



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTTECHNIK MBH

Emschergenossenschaft  
GB Planung und Bau  
Gebiet Emscher Hauptlauf  
Frau Ebru Weißler  
Kronprinzenstr. 24  
45128 Essen

Projekt-Nr.	Datei	Diktat	Büro	Datum
40.6699	P6699B211201_DVW	Den/Cun	Witten	01.12.2021

**Projekt-Nr: 1.805**  
**Rheindeich Beeckerwerth**  
**Rheindeich-km 0,0 bis km 0,6 und km 3,6 bis km 4,2**  
**- Baugrundgutachten und**  
**Umwelttechnisches Gutachten für die**  
**Deichverteidigungswege -**

Bestell-Nr. 0010-4500389871-65287

Auftrag vom 20.05.2019

**Gesellschaft:** HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, <https://www.dr-spang.de>  
58453 Witten, Rosi-Wolfstein-Straße 6, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, [zentrale@dr-spang.de](mailto:zentrale@dr-spang.de)

**Geschäftsführer:** Dipl.-Ing. Christian Spang, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christoph Spang

**Niederlassungen:** 73734 Esslingen/Neckar, Eberhard-Bauer-Str. 32, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, [esslingen@dr-spang.de](mailto:esslingen@dr-spang.de)  
60528 Frankfurt/Main, Lyoner Straße 12, Tel. (069) 678 65 08-0, Fax 678 65 08-20, [frankfurt@dr-spang.de](mailto:frankfurt@dr-spang.de)  
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Straße 34, Tel. (03731) 798 789-0, Fax 798 789-20, [freiberg@dr-spang.de](mailto:freiberg@dr-spang.de)  
21079 Hamburg, Harburger Schloßstraße 30, Tel. (040) 524 73 35-0, Fax 524 73 35-20, [hamburg@dr-spang.de](mailto:hamburg@dr-spang.de)  
06618 Naumburg, Wilhelm-Franke-Straße 11, Tel. (03445) 762-25, Fax 762-20, [naumburg@dr-spang.de](mailto:naumburg@dr-spang.de)  
90491 Nürnberg, Erlenstegenstraße 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, [nuernberg@dr-spang.de](mailto:nuernberg@dr-spang.de)  
85521 Ottobrunn, Alte Landstraße 27, Tel. (089) 277 80 82-60, Fax 277 80 82-90, [muenchen@dr-spang.de](mailto:muenchen@dr-spang.de)  
14480 Potsdam, Großbeerenstraße 231, Haus III, Tel. (0331) 231 843-0, Fax 231 843-20, [berlin@dr-spang.de](mailto:berlin@dr-spang.de)

**Banken:** Deutsche Bank AG, Witten, IBAN: DE42 4307 0024 0813 9511 00, BIC: DEUTDE33HAN33  
Stadtsparkasse Witten, IBAN: DE59 4525 0035 0000 0049 11, BIC: WELADED1WTN



---

<b>INHALT</b>	<b>SEITE</b>
<b>1. ALLGEMEINES</b>	<b>4</b>
1.1 Projekt	4
1.2 Unterlagen	4
1.3 Untersuchungen	7
<b>2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE</b>	<b>9</b>
2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung	9
2.2 Baugrund	10
2.3 Hydrogeologie / Grundwasser	13
2.4 Bodenmechanische Laborversuche	14
2.5 Umwelttechnische Untersuchungen	17
2.5.1 Probenauswahl und durchgeführte Untersuchungen	17
2.5.2 Bewertungsgrundlage	19
2.5.3 Ergebnisse der Bodenuntersuchungen	23
2.5.4 Entsorgung und Abfallschlüssel	27
2.6 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften	27
<b>3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE</b>	<b>29</b>
3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke	29
3.2 Bodenkennwerte	30
3.3 Homogenbereiche	30
3.3.1 Allgemeines	30
3.3.2 DIN 18 300 Erdarbeiten	32
3.3.3 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten	33
<b>4. FOLGERUNGEN</b>	<b>34</b>
4.1 Gründung	34
4.2 Baugrube	35
4.3 Grundwasserhaltung	36
4.4 Nachbarbebauung	36
4.5 Geotechnische Kategorie	37



<b>INHALT</b>	<b>SEITE</b>
<b>5. EMPFEHLUNGEN</b>	<b>37</b>
5.1 Gründung	37
5.2 Baugruben	38
5.3 Wasserhaltung / Abdichtung	38
5.4 Sonstige Empfehlungen	39
<b>6. ANLAGEN</b>	
Anlage 1: Übersichtslageplan, 1 : 25.000 (2)	
Anlage 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten, 1 : 1.000 (2)	
Anlage 3: Abwicklungen / Querprofile, L 1 :1000, H 1 : 100 (9)	
Anlage 4: Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	
Anlage 4.1: Zeichenerläuterung Baugrunderkundung (2)	
Anlage 4.2: Bohrsondierungen (BS) (28)	
Anlage 4.3: Schwere Rammsondierung (DPH) (28)	
Anlage 4.4: Kernbohrungen (BK) (entfällt)	
Anlage 4.5: Schürfe (SCH) (8)	
Anlage 5: Bodenmechanische Laborversuche (26)	
Anlage 6: Kernfotos (entfällt)	
Anlage 7: Chemische Analytik	
Anlage 7.1: entfällt	
Anlage 7.2: Prüfbericht (31)	
Anlage 7.3: Auswertung (12)	



## 1. ALLGEMEINES

### 1.1 Projekt

Die Emschergenossenschaft ist für den Reindeich Beeckerwerth, Abschnitt Rheindeich km 0+00 bis km 4+35 (rechtes Ufer) hochwasserschutzpflichtig. Dieser Deichabschnitt liegt rechtsrheinisch zwischen Rhein-km 783,5 und 787,9 in den Duisburger Stadtteilen Beeckerwerth und Marxloh. Auf den Übersichtslageplänen der Anlagen 1.1 und 1.2 sind die beiden hier gegenständlichen Abschnitte dargestellt.

Es sind im Rahmen des Hochwasserschutzes zwei Teilvorhaben am Rheindeich geplant: Die Schaffung eines Auflastfilters und eines landseitigen Deichverteidigungsweges (DVW) in Duisburg-Beeckerwerth sowie die Schaffung eines landseitigen DVW im Bereich der Kläranlage Duisburg-Alte Emscher. Es existiert bereits ein Gutachten für die erdstatischen Nachweise der wasser- und luftseitigen Böschungen des Deiches mit Datum vom 12.05.2020 [U 6]. Die Planung der Deichverteidigungswege erfolgt nach DWA-A-904.

Die Dr. Spang GmbH wurde von der Emschergenossenschaft beauftragt, die erforderlichen geotechnischen und umwelttechnischen Baugrunduntersuchungen durchzuführen. Mit dem vorliegenden Gutachten werden die Ergebnisse vorgelegt.

### 1.2 Unterlagen

Es wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

**[U 1] GeoPortal.NRW;** Geschäftsstelle des IMA GDI Nordrhein-Westfalen, URL-Link: <https://www.geoportal.nrw.de>, Abfrage vom 09.02.2021.

**[U 2] Geologische Karte Nordrhein-Westfalen 1:25.000;** Blatt 4506 (Duisburg), Krefeld 1991.

**[U 3] Hydrogeologische Karte Nordrhein-Westfalen 1:50.000;** Blatt 4506 (Duisburg), Krefeld 1991.



- [U 4] **Fachinformationssystem ELWAS-WEB**; Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW, Düsseldorf, URL-Link: <https://www.elwas-web.nrw.de/elwas-web/index.jsf>, Abfrage vom 09.02.2021.
- [U 5] **Erläuterungsbericht - Vorplanung - Rheindeich Beeckerwerth, Auflastfilter und Deichverteidigungswege, Rheindeich km 0,0 - 0,6 und km 3,6 - 4,2**; Dr. Spang GmbH, Witten, 18.06.2020.
- [U 6] **Baugrunderkundung / Hydraulische und erdstatische Untersuchungen; Duisburg Beck, Rheindeich Beeckerwerth, Untersuchung des bestehenden Deichs von Rheindeich-km 0,0 bis km 0,6 (rechts)**; ICG Leonhardt-Veith GmbH & Co. KG, Düsseldorf, 05.05.2010.
- [U 7] **Baugrunderkundung / Hydraulische und erdstatische Untersuchungen; Duisburg Beck, Rheindeich Beeckerwerth, Untersuchung des bestehenden Deichs von Rheindeich-km 3,5 bis km 4,2 (rechts)**; ICG Leonhardt-Veith GmbH & Co. KG, Düsseldorf, 12.12.2008.
- [U 8] **Rheindeich Beeckerwerth; Rheindeich-km 0,0 bis km 0,6 und km 3,6 bis km 4,2 - Erdstatische Nachweise für die wasser- und luftseitigen Böschungen des Rheindeiches**; Gutachten Dr. Spang GmbH, 12.05.2020.
- [U 9] **ALIZ-Anfrage; Rheindeich km 3,5 – 4,3**; RAG Montan-Immobilien, Essen, 11.06.2019.
- [U 10] **Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen**; Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, Landesbetrieb, Krefeld URL-Link: [https://www.gdu.nrw.de/GDU\\_Buerger/Buerger.html](https://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/Buerger.html), Abfrage vom 16.02.2021.
- [U 11] **LAGA TR Boden: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden)**; Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Stand 05.11.2004.
- [U 12] **DepV: Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung) Änderung durch Art. 2 V v. 30.06.2020.**



- [U 13] Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV:** Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis, vom 10.12.2001, BGBl. I S. 3379, zuletzt geändert durch Art. 1 V v. 30.06.2020 I 1533.
- [U 14] Hinweise zur Anwendung der Abfallverzeichnis-Verordnung,** vom 10. Dezember 2001, BGBl. I S. 337 (zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 24. Juli 2002 (BGBl. I S. 2833)).
- [U 15] Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG;** Kreislaufwirtschaftsgesetz; Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen; Änderung durch Art. 2 G v. 9.12.2020 textlich nachgewiesen, dokumentarisch noch nicht abschließend bearbeitet.
- [U 16] LAGA Technische Hinweise zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit,** Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall, 09.02.2021.
- [U 17] Leitfaden EU\_2018/C\_124/01:** Technischer Leitfaden zur Abfalleinstufung, Europäische Kommission; 09.04.2018.
- [U 18] VERORDNUNG (EG) Nr. 1272/2008\_(02008R1272-DE-10.05.2021):** Verordnung zur Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen; Europäisches Parlament und Rat; 10.05.2021.
- [U 19] Schriftverkehr Dr. Spang GmbH; P6699 Rheindeich DU Beeckerwerth hier:** Probenverlust von 7 Einzelproben durch Unfall im Labor, Eurofins Umwelt West GmbH 15.02.2021.
- [U 20] DGUV-Regel 101-004: Kontaminierte Bereiche;** BG Bau, Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, April 1997 – aktualisierte Fassung Februar 2006.
- [U 21] Technische Regeln für Gefahrstoffe, TRGS 524:** Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten in kontaminierten Bereichen, Ausgabe Februar 2010 zuletzt geändert und ergänzt GMBI. 2011 S. 1018-1019 [Nr. 49-51] vom 19.12.2011).



**[U 22] Kläranlage Duisburg Alte Emscher, Bau von Versorgungsleitungen;** Ergänzende Untersuchungen im Hinblick auf den Arbeitsschutz, Halbach + Lange Ingenieurbüro für Grundbau, Bodenmechanik und Umwelttechnik GmbH, Sprockhövel-Haßlinghausen, 05.02.2021.

