

GRUNDBAUINGENIEURE STEINFELD UND PARTNER

BERATENDE INGENIEURE mbB

Fernwärmesystemanbindung West (FWS-West)

Los 3: Gleisquerung Othmarschen

2. Bericht

Baugrundbeurteilung
und Gründungsempfehlung

Revision 2

Hamburg, den 18. März 2021 - Auftr.-Nr. 023581-3

REIMERSBRÜCKE 5, D-20457 HAMBURG · TELEFON (040) 38 91 39-0 · TELEFAX (040) 380 91 70



Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1. Veranlassung.....	1
2. Unterlagen.....	2
3. Baugelände und geplante Baumaßnahme	2
3.1 Baugelände, örtliche Situation und geplante Leitungsbaumaßnahme.....	2
4. Baugrund und Wasser	4
4.1 Baugrundaufschluss.....	4
4.2 Baugrundsichtung	5
4.2.1 Auffüllungen	5
4.2.2 Saalezeitlicher Geschiebeboden.....	5
4.3 Stau-/Schichtenwasser	6
5. Laborversuche, Bodenkennwerte und Homogenbereiche	7
5.1 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche	7
5.2 Wassergehalte.....	7
5.3 Korngrößenverteilung	7
5.4 Wichte	7
5.5 Zusammendrückbarkeit	8
5.6 Undränierter Scherfestigkeit	8
5.7 Charakteristische Bodenkennwerte	8
6. Orientierende chemische Untersuchung hinsichtlich Wiederverwertbarkeit und Entsorgung	10
6.1 Probenzusammenstellung und Untersuchungsumfang.....	10
6.2 Bewertung der orientierenden chemischen Untersuchungen des Bodens	11
6.2.1 LAGA	11
6.2.2 DepV	11
6.3 Empfehlungen für die Aushubarbeiten.....	11



	<u>Seite</u>
7. Geotechnische Empfehlungen	12
7.1 Gründungskonzept.....	12
7.2 Auftriebssicherheit der FW-Rohre	13
7.3 Baugrube unterhalb der S-Bahn-Brücke	13
7.4 Setzungsabschätzung	15
7.5 Verformungsabschätzung Brückenwiderlager	15
8. Hinweise zur Bauausführung.....	16
8.1 Erdarbeiten	16
8.2 Baugrubenverfüllung und Verdichtungsanforderungen	16
8.3 Bauzeitliche Wasserhaltungsmaßnahmen	17
8.4 Verbringung von Bodenaushub.....	17
8.5 Zustandsfeststellung	17
9. Zusammenfassung	18



Anlagenverzeichnis

023581-3/2.12	Übersichts-/Lageplan mit Bohrprofilen, M d. L. 1 : 250, M. d. H. 1 : 100
023581-3/3.2	Kornverteilungskurven
023581-3/4.1	Kompressionsversuch
023581-3/5.1	Einaxialer Druckversuch
023581-3/6.2	Analysenergebnisse der chemischen Bodenuntersuchung
023581-3/7.1a – 7.3a	Übersicht Zuordnungswerte und Deponieklassen
023581-3/8.1 und 8.2	Homogenbereiche H 1 und H 2



Wärme Hamburg GmbH
Herrn Lassen-Petersen
Andreas-Meyer-Straße 8
22113 Hamburg

Reimersbrücke 5
20457 Hamburg
Telefon: 040 389139-0
Telefax: 040 3809170
www.steinfeld-und-partner.de
Steuer-Nr.: 48/661/00263
USt-IdNr.: DE 117943142
DNV GL Zertifiziertes Management-
System mit dem Standard SCC*: 2011

Auftragsnummer

023581-3

18. März 2021
- Pr/El -

Fernwärmesystemanbindung West (FWS-West)
Los 3: Gleisquerung Othmarschen
hier: Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung

Anlagen: s. Anlagenverzeichnis

2. Bericht

Revision 2

1. Veranlassung

Für die Anbindung der geplanten KWK-Anlage am Standort Dradenau an das bestehende Fernwärmenetz ist der Neubau einer Fernwärmesystemanbindung (FWS-West) mit einem Startpunkt südlich der Elbe und südöstlich des Klärwerks Dradenau in Hamburg-Waltershof sowie mit einem Endpunkt nördlich der Elbe in der Notkestraße in Hamburg-Bahrenfeld geplant.

Für den im Los 3 geplanten Trassenabschnitt der FWS-West im Bereich zwischen dem Hindenburgpark im Süden und der Notkestraße in Bahrenfeld im Norden ist die Unterquerung einer S-Bahn-Brücke erforderlich. Der vorliegende Bericht enthält die Baugrundbeurteilung und die Gründungsempfehlung sowie die orientierende chemische Untersuchung hinsichtlich der Wiederverwertbarkeit und Entsorgung der Aushubböden für die im Los 3 geplante Unterquerung der Eisenbahnbrücke in der Parkstraße.



2. Unterlagen

Von der WTM Engineers GmbH, Hamburg:

- U 2.1 Lage- und Gradientenpläne, FWS – Bahrenfeld, Trassenplan N1-25 und N2-26, M 1 : 250/100, Zeichnungsnummern: V-WTM-001_VA_TP-25-rg-2.0 und V-WTM-001_VA_TP-26-rg-2.0, jeweils als .pdf und .dwg, als Vorabzug mit Datum vom 05.05.2020.

