
BORCHERT INGENIEURE

Umwelt - Geotechnik - Baugrundlabor



Borchert Ingenieure · Gladbecker Straße 431 · 45329 Essen

Wirtschaftsbetriebe Duisburg AöR
S 13 Kanalbau
Frau Brügggenbrock
Schifferstraße 190
47059 Duisburg

Borchert Ingenieure GmbH & Co. KG
Gladbecker Straße 431 · 45329 Essen

Geschäftsführende Gesellschafter
Dipl.-Geol. Thomas Kellner
Dipl.-Ing. Christoph Borchert
Öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Bodenmechanik,
Erd- und Grundbau der Industrie- und
Handelskammer zu Essen
Staatlich anerkannter Sachverständiger für Erd-
und Grundbau der Ingenieurkammer-Bau NRW

fon 0201 / 43555-0
fax 0201 / 43555-43
info@borchert-ing.de
www.borchert-ing.de

Projekt	202210172
Zeichen	Ed/KI
Datum	28.02.2023

PROJEKT: Kanalerneuerung
Mauerstraße, Duisburg-Bergheim

Geotechnischer Bericht

Baugrunderkundung, Baugrundbeurteilung
Verwertungskonzept

AUFTRAGGEBER: Wirtschaftsbetriebe Duisburg
Geschäftsbereich Stadtentwässerung

PROJEKTBEARBEITER: M.Sc. Philipp Edler
10172-g1.2.docx

GUTACHTEN UMFASST: 23 Textseiten
6 Anlagen

VERTEILER: Frau Brügggenbrock:
1x digital (K.Bruegggenbrock@wb-duisburg.de)



Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2.	Verwendete Unterlagen.....	1
3.	Durchgeführte Untersuchungen	2
4.	Standortbeschreibung	3
5.	Baugrund	4
5.1	Allgemeine Geologie	4
5.2	Baugrundsichtung.....	5
5.3	Ergebnisse der Bodenmechanischen Laborversuche.....	5
5.4	Baugrundbeurteilung	6
6.	Hydrogeologische Situation	7
6.1	Durchlässigkeit der Böden.....	8
7.	Geotechnische Beratung	9
7.1	Allgemein	9
7.2	Erdarbeiten	9
7.2.1	Bauzeitliche Sicherung von Baugruben und Gräben	9
7.2.2	Grabensohlen, Schachtsohlen	10
7.2.3	Rohrbettung	11
7.3	Verfüllung der Baugruben.....	12
7.3.1	Verfüllung der Leitungszone.....	12
7.3.2	Verfüllzone - Hauptverfüllung	12
8.	Grundwasserhaltungsmaßnahmen.....	13
9.	Aushub- und Entsorgungskonzept	14
9.1	Vorgehensweise.....	14
9.2	Bewertungskriterien der Chemischen Analysen	18
9.3	Bewertung der Straßendeckschichten	19
9.4	Bewertung der Verwertungsfähigkeit der Bodenmaterialien	19
9.4.1	Tragschicht	19
9.4.2	Auffüllung.....	20
9.4.3	Gewachsener Boden.....	21
9.5	Kubaturermittlung – offene Bauweise	22
10.	Schlussbemerkungen	22



Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Lageplan (Bohr- und Sondierungsplan)
Anlage 2:	Bohrprofile, Homogenbereiche und Widerstandslinien
Anlage 3:	Geotechnik
Anlage 4:	Auswertung der chemischen Laborversuche
Anlage 5:	Chemische Prüfberichte
Anlage 6:	Probennahmeprotokolle

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Baugrundsichtung innerhalb des geplanten Kanalgrabens	5
Tabelle 2:	Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche	5
Tabelle 3:	Zusammenstellung der charakteristischen Bodenkenngößen	6
Tabelle 4:	Homogenbereiche DIN 18300:2016	7
Tabelle 5:	Durchlässigkeitsbeiwerte	8
Tabelle 6:	Untersuchungskonzept Schwarzdecke.....	14
Tabelle 7:	Untersuchungskonzept Tragschicht	15
Tabelle 8:	Untersuchungskonzept Auffüllung.....	16
Tabelle 9:	Untersuchungskonzept gewachsener Boden	17
Tabelle 10:	Verwertungsklassen und Verwertungsverfahren nach RuVA-Stb 01	18
Tabelle 11:	Bewertung der Schwarzdeckenproben.....	19
Tabelle 12:	Abfallrechtliche Bewertung der Tragschichtproben	20
Tabelle 13:	Abfallrechtliche Bewertung der Tragschichtproben nach DepV	20
Tabelle 14:	Abfallrechtliche Bewertung der Auffüllung	21
Tabelle 15:	Abfallrechtliche Bewertung des gew. Bodens.....	21
Tabelle 16:	Kubaturermittlung und Zuordnung.....	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Luftbild des Untersuchungsbereichs; Quelle: Google Maps	3
Abbildung 2:	Geologische Übersicht, Quelle: [U2]	4
Abbildung 3:	Verfüllung von Leitungsgräben	13



1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Wirtschaftsbetriebe Duisburg planen in Duisburg-Bergheim, im Verlauf der Mauerstraße und im Kreuzungsbereich Mauerstraße/Neustraße/Heidacker, einen Neubau der Schmutzwasser- und Regenwasserkanäle sowie einen Rückbau der Versickerungsschächte. Die neuen Kanäle und Schächte sollen in einer neuen, parallelen Kanaltrasse errichtet werden, um die alten Kanäle, Schächte und Versickerungsschächte zu ersetzen.

Die Borchert Ingenieure wurden von den Wirtschaftsbetrieben Duisburg mit der Durchführung der erforderlichen Baugrunduntersuchungen und der Erstellung eines geotechnischen Berichtes inkl. eines Aushub- und Entsorgungskonzepts beauftragt. Die Positionierung und Anzahl der Aufschlussstellen wurden von den Wirtschaftsbetrieben Duisburg (WBD) vorgegeben. Die Erkundungstiefen sind durch den Projektleiter der Wirtschaftsbetriebe Duisburg, Herrn Berger, abgesprochen und freigegeben worden. Das Projekt wurde danach von Frau Brügg Brock übernommen.

Die Untersuchungsergebnisse der durchgeführten Baugrunderkundung werden in diesem Gutachten dargestellt und bewertet.

