabelle 7, Anlage 2 EBV [3] ausschlaggebend.

Bei Einstufung in die Materialklasse BM-F3 ist ein Wiedereinbau des Materials von der Einbauweise im Hinblick auf die o.g. hydrogeologischen Gegebenheiten gemäß EBV, Anlage 2, Tabelle 8 – Bodenmaterial der Klasse F3 (BM-F3) [3] abhängig. Für den Wiedereinbau des angebotenen Materials innerhalb der Maßnahme sind somit die Spalte 2 der Tabelle 8, Anlage 2 EBV [3] ausschlaggebend. Es sei der Hinweis gegeben, dass der Einbau von BM-F3 Material gemäß § 22 der EBV anzeigepflichtig ist. Mit dem Einbau von BM-F3 Material ergeben sich weitere Pflichten, die der EBV zu entnehmen sind.

Aus geochemischer Sicht können die Materialien zur Leitungsgrabenverfüllung unterhalb einer gebundenen Deckschicht bis zur Materialklasse BM-F3 wiederverwendet werden

Zwei Materialproben der Auffüllungen (MP 1 und MP 21) überschreiten die Zuordnungsparameter der Materialklasse BM-F3. Das Material darf nicht wiederverwendet werden und wurde auf die Parameter der Deponieverordnung [4] untersucht. Zudem wurden aufgrund des hohen TOC – Gehalts die Zusatzparameter „ROC“ (restlicher oxidierbarer Kohlenstoff) um ggf. günstigere Einstufungen zu erwirken.

Das Ergebnis der Nachuntersuchungen ist in der Tabelle 5 dargestellt. Der Prüfbericht ist der Anlage 6 beigelegt. Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den Analysen gemäß EBV und DepV um unterschiedliche Analyseverfahren handelt und daher unterschiedliche Werte des gleichen Parameters maßgebend sein können.

Das Material ist gemäß der angegebenen Deponieklassen DK I bzw. DK II zu entsorgen und kann nicht weiter verwertet werden.

Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den Analysen um eine Vordeklaration aus stichpunktartig entnommenen Proben handelt. Abweichungen zwischen und neben den Untersuchungsstellen sind grundsätzlich nicht auszuschließen.

Gemäß der Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (AVV) können für die hydraulisch gebundene Schlacke sowie die Auffüllungen folgende Abfallschlüsselnummern angesetzt werden:

- | | | |
|---|-------------------------------------|----------|
| - | Gebundener Straßenoberbau | 17 03 02 |
| - | Tragschicht und sonstige Auffüllung | 17 05 04 |

Bodenmechanische Laborversuche

Eine Probe der Auffüllung (KRB 106, Probe 4) wurde auf ihre Kornverteilung gemäß DIN EN ISO 17892-4 und den Wassergehalt gemäß DIN EN ISO 17892-1 analysiert.

Das Ergebnis des bodenmechanischen Laborversuchs ist in Anlage 5 dokumentiert und in der Tabelle 6 zusammengefasst.

	KRB 106, Probe 4
Feinstkornanteil (< 0,002 mm)	0 %
Feinkornanteil (< 0,06 mm)	5 %
Sandkornanteil (0,06 mm bis 2,0 mm)	77 %
Kieskornanteil (> 2,0 mm)	18 %
Natürlicher Wassergehalt	6 %
Bodenart	[SE]
Bodengruppe	Sand, kiesig

Tabelle 6: Korngrößenverteilung und Wassergehalt – Auffüllung – nicht bindig

Bodenmechanische Beurteilung

Unterhalb des gebundenen Straßenoberbaus wurde eine ausgeprägte Tragschicht erbohrt. Die angetroffene Lagerungsdichte des Materials ist als sehr dicht zu bezeichnen. Das Material weist eine hohe Tragfähigkeit und Scherfestigkeit auf. Die Zusammendrückbarkeit und Verdichtbarkeit des Materials ist aufgrund des erhöhten Anteils an bodenfremden Bestandteilen (hier Ziegelbruch) als mäßig zu bezeichnen.

