

# BERICHT

**Titel: Baugrundbeurteilung und entsorgungstechnische Einstufung des Baugrundes für die Planung von Straßenabwasseranlagen der Köhlbrandbrücke**

**- Baugrundgutachten -**

---

Datum: 03.03.2017  
Auftraggeber: Hamburg Port Authority A.ö.R.  
Projektleitung / Bauüberwachung  
Anlagenmanagement Brücken  
Auftrag vom: 29.08.2016  
Ansprechpartner: Herr Loarca

---

Auftragnehmer: BWS GmbH  
Aktenzeichen: 16.P.92 / KBO-BG  
Projektbearbeitung: Herr Dipl.-Geol. E. Wenzel

Ausfertigung Nr.:

<b>INHALT</b>		<b>Seite</b>
<b>1</b>	<b>Veranlassung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Unterlagen</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Durchgeführte Untersuchungen</b>	<b>3</b>
3.1	Geländearbeiten	3
3.2	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	5
3.3	Entsorgungstechnische Laboruntersuchungen	6
3.4	Grundwasseruntersuchungen	8
<b>4</b>	<b>Untersuchungsergebnisse</b>	<b>9</b>
4.1	Geologischer Aufbau und Darstellung der Baugrundverhältnisse	9
4.1.1	Auffüllungen	9
4.1.2	Organogene Weichschichten	11
4.1.3	Quartäre Schmelzwassersande	12
4.1.4	Homogenbereiche	13
4.2	Hydrogeologische Verhältnisse	13
4.3	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	15
4.4	Entsorgungstechnische Untersuchungen	16
4.5	Grundwasseruntersuchungen	17
4.5.1	Betonaggressivität	17
4.5.2	Stahlkorrosion	18
4.5.3	Einleitparameter	19
<b>5</b>	<b>Auswertung hinsichtlich der Standorte der Abwasseranlagen</b>	<b>21</b>
5.1	Einzugsgebiet EZG 1	21
5.1.1	Baugrundsituation	21
5.1.2	Grund- und Stauwasserverhältnisse	22
5.1.3	Schacht- und Leitungsbau	22
5.1.4	Aushub und Wiederverfüllung	23

5.2	Einzugsgebiet EZG 2	25
5.2.1	Baugrundsituation	25
5.2.2	Grund- und Stauwasserverhältnisse	26
5.2.3	Schacht- und Leitungsbau	27
5.2.4	Aushub und Wiederverfüllung	28
5.3	Einzugsgebiet EZG 3	29
5.3.1	Baugrundsituation	29
5.3.2	Grund- und Stauwasserverhältnisse	30
5.3.3	Schacht- und Leitungsbau	31
5.3.4	Aushub und Wiederverfüllung	31
5.4	Einzugsgebiet EZG 4	33
5.4.1	Baugrundsituation	33
5.4.2	Grund- und Stauwasserverhältnisse	34
5.4.3	Schacht- und Leitungsbau	34
5.4.4	Aushub und Wiederverfüllung	35
5.5	Einzugsgebiet EZG 5	37
5.5.1	Baugrundsituation	37
5.5.2	Grund- und Stauwasserverhältnisse	38
5.5.3	Schacht- und Leitungsbau	38
5.5.4	Aushub und Wiederverfüllung	39
5.6	Einzugsgebiet EZG 6	41
5.6.1	Baugrundsituation	41
5.6.2	Grund- und Stauwasserverhältnisse	42
5.6.3	Schacht- und Leitungsbau	42
5.6.4	Aushub und Wiederverfüllung	43
5.7	Einzugsgebiet EZG 7	44
5.7.1	Baugrundsituation	44

5.7.2	Grund- und Stauwasserverhältnisse	45
5.7.3	Schacht- und Leitungsbau	45
5.7.4	Aushub und Wiederverfüllung	46
5.8	Einzugsgebiet EZG 8	48
5.8.1	Geologische Verhältnisse	48
5.8.2	Grund- und Stauwasserverhältnisse	49
5.8.3	Gründung Sandfang	49
5.8.4	Aushub und Wiederverfüllung	49
5.9	Einzugsgebiet EZG 9	51
5.9.1	Geologische Verhältnisse	51
5.9.2	Grund- und Stauwasserverhältnisse	52
5.9.3	Gründung Schachtbauwerke	52
5.9.4	Aushub und Wiederverfüllung	53
<b>6</b>	<b>Auftriebssicherheit der Schachtbauwerke</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>Bemerkungen</b>	<b>56</b>

**Tabellen**

Tab. 1:	Zusammenstellung der durchgeführten Baugrunduntersuchungen	4
Tab. 2:	Zusammenstellung der durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche	5
Tab. 3:	Zusammenstellung der untersuchten Mischproben	6
Tab. 4:	Zusammenstellung der durchgeführten bauchemischen Untersuchungen	8
Tab. 5:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet	13
Tab. 6:	Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche	15
Tab. 7:	Entsorgungstechnische Einstufung der Mischproben	16
Tab. 8:	Ergebnisse Wasseruntersuchungen auf Betonaggressivität	18
Tab. 9:	Bewertung der Wasserproben hinsichtlich Korrosionswahrscheinlichkeiten	18
Tab. 10:	Untersuchte Parameter für die Einleitung von Baugrubenwasser in das Regenwassersiel	19
Tab. 11:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 1	24
Tab. 12:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 2	28
Tab. 13:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 3	32
Tab. 14:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 4	36
Tab. 15:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 5	40
Tab. 16:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 6	43
Tab. 17:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 7	47
Tab. 18:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 8	50
Tab. 19:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 9	53
Tab. 20:	Berechnungsergebnisse zur Auftriebssicherheit	55

## Anlagen

- Anl. 1: Übersichtslageplan mit Darstellung der Einzugsgebiete
- Anl. 2: Lagepläne und Schnitte für die einzelnen Standorte
  - Anl. 2.1: Einzugsgebiet 1 (EZG 1)
  - Anl. 2.2: Einzugsgebiet 2 (EZG 2)
  - Anl. 2.3: Einzugsgebiet 3 (EZG 3)
  - Anl. 2.4: Einzugsgebiet 4 (EZG 4)
  - Anl. 2.5: Einzugsgebiet 5 (EZG 5)
  - Anl. 2.6: Einzugsgebiet 6 (EZG 6)
  - Anl. 2.7: Einzugsgebiet 7 (EZG 7)
  - Anl. 2.8: Einzugsgebiet 8 (EZG 8)
  - Anl. 2.9: Einzugsgebiet 9 (EZG 9)
- Anl. 3: Entsorgungstechnische Untersuchungsergebnisse (tabellarisch)
  - Anl. 3.1: Untersuchungsergebnisse nach LAGA TR Boden
  - Anl. 3.2: Untersuchungsergebnisse nach DepV
- Anl. 4: Ergebnisse der Berechnungen zur Auftriebssicherheit

## Dokumentation

- Dok. 1: Schichtenverzeichnisse der Kleinrammbohrungen
- Dok. 2: Laborprotokolle der bodenmechanischen Laborversuche
- Dok. 3: Prüfberichte der entsorgungstechnischen Bodenuntersuchungen
- Dok. 4: Prüfberichte zu den Grund- und Stauwasseruntersuchungen
  - Dok. 4.1: Untersuchungsergebnisse Betonaggressivität
  - Dok. 4.2: Untersuchungsergebnisse zur Einleitung in Oberflächengewässer und Korrosionswahrscheinlichkeiten

## 1 Veranlassung

Im Zuge der Sanierung der Köhlbrandbrücke ist eine Neuplanung der Entwässerung erforderlich. Das anfallende Regenwasser wird bislang direkt in die anliegenden Hafengebiete (Travehafen, Rugenberger Hafen, Roßhafen, Roßkanal) sowie in den Köhlbrand eingeleitet.

Aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens mit hohem LKW-Anteil ist das auf der Köhlbrandbrücke anfallende Niederschlagswasser z.T. erheblich belastet. Aus diesem Grund ist für verschiedene Teilezugsgebiete (EZG) an insgesamt 9 Standorten der Neubau von Wasserbehandlungsanlagen vorgesehen.

Die Behandlungsanlagen sollen in das bestehende Leitungs- bzw. Schachtsystem integriert werden. Die vorhandenen Einleitpunkte sollen dabei erhalten bleiben. Geplant sind überwiegend Sedimentationsanlagen (z.B. Typ „SediPipe“ der Fa. Fränkische), die aufgrund der Höhenlagen der Leitungen unterirdisch installiert werden sollen. Lediglich an einem der Standorte (Teilezugsgebiet 8) ist eine oberirdische Versickerung über einen offenen Graben mit bewachsenem Oberboden und Dränage vorgesehen.

Am 29.08.2016 wurde die BWS GmbH von der Hamburg Port Authority A.ö.R., vertreten durch Herrn Loarca, beauftragt, auf der Grundlage von Gelände- und Laboruntersuchungen eine Beurteilung des Baugrunds hinsichtlich der geplanten Baumaßnahmen durchzuführen und ein Baugrundgutachten zu erstellen. Hierfür wurde die BWS GmbH weiterhin beauftragt, die Geländeuntersuchungen fachtechnisch zu begleiten und bodenmechanische Laboruntersuchungen durchzuführen. Zusätzlich umfasste der Auftrag eine orientierende entsorgungstechnische Untersuchung und Bewertung des Bodenmaterials im Bereich der geplanten Anlagenstandorte.

Grundlagen für das Untersuchungskonzept der Baugrunderkundungen bilden die aktuellen Planungsunterlagen der Ingenieurplanung für die Behandlungsanlagen durch die BWS GmbH (s. Kap. 2).

## 2 Unterlagen

Zur Bearbeitung standen der BWS GmbH die folgenden Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Genehmigungsunterlage: Köhlbrandbrücke, Planung von Anlagen zur Straßenabwasserbehandlung inkl. Lagepläne und Schnitte für insgesamt 9 Einzugsgebiete sowie Erläuterungsbericht vom 26.10.2016; BWS GmbH / KLS
- [2] Ausführungsplanung: Köhlbrandbrücke, Planung von Anlagen zur Straßenabwasserbehandlung Einzugsgebiet 8 – Versickerungsgraben von September 2016; BWS GmbH
- [3] Studie zur Machbarkeit einer Straßenabwasserbehandlung an der Köhlbrandbrücke vom 30.01.2015; KLS
- [4] Vermessungspläne: Bestandsaufnahme Oberflächenwasserbehandlungsanlagen der Köhlbrandbrücke Blätter 1 bis 8 vom 11.11.2015, Maßstab 1 : 250; HPA Wassertiefenmanagement / Vermessungsdienst / W342
- [5] Altbohrungen aus dem Archiv der Hamburg Port Authority
- [6] Geologische Übersichtskarte Raum Hamburg 1 : 50.000; herausgegeben vom Vermessungsamt Hamburg 1985
- [7] Geologische Karte von Hamburg 1 : 25.000, Blatt 2425 Hamburg inkl. Erläuterungen; Autor Jürgen Ehlers, Herausgeber Geologisches Landesamt Hamburg
- [8] Geoportal der Freien und Hansestadt Hamburg: Geo-Online Hamburg unter [www.geoportal-hamburg.de](http://www.geoportal-hamburg.de)
- [9] Bohrdatenbank des Geologischen Landesamtes Hamburg unter [www.hamburg.de](http://www.hamburg.de); Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg

### **3 Durchgeführte Untersuchungen**

#### **3.1 Geländearbeiten**

Entsprechend dem bereits mit Abgabe des Angebots vorgelegten Konzept für die Geländeuntersuchungen waren an den insgesamt 9 verschiedenen Anlagenstandorten (EZG 1 bis EZG 9) jeweils zwischen einer und vier Kleinrammbohrungen vorgesehen. Bezüglich der Aufschlusstiefen sollte an jedem Standort mindestens eine der Bohrungen bis in den tragfähigen Baugrund (quartäre Schmelzwassersande) abgeteuft werden und die anderen jeweils durch die Auffüllungen hindurch bis in die natürlichen Weichschichten reichen. Insgesamt waren 20 Kleinrammbohrungen vorgesehen. Bei Antreffen eines oberflächennahen Grundwasserleiters (Stauwasser) wurde in einer der Bohrungen des jeweiligen Einzugsgebietes ein temporärer Rammpegel eingebracht.

Die Geländearbeiten erfolgten im Zeitraum vom 24.10. bis zum 28.10.2016. Die Kleinrammbohrungen wurden im Auftrag der Hamburg Port Authority A.ö.R. durch die Bohrfirma Ruider & Fütterer GmbH ausgeführt und von der BWS GmbH fachtechnisch begleitet.

An allen Bohransatzstellen wurden vorab Handschürfe bis in Tiefen zwischen 1,5 m und 2,0 m unter Gelände durchgeführt, um mögliche unterirdische Leitungstrassen zu erkennen und Beschädigungen zu vermeiden.

In den Einzugsgebieten EZG 2, EZG 3, EZG 4, EZG 5 und EZG 8 mussten Bohrungen aufgrund von Bohrhindernissen in Form von Beton, Leitungen und altem Mauerwerk z.T. mehrfach umgesetzt werden. Die Kleinrammbohrungen IV/3298 (EZG 2) und IV/3300 (EZG 3) konnten auch nach mehrmaligem Umsetzen nicht bis zur vorgesehenen Endteufe ausgeführt werden und mussten in Tiefen zwischen 0,8 m bis 2,0 m abgebrochen werden. Die Bohrung V/3303 musste in einer Tiefe von 5,3 m u. GOK aufgrund mangelnden Bohrfortschritts beendet werden.

Aus den Kleinrammbohrungen wurden bohrbegleitend meterweise oder bei Schichtwechsel Bodenproben entnommen. Die Probenahme erfolgte überwiegend in luftdicht verschließbare PVC-Becher. Die Proben, die für die entsorgungstechnischen Untersuchungen nach LAGA vorgesehen waren, wurden in luftdicht verschließbare Gläser abgefüllt.

Bei Antreffen eines Stau- oder Grundwasserleiters mit für eine Probenahme ausreichender Mächtigkeit wurden pro Einzugsgebiet bei einer der Bohrungen zusätzlich nach Bohrende ein temporärer Rammpegel für die Entnahme einer Wasserprobe eingebaut.

Nach Abschluss der Geländeuntersuchungen wurden im Auftrag der Hamburg Port Authority A.ö.R. von der Eurofins Umwelt Nord GmbH Wasserproben aus den insgesamt 6 errichteten Stauwasserpegeln entnommen. Die Probenahmen wurden am 20. und am 21.12.2016 durchgeführt und beinhalteten die Messung der Vorort-Parameter Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt, pH-Wert und Redox-Spannung.

Alle Bohransatzpunkte wurden durch den HPA-Vermessungsdienst nach Lage und Höhe eingemessen. Die Positionen der Bohransatzpunkte sind dem Lageplan der Baugrundaufschlüsse (Anl. 2) zu entnehmen. Eine Zusammenstellung aller durchgeführten Bohrungen ist in Tab. 1 dargestellt.

**Tab. 1: Zusammenstellung der durchgeführten Baugrunduntersuchungen**

<b>Einzugsgebiet</b>	<b>Bezeichnung / P = temp. Rammpegel</b>	<b>Bohransatzpunkt [m NHN]</b>	<b>Bohrtiefe ab GOK [m] / ET = Endteufe KBF = kein Bohrfortschritt</b>	<b>abgebrochene Bohrversuche</b>
<b>EZG 1</b>	<b>IV/3294</b>	+4,76	15,0 / ET	-
	<b>IV/3295</b>	+4,22	8,0 / ET	-
	<b>IV/3296 + P</b>	+4,33	8,0 / ET	-
	<b>IV/3297</b>	+4,57	8,0 / ET	-
<b>EZG 2</b>	<b>IV/3298</b>	+5,83	0,8 / KBF	4
	<b>IV/3299</b>	+5,70	15,0 / ET	1
<b>EZG 3</b>	<b>IV/3300</b>	+6,03	2,0 / KBF	4
	<b>IV/3301 + P</b>	+6,02	8,0 / ET	-
<b>EZG 4</b>	<b>IV/3302</b>	+5,86	8,0 / ET	-
	<b>IV/3303</b>	+5,93	5,3 / KBF	-
	<b>IV/3304 + P</b>	+5,89	15,0 / ET	2
<b>EZG 5</b>	<b>IV/3305</b>	+6,62	11,0 / ET	1
	<b>IV/3306 + P</b>	+6,63	8,0 / ET	1
<b>EZG 6</b>	<b>IV/3307 + P</b>	+6,53	11,0 / ET	-
	<b>IV/3308</b>	+6,44	8,0 / ET	-
<b>EZG 9</b>	<b>IV/3309</b>	+1,91	8,0 / ET	-
<b>EZG 7</b>	<b>V/3310</b>	+5,74	8,0 / ET	-
	<b>V/3311</b>	+5,98	8,0 / ET	-
	<b>V/3312</b>	+6,00	15,0 / ET	-
<b>EZG 8</b>	<b>V/3313 + P</b>	+4,67	11,0 / ET	3

### 3.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Zur Bestimmung der bodenmechanischen Parameter der anstehenden Bodenarten wurden an repräsentativ ausgewählten Bodenproben die in Tab. 2 aufgelisteten Laborversuche durchgeführt.

**Tab. 2: Zusammenstellung der durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche**

Bohrung	Probe		Hauptbodenart	Siebung	kombinierte Sieb/Schlamm-analyse	Wassergehalt	Zustandsgrenzen	Glühverlust
	Bezeichnung	Tiefe [m]						
IV/3295	3295/6	4,2 – 5,2	A (bindig)		X	X		
IV/3296	3296/4	1,9 – 2,9	A (bindig)				X	
IV/3297	3297/6	4,0 – 5,0	A (sandig)	X				
IV/3299	3299/7	4,1 – 5,1	A (bindig)		X	X		
IV/3301	3301/6	3,5 – 5,0	A (sandig)	X				
IV/3302	3302/4	1,8 – 3,0	A (sandig)	X				
	3302/7	4,5 – 5,9	A (bindig)		X			
IV/3304	3304/8	4,0 – 4,6	A (bindig)			X		X
IV/3305	3305/7	4,0 – 5,0	A (bindig)		X	X		X
IV/3306	3306/6	4,3 – 5,5	A (sandig)	X				
IV/3307	3307/4	1,7 – 2,8	A (sandig)	X				
IV/3308	3308/7	3,5 – 4,5	A (bindig)		X	X		
IV/3309	3309/3	2,0 – 3,0	A (sandig)	X				
	3309/4	3,0 – 3,8	A (bindig)		X			
V/3310	3310/7	3,0 – 4,0	A (sandig)	X				
V/3311	3311/10	3,2 – 4,5	A (bindig)		X	X		
V/3312	3312/6	3,7 – 4,7	A (bindig)				X	
V/3313	3313/5	2,5 – 3,2	A (sandig)	X				
	3313/6	3,2 – 4,2	A (bindig)		X	X		

Alle Ergebnisse der durchgeführten geotechnischen Laboruntersuchungen sind in Form von Prüfberichten in Dok. 2 dargestellt.