**[U 23] Arbeits- und Sicherheitsplan;** Kläranlage Duisburg Alte Emscher - Erneuerung der Stromversorgung der mechanischen Reinigungsstufe, Taberg Ingenieure, Lünen, 12.08.2021.

### 1.3 Untersuchungen

Durch Mitarbeiter der Dr. Spang GmbH wurden vom 29.09.2020 bis zum 27.11.2020 nach DIN EN ISO 22 475-1 insgesamt 42 Kleinrammbohrungen als BS (Schappen-Ø 40 – 60 mm) bis max. 18,70 m unter Geländeoberfläche (GOF) abgeteuft, davon 30 Stück für die DVW. Weiterhin wurden 43 mittelschwere Rammsondierungen (DPM) nach DIN EN ISO 22 476-2 bis max. 19,30 m unter GOF abgeteuft, davon 31 Stück für die DVW. Zur Überprüfung des bisher angenommen Deichaufbaus für die Standsicherheitsberechnungen (siehe [U 8]) wurden im Abschnitt von km 3,6 bis 4,2 zusätzlich an drei Stellen Erkundungen auf der Wasser- und Luftseite sowie auf der Deichkrone ausgeführt. Außerdem wurden 8 Schürfe (SCH) für die DVW bis in Tiefen von 0,60 m unter GOF geschachtet. Die Bodenschichten wurden nach DIN EN ISO 14 688 (Boden) angesprochen und nach DIN 18 196 gruppiert. Die Ergebnisse der Bohrgutaufnahmen sind gemäß DIN 4023 in Anlage 4.2 dargestellt. Die mittelschweren Rammsondierungen sind gemäß DIN EN ISO 22 476-2 als Rammdiagramme in Anlage 4.3 enthalten. Die Schürfe sind ebenfalls gemäß DIN EN 4023 in Anlage 4.5 beigefügt.

Für bodenmechanische sowie umwelttechnische Laborversuche wurden aus dem Bohrgut der Kleinrammbohrungen je Schicht und je Meter Bohrteufe Bodenproben entnommen. Die Anzahl der Proben sowie die Entnahmetiefen sind in den Bohrprofilen in Anlage 4 zu entnehmen. Eine Dokumentation der bodenmechanischen Laborversuche enthält die Anlage 5. In Anlage 7 sind die Ergebnisse der umwelttechnischen Laborversuche enthalten.

Alle Aufschlüsse wurden lage- und höhenmäßig eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist in den Lageplänen der Anlage 2 dargestellt. Die Ansatzhöhen und Endteufen der Aufschlüsse sind den Darstellungen in Anlage 3 und den nachfolgenden Tabellen Tabelle 1.3-1 und Tabelle 1.3-2 zu entnehmen.



Aufschlussbezeichnung	Ansatzhöhe [m NHN]	Endteufe	
		[m u. GOF]	[m NHN]
BS/DPM 01	30,73	3,30 / 3,00	27,43 / 27,73
SCH 01	30,73	0,50	30,23
BS/DPM 02 / DPM 2a	26,04	3,00	23,04
SCH 02	26,04	0,50	5,54
BS/DPM 03	25,66	3,00	22,66
SCH 03	25,66	0,50	25,16
BS/DPM 04	25,51	3,00	22,51
SCH 04	25,51	0,60	25,03
BS/DPM 05	25,92	3,00	22,92
SCH 05	25,92	0,50	25,42
BS/DPM 06	29,12	5,00 / 3,00	24,12 / 26,12
SCH 06	29,12	0,50	28,62
BS/DPM 07	25,04	3,00	22,04
SCH 07	25,04	0,50	24,54
BS/DPM 08	24,61	3,00	21,61
SCH 08	24,61	0,50	24,11
BS/DPM 09	24,53	3,00	21,53
BS/DPM 10	29,11	3,00	26,11
BS/DPM 11	24,99	3,00	21,99
BS/DPM 12	24,42	3,00	21,42

**Tabelle 1.3-1:** Bezeichnung der Baugrundaufschlüsse und Höhe im Bereich Duisburg-Beeckerwerth von km 0,0 bis km 0,6

Aufschlussbezeichnung	Ansatzhöhe [m NHN]	Endteufe	
		[m u. GOF]	[m NHN]
BS/DPM 13	31,98	3,00 / 3,00	28,98 / 28,98
BS/DPM 14	31,48	3,00	28,48
BS/DPM 15	30,19	3,00	27,20
BS/DPM 16	30,24	3,00	27,24
BS/DPM 17	30,13	15,60 / 17,00	14,53 / 13,13
BS/DPM 18	30,26	17,00 / 16,00	13,26 / 14,26
BS/DPM 22	30,07	3,00	27,07





Aufschlussbezeichnung	Ansatzhöhe [m NHN]	Endteufe	
		[m u. GOF]	[m NHN]
BS/DPM 23	29,78	3,00 / 2,40	26,78 / 27,38
BS/DPM 24	27,32	3,00	24,32
BS/DPM 26	27,22	11,70 / 15,00	15,52 / 12,22
BS/DPM 30	27,32	3,00	24,32
BS/DPM 31	27,33	3,00	24,33
BS/DPM 32	26,64	3,00	23,64
BS/DPM 33	27,50	10,00 / 9,80	17,50 / 17,70
BS/DPM 39	25,48	3,00	22,48
BS/DPM 40	27,43	1,10	26,33
BS/DPM 41	28,60	3,00	25,60
BS/DPM 42	32,85	1,70 / 2,00	31,15 / 30,85

**Tabelle 1.3-2:** Bezeichnung der Baugrundaufschlüsse und Höhe im Bereich der Kläranlage Alte Emscher von km 3,6 bis 4,2

## 2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

### 2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung

Das Bauprojekt liegt innerhalb zweier Stadtteile der nordrhein-westfälischen Stadt Duisburg. Es gliedert sich in zwei Bereiche:

Im unteren bzw. südlichen Deichabschnitt von km 0,0 bis km 0,6 ist ein DVW zwischen dem südwestlichen Ortsrand des Stadtteils Beeckerwerth und dem Rheindeich geplant. Der Deich weist eine Kronenhöhe von ca. 31 bis 32,5 m NHN auf und das Hinterland liegt auf einer Höhe von ca. 24,5 bis 26 m NHN, einzelne Abschnitte weisen Höhen bis etwa 29 m NHN auf. Zum Planungszeitpunkt ist das Gelände von hohem Gras und wenigen Büschen bewachsen. Weiterhin stehen Zäune im Bau-feld. Nachbarbebauung ist mit dem unmittelbar angrenzenden Rheindeich sowie den angrenzenden Nebenstraßen Rhöndorfer Straße und Haus-Knipp-Straße vorhanden. Das Gelände ist flach und fällt in Richtung des Rheins ab. Lediglich der Deich bildet eine nennenswerte Erhöhung. Im Deich-



hinterland befindet sich bis ca. km 0,5 eine Wohnsiedlung und im Anschluss bis ca. km 0,6 Grabeland. Die Wohnbebauung und das Grabeland weisen einen Abstand von ca. 25 m bzw. 10 m zum landseitigen Deichfuß auf.

Der zweite Deichabschnitt von km 3,6 bis km 4,2 befindet sich zwischen dem Klärwerksgelände Alte Emscher in Duisburg und dem Rhein auf Höhen zwischen 25,5 m und 32,9 m NHN. Der vorgelagerte Deich weist eine Kronenhöhe von ca. 31,5 m bis 33 m NHN auf und das Hinterland liegt auf einer Höhe von ca. 25,5 m NHN bis 30,5 m NHN. Nach [U 1] sind im Hinterland tiefere und höhere Bereiche vorhanden, zwischen denen deutliche Reliefkanten liegen. Die Deichhöhe ist zu Beginn und Ende des Abschnittes in etwa geländegleich zum umgebenden Gelände. Der geplante DVW verläuft hier ebenfalls auf der Luftseite am Böschungsfuß des Deiches. Das Gelände ist ebenfalls bis auf den Deich flach, fällt zum Rhein hin ab und ist ebenfalls von hohem Gras und wenigen Büschen bewachsen. Der DVW im Bereich besteht aus zwei durch eine Bestandsstraße getrennte Abschnitte und verläuft ca. in nordost-südwestlicher Richtung. An drei Stellen queren mehrrohrige Wasserleitungen obertägig den Deich und DVW.

## 2.2 Baugrund

Mit Bezug auf die Berichte vom Büro ICG [U 6] und [U 7] lassen sich die anstehenden Böden zu insgesamt **4 verschiedenen Bodenhauptgruppen** zusammenfassen. Diese werden in den vorgenannten Berichten ausführlich beschrieben. Für die DVW sind geotechnisch nur die Schichten 1.1, 1.2 und 2 relevant. Diese werden im Folgenden genauer beschrieben:

Am Schichtbeginn wurde zumeist eine etwa 0,1 m bis 0,5 m mächtige humose Deckschicht erkundet. Die humose Deckschicht weist aufgrund ihrer Zusammensetzung nur unter Einschränkung die Eigenschaften eines Oberbodens auf.

**Schicht 1.1: Bindige Auffüllung.** Hierbei handelt es sich um anthropogen angeschüttetes, bindiges Material, das nach DIN EN ISO 14 688 aus einem wechselnd sandigen, teils schwach kiesigen, zumeist schluffigen bis stark schluffigen Ton oder auch stark sandigen bis sandigen, wechselnd kiesigen Schluffen besteht. Als Nebenbestandteile kommen Flusskiese, Ziegelstücke, Schlacke, Bergematerial und Asche vor. Das Material hat braune, schwarze und graue Farben und ist zumeist



schwach humos bis humos bzw. organisch. Die bindige Auffüllung ist zumeist von weicher bis halbfester, aber auch breiiger bis hin zu flüssiger Konsistenz. Lokal wurden auch wechselnd organische / humose Tone bzw. Filterschlamm angetroffen. Es wurden Mächtigkeiten zwischen 0,10 m bis 5,90 m erkundet.

**Schicht 1.2: Rollige Auffüllung.** Hierbei handelt es sich um sandige bis stark sandige, teils schwach schluffige Kiese sowie schluffige, schwach kiesige bis kiesige, z.T. schwach tonige Sande in lockerer bis mitteldichter Lagerung. Die rolligen Auffüllungen sind zumeist schwarz, braun, grau oder rotbraun gefärbt. Es kommen als Nebenbestandteile Ziegelstücke, Flusskiese, Bergematerial, Asche, Schlacke und Hausmüll vor. Das Material ist insgesamt kalkhaltig bis stark kalkhaltig und mäßig bis stark organisch. Es existieren im Baugrund Schichtmächtigkeiten zwischen 0,20 m bis 8,50 m.

Die Mächtigkeiten der Auffüllungen variieren aufgrund der Deichgeometrie und Geländehöhen stark. Im Deichvor- und -hinterland beträgt die Mächtigkeit nur etwa 1 bis 2 m, im Deichkörper wurden Mächtigkeiten von 7 bis 9 m erkundet.

**Schicht 2: Auelehme, und -sande (quartäre Ablagerung).** Hierbei handelt es sich überwiegend um wechselnd sandige, teils schwach tonige Schluffe bzw. stark schluffige, wechselnd sandige Tone in weicher bis halbfester Konsistenz sowie um schluffige Feinsande. Die Auelehme und -sande bilden die oberste gewachsene Bodenschicht und stellen die Aufstandsfläche des Deiches dar. Im Mittel beträgt die Mächtigkeit 3 m. Die Unterkante der Schicht liegt bei etwa 20 bis 22 m NHN im ersten Deichabschnitt und bei ca. 14 bis 18 m NHN im zweiten Deichabschnitt.