Eingang am 03.07.2020

- U 2.2 Lageplan, M 1:100 und Schnitte A-A bis C-C, M 1:50, Querung S-Bahn-Brücken Parkstraße, Zeichn. Nr.: N2_LP6_ING_XX, Stand vom 18.03.2021

Eingang am 18.03.2021

Von der Wilhelm Soltau Brunnenbau GmbH, Seevetal:

- U 2.3 Schichtenverzeichnisse mit Höhenaufmaß der Bohransatzpunkte und 17 gestört und 9 ungestört entnommene Bodenproben sowie 10 Glasproben aus 2 Trockenbohrungen (B 7 und B 8) nach DIN EN ISO 22475-1 bis in eine Tiefe von rd. 15,0 m unter Bohransatzpunkt; Trockenbohrungen ausgeführt im Zeitraum vom 07.04.2020 bis 08.04.2020

Eingang am 20.04.2020

Von der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Pinneberg:

- U 2.4 Ergebnisse der chemischen Analysen von 3 Bodenmischproben auf den Parameterumfang gemäß der LAGA-TR Boden und gemäß Deponieverordnung: Prüfbericht 2020P520343/1 vom 22.07.2020

Eingang am 22.07.2020

Eigene Unterlagen:

- U 2.5 Fernwärmesystemanbindung West, Variante „Parkstraße“, Abschnitt 10 Gleisquerung S-Bahn, Rohrvortrieb, 2. Bericht vom 13.12.2019, unsere Auftr.-Nr.: 022474

3. Baugelände und geplante Baumaßnahme

3.1 Baugelände, örtliche Situation und geplante Leitungsbaumaßnahme

Die im Los 3 der Fernwärmesystemanbindung (FWS-West) zu verlegenden Rohrleitungen FW DN 1000 für die geplante Unterquerung der S-Bahn-Brücke westlich des S-Bahnhofs



Hamburg-Othmarschen liegen gemäß der Unterlage U 2.2 unterhalb der mit Asphalt befestigten Parkstraße nahezu mittig zwischen den beiden Brückenwiderlagern der S-Bahn Brücke (s. Anlage 023581-3/2.12).

Die S-Bahn-Strecke verläuft hier in Dammlage und quert die Parkstraße mit einer Brücke. Die Oberkante Asphalt Parkstraße liegt auf einem Höhenniveau um rd. NHN +21,6 m und die Schienenoberkante der S-Bahn-Gleise auf NHN +26,59 m. Die Unterkante Überbau wird mit rd. NHN +25,5 m angegeben. Die Gründungsebene der Brückenwiderlager (Schwergewichtswiderlager WL West und WL Ost) liegt gemäß Unterlage U 2.2 auf rd. NHN +20,4 m. Die Unterkante der Widerlager liegt etwa 1,2 m unter GOK. Die Höhe der Widerlager zwischen Gründungsebene und UK Überbau beträgt rd. $H = 5,1$ m und die Sohlbreite rd. $B = 2,4$ m.

Für die geplante Leitungsbaumaßnahme sollen nach Unterlage U 2.2 zwei FW-Rohre DN 1000 mit einem lichten Abstand von rd. 0,53 m im Baugrund unterhalb der Parkstraße eingebracht werden. Die Rohrsohle der Rohre liegt bei rd. NHN +19,75 m. Mit den Fernwärmerohren wird gleichzeitig eine HSE-Sielleitung DN 500 verschoben und westlich der FW-Rohre im Rohrleitungsgraben verlegt. Der Rohrleitungsgraben wird im Schutze eines am Kopf und am Fußbereich ausgesteiften Bohlträgerverbaues errichtet. Die maximale Aushubkote zum Einbau der Fussaussteifung liegt bei rd. $t = 2,3$ m unter GOK, entsprechend auf rd. NHN +19,2 m. Der Rohrleitungsgraben ist mit einer Breite von rd. $B = 4,8$ m geplant.

In nachfolgender Abbildung sind die Lage der Rohre und der Brückenwiderlager eingetragen sowie der Rohrleitungsgraben dargestellt.

