

# **GRUNDBAUINGENIEURE STEINFELD UND PARTNER**

**BERATENDE INGENIEURE mbB**

**Fernwärmesystemanbindung West**

**(FSW-West)**

**Los N1 und N2: Zielschacht im Hindenburgpark  
bis Notkestraße, Bahrenfeld**

## 1. Bericht

Baugrundbeurteilung und geotechnische Empfehlungen  
für den Leitungsbau sowie orientierende chemische  
Untersuchung hinsichtlich Wiederverwertbarkeit und Entsorgung

Hamburg, den 09. April 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 .....               | 3            |
| 3.1 Baugelände .....                                       | 3            |
| 3.2 Geplante Baumaßnahme.....                              | 4            |
| 4. Baugrund.....   | 6            |
| 4.1 Baugrundaufschluss.....                                | 6            |
| 4.2 Baugrundsichtung.....                                  | 6            |
| 4.2.1 Straßenaufbau .....                                  | 7            |
| 4.2.2 Auffüllungen .....                                   | 8            |
| 4.2.3 Saalezeitliche Geschiebeböden und Sande .....        | 9            |
| 5. Wasser im Baugrund.....                                 | 10           |
| 5.1 Bohrwasserstände .....                                 | 10           |
| 5.2 Bemessungswasserstände .....                           | 11           |
| 6. Laborversuche, Bodenkennwerte und Homogenbereiche ..... | 12           |
| 6.1 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche .....   | 12           |
| 6.2 Wassergehalte.....                                     | 12           |
| 6.3 Korngrößenverteilung .....                             | 13           |
| 6.4 Wichte .....   | 13           |
| 6.5 Zusammendrückbarkeit .....                             | 13           |
| 6.6 Undrainede Scherfestigkeit.....                        | 14           |
| 6.7 Charakteristische Bodenkennwerte .....                 | 14           |



|   | <u>Seite</u> |
|---|--------------|
| 7. Orientierende chemische Untersuchung hinsichtlich Wiederverwertbarkeit und Entsorgung .....                          | 16           |
| 7.1 Allgemeine Beurteilungsgrundlagen zur Prüfung von Verwertungs- bzw. Entsorgungsmöglichkeiten des Bodenaushubs ..... | 16           |
| 7.2 Probenzusammenstellung und Untersuchungsumfang .....  | 18           |
| 7.3 Bewertung der orientierenden chemischen Untersuchungen des Bodens .....   | 18           |
| 7.3.1 Sandige Auffüllungen .....  | 18           |
| 7.3.2 Aufgefüllter Geschiebelehm/-mergel .....  | 19           |
| 7.3.3 Geschiebelehm/-mergel .....   | 20           |
| 7.4 Empfehlungen für die Aushubarbeiten .....   | 20           |
| 7.5 Mischprobenzusammenstellung und Ergebnisse der orientierenden Asphaltuntersuchungen .....                           | 21           |
| 8. Geotechnische Empfehlungen .....   | 23           |
| 8.1 Gründungskonzept .....  | 23           |
| 8.2 Bemessung der Schachtsohlen der Hauptabsperrschächte .....  | 24           |
| 8.3 Trockenhaltung der Schächte im Endzustand .....   | 24           |
| 8.4 Auftriebssicherheit der FW-Rohre und Schächte .....   | 24           |
| 8.5 Setzungsabschätzung .....   | 24           |
| 9. Hinweise zur Bauausführung .....   | 25           |
| 9.1 Hinweise zur Herstellung der Baugrube .....   | 25           |
| 9.2 Erdarbeiten .....   | 26           |
| 9.3 Flächenfilter, Baugrubenverfüllung und Verdichtungsanforderungen .....  | 27           |
| 9.4 Bauzeitliche Wasserhaltungsmaßnahmen .....  | 28           |
| 9.5 Verbringung von Bodenaushub .....   | 28           |
| 9.6 Zustandsfeststellung .....  | 28           |
| 10. Zusammenfassung .....   | 29           |



## Anlagenverzeichnis

|                        |   |
|------------------------|---|
| 023581-3/1             | Lage- und Übersichtsplan, M 1 : 40.000/2500                                 |
| 023581-3/N1-1 bis N1-8 | Übersichts-/Lageplan mit Bohrprofilen,<br>M d. L. 1 : 250, M. d. H. 1 : 100 |
| 023581-3/N2-1 bis N2-8 | Übersichts-/Lageplan mit Bohrprofilen,<br>M d. L. 1 : 250, M. d. H. 1 : 100 |
| 023581-3/3.1 – 3.5     | Kornverteilungskurven   |
| 023581-3/4.1           | Kompressionsversuche  |
| 023581-3/5.1           | Einaxiale Druckversuche   |
| 023581-3/6.1 und 6.2   | Analysenergebnisse der chemischen Bodenuntersuchung                         |
| 023581-3/7.1 – 7.3     | Übersicht Zuordnungswerte und Deponieklassen                                |
| 023581-3/8.1a – 8.5a   | Homogenbereiche H 1 bis H 5   |
| 023581-3/9.1 und 9.2   | Analysenergebnisse der Oberbau-Untersuchung                                 |



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

09. April 2021  
- Pr/Na -

Fernwärmesystemanbindung West (FWS-West)  
Los N1 und N2: Zielschacht im Hindenburgpark bis Notkestraße  
hier: Baugrundbeurteilung und geotechnische Empfehlungen  
für den Leitungsbau sowie orientierende chemische Untersuchung  
hinsichtlich Wiederverwertbarkeit und Entsorgung

Anlagen: s. Anlagenverzeichnis

## **1. Bericht**

### **1. Veranlassung**

Für die Anbindung der geplanten KWK-Anlage am Standort Dradenau an das bestehende Fernwärmesystem 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.

Der in den Losen N1 und N2 geplante Trassenabschnitt der FWS West liegt im Bereich zwischen der Elbchaussee nördlich des Hindenburgparks im Süden und der Notkestraße in Bahrenfeld im Norden. Der vorliegende Bericht enthält die Baugrundbeurteilung und die geotechnischen Empfehlungen für den Leitungsbau sowie die orientierende chemische Unter-



suchung hinsichtlich der Wiederverwertbarkeit und Entsorgung der Aushubböden und der Oberflächenbefestigungen, die im Bereich der Lose N1 und N2 der geplanten Abschnitte der FWS West anstehen.

## 2. Unterlagen

Von der WTM Engineers GmbH, Hamburg:

- U 2.1 FWS-West, Los N1 und Los N2, Rohrleitungsgraben Draufsicht und Längsschnitt, Ausschreibungsunterlagen, M 1:250, 1:100, Vorabzug 12.03.2021, Zeichnungsnummer N1\_LP6\_Ing\_001 bis 008\_Rev. A und N2\_LP6\_Ing\_001 bis 008\_Rev. A

Eingang am 23.03.2021

- U 2.2 Bauwerkspläne bzw. Baugrubenpläne:

U 2.2.1 Hauptabsperrschächte S1-5.3, N1-23.4, N2-33.5, Bauwerksplan, Entwurfsplanung, M 1:50, 1:25, 1:10, Vorabzug 10.09.2020

U 2.2.2 Hauptabsperrschächte S2-12.1 und N2-28.1, Bauwerksplan, Entwurfsplanung, M 1:50, M 1:25, M 1:10, Vorabzug 10.09.2020

Eingang am 27.10.2020

Von der Wilhelm Soltau Brunnenbau GmbH, Seevetal:

- U 2.3 Schichtenverzeichnisse mit Höhenaufmaß der Bohransatzpunkte und 406 gestört entnommene Bodenproben sowie 337 Glasproben aus 58 Kleinbohrungen (BS 61 bis BS 118) nach DIN EN ISO 22475-1 bis in eine Tiefe von rd. max. 15,0 m unter Bohransatzpunkt; Kleinbohrungen ausgeführt von der Baugrund Salzgitter GmbH, Salzgitter im Zeitraum vom 29.10.2019 bis 09.12.2019

Eingang zwischen dem 06.01.2020 und dem 28.01.2020

- U 2.4 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 2.5 Ergebnisse der chemischen Analysen von 35 Bodenmischproben auf den Parameterumfang gemäß der LAGA-TR Boden und gemäß Deponieverordnung: Prüfbericht 2020P507546/1 vom 19.03.2020

Eingang am 19.03.2020



- U 2.6 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

- U 2.7 Analysenergebnisse von 26 Mischproben aus Asphaltbohrkernen auf PAKs und den Phenolindex, Prüfbericht 2020P509084/1 vom 06.04.2020

- U 2.8 Ergebnisse der chemischen Analysen von 2 Mischproben (Verfestigung und Hochofenschlacke) auf den Parameterumfang gemäß der LAGA-TR Boden: Prüfbericht 2020P509081/1 vom 06.04.2020

Eingang der Unterlagen U 2.7 und U 2.8 am 06.04.2020

#### Eigene Unterlagen:

- U 2.9 Fernwärmesystemanbindung West, (FWS West), Leitungsvarianten Parkstraße – Notkestraße, Halbmondsweg – Ebertallee und Dradenaustraße, 1. Bericht vom 31.07.2019, unsere Auftr.-Nr.: 022474

- U 2.10 Fernwärmesystemanbindung West, Los T: Abschnitt 17.1 östlich Startschacht und Abschnitt 17.2 nördlich Zielschacht, 2. Bericht vom 10.12.2020, unsere Auftr.-Nr.: 023581-2

- U 2.11 Fernwärmesystemanbindung West (FWS West), Gleisquerung Othmarschen, 2. Bericht Revision 2 vom 18.03.2021, Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung, unsere Auftr.-Nr.: 023581-3

- U 2.12 Dahm et al., 2009: Seismologische Untersuchung der Mikrobeben in Flottbek Markt, Hamburg, vom April 2009, und deren mögliche Ursachen.

### **3. Baugelände und geplante Baumaßnahme**

#### **3.1 Baugelände**

Der im Los N1 geplante Trassenabschnitt der Fernwärmesystemanbindung (FWS) West beginnt in der Elbchaussee nördlich des Hindenburgparks. Die Trasse verläuft zunächst östlich in der Elbchaussee und knickt dann nach Norden in die Parkstraße ab. Sie verläuft dann Richtung Norden entlang der Parkstraße, quert den Alberti- bzw. Handelsmannweg und den Klein Flottbeker Weg. Die Trasse folgt der Parkstraße und unterquert zwischen Jeppweg und Waitzstraße die S-Bahn-Brücke. Südlich des Jeppweges endet der Losabschnitt N1 und das Los N2 beginnt. Die Trasse quert die Waitzstraße während die Parkstraße in die Groß-Flottbeker Straße übergeht. Die Trasse verläuft weiter Richtung Norden entlang der Groß-Flottbeker Straße und quert den Müllenhoffweg, die Baron-Voght-Straße



und die Osdorfer Landstraße. Anschließend verläuft sie entlang der Straße Zum Hünengrab und endet in der Notkestraße in Bahrenfeld. Die genaue Lage und der Verlauf der Trasse ist dem Lage- und Übersichtsplan in der Anlage 023581-3/1 zu entnehmen.

Nach der höhenmäßigen Einmessung der Bohransatzpunkte (s. U 2.3 und U 2.4) liegt die Geländeoberkante (GOK) auf Höhe der Elbchaussee um rd. NHN +27,8 m (BS 62) und fällt dann entlang der Parkstraße bis auf Höhe der Golfstraße auf rd. NHN +14 m (BS 81) ab. Anschließend steigt das Gelände kontinuierlich entlang der Parkstraße und der Flottbeker Straße bis zur Noltkestraße auf rd. NHN +38,6 m (BS 115) an.

Im Bereich der Groß-Flottbeker Straße zwischen den Straßen Röbbek und Osdorfer Landstraße verläuft die Trasse am östlichen Rande des Erdfallgebietes Flottbek Markt, das durch im Untergrund vorhandene Torfe und locker gelagerte Böden gekennzeichnet ist, die im Zusammenhang mit dem Othmarschen-Langenfelde-Diapir stehen (s. U 2.12). In diesem Bereich wurden die Baugrundaufschlüsse (BS 103 bis BS 109) bis in Tiefen zwischen rd. 11,5 m und rd. 15,0 m unter GOK ausgeführt. Da keine Torfe, Mudden oder locker gelagerte Sande ange getroffen wurden, die auf einen Erdfall im Bereich der geplanten Leitungstrasse hindeuten würden, ist zu folgern, dass die Trasse außerhalb der bereits eingetretenen Erdfälle liegt.

### 3.2 Geplante Baumaßnahme

Die Länge der Losabschnitte N1 bzw. N2 werden gemäß U 2.1 mit rd.  $L = 1.535$  m (N1) und rd.  $L = 1.695$  m (N2) angegeben. Nach U 2.1 beginnt das Los N1 bei Stat. 4+400 und das Los N2 endet bei Stat. 7+621. Der gesamte Nordabschnitt weist somit eine Gesamtstrecke von rd.  $L = 3,3$  km auf.

Die FWS West besteht aus zwei nebeneinander angeordneten Kunststoffmantelrohren (KMR) mit einem Nenndurchmesser DN 800/DN 1100. Die Verlegung der Rohre soll in offener Bauweise mittels Grabenverbau mit einer voraussichtlichen Grabenbreite von ca. 4 m und einer Regelgrabentiefe von ca. 3,0 m mit Berücksichtigung einer Rohrbettung unter Geländeoberkante erfolgen. Damit beträgt die Erdüberdeckung der Rohre in der





Regel etwa 1,5 m. Innerhalb des Loses N1 ist ein und im Bereich des Loses N2 sind zwei Hauptabsperrschächte angeordnet.

Im Bereich von Straßen- bzw. Leitungskreuzungen werden die KM-Rohre örtlich tiefer geführt und erreichen dann Tiefen von ca. 3,8 m bis maximal ca. 5,5 m (Querung Osdorfer Landstraße) unter GOK.

Die in Stahlbeton geplanten Hauptabsperrschächte N1-23.4 (bei Stat. ca. 5+330), N2-28.1 (bei Stat. ca. 6+370) und N2-33.5 (bei Stat. ca. 7+525) weisen Grundrissabmessungen von rd.  $a \times b = 6,8 \text{ m} \times 6,8 \text{ m}$  und eine Schachthöhe  $h$  von rd.  $h = 4,0 \text{ m}$  auf. Die Schachtsohle ist in einer Dicke von  $d = 0,76 \text{ m}$  vorgesehen. Die Schachtsohlenunterkante liegt beim Schacht N1-23.4 bei rd. NHN +11,8 m, beim Schacht N2-28.1 bei rd. NHN +19,9 m und bei Schacht N2-33.5 bei rd. NHN +31,9 m. Die Oberkante der Schachtdecken liegt ca. 0,8 m unter OK Straßenniveau.

Die Trasse für die FWS West liegt durchgängig im öffentlichen Straßenraum.

In der Parkstraße ist die Unterquerung der S-Bahn-Brücken erforderlich. Die geotechnischen Empfehlungen für diesen Streckenabschnitt wurden gesondert erarbeitet und sind in unserem 2. Bericht (s. a. Unterlage U 2.11) enthalten.