**Schicht 3: Terrassensand und Kies.** Diese Baugrundsicht besteht aus sandigem Kies bzw. schluffigem Sand, der fluviatil abgelagert wurde. Sie ist locker bis mitteldicht gelagert, kalkfrei bis kalkhaltig und hat eine braune bis graue Farbe. Ihre Mächtigkeit beträgt mehr als 5,60 m, wobei ihr liegendes nicht erkundet wurde. Aufgrund der Tiefenlage sind die Terrassensande und -kiese für die DVW nicht von Bedeutung.



Schicht Nr.	Bezeichnung	Schichtmächtigkeit [m]	Bodenbeschreibung	
			Bodenart / Farbe	Konsistenz / Lagerungsdichte
1.1	Auffüllung, bindig	0,10 – 5,90	Ton, (stark) schluffig, schwach bis stark sandig, schwach kiesig bis Schluff, (stark) kiesig, (stark) sandig, /meist humos / organisch / Ziegelstücke, Flusskiese, Asche, Schlacke, Bergematerial / braun, schwarz, grau	weich bis halbfest, tlw. breiig bis flüssig
1.2	Auffüllung, rollig	0,20 – 8,50	Sand, schwach bis stark kiesig, (schwach) schluffig, , Kies, (stark) sandig), (schwach) schluffig, lokal schwach steinig / Ziegelstücke, Bergematerial, Flusskiese, Asche, Müll / braun, grau, schwarz, rotbraun	locker bis dicht
2	Auelehme und -sande	> 1,0 - > 8,8	schwach bis stark sandige, z.T. schwach tonige Schluffe / stark schluffige, schwach bis stark sandige Tone / schluffige Feinsande. hellbraun, braun, grau	weich bis halbfest
3	Terrassensande und -kiese	> 1,4 - > 4,4 <sup>1)</sup>	Kies, sandig, z.T. schwach schluffig, Sand, z. T. kiesig, schluffig / braun bis grau	locker bis mitteldicht

1) nicht in allen Bohrungen erkundet

**Tabelle 2.2-1:** Schematischer Baugrundaufbau

Der erkundete Schichtaufbau entspricht stratigraphisch den Angaben der geologischen Karte [U 2].

Zur Beurteilung der Lagerungsdichte des Bodens sowie der Zustandsform sind Sondierungen mit der Mittelschweren Rammsondierungen (Fallgewicht 30 kg, Fallhöhe 50 cm, Spitzenquerschnitt 15 cm<sup>2</sup>) nach DIN EN ISO 22 476-2 ausgeführt worden. Mit der Rammsonde wird u.a. die in Tabelle 2.2-1 angegebene Lagerungsdichte / Konsistenz abgeschätzt.

Unterhalb des Grundwasserspiegels werden insbesondere bei grobkörnigen Böden trotz gleicher Lagerungsdichte geringere Eindringwiderstände gemessen. Bei den bindigen Böden ist zudem die Lagerungsstörung beim Rammvorgang zu berücksichtigen, die eine geringere Konsistenz vortäuscht als der ungestörte Boden tatsächlich aufweist. In diesem Fall ist die Konsistenz aus der Bohrgutansprache zuverlässiger, auch wenn diese zwangsläufig ebenfalls gestört ist. Dies wurde



bei der Angabe der Lagerungsdichte und Konsistenz berücksichtigt. Weiterhin werden die Ergebnisse aus den bodenmechanischen Laborversuchen berücksichtigt.

### 2.3 Hydrogeologie / Grundwasser

Als oberster Grundwasserleiter sind gemäß [U 3] und [U 1] die Terrassensande und -kiese (Schicht 3) zu nennen. Diese weisen hohe Durchlässigkeiten auf. Das Grundwasser fließt gemäß den Darstellungen in [U 1] schräg nach WNW dem Vorfluter Rhein zu. Während Hochwasserereignissen des Rheins kann es zu Stauwasserereignissen und zu einer temporären Umkehr der Fließrichtung des Grundwassers kommen.

Das Untersuchungsgebiet liegt unmittelbar an der Luftseite des Hochwasserdeiches in den natürlichen Überschwemmungsgebieten des Rheins. Nur durch den Deich ist es bei Hochwasserereignissen vor einer Überflutung geschützt.

In den Aufschlüssen wurde während der Baugrunderkundung kein Grundwasser angetroffen. Lediglich in den tiefer ausgeführten Kleinrammbohrungen sowie in der BS 9 wurden nasse Böden angetroffen. Diese nassen Horizonte liegen bis auf eine maximale Höhe von etwa 20 m NHN bzw. in der BS 9 bei etwa 22 m NHN.

Die Bewertung der Grundwasserstände wurde nach DIN EN 1977-2 3.6.3 auf Grundlage der verfügbaren Informationen vorgenommen. Auf Basis zweier im Projektgebiet liegenden Grundwassermessstellen 040431976 und 040432208 mit langjährigen Wasserstandsmessungen ist nach [U 4] mit einem mittleren Grundwasserstand zwischen ca. 17,5 m NHN und 19,0 m NHN auszugehen. Auf dieser Basis wird der **Bauwasserstand** (der während der Bauzeit zu erwartende höchste Wasserstand) auf 20,0 m NHN und der **Bemessungswasserstand** (während der voraussichtlichen Nutzungs- bzw. Lebensdauer zu erwartende höchste Wasserstand) unter Berücksichtigung des Bemessungshochwassers für den Rhein luftseitig auf Höhe der Geländeoberkante angegeben.

Darüber hinaus können aufgrund von Durchlässigkeitsunterschieden zwischen der bindigen und rolligen Auffüllung (Schichten 1.1 und 1.2) sowie zwischen den lehmigen und sandigen Bereichen von Schicht 2 Stauwasserhorizonte bis in Höhe der Geländeoberfläche auftreten. Diese weisen in der Regel eine geringe Ergiebigkeit auf und bluten bei Anschnitt relativ schnell aus.



Aufgrund der z.T. schwachen Durchlässigkeit der oberflächennah anstehenden Auffüllungen (Schicht 1) sowie der Wechsellagerung aus bindigen und rolligen Auffüllungen als auch der bindigen quartären Ablagerungen (Schicht 2) ist in Abhängigkeit von Dauer und Intensität von Niederschlägen saisonal auch oberhalb des Grundwasserspiegels bis in Höhe der GOF mit Schicht- und Sickerwasserzutritten zu rechnen.

Die Bandbreiten der Durchlässigkeitsbeiwerte für die anstehenden Schichten sind in der Tabelle 2.3-1 angegeben.

Es ist insbesondere in den Wechselfolgen mit bindigem und rolligen Material von einer ausgeprägten Anisotropie der Durchlässigkeiten auszugehen, d. h. sie sind parallel der Schichtung durchlässiger als senkrecht dazu.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ [m/s]	Durchlässigkeitsbereich <sup>1)</sup>
1.1	Auffüllung, bindig	$1 \times 10^{-6}$ bis $1 \times 10^{-8}$	schwach durchlässig
1.2	Auffüllung, rollig	$1 \times 10^{-4}$ bis $1 \times 10^{-6}$	durchlässig
2	Auelehme und -sande	$1 \times 10^{-4}$ bis $1 \times 10^{-8}$	schwach durchlässig
3	Terrassensande und -kiese	$5 \times 10^{-3}$ bis $1 \times 10^{-4}$	stark durchlässig bis durchlässig

1) Bezeichnung gemäß DIN 18 130

**Tabelle 2.3-1:** Durchlässigkeitsbeiwerte der Schichten

## 2.4 Bodenmechanische Laborversuche

Zur bodenmechanischen Bewertung des anstehenden Baugrunds und zur Klassifizierung und Festlegung der Bodenkennwerte wurden von der Dr. Spang GmbH bodenmechanische Laborversuche durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Anlage 5 zusammengestellt.

Es wurden insgesamt 9 Bestimmungen des Wassergehalts nach DIN EN ISO 17 892-1, weiterhin 6 Bestimmungen der Plastizität nach DIN EN ISO 17 892-12, 14 Korngrößenverteilungsuntersuchungen nach DIN EN ISO 17 892-4 und 3 Glühverluste nach DIN 18 128 sowie 3 Bestimmungen des Kalkgehalts nach DIN 18 129 beauftragt.



Die Auffüllungen (**Schicht 1.1 und 1.2**) können aufgrund ihrer natürlichen Wassergehalte von 8,5 % bis 78,0 % als erdfeucht bis stark nass eingestuft werden. Zum Zeitpunkt der Probenahme führte der angrenzende Rhein normale Wassermengen.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schichtname	Schicht-Nummer	w <sub>n</sub> [%]	Beurteilung
BS 2	0,7 – 1,8	Auffüllung, rollig	1.2	11,3	erdfeucht
BS 6	0,6 – 1,6	Auffüllung, bindig	1.1	8,4	erdfeucht
BS 9	0,25 – 0,4	Auffüllung, bindig	1.1	18,1	erdfeucht
BS 10	0,7 – 1,7	Auffüllung, bindig	1.1	8,5	erdfeucht
BS 16	0,3 – 0,9	Auffüllung, bindig	1.1	52,6	stark nass
BS 18	0,3 – 0,6	Auffüllung, bindig	1.1	12,6	erdfeucht
BS 22	0,3 – 1,2	Auffüllung, bindig	1.1	65,5	stark nass
BS 24	0,4 – 0,9	Auffüllung, bindig	1.1	12,3	erdfeucht
BS 26	0,3 – 0,6	Auffüllung, bindig	1.1	18,8	erdfeucht

**Tabelle 2.4-1:** Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmung nach DIN EN ISO 17 892-1

Das bindige Material der Auffüllungen (**Schicht 1.1**) ist den Ergebnissen der Plastizitätsuntersuchungen (siehe auch Tabelle 2.4-2) zufolge insgesamt sehr heterogen aufgebaut. Es wurden die Bodengruppen TL, TM und OT ermittelt. Die Konsistenz ist weich bis breiig. Bei den Bodenproben, die der Bodengruppe OT zuzuordnen sind, liegt der Wassergehalt bei 51,6 bis 78,9 %. Die untersuchte Bodenprobe aus der **Schicht 2** (Auelehm) ist den Sand-Schluff-Gemischen (SU) / Sand-Ton-Gemischen zuzuordnen und weist eine halbfeste Konsistenz auf.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	w <sub>n</sub> [%]	w <sub>L</sub> [%]	I <sub>P</sub> [%]	I <sub>c</sub> [-]	Konsistenz	Boden- gruppe <sup>1)</sup>
BS 1	0,2 – 1,2	1.1	A (T, u*, s, g')	20,4	30,0	12,3	0,60	weich	TL
BS 14	1,1 – 2,0	1.1	A (T, fs, o)	63,1	80,7	26,6	0,54	weich	OT
BS 17	0,6 – 1,3	1.1	A (T, fs, o)	78,9	83,5	26,0	0,18	breiig	OT
BS 20	0,3 – 1,4	1.1	A (T, u', fs', g')	32,3	46,7	26,0	0,49	breiig	TM
BS 30	0,35 – 1,35	1.1	A (T, u*, s, o)	51,6	51,8	14,3	-0,06	flüssig	OT
BS 11	0,2 – 1,1	2	U, s*, h'	17,4	22,5	4,5	1,14	halbfest	SU / ST

w<sub>n</sub> = natürlicher Wassergehalt; w<sub>L</sub> = Wassergehalt an der Fließgrenze; I<sub>P</sub> = Plastizitätsindex, I<sub>c</sub> = Konsistenzzahl