2. Verwendete Unterlagen

Für die Ausarbeitung des vorliegenden Gutachtens wurden folgende Unterlagen verwendet:

[U1] Lageplan Entwurfsplanung– Mauerstraße; Bockermann und Fritze Ingenieur Consult GmbH; (1:500), Stand 11.03.2022

[U2] ARC-GIS unterstützte WMS-Dienste des GDI.NRW:

- Informationssystem Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000, IS HK 100 (WMS); Quelle: <http://www.wms.nrw.de/gd/hk100?VERSION=1.3.0&SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities&>
- Sammeldienst der topographischen Kartenwerke des Landes Nordrhein-Westfalen, WMS NW DTK; Quelle: http://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_dtk
- Informationssystem Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100.000, IS GK 100 (WMS); Quelle: <http://www.wms.nrw.de/gd/GK100?VERSION=1.3.0&SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities&>



[U3] Auskunft aus dem Fachinformationssystem ELWAS-Web des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz NRW; <http://www.elwasweb.nrw.de>

3. Durchgeführte Untersuchungen

Im Zuge der Felduntersuchung im Zeitraum vom 07.11. bis 14.11.2022 wurden durch einen Bohrtrupp der Borchert Ingenieure folgende Untersuchungen durchgeführt:

- **34 Kleinrammbohrungen (KRB)** nach DIN EN ISO 22475-1:2006 (Bohrdurchmesser 80/33) im geplanten Kanalgraben von bis zu 7,0 m unter Geländeoberkante (GOK) und
- **10 Sondierungen mit der mittelschweren Rammsonde (DPM)** nach DIN EN ISO 22476-2:2012 mit Tiefen von bis zu 7 m unter Geländeoberkante (GOK).

Die Oberflächenbefestigungen (Asphalt) wurden mit Hilfe einer Kernbohrmaschine an allen Stellen durchteuft und nach Abschluss wiederhergestellt (Kaltasphalt).

Die Lage der Aufschlusspunkte wurde höhen- und lagemäßig vom Bohrtrupp der Borchert Ingenieure eingemessen und sind dem Bohr- und Sondierplan der **Anlage 1** zu entnehmen. Die Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen sind als Bohrprofile in Anlehnung an die DIN 4023:2006 und als Rammdiagramme in der **Anlage 2** zeichnerisch dargestellt. Für die Darstellung der Ergebnisse der Rammsondierungen ist die Form der Widerstandslinien gewählt worden.

Insgesamt wurden im Rahmen der Felduntersuchungen 146 Einzelproben entnommen. An ausgewählten Bodenproben wurden im geotechnischen Labor der Borchert Ingenieure

- **3 Siebanalysen** nach DIN EN ISO 17892-4:2017 und
- **3 Bestimmungen der Wassergehalte** nach DIN EN ISO 17892-1:2015.

durchgeführt. Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind der **Anlage 3** zu entnehmen.

Aus den entnommenen Bodenproben wurden zur orientierenden Schadstoffuntersuchung und einer Bewertung der Verwertungsfähigkeit schichtenspezifische Einzelproben chemisch untersucht.



Für die Bewertung der Verwertungsfähigkeit vom Bodenaushub sowie der Schwarzdecken wurden folgende Analysen durchgeführt:

- 11 Schwarzdeckenanalysen gemäß der Parameterliste der RuVA-StB01
- 11 Einzelprobenuntersuchungen gemäß der Parameterliste Stahlwerksschlacken (SWS-1 und SWS-2)
- 5 Einzelprobenuntersuchungen gemäß der Parameterliste der Deponieverordnung
- 9 Einzelprobenuntersuchungen gemäß der Parameterliste BM F 0* bis BM F 3
- 10 Einzelprobenuntersuchungen gemäß der Parameterliste BM 0*

In der **Anlage 4** erfolgt ein tabellarischer Vergleich der Analyseergebnisse mit den Zuordnungswerten. Die chemischen Untersuchungen erfolgten durch das Labor GBA in Gelsenkirchen. Die chemischen Prüfberichte sind als **Anlage 5** dem Gutachten beigelegt. Die Probennahmeprotokolle sind der **Anlage 6** zu entnehmen.

4. Standortbeschreibung

Das Planungsgebiet liegt in Bergheim, einem südwestlichen Stadtteil von Duisburg. Die Flächennutzung ist in der direkten Umgebung durch angrenzende Wohnbebauungen und Gleisstrecken geprägt.



Abbildung 1: Luftbild des Untersuchungsbereichs; Quelle: Google Maps



Der untersuchte Bereich befindet sich vollständig im Straßenkörper der Mauerstraße und im Kreuzungsbereich Mauerstraße/Neustraße/Heidacker, der durch einen Asphaltbelag versiegelt ist.

Der Straßenverlauf zeigt ein leichtes Gefälle von Nord (ca. 27,2 m NHN) nach Süd (ca. 26,5 m NHN). Die Höhendifferenz an der Geländeoberkante (GOK) im untersuchten Bereich beträgt ca. 0,7 m.

5. Baugrund

5.1 Allgemeine Geologie

Nach den Eintragungen in den geologischen Kartenwerken [U2] war im Vorfeld der Baugrunderkundung bei künstlich nicht veränderter Topographie mit dem oberflächennahen Anstehen von folgenden Böden zu rechnen:

- **Niederterrasse des Rheins** (Sand und Kies)



Abbildung 2: Geologische Übersicht, Quelle: [U2]

Wegen der anthropogen beeinflussten Lage des Planungsgebiets ist davon auszugehen, dass der natürliche Boden von angeschütteten Materialien überlagert wird und mit einer Straßendecke versiegelt ist.



5.2 Baugrundsichtung

Der bei den durchgeführten Felduntersuchungen festgestellte Bodenaufbau kann vereinfacht wie folgt dargestellt werden (vgl. Anlage 2):

Tabelle 1: Baugrundsichtung innerhalb des geplanten Kanalgrabens

Teufe [m u. GOK]		Bodenart	Reststoffe / mineralische Fremdbeimengungen	Lagerungsdichte Konsistenz	Schlagzahl Rammsonde	Homogenbereich
von	bis				[N _{10DPM}]	
0,00	0,05 – 0,15	Schwarzdecke	Schwarzdecke	---	<i>musste vorgebohrt werden</i>	---
0,05 – 0,15	0,30 – 0,54	Tragschicht hydr. gebunden	Schlacke, Schotter Reststoffanteil >50%	hydraulisch gebunden	<i>musste vorgebohrt werden</i>	B 2
0,30 – 0,54	3,50* – 4,50*	Auffüllung (Sand, kiesig, schluffig)	Schlacke, Schotter, Reststoffanteil >10%	D = ≥0,3 – ≥0,5 mitteldicht gelagert	3 - 10	C 4
3,50 – 4,50	E.T.	Terrassensand S, g'	---	D = ≥0,3 – ≥0,8 mitteldicht bis sehr dicht gelagert	2 - 25	D 2

*Auffüllungstiefe abgeschätzt anhand des bestehenden Kanals plus 0,50m für Gründung.