### 3.3 Entsorgungstechnische Laboruntersuchungen

Für die entsorgungstechnische Einstufung des für die Herstellung der Straßenabwasseranlagen an den einzelnen Standorten abzutragenden Bodenmaterials wurden aus den im Rahmen der Kleinrammbohrungen gewonnenen Bodenproben insgesamt 24 Mischproben hergestellt. Die Zuordnung der Einzelproben zu den Mischproben erfolgte aufgrund der Bodensprache des Probenmaterials und bezogen auf die einzelnen Einzugsgebiete. Im Einzugsgebiet 8 wurden neben den Bodenproben aus den Kleinrammbohrungen auch zwei Mischproben aus den Sedimenten des Grabens (siehe Lageplan) untersucht. Die nachfolgende Tab. 3 gibt einen Überblick über die untersuchten Mischproben und deren Herkunft.

Tab. 3: Zusammenstellung der untersuchten Mischproben

Probenbez.	Einzelproben	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Entnahmetiefe [m NHN]	Aushubbereiche
<b>EZG 1</b>				
MP 1.1	3294/1	0,0 – 0,4	+4,76 bis +4,36	Sandige Auffüllung mit Fremdbestandteilen
	3295/1	0,0 – 0,2	+4,22 bis +4,02	
	3296/1 und 3296/2	0,0 – 0,9	+4,33 bis +3,43	
MP 1.2	3295/2	0,2 – 1,2	+4,02 bis +3,02	Sandige Auffüllung
	3297/1 und 3297/2	0,0 – 1,1	+4,57 bis +3,47	
MP 1.3	3294/2 bis 3294/4	0,4 – 5,1	+4,36 bis -0,34	bindige Auffüllung
	3295/3 und 3295/4	1,2 – 3,1	+3,02 bis +1,12	
MP 1.4	3296/3 bis 3296/5	0,9 – 3,7	+3,43 bis +0,63	Sandige Auffüllung
	3297/3 und 3297/4	1,1 – 3,3	+3,47 bis +1,27	
<b>EZG 2</b>				
MP 2.1	3299A/2 bis 3299A/4	0,2 – 2,1	+5,5 bis +3,6	Sandige Auffüllung mit Fremdbestandteilen
MP 2.2	3299A/5 und 3299A/6	2,1 – 4,1	+3,6 bis +1,6	Bindige Auffüllung
<b>EZG 3</b>				
MP 3.1	3301/1 bis 3301/3	0,0 – 1,4	+6,02 bis +4,62	Sandige Auffüllung mit Fremdbestandteilen
MP 3.2	3301/4 und 3301/5	1,4 – 3,5	+4,62 bis +2,52	Sandige Auffüllung
<b>EZG 4</b>				
MP 4.1	3302/1	0,0 – 0,5	+5,86 bis +5,36	Sandige Auffüllung mit Fremdbestandteilen
	3303/1	0,0 – 0,2	+5,93 bis +5,73	
	3304B/2 bis 3304B/4	0,29 – 0,5	+5,6 bis +5,39	
MP 4.2	3302/2 bis 3302/4	0,5 – 3,0	+5,36 bis +2,86	Sandige Auffüllung
	3304B/5 bis 3304B/7	0,8 – 4,0	+5,39 bis +1,89	
MP 4.3	3302/5 und 3302/6	3,0 – 4,5	+2,86 bis +1,36	Bindige Auffüllung
<b>EZG 5</b>				
MP 5.1	3305/1 bis 3305/4	0,0 – 2,5	+6,62 bis +4,12	Sandige Auffüllung mit Fremdbestandteilen
	3306/1 und 3306/2	0,0 – 0,8	+6,63 bis +5,83	

Probenbez.	Einzelproben	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Entnahmetiefe [m NHN]	Aushubbereiche
MP 5.2	3305/5	2,5 – 3,0	+4,12 bis +3,62	Sandige Auffüllung
	3306/3 bis 3306/5	0,6 – 4,3	+5,83 bis +2,33	
MP 5.3	3305/6	3,0 – 4,0	+3,62 bis +2,62	Bindige Auffüllung
<b>EZG 6</b>				
MP 6.1	3307/1	0,0 – 0,1	+6,53 bis +6,43	Sandige Auffüllung mit Fremdbestandteilen
	3308/1	0,2 – 0,4	+6,24 bis +6,04	
MP 6.2	3307/2 bis 3307/5	0,1 – 4,0	+6,43 bis +2,53	Sandige Auffüllung
	3308/2 bis 3308/6	0,4 – 3,5	+6,04 bis +2,94	
<b>EZG 7</b>				
MP 7.1	3310/1 bis 3310/4	0,0 – 1,4	+5,74 bis +4,34	Sandige Auffüllung mit Fremdbestandteilen
	3311/1 und 3311/2	0,0 – 0,3	+5,98 bis +5,58	
MP 7.2	3310/5 und 3310/6	1,4 – 3,0	+4,34 bis +2,74	Sandige Auffüllung
	3311/6 bis 3311/9	1,3 – 3,2	+4,68 bis +2,78	
	3312/1 und 3312/2	0,0 – 0,9	+6,0 bis +5,1	
MP 7.3	3311/3 bis 3311/5	0,3 – 1,3	+5,58 bis +4,68	Bindige Auffüllung
	3312/3 bis 3312/5	0,9 – 3,7	+5,1 bis +2,3	
<b>EZG 8</b>				
MP 8.1	3313/1 und 3313/2	0,0 – 1,5	+4,67 bis +3,17	Sandige Auffüllung
MP 8.2	3313/3 und 3313/4	1,5 – 2,5	+3,17 bis +2,17	Bindige Auffüllung
MP G 1	Westlicher Grabenabschnitt	-	-	Sandiges Sediment
MP G 2	Östlicher Grabenabschnitt	-	-	Sandiges Sediment
<b>EZG 9</b>				
MP 9.1	3309/1	0,5 – 1,0	+1,41 bis +0,91	Bindige Auffüllung
MP 9.2	3309/2 und 3309/3	1,0 – 3,0	+0,91 bis -1,09	Sandige Auffüllung

Alle Mischproben wurden im Auftrag der Hamburg Port Authority A.ö.R. von der Agrolab Labor GmbH auf die Feststoff- und Eluatparameter gemäß LAGA TR Boden Tab. II.1.2-4 und Tab. II.1.2-5 untersucht.

Die Ergebnisse der entsorgungstechnischen Untersuchungen werden in Kap. 4.4 beschrieben und in Kap. 5 für die jeweiligen Baumaßnahmen bewertet. Die Ergebnisse der entsorgungstechnischen Bodenuntersuchungen sind darüber hinaus für die aktuell durchgeführten Untersuchungen in Anl. 3 tabellarisch und in Dok. 3 und in Form von Prüfberichten dargestellt.

Aufgrund der Ergebnisse der Untersuchungen nach LAGA, in denen Überschreitungen der Z2-Werte festgestellt wurden, wurde für die Sedimentmischprobe MP G1 (westlicher Graben-

abschnitt in EZG 8) der Untersuchungsumfang auf die Parameter gemäß Anhang 3 der Deponieverordnung (DepV) erweitert. Darüber hinaus wurden aufgrund der organischen Bestandteile die Atmungsaktivität ( $AT_4$ ) und der obere Brennwert ( $H_o$ ) untersucht.

### 3.4 Grundwasseruntersuchungen

Aus den im Rahmen der Geländeuntersuchungen hergestellten temporären Stau- bzw. Grundwasserpegeln wurden durch die Eurofins Umwelt Nord GmbH mit Datum vom 20. und 21.12.2016 Wasserproben entnommen und anschließend bezüglich Betonaggressivität nach DIN 4030 sowie zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten gemäß DIN 50929 chemisch analysiert.

Für die voraussichtlich erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen wurden die Grund- und Stauwasserproben zusätzlich auf die Parameter gemäß Merkblatt der Stadt Hamburg zur Einleitung von Baugrubenwasser in das öffentliche Regenwassersiel bzw. in Oberflächengewässer untersucht.

In Tab. 4 sind alle durchgeführten laboranalytischen Grundwasseruntersuchungen aufgelistet. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Dok. 4 dargestellt.

**Tab. 4: Zusammenstellung der durchgeführten bauchemischen Untersuchungen**

Bohrung	Standort	Wasserproben		Bauchem. Angriffsgrad ggü.		Einleitparameter Oberflächengewässer
		Art	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Beton	Stahl	
IV/3296	EZG 1	Grundwasser	4,5	X	X	X
IV/3301	EZG 3	Stauwasser	4,0	X	X	X
IV/3304	EZG 4	Stauwasser	3,0	X	X	X
IV/3306	EZG 5	Stauwasser	4,5	X	X	X
IV/3307	EZG 6	Stauwasser	3,0	X	X	X
IV/3313	EZG 8	Stauwasser	3,2	X	X	X

## 4 Untersuchungsergebnisse

### 4.1 Geologischer Aufbau und Darstellung der Baugrundverhältnisse

Das Untersuchungsgebiet liegt im Urstromtal der Elbe und gehört zur geomorphologischen Einheit Elbmarsch.

Im gesamten Bereich der geplanten Baumaßnahme steht im oberflächennahen Bereich eine **Auffüllung** an, die in den verschiedenen untersuchten Einzugsgebieten, z.T. auch innerhalb der einzelnen Einzugsgebiete, aus verschiedenen Bodenarten mit wechselnder Zusammensetzung und in unterschiedlichen Mächtigkeiten aufgebaut ist. Neben einer überwiegend sandigen Auffüllung mit wechselnden Bauschuttanteilen werden auch Auffüllungsschichten aus umgelagerten Weichschichten (Klei und Torf) angetroffen. Lokal hat sich im oberen Abschnitt der Auffüllung ein Mutterboden ausgebildet.

Die Auffüllung wird überwiegend von natürlich anstehenden **organogenen Weichschichten** unterlagert. Die Weichschichten bestehen aus organogenen Schluffen (Klei) und Torfen sowie stellenweise zwischengeschalteten holozänen Sandlagen. Im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes (Einzugsgebiet EZG 1) wurde am Nordufer des ehemaligen Köhlfleets vermutlich ein innerhalb der Elbmarsch liegender alter Sandkern angetroffen, so dass sich in diesem Abschnitt keine natürlichen Weichschichten gebildet haben.

Die Weichschichten werden von einem teils holozänen, teils pleistozänen sandigen Grundwasserleiter (**Quartäre Sande und Kiese, 1. Hauptgrundwasserleiter**) unterlagert. Die quartären Sande setzen sich im Wesentlichen aus enggestuften Fein- bis Mittelsanden zusammen, die bereichsweise auch Schluffanteile aufweisen. Mit zunehmender Tiefe ist eine Kornvergrößerung bis zu kiesigen Mittel- und Grobsanden zu beobachten.

#### 4.1.1 Auffüllungen

In allen durchgeführten Kleinrammbohrungen wurden oberflächennah anthropogene Auffüllungen angetroffen. Die Mächtigkeiten der anthropogenen Auffüllungen liegen zwischen 3,8 m (IV/3309) und 7,6 m (IV/3304). Die Unterkanten befinden sich demnach in einem Niveau zwischen -2,93 m NHN (IV/3297) und +0,53 m NHN (IV/3307). In den Bohrungen IV/3298, IV/3300 und IV/3303 wurde die Unterkante der Auffüllungen nicht erbohrt, so dass für diese Aufschlüsse die Gesamtmächtigkeit der Auffüllung nicht ermittelt werden konnte.

Oberflächennah hat sich im Bereich der Auffüllungen lokal ein humoser Oberboden mit Mächtigkeiten zwischen 0,1 m und 0,5 m ausgebildet. Der Oberboden ist generell nicht für eine Überbauung geeignet und muss vor Beginn der Baumaßnahme abgeschoben werden.

Die anthropogenen Auffüllungen können generell unterschieden werden in überwiegend sandige Auffüllungen und in Auffüllungen mit bindigen Eigenschaften in Form von umgelagerten Weichschichten.

Die **sandigen Auffüllungen** setzen sich überwiegend aus Fein- und Mittelsanden mit unterschiedlichen Schluff- und Kiesanteilen zusammen. Oberflächennah treten häufig humose und anthropogene Beimengungen auf. In Tiefenlagen > 1,0 m bis 2,0 m unter GOK handelt es sich verbreitet um eingespülte Fein- oder Mittelsande, denen vereinzelt Schluff- bzw. Schlicklagen zwischengeschaltet sein können.

Die **bindigen Auffüllungen** setzen sich überwiegend aus umgelagerten Weichschichten (Klei, Torf) und hafenschlickähnlichen Sedimenten zusammen. Es handelt sich überwiegend um sandige, schwach tonige Schluffe mit organischen Beimengungen. Die Gesamtmächtigkeit der bindigen Auffüllungen schwankt je nach Untersuchungsgebiet stark und beträgt zwischen 0,4 m (IV/3306) und 5,5 m (IV/3294).

In den Einzugsgebieten EZG 1 und EZG 7 wurden zusätzlich **humose Auffüllungen** in Form von schluffigen und z.T. sandigen Torfen angetroffen. Die Mächtigkeiten der humosen Auffüllungen betragen bis zu 1,9 m (IV/3295).

Mit Ausnahme der Bohrungen V/3312 und V/3313 wurden in allen Bohrungen oberflächennah bis in Tiefen zwischen 0,1 m (IV/3307) und 2,5 m unter GOK (IV/3305) anthropogene Beimengungen (Ziegel- und Bauschuttreste) in unterschiedlicher Menge und Zusammensetzung angetroffen. In den Einzugsgebieten EZG 2 bis EZG 5 wurden vermutlich auch alte bauliche Anlagen (alte Leitungstrassen, Mauerwerk) angetroffen, so dass die Ansatzpunkte der Bohrungen häufig umgesetzt werden mussten.

Nach DIN 18 300:2012 handelt es sich bei den anthropogenen Auffüllungen überwiegend um die Bodenklassen 3 (sandige Auffüllung) und 4 (bindige Auffüllung). Untergeordnet kann auch die Bodenklasse 2 (umgelagerte Torfe) auftreten. In Bereichen mit erhöhtem Bauschutt- oder Steinanteilen kann auch die Bodenklasse 5 nicht ausgeschlossen werden. In Teilbereichen können massive Bauwerksreste im Baugrund vorkommen, deren Aushub gesondert ausgeschrieben werden sollte.

Für die anthropogenen Auffüllungen können die folgenden Bodenkennzahlen angesetzt werden:

	<b>Auffüllung, sandig</b>	<b>Auffüllung, bindig</b>	
<b>Raumgewicht</b>			
erdfeucht	18	17	kN/m <sup>3</sup>
unter Auftrieb	10	7	kN/m <sup>3</sup>
<b>Kohäsion</b>	0	5 – 10	kN/m <sup>2</sup>
undränert	0	10 – 15	kN/m <sup>2</sup>
<b>Reibungswinkel</b>	30 °	17,5 ° – 20 °	
<b>Steifeziffer</b>	20	2 – 5	MN/m <sup>2</sup>

Als bodenmechanische Kennzahlen der humosen Auffüllungen (umgelagerten Torfe) können die in Kap. 4.1.2 angegebenen Werte für die Torfe der organogenen Weichschichten verwendet werden.

#### **4.1.2 Organogene Weichschichten**

Unterhalb der Auffüllungsschichten wurden mit Ausnahme der Bohrungen IV/3296, IV/3297 und V/3313 die organogenen Weichschichten angetroffen. Die Gesamtmächtigkeiten der organogenen Weichschichten in den Bohrungen, die bis in den Grundwasserleiter abgeteuft wurden, liegen zwischen 2,6 m (IV/3309) und 6,9 m (IV/3299).

Die organogenen Weichschichten werden überwiegend von tonigen und schwach sandigen Schluffen mit unterschiedlich hohen organischen Anteilen (Klei) gebildet, die z.T. Pflanzenreste enthalten. In den Einzugsgebieten EZG 1, EZG 2, EZG 4 und EZG 9 wird der Klei von Torfschichten unterbrochen, so dass in diesen Abschnitten eine Dreiteilung der Weichschichten in oberen Klei, Torf und unteren Klei besteht.

Der Klei weist entsprechend der Bohransprache überwiegend eine weiche bis steife Konsistenz auf. Der Torf hat einen geringen bis mäßigen Zersetzungsgrad.

Nach DIN 18 300:2012 handelt es sich bei den organogenen Weichschichten um die Bodenklasse 2 (Torf) und 4 (Klei, weich bis steif).

Für die organogenen Weichschichten können die folgenden Bodenkennzahlen angesetzt werden:

	<b>Klei</b>	<b>Torf</b>	
<b>Raumgewicht</b>			
erdfeucht	17	12	kN/m <sup>3</sup>
unter Auftrieb	7	2	kN/m <sup>3</sup>
<b>Kohäsion</b>	10 – 15	2,5 – 5	kN/m <sup>2</sup>
undränert	20 – 30	10	kN/m <sup>2</sup>
<b>Reibungswinkel</b>	20° – 22,5°	15° – 20°	
<b>Steifeziffer</b>	1 – 3	0,5 – 1	MN/m <sup>2</sup>

#### 4.1.3 Quartäre Schmelzwassersande

Unterhalb der Weichschichten bzw. zum Teil unterhalb der Auffüllungen wurden quartäre Schmelzwassersande erbohrt. Die Schmelzwassersande setzen sich aus Fein- und Mittelsanden mit unterschiedlich hohen Grobsand- und Schluffanteilen zusammen. Die Unterkante der Schmelzwassersande wurde im Zuge der Bohrarbeiten nicht durchteuft, so dass keine Gesamtmächtigkeit ermittelt werden konnte.