Die Lagepläne in Unterlage U 2.1 zeigen, dass eine Vielzahl von Leitungen der verschiedenen Leitungsträger im Einflussbereich der Baumaßnahme vorhanden sind. Diverse Leitungen verlaufen entlang bzw. queren die Trasse der FWS West (u.a. Gas-, Trinkwasser-, Strom- und Datenleitungen sowie Siele der Hamburger Stadtentwässerung). Vor der Baumaßnahme muss die genaue Lage der vorhandenen Leitungen bekannt sein. Eine Vielzahl von Leitungen ist während der Baumaßnahme im Einflussbereich von Baugruben in Abstimmung mit den Leitungsträgern sowie in Abhängigkeit von der Verformungsempfindlichkeit zu sichern bzw. sind auch ggf. Leitungen zu verlegen.



## **4. Baugrund**

### **4.1 Baugrundaufschluss**

Zur Erkundung der Baugrundsichtung wurden nach unseren Vorgaben im Bereich der geplanten Leitungstrasse 58 Kleinbohrungen (BS 61 bis BS 118) nach DIN EN ISO 22475-1 bis in Tiefen zwischen rd. 6,0 m und rd. 15,0 m unter Bohransatzpunkt abgeteuft. Die Kleinbohrungen wurden von der Baugrund Salzgitter GmbH, Salzgitter im Zeitraum vom 29.10.2019 bis 09.12.2019 ausgeführt (s. U 2.3). Im Bereich der Querung der Bahnbrücke der S 1 wurden zusätzlich 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 2.4).

Die Lage der Bohransatzpunkte geht aus dem Lage- und Übersichtsplan in der Anlage 023581-3/1 hervor.

Aus den v.g. 58 Kleinbohrungen und zwei Trockenbohrungen wurden gestörte Bodenproben für die bodenmechanische Beurteilung des Baugrundes (s. Abschn. 6) in PVC-Bechern und für die orientierende chemische Untersuchung (s. Absch. 7) in Gläsern entnommen. Ferner wurden aus den zwei Trockenbohrungen ungestörte Bodenproben entnommen.

Die Ergebnisse der Klein- und Trockenbohrungen sind nach unserer visuellen und manuellen Beurteilung der uns vom Bohrunternehmer gelieferten und gestört entnommenen Bodenproben sowie nach den Angaben der Bohrunternehmen in den Schichtenverzeichnissen (s. U 2.3 und U 2.4) in den Anlagen 023581-3/N1-1 bis N1-8 und 023555/N2-1 bis N2-8 als höhengerecht dargestellte Bohrprofile aufgetragen.

### **4.2 Baugrundsichtung**

Nach den Ergebnissen des Baugrundaufschlusses liegt im Bereich der Lose N1 und N2 der FWS West vereinfacht von oben nach unten folgender Baugrundaufbau vor:



- Oberflächenbefestigung aus Asphalt
- Auffüllungen aus Sand und Geschiebelehm/-mergel
- Geschiebelehm und Geschiebemergel
- örtlich saalezeitliche Schmelzwassersande

#### 4.2.1 Straßenaufbau

Bei insgesamt 12 der 58 ausgeführten Kleinbohrungen wurden vom Bohrunternehmer Asphaltbohrkerne neben den Kleinbohrungen direkt in der Straßenfläche ausgeführt. Die jeweils zugehörigen Kleinbohrungen wurden im Gehwegbereich oder auf Grünflächen abgeteuft.

Der aus der Beurteilung der Asphalt-Bohrkerne ersichtliche Aufbau des Straßenoberbaus ist der nachfolgenden Tabelle 1 zu entnehmen:

Tabelle 1 Schichtenaufbau des Straßenoberbaus und Mischprobenzusammenstellung

| Bohrung | Schichten-<br>verbund | Schichten-<br>aufbau | Besonderheit    | Größtkorn | Schichtunter-<br>-kante | Mischprobe |
|---------|-----------------------|----------------------|-----------------|-----------|-------------------------|------------|
|         |                       |                      |                 | [mm]      | [cm]                    |            |
| BS 68   | i                     | AS DS                | -               | 15        | 4.6                     | MP 68.1    |
|         | KS [                  | AS TS                | -               | 24        | 18.0                    | MP 68.2    |
|         |                       | Verfestigung         | -               | n.a.      |                         | LAGA       |
| BS 72   | i                     | AS DS                | -               | 11        | 4.7                     | MP 72.1    |
|         | i                     | AS TS                | -               | 32        | 15.0                    | MP 72.2    |
| BS 75   | i                     | AS DS                | -               | 11        | 4.3                     | MP 75.1    |
|         | KS [                  | AS TS                | -               | 28        | 14.8                    | MP 75.2    |
|         |                       | RC-Material          | -               | 60        | 50.0                    | -          |
| BS 81   | i                     | AS DS                | -               | 13        | 4.4                     | MP 81.1    |
|         | i                     | AS BS/TS             | -               | 35        | 8.2                     | MP 81.2    |
|         | i                     | AS TS                | Binder zersetzt | 12        | 14.6                    |            |
| BS 84   | i                     | AS DS                | -               | 12        | 4.8                     | MP 84.1    |
|         | KS [                  | AS TS                | -               | 22        | 9.1                     | MP 84.2    |
|         |                       | AS TS                | -               | 26        | 17.8                    |            |
|         | i                     | AS DS                | -               | 14        | 19.5                    | MP 84.3    |
|         | i                     | AS TS                | -               | 25        | 22.9                    |            |



| Bohrung | Schichten-<br>verbund | Schichten-<br>aufbau    | Besonderheit    | Größtkorn | Schichtunter-<br>kante | Mischprobe |
|---------|-----------------------|-------------------------|-----------------|-----------|------------------------|------------|
|         |                       |                         |                 | [mm]      | [cm]                   |            |
| BS 88   | i                     | AS DS                   | AH              | 12        | 4.6                    | MP 88.1    |
|         | i                     | AS DS                   | AH              | 12        | 8.0                    |            |
|         | KS [<br>KS [          | AS BS                   | -               | 16        | 13.0                   | MP 88.2    |
|         |                       | AS DS                   | -               | 12        | 18.9                   |            |
|         |                       | HOS                     | massiv          | -         | 35.9                   | LAGA       |
| BS 89   | i                     | AS DS/BS                | AH              | 26        | 4.9                    | MP 89.1    |
|         | KS [                  | AS DS                   | -               | 12        | 6.6                    | MP 89.2    |
|         |                       | KSP                     | -               | -         | 14.3                   | -          |
| BS 92   | KS [                  | AS DS                   | AH              | 12        | 1.9                    | MP 92      |
|         |                       | HOS                     | massiv          | -         | 9.1                    | -          |
| BS 96   | i                     | AS DS                   | AH              | 22        | 4.7                    | MP 96.1    |
|         | KS [                  | AS DS                   | AH              | 12        | 5.8                    |            |
|         |                       | AS DS                   | -               | 12        | 7.7                    | MP 96.2    |
|         | KS [                  | AS BS                   | Binder zersetzt | 15        | 10.8                   | MP 96.3    |
|         |                       | KSP                     | -               | -         | 18.3                   | -          |
| BS 100  | KS [<br>KS [          | AS DS/BS                | AH              | 16        | 6.5                    | MP 100.1   |
|         |                       | HOS                     | massiv          | -         | 20.8                   | -          |
|         |                       | KTS Mit<br>Asphaltbruch | -               | 70        | 55.0                   | -          |
| BS 105  | i                     | AS DS                   | AH              | 12        | 4.5                    | MP 105.1   |
|         | KS [                  | AS TS                   | -               | 22        | 16.4                   | MP 105.2   |
|         |                       | AS TS                   | -               | 26        | 32.0                   |            |
| BS 111  | i                     | AS DS                   | Binder zersetzt | 11        | 3.8                    | MP 111.1   |
|         | KS [                  | AS BS                   | Binder zersetzt | 16        | 8.1                    | MP 111.2   |
|         |                       | AS TS                   | -               | 30        | 23.4                   | MP 111.3   |

i: intakt, KS: kein Schichtenverbund, AS: Asphalt, DS: Deckschicht, BS: Binderschicht,  
 TS: Tragschicht, RC: Recycling-Material, KSP: Kopfsteinpflaster, KTS: Kiestragschicht,  
 HOS: Hochofenschlacke, AH: Aufhellung