Die Bezeichnung der Homogenbereiche erfolgt gemäß den Vorgaben der Wirtschaftsbetriebe Duisburg – AöR, Rahmenvertrag „Bodenerkundung für Tiefbaumaßnahmen“ (Muster – Längsschnitt Geologie).

5.3 Ergebnisse der Bodenmechanischen Laborversuche

An ausgewählten Bodenproben wurden bodenmechanische Laborversuche durchgeführt, deren Ergebnisse in nachfolgender Tabelle zusammengefasst sind:

Tabelle 2: Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Aufschluss	Tiefe [m]	Bodenart DIN 4022	Kornverteilung T/U/S/G [M.-%]	Wassergehalt w [M.-%]
KRB 2	4,2 – 5,4	mS, fs, u', gs'	-/5,9/91,8/2,3	8,0
KRB 5	6,0 – 7,1	mS, gs, g	-/11,1/65,3/23,3	15,4



Aufschluss	Tiefe [m]	Bodenart DIN 4022	Kornverteilung T/U/S/G [M.-%]	Wassergehalt w [M.-%]
KRB 11	5,0 – 5,5	S, G	-/2,9/55,0/42,1	9,5

* - aus der Kornverteilung abgeschätzt (nach Beyer)

Die Laborprotokolle sind dem Gutachten als **Anlage 3** beigelegt.

5.4 Baugrundbeurteilung

Nach den Auswertungen der Sondierungsergebnisse der mittelschweren Rammsonde sowie Angaben aus der Fachliteratur (z.B. DIN 1055-2:2010) können für die an den Aufschlusspunkten durchörterten Böden, die in der **Tabelle 3** zusammengestellten charakteristischen Bodenkenngrößen angesetzt werden. Diese beschreiben die mechanischen Eigenschaften der anstehenden Böden im ungestörten Lagerungszustand.

Tabelle 3: Zusammenstellung der charakteristischen Bodenkenngrößen

Bodenart	Wichten γ_k/γ_k' [kN/m ³]	Reibungswinkel φ_k [°]	Kohäsion c_k [kN/m ²]	Steifemodul E_s [MN/m ²]	Bodenklasse DIN 18300 alt	Homogenbereich DIN 18300 neu
Tragschicht hydraulisch gebunden fest	22/12	37,5	100	→100	6	B 2
Auffüllung (Sand) Sand, kiesig, schluffig mitteldicht	18 / 10	32,5	-	20 - 50	3	C 4
Terrassensand Sand, kiesig mitteldicht sehr dicht	19/8 21/11	35 37,5	-	20 - 40 60 - 80	3	D 2

Nach DIN 18300 ist es möglich, verschiedene Böden mit vergleichbaren bodenmechanischen Eigenschaften in sogenannten Homogenbereichen zusammenzufassen (Ausgabe 2015) oder in Bodenklassen einzuteilen (Ausgabe 2010).

Die sich nach DIN 18300:2016 ergebenden Angaben zu den Homogenbereichen sind in der nachfolgenden Tabelle ausführlich zusammengestellt.



Tabelle 4: Homogenbereiche DIN 18300:2016

Einordnung			Tragschicht		Auffüllungen		nichtbindige Böden (gewachsen)	
	Kennwert	Einheit	von	bis	von	bis	von	bis
	Bodengruppe (DIN 18196) oder	[-]	GE, GI, GW, SW,		GI, GW, SI, SW, SU		GW, SE, SI, SW	
	ortsübliche Bezeichnung	[-]	Hydraulisch geb. Tragschicht		Auffüllung		Terrassensand	
	Homogenbereich	[-]	B2		C 4		D 2	
	Bodenklasse (DIN 18300:2010)	[-]	6 - 7		3 - 5		3	
	Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)	(T/U/S/G) [M.-%]	k.A.	k.A.	T: 0 U: 5 S: 35 G: 60	T: 10 U: 20 S: 50 G: 20	T: 0 U: 5 S: 90 G: 5	T: 5 U: 15 S: 30 G: 50
	Masse Steine (Co), Blöcke (Bo), große Blöcke (LBo) (DIN EN ISO 14688-1)	[M.-%]			Co: 2 Bo: 0 Lbo: 0	Co: 5 Bo: 5 Lbo: 2	Co: 0 Bo: 0 Lbo: 0	Co: 5 Bo: 5 Lbo: 1
	Dichte erdfeucht (DIN 18125-2)	[kg/m³]	1900	2200	1700	1900	1700	1900
	undrännierte Scherfestigkeit (DIN 18136 / 18137-2)	[kN/m²]	---	---	---	---	---	---
	Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	[M.-%]			5	20	5	20
	Lagerungsdichte (DIN EN ISO 14688 / DIN 18126)	[-]			0,3	0,5	0,3	0,8
	Organischer Anteil (DIN 18128)	[M.-%]			2	10	0	2
	Einaxiale Druckfestigkeit	MN/m²	10	60				

6. Hydrogeologische Situation

Nach dem Informationssystem ELWAS NRW [U2] liegt die Untersuchungsfläche gänzlich im Grundwasserkörper *DEGB_DENW_27_08* - Rheingraben-Nord.



Der Grundwasserkörper besteht aus Kiessanden und Sanden jüngerer Niederterrassen des Rheins.

Bei den Feldarbeiten im November 2022 wurden in der eingerichteten Grundwassermessstelle KRB GWM 1 ein Grundwasserstand von 5,56 m unter GOK (=21,36 m NHN) gemessen.

Gemäß Informationssystem Elwas wurden in der südwestlich gelegenen Grundwassermessstelle (DU RHEINH. P33) im Zeitraum von 1953 bis 1983 ein maximaler Grundwasserstand von $GW_{\max} = 23,50$ m NHN gemessen. Bei einer Interpolation der Geländeoberkante würde dies im Untersuchungsbereich einen minimalen Flurabstand im tiefsten Punkt (KRB 9.1) von 3,04 m ergeben.

Aus den von den Wirtschaftsbetrieben Duisburg zur Verfügung gestellten Grundwasserganglinien der LINEG lassen sich zwei (2553H und 446) südwestlich gelegene Grundwassermessstellen erkennen. Der höchste gemessene Grundwasserstand wurde in der Grundwassermessstelle 447 gemessen mit $GW_{\max} = 25,1$ m NHN. Die Daten der Grundwassermessstelle fangen Ende der 1930er Jahre an und gehen bis Januar 2023. Der maximale Grundwasserstand der Messstelle 447 betrug im Zeitraum von Januar 2010 bis Januar 2023 $GW_{\max} = 22,55$ m NHN.