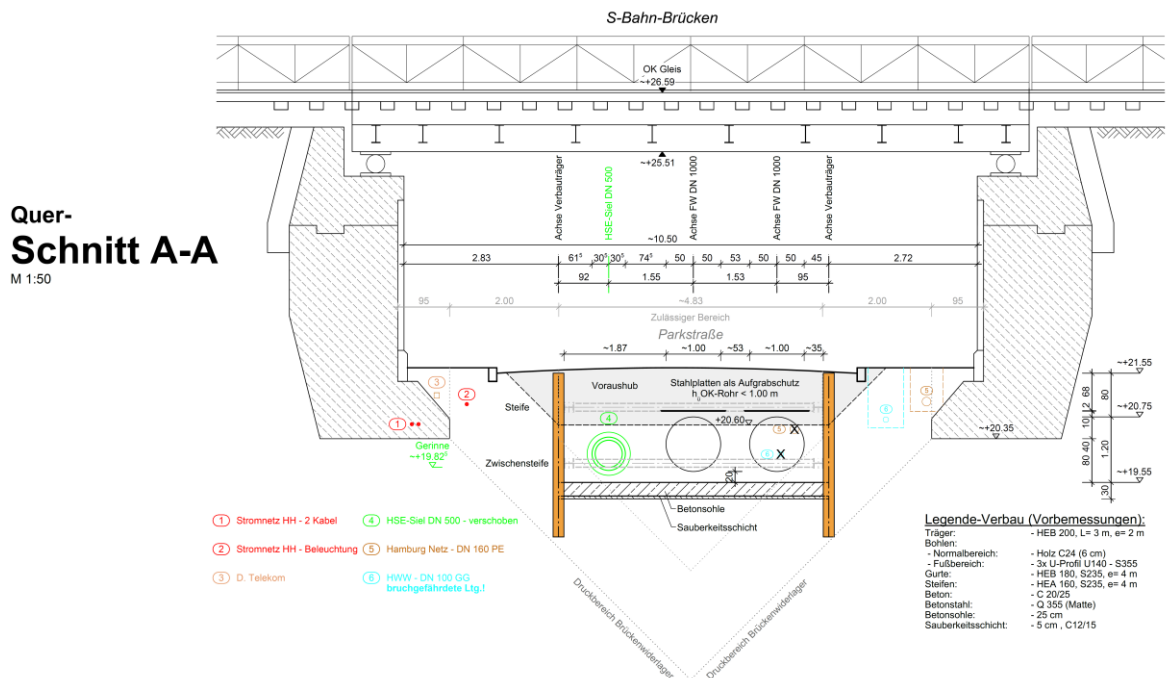


Abbildung 1: Baugrube und Rohrleitungsführung unter der S-Bahn-Brücke

Grundsätzlich weisen wir darauf hin, dass entlang der Parkstraße Wasser- und Stromleitungen (u.a. Hamburg Netz DN 160 PE, HWW DN 100 GG (bruchgefährdet), HSE-Siel DN 500) und Medienleitungen verlaufen.

4. Baugrund und Wasser

4.1 Baugrundaufschluss

Zur Erkundung der Baugrundsichtung wurden nach unseren Vorgaben südlich und nördlich der Brücke zwei Trockenbohrungen (B 7 und B 8) nach DIN EN ISO 22475-1 bis in Tiefen von rd. 15,0 m unter Bohransatzpunkt abgeteuft. Die Trockenbohrungen wurden von der Wilhelm Soltau Brunnenbau GmbH, Seevetal im Zeitraum vom 07.04.2020 bis 08.04.2020 ausgeführt (s. U 2.3).

Die Trockenbohrung B 7 wurde im Straßenbereich mit Asphaltbefestigung, die B 8 im Gehwegbereich mit einer Befestigung aus Gehwegplatten ausgeführt. Die Lage der Bohransatzpunkte ist aus dem Lage- und Übersichtsplan in der Anlage 023581-3/2.12 zu entnehmen.



Aus den v. g. zwei Trockenbohrungen wurden gestörte und ungestörte Bodenproben für die bodenmechanische Beurteilung des Baugrundes (s. Abschn. 5) in PVC-Bechern und für die orientierende chemische Untersuchung (s. Abschn. 6) in Gläsern entnommen.

Die Ergebnisse der Trockenbohrungen sind nach unserer visuellen und manuellen Beurteilung der uns vom Bohrunternehmer gelieferten und gestört entnommenen Bodenproben sowie nach den Angaben des Bohrunternehmers in den Schichtenverzeichnissen (s. U 2.3) in der Anlage 023581-3/2.12) als höhengerecht dargestellte Bohrprofile aufgetragen.

4.2 Baugrundsichtung

Nach den Ergebnissen des Baugrundaufschlusses ergibt sich für den Bereich der Gleisquerung in Los 3 der FWS West vereinfacht von oben nach unten folgender Baugrundaufbau:

- Oberflächenbefestigung aus Asphalt im Straßenbereich bzw. Gehwegplatten im Gehwegbereich
- Auffüllungen aus Sand
- Geschiebemergel

4.2.1 Auffüllungen

Unterhalb der Oberflächenbefestigung wurden Auffüllungen aus Sand erkundet. Diese enthalten eingelagerte Bauschuttreste (Ziegel-, Beton-, Asphaltbruch).

Die Unterkante der **Auffüllungen** wurde in Tiefen zwischen rd. 0,2 m (B 8) und rd. 0,3 m (B 7) unter GOK, bzw. zwischen rd. NHN +21,6 m (B 7) und rd. NHN +22,1 m (B 8) angetroffen.

4.2.2 Saalezeitlicher Geschiebeboden

Unterhalb der Auffüllungen folgt der gewachsene Baugrund aus saalezeitlichen Geschiebeböden aus **Geschiebemergel**. Bis zu den Bohrendtiefen in maximal rd. 15 m Tiefe unter GOK wurden die Geschiebeböden nicht durchteuft.



Der Geschiebemergel enthält z.T. Sand-Streifen und ist ab einer Tiefe zwischen rd. 10,5 m (B 8) und rd. 12,5 m (B 7) unter GOK sandig ausgeprägt. Er steht in steifer und örtlich in steifer bis halbfester Konsistenz an.

Entstehungsbedingt ist im Geschiebemergel mit Sand- und Kieseinlagerungen sowie mit Steineinlagerungen bis zur Größe von (Groß-)Blöcken (Findlingen) zu rechnen. Im Geschiebemergel eingelagerte Sand-, Kies- und/oder Steinlagen sind in der Regel wasser- bzw. druckwasserführend.

Weitere Details zur Baugrundsichtung sind den Bohrprofilen in der Anlage 023581-3/2.12 zu entnehmen.

4.3 Stau-/Schichtenwasser

Beim Abteufen der Bohrungen B 7 und B 8 im April 2020 wurde bis zur Endteufe kein Wasser angetroffen.

In den Auffüllungen oberhalb des Geschiebemergels ist generell mit Stau- und Sickerwasserständen zu rechnen, die sich vorrangig von Niederschlägen und den örtlichen Vorflutverhältnissen abhängig, kurzzeitig bis nahe unter GOK einstellen können.