1) DIN 18 196

**Tabelle 2.4-2:** Ergebnisse der Plastizitätsuntersuchung nach DIN EN ISO 17 892-12



Die Ergebnisse der Sieb- und Schlämmanalysen sind in der nachstehenden Tabelle 2.4-3 zusammengefasst.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schlammkorn <sup>1)</sup> [%]	Feinstkornanteil <sup>2)</sup> [%]	Bodenart <sup>3)</sup>	Boden- gruppe <sup>4)</sup>
<b>Schicht 1.1: Auffüllung, bindig</b>					
BS 1	0,2 – 1,2	ca. 68	ca. 13	A (T, u*, s, g')	TL <sup>5)</sup>
BS 22	0,3 – 1,2	ca. 87	nicht auswertbar <sup>6)</sup>	A (T, u*, s', h')	nicht auswertbar <sup>6)</sup>
BS 30	0,35 – 1,35	ca. 81	ca. 10	A (T, u*, s, o)	OT <sup>5)</sup>
BS 32	0,5 – 1,3	ca. 41	ca. 4	A (U, s*, g)	(UL – UA)
BS 39	0,0 – 0,7	ca. 57	ca. 3	A (U, s*, g', h)	(UL – UA)
<b>Schicht 1.2: Auffüllung, rollig</b>					
BS 3	0,4 – 1,2	ca. 36	ca. 8	A (S, u, t')	SU*
BS 5	0,0 – 1,0	ca. 30	ca. 8	A (S, u, t')	SU*
BS 13	0,4 – 1,1	ca. 23	-	A (S, u, mg, fg')	SU*
BS 34	0,5 – 1,0	ca. 28	-	A (G, u', fs', ms', gs')	SU* (GU*)
BS 34	1,0 – 2,0	ca. 23	-	A (S, u, fg, mg')	SU*
BS 35	2,7 – 3,7	ca. 21	-	A (G, u, fs', ms', gs')	GU*
<b>Schicht 2: Auelehme und -sande</b>					
BS 4	0,6 – 1,6	ca. 39	ca. 9	S, u*, t'	SU*
BS 8	0,25 – 1,0	ca. 59	ca. 10	T, u*, s*, g'	(TL – TA)
BS 12	0,3 – 1,3	ca. 36	ca. 5	S, u*, g'	SU*

1) Korngröße  $\leq 0,063$  mm

2) Korngröße  $\leq 0,002$  mm

3) DIN EN ISO 14 688 / DIN 4023

4) DIN 18 196

5) unter Berücksichtigung der Plastizitätsuntersuchungen

6) Suspension flockte aus

**Tabelle 2.4-3:** Ergebnisse der Korngrößenverteilungsuntersuchung nach DIN EN ISO 17 892-4

In der **Schicht 1.1** wurden mit den Sieb- / Schlämmanalysen stark schluffige Tone, die sandige bis schwach sandige, teils organische bis humose Anteile aufweisen und stark sandige, schwach kiesige bis kiesige, teils humose Schluffe ermittelt. Die Bodenproben können unter Berücksichtigung der Plastizitätsuntersuchungen nach DIN 18 196 den Bodengruppen OT bis TL zugeordnet werden. Für die beiden untersuchten Bodenproben, bei denen es sich gemäß Kornverteilung um einen Schluff handelt, ist eine Zuordnung zu einer direkten Bodengruppe nicht möglich, da keine Plastizitätsuntersuchung vorliegt. Die Bodenproben aus der **Schicht 1.2** bestehen nach den durchgeführten Sieb- / Schlämmanalysen aus schluffigen, z.T. schwach tonigen, teils kiesigen Sanden bzw. aus





(schwach) schluffigen, sandigen Kiesen, die nach DIN 18 196 den Bodengruppen SU\* und GU\* zugeordnet werden können. Bei den Bodenproben der **Schicht 2** (Auelehme und Sande) kann aufgrund der Sieb- / Schlämmanalyse von stark schluffigen, z.T. schwach kiesiger und teils schwach toniger Sanden ausgegangen werden. Stellenweise handelt es sich aber auch um einen stark schluffigen, stark sandigen, schwach kiesigen Ton. Die untersuchten Bodenproben sind den Bodengruppen SU\* bzw. TL bis TA zuzuordnen.

Der Glühverlust der untersuchten Proben aus der Schicht 1.1 liegt zwischen 10,0 % und 15,1 %. Die Schicht 1.1 ist als mäßig organisch einzustufen. Der Glühverlust der untersuchten Probe aus der Schicht 2 liegt bei 2,4 % und ist als schwach organisch einzustufen. Zusätzlich wurde bei zwei der drei Bodenproben der Kalkgehalt bestimmt. Dem Ergebnis nach ist die untersuchte Bodenprobe aus der Schicht 1.1 mit 17,7 % als kalkhaltig zu bezeichnen. Dies gilt ebenso für die untersuchte Bodenprobe aus der Schicht 2 mit einem Kalkgehalt von 7,1 %.

Aufschluss	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	Glühverlust $v_{GI}$ [%]	Kalkgehalt $v_{Ca}$ [%]
BS 25	1,2 – 2,5	1.1	A (T, u*, fs', h)	10,0	17,7
BS 39	0,0 – 0,7	1.1	A (U, s*, g', h)	15,1	Entfällt
BS 11	0,2 – 1,1	2	U, s*, h'	2,4	7,1

**Tabelle 2.4-4:** Organische Bestandteile nach DIN 18 128 und Kalkgehalt nach DIN 18 129

## 2.5 Umwelttechnische Untersuchungen

### 2.5.1 Probenauswahl und durchgeführte Untersuchungen

Zur umwelttechnischen Einstufung wurden aus den gewonnenen Bodenproben der Bohrungen insgesamt 13 Mischproben und 2 Einzelproben aus den Auffüllungen und in Bereichen aus dem gewachsenen Boden bis in eine Tiefe von max. 1 m gebildet und gemäß [U 11] durch Eurofins Umwelt West GmbH untersucht. Die Prüfberichte sind der Anlage 7.2 zu entnehmen.

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die durch das Labor Eurofins gebildeten Mischproben, die Lage sowie die Zuordnung zur Teufe, das Material und den Untersuchungsumfang.



Mischprobe	Bohrsondierungen	Tiefe [m]	Material	Untersuchungsumfang
MP0001474 (km 0,0 - 0,8)	BS 1 BS 2	0,0 – 0,2 0,4 – 0,7	A (G, s, u, h) mFb: Schlacke, Bergematerial	LAGA TR Boden + DepV
MP0001475 (km 0,0 - 0,8)	BS 2 BS 3 BS 4	0,0 – 0,4 0,0 – 0,4 0,0 – 0,6	A (U, s*, g, h) mFb: Schlacke, Kalkstücke	LAGA TR Boden + DepV
MP0001476 (km 0,0 - 0,8)	BS 6 BS 10	0,3 – 0,6 0,35 – 0,7	A (S/G, g*, u') mFb: Schlacke, Keramik	LAGA TR Boden + DepV
MP0001477 (km 0,0 - 0,8)	BS 7 BS 9	0,0 – 0,5 0,0 – 0,25	U, s*, h'	LAGA TR Boden + DepV
MP0001478 (km 0,0 - 0,8)	BS 7 BS 8 BS 9	0,5 – 1,3 0,0 – 0,25 0,4 – 1,3 <sup>1)</sup>	fS, u, ms' S, u, g', h'	LAGA TR Boden + DepV
MP0001479 (km 3,6 - 4,2)	BS 13 BS 15 BS 16	0,0 – 0,4 0,2 – 1,1 0,9 – 1,1	A (S, g, u') mFb: Bergematerial, Kohle, Schlamm	LAGA TR Boden + DepV <sup>2)</sup>
MP0001480 (km 3,6 - 4,2)	BS 15 BS 16	0,0 – 0,2 0,0 – 0,3	A (U, s, h)	LAGA TR Boden
MP0001481 (km 3,6 - 4,2)	BS 18 BS 22 BS 23	0,0 – 0,3 0,0 – 0,3 0,0 – 0,6	A (U / T, u*, s', g, h) mFb: Kohle, Schlamm, Bergematerial, Schlacke	LAGA TR Boden + DepV
MP0001482 (km 3,6 - 4,2)	BS 18	0,3 – 0,6 <sup>1)</sup> 0,8 – 1,3 <sup>1)</sup>	A (S, g', u) mFb: Schlacke, gebr. Halde	LAGA TR Boden
	BS 23	0,6 – 0,9 0,9 – 1,5 <sup>1)</sup>		
MP0001483 (km 3,6 - 4,2)	BS 24	0,0 – 0,4 0,9 – 2,1 <sup>1)</sup>	A (U/T, s, h*) mFb: Kohle, gebr. Halde	LAGA TR Boden + DepV
	BS 26	0,0 – 0,6		
MP0001484 (km 3,6 - 4,2)	BS 26	0,6 – 1,2 <sup>1)</sup>	A (S, g*, u, t') mFb: Ziegel, Bergematerial	LAGA TR Boden + DepV
MP0001485 (km 3,6 - 4,2)	BS 31 BS 32 BS 33	0,0 – 0,3 <sup>1)</sup> 0,0 – 0,5 0,1 – 0,6	A (G, s, x) mFb: Bergematerial, Schlacke	LAGA TR Boden + DepV
MP0001486 (km 3,6 - 4,2)	BS 31	0,3 – 1,3	A (U/T, s, g*, o) mFb: Bergematerial, Beton	LAGA TR Boden + DepV
	BS 33	0,0 – 0,1 0,6 – 1,6		



Mischprobe	Bohrsondierungen	Tiefe [m]	Material	Untersuchungsumfang
MP0001487 (km 3,6 - 4,2)	BS 40	0,0 – 0,3	A (U, s, g, h) mFb: Schlacke, Glas, Kohleschlamm	LAGA TR Boden
MP0001488 (km 3,6 - 4,2)	BS 39 BS 40 BS 41 BS 42	0,7 – 1,3 0,3 – 1,0 0,0 – 1,3 0,0 – 1,3	A (S/G, g, u, h*) mFb: gebr. Halde, Schlacke, Müll, Bergematerial	LAGA TR Boden + DepV

1) Die Proben wurden im Labor zerstört und konnten nicht analysiert werden.

2) es wurde keine vollständige Analyse gemäß DepV durchgeführt.

mFb: mineralische Fremdbestandteile

**Tabelle 2.5-1:** Übersicht der geplanten Mischproben

Die gegenzeichneten Proben wurden gemäß [U 18] im Labor durch einen Unfall zerstört und konnten somit nicht chemisch untersucht werden.

## 2.5.2 Bewertungsgrundlage

Zur Bewertung der Verwertbarkeit Bodenaushub- und Abbruchmaterialien werden die Zuordnungswerte der LAGA TR Boden [U 11] herangezogen. Die LAGA ist für die Bewertung der Wiederverwertungs- / Beseitigungsmöglichkeiten von Böden bzw. Bauschutt gedacht. Die in der LAGA aufgelisteten Zuordnungswerte sind wie in der nachstehenden Tabelle aufgelistet definiert.