#### 4.2.2 Auffüllungen

Unterhalb der Oberflächenbefestigung wurden vorwiegend Auffüllungen aus Sand und z. T. Geschiebelehm-/mergel erkundet. Diese enthalten häufig eingelagerte Bauschuttreste (Ziegel-, Beton-, Asphaltbruch oder Schlackeresten) und weisen stellenweise MKW-Geruch (BS 104) auf.



Die Unterkante der **Auffüllungen** wurde bei den ausgeführten Kleinbohrungen bzw. Bohrungen in Tiefen zwischen rd. 0,2 m (B 8) und rd. 4,0 m (BS 76) unter GOK angetroffen. Innerhalb des Straßenkörpers ist erfahrungsgemäß in der Regel von einer Auffüllungsmächtigkeit von etwa 1 m bis 2 m auszugehen. Ausnahme bilden hier die tiefer unter Straßenniveau wieder verfüllten Aushubgräben von tief liegenden Leitungen.

Nach den Angaben in den Schichtenverzeichnissen zur Beschaffenheit des Bodens ist von einer lockeren bis mitteldichten Lagerung der sandigen Auffüllungen auszugehen.

Die Konsistenz des aufgefüllten Geschiebelehm/-mergel ist nach unserer Beurteilung überwiegend weich bis steif.

Weitere Details zu den erkundeten Auffüllungen sind den Bohrprofilen in den Anlagen 023581-3/N1-1 bis N1-8 und 023581-3/N2-1 bis N2-8 zu entnehmen.

#### 4.2.3 Saalezeitliche Geschiebeböden und Sande

Unterhalb der Auffüllungen folgt der gewachsene Baugrund aus einem saalezeitlichen bindigen Geschiebebodenkomplex aus Geschiebelehm und –mergel mit örtlich eingelagerten Sandlagen. Bei der BS 117 wurde innerhalb des Geschiebemergels eine Beckenscholle mit einer Mächtigkeit von rd.  $d = 1,4$  m und einer Basis bei rd. 7,5 m unter GOK, entsprechend rd. NHN +22,1 m, angetroffen. Bis zu den Bohrendtiefen in maximal rd. 15 m Tiefe unter GOK wurde der bindige Geschiebebodenkomplex in der Regel nicht durchteuft.

Lediglich bei den Kleinbohrungen BS 100, BS 101 und BS 105 wurden unterhalb des bindigen Geschiebebodens bis zur jeweiligen Endtiefe der Bohrungen grundwasserführende Mittel- und Grobsande erbohrt. Die Oberkante der Sande wurde zwischen rd. NHN +18,3 m (BS 101) und rd. NHN +13,3 m (BS 105) erbohrt.

Auch bei den Kleinbohrungen BS 113 und BS 114 folgt unterhalb des Geschiebemergels und bei der BS 114 bereits unterhalb der Auffüllung Sand, in dem kein Wasser angetroffen wurde.



Der Geschiebelehm/-mergel ist häufig sandig bis stark sandig ausgebildet. Der Geschiebelehm steht nach der Beurteilung der Bodenproben häufig in weicher und weich bis steifer Konsistenz an. Der Geschiebemergel steht in steifer und örtlich in steifer bis halbfester Konsistenz an. Es ist davon auszugehen, dass die Konsistenz des oft sandigen bis stark sandigen Geschiebelehms infolge des rammenden Bohrverfahrens nicht den Verhältnissen in situ entspricht. Im ungestörten Zustand wird der bindige Geschiebeboden vorraussichtlich überwiegend in mindestens steifer Konsistenz anstehen.

Entstehungsbedingt ist im Geschiebelehm/-mergel mit Sand- und Kieseinlagerungen sowie mit Steineinlagerungen bis zur Größe von (Groß-)Blöcken (Findlingen) zu rechnen. Im Geschiebelehm/-mergel eingelagerte Sand-, Kies- und/oder Steinlagen können abhängig von der Tiefenlage wasser- bzw. druckwasserführend sein

Die eingelagerten Sande bestehen überwiegend aus Fein- und Mittelsanden mit geringen Grobsandanteilen. Bereichsweise wurden auch kiesige Mittel- bis Grobsande erkundet (BS 100 und BS 101). Nach den Angaben des Bohrunternehmers in den Schichtenverzeichnissen über den Bohrvorgang waren die Sande „mittelschwer“ und örtlich. „mittelschwer bis schwer zu bohren“. Wir gehen danach von einer mindestens mitteldichten Lagerung aus.

Weitere Details zur Baugrundsichtung der gewachsenen Bodenschichten sind den Bohrprofilen in den Anlagen 023581-3/N1-1 bis N1-8 und 02358-3/N2-1 bis N2-8 zu entnehmen.

## **5. Wasser im Baugrund**

### **5.1 Bohrwasserstände**

Während der Bohrarbeiten wurde bei der überwiegenden Anzahl der ausgeführten Klein- und Trockenbohrungen kein Wasser angetroffen.

Vom Hindenburgpark bis etwa auf Höhe der Lüdemannstraße, entsprechend Station rd. 4+400 bis Station 6+600, befindet sich die Trasse im Bereich des Grundwassernichtleiters



aus bindigem Geschiebeboden, der in Gesamtmächtigkeiten von mehr als 20 m ansteht. Unterhalb des Geschiebemergels steht das Grundwasser gespannt an.

Das Grundwasserdruckniveau liegt auf Höhe des Hindenburgparkes um ca. NHN +12,5 m und steigt dann nach Norden hin entsprechend den Angaben in den Grundwassergleichplänen von Hamburg, aufgestellt von der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, bis auf Höhe Stat. 6+600 auf ca. NHN +19 m an.

Ab Stat. 6+600 bis zum Trassenende steht das Grundwasser teilweise gespannt und teilweise ungespannt um rd. NHN +19 m bis rd. NHN +20 m an. Bei den Kleinbohrungen BS 100, BS 101 und BS 103 bis BS 105 konnten nach Bohrende nicht ausgepegelte, gespannt unterhalb des Geschiebemergels anstehende, Grundwasserstände zwischen rd. NHN +19,1 m (BS 100 und BS 105) und rd. NHN +19,7 m (BS 104) eingemessen werden.

Das gespannt anstehende Grundwasser hat hier auf die geplante Baumaßnahme keinen nennenswerten Einfluss.

Innerhalb sandigem und sandstreifigem Geschiebeboden wurde örtlich Wasser angetroffen.

Dabei handelt es sich vorwiegend um in den bindigen Geschiebelehm/-mergel eingelagertes Schicht- bzw. Stauwasser.

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

## 5.2 Bemessungswasserstände

Bauzeitlich ist für die Schacht- und Leitungsbaugruben Stau- und Schichtenwasser im Niveau von rd. 1 m unter jeweiliger GOK anzusetzen.



Im Endzustand ist für die Leitung sowie für die Schachtbauwerke ein Stauwasserstand in Höhe GOK zu berücksichtigen.