In den Sandstreifen bzw. innerhalb des sandigen Geschiebemergels ist mit Schichtenwasserständen zu rechnen, die ebenfalls vorrangig von Niederschlägen sowie den örtlichen Vorflutverhältnissen abhängig sind.

Großräumig wird das Grundwasserdruckniveau nach den Grundwassergleichenplänen von Hamburg, aufgestellt von der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, nicht höher als rd. NHN + 16 m erwartet, wobei vermutlich ein leichtes Gefälle von Norden in Richtung Süden hin besteht. Das gespannt anstehende Grundwasser hat hier auf die geplante Baumaßnahme keinen nennenswerten Einfluss.

Im Endzustand ist für die Rohrleitungen ein Stauwasserstand bis in Höhe GOK zu berücksichtigen.



5. Laborversuche, Bodenkennwerte und Homogenbereiche

5.1 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Zur Abschätzung der in erdstatischen Berechnungen für die Bodenschichten anzusetzenden Bodenkennwerte wurden neben der manuellen und visuellen Beurteilung der uns vom Bohrunternehmer gelieferten gestört und ungestört entnommenen Bodenproben in unserem Labor an ausgewählten Proben aus den gewachsenen Böden der Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1, die Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4, die Zusammendrückbarkeit (E_s) im Kompressionsversuch nach DIN EN ISO 17892-5 sowie die undrained Scherfestigkeit (c_u) im Zylinderdruckversuch nach DIN EN ISO 17892-7 ermittelt.

5.2 Wassergehalte

Die Einzelwerte der ermittelten Wassergehalte sind in der Anlage 023581-3/2.12 rechts neben den Borprofilen, den Probeentnahmetiefen zugeordnet, eingetragen. Im Einzelnen ergeben sich die in Tabelle 1 angegebenen Grenz- und Mittelwerte.

Tabelle 1 Wassergehalte

Bodenart	Versuchs- anzahl	Wassergehalt w (%)		
		min.	mittel	max.
Geschiebemergel	10	11,1	13,0	20,5
Geschiebemergel, sandig	3	11,9	12,1	12,3

5.3 Korngrößenverteilung

An insgesamt zwei Bodenproben des Geschiebemergels wurde die Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4 ermittelt. Die Ergebnisse sind in der Anlage 023581-3/3.2 als Kornverteilungskurven dargestellt.

5.4 Wichte

Zur Bestimmung der Feuchtwichte wurde im Rahmen der Kompressions- und Scherver-suche die Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 an insgesamt zwei ungestört entnommenen Proben des Geschiebemergels bestimmt.

Die Einzelwerte der ermittelten Feuchtwichten sind in den Anlagen 023581-3/4.1 und 5.1 angegeben.

Tabelle 2 Feuchtwichte des Geschiebemergels

Bodenart	Anzahl der Versuche	Feuchtwichte γ [kN/m ³]		
		min.	mittel	max.
Geschiebemergels	2	22,4	-	23,0

5.5 Zusammendrückbarkeit

Zur Bestimmung des Steifemoduls (E_s) des Geschiebemergels im Bereich der Gleisquerung wurde an einer ungestört entnommenen Bodenprobe des Geschiebemergels ein Kompressionsversuch mit verhinderter Seitendehnung nach DIN EN ISO 17892-5 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Form der gemessenen Lastsetzungskurve in der Anlage 023581-3/4.1 dargestellt. Die aus den Lastsetzungskurven für verschiedene Spannungsbereiche ermittelten Steifemoduli der Zweitbelastung E_{s2} , sowie der Einbauwassergehalt und die Wichte sind ebenfalls den o. g. Anlagen zu entnehmen.

Tabelle 3 Steifemoduli des Geschiebemergels

Bodenart	Bohrung	Tiefe [m]	Steifemoduli [MN/m ²] Zweitbelastung				
			0,06-0,12 MN/m ²	0,12-0,25 MN/m ²	0,25-0,51 MN/m ²	0,51-1,03 MN/m ²	1,03-2,03 MN/m ²
Geschiebemergel	B 7	4,15	31,1	37,9	82,7	107,1	70,0

5.6 Undrained Scherfestigkeit

Die undrained Scherfestigkeit c_u wurde an einer ungestört entnommenen Probe des Geschiebemergels durch einen einaxialen Druckversuch nach DIN EN ISO 17892-7 ermittelt. Die Scherkurve ist in der Anlage 023581-3/5.1 dargestellt.

Tabelle 4 Undrained Scherfestigkeit des Geschiebemergels

Bodenart	Anzahl der Versuche	c_u [kN/m ²]		
		min.	mittel	max.
Geschiebemergel	1	-	157	-

5.7 Charakteristische Bodenkennwerte

Nach den Ergebnissen der Laborversuche an den gestört und ungestört entnommenen Proben sind unter Berücksichtigung unserer Erfahrungen mit vergleichbaren Bodenarten



für erdstatische Berechnungen die in der Tabelle 5 aufgeführten Bodenkennwerte als charakteristische Werte anzusetzen. In der Tabelle 5 sind ferner zu den einzelnen Bodenarten die zugehörigen Bodengruppen nach DIN 18196 sowie die Homogenbereiche angegeben.