Die Schmelzwassersande weisen entsprechend dem Bohrvorgang eine überwiegend mitteldichte Lagerungsdichte auf. Mit zunehmender Tiefe können die Schmelzwassersande auch in dichter Lagerung auftreten.

Nach DIN 18 300:2012 sind die Schmelzwassersande überwiegend in die Bodenklasse 3 einzustufen. Für die Schmelzwassersande können die folgenden Bodenkennwerte angesetzt werden:

<b>Raumgewicht</b>		
erdfeucht	19,0	kN/m <sup>3</sup>
unter Auftrieb	11,0	kN/m <sup>3</sup>
<b>Kohäsion</b>	0	kN/m <sup>2</sup>
<b>Reibungswinkel</b>	35°	
<b>Steifeziffer</b>	40 – 60	MN/m <sup>2</sup>

#### 4.1.4 Homogenbereiche

Entsprechend der neuen VOB-Norm DIN 18300:2015 kann der Baugrund im Untersuchungsgebiet in die folgenden Homogenbereiche eingeteilt werden:

**Tab. 5: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet**

Homogenbereich	Benennung
A	Auffüllung, Oberboden
B	Auffüllung, stark bauschutthaltig
C	Auffüllung, überwiegend sandig
D	Auffüllung, überwiegend bindig
E	Torf + umgelagerter Torf
F	Klei
G	Schmelzwassersande

#### 4.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Innerhalb der sandig ausgebildeten Auffüllung ist im Untersuchungsgebiet ein verbreiteter, allerdings nicht überall vorhandener, Stauwasserhorizont ausgebildet. Das Stauwasser wurde in allen Bohrungen der Einzugsgebiete EZG 3 bis EZG 8 mit Ausnahme der Bohrungen IV/3300 (Bohrung abgebrochen) sowie V/3310 und V/3311 angetroffen. Die Stauwasserstände lagen dabei in Tiefen zwischen 1,80 m (IV/3302) und 3,65 m (V/3312) unter GOK bzw. zwischen +2,32 m NHN (V/3313) und +4,22 m NHN (IV/3305) angetroffen.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte für die sandigen Auffüllungsbereiche liegen entsprechend den Kornverteilungskurven der durchgeführten Laboruntersuchungen zwischen  $1,4 \times 10^{-4}$  m/s und  $3,4 \times 10^{-4}$  m/s. Bei den umgelagerten Weichschichten ist erfahrungsgemäß mit Durchlässigkeiten  $< 1 \times 10^{-6}$  m/s zu rechnen. In den gemischten Auffüllungsschichten mit ausgeprägter Wechsellagerung zwischen Sanden und bindigen Zwischenlagen wird die horizontale Durchlässigkeit von den kf-Werten der Sande und die vertikale Durchlässigkeit von den kf-Werten der bindigen Zwischenschichten bestimmt.

Den Weichschichten werden erfahrungsgemäß Durchlässigkeitsbeiwerte von  $1 \times 10^{-7}$  m/s bis  $1 \times 10^{-8}$  m/s für Torf sowie  $1 \times 10^{-9}$  m/s bis  $1 \times 10^{-10}$  m/s für Klei zugeordnet. Bei den durchgeführten Laborversuchen zur Ermittlung der Kornverteilungen (Dok. 2) wurden für die bindigen

Auffüllungen etwas höhere Durchlässigkeitsbeiwerte mit kf-Werten zwischen  $5 \times 10^{-9}$  m/s und  $5,6 \times 10^{-7}$  m/s ermittelt. Sowohl bei den Weichschichten sowie bei den untersuchten bindigen Auffüllungen handelt es sich daher um Grundwassergeringleiter, die eine natürliche Barriere zwischen dem darüber liegenden Stauwasserhorizont und dem tieferen Grundwasserleiter in den quartären Sanden bilden.

Das Grundwasser in den Schmelzwassersanden gehört zum 1. Hauptgrundwasserleiter und ist in den Bereichen mit Weichschichten gespannt und tidebeeinflusst. Dabei nimmt der Tideeinfluss vom Elbufer ausgehend mit zunehmender Entfernung ab. Da die untersuchten Standorte überwiegend unmittelbar an die tidebeeinflussten Gewässerabschnitte Travehafen (EZG 1 und 2), Roßkanal und Roßhafen (EZG 3, 4 und 5), Köhlbrand (EZG 6 und 7) sowie Rugenberger Hafen (EZG 8) grenzen, ist in diesen Abschnitten ein deutlicher Einfluss der Tidewasserstände auf die Grundwasserdruckhöhen zu erwarten.

Im Rahmen der Geländeuntersuchungen wurde im EZG 1 das Grundwasser in Tiefen zwischen 3,95 m (IV/3296) und 4,29 m unter GOK (IV/3294) bzw. zwischen +0,25 m (IV/3295) und +0,47 m NHN (IV/3294) angetroffen. In EZG 9 lag die Bohrung so dicht am Travehafen, dass auch das Stauwasser oberhalb der Weichschichten hydraulisch mit dem Oberflächengewässer verbunden ist.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte der Wasser führenden Fein- und Mittelsande des Grundwasserleiters liegen nach Angaben des Geologischen Landesamtes zwischen  $1 \times 10^{-4}$  m/s und  $4 \times 10^{-3}$  m/s, erfahrungsgemäß im Mittel bei  $2 \times 10^{-4}$  m/s. Bei den durchgeführten Laboruntersuchungen wurden anhand der Kornverteilungskurven Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen  $2,0 \times 10^{-4}$  m/s und  $2,7 \times 10^{-4}$  m/s ermittelt.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich außerhalb der öffentlichen Hauptdeichlinie für den Hochwasserschutz und liegt demnach im Bereich des Überschwemmungsgebietes der Elbe. Die Bemessungswasserstände für die Hochwasserschutzanlagen liegen im Hamburger Stadtgebiet bei etwa +8,1 m NHN. Dementsprechend ist für alle geplanten baulichen Anlagen eine vollständige Überflutung der Anlagenstandorte einzuplanen.

Für die Bauzeit ist bei allen Standorten für den Sturmflutfall ein Räumungskonzept zu erstellen. In der sturmflutgefährdeten Zeit müssen täglich die Wasserstandsvorhersagen (z.B. beim Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie BSH oder Vorhersagedienst der HPA) abgefragt werden.

### 4.3 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Die Ergebnisse der durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche sind in Dok. 2 dokumentiert. Die nachfolgende Tab. 6 gibt einen Überblick über die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen.

**Tab. 6: Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche**

Probe		Bodenart	Natürlicher Wassergehalt	Glühverlust	Fließ- / Ausrollgrenze	Durchlässigkeitsbeiwert nach Beyer bzw. *) USBR	Ungleichförmigkeit
Bez.	Tiefe [m]		w [M.-%]	g <sub>L</sub> [M.-%]	w <sub>L</sub> / w <sub>P</sub> [M.-%]	k <sub>f</sub> [m/s]	U [-]
IV/3295/6	4,2 – 5,2	A (bindig)	38,02	-	-	*) 1,8 x 10 <sup>-8</sup>	-
IV/3296/4	1,9 – 2,9	A (bindig)	23,18	-	0,5 / 0,26	-	-
IV/3297/6	4,0 – 5,1	A (sandig)	-	-	-	3,4 x 10 <sup>-4</sup>	3,0
IV/3299/7	4,1 – 5,1	A (bindig)	217,33	-	-	< 1 x 10 <sup>-9</sup>	-
IV/3301/6	3,5 – 5,0	A (sandig)	-	-	-	2,2 x 10 <sup>-4</sup>	2,9
IV/3302/4	1,8 – 3,0	A (sandig)	-	-	-	1,7 x 10 <sup>-4</sup>	2,5
IV/3302/7	4,5 – 5,9	A (bindig)	-	-	-	*) 1,2 x 10 <sup>-9</sup>	-
IV/3304/8	4,0 – 4,6	A (bindig)	95,54	10,9	-	-	-
IV/3305/7	4,0 – 5,0	A (bindig)	101,41	15,3	-	*) 7,4 x 10 <sup>-7</sup>	17
IV/3306/6	4,3 – 5,5	A (sandig)	-	-	-	2,0 x 10 <sup>-4</sup>	3,5
IV/3307/4	1,7 – 2,8	A (sandig)	-	-	-	3,1 x 10 <sup>-4</sup>	2,2
IV/3308/7	3,5 – 4,5	A (bindig)	69,70	-	-	*) 2,7 x 10 <sup>-7</sup>	7,3
IV/3309/3	2,0 – 3,0	A (sandig)	-	-	-	3,2 x 10 <sup>-4</sup>	5,4
IV/3309/4	3,0 – 3,8	A (bindig)	-	-	-	*) 5,7 x 10 <sup>-9</sup>	-
V/3310/7	3,0 – 4,0	A (sandig)	-	-	-	2,3 x 10 <sup>-4</sup>	2,5
V/3311/10	3,2 – 4,5	A (bindig)	35,08	-	-	*) 5,7 x 10 <sup>-9</sup>	-
V/3312/6	3,7 – 4,7	A (bindig)	90,73	-	1,12 / 0,3	-	-
V/3313/5	2,5 – 3,2	A (sandig)	-	-	-	1,4 x 10 <sup>-4</sup>	3,3
V/3313/6	3,2 – 4,0	A (bindig)	61,47	-	-	*) 2,7 x 10 <sup>-7</sup>	15

#### 4.4 Entsorgungstechnische Untersuchungen

Die Ergebnisse der aktuellen laboranalytischen Bodenuntersuchungen nach LAGA, die angewandten Verfahren und deren Bestimmungsgrenzen sind in Dok. 3 dokumentiert. Darüber hinaus wurden tabellarische, parameterspezifische Übersichten der entsorgungstechnischen Einstufung der Untersuchungen für die Sedimente und die Böden angefertigt (Anl. 3).

Die nachfolgende Tab. 7 gibt einen Überblick über die zusammengefassten Einstufungsergebnisse.

**Tab. 7: Entsorgungstechnische Einstufung der Mischproben**

Untersuchungsbe- reich	Probe	Einstufung LAGA	Bemerkung
<b>EZG 1</b>	MP 1.1	Z2	Z2 aufgrund der Parameter Blei, Kupfer, Summe PAK, TOC
	MP 1.2	Z2	Z2 aufgrund der Parameter Kupfer, Summe PAK, Benzo(a)pyren, TOC
	MP 1.3	Z2	Z2 aufgrund der Parameter Summe PAK, TOC und Sulfat im Eluat
	MP 1.4	Z1.1	Z1.1 aufgrund des Quecksilbergehaltes
<b>EZG 2</b>	MP 2.1	Z2	Z2 aufgrund des Kohlenwasserstoffgehaltes
	MP 2.2	Z2	Z2 aufgrund des TOC-Gehaltes
<b>EZG 3</b>	MP 3.1	Z2	Z2 aufgrund der Parameter Summe PAK und TOC
	MP 3.2	Z1.1	Z1.1 aufgrund des Quecksilbergehaltes
<b>EZG 4</b>	MP 4.1	Z1.1	Z1.1 aufgrund der Blei-, Kupfer- und Zinkgehalte
	MP 4.2	Z1.1	Z1.1 aufgrund des Quecksilbergehaltes
	MP 4.3	Z2	Z2 aufgrund des TOC-Gehaltes
<b>EZG 5</b>	MP 5.1	Z1.1	Z1.1 aufgrund des TOC-Gehaltes
	MP 5.2	Z1.1	Z1.1 aufgrund der Parameter Zink und TOC
	MP 5.3	Z2	Z2 aufgrund Sulfat im Eluat
<b>EZG 6</b>	MP 6.1	>Z2	>Z2 aufgrund des Kupfergehaltes
	MP 6.2	Z1.1	Z1.1 aufgrund der Quecksilber- und Zinkgehalte
<b>EZG 7</b>	MP 7.1	Z2	Z2 aufgrund des TOC-Gehaltes
	MP 7.2	Z1.2	Z1.2 aufgrund Sulfat im Eluat

Untersuchungsbe- reich	Probe	Einstufung LAGA	Bemerkung
	MP 7.3	Z2	Z2 aufgrund der Parameter TOC und Sulfat im Eluat
<b>EZG 8</b>	MP 8.1	Z2	Z2 aufgrund der Parameter Kupfer, Zink und Summe PAK
	MP 8.2	>Z2	>Z2 aufgrund der Parameter Kohlenwasserstoffe (ges.), Summe PAK und TOC
	MP G1	>Z2	>Z2 aufgrund der Parameter Kupfer, EOX, Kohlenwasserstoffe (ges.), Cyanid ges.
	MP G2	Z2	Z2 aufgrund der Parameter Cyanid ges. und TOC
<b>EZG 9</b>	MP 9.1	Z2	Z2 aufgrund des TOC-Gehaltes
	MP 9.2	Z1.2	Z1.2 aufgrund Sulfat im Eluat

Eine Auswertung der Untersuchungsergebnisse in Bezug auf die einzelnen Standorte erfolgt in Kap. 5.

#### 4.5 Grundwasseruntersuchungen

An den aus den temporären Rammpegeln entnommenen Stau- und Grundwasserproben wurden die Betonaggressivität nach DIN 4030, die Korrosionswahrscheinlichkeiten gemäß DIN 50929 sowie zusätzlich die Parameter gemäß Merkblatt der Stadt Hamburg zur Einleitung von Baugrubenwasser in das öffentliche Regenwassersiel bzw. in Oberflächengewässer untersucht.

Alle Einzelergebnisse der Laboranalysen zu den Grundwasseruntersuchungen sind in Dok. 4 dargestellt.

##### 4.5.1 Betonaggressivität

Die Grundwasserprobe IV/3296 aus EZG 1 sowie die Stauwasserproben IV/3301 (EZG 3), IV/3304 (EZG 4), IV/3306 (EZG 5) und IV/3307 (EZG 6) sind entsprechend den laboranalytischen Untersuchungsergebnissen als nicht betonangreifend einzustufen. Die Stauwasserprobe V/3313 (EZG 8) muss aufgrund ihrer Ammonium-Konzentration von 69 mg/l als stark betonangreifend eingestuft werden. Im Einzelnen wurden die in Tab. 8 aufgelisteten Expositionsklassen ermittelt.

**Tab. 8: Ergebnisse Wasseruntersuchungen auf Betonaggressivität**

Bohrung	Standort	Wasserleiter	Betonaggressivität	
			Angriffsgrad	Expositionsklasse
IV/3296	EZG 1	Grundwasser	nicht	-
IV/3301	EZG 3	Stauwasser	nicht	-
IV/3304	EZG 4	Stauwasser	nicht	-
IV/3306	EZG 5	Stauwasser	nicht	-
IV/3307	EZG 6	Stauwasser	nicht	-
V/3313	EZG 8	Stauwasser	stark	XA3

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse müssen die Betoneigenschaften der Bauteile im Einzugsgebiet EZG 8 für den Kontakt mit dem Stauwasser auf die Expositionsklasse XA3 bemessen werden.

#### 4.5.2 Stahlkorrosion

Nach den Untersuchungsergebnissen ergeben sich für die untersuchten Grund- und Stauwasserproben geringe bis sehr geringe Wahrscheinlichkeiten für Mulden- und Lochkorrosion sowie sehr geringe Korrosionswahrscheinlichkeiten für Flächenkorrosion.

Im Einzelnen wurden die folgenden Wahrscheinlichkeiten ermittelt:

**Tab. 9: Bewertung der Wasserproben hinsichtlich Korrosionswahrscheinlichkeiten**

Bohrung	Standort	Wasserleiter	Bewertungszahlsummen		Korrosionswahrscheinlichkeiten	
			Unterwasserbereich	Wasser/Luft-Grenze	Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
IV/3296	EZG 1	Grundwasser	1,6	2,6	sehr gering	sehr gering
IV/3301	EZG 3	Stauwasser	2,6	3,6	sehr gering	sehr gering
IV/3304	EZG 4	Stauwasser	1,6	2,6	sehr gering	sehr gering
IV/3306	EZG 5	Stauwasser	1,6	2,6	sehr gering	sehr gering
IV/3307	EZG 6	Stauwasser	-0,8	0,2	gering	sehr gering
V/3313	EZG 8	Stauwasser	-0,8	0,2	gering	sehr gering

Alle Ergebnisse der Laboranalysen zu den Korrosionswahrscheinlichkeiten sind in Dok. 4.2 enthalten.

### 4.5.3 Einleitparameter

Die Untersuchungsergebnisse der Analytik auf die Parameter für die Einleitung von Baugrubenwasser in das öffentliche Regenwassersiel bzw. in Oberflächengewässer sind in dem Prüfbericht in Dok. 4.2 dargestellt und in der Tab. 10 zusammengefasst.

**Tab. 10: Untersuchte Parameter für die Einleitung von Baugrubenwasser in das Regenwassersiel**

Probenbezeichnung		IV/3296	IV/3301	IV/3304	IV/3306	IV/3307	V/3313
		EZG 1	EZG 3	EZG 4	EZG 5	EZG 6	EZG 8
	Einheit						
pH-Wert		6,6	7,1	7,0	6,7	7,1	6,8
Absetzbare Stoffe (0,5 h)	mL/L	820	210	420	51	130	650
Abfiltrierbare Stoffe	mg/L	3	3	2	< 0,1	1	10
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	< 5	< 5	8	< 5	< 5	< 5
Magnesium	mg/L	15,5	7,8	11,3	9,15	22,6	31,7
Sulfat	mg/L	110	29	< 1	< 1	170	2,4
Ammonium Stickstoff	mg/L	0,13	0,34	4	3	4	54
Eisen (II)	mg/L	0,5	1,05	8,07	0,3	0,19	0,55
Eisen, ges.	mg/L	458	14	45,8	11,2	12,6	104
Kohlenwasserstoffe	mg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,12
CSB	mg/L	25	27	38	26	35	84
AOX	mg/L	0,024	0,026	0,011	< 0,010	0,03	0,033
Arsen	mg/L	0,586	0,0401	0,0451	0,009	0,009	0,153
Cadmium	mg/L	0,0056	0,0015	0,0006	< 0,0002	0,0003	0,012
Chrom ges.	mg/L	0,163	0,078	0,038	0,004	0,046	0,153
Blei	mg/L	0,364	0,155	0,235	0,007	0,021	0,403
Nickel	mg/L	0,327	0,062	0,036	0,003	0,035	0,077
Zink	mg/L	1,04	0,412	0,234	0,046	0,271	1,9
Kupfer	mg/L	0,385	0,102	0,058	0,005	0,019	0,3
Quecksilber	mg/L	0,0019	< 0,0001	0,0012	< 0,0001	< 0,0001	0,0002

Sowohl für die Entnahme von Grundwasser im Rahmen von Wasserhaltungsmaßnahmen für die Herstellung der Baugruben als auch für die Einleitung des geförderten Baugrubenwassers in die öffentlichen Entwässerungsanlagen sind wasserrechtliche Erlaubnisse bzw. abwasserrechtliche Einleitungsgenehmigungen bei der Behörde für Umwelt und Energie (BUE)

der Freien und Hansestadt Hamburg einzuholen. Im Rahmen der Antragstellung sind der Behörde die in Dok. 4.2 in Form von Prüfberichten dargestellten Untersuchungsergebnisse beizufügen.