Bei einer Interpolation der Geländeoberkante würde dies im Untersuchungsbereich einen minimalen Flurabstand im tiefsten Punkt (KRB 9.1) mit $GW_{\max} = 25,1$ m NHN von 1,44 m und mit $GW_{\max} = 22,55$ m NHN von 4,04 m ergeben.

Der Bemessungswasserstand HGW beträgt 25,1 m NHN.

6.1 Durchlässigkeit der Böden

Die Durchlässigkeitsbeiwerte der angetroffenen Böden wurden auf indirektem Weg nach BEYER¹ und LANGGUTH / VOIGT² rechnerisch aus den Erkenntnissen der Bodenansprache und den Ergebnissen der Laborversuche an den entnommenen Bodenproben abgeschätzt und können wie folgt zusammengefasst werden:

Tabelle 5: Durchlässigkeitsbeiwerte

¹ BEYER, W.: Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Sanden aus der Kornverteilungskurve. Wasserwirtschaft-Wassertechnik (WWT), 14. Jahrgang (1964), Heft 6, S. 165.

² LANGGUTH, H.-R. & VOIGT, R.: Hydrogeologische Methoden, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1980.



Bodenart	Testverfahren	Durchlässigkeitsbeiwert (abgeleitet)
Sande	Korngrößenbestimmung	$k_f = 4 \times 10^{-3} - 6,4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

7. Geotechnische Beratung

7.1 Allgemein

Entsprechend der vorliegenden Unterlagen [U1] sollen die Kanal- und die Schachtbauwerke in offener Bauweise erneuert werden. Die geplanten Kanalsohlen liegen auf Höhe zwischen 22,70 m NHN bis 25,89 m NHN bzw. in Tiefen zwischen 2,97 und 3,78 m unter GOK.

Wird die Lage des Kanals mit den angetroffenen Bodenhorizonten verglichen, so liegt der Kanal vollständig im Bereich des gewachsenen Bodens (Homogenbereich D2) mit einer mindestens miteldichten Lagerungsform.

Im Folgenden werden die einzelnen Bauausführungen detaillierter beschrieben.

7.2 Erdarbeiten

7.2.1 Bauzeitliche Sicherung von Baugruben und Gräben

Für die Herstellung der Kanalgräben werden aus Sicht des Gutachters aufgrund der örtlich begrenzten Platzverhältnisse verbaute Baugruben in Frage kommen. Wegen der benachbarter Leitungsführungen sind bei der Verbauplanung verformungs- und erschütterungsarme Bauweisen zu empfehlen.

Für die Bemessung des Verbaus kann von den Kapitel 5.4 genannten charakteristischen Bodenkennwerten und den hergeleiteten Homogenbereichen ausgegangen werden. Für eine verformungsarme Ausführung ist der erhöhte aktive Erddruck anzusetzen.



Baugruben und Gräben sind gemäß DIN 4124:2012 und DIN EN 1610:2015 herzustellen und zu sichern. Dabei müssen die senkrechten Baugruben- bzw. Grabenwände bei Tiefen von $\geq 1,25$ m verbaut werden. Bei den hier angetroffenen Böden sind Verbauarten zu wählen, die mit dem Bodenaushub sukzessiv fortschreiten oder vor Beginn der Bodenaushubarbeiten eingebracht werden können. Der zur Ausführung kommende Verbau ist statisch nachzuweisen und verformungsarm auszubilden. Bei den vorliegenden Böden eignen sich z.B. Verbauboxen und Gleitschienenverbaue, möglich ist auch der Einsatz von einer Trägerbohlwand. Voraussetzung ist, dass der Boden dicht an der Verbauwand anliegt und sich nicht entspannen kann. Hier kann der aktive Erddruck bei der Bemessung des Verbaus angesetzt werden. Die relativ kleinen Abstände zur Nachbarbebauung und den erdverlegten Kabeln und Leitungen sind zu berücksichtigen.

Weitere Hinweise für die Verlegung der Kanalrohre sind im Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 enthalten.

Bezüglich des erforderlichen Abstandes schwerer Fahrzeuge (Bagger, LKW o.ä.) hinter den Böschungskronen oder dem Verbau sei auf die DIN 4124 verwiesen. Die DIN 4124 sieht für Fahrzeuge und Geräte mit einem Gesamtgewicht bis 12 t einen Mindestabstand $w \geq 1,0$ m und für Fahrzeuge und Geräte mit einem Gesamtgewicht 12 bis 40 Tonnen einen Mindestabstand $w \geq 2,0$ m hinter Böschungskronen vor.

Die geplanten Kanalsohlen sowie die Gründung der Schachtbauwerke liegen, gemäß [U1] vollständig im frostfreien Bereich. Daher sind hier keine zusätzlichen Maßnahmen gegen Frost zu ergreifen. Finden die Baumaßnahmen bei Frost statt bzw. ist die offene Baugrube längerer Zeit dem Frost ausgesetzt, so sollte die Grabensohle geschützt werden, damit gefrorene Schichten weder unterhalb noch um die Rohrleitung herum verbleiben.

7.2.2 Grabensohlen, Schachtsohlen

Gemäß der vorliegenden Planung befinden sich die geplanten Baugrubensohlen in der nichtbindigen Auffüllung, die dicht bis sehr dicht gelagert ist. Erfahrungsgemäß wird die Grabensohle beim Aushub gestört und ist anschließend ordnungsgemäß nachzuverdichten.

Auf dem Erdplanum ist in Anlehnung an ZTV A-StB 12 folgender Verformungsmodul mittels statischen Plattendruckversuchs nach DIN 18134:2012 oder dynamischen Plattenversuche (Sohle) nach DIN 18134:2012 nachzuweisen:



- $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$
- $E_{vd} \geq 30 \text{ MN/m}^2$

Auf der Bettungsschicht sollten in Anlehnung an ZTV A-StB 12 und ZTV E-StB 09 die Anforderungen an das 10 %-Mindestquantil des Verdichtungsgrades D_{Pr} wie folgt eingehalten und nachgewiesen werden:

- $D_{Pr} = 97 \% \approx E_{vd} \geq \text{ca. } 35 \text{ MN/m}^2 (\approx E_{v2} = 70 \text{ MN/m}^2)$

Ob die geforderten Verdichtungsgrade (Planum, Grabensohle) auf der Baustelle tatsächlich erreicht werden bzw. worden sind, sollte im Rahmen der erforderlichen Qualitätskontrolle durch Verdichtungsprüfungen überprüft werden, wobei diese sowohl im Rahmen einer Eigenüberwachung durch die ausführende Fachfirma als auch im Rahmen einer Fremdüberwachung durch den Baugrundgutachter anzuraten sind.