Aus geochemischer Sicht ist ein Wiedereinbau des Materials nicht zulässig (MP 21). Eine weitere bodenmechanische Betrachtung entfällt daher.

Für die sonstigen Auffüllungen muss aufgrund der angetroffenen sehr lockeren bis lockeren Lagerung von einer geringen Tragfähigkeit und Scherfestigkeit ausgegangen werden. Die Verdichtbarkeit ist zudem aufgrund der bereichsweise hohen Anteile bodenfremder Materialien sowie feinkörnigen Beimengungen eingeschränkt. Die Zusammendrückbarkeit ist als hoch anzusehen.

Aufgrund der Inhomogenität der Auffüllungsmaterialien wird ein Wiedereinbau dieser nicht empfohlen. Das Material sollte gemäß der angegebenen Material-/Deponieklassen verwertet- bzw. entsorgt werden.

Für die angetroffenen Auffüllungen lassen sich in Anlehnung an die DIN 18196 und ZTVE – StB 17 die folgenden Frostepfindlichkeitsklassen angeben:

ungebundene Tragschicht	→	[GW] [GU]	→ F1
Sonstige Auffüllung	→	[GW], [SE], [SW], [SU]	→ F1 → F2

Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten kann unterhalb der Tragschicht von mittleren bis geringen Eindringwiderständen ausgegangen werden, welche partiell in Bereichen mit hohen Anteilen bodenfremder Materialien ansteigen können.

3.2.2. Quartäre Terrassensedimente

Die nicht bindigen Terrassensedimente wurden unterhalb der o.g. Auffüllungen in unterschiedlichen Tiefen erkundet und standen bis zur Endteufe der jeweiligen Bohrung an. Die Terrassensedimente wurden ab 31,5 m NHN bzw. 28,9 m NHN angetroffen. Sie lassen sich überwiegend als Sand (Terrassensand) mit unterschiedlich hohen Beimengungen an Schluff und Kies beschreiben.

Ergebnisse der Rammsondierungen

Die mit den Mittelschweren Rammsondierungen DPM 101 bis DPM 106 in den Terrassensanden festgestellten Rammwiderstände pro 10 cm Eindringtiefe stellen sich wie folgt dar.

Terrassensande → 1 bis 14 Schläge pro 10 cm Eindringtiefe → ø 4 – 12 Schläge

Chemische Laborversuche

Zur Einstufung der Terrassensedimente in die Materialklassen der EBV [3] wurden insgesamt 11 Materialproben aus dem aus Bohrungen gewonnenen Material gebildet. Die Materialproben

wurden entsprechend dem Parameterkatalog der EBV, Anlage 1, Tabelle 3 untersucht und bewertet.

Eine übersichtliche Zusammenstellung der Versuchsergebnisse ist der nachfolgenden Tabelle 7 zu entnehmen. Die Prüfberichte sind der Anlage 6 beigelegt.

Probenbezeichnung	Zusammenstellung	Tiefe [m]	Materialklasse	Maßgebende Parameter
MP 3 gewachsener Boden	KRB 101/ 3.1+3.2	1,50 – 1,80	BM-0* n. EBV	Blei im Feststoff (56 mg / kg) Nickel im Feststoff (16 mg / kg) Zink im Feststoff (69 mg / kg)
MP 4 gewachsener Boden	KRB 101/ 4.2+4.3	2,80 – 5,00	BM-0 n. EBV	-
MP 7 gewachsener Boden	KRB 102/ 4.1+4.2	1,50 – 5,00	BM-0 n. EBV	-
MP 10 gewachsener Boden	KRB 103/ Probe 3.1	2,50 – 3,50	BM-0 n. EBV	-
MP 13 gewachsener Boden	KRB 104/ 3.1+3.2	1,20 – 1,40	BM-0* n. EBV	Blei im Feststoff (116 mg / kg)
MP 14 gewachsener Boden	KRB 104/ 4.1-4.4	1,40 – 4,60	BM-0 n. EBV	-
MP 15 gewachsener Boden	KRB 104/ 5.1+5.2	4,60 – 5,00	BM-0 n. EBV	-
MP 18 gewachsener Boden	KRB 105A/ 3.1+3.2	1,60 – 2,20	BM-0 n. EBV	-
MP 19 gewachsener Boden	KRB 105A/ 4.1+4.2	2,20 – 2,50	BM-0 n. EBV	-
MP 20 gewachsener Boden	KRB 105A/ 5.1-5.3	2,50 – 4,40	BM-0 n. EBV	-
MP 23 gewachsener Boden	KRB 106/ 5-8	2,70 – 7,00	BM-0 n. EBV	-