Entsprechend einer Erstbewertung der Untersuchungsergebnisse werden für das anfallende Baugrubenwasser Behandlungsanlagen erforderlich. Die Art und der Umfang sind im Vorfeld mit der Behörde für Umwelt und Energie (BUE) abzustimmen.

## 5 Auswertung hinsichtlich der Standorte der Abwasseranlagen

### 5.1 Einzugsgebiet EZG 1

Die Anlage im Bereich des EZG 1 besteht aus 4 parallel geschalteten Sedimentationsanlagen inklusive einem rechteckigen Startschacht aus Ortbeton sowie 4 Zielschächten aus PE-HD mit einem Außendurchmesser DA 1100. Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die geplanten Aushubsohlen in einem Niveau zwischen ca. +0,4 m NHN im Bereich des Startschachtes und etwa +1,0 m bis + 1,2 m NHN im Bereich der Leitungen.

#### 5.1.1 Baugrundsituation

Die Baugrundverhältnisse im Bereich des EZG 1 werden durch die Ergebnisse der Kleinrammbohrungen IV/3294 bis IV/3297 repräsentiert und sind in der Anl. 2.1.2 als geologischer Schnitt dargestellt.

Demnach wurden unterhalb des Mutterbodens und einer geringmächtigen sandigen **Auffüllungsschicht** ab einer Tiefe von 0,4 m bis 1,2 m unter GOK überwiegend bindige und humose Auffüllungen in Form von umgelagerten Weichschichten angetroffen. In den beiden westlichen zum Travehafen hin gelegenen Bohrungen (IV/3294, IV/3296) wurden Kleiböden, in den beiden östlichen Bohrungen (IV/3295, IV/3297) Torfe und humose Schluffe erbohrt. Innerhalb der Auffüllung weisen die Torfe einen geringen bis mäßigen Zersetzungsgrad auf, der Klei hat eine überwiegend steife Konsistenz.

Die Unterkanten der umgelagerten Weichschichten liegen zwischen 3,1 m (IV/3295) und 5,1 m unter GOK (IV/3294) bzw. zwischen -0,34 m (IV/3294) und +1,12 m NHN (IV/3295). Unterhalb der umgelagerten Weichschichten folgt erneut eine sandige Auffüllung, die sich überwiegend aus kiesigen und mittelsandigen Grobsanden zusammensetzt.

In den nördlichen Aufschlussbohrungen IV/3294 und IV/3295 folgen unterhalb der sandigen Auffüllung erneut bindiges Auffüllungsmaterial sowie die gewachsenen organogenen Weichschichten in Form von Klei und Torf.

Die Gesamtmächtigkeit der gewachsenen **organogenen Weichschichten** beträgt gemäß Bohrung IV/3294 etwa 7,4 m. Die Unterkante liegt demnach in einer Tiefe von 13,3 m unter GOK bzw. -8,54 m NHN. Entsprechend den Bohrergebnissen werden die organogenen Weichschichten von einem oberen Klei (0,8 m), einem darunter folgenden Torf (3,3 m) und einem unteren Klei (3,3 m) aufgebaut.

Entsprechend der Bohransprache weist der Klei innerhalb der Weichschichten eine überwiegend weiche bis steife Konsistenz auf. Der Torf ist überwiegend mäßig zersetzt.

In den südlichen Aufschlussbohrungen IV/3296 und IV/3297 wurden unter der anthropogenen Auffüllung keine organogenen Weichschichten angetroffen. In der Bohrung IV/3296 folgen ab einer Tiefe von 6,4 m unter GOK bzw. -2,07 m NHN unmittelbar unterhalb der Auffüllung die Schmelzwassersande des 1. Grundwasserleiters.

Unterhalb der holozänen Weichschichten (IV/3294) bzw. unterhalb der anthropogenen Auffüllung (IV/3297) wurden quartäre **Schmelzwassersande** erbohrt. Die Schmelzwassersande werden überwiegend aus feinsandigen, z.T. schwachgrobsandigen Mittelsanden gebildet.

### 5.1.2 Grund- und Stauwasserverhältnisse

Im Einzugsgebiet EZG 1 wurde in allen Bohrungen Grundwasser in Tiefen zwischen 3,95 m (IV/3296) und 4,29 m (IV/3294) unter GOK bzw. bezogen auf das übergeordnete Höhensystem in einem Niveau zwischen +0,25 m und +0,47 m NHN angetroffen.

Aufgrund der im südlichen Untersuchungsabschnitt fehlenden Weichschichten und der geringen Entfernung zum Travehafen sowie unter Berücksichtigung der vergleichsweise einheitlichen Ruhewasserstände in allen Aufschlüssen wird davon ausgegangen, dass auch im nördlichen Bereich des Standorts eine hydraulische Verbindung zwischen den sandigen Auffüllungen oberhalb der Weichschichten und dem Hauptgrundwasserleiter besteht.

Für die Bauphase ist ein Bemessungswasserstand von +3,00 m NHN zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Bemessungswasserstände und erforderlicher Vorkehrungen im Falle eines Sturmflutereignisses sind die Angaben in Kap. 4.2 zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der geplanten Aushubtiefen von bis zu ca. +0,4 m NHN ist das Vorhalten einer Grundwasserabsenkungsanlage für den südlichen Bauabschnitt erforderlich. Unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes ist die Wasserhaltungsanlage für einen Absenkungsbetrag von bis zu 3,0 m auszulegen. Für die Dimensionierung ist in den Grobsanden ein Durchlässigkeitsbeiwert von mindestens  $1 \times 10^{-3}$  m/s zu verwenden.

### 5.1.3 Schacht- und Leitungsbau

Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die Unterkanten der geplanten Sedimentationsanlagen in einem Niveau von +0,64 m NHN (Startschacht S1), +1,05 m NHN (Zielschacht Z1) und +1,29 m bis +1,54 m NHN im Verlauf der Sedimentationsstrecken. Die

Gründungssohlen verlaufen damit überwiegend im Niveau von bindigen oder humosen Auffüllungsschichten bzw. im Bereich des Startschachtes im Niveau der sandig ausgebildeten Auffüllung.

Bei den umgelagerten Weichschichten handelt es sich um setzungsempfindliche Bodenarten, die grundsätzlich nicht für den Abtrag von hohen Bauwerkslasten geeignet sind. Da die Lasten aus den geplanten Anlagenteilen in der Gründungssohle vergleichbar oder niedriger liegen als die überlagernden Böden vor Beginn der Baumaßnahme, ist eine Bewegung des Baugrunds in Form einer Hebung infolge der Aushubentlastung sowie einer Absenkung durch die Wiederverfüllung zu erwarten, jedoch keine über das Hebungsmaß hinausgehenden Setzungen. Aus diesem Grund sollten nach Möglichkeit alle Verbindungen der einzelnen Bauteile mit gelenkigen Leitungsanschlüssen und in biegeweichem Kunststoffmaterial vorgesehen werden.

Treten in der Gründungssohle der Schächte bindige Böden mit weicher oder breiiger Konsistenz auf, so sind diese möglichst vollständig, mindestens aber bis 0,5 m unter Gründungssohle zu entfernen und durch verdichtungsfähiges Material oder Magerbeton zu ersetzen. Torf muss generell vollständig ausgetauscht werden.

Um die aufgrund der wechselnden geologischen Verhältnisse entlang der Sedimentationsstrecken vorhandenen unterschiedlichen Tragfähigkeiten auszugleichen, wird der Einbau einer mindestens 0,20 m dicken Tragschicht (z.B. Splitt, Kiessand) empfohlen, um eine einheitliche Bettung der Leitungen zu gewährleisten. Soll die Tragschicht auch als untere Bettungsschicht genutzt werden, sind die Vorgaben zum zulässigen Größtkorn gemäß DIN EN 1610 zu beachten. Bei der Tragschicht ist auf die Filterstabilität gegenüber dem anstehenden Baugrund zu achten, gegebenenfalls muss die Trennung durch den Einbau eines Filtervlieses erfolgen.

Alternativ kann unter Beachtung der DIN EN 1610 eine untere Bettung aus hydraulisch gebundenem Material eingebaut werden.

#### **5.1.4 Aushub und Wiederverfüllung**

Im Zuge der Erdarbeiten fallen beim Aushub gemäß DIN 18300:2012 überwiegend die Bodenklassen 2 (umgelagerte Torfe), 3 (sandige Auffüllung mit geringem Bauschuttanteil) und 4 (bindige Auffüllung mit weicher bis steifer Konsistenz) an. In Verbindung mit erhöhten Bauschutt- oder Steinanteilen innerhalb der Auffüllung kann auch das Auftreten der Bodenklasse 5 nicht ausgeschlossen werden.

Entsprechend der DIN 18 300:2015 kann der Baugrund bezüglich der Erdarbeiten zur Herstellung der Baugruben in EZG 1 in die folgenden Homogenbereiche eingeteilt werden:

**Tab. 11: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 1**

Homogenbereiche	A	C	D	E
<b>Eigenschaften und Kennwerte gemäß DIN 18 300:2015</b>				
Anteil Steine [%]	0 – 1	0 – 2	0 – 2	0
Anteil Blöcke / große Blöcke [%]	0	0 – 1	0 – 1	0
Konsistenz Konsistenzzahl $I_C$ [ - ]	-	-	weich – steif 0,5 – 0,8	-
Plastizität Plastizitätszahl $I_P$ [ - ]	-	-	leicht pl. 0,05 – 0,15	-
Lagerungsdichte Bez. Lagerungsdichte $I_D$ [ - ]	locker 0,1 – 0,3	locker – mitteldicht 0,2 – 0,4	-	-
Bodengruppe n. DIN 18196	OH	SE, SW, GE, SU	OU, UL, TM	HN, HZ

Homogenbereiche: A = Auffüllung, Oberboden  
 C = Auffüllung, überwiegend sandig  
 D = Auffüllung, überwiegend bindig  
 E = umgelagerter Torf

Die abschnittsweise anstehenden bindigen Auffüllungsböden sowie die umgelagerten Torfe sind stark frost- und feuchtigkeitsempfindlich. Bei Zutritt von Wasser und / oder Befahren mit Gerät weichen diese Bodenarten tiefgründig auf und lassen sich dann nicht mehr bearbeiten.

Das Aushubplanum muss mit Gefälle angelegt werden, damit zutretendes Wasser rückstaufrei abfließen kann. Alle Maßnahmen zum Schutz des Planums gegen Oberflächenwasser gemäß VOB sind unbedingt zu beachten.

Beim Aushub anfallendes bindiges oder organisches Bodenmaterial aus den Auffüllungsschichten kann aus geotechnischer Sicht aufgrund der überwiegend hohen organischen bzw. schluffigen Anteile nicht für eine Wiederverfüllung eingesetzt werden. Ausnahmen stellen statisch nicht belastete Teilflächen (z.B. Grünflächen, Lärmschutzwälle) dar, in denen entsprechende Sackungen in Kauf genommen werden können.

Generell kann das sandige Auffüllungsmaterial ohne oder mit geringen Fremdbestandteilen bei getrenntem Aushub und Zwischenlagerung zur Wiederverfüllung verwendet werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich aufgrund ihrer Gleichförmigkeit ( $U < 3$ ) nur schwer verdichten lässt und erfahrungsgemäß ein maximaler Verdichtungsgrad von 98 % der einfachen Proctordichte erreicht werden kann.

Entsprechend den entsorgungstechnischen Untersuchungen (s. Kap.4.4) sind die oberen sandigen Auffüllungen (MP 1.1 und MP 1.2) und die bindigen Auffüllungen (MP 1.3) aufgrund ihrer Blei-, Kupfer oder PAK-Gehalte in die Einbauklasse Z2 einzustufen. Das Bodenmaterial ist daher entsprechend den Kriterien der LAGA unter der Voraussetzung einbaubar, dass durch entsprechende Sicherungsmaßnahmen (z.B. wasserundurchlässige Deckschichten) Niederschlagswasser von dem eingebauten Bodenmaterial ferngehalten wird.

Die unteren sandigen Auffüllungen sind aufgrund ihrer Quecksilber-Gehalte in die Einbauklasse Z1 einzustufen. Hierfür ist ein offener Einbau in technischen Bauwerken gemäß den Kriterien der LAGA möglich.

## 5.2 Einzugsgebiet EZG 2

Die Anlage im Bereich des EZG 2 besteht aus 3 parallel geschalteten Sedimentationsanlagen inklusive einem rechteckigen Startschacht aus Ortbeton sowie 3 Zielschächten aus PE-HD mit einem Außendurchmesser DA 1100. Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die geplanten Aushubsohlen in einem Niveau zwischen ca. +1,8 m NHN im Bereich des Startschachtes und etwa +2,3 m bis + 2,6 m NHN im Bereich der Leitungen.

### 5.2.1 Baugrundsituation

Die Baugrundverhältnisse im Bereich des EZG 2 werden durch die Ergebnisse der Kleinrammbohrungen IV/3298 und IV/3299 repräsentiert und sind in der Anl. 2.2.2 als geologischer Schnitt dargestellt.

Die Bohrung IV/3298 musste mehrfach aufgrund von Bohrhindernissen in Form von massiven Beton- und Mauerwerksresten in Tiefen zwischen 0,45 m und 0,80 m abgebrochen und umgesetzt werden und wurde nach insgesamt vier vergeblichen Versuchen aufgegeben. Die Bohrung IV/3299 musste ebenfalls einmal in einer Tiefe von 2,5 m unter GOK mit mangelndem Bohrfortschritt abgebrochen und umgesetzt werden.

Im Bereich des EZG 2 muss daher im Rahmen der Erdarbeiten für die Baumaßnahme mit massiven Hindernissen in Form von Bauschutt oder alten Bauwerksresten gerechnet werden.

In der Bohrung IV/3299 wurde oberflächennah eine **sandige Auffüllung** angetroffen, die überwiegend aus Fein- und Mittelsanden mit Grobsand- und Kiesanteilen sowie schwach humosen Beimengungen besteht. Die obersten 0,2 m der sandigen Auffüllung bestehen aus

einer Oberflächenbefestigung in Form einer gebundenen Tragschicht, die Schlacke und Asphalteste enthält. Die Mächtigkeit der sandigen Auffüllung beträgt insgesamt 2,1 m, ihre Unterkante liegt bei +3,60 m NHN.

Unterhalb der sandigen Auffüllungen folgen **bindige Auffüllungen** aus tonigen, feinsandigen und schwach organischen Schluffen (umgelagerter Klei) mit weicher Konsistenz. Die Mächtigkeit der bindigen Auffüllung beträgt 4,3 m, ihre Unterkante liegt bei 6,4 m unter GOK bzw. bei -0,70 m NHN.

Unterhalb der anthropogenen Auffüllungen wurden **organogene Weichschichten** in Form von Klei erbohrt. Die Gesamtmächtigkeit der in der Bohrung IV/32399 angetroffenen holozänen Weichschichten beträgt 6,9 m. Die Unterkante der Weichschichten liegt in einer Tiefe von 13,3 m unter GOK bzw. -7,60 m NHN. Entsprechend der Bohransprache wird der Klei in einer Tiefe von -3,3 m NHN von einer 1,7 m mächtigen Torfschicht durchschnitten.

Die Gesamtmächtigkeit der gewachsenen organogenen Weichschichten beträgt gemäß Bohrung IV/3299 6,9 m. Die Unterkante liegt demnach in einer Tiefe von 13,3 m unter GOK bzw. -7,60 m NHN. Entsprechend den Bohrergebnissen werden die organogenen Weichschichten von einem oberen Klei (2,6 m), einem darunter folgenden Torf (1,7 m) und einem unteren Klei (ca. 2,6 m) aufgebaut.

Entsprechend der Bohransprache weist der obere Klei überwiegend eine weiche und der untere Klei eine weiche bis steife Konsistenz auf. Der Torf ist überwiegend mäßig zersetzt.

Unterhalb der holozänen Weichschichten wurden **quartäre Schmelzwassersande** erbohrt. Die Schmelzwassersande bestehen entsprechend Bohrung IV/3299 aus schwach mittelsandigen, schwach schluffigen Feinsanden.

### 5.2.2 Grund- und Stauwasserverhältnisse

Im Einzugsgebiet 2 wurde in der Bohrung IV/3299 das Grundwasser unterhalb der Weichschichten ab einer Tiefe von 12,8 m unter GOK bzw. von -7,10 m NHN angebohrt.

Stauwasser wurde im Rahmen der Bohrung IV/3299 nicht angetroffen. Unabhängig von dem tieferliegenden Grundwasserleiter ist allerdings über den geringleitenden bindigen Auffüllungsschichten insbesondere nach starken oder langanhaltenden Niederschlagsereignissen ein Aufstau von Schichten- oder Sickerwasser zu erwarten.

Für die Bauphase ist daher ein Bemessungswasserstand von +4,5 m NHN zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Bemessungswasserstände und erforderlicher Vorkehrungen im Falle eines Sturmflutereignisses sind die Angaben in Kap. 4.2 zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse ist bei der Herstellung der Baugruben im EZG 2 mit dem Zutritt von Sicker- oder Schichtenwasser zu rechnen und daher eine offene Wasserhaltung einzuplanen.