## 6. Laborversuche, Bodenkennwerte und Homogenbereiche

### 6.1 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 entnommenen Bodenproben in unserem Labor an ausgewählten Proben aus den Auffüllungen und 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.

### 6.2 Wassergehalte

Die Einzelwerte der ermittelten Wassergehalte sind in den Anlagen 023581-3/N1-1 bis N1-8 und 023581-3/N2-1 bis N2-8 rechts neben den Borprofilen, den Probeentnahmetiefen zugeordnet, eingetragen. Im Einzelnen ergeben sich die in Tabelle 2 angegebenen Grenz- und Mittelwerte.

Tabelle 2 Wassergehalte

| Bodenart                   | Versuchs-<br>anzahl | Wassergehalt w (%) |        |      |
|----------------------------|---------------------|--------------------|--------|------|
|                            |                     | min.               | mittel | max. |
| Aufgefüllter Geschiebelehm | 1                   | -                  | 14,1   | -    |
| Geschiebelehm              | 2                   | 13,9               | -      | 17,1 |
| Geschiebelehm, sandig      | 10                  | 9,9                | 13,9   | 17,7 |
| Geschiebemergel            | 52                  | 8,7                | 12,2   | 17,0 |
| Geschiebemergel, sandig    | 10                  | 9,7                | 11,8   | 13,5 |
| Beckenton                  | 1                   | -                  | 25,5   | -    |





### 6.3 Korngrößenverteilung

An insgesamt sechs Bodenproben der Geschiebeböden, einer Bodenprobe der Sande sowie einer Bodenprobe des Beckentons wurde die Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4 ermittelt. Die Ergebnisse sind in den Anlagen 023581-3/3.1 bis 3.3 (Geschiebeböden), in der Anlage 023581-3/3.4 (Beckenton) und in der Anlage 023581-3/3.5 (Sand) als Kornverteilungskurven dargestellt.

### 6.4 Wichte

Zur Bestimmung der Feuchtwichte wurde im Rahmen der Kompressions- und Scherverversuche 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 sowie in der Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3 Feuchtwichte des Geschiebemergels

| Bodenart         | Anzahl der Versuche | Feuchtwichte $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] |        |      |
|------------------|---------------------|--|--------|------|
|                  |                     | min.                                       | mittel | max. |
| Geschiebemergels | 2                   | 22,4                                       | -      | 23,0 |

### 6.5 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 der Lastsetzungskurve für verschiedene Spannungsbereiche ermittelten Steifemoduli der Zweitbelastung  $E_{s2}$ , sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4 Steifemoduli des Geschiebemergels

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

#### 6.6 UndrÄnirte Scherfestigkeit

Die undrÄnirte 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 5 UndrÄnirte Scherfestigkeit des Geschiebemergels

| Bodenart        | Anzahl der<br>Versuche | $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ] |        |      |
|-----------------|------------------------|----------------------------|--------|------|
|                 |                        | min.                       | mittel | max. |
| Geschiebemergel | 1                      | -                          | 79     | -    |

#### 6.7 Charakteristische Bodenkennwerte

Nach den Ergebnissen der Laborversuche an den uns gelieferten Proben sind unter BerÜcksichtigung unserer Erfahrungen mit vergleichbaren Bodenarten für erdstatische Berechnungen die in der Tabelle 6 aufgeführten Bodenkennwerte als charakteristische Werte anzusetzen. In der Tabelle 6 sind ferner zu den einzelnen Bodenarten die zugehörigen Bodengruppen nach DIN 18196 sowie die Homogenbereiche angegeben.

**Tabelle 6** Bodenkennwerte (charakteristische Werte), Bodengruppen und Homogenbereiche

| Bodenart  | Homogen-Bereich | Bodengruppe nach DIN 18196 | Wichte                   |                          | Scherparameter |                      |                      | Steife-modul         |
|---|-----------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|   |                 |                            | min.<br>$\gamma/\gamma'$ | max.<br>$\gamma/\gamma'$ | $\varphi'_k$   | $c'_k$               | $c_{u,k}$            | $E_{s,k}$            |
| [-]   | [-]             | [-]                        | [kN/m <sup>3</sup> ]     |                          | [°]            | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [MN/m <sup>2</sup> ] |
| Auffüllung, sandig, häufig mit Bauschutt-Einlagerungen, locker gelagert | H 1             | [SE, SI, SW, SU, SU*]      | 17/10                    | 18/10                    | 30             | 0                    | 0                    | $\geq 10$            |
| Auffüllungen aus Geschiebelehm  | H 3             | [SU*, ST*, TL, UL]         | 19/10                    | 20/10                    | 27,5           | 5                    | 15 - 30              | $\geq 20$            |
| Geschiebelehm, steife Konsistenz  | H 4             | SU*, ST*, TL, UL           | 20/10                    | 21/11                    | 27,5           | 10                   | 30 - 100             | $\geq 30$            |
| Geschiebemergel, mindestens steife Konsistenz                           | H 2             | SU*, ST*, TL, UL, TM, UM   | 20/10                    | 22/12                    | 30             | 10                   | 80 - 600             | $\geq 40$            |
| saalezeitlicher Sand, mind. mitteldicht gelagert                        | H 5             | SE, SW, SI, SU             | 18/10                    | 19/11                    | 35             | 0                    | 0                    | $\geq 40$            |

Unter Berücksichtigung der erforderlichen Tiefbauarbeiten für die Errichtung und Sicherung der Schachtbaugruben werden die Homogenbereiche H 1 bis H 5 (siehe Tabelle 6) unter Beachtung der DIN 18300 (Erdarbeiten), DIN 18301 (Bohrarbeiten) festgelegt.

Die für die Homogenbereiche H 1 bis H 5 geltenden bodenmechanischen Eigenschaften sind in den Anlagen 023581-3/8.1a bis 8.5a zusammengestellt.

Bei der Abschätzung der Bandbreite der bodenmechanischen Eigenschaften der einzelnen Homogenbereiche wurden die bodenmechanischen Labor-/ Feldversuchsergebnisse gemäß Abschn. 6.2 bis 6.6 sowie uns vorliegende Erfahrungswerte vergleichbarer Böden herangezogen. Aufgrund natürlicher geogen bedingter Unregelmäßigkeiten sind jedoch Abweichungen davon möglich.

Die Sensivität des Geschiebelehms und Geschiebemergels wird als gering eingestuft.



## 7. Orientierende chemische Untersuchung hinsichtlich Wiederverwertbarkeit und Entsorgung

### 7.1 Allgemeine Beurteilungsgrundlagen zur Prüfung von Verwertungs- bzw. Entsorgungsmöglichkeiten des Bodenaushubs

Die Beurteilung der stofflichen Verwertung von bei Bauvorhaben anfallendem Bodenaushub erfolgt auf der Grundlage der Festlegungen der „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Technische Regeln“ (TR) der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Teil I „Allgemeiner Teil“ (Stand 06.11.2003) sowie Teil II.1.2 „Bodenmaterial“ (TR-Boden, Stand 05.11.2004).

Zur Beurteilung der Wiederverwendbarkeit von Aushubböden sind dazu charakteristische Bodenmischproben entsprechend den Festlegungen der LAGA TR Boden chemisch zu untersuchen. In Abhängigkeit von den für die einzelnen Untersuchungsparameter im Feststoff bzw. Eluat ermittelten Gehalten (Konzentrationen) werden die untersuchten Böden einzelnen Einbauklassen bzw. bei Erfordernis einer Entsorgung den Deponieklassen nach DepV zugeordnet. Maßgebend für die Festlegung der Einbauklassen ist die Einhaltung der für die Untersuchungsparameter festgelegten Zuordnungswerte (Z0, Z1, Z1.1, Z1.2, Z2), die die Grenzwerte der jeweiligen Einbauklasse darstellen.