Tabelle 5 Bodenkennwerte (charakteristische Werte), Bodengruppen, Homogenbereiche

Bodenart	Homogen-Bereich	Bodengruppe nach DIN 18196	Wichte		Scherparameter			Steifemodul
			min. γ/γ'	max. γ/γ'	φ'_k	c'_k	$c_{u,k}$	$E_{s,k}$
[-]	[-]	[-]	[kN/m ³]		[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[MN/m ²]
Auffüllung, sandig, z.T. mit Bauschutteinlagerungen, locker gelagert	H 1	[SE, SI, SW, SU]	17/10	18/10	30	0	-	≥ 10
Geschiebemergel, mindestens steife Konsistenz	H 2	SU*, ST*, TL, UL, TM, UM	20/10	22/12	30	10	80 - 600	≥ 40

Unter Berücksichtigung der erforderlichen Tiefbauarbeiten für die Errichtung und Sicherung der Baugruben werden die Homogenbereiche H 1 und H 2 (siehe Tabelle 5) unter Beachtung der DIN 18300 (Erdarbeiten) und DIN 18301 (Bohrarbeiten) festgelegt.

Die für die Homogenbereiche H 1 und H 2 geltenden bodenmechanischen Eigenschaften sind in den Anlagen 023581-3/8.1 bis 8.2 zusammengestellt.

Bei der Abschätzung der Bandbreite der bodenmechanischen Eigenschaften der einzelnen Homogenbereiche wurden die bodenmechanischen Labor-/ Feldversuchsergebnisse gemäß Abschn. 5.1 bis 5.6 sowie uns vorliegende Erfahrungswerte vergleichbarer Böden herangezogen. Aufgrund natürlicher geogen bedingter Unregelmäßigkeiten sind jedoch Abweichungen davon möglich.

Die Sensivität des Geschiebemergels wird als gering eingestuft.



6. Orientierende chemische Untersuchung hinsichtlich Wiederverwertbarkeit und Entsorgung

6.1 Probenzusammenstellung und Untersuchungsumfang

Aus den uns vom Bohrunternehmer gelieferten Bodenproben wurden Mischproben zusammengestellt. Diese wurden aus Bodenproben jeweils gleicher oder ähnlicher Zusammensetzung und gleicher Genese (z. B. Auffüllungen aus Sand oder gewachsener Geschiebemergel) ausgewählt.

Insgesamt wurden 3 Mischproben (MP 36 – MP 38) zusammengestellt und von der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Pinneberg gemäß der LAGA-TR Boden (Feststoff und Eluat) sowie der Deponieverordnung untersucht.

Die Angaben zur Bodenart der Mischproben, zur Herkunft der Einzelproben (Bohrung, Tiefenlage unter Geländeoberkante, Bodenart) sind der Anlage 023581-3/7.1a zu entnehmen.

Die Zuordnungswerte und Einbauklassen gemäß der LAGA TR-Boden sowie alle oberhalb des Zuordnungswertes Z0 liegenden Parameter sind der Anlage 023581-3/7.2a zu entnehmen.

Die voraussichtliche Einstufung der Deponieklassen gemäß Deponieverordnung sowie alle oberhalb der Deponieklasse DK0 liegenden Parameter sind der Anlage 023581-3/7.3a zu entnehmen.

Die Einzelergebnisse der orientierenden chemischen Untersuchungen sind gemäß den Prüfergebnissen der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Pinneberg (U 2.4) in der Anlage 023581-3/6.2 zusammengestellt.



6.2 Bewertung der orientierenden chemischen Untersuchungen des Bodens

6.2.1 LAGA

Sandige Auffüllungen

Die Mischprobe MP 36 ist dem Zuordnungswert **Z 0** der **Einbauklasse 0** (**Uneingeschränkter Einbau**) der LAGA TR-Boden zuzuordnen.

Geschiebemergel

Die Mischprobe MP 37 ist dem Zuordnungswert **Z 0** der **Einbauklasse 0** (**Uneingeschränkter Einbau**) der LAGA TR-Boden zuzuordnen.

Die Mischprobe MP 38 ist aufgrund eines erhöhten Sulfat-Wertes dem Zuordnungswert **Z 1.2** der **Einbauklasse 1** der LAGA TR-Boden zuzuordnen.

6.2.2 DepV

Die Mischproben MP 36 bis MP 38 zeigen **keine Überschreitungen** der Grenzwerte der Deponieklasse **DK 0**.

6.3 Empfehlungen für die Aushubarbeiten

Die Entsorgung von Aushubmaterial mit Einbauklassen größer Z0 außerhalb der Baustelle verursacht z.T. deutliche Mehrkosten gegenüber Böden der Einbauklasse Z0.

Die Auffüllungen sind getrennt von den gewachsenen Böden auszuheben und zu entsorgen.

Um ggf. anfallende Mehrkosten bei der Entsorgung von Bodenaushub zu reduzieren, empfehlen wir, das durch die Mischproben MP 36 bis MP 38 repräsentierte Bodenmaterial, sofern technisch machbar und wirtschaftlich vertretbar, getrennt nach Bodenart und Einbauklassen auszubauen und auf der Baustelle bzw. einer externen Bereitstellungsfläche in Mieten zur Beprobung bereitzustellen.

Der getrennte Ausbau von Material unterschiedlicher Einbauklassen verhindert eine Vermischung von Böden, die unterschiedlich starke Verunreinigungen aufweisen. Die



Trennung gewährleistet hohe Wiederverwendungs- bzw. Verwertungsquoten und führt aufgrund nicht vermischter Bodenchargen zu einer Kostenreduzierung im Rahmen der Entsorgung. Die ordnungsgemäße Abfuhr des Bodenmaterials oberhalb des Zuordnungswertes Z0 ist durch Übernahmescheine zu dokumentieren.