Einbauklasse	Maßnahmen (Auszug)
Z 0	uneingeschränkter Einbau: Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen (Verfüllung von Abgrabungen und Abfallverwertung im Landschaftsbau außerhalb von Bauwerken); erfüllt die Anforderung des vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes
Z 0*	Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht, wenn oberhalb des verfüllten Bodenmaterials eine mindestens 2 m mächtige Schicht aus Bodenmaterial (Vorsorgewerte BBodSchV) eingebaut wird <i>Außerhalb von: Trinkwasserschutzgebieten Zone I bis III A, außerhalb von Heil-schutzquellen Zone I bis III, Wasservorranggebiete und Karstgebiete sowie Gebiete mit stark klüftigem Untergrund (Ergänzung nach TR Boden vom 05.11.2004)</i>



Einbauklasse	Maßnahmen (Auszug)
Z 1.1	eingeschränkter offener Einbau in technischen Bauwerken (wasserdurchlässige Bauweise - Straßen, Wege, Verkehrsflächen, Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen, Unterbau von Gebäuden,-unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht von Erdbaumaßnahmen (Lärm- und Sichtschutzwälle) und Unterbau von Sportanlagen
Z 1.2	wie vor, aber nur bei hydrogeologisch günstigen Verhältnissen, Hydrogeologisch günstig sind u. a. Standorte, bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch flächig verbreitete, ausreichend mächtige und homogene Deckschichten mit geringer Durchlässigkeit und hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt ist. Dieses Rückhaltevermögen ist in der Regel bei mindestens 2 m mächtigen Deckschichten aus Tonen, Schluffen oder Lehmen gegeben. Der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand in der Regel mindestens 2 m betragen.
Z 2	eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen; u.a. im Straßen, Wege- und Verkehrsflächenbau als Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht (Beton, Asphalt, Pflaster mit abgedichteten Fugen) unter wenig durchlässiger Deckschicht (Pflaster, Platten) sowie bei Erdbaumaßnahmen als Lärm- und Sichtschutzwall oder Straßendamm (Unterbau), sofern Niederschlagswasser vom eingebauten Abfall ferngehalten wird; Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 1 m
> Z 2	Einbau/Ablagerung in Deponien; Bestimmung der Deponieklasse nach DepV erforderlich

**Tabelle 2.5-2** LAGA Technische Regel – Allgemeiner Teil (06.11.2003) *mit Ergänzung nach TR Boden (05.11.2004)* - Einbauklassen sowie sich daraus ergebende Konsequenzen für die Verwertung / Beseitigung

Werden die Einbauklassen Z 2 der LAGA [U 11] überschritten, ist eine Verwertung des Materials nicht mehr möglich. Das Material muss in diesem Fall einer Beseitigung zugeführt werden.

Bei einer Überschreitung der o.g. Z 2 - Zuordnungswerten der LAGA TR Boden [U 11] muss zudem geprüft werden, ob das Bodenmaterial gefährliche Inhaltsstoffe enthält, die im Zuge der Arbeiten am Material, beim Transport und bei der Deponierung eine Gefahr darstellen. Diese Gefahr ist gegeben, wenn eine Überschreitung der Konzentrationsgrenzen nach den Technischen Hinweise zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit [U 16] besteht.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Konzentrationsgrenzen im Feststoff auf die Originalsubstanz (OS) und nicht auf die zur abfalltechnischen Bewertung verwendete Trockensubstanz (TS) bezogen wird. Die Umrechnung erfolgt hierbei nach Vorgabe dem Technischer Leitfaden zur



Abfalleinstufung der EU (2018/C124/01) [U 17] Seite 2 Berechnungsmethode: „Die Einstufung von Abfällen muss auf der Grundlage des Feuchtgewichts durchgeführt werden (ursprünglich gemessenes Feuchtgewicht oder anhand der Zahlenangaben für die Trockenmasse errechnetes Feuchtgewicht).“ Es ergibt sich somit als Umrechnungsformel:

Originalsubstanz (OS) = Trockensubstanz (TS) x Trockenrückstand (-)

In der nachfolgenden Tabelle sind für die Parameter der LAGA TR Boden [U 11] die Konzentrationsgrenzen zur Einstufung der Gefährlichkeit nach den Technischen Hinweise der LAGA zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit [U 16] ausgewiesen.

Parameter	Konzentrationsgrenze	Gefahrenrelevante Abfalleigenschaft	Anmerkung
<b>Feststoff</b>			
Arsen	1.000 mg/kgOS	HP 7: karzinogen	
Blei	2.500 mg/kgOS	HP 14: ökotoxisch	Summe HP 14 prüfen
Cadmium	1.000 mg/kgOS	HP 7: karzinogen	
Chrom VI	1.000 mg/kgOS	HP 7: karzinogen	
Kupfer	2.500 mg/kgOS	HP 14: ökotoxisch	Summe HP 14 prüfen
Nickel	1.000 mg/kgOS	HP 7: karzinogen	
Quecksilber			
Zink	2.500 mg/kgOS	HP 14: ökotoxisch	Summe HP 14 prüfen
KW (C10 – C40)	1.000 mg/kgOS (2.500 mg/kgOS)	HP 7: karzinogen (HP 14: ökotoxisch)	Summe HP 14 prüfen
Benzol	1.000 mg/kgOS	HP 7: karzinogen	
∑ LHKW	1.000 mg/kgOS	HP 7: karzinogen	
Benzo(a)pyren	50 mg/kgOS	HP 7: karzinogen	
∑ PCB	50 mg/kgOS	HP 14: ökotoxisch	Summe HP 14 prüfen
<b>Eluat</b>			
Cyanid, leicht flüchtig	0,5 mg/l		
Arsen	200 µg/l		
Blei	1.000 µg/l		
Cadmium	100 µg/l		
Chrom (ges.)	1.000 µg/l		
Kupfer	5.000 µg/l		



Parameter	Konzentrationsgrenze	Gefahrenrelevante Abfalleigenschaft	Anmerkung
Nickel	1.000 µg/l		
Quecksilber	20 µg/l		
Zink	5.000 µg/l		
Phenol	50.000 µg/l		

**Tabelle 2.5-3** LAGA: Technische Hinweise zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit [U 16]

Für eine Beseitigung des Bodenaushubs auf einer Deponie, sind die Deponieklassen gemäß DepV [U 12] anzuwenden.

Deponieklasse	Anforderung
Deponieklasse 0 (DK 0)	Oberirdische Deponie für Inertabfälle (Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nummer 2 für die Deponieklasse 0 werden eingehalten)
Deponieklasse I (DK I)	Oberirdische Deponie für Abfälle (Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nummer 2 für die Deponieklasse I werden eingehalten)
Deponieklasse II (DK II)	Oberirdische Deponie für Abfälle (Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nummer 2 für die Deponieklasse II werden eingehalten)
Deponieklasse III (DK III)	Oberirdische Deponie für nicht gefährliche Abfälle und gefährliche Abfälle (Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nummer 2 für die Deponieklasse III werden eingehalten)
Deponieklasse IV (DK IV)	Untertagedeponie, in der Abfälle a) in einem Bergwerk mit eigenständigem Ablagerungsbereich, der getrennt von einer Mineralgewinnung angelegt ist, oder b) in einer Kaverne, vollständig im Gestein eingeschlossen, abgelagert werden

**Tabelle 2.5-3:** DepV – Deponieklassen sowie Einbauklassen sowie sich daraus ergebende Konsequenzen für die Entsorgung

Die Originalanalytik und die Prüfverfahren für die Einzelparameter sind der Anlage 7.2 (Prüfbericht AR-21-AN-006415-01 Eurofins Umwelt West GmbH) zu entnehmen. Die Analysenergebnisse werden in der Anlage 7.3 den Zuordnungswerten der LAGA TR Boden gegenübergestellt. Die Gegenüberstellung der Analytik für die Bodenprobe zu den Zuordnungswerten der DepV ist der Anlage 7.3 zu entnehmen.



Anhand der Ergebnisse der chemischen Untersuchung können die untersuchten Mischproben unterschiedlichen Einbauklassen zugeteilt werden.

### 2.5.3 Ergebnisse der Bodenuntersuchungen

Die Prüfberichte können der Anlage 7.2 entnommen werden. Die nachstehende Tabelle liefert eine kurze Übersicht der Ergebnisse der umwelttechnischen Untersuchungen. Die Einstufungsgrundlage ist hierbei die LAGA TR Boden. Bei den angegebenen Konzentrationen handelt es sich um die Trockensubstanz gemäß dem Prüfbericht aus Anlage 7.2. Eine Umrechnung in die Originalsubstanz erfolgt in Anlage 7.3.3.

Probe	Material	Einstufung nach LAGA TR Boden	Schadstoffe		Gefährlichkeit nach AVV	AVV-Nr.
			Parameter	Gehalt		
MP0001474	Auffüllung, rollig	> Z 2	TOC	9 M.-%	nicht gefährlich	17 05 04
MP0001475	Auffüllung, bindig	Z 2	TOC PAK	3,8 M.-% 4,67 mg/kg	nicht gefährlich	17 05 04
MP0001476	Auffüllung, rollig	Z 2	PAK	4,05 mg/kg	nicht gefährlich	17 05 04
MP0001477	Gew. Boden, bindig	Z 2	TOC PAK BaP <sup>1)</sup>	3,0 M.-% 14,9 mg/kg 1,6 mg/kg	nicht gefährlich	17 05 04
MP0001478	Gew. Boden, rollig	Z 1.1	Cadmium Nickel Zink TOC	0,5 mg/kg 23 mg/kg 107 mg/kg 1,1 M.-%	nicht gefährlich	17 05 04
MP0001479	Auffüllung, rollig	> Z 2	Blei Zink Cyanid (g.) TOC PAK BaP <sup>1)</sup>	2.020 mg/kg <b>6.210</b> mg/kg 130 mg/kg 5,6 M.-% 49,8 mg/kg 3,6 mg/kg	<b>gefährlich</b>	17 05 03*



Probe	Material	Einstufung nach LAGA TR Boden	Schadstoffe		Gefährlich- keit nach AVV	AVV-Nr.
			Parameter	Gehalt		
MP0001480	Auffüllung, bindig	> Z 2	Blei Cadmium Zink Cyanid (g.) TOC PAK BaP <sup>1)</sup>	2.350 mg/kg 12.3 mg/kg <b>8.560</b> mg/kg 190 mg/kg 11 M.-% 128 mg/kg 7,8 mg/kg	<b>gefährlich</b>	17 05 03*
MP0001481	Auffüllung, bindig	> Z 2	Blei Cadmium Zink Cyanid (g.) TOC PAK BaP <sup>1)</sup>	<b>4.940</b> mg/kg 23 mg/kg <b>19.000</b> mg/kg 190 mg/kg 11 M.-% 128 mg/kg 7,8 mg/kg	<b>gefährlich</b>	17 05 03*
MP0001482	Auffüllung, rollig	> Z 2	Cyanid (g.)	210 µg/l	nicht gefährlich	17 05 04
MP0001483	Auffüllung, bindig	> Z 2	Blei Cadmium Zink Cyanid (g.) TOC PAK BaP <sup>1)</sup>	<b>3.200</b> mg/kg 16,2 mg/kg <b>9.220</b> mg/kg 340 mg/kg 14 M.-% 157 mg/kg 12 mg/kg	<b>gefährlich</b>	17 05 03*
MP0001485	Auffüllung, rollig	> Z 2	Cyanid (g.) Cyanid (g.)	24 mg/kg 640 µg/l	nicht gefährlich	17 05 04
MP0001486	Auffüllung, bindig	> Z 2	Blei Cadmium Zink Cyanid (g.) TOC PAK BaP <sup>1)</sup>	<b>5.550</b> mg/kg 19,4 mg/kg <b>16.100</b> mg/kg 170 mg/kg 8,9 M.-% 52 mg/kg 3,6 mg/kg	<b>gefährlich</b>	17 05 03*
MP0001487	Auffüllung, bindig	> Z 2	Blei Cadmium Zink Cyanid (g.) TOC PAK BaP <sup>1)</sup> PCB (6)	<b>6.140</b> mg/kg 25,3 mg/kg <b>14.300</b> mg/kg 800 mg/kg 25 M.-% 364 mg/kg 26 mg/kg 0,56 mg/kg	<b>gefährlich</b>	17 05 03*





Probe	Material	Einstufung nach LAGA TR Boden	Schadstoffe		Gefährlichkeit nach AVV	AVV-Nr.
			Parameter	Gehalt		
MP0001488	Auffüllung, rollig	> Z 2	Blei Zink Cyanid (g.) PAK Cyanid (g.)	778 mg/kg 2.360 mg/kg 85 mg/kg 33,6 mg/kg 140 µg/l	nicht gefährlich	17 05 04

1) Benzo[a]pyren

**Tabelle 2.5-4:** Bewertung der chemischen Untersuchungen (LAGA TR Boden [U 11])

Die Proben der Auffüllungen wurden aus einem Tiefenbereich von 0,0 bis max. 1,6 m u GOK entnommen und weisen Fremdanteile in Form von Bergematerial, Kohle, Schlacken, gebrannte Halde, Keramik sowie Schlamm auf. In den Auffüllungen zeigen sich vor allem hohe Überschreitungen der Schwermetall - und PAK - Konzentration sowie teilweise erhöhte TOC-Gehalte. Die Auffüllungen sind in die Zuordnungsklassen gemäß LAGA TR Boden von Z 2 zuzuordnen, mit Ausnahme der Proben MP0001474, sowie MP0001479 bis MP0001488 diese überschreiten die Grenzwerte der Einstufungsklasse von Z 2, dabei ist bei der Mischprobe MP0001474 die Einstufung lediglich auf einen hohen TOC-Gehalt zurückzuführen. Im Eluat zeigten sich außer Überschreitungen der Grenzwerte für Cyanid sowie erhöhte Sulfat-Gehalte keine Auffälligkeiten der vorgefundenen hohen Konzentrationen im Feststoff.