### 5.2.3 Schacht- und Leitungsbau

Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die Unterkanten der geplanten Sedimentationsanlagen in einem Niveau von +1,99 m NHN (Startschacht S2), +2,40 m NHN (Zielschacht Z2) und +2,64 m bis +2,89 m NHN im Verlauf der Sedimentationsstrecken. Die Gründungssohlen verlaufen damit überwiegend im Niveau der bindig ausgebildeten Auffüllungsschichten. Da nur eine der Bohrungen im Einzugsgebiet durchgeführt werden konnte, ist nicht auszuschließen, dass im Bereich des Startschachtes andere Bodenverhältnisse angetroffen werden.

Die umgelagerten Kleiböden der bindigen Auffüllung sind stark setzungsempfindlich und daher grundsätzlich nicht für den Abtrag von hohen Bauwerkslasten geeignet. Da der Lasteintrag aus den geplanten Anlagenteilen in der Gründungssohle vergleichbar oder niedriger liegt als die überlagernden Böden vor Beginn der Baumaßnahme, sind zwar Bewegungen des Baugrunds in Form einer Hebung infolge der Aushubentlastung sowie einer Absenkung durch die Wiederverfüllung zu erwarten, jedoch keine über das Hebungsmaß hinausgehenden Setzungen. Aus diesem Grund ist eine Flachgründung möglich. In diesem Fall sollten nach Möglichkeit alle Verbindungen der einzelnen Bauteile mit gelenkigen Leitungsanschlüssen und in biegeweichem Kunststoffmaterial vorgesehen werden.

Treten in der Gründungssohle der Schächte bindige Böden mit weicher oder breiiger Konsistenz auf, so sind diese möglichst vollständig, mindestens aber bis 0,5 m unter Gründungssohle zu entfernen und durch verdichtungsfähiges Material oder Magerbeton zu ersetzen. Torf muss generell vollständig ausgetauscht werden.

Entlang der Sedimentationsstrecken wird im Bereich der bindigen Auffüllungsschichten der Einbau einer mindestens 0,20 m dicken Tragschicht (z.B. Splitt, Kiessand) empfohlen. Soll die Tragschicht auch als untere Bettungsschicht genutzt werden, sind die Vorgaben zum zulässigen Größtkorn gemäß DIN EN 1610 zu beachten. Bei der Tragschicht ist auf die Filterstabilität gegenüber dem anstehenden Baugrund zu achten, gegebenenfalls muss die Trennung durch den Einbau eines Filtervlieses erfolgen.

Alternativ kann unter Beachtung der DIN EN 1610 eine untere Bettung aus hydraulisch gebundenem Material eingebaut werden.

#### 5.2.4 Aushub und Wiederverfüllung

Im Zuge der Erdarbeiten fallen beim Aushub gemäß DIN 18300:2012 überwiegend die Bodenklassen 3 (sandige Auffüllungen) und 4 (bindige Auffüllung mit weicher bis steifer Konsistenz) an. Aufgrund der zahlreichen Bohrabbrüche können in Verbindung mit erhöhten Bauschutt- oder Steinanteilen die Bodenklassen 5 oder 6 auftreten.

Entsprechend der DIN 18 300:2015 kann der Baugrund bezüglich der Erdarbeiten zur Herstellung der Baugruben in EZG 2 in die folgenden Homogenbereiche eingeteilt werden:

**Tab. 12: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 2**

Homogenbereiche	B	C	D
Anteil Steine [%]	5 – 20	0 – 2	0 – 2
Anteil Blöcke / große Blöcke [%]	0 – 5	0 – 1	0 – 1
Konsistenz Konsistenzzahl $I_c$ [ - ]	-	-	weich – steif 0,5 – 0,8
Plastizität Plastizitätszahl $I_p$ [ - ]	-	-	leicht pl. 0,05 – 0,15
Lagerungsdichte Bez. Lagerungsdichte $I_D$ [ - ]	locker – mitteldicht 0,2 – 0,4	locker – mitteldicht 0,2 – 0,4	-
Bodengruppe n. DIN 18196	GE, GW, GI	SE, SW, GE, SU	OU, UL, TM

Homogenbereiche:    B = Auffüllung, Bauschutt  
                               C = Auffüllung, überwiegend sandig  
                               D = Auffüllung, überwiegend bindig

Die bindigen Auffüllungsböden sind stark frost- und feuchtigkeitsempfindlich. Bei Zutritt von Wasser und / oder Befahren mit Gerät weichen diese Bodenarten tiefgründig auf und lassen sich dann nicht mehr bearbeiten.

Das Aushubplanum muss mit Gefälle angelegt werden, damit zutretendes Wasser rückstaufrei abfließen kann. Alle Maßnahmen zum Schutz des Planums gegen Oberflächenwasser gemäß VOB sind unbedingt zu beachten.

Beim Aushub anfallende bindiges Bodenmaterial aus den Auffüllungsschichten kann aus geotechnischer Sicht aufgrund der überwiegend hohen Schluffanteile nicht für eine Wiederver-

füllung eingesetzt werden. Ausnahmen stellen statisch nicht belastete Teilflächen (z.B. Grünflächen, Lärmschutzwälle) dar, in denen entsprechende Sackungen in Kauf genommen werden können.

Auffüllungsmaterial mit hohen Fremdstoffanteilen oder groben Bauschuttresten ist für die Wiederverfüllung nicht zu verwenden.

Das sandige Auffüllungsmaterial ohne oder mit geringen Fremdbestandteilen kann bei getrenntem Aushub und Zwischenlagerung zur Wiederverfüllung verwendet werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich aufgrund ihrer Gleichförmigkeit ( $U < 3$ ) nur schwer verdichten lässt und erfahrungsgemäß ein maximaler Verdichtungsgrad von 98 % der einfachen Proctordichte erreicht werden kann.

Entsprechend den entsorgungstechnischen Untersuchungen (s. Kap.4.4) sind im EZG 2 die sandige Auffüllung mit Fremdbestandteilen (MP 2.1) aufgrund ihres Kohlenwasserstoffgehaltes und die bindige Auffüllung (MP 2.2) aufgrund ihres TOC-Gehaltes in die Einbauklasse Z2 einzustufen. Das Bodenmaterial ist daher entsprechend den Kriterien der LAGA unter der Voraussetzung einbaubar, dass durch entsprechende Sicherungsmaßnahmen (z.B. wasserundurchlässige Deckschichten) Niederschlagswasser von dem eingebauten Bodenmaterial ferngehalten wird.

Vorbehaltlich einer Reduzierung des Organik-Anteils im Rahmen einer abfalltechnischen Behandlung kann das bindige Auffüllungsmaterial in die Einbauklasse Z1.1 eingestuft werden.

### **5.3 Einzugsgebiet EZG 3**

Die Anlage im Bereich des EZG 3 besteht aus einer Sedimentationsanlage inklusive einem Start- und einem Zielschacht aus PE-HD, die beide mit einem Außendurchmesser DA 1100 geplant sind. Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die geplanten Aushubsohlen in einem Niveau zwischen ca. +3,1 m NHN im Bereich des Startschachtes und etwa +3,6 m bis + 3,9 m NHN im Bereich der Leitung.

#### **5.3.1 Baugrundsituation**

Die Baugrundverhältnisse im Bereich des EZG 3 werden durch die Ergebnisse der Kleinrammbohrungen IV/3300 und IV/3301 repräsentiert und sind in der Anl. 2.3.2 als geologischer Schnitt dargestellt.

Die Bohrung IV/3300 musste mehrfach aufgrund von Rohrleitungen und massiven Betonhindernissen in Tiefen zwischen 0,6 und 2,0 m abgebrochen und umgesetzt werden und wurde nach insgesamt vier vergeblichen Versuchen aufgegeben.

Im Bereich des EZG 3 muss daher auch im Rahmen der Erdarbeiten für die Baumaßnahme mit massiven Hindernissen in Form von Bauschutt und alten Bauwerksresten gerechnet werden.

In beiden Bohrungen wurde oberflächennah eine **sandige Auffüllung** angetroffen, die überwiegend aus Fein- und Mittelsanden mit Grobsand- und Kiesanteilen sowie z.T. humosen Beimengungen besteht. Die oberen Abschnitte der sandigen Auffüllung enthalten zudem zahlreiche Bauschuttanteile in Form von Ziegel- und Betonresten. Die Mächtigkeit der sandigen Auffüllung beträgt gemäß Bohrung IV/3301 insgesamt 5,0 m, ihre Unterkante liegt bei +1,02 m NHN.

Unterhalb der sandigen Auffüllungen folgen **bindige Auffüllungen** aus feinsandigen, schwach tonigen und schwach organischen Schluffen (umgelagerter Klei) mit überwiegend weicher bis steifer Konsistenz. Die Mächtigkeit der bindigen Auffüllungsschichten konnte im Rahmen der Geländearbeiten nicht ermittelt werden.

Im Bereich des EZG 3 hat keine der ausgeführten Bohrungen die gewachsenen organogenen Weichschichten oder die gewachsenen Sande des Grundwasserleiters erreicht. Aufgrund der Bohrergebnisse der benachbarten Einzugsgebiete 2 und 4 ist davon auszugehen, dass auch im Bereich des EZG 3 unterhalb der Auffüllung organogene Weichschichten bis in Tiefenlagen von 13 m oder mehr anstehen.

### 5.3.2 Grund- und Stauwasserverhältnisse

Im EZG 3 wurde bei der Bohrung IV/3301 das Stauwasser in einer Tiefe von 2,74 m unter GOK bzw. bei +3,28 m NHN (IV/3301) angetroffen. Der tiefer liegende Grundwasserleiter wurde mit der Bohrung nicht erreicht.

Für die Bauphase ist ein Bemessungswasserstand von +4,0 m NHN zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Bemessungswasserstände und erforderlicher Vorkehrungen im Falle eines Sturmflutereignisses sind die Angaben in Kap. 4.2 zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der geplanten Aushubtiefen von bis zu ca. +3,1 m NHN ist das Vorhalten einer Grundwasserabsenkungsanlage für die Herstellung der Baugrube erforderlich. Unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes ist die Wasserhaltungsanlage für einen Absenkungsbetrag von bis zu 1,5 m auszulegen. Für die Dimensionierung ist in den

aufgefüllten Mittelsanden ein Durchlässigkeitsbeiwert von mindestens  $5 \times 10^{-4}$  m/s zu verwenden.

### **5.3.3 Schacht- und Leitungsbau**

Entsprechend den vorliegenden Planunterlagen liegen die Unterkanten der geplanten Sedimentationsanlagen in einem Niveau von +3,38 m NHN (Startschacht S3), +3,67 m NHN (Zielschacht Z2) und +3,87 m bis +4,16 m NHN im Verlauf der Sedimentationsstrecke. Die Gründungssohlen verlaufen damit überwiegend im Niveau der sandig ausgebildeten Auffüllungsschichten und zwar unterhalb der Zone mit hohem Bauschuttanteilen. Da nur eine der Bohrungen im Einzugsgebiet durchgeführt werden konnte, ist nicht auszuschließen, dass im Bereich des Zielschachtes andere Baugrundverhältnisse angetroffen werden.

Aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften der sandig ausgebildeten Auffüllung sind keine Sondermaßnahmen für die Gründung der Leitungen oder Schachtbauwerke erforderlich. Sollten in den Aushubsohlen stark bauschutthaltige oder bindige Auffüllungen mit weicher oder breiiger Konsistenz angetroffen werden, so sind diese möglichst vollständig, mindestens aber bis 0,5 m unter Gründungssohle zu entfernen und durch verdichtungsfähiges Material oder Magerbeton zu ersetzen.

Für die Bettungsschicht entlang der Sedimentationsstrecken sind die Vorgaben zum zulässigen Größtkorn gemäß DIN EN 1610 zu beachten.

### **5.3.4 Aushub und Wiederverfüllung**

Im Zuge der Erdarbeiten fällt beim Aushub gemäß DIN 18300:2012 überwiegend die Bodenklasse 3 (sandige Auffüllungen) an. Aufgrund der zahlreichen Bohrabbrüche können in Verbindung mit erhöhten Bauschutt- oder Steinanteilen die Bodenklassen 5 oder 6 auftreten.

Entsprechend der DIN 18 300:2015 kann der Baugrund bezüglich der Erdarbeiten zur Herstellung der Baugruben in EZG 3 in die folgenden Homogenbereiche eingeteilt werden:

**Tab. 13: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 3**

<b>Homogenbereiche</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Anteil Steine [%]	5 – 20	0 – 2
Anteil Blöcke / große Blöcke [%]	0 – 5	0 – 1
Konsistenz Konsistenzzahl $I_c$ [ - ]	-	-
Plastizität Plastizitätszahl $I_p$ [ - ]	-	-
Lagerungsdichte Bez. Lagerungsdichte $I_D$ [ - ]	locker – mitteldicht 0,2 – 0,4	locker – mitteldicht 0,2 – 0,4
Bodengruppe n. DIN 18196	GE, GW, GI	SE, SW, GE, SU

Homogenbereiche:    B = Auffüllung, Bauschutt  
                               C = Auffüllung, überwiegend sandig

Auffüllungsmaterial mit hohen Fremdstoffanteilen oder groben Bauschuttresten ist für die Wiederverfüllung nicht zu verwenden.

Das sandige Auffüllungsmaterial ohne oder mit geringen Fremdbestandteilen kann bei getrenntem Aushub und Zwischenlagerung zur Wiederverfüllung verwendet werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich aufgrund ihrer Gleichförmigkeit ( $U < 3$ ) nur schwer verdichten lässt und erfahrungsgemäß ein maximaler Verdichtungsgrad von 98 % der einfachen Proctordichte erreicht werden kann.

Entsprechend den entsorgungstechnischen Untersuchungen (s. Kap. 4.3) sind im Einzugsgebiet EZG 3 die sandige Auffüllung mit Fremdbestandteilen (MP 3.1) aufgrund ihrer PAK- und TOC-Gehalte in die Einbauklasse Z2 einzustufen. Das Bodenmaterial ist daher entsprechend den Kriterien der LAGA unter der Voraussetzung einbaubar, dass durch entsprechende Sicherungsmaßnahmen (z.B. wasserundurchlässige Deckschichten) Niederschlagswasser von dem eingebauten Bodenmaterial ferngehalten wird.

Die aufgefüllten Sande ohne Fremdbestandteile (MP 3.2) zeigen beim Parameter Quecksilber eine äußerst geringe Überschreitung des Zuordnungswertes Z0. Da es sich darüber hinaus um den einzigen auffälligen Parameter handelt, ist nach Abstimmung mit den zuständigen Behörden gegebenenfalls eine Verwendung als Z0-Material möglich.

## 5.4 Einzugsgebiet EZG 4

Die Anlage im Bereich des EZG 4 besteht aus 3 parallel geschalteten Sedimentationsanlagen inklusive einem rechteckigen Startschacht aus Ort beton sowie 3 Zielschächten aus PE-HD mit einem Außendurchmesser DA 1100. Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die geplanten Aushubsohlen in einem Niveau zwischen ca. +2,2 m NHN im Bereich des Startschachtes und etwa +2,7 m bis + 3,0 m NHN im Bereich der Leitungen.

### 5.4.1 Baugrundsituation

Die Baugrundverhältnisse im Bereich des EZG 4 werden durch die Ergebnisse der Kleinarrammbohrungen IV/3302 bis IV/3304 repräsentiert und sind in der Anl. 2.4.2 als geologischer Schnitt dargestellt.

Die Bohrung IV/3304 musste insgesamt zweimal aufgrund von Bohrhindernissen in ca. 1,8 m Tiefe abgebrochen und umgesetzt werden. Aufgrund von schwarzen und organoleptisch auffälligen Faserresten in der Bohrsonde (Schutzummantelung von Leitungen?) muss in diesem Bereich mit vorhandenen baulichen Anlagen im Untergrund gerechnet werden. Die Bohrung IV/3303 musste ebenfalls aufgrund mangelnden Bohrfortschritts in einer Tiefe von 5,3 m unter GOK abgebrochen.

In den durchgeführten Bohrungen wurde ab GOK eine **sandige Auffüllung** angetroffen, die überwiegend aus fein- und grobsandigen Mittelsanden mit unterschiedlichen Kiesanteilen sowie vereinzelt mit schluffigen humosen Beimengungen besteht. Im Bereich der Bohrung IV/3304 im östlichen Abschnitt des Standorts wurde unterhalb einer 0,1 m dicken Sandüberdeckung ein Großpflaster angetroffen. Anthropogene Beimengungen waren nur in der oberen Tragschicht in Form von Recyclingmaterial enthalten.

Im Bereich der Bohrungen IV/3302 und IV/3304 sind dem sandigen Auffüllungsmaterial ab einer Tiefe von 3,0 m bzw. 4,0 unter GOK bzw. ab +2,86 m bzw. +1,89 m unter GOK **bindige Auffüllungen** aus feinsandigen, tonigen Schluffen mit organischen Beimengungen (umgelagerter Klei) zwischengeschaltet. Die bindigen Auffüllungen weisen eine weiche bis steife Konsistenz auf. Ihre Mächtigkeiten liegen zwischen 1,6 m (IV/3304) und 2,9 m (IV/3302), die Unterkanten zwischen -0,04 m und +0,29 m NHN.

Unterhalb der anthropogenen Auffüllungen folgen ab einem Niveau zwischen -1,71 m (IV/3304) und -1,24 m NHN (IV/3302) die **organogenen Weichschichten** erbohrt, die sich aus einem oberen Klei (1,6 m), einem darunter folgenden Torf (1,6 m) und einem unteren Klei (3,0 m) zusammensetzen.

Die Mächtigkeit der gewachsenen organogenen Weichschichten beträgt gemäß Bohrung IV/3304 insgesamt 6,2 m. Die Unterkante liegt demnach in einer Tiefe von 13,8 m unter GOK bzw. bei -7,91 m NHN.

Entsprechend der Bohransprache weisen die Kleilagen überwiegend eine weiche bis steife Konsistenz auf. Der Torf ist überwiegend mäßig zersetzt.

Unterhalb der holozänen Weichschichten wurden **quartäre Schmelzwassersande** erbohrt. Die Schmelzwassersande bestehen entsprechend Bohrung IV/3304 aus schwach mittelsandigen, schwach schluffigen Feinsanden.