Tabelle 7: EBV Materialklassen – gewachsener Boden

Die Wiedereinbaumöglichkeiten stehen in Abhängigkeit zur Einbauweise und in Hinblick auf die hydrogeologischen Gegebenheiten gemäß EBV, Anlage 2. Die nachfolgende Bewertung der Wiedereinbaufähigkeit bezieht sich gemäß EBV nur für die konkrete Baumaßnahme, in welcher das Material gefördert wird.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich gemäß [8] außerhalb von Wasserschutzgebieten. Die grundwasserfreie Sickerstrecke beträgt nach Auswertung der vorhandenen Unterlagen mehr als 1,5 m und ist daher als günstig anzusehen.

Die untersuchten Materialproben der Terrassensedimente sind den Materialklassen BM-0 und BM-0* zuzuordnen.

Bei Unterschreitung sämtlicher Grenzwerte der Materialklasse BM-0 ist das Material für sämtliche Einbauweisen zulässig.

Bei Einstufung in die Materialklassen BM-0* und BM-F0* ist ein Wiedereinbau des Materials von der Einbauweise im Hinblick auf die o.g. hydrogeologischen Gegebenheiten gemäß EBV, Anlage 2, Tabelle 5 – Bodenmaterial der Klassen 0* (bis BM-F0*) [3] abhängig. Für den Wiedereinbau des betroffenen Materials innerhalb der Maßnahme sind somit die Spalte 2 der Tabelle 5, Anlage 2 EBV [3] ausschlaggebend.

Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den Analysen um eine Vordeklaration aus stichpunktartig entnommenen Proben handelt. Abweichungen zwischen und neben den Untersuchungsstellen sind grundsätzlich nicht auszuschließen.

Gemäß der Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (AVV) kann für den gewachsenen Boden die folgende Abfallschlüsselnummer angesetzt werden:

- gewachsener Boden (Terrassensedimente) 17 05 04

Bodenmechanische Laborversuche

Insgesamt 6 Einzelproben der Terrassensedimente wurden auf ihre Kornverteilung gemäß DIN EN ISO 17892-4 und den Wassergehalt gemäß DIN EN ISO 17892-1 analysiert.

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind in Anlage 5 dokumentiert und in der Tabelle 8 zusammengefasst

	Zusammenfassung der Versuchsergebnisse
Feinstkornanteil (< 0,002 mm)	0 %
Feinkornanteil (< 0,06 mm)	1 % bis 8 %
Sandkornanteil (0,06 mm bis 2,0 mm)	71 % bis 91 %
Kieskornanteil (> 2,0 mm)	7 % bis 21 %
Natürlicher Wassergehalt	3 % bis 6 %
Bodenart	5x SE, 1x SU
Bodengruppe	Sand, kiesig bis schwach kiesig, vereinzelt schwach schluffig

Tabelle 8: Korngrößenverteilung und Wassergehalt – Quartäre – Terrassensedimente

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche stimmen im Wesentlichen mit dem Handbefund überein.