Bei den Mischproben MP0001479 bis MP0001481, MP0001483 und MP0001486 bis MP0001487 überschreiten die Konzentrationen der Blei- und Zinkgehalte die Grenzwerte für den gefährlichen Abfall gemäß [U 16]. Für gefährliche Abfälle gilt die elektronische Nachweisführung. Zudem haben die Arbeiten in den Teilbereichen unter Beachtung der **DGUV - Regel 101 - 004 (bisher BGR 128)** zu erfolgen, da es sich dabei um Arbeit in kontaminierten Bereich handelt. Dabei sind zusätzlich die Vorgaben der **TRS 524 [U 20]** zu beachten. Für den Bereich der Kläranlage Duisburg-Alte Emscher existiert bereits ein Arbeits- und Sicherheitsplan des Ingenieurbüros Taberg mit Datum vom 12.08.2021, vgl. [U 23]. Der A+S-Plan sollte auch bei den weiteren Arbeiten im Untersuchungsgebiet aufgrund der analog vorgefundenen Belastungen zur Anwendung kommen.

Gemäß [U 22] handelt es sich bei den angetroffenen Materialien vermutlich um Schlämme aus der Gichtgasreinigung woraus die hohen nachgewiesenen Schwermetallgehalte zu erklären sind.



In den Mischproben des gewachsenen Bodens zeigen sich geringe Überschreitungen der Schwermetalle sowie der PAK-Konzentrationen. Die Mischproben MP0001477 und MP0001478 des gewachsenen Bodens sind dabei in die Zuordnungsklassen Z 1.1. bzw. Z 2 gemäß LAGA TR Boden zuzuordnen.

Aufgrund des zu erwartenden zeitlichen Abstands zwischen der hier vorliegenden Untersuchung und dem Zeitpunkt der Baumaßnahme werden i.d.R. für die Entsorgung Deklarationsanalysen kurz vor der Baumaßnahme oder baubegleitend erforderlich. Seitens der Entsorger wird in Anlehnung an die DepV § 8 Abs. (3) im Allgemeinen eine Analytik akzeptiert, die nicht älter als 1 Jahr ist. Durch die erhöhten organischen Anteile in den Proben wird empfohlen den Parameterumfang für eine Rückstufungsmöglichkeit im Vorfeld abzustimmen und bei den Untersuchungen zu berücksichtigen.

Sollte eine externe Verwertung des Aushubmaterials durch den Entsorger nicht möglich sein, kann das Material folgenden Deponieklassen (DK) zugeordnet werden:

Probe	Material	Einstufung nach DepV	Einstufungsrelevante Parameter		Einstufung Gefährlichkeit nach AVV	AVV-Nr.
			Parameter	Gehalte		
MP0001474	Auffüllung, rollig	DK III	Glühverlust TOC	9,6 [M.-%] 9,0 [M.-%]	nicht gefährlich	17 05 04
MP0001479	Auffüllung, rollig	DK II	TOC	5,6 [M.-%]	<b>gefährlich</b>	17 05 03*
MP0001481	Auffüllung, bindig	> DK III	Glühverlust TOC	18,3 [M.-%] 12 [M.-%]	<b>gefährlich</b>	17 05 03*
MP0001483	Auffüllung, bindig	> DK III	Glühverlust TOC	14,9 [M.-%] 14 [M.-%]	<b>gefährlich</b>	17 05 03*
MP0001485	Auffüllung, rollig	DK III	Glühverlust TOC	8,3 [M.-%] 4,9 [M.-%]	nicht gefährlich	17 05 04
MP0001486	Auffüllung, bindig	DK II	Glühverlust TOC	11,2 [M.-%] 7,2 [M.-%]	<b>gefährlich</b>	17 05 03*
MP0001488	Auffüllung, rollig	DK III	Glühverlust TOC	10 [M.-%] 5,0 [M.-%]	nicht gefährlich	17 05 04

**Tabelle 2.5-5:** Bewertung der chemischen Untersuchungen (DepV)

Aufgrund der erhöhten organischen Anteile in den Mischproben sind alle untersuchten Proben in die Zuordnungsklassen DK III bis > DK III einzustufen. Eine Rückstufung von > DK III in DK III ist jedoch



möglich. Nach Abstimmung mit der zuständigen Behörde und/ oder mit dem Entsorger können durch weitere Untersuchungen Rückstufungen der Proben mit einem erhöhten Glühverlust und/oder TOC-Gehalt erfolgen.

#### 2.5.4 Entsorgung und Abfallschlüssel

In der nachfolgenden Tabelle werden für die anstehende Entsorgung Abfallschlüssel nach EWC/AVV vorgeschlagen. Die vorläufige Einstufung der Materialien erfolgte auf Grundlage vorliegender Altgutachten, organoleptischer Ansprachen und der durchgeführten chemischen Untersuchungen.

Material	AVV-Schlüssel	Abfallbezeichnung EWC (2001) / AVV
Bodenaushub > Z 2 (gefährlich)	17 05 03*	Boden und Steine mit gefährlichen Stoffen
Bodenaushub > Z 2	17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
Bodenaushub Z 2	17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
Bodenaushub < Z 2	17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen

**Tabelle 2.5-6:** Abfallschlüsselnummern der anfallenden Materialien

Grundsätzlich sind Abfälle zu vermeiden und es ist eine Wiederverwertung vor Ort anzustreben. Entstandene Abfälle sind möglichst der Verwertung zuzuführen. Ist dies unmöglich muss der Abfall entsprechend KrWG §15 beseitigt werden. Für die ordnungsgemäße Entsorgung sind die nötigen Genehmigungen (Entsorgungsnachweise, vereinfachte Entsorgungsnachweise) bei den zuständigen Behörden durch den Auftraggeber / -nehmer einzuholen.

#### 2.6 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften

Nach DIN EN 1998-1/NA liegt das Projektgebiet in der Erdbebenzone 0 und der Untergrundklasse T (Übergangsgebiete zwischen Gebieten der Untergrundklasse R und der Untergrundklasse S sowie



Gebiete relativ flachgründiger Sedimentbecken). Das Projektgebiet ist in die Baugrundklasse C (feinkörnige Lockergesteine in mindestens steifer Konsistenz) einzugruppieren.

Das Projektgebiet liegt innerhalb der durch einen Deich abgetrennten natürlichen Überflutungsflächen (Aue) des Rheins.

Der Projektstandort ist nach der RStO 12 der Frosteinwirkungszone F 1 zuzuordnen.

Gemäß [U 1] liegt das Projektgebiet im Landschaftsschutzgebiet „Rekultivierte Halde Alsumer Kippe“. Es liegt nicht in einem Gebiet für den Natur-, Tier- und Pflanzenschutz. Auf der dem Projektbereich in Duisburg-Marxloh gegenüberliegenden Rheinseite liegt das Wasserschutzgebiet „Binsheimer Feld“.

Nach den Angaben in [U 10] sind im Untersuchungsbereich **verlassene Tagesöffnungen** vorhanden. Weitergehende Informationen zum Bergbau sowie zum verfüllten Spülschacht Beeckerwerth-Nordost sind [U 5] zu entnehmen.

Es sind gemäß den Angaben in [U 5] Stellungen von Geschützen aus dem zweiten Weltkrieg entlang des Rheinufers bekannt, so zum Beispiel im Bereich der beiden geplanten Bauabschnitte bei Beeckerwerth und Marxloh. Es muss deshalb mit Kampfmitteln im Boden gerechnet werden. Mit dem Bürger- und Ordnungsamt der Stadt Duisburg wurde für beide Abschnitte abgestimmt, dass die geplante Baumaßnahme auch ohne Oberflächendetektion durchgeführt werden kann, weil davon auszugehen ist, dass eine Oberflächendetektion aufgrund der im Boden vorhandenen Aufschüttungen sowie störender Elemente im Umkreis von 5 Metern technisch nicht durchführbar ist. Zu den konkreten Blindgängerverdachtspunkten im zweiten Abschnitt muss jedoch ein Mindestabstand von 10 m eingehalten werden. Da eine grundsätzliche Garantie auf Kampfmittelfreiheit nicht gewährt werden kann, ist auch bei schichtweisem Abtrag der Boden ständig zu beobachten (Metallteile, Verfärbungen, Geruch Hindernisse, Widerstände usw.). Sollten Kampfmittel gefunden werden, sind die Bauarbeiten sofort einzustellen und unverzüglich das Ordnungsamt, die Feuerwehr oder der Kampfmittelbeseitigungsdienst zu verständigen.

Unter dem Untersuchungsgebiet sind gemäß [U 5] Lagerstätten mineralischer Kohlenwasserstoffe (Steinkohle und Grubengas) bekannt.



### 3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE

#### 3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke

Nach den Erkundungsergebnissen sowie den Kenntnissen u.a. aus Archivunterlagen lassen sich die im Projektgebiet zu erwartenden Böden wie folgt geotechnisch klassifizieren.

Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN		Frostempfindlichkeit <sup>2)</sup>	Verdichtbarkeit <sup>3)</sup>
		18 196	18 300 <sup>1)</sup>		
1.1	Auffüllung, bindig	UL – UM, TL – TA, GU*, SU*, OH, OT	4 <sup>4+5)</sup>	F2 – F3	V2 – V3, z.T. nicht verdichtbar (TA)
1.2	Auffüllung, rollig	SU, SE, SW, GU, GE, GW	3 <sup>5)</sup>	F1 – F3	V1 – V2
2	Auelehme und -sande	SU*, ST*, TL – TA, UL, UM	3 – 4 <sup>4)</sup>	F2 – F3	V1 – V3, z.T. nicht verdichtbar (TA)
3	Terrassensande und -kiese	SE, SW, SU, GE, GW, GU	3	F1 - F3	V1 – V2

1) gemäß DIN 18 300:2012-09

2) Nach ZTV E-StB 17, Tab. 3 (F1 nicht frostempfindlich, F3 sehr frostempfindlich).