#### 5.4.2 Grund- und Stauwasserverhältnisse

Im EZG 4 wurde das Stauwasser in allen Bohrungen in Tiefen zwischen 1,80 m (IV/3302) und 2,23 m unter GOK (IV/3304) bzw. zwischen +3,66 m (IV/3304) und +4,06 m NHN (IV/3302) angetroffen.

Für die Bauphase ist ein Bemessungswasserstand von +4,5 m NHN zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Bemessungswasserstände und erforderlicher Vorkehrungen im Falle eines Sturmflutereignisses sind die Angaben in Kap. 4.2 zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der geplanten Aushubtiefen von bis zu ca. +2,2 m NHN wird eine Wasserhaltung für die Herstellung der Baugrube benötigt. Unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes ist die Wasserhaltungsanlage für einen Absenkungsbetrag von bis zu 2,5 m auszulegen. Für die Dimensionierung ist in den aufgefüllten Mittelsanden ein Durchlässigkeitsbeiwert von mindestens  $5 \times 10^{-4}$  m/s zu verwenden.

#### 5.4.3 Schacht- und Leitungsbau

Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die Unterkanten der geplanten Sedimentationsanlagen in einem Niveau von +2,40 m NHN (Startschacht S4), +2,81 m NHN (Zielschacht Z4) und +3,05 m bis +3,30 m NHN im Verlauf der Sedimentationsstrecken. Die Gründungssohlen verlaufen damit voraussichtlich für die Leitungen und den Zielschacht im Niveau der sandig ausgebildeten Auffüllungsschichten und im Bereich des Startschachtes im Niveau der umgelagerten Weichschichten.

Bei den umgelagerten Weichschichten handelt es sich um setzungsempfindliche Bodenarten, die grundsätzlich nicht für den Abtrag von hohen Bauwerkslasten geeignet sind. Da die Lasten aus den geplanten Anlagenteilen in der Gründungssohle vergleichbar oder niedriger liegen als die überlagernden Böden vor Beginn der Baumaßnahme, ist eine Bewegung des

Baugrunds in Form einer Hebung infolge der Aushubentlastung sowie einer Absenkung durch die Wiederverfüllung zu erwarten, jedoch keine über das Hebungsmaß hinausgehenden Setzungen. Aus diesem Grund sollten nach Möglichkeit alle Verbindungen der einzelnen Bauteile mit gelenkigen Leitungsanschlüssen und in biegeweichem Kunststoffmaterial vorgesehen werden.

Aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften der sandig ausgebildeten Auffüllung sind keine Sondermaßnahmen für die Gründung der Leitungen oder Schachtbauwerke erforderlich. Sollten in den Aushubsohlen bindige Auffüllungen mit weicher oder breiiger Konsistenz angetroffen werden, so sind diese möglichst vollständig, mindestens aber bis 0,5 m unter Gründungssohle zu entfernen und durch verdichtungsfähiges Material oder Magerbeton zu ersetzen. Torfschichten müssen generell vollständig ausgetauscht werden.

Aufgrund der Tiefenlage der angetroffenen bindigen Auffüllungen kann nicht ausgeschlossen werden, dass entlang der Sedimentationsstrecken bindiges Bodenmaterial angetroffen wird. Um die vorhandenen unterschiedlichen Tragfähigkeiten zwischen bindigen und sandigen Auffüllungen auszugleichen, wird der Einbau einer mindestens 0,20 m dicken Tragschicht (z.B. Splitt, Kiessand) empfohlen, um eine einheitliche Bettung der Leitungen zu gewährleisten. Soll die Tragschicht auch als untere Bettungsschicht genutzt werden, sind die Vorgaben zum zulässigen Größtkorn gemäß DIN EN 1610 zu beachten. Bei der Tragschicht ist auf die Filterstabilität gegenüber dem anstehenden Baugrund zu achten, gegebenenfalls muss die Trennung durch den Einbau eines Filtervlieses erfolgen.

Alternativ kann unter Beachtung der DIN EN 1610 eine untere Bettung aus hydraulisch gebundenem Material eingebaut werden.

#### **5.4.4 Aushub und Wiederverfüllung**

Im Zuge der Erdarbeiten fallen beim Aushub gemäß DIN 18300:2012 überwiegend die Bodenklassen 3 (sandige Auffüllungen) und 4 (bindige Auffüllung mit weicher bis steifer Konsistenz) an. In Verbindung mit erhöhten Bauschutt- oder Steinanteilen innerhalb der Auffüllung kann auch das Auftreten der Bodenklasse 5 nicht ausgeschlossen werden.

Entsprechend der DIN 18 300:2015 kann der Baugrund bezüglich der Erdarbeiten zur Herstellung der Baugruben in EZG 4 in die folgenden Homogenbereiche eingeteilt werden:

**Tab. 14: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 4**

Homogenbereiche	C	D
Anteil Steine [%]	0 – 2	0 – 2
Anteil Blöcke / große Blöcke [%]	0 – 1	0 – 1
Konsistenz Konsistenzzahl $I_c$ [ - ]	-	weich – steif 0,5 – 0,8
Plastizität Plastizitätszahl $I_p$ [ - ]	-	leicht pl. 0,05 – 0,15
Lagerungsdichte Bez. Lagerungsdichte $I_D$ [ - ]	locker – mitteldicht 0,2 – 0,4	-
Bodengruppe n. DIN 18196	SE, SW, GE, SU	OU, UL, TM

Homogenbereiche: C = Auffüllung, überwiegend sandig  
D = Auffüllung, überwiegend bindig

Die bindigen Auffüllungsböden sind stark frost- und feuchtigkeitsempfindlich. Bei Zutritt von Wasser und / oder Befahren mit Gerät weichen diese Bodenarten tiefgründig auf und lassen sich dann nicht mehr bearbeiten.

Das Aushubplanum muss mit Gefälle angelegt werden, damit zutretendes Wasser rückstaufrei abfließen kann. Alle Maßnahmen zum Schutz des Planums gegen Oberflächenwasser gemäß VOB sind unbedingt zu beachten.

Das beim Aushub anfallende bindige Bodenmaterial aus den Auffüllungsschichten kann aus geotechnischer Sicht aufgrund der überwiegend hohen Schluffanteile nicht für eine Wiederverfüllung eingesetzt werden. Ausnahmen stellen statisch nicht belastete Teilflächen (z.B. Grünflächen, Lärmschutzwälle) dar, in denen entsprechende Sackungen in Kauf genommen werden können.

Auffüllungsmaterial mit hohen Fremdstoffanteilen oder groben Bauschuttresten ist für die Wiederverfüllung nicht zu verwenden.

Das sandige Auffüllungsmaterial ohne oder mit geringen Fremdbestandteilen kann bei getrenntem Aushub und Zwischenlagerung zur Wiederverfüllung verwendet werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich aufgrund ihrer Gleichförmigkeit ( $U < 3$ ) nur schwer verdichten lässt und erfahrungsgemäß ein maximaler Verdichtungsgrad von 98 % der einfachen Proctordichte erreicht werden kann.

Entsprechend den entsorgungstechnischen Untersuchungen (s. Kap.4.4) sind die oberen sandigen Auffüllungen mit und ohne Fremdbestandteilen (MP 4.1 und MP 4.2) aufgrund ihrer

Blei-, Kupfer- und Zinkgehalte (MP 4.1) bzw. ihres Quecksilbergehaltes (MP 4.2) in die Einbauklasse Z1.1 einzustufen. Hierfür ist ein offener Einbau in technischen Bauwerken gemäß den Kriterien der LAGA möglich.

Das bindige Auffüllungsmaterial (MP 4.3) überschreitet den Zuordnungswert Z1 beim Parameter TOC. Das Bodenmaterial ist daher entsprechend den Kriterien der LAGA unter der Voraussetzung einbaubar, dass durch entsprechende Sicherungsmaßnahmen (z.B. wasserundurchlässige Deckschichten) Niederschlagswasser von dem eingebauten Bodenmaterial ferngehalten wird. Vorbehaltlich einer Reduzierung des Organik-Anteils im Rahmen einer abfalltechnischen Behandlung kann das bindige Auffüllungsmaterial in die Einbauklasse Z1.1 eingestuft werden.

## 5.5 Einzugsgebiet EZG 5

Die Anlage im Bereich des EZG 5 besteht aus 2 parallel geschalteten Sedimentationsanlagen inklusive einem rechteckigen Startschacht aus Ortbeton sowie 2 Zielschächten aus PE-HD mit einem Außendurchmesser DA 1100. Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die geplanten Aushubsohlen in einem Niveau zwischen ca. +2,7 m NHN im Bereich des Startschachtes und etwa +3,2 m bis + 3,5 m NHN im Bereich der Leitungen.

### 5.5.1 Baugrundsituation

Die Baugrundverhältnisse im Bereich des EZG 5 werden durch die Ergebnisse der Kleinrammbohrungen IV/3305 und IV/3306 repräsentiert und sind in der Anl. 2.5.2 als geologischer Schnitt dargestellt.

Beide Bohrungen mussten je einmal wegen Bohrhindernissen abgebrochen werden. Aufgrund von schwarzen und organoleptisch auffälligen Faserresten in der Bohrsonde (Schutzummantelung von Leitungen?) muss in diesem Bereich mit vorhandenen baulichen Anlagen im Untergrund gerechnet werden.

In beiden Bohrungen wurde ab GOK eine **sandige Auffüllung** angetroffen, die überwiegend aus feinsandigen und grobsandigen Mittelsanden mit unterschiedlichen Kiesanteilen sowie z.T. humosen Beimengungen besteht. Die oberen Abschnitte der sandigen Auffüllung enthalten bis in Tiefen zwischen 0,8 m (IV/3305) und 2,5 m (IV/3306) zudem Bauschuttanteile in Form von Ziegel- und Metallresten. Die Mächtigkeit der sandigen Auffüllung beträgt zwischen 3,0 m (IV/3305) und 6,1 m (IV/3306), ihre Unterkante liegt bei +0,53 m (IV/3306) bzw. +3,62 m NHN (IV/3305).

Unterhalb der sandigen Auffüllungen folgen **bindige Auffüllungen** aus feinsandigen bis stark feinsandigen, z.T. tonigen und schwach organischen Schluffen (umgelagerter Klei) mit überwiegend weicher bis steifer Konsistenz.

Unterhalb der anthropogenen Auffüllungen folgen ab einem Niveau zwischen -0,27 m (IV/3306) und +0,52 m NHN (IV/3305) die **organogenen Weichschichten**, die sich aus tonigen, feinsandigen Schluffen mit organischen Beimengungen (Klei) zusammensetzen.

Die Mächtigkeit der gewachsenen organogenen Weichschichten beträgt gemäß Bohrung IV/3305 insgesamt 2,8 m. Die Unterkante liegt demnach in einer Tiefe von 8,9 m unter GOK bzw. bei -2,28 m NHN.

Entsprechend der Bohransprache weist der Klei überwiegend eine steife Konsistenz auf.

Unterhalb der organogenen Weichschichten wurden **quartäre Schmelzwassersande** erbohrt. Die Schmelzwassersande bestehen entsprechend Bohrung IV/3305 aus schwach schluffigen, schwach mittelsandigen Feinsanden.

### 5.5.2 Grund- und Stauwasserverhältnisse

Im Einzugsgebiet EZG 5 wurde das Stauwasser bei beiden Bohrungen in Tiefen zwischen 2,40 m (IV/3305) und 2,97 m unter GOK (IV/3306) bzw. zwischen +3,66 m (IV/3306) und +4,22 m NHN (IV/3305) angetroffen.

Für die Bauphase ist ein Bemessungswasserstand von +4,7 m NHN zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Bemessungswasserstände und erforderlicher Vorkehrungen im Falle eines Sturmflutereignisses sind die Angaben in Kap. 4.2 zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der geplanten Aushubtiefen von bis zu ca. +2,7 m NHN wird eine Wasserhaltung für die Herstellung der Baugrube benötigt. Unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes ist die Wasserhaltungsanlage für einen Absenkungsbetrag von bis zu 2,5 m auszulegen. Für die Dimensionierung ist in den aufgefüllten Mittelsanden ein Durchlässigkeitsbeiwert von mindestens  $5 \times 10^{-4}$  m/s zu verwenden.

### 5.5.3 Schacht- und Leitungsbau

Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die Unterkanten der geplanten Sedimentationsanlagen in einem Niveau von +2,91 m NHN (Startschacht S5), +3,32 m NHN (Zielschacht Z5) und +3,56 m bis +3,81 m NHN im Verlauf der Sedimentationsstrecken. Die Gründungssohlen verlaufen damit voraussichtlich für die Leitungen und den Startschacht im

Niveau der sandig ausgebildeten Auffüllungsschichten und im Bereich des Zielschachtes im Niveau der umgelagerten Weichschichten.

Bei den umgelagerten Weichschichten handelt es sich um setzungsempfindliche Bodenarten, die grundsätzlich nicht für den Abtrag von hohen Bauwerkslasten geeignet sind. Da die Lasten aus den geplanten Anlagenteilen in der Gründungssohle vergleichbar oder niedriger liegen als die überlagernden Böden vor Beginn der Baumaßnahme, ist eine Bewegung des Baugrunds in Form einer Hebung infolge der Aushubentlastung sowie einer Absenkung durch die Wiederverfüllung zu erwarten, jedoch keine über das Hebungsmaß hinausgehenden Setzungen. Aus diesem Grund sollten nach Möglichkeit alle Verbindungen der einzelnen Bauteile mit gelenkigen Leitungsanschlüssen und in biegeweichem Kunststoffmaterial vorgesehen werden.

Aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften der sandig ausgebildeten Auffüllung sind keine Sondermaßnahmen für die Gründung der Leitungen oder Schachtbauwerke erforderlich. Sollten in den Aushubsohlen bindige Auffüllungen mit weicher oder breiiger Konsistenz angetroffen werden, so sind diese möglichst vollständig, mindestens aber bis 0,5 m unter Gründungssohle zu entfernen und durch verdichtungsfähiges Material oder Magerbeton zu ersetzen. Torfschichten müssen generell vollständig ausgetauscht werden.

Aufgrund der Tiefenlage der angetroffenen bindigen Auffüllungen kann nicht ausgeschlossen werden, dass entlang der Sedimentationsstrecken bindiges Bodenmaterial angetroffen wird. Um die vorhandenen unterschiedlichen Tragfähigkeiten zwischen bindigen und sandigen Auffüllungen auszugleichen, wird der Einbau einer mindestens 0,20 m dicken Tragschicht (z.B. Splitt, Kiessand) empfohlen, um eine einheitliche Bettung der Leitungen zu gewährleisten. Soll die Tragschicht auch als untere Bettungsschicht genutzt werden, sind die Vorgaben zum zulässigen Größtkorn gemäß DIN EN 1610 zu beachten. Bei der Tragschicht ist auf die Filterstabilität gegenüber dem anstehenden Baugrund zu achten, gegebenenfalls muss die Trennung durch den Einbau eines Filtervlieses erfolgen.

Alternativ kann unter Beachtung der DIN EN 1610 eine untere Bettung aus hydraulisch gebundenem Material eingebaut werden.

#### **5.5.4 Aushub und Wiederverfüllung**

Im Zuge der Erdarbeiten fallen beim Aushub gemäß DIN 18300:2012 überwiegend die Bodenklassen 3 (sandige Auffüllungen) und 4 (bindige Auffüllung mit weicher bis steifer Konsistenz) an. In Verbindung mit erhöhten Bauschutt- oder Steinanteilen innerhalb der Auffüllung kann auch das Auftreten der Bodenklasse 5 nicht ausgeschlossen werden.

Entsprechend der DIN 18 300:2015 kann der Baugrund bezüglich der Erdarbeiten zur Herstellung der Baugruben in EZG 5 in die folgenden Homogenbereiche eingeteilt werden:

**Tab. 15: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 5**

Homogenbereiche	C	D
Anteil Steine [%]	0 – 2	0 – 2
Anteil Blöcke / große Blöcke [%]	0 – 1	0 – 1
Konsistenz Konsistenzzahl $I_c$ [ - ]	-	weich – steif 0,5 – 0,8
Plastizität Plastizitätszahl $I_p$ [ - ]	-	leicht pl. 0,05 – 0,15
Lagerungsdichte Bez. Lagerungsdichte $I_D$ [ - ]	locker – mitteldicht 0,2 – 0,4	-
Bodengruppe n. DIN 18196	SE, SW, GE, SU	OU, UL, TM

Homogenbereiche: C = Auffüllung, überwiegend sandig  
D = Auffüllung, überwiegend bindig

Die bindigen Auffüllungsböden sind stark frost- und feuchtigkeitsempfindlich. Bei Zutritt von Wasser und / oder Befahren mit Gerät weichen diese Bodenarten tiefgründig auf und lassen sich dann nicht mehr bearbeiten.

Das Aushubplanum muss mit Gefälle angelegt werden, damit zutretendes Wasser rückstaufrei abfließen kann. Alle Maßnahmen zum Schutz des Planums gegen Oberflächenwasser gemäß VOB sind unbedingt zu beachten.

Das beim Aushub anfallende bindige Bodenmaterial aus den Auffüllungsschichten kann aus geotechnischer Sicht aufgrund der überwiegend hohen Schluffanteile nicht für eine Wiederverfüllung eingesetzt werden. Ausnahmen stellen statisch nicht belastete Teilflächen (z.B. Grünflächen, Lärmschutzwälle) dar, in denen entsprechende Sackungen in Kauf genommen werden können.

Auffüllungsmaterial mit hohen Fremdstoffanteilen oder groben Bauschuttresten ist für die Wiederverfüllung nicht zu verwenden.

Das sandige Auffüllungsmaterial ohne oder mit geringen Fremdbestandteilen kann bei getrenntem Aushub und Zwischenlagerung zur Wiederverfüllung verwendet werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich aufgrund ihrer Gleichförmigkeit ( $U < 3$ ) nur schwer verdichten lässt und erfahrungsgemäß ein maximaler Verdichtungsgrad von 98 % der einfachen Proctordichte erreicht werden kann.