Da das vorliegende Untersuchungsergebnis nur orientierende Hinweise auf die Wiederverwendbarkeit der Aushubböden geben kann, empfehlen wir, bei der Ausschreibung für die durchzuführenden Erdarbeiten die Entsorgung des Bodenaushubs für die verschiedenen Einbauklassen gemäß LAGA-TR Boden zu berücksichtigen und Einheitspreise für die Entsorgung von Böden mit den Zuordnungswerten Z 0, Z 1.1, Z 1.2 und Z 2 sowie im Falle einer Entsorgung für die einzelnen Deponieklassen gemäß DepV abzufragen. Für den Bedarfsfall sollten im Hinblick auf einen ggf. örtlich höheren Fremdstoffanteil (≥ 10 Vol.-%) auch Einheitspreise gemäß LAGA-TR Bauschutt eingeholt werden. Ferner ist eine Leistungsposition für bauzeitlich aktuelle Deklarationsanalysen in der Ausschreibung der Erdarbeiten zu berücksichtigen.

7. Geotechnische Empfehlungen

7.1 Gründungskonzept

Im Bereich der geplanten Fernwärmeleitung stehen nach den im leitungsfreien Bereich abgeteufte Bohrungen B 7 und B 8 unterhalb einer bis zu etwa 0,3 m mächtigen gering tragfähigen Auffüllung eiszeitlich vorbelastete bindige Böden aus überwiegend steifem und steifem bis halbfestem Geschiebemergel an. In den Trassenbereichen mit verlegten Strom-, Wasser- oder Medienleitungen sind in den wiederverfüllten Leitungsgräben aufgefüllte Böden zu erwarten.

Im Niveau der Fernwärmeleitung (Rohrsohle bei rd. NHN +19,75 m) bzw. der geplanten Aushubsohle zum Einbau der Betonsteife (rd. NHN +19,2 m) steht Geschiebemergel in mindestens steifer Konsistenz an.

Im Geschiebemergel ist mit wasserführenden z.T. ausgedehnten Sand- bzw. Kieseinschlüssen zu rechnen.



In der Gründungsebene der geplanten Sohlplatte aus Beton, die als Steife zwischen den Verbauwänden fungiert, steht danach gut tragfähiger Baugrund an, so dass die FW-Leitungen wie geplant flach gegründet werden können.

Zwischen den Brückenwiderlagern soll die Aushubkote auf ein Minimum beschränkt werden, um einen negativen Einfluss der Baugrubenerstellung auf die S-Bahn-Brücke zu vermeiden. Wir empfehlen daher, hier auf den Einbau eines Sandfilters oberhalb des bindigen Geschiebemergels zu verzichten. Stattdessen muss unmittelbar nach Erreichen der Aushubebene zum Schutz des Geschiebemergels ein Unterbeton aufgebracht werden. Das sich auf dem Unterbeton sammelnde Niederschlags-/Tagwasser ist abzuführen. Es kann zum Beispiel zu einem Pumpensumpf geführt werden, der außerhalb des Einflussbereiches der Brückenwiderlager anzuordnen ist. Sollte in der Aushubebene aufgeweichter Geschiebemergel anstehen, ist dieser Zug um Zug gegen Magerbeton auszutauschen. Die Aushubebene ist vor dem Einbringen des Unterbetons, der arbeitstätig einzubringen ist, von einem geotechnischen Sachverständigen abnehmen zu lassen.

7.2 Auftriebssicherheit der FW-Rohre

Da die FW-Rohre in das mögliche Stau- bzw. Schichtenwasser einbinden (s. Abschn. 4.3), ist die Auftriebssicherheit der Rohre auch im Endzustand zu gewährleisten (UPL nach EC7)

7.3 Baugrube unterhalb der S-Bahn-Brücke

Aufgrund der beengten Platzverhältnisse sowie der Nähe zu den Brückenwiderlagern und den Gleisen sowie den vorhandenen Sielen und Leitungen wird es erforderlich, die Baugruben durch einen erschütterungsfrei einzubringenden lotrechten Baugrubenverbau zu sichern. Als wirtschaftliche Verbauart empfehlen wir einen Verbau aus Trägerbohlwänden, der jeweils horizontal auszusteifen ist. Für den Bohlträgerereinbau sind verrohrte Bohrungen vorzusehen, in die die Träger einzustellen sind. Die Bohlträgerfüße sind bis zur Baugrubensohle einzubetonieren. Der überwiegende Anteil des lotrechten Verbauens wird im Baugrund verbleiben müssen, um die bei einem Rückbau nicht zu vermeidenden Erschütterungen und Auflockerungen auszuschließen. Im Baugrund verbleibende Verbohlungen sind verrottungssicher aus Beton- oder Stahlbohlen herzustellen.



Eine Baugrubensicherung mittels Spundwänden ist u. E. aufgrund der hohen Festigkeit des Geschiebemergels auch mit vorauslaufenden Lockerungsbohrungen nicht wirtschaftlich realisierbar, da Rammen und Rütteln nicht zulässig ist und hydraulische Spundwandpressen an ihre technischen Grenzen kommen. Sofern Spundwände zum Einsatz kommen und eingepresst werden sollen, wären im Vorwege verrohrt herzustellende Bodenaustauschbohrungen auszuführen und der Geschiebemergel durch Sand zu ersetzen. Dieses Verfahren erachten wir ebenfalls als unwirtschaftlich.

Für die erdstatischen Berechnungen des Verbaus sind die Baugrundsichten gemäß den Bohrprofilen in der Anlage 023581-3/2.12, die Wasserstände gemäß Abschn. 4.3 und die in Abschn. 5.7 angegebenen charakteristischen Bodenkennwerte zugrunde zu legen.