3) V1 = verdichtbar, V2 = eingeschränkt verdichtbar, V3 = schwer verdichtbar

4) Der angegebene Boden kann bei Wassersättigung infolge Störung der Lagerung in eine fließende Bodenart übergehen

5) Bodenklasse 6 und 7 bei entsprechendem Steinanteil und Schutt

#### **Tabelle 3.1-1:** Bodenklassifizierung

Die Angabe der Boden- und Felsklassen der Tabelle 3.1-1 nach der zurückgezogenen DIN 18 3xx (Ausgabe 2012) erfolgt informativ. Seit 2015 ist Boden und Fels in Homogenbereiche einzuteilen. Bei der Festlegung der Homogenbereiche sind einsetzbare Bauverfahren und Baugeräte zu berücksichtigen. Eine vorläufige Einteilung in Homogenbereiche wird in Kap. 3.3 Homogenbereiche vorgenommen.

Die bindige Auffüllung (Schicht 1.1) sowie die Auelehme (Schicht 2) können bei Wassersättigung und Lagerungsstörung (z.B. dynamische Beanspruchung, Überfahrten, etc.) in eine fließende Bodenart übergehen.



### 3.2 Bodenkennwerte

Gemäß DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) ist der charakteristische Wert einer geotechnischen Kenngröße als „eine vorsichtige Schätzung desjenigen Wertes festzulegen, der im Grenzzustand wirkt.“ Unter Berücksichtigung dieser Definition lassen sich auf Basis der Untersuchungen und von umfangreichen Erfahrungen mit den im Projektgebiet anstehenden Böden die in Tabelle 3.2-1 zusammengestellten charakteristischen Bodenkennwerte angeben. Lokale Abweichungen sind möglich.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden	Wichte unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	Undrainierte Kohäsion	Steifemodul
		$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_k'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi_k'$ [°]	$c_k'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_{s,k}^{1)}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
1.1	Auffüllung, bindig	19	9	25	5	15	2 – 20
1.2	Auffüllung, rollig	19	10	30	0	0	40 – 60
2	Auelehme und -sande	19	9	25	5	15	5 – 20
3	Terrassensande und -kiese	20	11	35	0	0	40 – 80

1) Ermittlung des Steifemoduls  $E_{s,k}$  für den Laststeigerungsbereich 0 bis 300 kN/m<sup>2</sup>

**Tabelle 3.2-1:** Charakteristische Bodenkennwerte

### 3.3 Homogenbereiche

#### 3.3.1 Allgemeines

Boden und Fels ist gemäß den Normen der VOB/C (seit der Ausgabe 2015) in Homogenbereiche einzuteilen, die für die Ausschreibung verwendet werden sollen. Ein Homogenbereich ist dabei ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für die in den einzelnen Gewerken einsetzbaren Baugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Die Homogenbereiche sind somit ggf. gewerkespezifisch festzulegen und hängen von den einsetzbaren Baugeräten ab. Da die geplanten Bauverfahren zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch nicht festgelegt waren, erfolgt eine vorläufige Einteilung auf Basis der empfohlenen Verfahren gemäß



Kap. 5, die im Zuge des Planungsprozesses bis zur Ausschreibung zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten ist.

Umweltrelevante Inhaltsstoffe wurden bei der Einteilung der Homogenbereiche nur dann berücksichtigt, wenn Sie eine offensichtliche Auswirkung auf das Bauverfahren/Baugerät haben oder den Aufwand beim Arbeiten mit diesen Stoffen beeinflussen. Dies wurde immer dann unterstellt, wenn es sich um gefährlichen Abfall nach der AVV handelt. Sofern eine umwelttechnische Belastung sich im Wesentlichen nur auf die Entsorgungskosten auswirkt, wurde keine Unterteilung in den Homogenbereichen ausgewiesen. Es wird empfohlen die Entsorgung in solchen Fällen über eigene Positionen in der Ausschreibung zu regeln.

Die Homogenbereiche und die angegebenen Eigenschaften beschreiben den Zustand des Bodens und Fels vor dem Lösen. Bei den aufgeführten Eigenschaften und Kennwerten handelt es sich nicht um charakteristische Kennwerte für Berechnungen, sondern um mögliche Spannbreiten, die zur Abschätzung der Bearbeitbarkeit von Boden und Fels verwendet werden können.

**Die Einteilung der Homogenbereiche ist zur Ausschreibung unter Berücksichtigung der geplanten Bauverfahren vom Planer und geotechnischen Gutachter zu überprüfen und ggf. anzupassen.**

Bauzeitliche Überprüfungen sind mit Versuche nach den in der Tabelle 3.3-1 aufgeführten Prüfverfahren durchzuführen.

Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
Bodenmechanik	Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17 892-4
	Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke	Aussortieren, Vermessen, Wiegen
	natürliche Dichte / Feuchtdichte	DIN EN ISO 17 892-2
	undrainierte Scherfestigkeit $c_u$	DIN 4094-4
	Wassergehalt $w_n$	DIN EN ISO 17 892-1
	Plastizitätszahl $I_P$	DIN EN ISO 17 892-12
	Konsistenzzahl $I_C$	DIN EN ISO 17 892-12
	bezogene Lagerungsdichte $I_D$	DIN 18 126 in Verbindung mit Dichtebestimmung nach DIN EN ISO 17 892-2



Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
	organischer Anteil $v_{gl}$	DIN 18 128
	Bodengruppe	DIN 18 196

**Tabelle 3.3-1:** Für eine Überprüfung der Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche anzuwendende Prüfverfahren

### 3.3.2 DIN 18 300 Erdarbeiten

Für die Festlegung der Homogenbereiche für Erdarbeiten (DIN 18 300) wird davon ausgegangen, dass der Aushub mit einem Bagger mittlerer Leistungsklasse (10 – 30 t) ausgeführt wird, der Boden zumindest zum Teil auf der Baustelle zwischengelagert wird und vor Ort wieder eingebaut und verdichtet wird. Daher berücksichtigen die Homogenbereiche sowohl das Lösen als auch den Wiedereinbau und die Verdichtung. Sollte ein Wiedereinbau nicht vorgesehen sein, können die Homogenbereiche weiter zusammengefasst werden.

In der nachfolgenden Tabelle 3.3-2 ist die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Erdarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche angegeben. Es wird davon ausgegangen, dass der Aushub maximal bis in eine Tiefe von 0,50 m unter GOF erfolgt, sodass nur bis in diese Tiefe Homogenbereiche für Erdarbeiten ausgewiesen werden.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche		
	Erd-A	Erd-A* <sup>3)</sup>	Erd-B
Schicht Nr.	1.1, 1.2, 2	1.1, 1.2, 2	1.1
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung (rollig), Auffüllung (bindig, weiche bis halbfeste Zonen), Auelehme und -sande	Auffüllung (rollig), Auffüllung (bindig, weiche bis halbfeste Zonen), Auelehme und -sande	Auffüllung (bindig, flüssige bis breiige Zonen)
umwelttechnische Einstufung	≤ Z 2	> Z 2 <b>gefährlicher Abfall</b> relevante Parameter: Blei, Zink	≤ Z 2





Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche		
	Erd-A	Erd-A* <sup>3)</sup>	Erd-B
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband <sup>2)</sup>			
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	< 10 < 5 < 5	< 10 < 5 < 5	< 5 < 5 < 5
natürliche Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	1,4 – 2,7	1,4 – 2,7	1,0 – 1,5
undrainierte Scherfestigkeit c <sub>u</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	20 - 600	20 - 600	0 - 20
Wassergehalt w <sub>n</sub> [%]	5 – 60	5 – 60	30 – 80
Plastizitätszahl I <sub>P</sub>	0 bis 30 %	0 bis 30 %	0 bis 30 %
Konsistenzzahl I <sub>C</sub> / Bezeichnung <sup>1)</sup>	0,25 bis > 1,0 / weich bis halbfest	0,25 bis > 1,0 / weich bis halbfest	-0,25 bis 0,25 / flüssig bis breiig
bezogene Lagerungsdichte I <sub>D</sub> / Bezeichnung <sup>1)</sup>	15 bis 85 % / locker bis dicht	15 bis 85 % / locker bis dicht	-
organischer Anteil v <sub>gl</sub> / Bezeichnung <sup>1)</sup>	< 2 – 20 % / nicht bis mäßig organisch	< 2 – 20 % / nicht bis mäßig organisch	< 2 – 20 % / nicht bis mäßig organisch
Bodengruppe	SU, SE, SW, GU, GE, GW, UL, UM, TL – TA, GU*, SU*, ST*, OH, OT	SU, SE, SW, GU, GE, GW, UL, UM, TL – TA, GU*, SU*, ST*, OH, OT	UL, UM, TL – TA, GU*, SU*, OH, OT

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Stein, Blöcke und Große Blöcke

3) Der Homogenbereich Erd-A\*, dessen Böden nach der umwelttechnischen Analyse belastet sind, beschränkt sich auf den Abschnitt von km 3,6 bis km 4,2.

**Tabelle 3.3-2:** Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten in Boden

### 3.3.3 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten

Oberboden ist nach DIN 18 320 als eigener Homogenbereich auszuweisen. Der Oberboden ist vor Beginn der Arbeiten abzuschleppen und ist zur Rekultivierung zu verwerten.



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Oberboden
Bodengruppe nach DIN 18 196	OU / OH
ortsübliche Bezeichnung	Mutterboden
Bodengruppe nach DIN 18 915	3, 4, 5
Massenanteil	
Steine [%]	< 10
Blöcke [%]	< 5
große Blöcke [%]	< 5

**Tabelle 3.3-3:** Homogenbereiche gemäß DIN 18 320 für Oberboden

## 4. FOLGERUNGEN

### 4.1 Gründung

Nach [U 5] ist ein Neubau der Deichverteidigungswege nach DWA-M 507 Kap. 6.2.1 vorgesehen. Es ist eine Befestigung mit hydraulischer gebundener Tragschicht bzw. Verbundpflaster angedacht, letztere wurde noch in [U 5] als Vorzugsvariante festgelegt. Nach derzeitigem Planungsstand ist jedoch eine Befestigung mittels Asphalttragdeckschicht vorgesehen. Unter Einbeziehung der DWA-A 904 (Richtlinien für den ländlichen Wegebau), die für die Festlegung der Mächtigkeit des Straßenbaus herangezogen wird, ergibt sich bei Ansatz einer hohen Beanspruchung und einem zu erreichenden Verformungsmodul von  $E_{v2} = 30 \text{ MN/m}^2$  eine 10 cm dicke Pflasterdecke mit 3 bis 5 cm Pflasterbett auf einer 30 cm mächtigen Schotterdecke. Bei Anordnung einer hydraulisch gebundenen Tragschicht ergibt sich der Aufbau zu 14 cm Tragschicht auf 30 cm Schotter - eine hydraulisch gebundene Tragschicht ist nach DWA-A 904 aber nur für eine mittlere Beanspruchung gedacht. Auf der Tragschicht ist ein  $E_{v2}$ -Wert von min. 80 MN/m<sup>2</sup> nachzuweisen. Alternativ ist die Ausbildung des Deichverteidigungsweges auch nach RStO 12 möglich. Die Dicke des frostsicheren Oberbaus ergibt sich nach RStO 12 für die Belastungsklasse Bk0,3 und F3-Böden im Untergrund unter Berücksichtigung von Mehr- oder Minderdicken nach Tabelle 7 der RStO 12 zu 55 cm. Bei Wahl einer Asphaltdecke ergeben sich folgende Schichtdicken: 4 cm Asphaltdecke, 10 cm Asphalttragschicht auf 41 cm Frostschutzschicht (Tafel 1, Zeile 1, Bk0,3).