Bodenmechanische Beurteilung

Die Terrassensande sind gemäß den Rammsondierungen überwiegend locker und zur Tiefe hin annähernd mitteldicht gelagert. Sie sind gut Verdichtungsfähig und weisen nach einer Nachverdichtung eine ausreichend hohe Tragfähigkeit und Scherfestigkeit auf.

Die Terrassensedimente sind unter Berücksichtigung der geochemischen Analytik grundsätzlich für einen Wiedereinbau als Hauptverfüllung sowie in der Leitungszone geeignet. Von einem Wiedereinbau als frostsicherer Oberbau sollte, aufgrund der vorhandenen feinkörnigen Beimengungen abgesehen werden.

Für die angetroffenen quartären Böden lassen sich in Anlehnung an die DIN 18196 und ZTVE – StB 17 die folgenden Frostepfindlichkeitsklassen angeben:

Terrassensedimente	→	SE, SW,	→ F1
	→	SU,	→ F2

Für den Fall erforderlicher Ramm- oder Rüttelarbeiten kann in den Terrassensedimenten von geringen bis mittleren Eindringwiderständen ausgegangen werden, die zur Tiefe hin ansteigen.

Gemäß der Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (AVV) können für die betroffenen Böden folgende Abfallschlüsselnummern angesetzt werden:

Gewachsener Boden 17 05 04

Es muss deutlich darauf hingewiesen werden, dass Abweichungen des Untergrunds zwischen und neben den Untersuchungsstellen nicht auszuschließen sind.

3.3. Hydrogeologische Verhältnisse

Grundwasser wurde während der Bohrarbeiten nicht angetroffen. Erkundete Bodenpartien wurden als erdfeucht beschrieben. Gemäß Hydrogeologischer Karte [2] ist im Untersuchungsgebiet Grundwasser ab Tiefen zwischen 24 m NHN und 25 m NHN zu erwarten.

Gemäß des gängigen Informationsportal „ELWAS-web“ [7] befindet sich in einer Entfernung von ca. 250 m die inaktive Grundwassermessstelle „Stadt DU 102S P“. Zwischen 1983 und 1998 wurde ein mittlerer Grundwasserstand von 21,3 m NHN dokumentiert.

Bei einer geplanten Verlegetiefe zwischen ca. 27 m NHN und 30 m NHN ist während der Bauzeit nicht mit Einfluss durch einen geschlossenen Grundwasserspiegel zu rechnen. Auf die Angabe eines Bemessungsgrundwasserspiegels kann daher verzichtet werden.

Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass bereichsweise Schicht- und Sickerwasser auftreten kann, das sich in durchlässigeren Schichten sammelt und auf undurchlässigeren Partien abströmt.

3.4. Charakteristische Bodenkenngößen

Eine Zusammenstellung der charakteristischen Bodenkenngößen ist in Anlage 8 auf der Grundlage der Angaben der DIN 1055 sowie auf der Grundlage allgemeiner Erfahrungen mit vergleichbaren Böden erarbeitet worden. Die Werte gelten für die beschriebenen Hauptbodenschichten im ungestörten Lagerungsverband, d. h. ohne z. B. Bau bedingte Auflockerungen oder Vernässungen.

3.5. Homogenbereiche

Im Folgenden sind für die Erdarbeiten die in Tabelle 9 beschriebenen Homogenbereiche zu berücksichtigen. Eine Zusammenstellung der Kennwerte und deren Bandbreiten ist der Anlage 7 zu entnehmen.