Darüber hinaus wird es ggf. erforderlich, dass in den Auffüllungen und in eingelagerten Sandstreifen im Geschiebemergel anfallendes Stau-, Schichten- und Sickerwasser durch eine offene Wasserhaltung gefasst und auf das Aushubniveau begrenzt wird.

Für die Verbaubemessung sind die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB 2012) der DGGT und die DIN 4124 zu beachten. Zusätzlich sind die DB-Richtlinien der Deutschen Bahn unter RIL 836, Modul 836.4501 und 836.4502 (Querungen) zu beachten. Die Standsicherheit der Brückenwiderlager ist für jeden Bauzustand nachzuweisen.

Die rechnerisch ermittelten horizontalen Verformungen der Trägerbohlwände sind in jedem Bauzustand auf $\max. \delta_h \leq 1 \text{ cm}$ zu begrenzen. Die Bemessung kann hier für die erst am Kopf ausgesteiften sowie mit einer Zwischenaussteifung geplanten Baugrube mit einem aktiven Erddruckansatz durchgeführt werden. Der Ansatz des Erdwiderstandes ist abhängig von der zulässigen horizontalen Verschiebung des Verbaues im Fußbereich zu wählen.



Für den ggf. erforderlichen Abtrag vertikaler Lasten können über den einbetonierten Bohlträgerfuß im Geschiebemergel ein charakteristischer Spitzenwiderstand von $q_{b,k} = 2000 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden.

Die Bohlträgerbohrungen sind im Geschiebemergel verrohrt vorzubohren.

Beim Einbau der Ausfachung ist über die Höhe der Auffüllung sowie in den Sandstreifen im Geschiebemergel mit dem Antreffen von Stau- und Schichtenwasser zu rechnen, das den Aushub- und den Verbauarbeiten vorausseilend zu fassen und abzuführen ist, damit kein Bodenentzug verursacht wird. Die Zwischenräume der Ausfachung sind bei Erfordernis z. B. mit Holzwolle auszustopfen.

7.4 Setzungsabschätzung

Die Gewichtsbilanz im Bereich des Ausbauquerschnittes der FWS West sowie im Bereich der Baugrubenverfüllung ist in etwa ausgeglichen und führt somit nicht zu einer Spannungserhöhung im Baugrund. Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen in nennenswerter Größenordnung ($s > 1 \text{ cm}$) sind bei der Gründung der FM-Rohre oberhalb der ausreichend tragfähigen Bodenschichten (s. a. Abschn. 7.1) und bei Ausführung einer sach- und fachgerechten Rohrbettung nicht zu erwarten.

7.5 Verformungsabschätzung Brückenwiderlager

Die Sohle der Brückenwiderlager liegt etwa $h = 1,1 \text{ m}$ oberhalb der geplanten Aushubebene des Rohrgrabens und etwa $a \geq 2 \text{ m}$ hinter den Verbauwänden und damit außerhalb des klassischen Erddruckkeiles hinter der Verbauwand. Durch die unmittelbare räumliche Nähe erwarten wir, dass es im Zuge der Herstellung der Bohrlöcher für die Bohlträger sowie bei den erforderlichen Umsteifungsarbeiten in der Baugrube zu geringen Entspannungseffekten im Baugrund kommt, die sich bis auf die Widerlager auswirken können. Aus diesen nicht zu vermeidenden Spannungsumlagerungen im Baugrund sind geringe vertikale sowie horizontale Verformungen der Widerlager in einer Größenordnung von ca. 2 mm bis 3 mm nicht auszuschließen.



Im Rahmen der weiteren Planung ist die Verträglichkeit der oben genannten Verformungswerte für die Brückenwiderlager und für den Fahrbetrieb der S-Bahn zu prüfen.

8. Hinweise zur Bauausführung

8.1 Erdarbeiten

Der in der Aushubsohle der Schächte anstehende bindige Geschiebemergel ist stark strukturempfindlich und verändert bei dynamischer Belastung aus dem Baubetrieb und/oder bei Wasserzutritt leicht seine Konsistenz und geht dann in einen weichen bis breiigen Zustand über. Der Aushub ist hierauf abzustimmen. Unmittelbar nach Erreichen der planmäßigen Aushubtiefe ist die Aushubebene arbeitstäglich mit Unterbeton abzudecken. Vor dem Einbau des Unterbetons ist die Aushubebene durch einen geotechnischen Sachverständigen abnehmen zu lassen. Aufgeweichter Geschiebemergel ist gegen Unterbeton auszutauschen.

Da der bindige Geschiebeboden stark frostempfindlich ist und zur Eislinnenbildung neigt, ist in jedem Bauzustand das Eindringen von Frost unter die Gründungssohle zu vermeiden.

8.2 Baugrubenverfüllung und Verdichtungsanforderungen

Für die Verfüllung der seitlichen Baugrubenarbeitsräume ist ein schluffarmer Grubensand der Bodengruppe SE, SI oder SW nach DIN 18196 (Schluffanteil ≤ 5 Gew.-%, Ungleichförmigkeit $U \geq 2$) zu verwenden, der lagenweise ($d < 0,3$ m) und unter Verdichtung auf eine mindestens mitteldichte Lagerung einzubauen ist.