Gemäß DIN EN 1610:2015 (Abschnitt 6.5) ist örtlich vorhandener weicher, humoser bzw. nicht dauerhaft tragfähiger Untergrund unterhalb der Grabensohle generell zu entfernen und durch geeignetes Material zu ersetzen.

Die Baugrubensohlen sollten durch einen Gutachter abgenommen werden.

7.2.3 Rohrbettung

Es wird empfohlen, für die Herstellung der Rohrauflagerfläche den Bettungstyp 1 (gem. DIN 1610) zu verwenden.

Das Bettungsmaterial muss aus verdichtungsfähigem Boden bestehen, der beim Rohrdurchmesser $\leq \text{DN } 600$ eine Körnung von $\leq 40 \text{ mm}$ aufweisen darf.

Die Anforderungen an die Rohr- bzw. Kanalbettung nach DIN EN 1610:2015 sind einzuhalten.



7.3 Verfüllung der Baugruben

7.3.1 Verfüllung der Leitungszone

Beim Einbau von Schüttgütern für die Verfüllung der Leistungszone sind in Anlehnung an ZTV A-StB 12 und ZTV E-StB:17 folgende Anforderungen an den Verdichtungsgrad D_{Pr} einzuhalten:

$$\triangleright D_{Pr} = 97 \% \quad \approx \quad E_{Vd} \geq \text{ca. } 35 \text{ MN/m}^2 \quad (\approx E_{v2} = 70 \text{ MN/m}^2)$$

Diese können nur dann erreicht werden, wenn die lockere Schütthöhe und die Anzahl der Verdichtungsübergänge optimal auf die Art des Füllbodens und den Typ des eingesetzten Verdichtungsgerätes abgestimmt werden. Richtwerte der zulässigen lockeren Schütthöhe in Abhängigkeit von Boden und Geräteart können der ZTV A-StB 12 (Anhang 1) entnommen werden. Weitere Hinweise für die Verlegung der Kanalrohre sind im Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127:2000 enthalten.

Alternativ können zeitweise fließfähige selbstverdichtende Verfüllbaustoffe nach H ZFSV:2012 (FGSV-Nr. 563) der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) eingebaut werden. Diese sind insbesondere für die Verfüllung schwer zugänglicher und schwer verdichtbarer Bereiche geeignet, da hier die mechanische Verdichtung wegfällt. Die Anforderungen an die Rohr- bzw. Kanalbettung nach DIN EN 1610:2015 ist auch beim Einsatz von selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen einzuhalten. Hier sind z. B. auch Angaben zur Mindestgrabenbreite zu finden. Eine kraftschlüssige Verlegung der Rohrleitungen ist zu gewährleisten. Hohlräume unterhalb der Kanalrohre oder Teilabschnitte ohne Rohrauflagerung sind zu vermeiden. Bei der Verfüllung der Leitungszone mit ZFSV (Flüssigboden) ist eine ausreichende Auftriebssicherung der Rohre zu gewährleisten.

7.3.2 Verfüllzone - Hauptverfüllung

Für die Wiederverfüllung der Kanalgräben in Verkehrsbereichen sind von den beim Aushub anfallenden Böden die nichtbindigen Sande geeignet. Hinweise zu den geeigneten Baustoffen befinden sich im Abschnitt 9 der ZTV E-StB 17³. Die Verwertungsfähigkeit der Aushubböden wird im Aushub- und Entsorgungskonzept detaillierter beschrieben und erläutert.

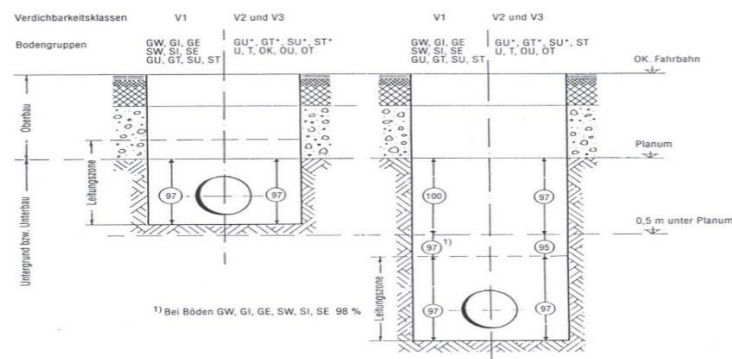
Dabei sind die lockere Schütthöhe und die Anzahl der Verdichtungsübergänge optimal auf die Art des Füllbodens und den Typ des eingesetzten Verdichtungsgerätes abzustimmen. Richtwerte der

³ ZTVE-StB 17: Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017



zulässigen lockeren Schütthöhe in Abhängigkeit von Boden und Geräteart können der ZTV A-StB 12 (Anhang 1) entnommen werden.

Bei der Verfüllung des Rohrgrabens sind die Angaben der nachfolgenden Abbildung zu beachten.



Beispiele für den zu erreichenden Verdichtungsgrad D_{pr} in % nach ZTV A-StB 12.

Entnommen aus Anhang 3 der ZTV A-StB 12: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 1997. - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsausschuß Kommunalen Straßenbau, Köln.

Abbildung 3: Verfüllung von Leitungsgräben

Alternativ können zeitweise fließfähige selbstverdichtenden Verfüllbaustoffe nach H ZFSV:2012 (FGSV-Nr. 563) der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) verwendet werden. Für eine entsprechende Beratung und Rezepturentwicklung steht Ihnen das Ingenieurbüro Borchert jederzeit zur Verfügung.

Beim Einsatz von Recyclingmaterialien für die Verfüllung des Grabens bzw. zur Verwendung als Tragschichtmaterial ist deren wasserwirtschaftliche Unbedenklichkeit nachzuweisen. Im Regelfall ist eine Genehmigung der Unteren Wasserbehörde einzuholen. Ein entsprechender Zeitaufwand ist bei der Projektplanung zu berücksichtigen.

8. Grundwasserhaltungsmaßnahmen

Bei den vorliegenden geotechnischen und hydrologischen Gegebenheiten ist die Ausführung in offener Bauweise grundsätzlich möglich, sofern der erforderliche Absenkungsbetrag nicht mehr als 0,5m beträgt.



Vergleicht man den maximalen Grundwasserstand von $GW_{\max} = 25,1$ m NHN mit der geplanten Grabensohle, so könnte an folgenden Positionen eine geschlossene Wasserhaltung erforderlich sein: KRB 2.1, KRB 3.1, KRB 4.1, KRB 5.1, KRB 6.1, KRB 7.1, KRB 8.1, KRB 9.1 und KRB 10.1.