Entsprechend den entsorgungstechnischen Untersuchungen (s. Kap.4.4) sind im EZG 5 die oberen sandigen Auffüllungen mit und ohne Fremdbestandteilen (MP 5.1 und MP 5.2) aufgrund ihrer TOC- (beide Proben) bzw. Zinkgehalte (MP 5.2) in die Einbauklasse Z1.1 einzuordnen. Hierfür ist ein offener Einbau in technischen Bauwerken gemäß den Kriterien der LAGA möglich.

Das bindige Auffüllungsmaterial (MP 5.3) überschreitet den Zuordnungswert Z1 bei den Parametern PAK und TOC. Das Bodenmaterial ist daher entsprechend den Kriterien der LAGA unter der Voraussetzung einbaubar, dass durch entsprechende Sicherungsmaßnahmen (z.B. wasserundurchlässige Deckschichten) Niederschlagswasser von dem eingebauten Bodenmaterial ferngehalten wird.

## 5.6 Einzugsgebiet EZG 6

Die Anlage im Bereich des EZG 6 besteht aus 2 parallel geschalteten Sedimentationsanlagen inklusive einem rechteckigen Startschacht aus Ortbeton sowie 2 Zielschächten aus PE-HD mit einem Außendurchmesser DA 1100. Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die geplante Aushubsohlen in einem Niveau zwischen ca. +3,1 m NHN im Bereich des Startschachtes und etwa +3,7 m bis + 4,0 m NHN im Bereich der Leitungen.

### 5.6.1 Baugrundsituation

Die Baugrundverhältnisse im Bereich des EZG 6 werden durch die Ergebnisse der Kleinrammbohrungen IV/3307 und IV/3308 repräsentiert und sind in der Anl. 2.6.2 als geologischer Schnitt dargestellt.

In beiden Bohrungen wurde unterhalb eines geringmächtigen Mutterbodens eine **sandige Auffüllung** angetroffen, die überwiegend aus z.T. schluffigen Fein- und Mittelsanden mit unterschiedlichen Grobsand- und Kiesanteilen sowie z.T. humosen Beimengungen besteht. Die oberen Abschnitte der sandigen Auffüllung enthalten bis in Tiefen zwischen 0,1 m (IV/3308) und 0,4 m (IV/3306) geringe Bauschuttanteile in Form von Ziegel- und Schlackeresten. Die Mächtigkeit der sandigen Auffüllung beträgt zwischen 3,5 m (IV/3308) und 4,0 m (IV/3307), ihre Unterkante liegt bei +2,53 m (IV/3307) bzw. +2,94 m NHN (IV/3308).

Unterhalb der sandigen Auffüllungen folgen **bindige Auffüllungen** aus feinsandigen, tonigen und schwach organischen Schluffen (umgelagerter Klei) mit überwiegend weicher bis steifer Konsistenz.

Unterhalb der anthropogenen Auffüllungen folgen ab einem Niveau zwischen -0,46 m (IV/3308) und +0,53 m NHN (IV/3307) die **organogenen Weichschichten**, die sich aus tonigen und schwach feinsandigen Schluffen mit organischen Beimengungen (Klei) zusammensetzen.

Die Mächtigkeit der gewachsenen organogenen Weichschichten beträgt gemäß Bohrung IV/3307 insgesamt 3,5 m. Die Unterkante liegt demnach in einer Tiefe von 9,5 m unter GOK bzw. bei -2,97 m NHN.

Entsprechend der Bohransprache weist der Klei überwiegend eine steife, in tieferen Lagen eine weiche bis steife Konsistenz auf.

Unterhalb der organogenen Weichschichten wurden **quartäre Schmelzwassersande** erbohrt. Die Schmelzwassersande bestehen entsprechend Bohrung IV/3307 aus schwach schluffigen, schwach mittelsandigen Feinsanden.

### 5.6.2 Grund- und Stauwasserverhältnisse

Im EZG 6 wurde das Stauwasser bei beiden Bohrungen in Tiefen zwischen 2,46 m (IV/3307) und 2,61 m unter GOK (IV/3308) bzw. zwischen +3,83 m (IV/3308) und +4,07 m NHN (IV/3307) angetroffen.

Für die Bauphase ist ein Bemessungswasserstand von +4,5 m NHN zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Bemessungswasserstände und erforderlicher Vorkehrungen im Falle eines Sturmflutereignisses sind die Angaben in Kap. 4.2 zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der geplanten Aushubtiefen von bis zu ca. +3,1 m NHN wird eine Wasserhaltung für die Herstellung der Baugrube benötigt. Unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes ist die Wasserhaltungsanlage für einen Absenkungsbetrag von bis zu 2,0 m auszulegen. Für die Dimensionierung ist in den aufgefüllten Fein- und Mittelsanden ein Durchlässigkeitsbeiwert von mindestens  $5 \times 10^{-4}$  m/s zu verwenden.

### 5.6.3 Schacht- und Leitungsbau

Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die Unterkanten der geplanten Sedimentationsanlagen in einem Niveau von +3,37 m NHN (Startschacht S6), +3,78 m NHN (Zielschacht Z6) und +4,02 m bis +4,27 m NHN im Verlauf der Sedimentationsstrecken. Die Gründungssohlen verlaufen damit voraussichtlich vollständig im Niveau der sandig ausgebildeten Auffüllungsschichten.

Aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften der sandig ausgebildeten Auffüllung sind keine Sondermaßnahmen für die Gründung der Leitungen oder Schachtbauwerke erforderlich. Sollten in den Aushubsohlen stark bauschutthaltige oder bindige Auffüllungen mit weicher oder breiiger Konsistenz angetroffen werden, so sind diese möglichst vollständig, mindestens aber bis 0,5 m unter Gründungssohle zu entfernen und durch verdichtungsfähiges Material oder Magerbeton zu ersetzen.

Für die Bettungsschicht entlang der Sedimentationsstrecken sind die Vorgaben zum zulässigen Größtkorn gemäß DIN EN 1610 zu beachten.

#### 5.6.4 Aushub und Wiederverfüllung

Im Zuge der Erdarbeiten fällt beim Aushub gemäß DIN 18300:2012 überwiegend die Bodenklasse 3 (sandige Auffüllungen) sowie untergeordnet die Klasse 1 (Mutterboden) an. In Verbindung mit erhöhten Bauschutt- oder Steinanteilen innerhalb der Auffüllung kann auch das Auftreten der Bodenklasse 5 nicht ausgeschlossen werden.

Entsprechend der DIN 18 300:2015 kann der Baugrund bezüglich der Erdarbeiten zur Herstellung der Baugruben in EZG 6 in die folgenden Homogenbereiche eingeteilt werden:

**Tab. 16: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 6**

Homogenbereiche	A	C
Anteil Steine [%]	0 – 1	0 – 2
Anteil Blöcke / große Blöcke [%]	0	0 – 1
Konsistenz Konsistenzzahl $I_c$ [ - ]	-	-
Plastizität Plastizitätszahl $I_p$ [ - ]	-	-
Lagerungsdichte Bez. Lagerungsdichte $I_D$ [ - ]	locker 0,1 – 0,3	locker – mitteldicht 0,2 – 0,4
Bodengruppe n. DIN 18196	OH	SE, SW, GE, SU

Homogenbereiche: A = Auffüllung, Mutterboden  
C = Auffüllung, überwiegend sandig

Das sandige Auffüllungsmaterial ohne oder mit geringen Fremdbestandteilen kann bei getrenntem Aushub und Zwischenlagerung zur Wiederverfüllung verwendet werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich aufgrund ihrer Gleichförmigkeit ( $U < 3$ ) nur schwer verdichten lässt und erfahrungsgemäß ein maximaler Verdichtungsgrad von 98 % der einfachen Proctordichte erreicht werden kann.

Entsprechend den entsorgungstechnischen Untersuchungen (s. Kap.4.4) überschreiten die die sandigen Auffüllungen mit Fremdbestandteilen (MP 6.1) aufgrund ihrer Kupfergehalte (420 mg/kg TM) den Zuordnungswert Z2 (400 mg/kg TM). Das Bodenmaterial muss daher getrennt gelagert und einer geeigneten Entsorgung zugeführt werden. Aufgrund der geringen Überschreitung ist gegebenenfalls nach einer Abstimmung mit den zuständigen Behörden eine Wiederverwendung als Z2-Material möglich.

Die aufgefüllten Sande ohne Fremdbestandteile (MP 6.2) sind aufgrund ihrer Quecksilbergehalte der Einbauklasse Z1.1 zuzuordnen. Hierfür ist ein offener Einbau in technischen Bauwerken gemäß den Kriterien der LAGA möglich.

## 5.7 Einzugsgebiet EZG 7

Die Anlage im Bereich des EZG 7 besteht aus einer Sedimentationsanlage inklusive einem Start- und einem Zielschacht aus PE-HD, die beide mit einem Außendurchmesser DA 1100 geplant sind. Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die geplanten Aushubsohlen in einem Niveau zwischen ca. +2,9 m NHN im Bereich des Startschachtes und etwa +3,3 m bis + 3,6 m NHN im Bereich der Leitung.

### 5.7.1 Baugrundsituation

Die Baugrundverhältnisse im Bereich des EZG 7 werden durch die Ergebnisse der Kleinrammbohrungen V/3310 bis V/3312 repräsentiert und sind in der Anl. 2.7.2 als geologischer Schnitt dargestellt.

Demnach wurden unterhalb des Mutterbodens und einer geringmächtigen sandigen **Auffüllungsschicht** ab einer Tiefe von 0,3 m bis 0,9 m unter GOK bindige und humose Auffüllungen in Form von umgelagerten Weichschichten (überwiegend Klei, z.T. Torf) angetroffen. In der südlichen Bohrung V/3312 wurden in der Auffüllung ab 0,9 m Tiefe ausschließlich umgelagerte Kleiböden erbohrt. In den Aufschlüssen V/3310 und V/3311 folgen unterhalb von 0,5 m bis 1,0 m Weichschichtböden erneut aufgefüllte Sande, die bis in Tiefen von 3,2 m (V/3311) bzw. 4,0 m unter GOK (V/3310) reichen. Darunter folgt erneut bindiges Auffüllungsmaterial bis zur Unterkante der Auffüllungen.

Unterhalb der anthropogenen Auffüllungen folgen ab einem Niveau zwischen -0,06 m (V/3310) und +0,30 m NHN (V/3312) die **organogenen Weichschichten**, die sich aus tonigen und schwach feinsandigen Schluffen mit organischen Beimengungen (Klei) zusammensetzen.

Die Mächtigkeit der gewachsenen organogenen Weichschichten beträgt gemäß Bohrung V/3312 insgesamt 3,5 m. Die Unterkante liegt demnach in einer Tiefe von 9,2 m unter GOK bzw. bei -3,20 m NHN.

Entsprechend der Bohransprache weist der Klei durchgehend eine weiche bis steife Konsistenz auf.

Unterhalb der organogenen Weichschichten wurden **quartäre Schmelzwassersande** erbohrt. Die Schmelzwassersande bestehen entsprechend Bohrung V/3312 aus Fein- und Mittelsanden mit zum Teil schluffigen Beimengungen.

### 5.7.2 Grund- und Stauwasserverhältnisse

Im EZG 7 wurde in keiner der Bohrungen Stauwasser angetroffen. Unabhängig von dem tieferliegenden Grundwasserleiter ist allerdings über den geringleitenden bindigen Auffüllungsschichten insbesondere nach starken oder langanhaltenden Niederschlagsereignissen ein Aufstau von Schichten- oder Sickerwasser zu erwarten. Hinsichtlich der Bemessungswasserstände und erforderlicher Vorkehrungen im Falle eines Sturmflutereignisses sind die Angaben in Kap. 4.2 zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse ist bei der Herstellung der Baugruben im EZG 7 mit dem Zutritt von Sicker- oder Schichtenwasser zu rechnen und daher eine offene Wasserhaltung einzuplanen.

### 5.7.3 Schacht- und Leitungsbau

Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die Unterkanten der geplanten Sedimentationsanlagen für das EZG 7 in einem Niveau von +3,16 m NHN (Startschacht S7), +3,41 m NHN (Zielschacht Z7) und +3,65 m bis +3,90 m NHN im Verlauf der Sedimentationsstrecken. Die Gründungssohlen verlaufen damit teilweise im Niveau von sandigen und teilweise bindigen Auffüllungsschichten.

Bei den umgelagerten Weichschichten der bindigen Auffüllung handelt es sich um setzungsempfindliche Bodenarten, die grundsätzlich nicht für den Abtrag von hohen Bauwerkslasten geeignet sind. Da die Lasten aus den geplanten Anlagenteilen in der Gründungssohle vergleichbar oder niedriger liegen als die überlagernden Böden vor Beginn der Baumaßnahme, ist eine Bewegung des Baugrunds in Form einer Hebung infolge der Aushubentlastung sowie einer Absenkung durch die Wiederverfüllung zu erwarten, jedoch keine über das Hebung-

maß hinausgehenden Setzungen. Aus diesem Grund sollten nach Möglichkeit alle Verbindungen der einzelnen Bauteile mit gelenkigen Leitungsanschlüssen und in biegeweichem Kunststoffmaterial vorgesehen werden.

Treten in der Gründungssohle der Schächte bindige Böden mit weicher oder breiiger Konsistenz auf, so sind diese möglichst vollständig, mindestens aber bis 0,5 m unter Gründungssohle zu entfernen und durch verdichtungsfähiges Material oder Magerbeton zu ersetzen. Torf muss generell vollständig ausgetauscht werden.

Um die aufgrund der wechselnden geologischen Verhältnisse entlang der Sedimentationsstrecken vorhandenen unterschiedlichen Tragfähigkeiten auszugleichen, wird der Einbau einer mindestens 0,20 m dicken Tragschicht (z.B. Splitt, Kiessand) empfohlen, um eine einheitliche Bettung der Leitungen zu gewährleisten. Soll die Tragschicht auch als untere Bettungsschicht genutzt werden, sind die Vorgaben zum zulässigen Größtkorn gemäß DIN EN 1610 zu beachten. Bei der Tragschicht ist auf die Filterstabilität gegenüber dem anstehenden Baugrund zu achten, gegebenenfalls muss die Trennung durch den Einbau eines Filtervlieses erfolgen.

Alternativ kann unter Beachtung der DIN EN 1610 eine untere Bettung aus hydraulisch gebundenem Material eingebaut werden.

#### **5.7.4 Aushub und Wiederverfüllung**

Im Zuge der Erdarbeiten fallen beim Aushub gemäß DIN 18300:2012 überwiegend die Bodenklassen 2 (umgelagerte Torfe), 3 (sandige Auffüllung mit geringem Bauschuttanteil) und 4 (bindige Auffüllung mit weicher bis steifer Konsistenz) an. In Verbindung mit erhöhten Bauschutt- oder Steinanteilen innerhalb der Auffüllung kann auch das Auftreten der Bodenklasse 5 nicht ausgeschlossen werden.

Entsprechend der DIN 18 300:2015 kann der Baugrund bezüglich der Erdarbeiten zur Herstellung der Baugruben in EZG 7 in die folgenden Homogenbereiche eingeteilt werden:

**Tab. 17: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 7**

Homogenbereiche	A	C	D	E
<b>Eigenschaften und Kennwerte gemäß DIN 18 300:2015</b>				
Anteil Steine [%]	0 – 1	0 – 2	0 – 2	0
Anteil Blöcke / große Blöcke [%]	0	0 – 1	0 – 1	0
Konsistenz Konsistenzzahl $I_C$ [ - ]	-	-	weich – steif 0,5 – 0,8	-
Plastizität Plastizitätszahl $I_P$ [ - ]	-	-	leicht pl. 0,05 – 0,15	-
Lagerungsdichte Bez. Lagerungsdichte $I_D$ [ - ]	locker 0,1 – 0,3	locker – mitteldicht 0,2 – 0,4	-	-
Bodengruppe n. DIN 18196	OH	SE, SW, GE, SU	OU, UL, TM	HN, HZ

Homogenbereiche:     A = Auffüllung, Oberboden  
                               C = Auffüllung, überwiegend sandig  
                               D = Auffüllung, überwiegend bindig  
                               E = umgelagerter Torf

Die abschnittsweise anstehenden bindigen Auffüllungsböden sowie die umgelagerten Torfe sind stark frost- und feuchtigkeitsempfindlich. Bei Zutritt von Wasser und / oder Befahren mit Gerät weichen diese Bodenarten tiefgründig auf und lassen sich dann nicht mehr bearbeiten.

Das Aushubplanum muss mit Gefälle angelegt werden, damit zutretendes Wasser rückstaufrei abfließen kann. Alle Maßnahmen zum Schutz des Planums gegen Oberflächenwasser gemäß VOB sind unbedingt zu beachten.

Beim Aushub anfallendes bindiges oder organisches Bodenmaterial aus den Auffüllungsschichten kann aus geotechnischer Sicht aufgrund der überwiegend hohen organischen bzw. schluffigen Anteile nicht für eine Wiederverfüllung eingesetzt werden. Ausnahmen stellen statisch nicht belastete Teilflächen (z.B. Grünflächen, Lärmschutzwälle) dar, in denen entsprechende Sackungen in Kauf genommen werden können.

Generell kann das sandige Auffüllungsmaterial ohne oder mit geringen Fremdbestandteilen bei getrenntem Aushub und Zwischenlagerung zur Wiederverfüllung verwendet werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich aufgrund ihrer Gleichförmigkeit ( $U < 3$ ) nur schwer verdichten lässt und erfahrungsgemäß ein maximaler Verdichtungsgrad von 98 % der einfachen Proctordichte erreicht werden kann.

Entsprechend den entsorgungstechnischen Untersuchungen (s. Kap.4.4) sind die oberen sandigen Auffüllungen mit Fremdbestandteilen (MP 7.1) und die bindigen Auffüllungen (MP 7.3) aufgrund ihrer TOC-Gehalte (beide Proben sowie der Sulfatkonzentrationen im Eluat

(nur MP 7.3) in die Einbauklasse Z2 einzustufen. Das Bodenmaterial ist daher entsprechend den Kriterien der LAGA unter der Voraussetzung einbaubar, dass durch entsprechende Sicherungsmaßnahmen (z.B. wasserundurchlässige Deckschichten) Niederschlagswasser von dem eingebauten Bodenmaterial ferngehalten wird.