Bei den Baugrubenverfüllungen ist die Lagerungsdichte des eingebauten Sandes nach der Verdichtung mit der leichten Rammsonde DPL-5 nach bisheriger DIN 4094-3 zu kontrollieren und zu dokumentieren. Die Verdichtung ist ausreichend, wenn unterhalb einer oberflächlichen Störzone von etwa 40 cm Dicke, in der die Schlagzahlen ansteigen sollen, auf 10 cm Eindringtiefe der Sonde Schlagzahlen von im Mittel $N_{10} \geq 10$ (min. $N_{10} \geq 7$) erreicht werden.



Im Bereich der Leitungszone sind zusätzlich die Vorgaben zur Rohrbettung hinsichtlich Material und Verdichtungsanforderung der Rohrhersteller bzw. der Hamburger Stadtentwässerung zu beachten.

8.3 Bauzeitliche Wasserhaltungsmaßnahmen

Im Zuge des Rohrgrabenaushubes ist zur Fassung und Ableitung von Tagwasser sowie ggf. anzutreffenden Stau- und Sickerwassers eine offene Wasserhaltung mittels mobil eingesetzter Schmutzwasserpumpen und lokal einzurichtender Pumpensümpfe vorzusehen, die nach Bedarf und Wasseranfall einzurichten und zu betreiben sind.

Wir weisen darauf hin, dass die bauzeitlichen Wasserhaltungsmaßnahmen genehmigungspflichtig und die Ableitung des Baugrubenwassers in ein Siel/den Vorfluter kostenpflichtig ist und bei der zuständigen Wasserbehörde frühzeitig zu beantragen sind. Da bei den Bohrarbeiten kein Stauwasser angetroffen wurde, kann die Wasserprobe erst mit Beginn der Tagwasserhaltung in der Rohrleitungsbaugrube entnommen werden. Diese Wasserprobe ist dann entsprechend der wasserrechtlichen Genehmigung chemisch zu untersuchen und der Behörde vorzulegen.

8.4 Verbringung von Bodenaushub

Für die Verbringung des Aushubbodens empfehlen wir mit dem Auftragnehmer eindeutige vertragliche Regelungen zu treffen und Einheitspreise getrennt nach den Zuordnungswerten Z0, Z1, Z1.1, Z1.2 und Z2 gemäß der LAGA-TR Boden bzw. Bauschutt sowie Einheitspreise für entsprechende Deklarationsanalysen einzuholen. (s. auch Abschn. 6)

8.5 Zustandsfeststellung

Um evtl. ungerechtfertigte Schadensersatzansprüche abwehren zu können, empfehlen wir, in der Umgebung der Leitungsbaumaßnahme an den vorhandenen baulichen Anlagen (S-Bahn-Gleise, Sielleitungen, Parkstraße) im Einvernehmen mit den jeweiligen Eigentümern eine Zustandsfeststellung vornehmen zu lassen.



In Abstimmung mit der Deutschen Bahn AG sind für die Brückenwiderlager bzw. die Lager der Brücke sowie die Gleislage in regelmäßigen Abständen messtechnische Überwachungsmaßnahmen durchzuführen. Wir empfehlen, die Brückenwiderlager bereits vor Beginn der Bauarbeiten mit einem Messabstand von etwa 2 Wochen dreimal messtechnisch zu erfassen, um das durch den S-Bahn-Betrieb verursachte sog. „Grundrauschen“ bei der zu Grunde gelegten Nullmessung mit zu erfassen.

9. Zusammenfassung

Für die Anbindung der geplanten KWK-Anlage am Standort Dradenau an das bestehende Fernwärmenetz ist der Neubau einer Fernwärmesystemanbindung (FWS) West mit einem Startpunkt südlich der Elbe und südöstlich des Klärwerks Dradenau in Hamburg-Waltershof sowie mit einem Endpunkt nördlich der Elbe in der Notkestraße in Hamburg-Bahrenfeld geplant.

Zur Beurteilung des Baugrundaufbaues im Bereich der Unterquerung einer S-Bahn-Brücke in der Parkstraße liegen die Ergebnisse von insgesamt 2 verrohrten Aufschlussbohrungen bis in Tiefen von max. 15,0 m unter GOK vor. Unterhalb der angetroffenen sandigen Auffüllungen wurde saalezeitlicher Geschiebemergel angetroffen.

Angaben zu den Wasserständen und zum Grundwasserchemismus gehen aus dem Abschn. 4.3 hervor.

Die Ergebnisse der ausgeführten bodenmechanischen Laboruntersuchungen sind im Abschn. 5 dokumentiert.

Die Ergebnisse der orientierenden chemischen Bodenuntersuchung nach LAGA TR-Boden bzw. Deponieverordnung gehen aus dem Abschn. 6 hervor.

Die Unterfahung der S-Bahn-Trasse unterhalb der Bahnbrücke in der Parkstraße soll in einer offenen 2fach ausgesteiften Rohrleitungsbaugrube erfolgen. Die Rohrleitungen können flach



gegründet werden. Durch die Baumaßnahme können geringfügige Setzungen der Brückenwiderlager nicht ausgeschlossen werden. Angaben zu den zu erwartenden Setzungen enthält Abschn. 7.4.

Weitere Hinweise zur Bauausführung sind in Abschn. 8 enthalten.

Bearbeiter:

(Pormetter)

Grundbauingenieure
Steinfeld und Partner
Beratende Ingenieure mbB

Verteiler:

Wärme Hamburg GmbH,
Herr Lassen-Petersen

Wärme Hamburg GmbH,
Frau Blume

WTM Engineers GmbH,
Herr Lierse

per E-Mail: dirk.lassen-petersen@waerme.hamburg

per E-Mail: wiebke.blume@waerme.hamburg

per E-Mail: s.lierse@wtm-hh.de