Hier wird empfohlen, vor Beginn der Baumaßnahme, regelmäßig den Grundwasserstand in der errichteten Grundwassermessstelle zu messen.

Auf Grundlage der Kornverteilung kann die geschlossene Wasserhaltung über eine Schwerkraftentwässerung (vertikale Brunnen) erfolgen.

9. Aushub- und Entsorgungskonzept

9.1 Vorgehensweise

Zur Erstellung von abfallrechtlichen Deklarationsanalysen wurden folgende Proben untersucht:

Tabelle 6: Untersuchungskonzept Schwarzdecke

Bereich	Probe	Teufe	Materialbeschreibung	Analytik
Mauerstraße – auf dem Kanal Schwarzdecke	KRB 1.1/1	0,00 – 0,07	Schwarzdecke	RuVA - StB 01 Asphalt
	KRB 2.1/1	0,00 – 0,10	Schwarzdecke	RuVA - StB 01 Asphalt
	KRB 3.1/1	0,00 – 0,08	Schwarzdecke	RuVA - StB 01 Asphalt
	KRB 4.1/1	0,00 – 0,06	Schwarzdecke	RuVA - StB 01 Asphalt
	KRB 5.1/1	0,00 – 0,05	Schwarzdecke	RuVA - StB 01 Asphalt
	KRB 6.1/1	0,00 – 0,07	Schwarzdecke	RuVA - StB 01 Asphalt
	KRB 7.1/1	0,00 – 0,13	Schwarzdecke	RuVA - StB 01 Asphalt
Kreuzungsbereich – auf dem Kanal	KRB 8.1/1	0,00 – 0,12	Schwarzdecke	RuVA - StB 01 Asphalt
	KRB 9.1/1	0,00 – 0,10	Schwarzdecke	RuVA - StB 01 Asphalt



Bereich	Probe	Teufe	Materialbeschreibung	Analytik
Schwarzdecke	KRB 10.1/1	0,00 – 0,07	Schwarzdecke	RuVA - StB 01 Asphalt
	KRB 11.1/1	0,00 – 0,14	Schwarzdecke	RuVA - StB 01 Asphalt

Tabelle 7: Untersuchungskonzept Tragschicht

Bereich	Probe	Teufe in m	Materialbeschreibung	Analytik
Mauerstraße Tragschicht	KRB 1.1/2	0,07-0,50	Tragschicht	EBV Anlage 1 Tab. 1 Spalten 9-10 Stahlwerksschlacke (SWS-1 bis SWS-2)
	KRB 2.1/2+2.1/3	0,10-0,40	Tragschicht	EBV Anlage 1 Tab. 1 Spalten 9-10 Stahlwerksschlacke (SWS-1 bis SWS-2)
	KRB 3.1/2+3.1/3	0,08-0,50	Tragschicht	EBV Anlage 1 Tab. 1 Spalten 9-10 Stahlwerksschlacke (SWS-1 bis SWS-2)+DepV
	KRB 4.1/2	0,06-0,50	Tragschicht	EBV Anlage 1 Tab. 1 Spalten 9-10 Stahlwerksschlacke (SWS-1 bis SWS-2)
	KRB 5.1/2	0,05-0,39	Tragschicht	EBV Anlage 1 Tab. 1 Spalten 9-10 Stahlwerksschlacke (SWS-1 bis SWS-2)+DepV
	KRB 6.1/2	0,07-0,36	Tragschicht	EBV Anlage 1 Tab. 1 Spalten 9-10 Stahlwerksschlacke (SWS-1 bis SWS-2)
	KRB 7.1/2	0,13-0,48	Tragschicht	EBV Anlage 1 Tab. 1 Spalten 9-10 Stahlwerksschlacke (SWS-1 bis SWS-2)+DepV
Kreuzungsbe- reich Trag- schicht	KRB 8.1/2	0,15-0,50	Tragschicht	EBV Anlage 1 Tab. 1 Spalten 9-10 Stahlwerksschlacke (SWS-1 bis SWS-2)+DepV
	KRB 9.1/2+9/2	0,12-0,33	Tragschicht	EBV Anlage 1 Tab. 1 Spalten 9-10 Stahlwerksschlacke (SWS-1 bis SWS-2)
	KRB 10.1/2	0,07-0,52	Tragschicht	EBV Anlage 1 Tab. 1 Spalten 9-10 Stahlwerksschlacke (SWS-1 bis SWS-2)
	KRB 11.1/2+ KRB 11/2	0,14-0,45	Tragschicht	EBV Anlage 1 Tab. 1 Spalten 9-10 Stahlwerksschlacke (SWS-1 bis SWS-2)+DepV

**Tabelle 8: Untersuchungskonzept Auffüllung**

Bereich	Probe	Teufe in m	Materialbeschreibung	Analytik
Mauerstraße	KRB 2.1/4 bis 2.1/6	0,40-2,10	sandige Auffüllung	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 7-10 (BM F 0* bis BM F3)
sandige Auffüllung	KRB 3.1/3+ KRB 3.1a/3 bis 3.1a/5	0,50-2,10	sandige Auffüllung	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 7-10 (BM F 0* bis BM F3)
	KRB 4.1/3 bis 4.1/5	0,50-2,40	sandige Auffüllung	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 7-10 (BM F 0* bis BM F3)
	KRB 5.1/3 bis 5.1/5	0,30-3,30	sandige Auffüllung	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 7-10 (BM F 0* bis BM F3)
	KRB 6.1/3 bis 6.1/5	0,30-2,30	sandige Auffüllung	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 7-10 (BM F 0* bis BM F3)
	KRB 7.1/3 bis 7.1/5	0,48-2,60	sandige Auffüllung	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 7-10 (BM F 0* bis BM F3)
Kreuzungsbe- reich	KRB 8.1/4+ KRB 8/3+8/4	0,54-1,20	sandige Auffüllung	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 7-10 (BM F 0* bis BM F3)
sandige Auffüllung	KRB 9.1/3 bis 9.1/7	0,33-2,80	sandige Auffüllung	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 7-10 (BM F 0* bis BM F3)
	KRB 10.1/3 bis 10.1/5	0,52 – 2,80	sandige Auffüllung	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 7-10 (BM F 0* bis BM F3)