In der LAGA TR-Boden bzw. LAGA TR-Bauschutt sind die folgenden Einbauklassen/Zuordnungswerte definiert:

- **Einbauklasse 0 / Zuordnungswerte Z0/Z0\*: Uneingeschränkter Einbau**

Bei Unterschreitung bzw. Einhaltung der Zuordnungswerte Z0 ist im Allgemeinen ein uneingeschränkter Einbau (Einbauklasse 0) von Boden bzw. Bauschutt in bodenähnlichen Anwendungen möglich.

Bei geringfügiger Überschreitung des Zuordnungswertes Z0 und bei Unterschreitung bzw. Einhaltung der Zuordnungswerte Z0\* ist eine Verfüllung von Abgrabungen mit Bodenmaterial unterhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht von mind. 2 m Mächtigkeit generell unter Einhaltung weiterer Bedingungen möglich.



- **Einbauklasse 1 / Zuordnungswerte Z1 (Feststoff) sowie Z1.1 (Eluat) und Z1.2 (Eluat): Eingeschränkter offener Einbau**

Bei Unterschreitung bzw. Einhaltung der Zuordnungswerte Z1 für Feststoff und Z1.1 für Eluat ist ein offener Einbau von mineralischen Abfällen in technischen Bauwerken unter ungünstigen hydrogeologischen Standortbedingungen möglich.

Bei Unterschreitung bzw. Einhaltung der Zuordnungswerte Z1 für Feststoff und Z1.2 für Eluat ist ein offener Einbau von mineralischen Abfällen in technischen Bauwerken unter günstigen hydrogeologischen Standortbedingungen möglich.

- **Einbauklasse 2 / Zuordnungswerte Z2: Eingeschränkter Einbau**

Bei Unterschreitung bzw. Einhaltung der Zuordnungswerte Z2 im Feststoff und Eluat ist der Einbau von Bodenmaterial mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (z. B. Tragschicht unter Asphalt) in technischen Bauwerken möglich.

- **Zuordnungswert >Z2**

Werden die Zuordnungswerte Z2 überschritten, ist der Einbau in eine zugelassene Deponie (Deponieverordnung – DepV vom 27.04.2009, BGBl. I S. 900) erforderlich.

Kann das Aushubmaterial aufgrund der Überschreitung der Zuordnungswerte Z0 nicht einem Einbau zugeführt werden, so führt dies zu Mehrkosten bei der Entsorgung gegenüber einem nicht mit Schadstoffen belasteten Aushubmaterial.

Eine Verwertung oder Entsorgung von Aushubmaterial außerhalb der Baustelle kommt auch zum Tragen, wenn das Aushubmaterial aus bautechnischen oder wasserwirtschaftlichen Gründen nicht wieder eingebaut werden kann (z. B. geringe Verdichtbarkeit oder erhöhte Schadstoffkonzentrationen in Bezug auf den Grundwasserschutz) oder eine Verwertung vor Ort (z. B. Verfüllung von Arbeitsräumen) nicht möglich ist.

Um einen umfassenden Überblick über die Verbringungsmöglichkeiten zu erlangen, wurden alle Proben sowohl gemäß LAGA TR-Boden als auch gemäß Deponieverordnung untersucht.



## 7.2 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 38 Mischproben (MP 1 – 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 023581-3/7.1 zu entnehmen.

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

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

Die Einzelergebnisse der orientierenden chemischen Untersuchungen sind gemäß den Prüfergebnissen der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Pinneberg (U 2.5) in den Anlagen 023581-3/6.1 und 6.2 zusammengestellt.

## 7.3 Bewertung der orientierenden chemischen Untersuchungen des Bodens

### 7.3.1 Sandige Auffüllungen

#### LAGA

Die Mischproben MP 28, MP 30, MP 33 und MP 36 sind dem Zuordnungswert **Z0** der **Einbauklasse 0 (Uneingeschränkter Einbau)** der LAGA TR-Boden zuzuordnen.



Die Mischproben MP 1, MP 3, MP 21 und MP 23 sind aufgrund erhöhter unterschiedlicher Parameter (Kupfer, Zink und/oder TOC) dem Zuordnungswert **Z1** der **Einbauklasse 1** der LAGA TR-Boden zuzuordnen.

Die Mischproben MP 5 und MP 10 sind aufgrund eines erhöhten pH-Wertes (alkalisch) dem Zuordnungswert **Z1.2** der **Einbauklasse 1** der LAGA TR-Boden zuzuordnen.

Die Mischproben MP 12 bis MP 19, MP 25, MP 29 und MP 31 sind aufgrund erhöhter unterschiedlicher Parameter (Summe PAK, Benzo(a)pyren oder TOC) dem Zuordnungswert **Z2** der **Einbauklasse 2** der LAGA TR-Boden zuzuordnen.

#### DepV

Die Mischproben MP 1, MP 5, MP 10, MP 15, MP 16 und MP 21 bis MP 36 zeigen **keine Überschreitungen** der Grenzwerte der Deponieklasse **DK 0**.

Die Mischproben MP 3, MP 12, MP 13 und MP 19 sind aufgrund erhöhter TOC-Gehalte und MP 13 aufgrund eines erhöhten Glühverlustes der Deponieklasse **DK 2** zuzuordnen.

### 7.3.2 Aufgefüllter Geschiebelehm/-mergel

#### LAGA

Die Mischprobe MP 32 ist dem Zuordnungswert **Z0** der **Einbauklasse 0 (Uneingeschränkter Einbau)** der LAGA TR-Boden zuzuordnen.

Die Mischprobe MP 35 ist aufgrund eines leicht erhöhten TOC-Gehaltes dem Zuordnungswert **Z1** der **Einbauklasse 1** der LAGA TR-Boden zuzuordnen.

Die Mischprobe MP 17 ist aufgrund eines erhöhten Chrom ges.-Wertes dem Zuordnungswert **Z1.2** der **Einbauklasse 1** der LAGA TR-Boden zuzuordnen.

#### DepV

Die Mischproben MP 1, MP 5, MP 10, MP 15, MP 16 und MP 21 bis MP 36 zeigen **keine Überschreitungen** der Grenzwerte der Deponieklasse **DK 0**.



### 7.3.3 Geschiebelehm/-mergel

#### LAGA

Die Mischproben MP 2, MP 4, MP 6, MP 7, MP 9, MP 11, MP 14, MP 18, MP 20, MP 22, MP 24, MP 26 und MP 37 sind dem Zuordnungswert **Z0** der **Einbauklasse 0 (Uneingeschränkter Einbau)** der LAGA TR-Boden zuzuordnen.

Die Mischproben MP 27, MP 34 und MP 38 sind aufgrund erhöhter Sulfat-Werte dem Zuordnungswert **Z1.2** der **Einbauklasse 1** der LAGA TR-Boden zuzuordnen.

#### DepV

Die Mischproben des Geschiebelehms/-mergels zeigen **keine Überschreitungen** der Grenzwerte der Deponieklasse **DK 0**.

### 7.4 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.

Um ggf. anfallende Mehrkosten bei der Entsorgung von Bodenaushub zu reduzieren, empfehlen wir, das durch die Mischproben MP 1 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.