Die sandigen Auffüllungen ohne Fremdbestandteile (MP 7.2) sind aufgrund ihrer Sulfatkonzentration im Eluat in die Einbauklasse Z1.2 einzustufen. Hierfür ist in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Bedingungen ein offener Einbau in technischen Bauwerken gemäß den Kriterien der LAGA möglich.

## 5.8 Einzugsgebiet EZG 8

Im Bereich des EZG 8 ist der Ausbau eines vorhandenen Grabens zu einem Versickerungsgraben mit belebter Bodenzone inklusive Errichtung eines Sandfangschachtes vorgesehen. Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegt die geplante Aushubsohle für den Sandfang in einem Niveau zwischen ca. +3,6 m NHN.

### 5.8.1 Geologische Verhältnisse

Die Baugrundverhältnisse im Bereich des EZG 8 werden durch die Ergebnisse der Kleinrammbohrung V/3313 wiedergegeben und sind in der Anl. 2.8.2 als geologischer Schnitt dargestellt.

Demnach wurde ab Grabensohle eine Wechsellagerung von sandigen und bindig ausgebildeten Auffüllungen erbohrt. Bei den sandigen Auffüllungen (Tiefenlagen 0,0 m – 1,5 m und 2,5 m – 3,2 m) handelt es sich um feinsandige, schwach grobsandige Mittelsande mit z.T. Schluff- oder Kiesbeimengungen. Die bindigen Auffüllungen (Tiefenlagen 1,5 m – 2,5 m und 3,2 – 4,7 m) bestehen aus feinsandigen und tonigen Schluffen mit organischen Anteilen (umgelagerter Klei) mit weicher bis steifer Konsistenz.

Anthropogene Beimengungen wurden in der Bohrung nicht nachgewiesen, die obere bindige Auffüllungsschicht in einer Tiefe zwischen 1,5 m und 2,5 m unter GOK wies allerdings organoleptische Auffälligkeiten (MKW-Geruch) auf.

Unterhalb der anthropogenen Auffüllungen folgen gemäß Bohrung V/3313 ab einem Niveau von -0,03 m NHN die **quartären Schmelzwassersande**. Organogene Weichschichten wurden am Standort für das EZG 8 nicht erbohrt. Die Schmelzwassersande bestehen entsprechend Bohrung V/3313 aus mittelsandigen Feinsanden.

### **5.8.2 Grund- und Stauwasserverhältnisse**

Im EZG 8 wurde das Stauwasser in einer Tiefe von 2,35 m unter GOK bzw. +2,32 m NHN angetroffen.

Aufgrund der hochliegenden bindigen Auffüllung ist für die Bauphase ein Bemessungswasserstand von +3,5 m NHN zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Bemessungswasserstände und erforderlicher Vorkehrungen im Falle eines Sturmflutereignisses sind die Angaben in Kap. 4.2 zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der geplanten Aushubtiefen von ca. +3,6 m NHN wird voraussichtlich keine Wasserhaltung für die Herstellung der Baugrube benötigt. Es wird allerdings empfohlen, mindestens eine offene Wasserhaltung für das Auffangen von Oberflächen- und Sickerwasser vorzuhalten.

### **5.8.3 Gründung Sandfang**

Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegt die Unterkante für den geplanten Sandfang im EZG 8 in einem Niveau von +3,79 m NHN. Die Gründungssohle liegt damit voraussichtlich im Niveau der sandigen Auffüllungsschichten.

Aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften der sandig ausgebildeten Auffüllung sind keine Sondermaßnahmen für die Gründung des Sandfangs erforderlich. Sollten in den Aushubsohlen stark bauschutthaltige oder bindige Auffüllungen mit weicher oder breiiger Konsistenz angetroffen werden, so sind diese möglichst vollständig, mindestens aber bis 0,5 m unter Gründungssohle zu entfernen und durch verdichtungsfähiges Material oder Magerbeton zu ersetzen.

### **5.8.4 Aushub und Wiederverfüllung**

Im Zuge der Erdarbeiten fällt beim Aushub gemäß DIN 18300:2012 überwiegend die Bodenklasse 3 (sandige Auffüllung) an. In Verbindung mit erhöhten Bauschutt- oder Steinanteilen innerhalb der Auffüllung kann auch das Auftreten der Bodenklasse 5 nicht ausgeschlossen werden.

Entsprechend der DIN 18 300:2015 kann der Baugrund bezüglich der Erdarbeiten zur Herstellung der Baugruben in EZG 8 in die folgenden Homogenbereiche eingeteilt werden:

**Tab. 18: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 8**

Homogenbereiche	C
<b>Eigenschaften und Kennwerte gemäß DIN 18 300:2015</b>	
Anteil Steine [%]	0 – 2
Anteil Blöcke / große Blöcke [%]	0 – 1
Konsistenz Konsistenzzahl $I_c$ [ - ]	-
Plastizität Plastizitätszahl $I_p$ [ - ]	-
Lagerungsdichte Bez. Lagerungsdichte $I_D$ [ - ]	locker – mitteldicht 0,2 – 0,4
Bodengruppe n. DIN 18196	SE, SW, GE, SU

Homogenbereiche:     A = Auffüllung, Oberboden  
                               C = Auffüllung, überwiegend sandig  
                               D = Auffüllung, überwiegend bindig  
                               E = umgelagerter Torf

Generell kann das sandige Auffüllungsmaterial ohne oder mit geringen Fremdbestandteilen aus **geotechnischer Sicht** bei getrenntem Aushub und Zwischenlagerung zur **Wiederverfüllung** verwendet werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich aufgrund ihrer Gleichförmigkeit ( $U < 3$ ) nur schwer verdichten lässt und erfahrungsgemäß ein maximaler Verdichtungsgrad von 98 % der einfachen Proctordichte erreicht werden kann.

Entsprechend den entsorgungstechnischen Untersuchungen (s. Kap.4.4) sind die sandigen Auffüllungen (MP 8.1) und die Grabensedimente aus dem östlichen Grabenabschnitt (MP G2) aufgrund der Parameter Kupfer, Zink, PAK (MP 8.1) bzw. Cyanid gesamt und TOC (MP G2) in die Einbauklasse Z2 einzustufen. Das Bodenmaterial ist daher entsprechend den Kriterien der LAGA unter der Voraussetzung einbaubar, dass durch entsprechende Sicherungsmaßnahmen (z.B. wasserundurchlässige Deckschichten) Niederschlagswasser von dem eingebauten Bodenmaterial ferngehalten wird.

Die bindigen Auffüllungen (MP 8.2) sowie die Sedimente aus dem westlichen Grabenabschnitt (MP G2) überschreiten aufgrund der Parameter Kohlenwasserstoffe, PAK, Kupfer, EOX, Cyanid gesamt und TOC den Zuordnungswert Z2 (400 mg/kg TM). Das Bodenmaterial muss daher getrennt gelagert und einer geeigneten Entsorgung zugeführt werden.

## 5.9 Einzugsgebiet EZG 9

Im Bereich des EZG 9 ist die Herstellung einer Sedimentationsanlage in Form eines Regenwasserreinigungsschachtes („SediPoint“) sowie der Neubau eines weiteren Schachtbauwerkes geplant. Entsprechend den aktuellen Planungsunterlagen befindet sich die geplante Aushubsole im Niveau von -0,5 m NHN.

### 5.9.1 Geologische Verhältnisse

Die Baugrundverhältnisse im Bereich des EZG 9 werden durch die Ergebnisse der Kleinrammbohrung IV/3309 wiedergegeben und sind in der Anl. 2.9.2 als geologischer Schnitt dargestellt.

Unterhalb eines Uferdeckwerks (Großpflaster mit 0,2 m Kantenlänge) und weiteren Uferbausteinen aus Eisensilikat-Schlacke wurden entsprechend der Bohrung IV/3309 zunächst eine 0,5 m mächtige **bindige Auffüllung** (umgelagerter Klei) und darunter eine **sandige Auffüllung** aus Grobsand mit Kies- und Mittelsandanteilen erbohrt. Die Unterkante der aufgefüllten Sande liegt bei etwa 3,0 m unter GOK bzw. -1,09 m NHN. Darunter folgt eine weitere 0,8 m mächtige bindige Auffüllungsschicht. Die bindigen Auffüllungen weisen eine weiche bis steife Konsistenz auf. Anthropogene Beimengungen wurden in der Bohrung allein in Form des Deckwerks und der Uferbausteine angetroffen.

Unterhalb der anthropogenen Auffüllungen wurden ab einem Niveau von -1,89 m NHN die **organogenen Weichschichten** erbohrt, die sich aus einem oberen Torf (1,6 m mächtig) und einem darunter folgenden Klei (1,2 m) zusammensetzen.

Entsprechend der Bohransprache weist der Klei eine steife Konsistenz auf. Der Torf ist überwiegend mäßig zersetzt.

Die Mächtigkeit der gewachsenen organogenen Weichschichten beträgt gemäß Bohrung IV/3309 insgesamt 2,6 m. Die Unterkante liegt demnach in einer Tiefe von 6,4 m unter GOK bzw. bei -4,49 m NHN.

Unterhalb der organogenen Weichschichten wurden **quartäre Schmelzwassersande** erbohrt. Die Schmelzwassersande bestehen entsprechend Bohrung IV/3309 aus schwach schluffigen und schwach mittelsandigen Feinsanden.

### 5.9.2 Grund- und Stauwasserverhältnisse

Im Rahmen der Bohrung IV/3309 wurde das Grundwasser bei 1,02 m unter GOK bzw bei +0,89 m NHN angetroffen. Es muss von einem parallel zu den Gezeiten der Elbe verlaufenden Grundwasserschwankungsverhalten ausgegangen werden.

Aufgrund der unmittelbaren Nähe der Bohrung zum Travehafen und der tief liegenden organogenen Weichschichten besteht ein unmittelbarer hydraulischer Kontakt zwischen dem Stauwasser innerhalb der aufgefüllten Sande und dem Oberflächenwasser des Hafenbeckens. Der Anlagenstandort des EZG 9 liegt so niedrig, dass er bereits bei Hochwasser innerhalb des normalen Tidenhubs unter Wasser steht.

Aus diesem Grund werden im Bereich der EZG 9 neben der eigentlichen Wasserhaltung zusätzliche Maßnahmen zum Abtrennen der Baugrube gegen das Oberflächenwasser des Travehafens erforderlich.

Für die Bauphase ist ein Bemessungswasserstand von +3,00 m NHN zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Bemessungswasserstände und erforderlicher Vorkehrungen im Falle eines Sturmflutereignisses sind die Angaben in Kap. 4.2 zu berücksichtigen.

Für die Dimensionierung der Wasserhaltungsmaßnahmen ist in den aufgefüllten Grobsanden ein Durchlässigkeitsbeiwert von mindestens  $1 \times 10^{-3}$  m/s zu verwenden.

### 5.9.3 Gründung Schachtbauwerke

Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen liegen die Unterkanten des geplanten Reinigungsschachtes für das EZG 9 in einem Niveau von -0,34 m NHN. Die Gründungssohlen verlaufen damit voraussichtlich im Niveau der sandigen Auffüllungsschichten.

Aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften der sandig ausgebildeten Auffüllung sind keine Sondermaßnahmen für die Gründung des Sandfangs erforderlich. Sollten in den Aushubsohlen stark bauschutthaltige oder bindige Auffüllungen mit weicher oder breiiger Konsistenz angetroffen werden, so sind diese möglichst vollständig, mindestens aber bis 0,5 m unter Gründungssohle zu entfernen und durch verdichtungsfähiges Material oder Magerbeton zu ersetzen.

### 5.9.4 Aushub und Wiederverfüllung

Im Zuge der Erdarbeiten fallen beim Aushub nach dem Entfernen des Uferdeckwerks und der Uferbausteine gemäß DIN 18300:2012 überwiegend die Bodenklassen 3 (sandige Auffüllung) und 4 (bindige Auffüllung mit weicher bis steifer Konsistenz) an. In Verbindung mit erhöhten Bauschutt- oder Steinanteilen innerhalb der Auffüllung kann auch das Auftreten der Bodenklasse 5 nicht ausgeschlossen werden.

Entsprechend der DIN 18 300:2015 kann der Baugrund bezüglich der Erdarbeiten zur Herstellung der Baugruben in EZG 9 in die folgenden Homogenbereiche eingeteilt werden:

**Tab. 19: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 im Untersuchungsgebiet EZG 9**

Homogenbereiche	C
<b>Eigenschaften und Kennwerte gemäß DIN 18 300:2015</b>	
Anteil Steine [%]	0 – 2
Anteil Blöcke / große Blöcke [%]	0 – 1
Konsistenz Konsistenzzahl $I_c$ [ - ]	-
Plastizität Plastizitätszahl $I_p$ [ - ]	-
Lagerungsdichte Bez. Lagerungsdichte $I_D$ [ - ]	locker – mitteldicht 0,2 – 0,4
Bodengruppe n. DIN 18196	SE, SW, GE, SU

Homogenbereiche:     A = Auffüllung, Oberboden  
                               C = Auffüllung, überwiegend sandig  
                               D = Auffüllung, überwiegend bindig  
                               E = umgelagerter Torf

Generell kann das sandige Auffüllungsmaterial ohne oder mit geringen Fremdbestandteilen aus geotechnischer Sicht bei getrenntem Aushub und Zwischenlagerung zur Wiederverfüllung verwendet werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich aufgrund ihrer Gleichförmigkeit ( $U < 3$ ) nur schwer verdichten lässt und erfahrungsgemäß ein maximaler Verdichtungsgrad von 98 % der einfachen Proctordichte erreicht werden kann.

Entsprechend den entsorgungstechnischen Untersuchungen (s. Kap.4.4) ist die obere bindige Auffüllung (MP 9.1) aufgrund TOC-Gehaltes in die Einbauklasse Z2 einzustufen. Das Bodenmaterial ist daher entsprechend den Kriterien der LAGA unter der Voraussetzung einbaubar, dass durch entsprechende Sicherungsmaßnahmen (z.B. wasserundurchlässige Deckschichten) Niederschlagswasser von dem eingebauten Bodenmaterial ferngehalten

wird. Vorbehaltlich einer Reduzierung des Organik-Anteils im Rahmen einer abfalltechnischen Behandlung kann das bindige Auffüllungsmaterial in die Einbauklasse Z1.2 eingestuft werden.

Die sandigen Auffüllungen ohne Fremdbestandteile (MP 9.2) sind aufgrund ihrer Sulfatkonzentration im Eluat in die Einbauklasse Z1.2 einzustufen. Hierfür ist in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Bedingungen ein offener Einbau in technischen Bauwerken gemäß den Kriterien der LAGA möglich.

## 6 Auftriebssicherheit der Schachtbauwerke

Bei den Schachtbauwerken für die Regenwasserreinigungsanlagen handelt es sich um luftgefüllte Hohlkörper, die im Grundwasser sowie im Falle einer Überflutung einer Auftriebskraft ausgesetzt sind. Aus diesem Grund müssen alle Anlagenteile so bemessen sein, dass keine Gefahr des Aufschwimmens besteht.

Für die größeren in Ortbetonbauweise hergestellten Schachtanlagen wurden daher Standsicherheitsnachweise bezüglich der Sicherheit gegen Aufschwimmen durchgeführt. Im Rahmen der Berechnungen wurden die ungünstigen Einwirkungen in Form der Auftriebskräfte sowie die stabilisierenden Widerstände aus den Eigengewichten der Bauteile und überlagernden Bodenschichten ermittelt. Unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054 gibt das Verhältnis Einwirkungen/Widerstände den Ausnutzungsgrad des Systems wieder. Ein Ausnutzungsgrad  $< 1,0$  entspricht demnach einer ausreichenden Sicherheit gegen Aufschwimmen der Anlagen.

Die Berechnungsergebnisse zur Auftriebssicherheit sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

**Tab. 20: Berechnungsergebnisse zur Auftriebssicherheit**

<b>Einzugsgebiet</b>	<b>Bauteil</b>	<b>Anzahl SediPipe</b>	<b>Abmessungen Länge/Breite/Höhe</b>	<b>Einbindetiefe</b>	<b>Ausnutzungsgrad</b>
EZG 1	Startschacht	4	7,00 / 1,50 / 2,70	3,81	0,85
EZG 2	Startschacht	3	5,30 / 1,50 / 2,79	3,90	0,83
EZG 4	Startschacht	3	5,30 / 1,50 / 2,42	3,53	0,76
EZG 5	Startschacht	2	3,65 / 1,50 / 2,68	3,79	0,75
EZG 6	Startschacht	2	3,65 / 1,50 / 2,02	2,93	0,64

Gemäß den Berechnungsergebnissen sind die geplanten Startschächte in Ortbetonbauweise mit den in [2] dargestellten Abmessungen ausreichend auftriebssicher.

Für die Start- und Zielschächte in Form von Fertigbauteilen aus PE-HD mit Außendurchmesser DA1100 liegen Nachweise zur Auftriebssicherheit des Herstellers (Fa. Fränkische) vor. Aufgrund der leichteren Materialien sind hierbei zusätzliche Sicherungsmaßnahmen in Form von Betonkränzen erforderlich.

## 7 Bemerkungen

Das vorliegende Baugrundgutachten gilt in seiner räumlichen und inhaltlichen Abgrenzung ausschließlich für die in Anl. 1 und Anl. 2 dargestellten baulichen Anlagen. Lage und Geometrien der geplanten Baumaßnahmen wurden entsprechend der Entwurfsplanung der Straßenabwasseranlagen (Stand 27.10.2016) entnommen. Kommt es zu Planungsänderungen ist der Baugrundgutachter zu benachrichtigen, damit das Gutachten entsprechend überarbeitet bzw. ergänzt werden kann.

Da es sich bei den durchgeführten Geländeuntersuchungen um punktuelle Aufschlüsse handelt, sind lokale Abweichungen vom dargestellten Verlauf der Schichtgrenzen möglich. Sollten während der Bauausführung Abweichungen von den beschriebenen Verhältnissen festgestellt werden, ist der Gutachter zu informieren, um die dann ggf. notwendigen Änderungen bzgl. der Gründungsmaßnahmen festlegen zu können.

Das Gutachten ist nur in seiner Gesamtheit mit allen zugehörigen Anlagen gültig.

Hamburg, 03.03.2017

Dipl.-Geol. Robert Dési  
(Geschäftsführung)

Dipl.-Geol. Erik Wenzel  
(Projektbearbeitung)