**Tabelle 9: Untersuchungskonzept gewachsener Boden**

Bereich	Probe	Teufe in m	Materialbeschreibung	Analytik
Mauerstraße gewachsener Boden	KRB 1/3+1/3a+1/4+1/4a	0,44-2,00	gewachsener Boden	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 6 (BM 0*)
	KRB 2/5+2/6	2,20-4,20	gewachsener Boden	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 6 (BM 0*)
	KRB 3/5+3/6	2,20-4,50	gewachsener Boden	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 6 (BM 0*)
	KRB 4/5+4/6	2,20-4,30	gewachsener Boden	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 6 (BM 0*)
	KRB 5/5 bis 5/7	2,00-4,20	gewachsener Boden	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 6 (BM 0*)
	GWM 1/5+1/6	2,50-4,50	gewachsener Boden	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 6 (BM 0*)
Kreuzungsbe- reich gewachsener Boden	KRB 8/5 bis 8/9	1,20-5,00	gewachsener Boden	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 6 (BM 0*)
	KRB 9/7 bis 9/9	2,60-4,90	gewachsener Boden	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 6 (BM 0*)
	KRB 10/6 bis 10/8	2,40-4,70	gewachsener Boden	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 6 (BM 0*)
	KRB 11/2 bis 11/4	0,45-2,00	gewachsener Boden	EBV Anlage 1 Tab. 3 Spalten 6 (BM 0*)

In der **Anlage 4** erfolgt ein tabellarischer Vergleich der Analysenergebnisse mit den Zuordnungswerten. Die chemischen Prüfberichte sind in der **Anlage 5** beigelegt. Die Probennahmeprotokolle sind in der **Anlage 6** dargestellt.



9.2 Bewertungskriterien der Chemischen Analysen

Die Bewertung der Proben der Straßendeckschichten erfolgt nach den Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalten im Straßenbau, RuVA-Stb 01, Ausgabe 2001, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.

Tabelle 10: Verwertungsklassen und Verwertungsverfahren nach RuVA-Stb 01

Verwertungs- klasse	Verwertungsverfahren	Anforderungen an die Bauweise
A	Heißmischverfahren	Keine
A	Kaltmischverfahren mit Bindemittel	Keine
B, C		unter wasserundurchlässiger Schicht
A, B ¹⁾	Kaltverarbeitung ohne Bindemittel	
A1		Keine

¹⁾ Nur für Straßenbaustoffe mit PAK-Gehalten nach EPA im Feststoff von ≤ 100 mg/kg und im Eluat von $\leq 0,03$ mg/l

Die Bewertung der Verwertungsfähigkeit von Bodenaushub erfolgt mit Hilfe der **Verordnung der Bundesregierung vom 11.06.2021**, der sogenannten **Mantelverordnung (EBV)**. Hier werden Zuordnungskriterien für die stoffliche Verwertung von mineralischen Ersatzbaustoffen aufgestellt.

Die Verwertung von Bodenaushub erfolgt nach der EBV-Tabelle 5 bis 8.

Die Verwertung der Stahlwerksschlacken erfolgt nach der EBV-Tabelle 13 und 14.

Bei Schadstoffgehalten über dem SWS-2- oder BM F3-Wert ist eine bautechnische Verwertung von Bodenaushub im Sinne der EBV ausgeschlossen. Die Bewertung der Schadstoffbelastungen erfolgt dann mit Hilfe der „Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV – Deponieverordnung)“, Stand 02.05.2013. Hier werden im Anhang 3, Tabelle 2, Zuordnungskriterien für eine Beseitigung auf Deponien der Deponieklassen DK0 bis DK III bzw. für eine Deponietechnische Verwertung beim Einbau in die geologische Barriere bzw. Rekultivierungsschicht aufgestellt.

Für die abfallrechtliche Zuordnung von Abfallschlüssel-Nummern wird die Abfallverzeichnisverordnung⁴ (AVV) unter Berücksichtigung der Hinweise auf die Anwendung der Abfallverzeichnisverordnung⁵ herangezogen.

⁴ Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis – Abfallverzeichnisverordnung – AVV; BGBl. I. S. 1623, Stand 15.07.2006

⁵ Hinweise auf die Anwendung der Abfallverzeichnisverordnung; BGBl. I. 2279 / BGBl. I S.2833



9.3 Bewertung der Straßendeckschichten

Die Deckschichten der untersuchten Bereiche können anhand vorliegender Analytik wie folgt eingestuft werden:

Tabelle 11: Bewertung der Schwarzdeckenproben

Probe	relevante Parameter	Zuordnung RuVA-Stb 01	Abfallschlüsselnummer gem. AVV
KRB 1.1/1	PAK: 1,70 mg/kg	A1	170302
KRB 2.1/1	PAK: nicht bestimmbar	A1	170302
KRB 3.1/1	PAK: 1,50 mg/kg	A1	170302
KRB 4.1/1	PAK: 2,30 mg/kg	A1	170302
KRB 5.1/1	PAK: 0,90 mg/kg	A1	170302
KRB 6.1/1	PAK: nicht bestimmbar	A1	170302
KRB 7.1/1	PAK: nicht bestimmbar	A1	170302
KRB 8.1/1	PAK: nicht bestimmbar	A1	170302
KRB 9.1/1	PAK: nicht bestimmbar	A1	170302
KRB 10.1/1	PAK: 5,49 mg/kg	A1	170302
KRB 11.1/1	PAK: 272 mg/kg	B	170302

9.4 Bewertung der Verwertungsfähigkeit der Bodenmaterialien

9.4.1 Tragschicht

Die Tragschicht besteht fast ausschließlich aus hydraulisch gebundener Schlacke. Nach der visuellen Begutachtung und der Nähe zum Duisburger Stahlwerk, ist diese im Rahmen der Verwertung nach der Ersatzbaustoffverordnung als Stahlwerksschlacke analysiert worden.