Insbesondere Bereiche der sandigen Auffüllungen, repräsentiert durch die Mischproben MP 1, MP 3, MP 21 und MP 23 mit nachweislich erhöhten Kupfer-, Zink- und/oder TOC-Gehalten, die Mischproben MP 5 und MP 10 mit erhöhten (alkalischen) pH-Werten sowie die Mischproben MP 12 bis MP 19, MP 25, MP 29 und MP 31 mit nachweislich hohen PAK-, Benzo(a)pyren- und/oder TOC-Gehalten sollten separiert und zur Klärung der Entsorgungsmöglichkeiten repräsentativ beprobt und auf die dem Entsorgungsunternehmen zur Verfügung stehenden Entsorgungswege analysiert werden (Deklarationsanalysen).





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 der Einbauklasse Z0 ist durch Übernahmescheine bzw. falls vorhanden oberhalb der Einbauklasse Z2 mittels Entsorgungs- und Verwertungsnachweisen 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 Z0, Z1.1, Z1.2 und Z2 sowie im Falle einer Entsorgung für die einzelnen Deponieklassen gemäß DepV abzufragen. Für den Bedarfsfall sollten im Hinblick auf einen ggf. örtlich höheren Fremdstoffanteil ( $\geq 10$  Vol.-%) auch Einheitspreise gemäß LAGA-TR Bauschutt eingeholt werden. Ferner ist eine Leistungsposition für bauzeitlich aktuelle Deklarationsanalysen in der Ausschreibung der Erdarbeiten zu berücksichtigen.

- 7.5 Mischprobenzusammenstellung und Ergebnisse der orientierenden Asphaltuntersuchungen  
Insgesamt wurden 28 Asphalt-Mischproben (s. Tabelle 7) zusammengestellt und von der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Pinneberg auf Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) sowie den Phenolindex bzw. die Mischproben MP 68.3 und MP 88.4 gemäß den Anforderungen der LAGA-TR Boden untersucht.

Die Einstufungen der Asphaltproben in die Verwertungsklassen gemäß RuVA-StB 01 ist der Tabelle 7 zu entnehmen.



**Tabelle 7** Mischprobenzusammenstellung, Ergebnisse und Einstufung der Asphaltproben gemäß RuVA-StB 01

| Bohrung       | Schichten-<br>aufbau | Schicht-<br>oberkante<br>[cm] | Schicht-<br>unterkante<br>[cm] | MP              | Summe<br>PAK<br>(EPA)<br>[mg/kg] | Phenol-<br>index<br>[mg/l] | Verwertungs-<br>klasse<br>(RuVA-<br>StB 01) |
|---------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------|---|
| <b>BS 68</b>  | Schicht 1            | 0                             | 5                              | <b>MP 68.1</b>  | 0.870                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 2            | 5                             | 18                             | <b>MP 68.2</b>  | 3.720                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 3            | 18                            | 26                             | <b>MP 68.3</b>  | <b>LAGA</b>                      |                            |   |
| <b>BS 72</b>  | Schicht 1            | 0                             | 5                              | <b>MP 72.1</b>  | 1.030                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 2            | 5                             | 15                             | <b>MP 72.2</b>  | 4.880                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
| <b>BS 75</b>  | Schicht 1            | 0                             | 4                              | <b>MP 75.1</b>  | 1.560                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 2            | 4                             | 15                             | <b>MP 75.2</b>  | 1.440                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
| <b>BS 81</b>  | Schicht 1            | 0                             | 4.5                            | <b>MP 81.1</b>  | 0.330                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 2            | 4.5                           | 8                              | <b>MP 81.2</b>  | 2.780                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 3            | 8                             | 15                             | <b>MP 81.3</b>  | 0.110                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
| <b>BS 84</b>  | Schicht 1            | 0                             | 5                              | <b>MP 84.1</b>  | 2.220                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 2            | 5                             | 18                             | <b>MP 84.2</b>  | 0.920                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 3            | 18                            | 23                             | <b>MP 84.3</b>  | 2.720                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
| <b>BS 88</b>  | Schicht 1            | 0                             | 8                              | <b>MP 88.1</b>  | 3.060                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 2            | 8                             | 13                             | <b>MP 88.2</b>  | 0.920                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 3            | 13                            | 19                             | <b>MP 88.3</b>  | 19.900                           | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 4            | 19                            | 36                             | <b>MP 88.4</b>  | <b>LAGA</b>                      |                            |   |
| <b>BS 89</b>  | Schicht 1            | 0                             | 5                              | <b>MP 89.1</b>  | 1.390                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 2            | 5                             | 7                              | <b>MP 89.2</b>  | 1150.000                         | <0,005                     | <b>B</b>                                    |
| <b>BS 92</b>  | Schicht 1            | 0                             | 2                              | <b>MP 29.1</b>  | 1.910                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
| <b>BS 96</b>  | Schicht 1            | 0                             | 6                              | <b>MP 96.1</b>  | 1.930                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 2            | 6                             | 11                             | <b>MP 96.2</b>  | 813.000                          | <0,005                     | <b>B</b>                                    |
| <b>BS 100</b> | Schicht 1            | 0                             | 6.5                            | <b>MP 100.1</b> | 0.400                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
| <b>BS 105</b> | Schicht 1            | 0                             | 4.5                            | <b>MP 105.1</b> | 3.460                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 2            | 4.5                           | 32                             | <b>MP 105.2</b> | 4.020                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
| <b>BS 111</b> | Schicht 1            | 0                             | 4                              | <b>MP 111.1</b> | 0.230                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 2            | 4                             | 8                              | <b>MP 111.2</b> | 1.300                            | <0,005                     | <b>A</b>                                    |
|               | Schicht 3            | 8                             | 23                             | <b>MP 111.3</b> | n.n.                             | <0,005                     | <b>A</b>                                    |

Die Einzelergebnisse der chemischen Untersuchungen sind gemäß den Prüfergebnissen der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Pinneberg (U 2.7, U 2.8), in den Anlagen 023581-3/9.1 und 9.2 zusammengestellt.



## 8. Geotechnische Empfehlungen

### 8.1 Gründungskonzept

Im Bereich der geplanten Fernwärmeleitung stehen in Höhe der geplanten, mindestens etwa 2,8 m unter Straßenoberkante liegenden Gründungsebene der KM-Rohre bzw. der Hauptabspererschächte eiszeitlich vorbelastete bindige Böden aus überwiegend steifen und steifen bis halbfesten Geschiebemergel, örtlich auch steifen Geschiebelehm an. In den Trassenbereichen mit verlegten Strom-, Wasser oder Medienleitungen sind in den wieder-gefüllten Leitungsgräben aufgefüllte Boden (i. d. R. verdichtet eingebaute Füllsande) zu erwarten.

In der Gründungsebene stehen danach gut tragfähige Böden an, so dass die FW-Leitungen wie geplant flach gegründet werden können. Aufgrund der etwa ausgeglichenen Gewichts-bilanz (Entlastung/Wiederbelastung) führt der Bau der geplanten FW-Leitungen und der Abspererschächte nicht zu wesentlichen Spannungserhöhungen im Baugrund, so dass die geplante Flachgründung setzungsarm erfolgen kann.

In Gründungsebene anstehender aufgefüllter Geschiebelehm oder Geschiebeböden weicher Konsistenz ist nur mäßig tragfähig und daher Zug um Zug gegen verdichtet einzubauende Füllsande oder Magerbeton auszutauschen.

Für die Trockenhaltung der Leitungsgräben und der Schachtbaugruben sowie zum Schutz der strukturempfindlichen bindigen Geschiebeböden ist unterhalb der Rohre ein Sohl-flächenfilter aus gut wasserdurchlässigen Sanden in einer Stärke von rd. 35 cm anzu-ordnen. Im Bereich der Leitungszone sind zusätzlich die Vorgaben zur Rohrbettung der Rohrhersteller zu beachten.

Das sich in den Rohrgräben sammelnde Niederschlagswasser ist über randlich zu ver-legende Baudränagen innerhalb des Flächenfilters zu fassen und über Pumpensümpfe abzuführen.