Die Bezeichnung der definierten Homogenbereiche erfolgt nach den Richtlinien der WBD vom 03.05.2023. Dabei sind die Böden den wie folgt definierten Homogenbereich zuzuordnen:

- B1: ungebundene Tragschichten
- B2: hydraulisch verfestigte Tragschichten
- C1 bindige Auffüllung mit < 10 % an mineralischen Fremdbestandteilen
- C2: bindige Auffüllung mit > 10 % < 50 % an mineralischen Fremdbestandteilen
- C3: nicht bindige Auffüllung mit < 10 % an mineralischen Fremdbestandteilen
- C4: nicht bindige Auffüllung mit > 10 % < 50 % an mineralischen Fremdbestandteilen
- D1: gewachsene Böden mit bindigem Charakter
- D2: gewachsene Böden mit nicht bindigem Charakter

Schicht	Homogenbereiche nach DIN 18300
Auffüllung – ungebundene Tragschicht bzw. sonstige Auffüllung nicht bindig < 10 % und > 10% bodenfremde Bestandteile	B1, C3, C4
Quartäre Terrassensande gewachsene Böden mit nicht bindigem Charakter	D2

Tabelle 9: Homogenbereiche nach DIN 18300

Beschreibung der Homogenbereiche

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Schichten ist den Abschnitten 3.1 sowie 3.2 zu entnehmen.

Der gebundene Straßenoberbau wird als gesonderter Homogenbereich betrachtet.

Homogenbereich B1, C3, C4

Nicht bindiges Material der Auffüllungen – sonstige Auffüllungen und ungebundene Tragschichten – mit Beimengungen an bodenfremden Bestandteilen < 10 % sowie > 10%.

Homogenbereich D2

Gewachsene Böden mit nicht bindigem Charakter – Terrassensande

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass Bohrungen und Sondierungen nur punktförmig über den Baugrund und die Homogenbereiche Aufschluss geben. Schichtverlauf und Schichtmächtigkeit können variieren. Der genaue Umfang von Massen und dazugehörigen Homogenbereichen ergibt sich erst im Zuge der Erdarbeiten.

4. Bautechnische Folgerungen

4.1. Allgemeines

Für Aufgrabungen sind grundsätzlich die Vorgaben der ZTV A-StB (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen) Ausgabe 2012 zu beachten.

Für die Verlegung und den Einbau der Rohre sind neben den Herstellerangaben die DIN EN 1610:2015-12, das Arbeitsblatt DWA-A 139 (Ausgabe Dezember 2009) und das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 (Ausgabe August 2000) zu beachten.

4.2. Rohrbettung und Leitungsgabenverfüllung

Die Verlegung der neuen Kanäle sowie die Errichtung der Schachtbauwerke soll in offener Bauweise erfolgen.

Die geplanten Schachttiefen der Schächte 44000043 bis 44000038 liegen in Fließrichtung zwischen 30,33 m und 29,61 m NHN und somit überwiegend in den Terrassensanden. Die Schachtsohle des neu zu errichtenden Anschlussschachtes (Absturzscht) 44000038 liegt bei 27,51 m NHN.

Im Bereich der Obernstraße liegt die zu errichtende Kanalhaltung in den Auffüllungen.

Bettungstyp

Grundsätzlich kann die Bettung nach Bettungstyp 1 der DIN EN 1610 hergestellt werden. Dabei ist die untere Bettung mit einer Dicke von mindestens 10 cm + 1/10 DN vorzusehen. Für den nach Bettungstyp 1 der DIN EN 1610 durchzuführenden Bodenaustausch sollten verdichtungs-

fähige Böden der Gruppe G1 (nicht bindige Böden) nach DWA-A 139 verwendet werden. Die Dicke der Einbaulagen vor dem Verdichten ist in Abhängigkeit des Verdichtungsgerätes festzulegen und sollte etwa 30 cm nicht übersteigen.

Alternativ kann bei einer Verlegung der Leitungen in den Terrassensanden der Kanal nach einer Nachverdichtung der Gründungssohle ohne besondere Maßnahmen gemäß Bettungstyp 3 nach DIN EN 1610 verlegt werden.

Vor dem Verlegen der Rohre muss die Grabensohle grundsätzlich wasser- und steinfrei sein.

Verfüllung der Leitungsgräben

Von einem Wiedereinbau der Auffüllungen wird aufgrund der Inhomogenität des Materials abgeraten.