Der DVW wird am luftseitigen Böschungsfuß hergestellt. In Höhe GOF stehen, ggf. nach Abschieben des Oberbodens bzw. der humosen Deckschicht, zumeist rollige bis bindige Auffüllungen (Schicht 1.1 und 1.2) an, die überwiegend als mäßig bis sehr schlecht tragfähig einzustufen sind. Oberboden wurde entsprechend den Angaben in Kap. 2.2 beinahe über die gesamte Fläche des Untersuchungsgebietes in einer Mächtigkeit von bis zu 0,5 m, im Mittel 0,3 m angetroffen.

Es ist davon auszugehen, dass der nach DWA-A 904 erforderliche  $E_{v2}$ -Wert von 30 MN/m<sup>2</sup> auf OK Erdplanum nicht durchgängig erreicht wird, weshalb abschnittsweise der Einbau eines bis zu 25 cm mächtigen Bodenaustausches nötig ist (siehe Kap. 5). Anstatt des Bodenaustausches kann jedoch auch die Schichtdicke der Schottertragschicht vergrößert werden.

#### 4.2 Baugrube

Nach derzeitigem Kenntnisstand werden flache Baugruben bis zu einer Tiefe von max. 0,50 m u. GOF (humose Deckschicht plus Bodenaustausch) erforderlich. Baugruben können nach DIN 4124 bis 1,25 m ohne Sicherungen (ungebösch und unverbaut) hergestellt werden. Mit und ohne Sicherungen der Baugrube ist ein lastfreier Streifen  $\geq 0,6$  m an der Böschungsschulter einzuhalten. In Abhängigkeit unmittelbarer Einwirkungen aus Baumaschinen oder Vergleichbarem können lastfreie Streifen  $\geq 2,0$  m erforderlich werden.

Gemäß DIN 4124 sind bei geböschten Baugruben bei rolligen oder weichen bindigen Böden Böschungsneigungen von maximal 45° und bei bindigen mindestens steifen Böden Neigungen von 60° zugelassen. Auch bei diesen Böschungsneigungen sind lokale Ausbrüche nicht auszuschließen, ggf. ist flacher zu böschten. Die Voraussetzungen sind zudem die Wasserfreiheit der Böschung sowie ein Oberflächenschutz (Abdeckung).

**Aushub** ist in den meisten Fällen nur für den Oberbodenabtrag erforderlich, nur lokal wird ein Bodenaustausch notwendig. Hinsichtlich der Lösbarkeit sind keine nennenswerten Schwierigkeiten zu erwarten. Enggestufte Sande sowie bindige Böden können bei Wassersättigung und dynamischer Lagerungsstörung in eine fließende Bodenart übergehen. Die Aushubböden können aus bodenmechanischer Sicht (ggf. nach Aussortieren von Stein- / Schuttanteilen) grundsätzlich wieder an anderer Stelle eingebaut werden. Anstehender Oberboden kann allerdings nur in seiner ursprünglichen Funktion wiederverwendet werden.



Zudem haben die Aushubarbeiten in den Teilbereichen unter Beachtung der **DGUV - Regel 101 - 004 (bisher BGR 128)** zu erfolgen, da es sich dabei um Arbeit in kontaminierten Bereich handelt. Dabei sind zusätzlich die Vorgaben der **TRS 524 [U 20]** zu beachten. Für den Bereich der Kläranlage Duisburg-Alte Emscher existiert bereits ein Arbeits- und Sicherheitsplan des Ingenieurbüros Taberg mit Datum vom 12.08.2021, vgl. [U 23]. Der A+S-Plan sollte auch bei den weiteren Arbeiten im Untersuchungsgebiet aufgrund der analog vorgefundenen Belastungen zur Anwendung kommen.

Alle Erdarbeiten sollten zeitlich so abgestimmt werden, dass ein kontinuierlicher Arbeitsablauf möglich wird. Die Planien, insbesondere bei Antreffen bindiger Auffüllungen, sind vor Durchfeuchtungen und allgemein vor Auflockerungen durch Bautätigkeiten u.ä. zu schützen. Bei einem bindigen Erdplanum sind Quer- / und Längsneigungen gemäß ZTV E-StB 17 zur bauzeitlichen Planumsentwässerung vorzusehen.

#### **4.3 Grundwasserhaltung**

Nach derzeitigem Planungsstand liegt die Aushubsohle bei einer Aushubtiefe von max. ca. 50 cm deutlich oberhalb des angesetzten bauzeitigen Bemessungswasserstand von 20,0 m NHN.

Eine offene Wasserhaltung ist zur Beherrschung und Ableitung von möglichen anfallenden Schicht- und Oberflächenwasser für den Zeitraum der Erdarbeiten in jedem Fall vorzusehen und bei Bedarf einzusetzen.

#### **4.4 Nachbarbebauung**

Nachbarbebauung ist in unmittelbarem Umfeld am nördlichen bzw. oberen DVW im Bereich Klärwerk Alte Emscher durch den Deich selbst, die an den DVW angrenzenden Straßen sowie zwei oberirdisch kreuzende, mehrrohrige Wasserleitungen vorhanden. Im südlichen bzw. unteren DVW bei Beckerwerth ist ebenfalls der Deich selbst angrenzend sowie wieder die anschließenden Straßen und Wege sowie Zäune. Um Regressforderungen vorzubeugen sollte vor Beginn und nach Abschluss der Baumaßnahme eine Beweissicherung an den angrenzenden und für die Bauausführung genutzten Wegen, Leitungen und angrenzenden Zäunen und erfolgen.



#### 4.5 Geotechnische Kategorie

Unter Berücksichtigung der geringen Komplexität der Gründungsarbeiten wird die Baumaßnahme in die geotechnische Kategorie 1 nach Normenhandbuch EC 7 eingeordnet.

### 5. EMPFEHLUNGEN

#### 5.1 Gründung

Gemäß den Angaben im Erläuterungsbericht zur Vorplanung [U 5] wird eine Bauweise mit Verbundpflaster bevorzugt.

Nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen stehen in Höhe der GOF, nach Abschieben der humosen Deckschicht, im Erdplanum mäßig tragfähige rollige Auffüllungen (Schicht 1.2) sowie schlecht bis sehr schlecht tragfähige, zumeist weiche, breiige bis flüssige, bindige Auffüllungen (Schicht 1.1) an. Es ist davon auszugehen, dass der nach DWA-A-904 geforderte  $E_{v2}$ -Wert von 30 MN/m<sup>2</sup> in den weichen, breiigen und flüssigen Zonen der bindigen Auffüllung (Schicht 1.1) nicht durchgängig erreicht wird. Bei den rolligen Auffüllungen ist ggf. eine Nachverdichtung erforderlich. Wo der erforderliche  $E_{v2}$ -Wert nicht erreicht wird, ist ein Bodenaustausch vorzusehen. Alternativ kann ein Geogitter oder ein kombiniertes Geogitter / Geovlies zum Einsatz kommen. Es wird abgeschätzt, dass auf etwa 25 % der Fläche ein Bodenaustausch erforderlich wird.

Die im Planum vorhandenen Tragfähigkeitswerte sind mittels Lastplattendruckversuchen zu ermitteln. In Abhängigkeit der gemessenen Werte ist ggf. ein Bodenaustausch erforderlich, dessen Stärke sich nach den erreichten Verformungsmoduli richtet. In der Tabelle 5.1-1 sind die Dicken eines Bodenaustausches in Abhängigkeit von den vorhandenen Tragfähigkeiten unter Berücksichtigung des geforderten Verformungsmoduls ( $E_{v,2}$ ) zusammengestellt.

erreichtes Verformungsmodul im Planum [MN/m <sup>2</sup> ]	Dicke des erforderlichen Bodenaustausches [cm]
10	25
15	20



erreichtes Verformungsmodul im Planum [MN/m <sup>2</sup> ]	Dicke des erforderlichen Bodenaustausches [cm]
20	15
25	15

**Tabelle 5.1-1:** Dicke Bodenaustausch in Abhängigkeit von den vorhandenen Tragfähigkeiten für die Anforderung  $E_{v,2} = 30 \text{ MN/m}^2$

Enggestufte Sande können am besten mit einer statischen Walze verdichtet werden, bei dynamischer Verdichtung bilden sich unter der Walze kleine Grundbrüche und der Boden lockert dabei auf.

## 5.2 Baugruben

Für den erforderlichen Bodenaustausch werden flache Baugruben erforderlich. Nach DIN 4124 können diese senkrecht geschachtet werden, wenn keine angrenzende Bebauung dadurch gefährdet wird und kleine Nachbrüche zumutbar sind.

Freigelegte Aushubsohlen in nicht bindigen und gemischtkörnigen Lockergesteinen sind mit geeignetem Verdichtungsgerät zu verdichten und sollten kurzfristig überschüttet bzw. überbaut werden. Die Aushubsohlen sind nach dem Freilegen von einem Baugrundgutachter abzunehmen.

## 5.3 Wasserhaltung / Abdichtung

Planmäßig sind für den Straßen- und Wegebau keine Wasserhaltungen erforderlich.

Das Sichern der Arbeiten gegen Niederschlagswasser und ihrer Beseitigung, inkl. Fassen und geordnetes Ableiten von Sickerwässern ist gemäß DIN 18 299 als Nebenleistung anzusehen.



#### 5.4 Sonstige Empfehlungen

Vor Herstellung der Gründungselemente ist der anstehende Baugrund und die Gründungssohle gemäß Normenhandbuch EC 7-1, Abs.4.3.1 (1)P durch die fachgutachterliche Baubegleitung zu kontrollieren und abzunehmen. Im Planum müssen mindestens steife bindige oder mitteldicht gelagerte rollige Böden anstehen. Das Planum ist nach ZTV E-StB 17 mit der Prüfmethode M 3 (Eigenüberwachungsprüfungen im Bereich Untergrund, Planum, etc.: 1 je angefangene 1.000 m<sup>2</sup>, min. jedoch 2 Prüfungen) abzunehmen.

Der erzielte Verformungsmodul auf OK Erdplanum sind durch entsprechende Felduntersuchungen nachzuweisen, zum Beispiel mittels Plattendruckversuchen nach DIN 18 134 oder dynamischen Plattendruckversuchen nach TP Bf-StB Teil B 8.3.

Für die angrenzende bestehende Bebauung und für die wahrscheinlich im Nahbereich der Baumaßnahme vorhandenen Leitungen / Kanäle sowie die Verkehrsflächen wird eine Beweissicherung vor dem Beginn und nach Abschluss der Baumaßnahme empfohlen.

Eine Baugrunderkundung ist naturgemäß eine stichprobenartige Bestandsaufnahme, die zwischen den Aufschlüssen Ergebnisse interpoliert. Abweichungen in gewissem Umfang sind somit nicht gänzlich auszuschließen. Bei Abweichungen der angetroffenen Bodenverhältnisse von den in diesem Gutachten beschriebenen ist die Dr. Spang GmbH umgehend zu benachrichtigen.

Sollten geotechnische Fragen auftreten, die im vorliegenden Gutachten nicht bzw. nicht ausreichend behandelt wurden, oder sollten sich Abweichungen bzw. Abänderungen in den Planungen bzw. Annahmen ergeben, die diesem Gutachten zugrunde gelegt wurden, so ist die Dr. Spang GmbH vom Auftraggeber zu informieren und zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Zur Beantwortung weiterer Fragen stehen wir Ihnen gerne jederzeit zur Verfügung.

i. V. 

M. Sc. Sabrina Denne  
(Teamleiterin)

i. A. (gezeichnet)

M. Sc. Edmund Lars Cunäus  
(Projektgeologe)



DR. SPANG

Projekt: 40.6699

Seite 40

01.12.2021

---

- Verteiler:**
- Emschergenossenschaft, Frau Ebru Weßler, Essen, 3 x, davon 1 x vorab per Mail an <wessler.ebru@eglv.de>
  - Dr. Spang GmbH, Witten, 1 x