Nach der vorliegenden Auswertung der chemischen Analysen kann das Material der untersuchten Proben abfallrechtlich wie folgt eingestuft werden:

**Tabelle 12:** Abfallrechtliche Bewertung der Tragschichtproben

Probe	Relevante Parameter	Zuordnung Stahlwerksschlacke	AVV-Nummer
KRB 1.1/2	---	SWS-1	100101
KRB 2.1/2+2.1/3	Fluorid: 2,0 mg/l	SWS-2	100101
KRB 3.1/2+3.1/3	Fluorid: 5,8 mg/l	>SWS-2	100101
KRB 4.1/2	Fluorid: 4,1 mg/l	SWS-2	100101
KRB 5.1/2	Fluorid: 8,3 mg/l	>SWS-2	100101
KRB 6.1/2	Fluorid: 4,7 mg/l	SWS-2	100101
KRB 7.1/2	Fluorid: 7,2 mg/l	>SWS-2	100101
KRB 8.1/2	Fluorid: 4,9 mg/l	>SWS-2	100101
KRB 9.1/2+9/2	Fluorid: 2,4 mg/l	SWS-2	100101
KRB 10.1/2	Fluorid: 3,3 mg/l	SWS-2	100101
KRB 11.1/2+ KRB 11/2	Fluorid: 5,1 mg/l	>SWS-2	100101

Die Auswertung der Stahlwerksschlacke ergab an 5 Proben eine Überschreitung der Stahlwerksschlackenklasse >SWS-2. Diese ist anschließend nach der DepV untersucht worden. Die Ergebnisse nach Vorlage der Untersuchungsergebnisse nachgereicht:

Tabelle 13: Abfallrechtliche Bewertung der Tragschichtproben nach DepV

Probe	Relevante Parameter	Zuordnung DepV	ASN
KRB 3.1/2+3.1/3	Sulfat: 650 mg/l Fluorid: 1,3 mg/l	DK I	170302
KRB 5.1/2	Sulfat: 450 mg/l Fluorid: mg/l	DK I	170302
KRB 7.1/2	Sulfat: 2,8 mg/l Fluorid: 280 mg/l	DK I	170302
KRB 8.1/2	Glühverlust 6,3 %	DK III	170302
KRB 11.1/2+ KRB 11/2	Ex.lipo.: 0,22 Masse % Sulfat: 490 mg/l Fluorid: 1,4 mg/l	DK I	170302

9.4.2 Auffüllung

Die Auffüllung ist im Rahmen der Ersatzbaustoffverordnung nach BM F0* bis BM F3 untersucht worden. Grund hierfür ist der Fremdstoffanteil von mehr als 10 %.



Nach der vorliegenden Auswertung der chemischen Analysen kann das Material der untersuchten Proben abfallrechtlich wie folgt eingestuft werden:

Tabelle 14: Abfallrechtliche Bewertung der Auffüllung

Probe	Relevante Parameter	Zuordnung EBV	ASN
KRB 2.1/4 bis 2.1/6	---	BM F0*	170504
KRB 3.1a/3 bis 3.1a/5	---	BM F0*	170504
KRB 4.1/3 bis 4.1/5	---	BM F0*	170504
KRB 5.1/3 bis 5.1/5	---	BM F0*	170504
KRB 6.1/3 bis 6.1/5	Leitf.: 483 μ S/cm Chrom: 15 μ g/l	BM F1	170504
KRB 7.1/3 bis 7.1/5	---	BM F0*	170504
KRB 8.1/4+KRB 8/3+8/4	Leitf.: 1790 μ S/cm Sulfat: 870 mg/l	BM F 3	170504
KRB 9.1/3 bis 9.1/7	pH-Wert: 10,8	BM F 3	170504
KRB 10.1/3 bis 10.1/5	Leitf.: 566 μ S/cm PAK: 19 mg/kg	BM F 3	170504

9.4.3 Gewachsener Boden

Der gewachsene Boden ist im Rahmen der Ersatzbaustoffverordnung nach BM 0* untersucht worden. Grund hierfür ist der Fremdstoffanteil von weniger als 10 %.

Nach der vorliegenden Auswertung der chemischen Analysen kann das Material der untersuchten Proben abfallrechtlich wie folgt eingestuft werden:

Tabelle 15: Abfallrechtliche Bewertung des gew. Bodens

Probe	Relevante Parameter	Zuordnung EBV	ASN
KRB 1/3+1/3a+1/4+1/4a	---	BM 0*	170504
KRB 2/5+2/6	---	BM 0*	170504
KRB 3/5+3/6	---	BM 0*	170504
KRB 4/5+4/6	Chrom: 21 μ g/l	BM F1	170504
KRB 5/5 bis 5/7	---	BM 0*	170504
GWM 1/5+1/6	---	BM 0*	170504



KRB 8/5 bis 8/9	---	BM 0*	170504
KRB 9/7 bis 9/9	PAK: 0,41 µg/l	BM F1	170504
KRB 10/6 bis 10/8	---	BM 0*	170504
KRB 11/3 bis 11/4	---	BM 0*	170504

9.5 Kubaturermittlung – offene Bauweise

Bei der Ermittlung der anfallenden Bodenkubatur wird von folgenden Randbedingungen ausgegangen, davon sind die eingebetteten Medien (Rohre, Schächte etc.) noch abzuziehen:

- Grabenbreite Kanal: Ø ca. 2,5 m
- Grundfläche: ca. 250 x 2,5 = 625 m²
- Sohle der Kanal-/Schachtbauwerke: Ø = 3,4 unter GOF

Tabelle 16: Kubaturermittlung und Zuordnung

Homogen-be-reich	Bezeichnung/ Be-merkung	Fläche (in m²)	Aushubstärke (in m)	Kubatur (in m³)	Zuordnung
Schwarzdecke	Schwarzdecke	568	0,10	57	A1
Schwarzdecke	Schwarzdecke (KRB 11.1)	57	0,14	8	B
B 2	Tragschicht (KRB 1.1)	57	0,43	25	SWS-1
B 2	Tragschicht	284	0,35	100	SWS-2
B 2	Tragschicht	284	0,35	100	DK
C4	Auffüllung	355	4,0	1420	BM F0*
C4	Auffüllung	57	4,0	228	BM F1
C4	Auffüllung	86	4,0	344	BM F3

Die Angaben zur Kubatur der Aushubbereiche sind gutachterlich anhand der vorliegenden Unterlagen abgeschätzt worden und besitzen einen orientierenden Charakter. Sie sind nach dem Vorliegen der endgültigen Planung zu überprüfen und gegebenenfalls zu vervollständigen.

10. Schlussbemerkungen

- (1) Sollten während der Baumaßnahme von den bisherigen Feststellungen abweichende baugrundtechnische Gegebenheiten angetroffen werden oder seitens der Bauleitung Zweifel über



die Tragfähigkeit der anstehenden Böden bestehen, sind Baugrubenabnahmen mit dem Projektingenieur der Borchert Ingenieure zu veranlassen.

- (2) Die Schichtgrenzen zwischen den Bohrprofilen sind linear interpoliert und können im tatsächlichen Gelände zwischen den Aufschlussstellen variieren.
- (3) Der vorliegende Bericht ist nur in seiner Gesamtheit verbindlich und bezieht sich ausschließlich auf den uns zum Zeitpunkt der Ausarbeitung bekannten Planungsstand.

Dipl.-Geol. Thomas Kellner
Geschäftsleitung

M.Sc. Philipp Edler
Geologe/Projektingenieur