Die Terrassensande können aus bodenchemischer- und bodenmechanischer Sicht in der Hauptverfüllung und in der Leitungszone wieder eingebaut werden.

Beim Einbau von Fremdmaterial sind vor dem Einbau des Materials die bodenmechanischen Eigenschaften und die chemische Unbedenklichkeit durch entsprechende Analysenergebnisse oder Zertifikate darzulegen. Der Einbau eines geeigneten verdichtungsfähigen Materials (z.B. Bodengruppe GW/GU oder SW/SU nach DIN 18196) hat lagenweise verdichtet zu erfolgen. Die Dicke der Einbaulagen vor dem Verdichten ist dem Verdichtungsgerät anzupassen und sollte nicht über ca. 30 cm liegen.

4.3. Baugruben und Kanalgräben

Im Bereich der Obernstraße ist aufgrund der Lage der Haltung im öffentlichen Straßenbereich, der z.T. beengten Platzverhältnisse und der im Nahbereich erdverlegten querenden Leitungen eine Baugrubensicherung durch Abböschung nicht möglich.

Bis 1,25 m Tiefe bzw. bis 1,75 m bei Vorböschung kann senkrecht ohne Verbau gebaut werden. Bei größerer Tiefe kommt nach DIN 4124 grundsätzlich nur ein verbauter Kanalgraben infrage, wenn auf eine Abböschung verzichtet werden soll. Die Grabenbreite verbauter Gräben muss nach DIN EN 1610 dem Rohraußendurchmesser und der Baugrubentiefe angepasst werden. Die Arbeitsraumbreite kann unter Berücksichtigung der DIN 4124, DWA-A 139 und DIN EN 1610 jedoch größer ausfallen und ist durch den Planer festzulegen.

Aufgrund der hier vorhandenen Grabentiefe werden rahmengestützte Grabenverbaugeräte (z.B. Verbauplattensysteme oder Gleitschienenverbau) oder ein Kammerdielenverbau empfohlen. Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass das Erdreich stets Kontakt mit dem Grabenverbaugerät hat und keine Hohlräume zwischen Grabenverbaugerät und umgebendem Erdreich entstehen. Weitere Hinweise sind der DIN 4124 zu entnehmen.

Der Einbau der Grabenverbaugeräte sollte im Absenkverfahren unter Berücksichtigung der Punkte 5.4.1 und 5.4.2 der DIN 4124:2012-01 erfolgen. Das Einstellverfahren nach Punkt 5.3.2. sollte hier nicht angewendet werden.

Es wird empfohlen, den Verbau auf den aktiven Erddruck zu bemessen. Da im Einflussbereich des Kanalgrabens verformungsempfindliche Leitungen liegen ist – ggf. in Abstimmung mit dem Leitungsbetreiber – der erhöhte aktive Erddruck oder der Erdruhedruck anzusetzen.

4.4. Wasserhaltung

Bei der geplanten Kanalbaumaßnahme ist für die Haltungen und die Schachtbauwerke nicht mit Einfluss eines geschlossenen Grundwasserspiegels zu rechnen.

Je nach Jahreszeit und Witterung ist jedoch mit unterschiedlich starkem Andrang von Schicht- und Sickerwasser zu rechnen. Zur Fassung und Ableitung von Schicht- und Sickerwasser sowie Niederschlagswasser reicht ein bauzeitlicher Flächenfilter oder eine Längsdrainage (offene Wasserhaltung nach DIN 18305), welche im Anschluss an die Baumaßnahme sorgfältig verfüllt oder verdämmt wird. Die Drainage ist an gut ausgefilterte Pumpensümpfe anzuschließen und das anfallende Wasser rückstaufrei einer Vorflut zuzuführen.

Bei erhöhtem Feinkornanteil können die Sande bei Wasserzutritt und / oder dynamischer Belastung zum Aufweichen und zum Fließen neigen. Um Feinteilaustrag zu vermeiden ist es zweckdienlich die Pumpen in ein Geotextil einzuwickeln und dieses regelmäßig zu reinigen oder zu wechseln.

5. Weitere Hinweise zur Bauausführung

5.1. Qualitätskontrollen

Beim Einbau von Fremdmaterial sind vor dem Einbau die bodenmechanischen Eigenschaften und die chemische Unbedenklichkeit durch entsprechende Prüfzeugnisse darzulegen, damit die Eignung der Böden für den vorgesehenen Zweck geprüft werden kann.

Bei der Verfüllung des Arbeitsraumes der Schächte und Haltungen ist sorgfältig auf eine lagenweise Verdichtung zu achten. Die Einbaulagen sollten dabei 30 cm im geschütteten Zustand nicht überschreiten.

Es wird empfohlen, Verdichtungskontrollen mittels dynamischer Plattendruckversuche gemäß TP BF-StB, TB8.3 durchzuführen. Verdichtungskontrollen der Arbeitsraumverfüllung mittels Rammsondierungen gemäß DIN EN ISO 22476-2:2005-04 sind ebenso möglich.

Auf dem Planum des Straßenoberbaus ist ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Vor dem Einbau des Asphalts ist auf dem eingebauten Oberbau ein Verformungsmodul E_{v2} in Abhängigkeit von der Bauweise nach RStO mit einem entsprechenden Verhältniswert nachzuweisen.

5.2. Frostsicherheit

Beim Bauen in der kalten Jahreszeit muss die Gründungssohle wirksam gegen das Eindringen von Frost geschützt werden. Dies kann beispielsweise durch das Abdecken mit Wärme isolierenden Folien erfolgen. Ggf. gefrorene Böden müssen ausgehoben und gegen verdichtungsfähiges Material ersetzt werden. Unter keinen Umständen darf auf gefrorenem Boden gegründet werden.

5.3. Bodenaustausch

In Bereichen, in denen Auffüllungen mit Grobeinlagerungen (z. B. Bauschuttreste) anstehen, sind diese durchgeeignetes Material (vorzugsweise Bodengruppe GW oder SW nach DIN 18196, oder ggf. den an anderer Stelle ausgehobenen Terrassensand) auszutauschen. Dabei wird ein Bodenaustausch mit einer Schichtdicke von mind. 30 cm empfohlen, welche im Einzelfall vor Ort durch den Geotechnischen Sachverständigen festgelegt werden sollte. Die Dicke der Einbaulagen vor dem Verdichten ist in Abhängigkeit des Verdichtungsgeräts festzulegen und sollte etwa 30 cm nicht übersteigen.

6. Schlussbemerkungen

Im vorliegenden Geotechnischen Bericht werden Angaben zum Bodenaufbau und zu den Homogenbereichen, zum Baugrubenverbau, zur Verlegung von Kanalrohren in offener Bauweise

sowie zur Entsorgung des Aushubmaterials im Bereich des geplanten Mercator Quartiers im 2. Bauabschnitt in Duisburg gemacht.

Grundsätzlich empfiehlt sich eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten mit Vergleich der angetroffenen Böden mit den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung, da Abweichungen des Untergrunds zwischen und neben den Untersuchungsstellen nicht auszuschließen sind.

In allen Zweifelsfällen bezüglich Baugrund und grundbaulicher Maßnahmen ist das Ingenieurbüro Düffel einzuschalten. Gleiches gilt bei etwaigen wesentlichen Planungsänderungen gegenüber dem Stand bei Erstellung dieses Berichts.

Dortmund, 21.06.2024



Dipl.-Bauing.
Dipl.Wirt.-Ing J. Duque M. Eng
Beratender Ingenieur



i. A. Dipl.-Geol. S. Schwabenitz
Geotechnischer Sachverständiger
Beratender Geowissenschaftler



Verteiler

Ralf Blankenburg

R.Blankenburg@wb-duisburg.de