Wir empfehlen, die Aushubebene vor dem Einbau des Flächenfilters von einem geotech-nischen Sachverständigen abnehmen zu lassen.



## 8.2 Bemessung der Schachtsohlen der Hauptabsperrschächte

Für die Bemessung der Stahlbetonsohlplatte der Hauptabsperrschächte nach dem Bettungsmodulverfahren ist der Bettungsmodul mit  $k_{s,k} = 5 \text{ MN/m}^3$  anzusetzen.

Im Bereich von Lastkonzentrationen empfehlen wir, die Sohldrücke auf Werte von rd.

$\sigma_{zul} = \sigma_{rd}/1,4 \leq 400 \text{ kN/m}^2$  zu begrenzen.

Der angegebene Bettungsmodul ist ein Anhaltswert, da der Bettungsmodul keine bodenmechanische Kenngröße ist, sondern auch von den geometrischen Abmessungen, der Bauwerkssteifigkeit und den Bauwerkslasten beeinflusst wird. Das Ergebnis der Sohlplattenbemessung ist deshalb auf Plausibilität (Sohldruck/Setzungen) zu überprüfen. Gegebenenfalls wird eine Anpassung des Bettungsmoduls hinsichtlich der anzusetzenden Größe in einem weiteren Berechnungsschritt erforderlich.

## 8.3 Trockenhaltung der Schächte im Endzustand

Zur Trockenhaltung sind die Sohlen und die Wände der Hauptabsperrschächte in WU-Beton, bemessen als „Weiße Wanne“, herzustellen. Dabei sind die Bemessungswasserstände gemäß Abschn. 5.2 zu berücksichtigen.

## 8.4 Auftriebssicherheit der FW-Rohre und Schächte

Da die FW-Rohre und die Schachtbauwerke in das mögliche Stauwasser einbinden (s. Abschn. 5), ist die Auftriebssicherheit der Rohre und der Schachtbauwerke im Endzustand zu gewährleisten (UPL nach EC 7).

## 8.5 Setzungsabschätzung

Die Gewichtsbalanz 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 KM-Rohre und der Schächte oberhalb der ausreichend tragfähigen Bodenschichten (s. a. Abschn. 8.1) und bei Ausführung einer sach- und fachgerechten Rohrbettung nicht zu erwarten.



## **9. Hinweise zur Bauausführung**

### **9.1 Hinweise zur Herstellung der Baugrube**

Zur Sicherung der Baugruben für den Leitungsgraben sowie der Hauptabsperrschächte ist aufgrund der beengten Platzverhältnisse im Straßenraum ein lotrechter Baugrubenverbau erforderlich. Wir empfehlen, den Verbau geräuscharm und erschütterungsfrei als ausgesteiften Trägerbohlverbau auszuführen. Alternativ ist auch der Einsatz eines standardisierten Grabenverbau (z. B. Gleitschienen-/Parallelverbau) denkbar. In Abhängigkeit der Baugrubentiefe ist der Verbau einfach bzw. zweifach horizontal auszusteißen.

Für den Bohlträgerereinbau sind verrohrte Bohrungen vorzusehen, in die die Träger einzustellen und anschließend mit verdichtet eingebauten Kies zu verfüllen sind. 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 vorseilend zu fassen und abzuführen ist, damit kein Bodenentzug verursacht wird (s. Abschn. 9.4). Die Zwischenräume der Ausfachung sind bei Erfordernis z. B. mit Holzwolle auszustopfen.

Sofern über die Bohlträger Vertikallasten abgetragen werden sollen, z. B. bei PKW- oder LKW-Überfahrten, ist am Bohlträgerfuß eine Stahlplatte anzuheften oder alternativ sind die Bohlträgerfüße bis zur Baugrubensohle einzubetonieren. Einbetonierte Träger werden im Baugrund verbleiben müssen. Im Baugrund verbleibende Verbohlungen sind verrottungssicher aus Beton- oder Stahlbohlen herzustellen.

Für die Verbaubemessung sind die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB 2012) der DGGT und die DIN 4124:2012-01 zu beachten.

Für die erdstatischen Berechnungen des Verbau kann vereinfachend nachfolgend genanntes Bodenprofil sowie die in Abschn. 6.7 angegebenen charakteristischen Bodenkennwerte zugrunde gelegt werden.

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



Sofern in der Aushubsohle Sand angetroffen wird, ist dieser zur Beseitigung von aushubbedingten Auflockerungen sowie zur Homogenisierung mit einem Flächenverdichter in 2 kreuzweise angeordneten Übergängen nachzuverdichten.

### 9.3 Flächenfilter, Baugrubenverfüllung und Verdichtungsanforderungen

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

Wir empfehlen, den Nachweis der ausreichenden Verdichtung des Flächenfilters bzw. von Austauschanden mittels dynamischer Plattendruckversuche mit dem leichten Fallgewicht nach TP BF-StB Teil B 8.3 zu erbringen. Die Verdichtung ist ausreichend, wenn ein dynamischer E-Modul von  $E_{vd} \geq 25$  MN/m<sup>2</sup> erreicht wird.

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.

Auf dem Planum des Straßenaufbaus ist ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45$  MN/m<sup>2</sup> nachzuweisen. Bei der Ausführung dynamischer Plattendruckversuche ist ein dynamischer E-Modul von  $E_{vd} = 25$  MN/m<sup>2</sup> zu erreichen.



#### 9.4 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. Im Bereich der Leitungsgräben sind randlich Baudränagen vorzusehen, die das Tag- und Stauwasser zu den mobilen Pumpensümpfen führen sollen.

Wir weisen darauf hin, dass die bauzeitlichen Wasserhaltungsmaßnahmen genehmigungspflichtig und die Ableitung des Baugrubenwassers in ein Siel/einen 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 Rohrleitungs- bzw. Schachtbaugrube entnommen werden. Diese Wasserprobe ist dann entsprechend der wasserrechtlichen Genehmigung chemisch zu untersuchen und der Behörde vorzulegen.

#### 9.5 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 zusätzlich auch >Z2, DEP I bis DEP III (Deponieklassen) sowie Einheitspreise für entsprechende Deklarationsanalysen einzuholen.

#### 9.6 Zustandsfeststellung

Um evtl. ungerechtfertigte Schadensersatzansprüche abwehren zu können, empfehlen wir, im Bereich der an die Baugruben angrenzenden Straßen, Schächte und Leitungen sowie an im Einflussbereich der Baugruben vorhandenen Gebäuden im Einvernehmen mit den jeweiligen Eigentümern eine Zustandsfeststellung vornehmen zu lassen.





## 10. 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 Lose N1 und N2 in Hamburg-Othmarschen, Hamburg-Groß Flottbek und Hamburg-Bahrenfeld liegen die Ergebnisse von insgesamt 58 Kleinbohrungen bis in Tiefen von max. 15,0 m unter GOK vor. Unterhalb der angetroffenen sandigen Auffüllungen wurde ein bindiger Geschiebebodenkomplex aus Geschiebelehm und Geschiebemergel mit unregelmäßig eingelagerten Sandlagen angetroffen.

Angaben zu den Wasserständen gehen aus dem Abschn. 5 hervor.

Die Ergebnisse der ausgeführten bodenmechanischen Laboruntersuchungen sind im Abschn. 6 dokumentiert.

Die Ergebnisse der orientierenden chemischen Boden- und Asphaltuntersuchung nach LAGA-TR Boden bzw. Deponieverordnung gehen aus dem Abschn. 7 hervor.

Die Rohrleitungen sowie Hauptabsperrschächte können flach oberhalb des eiszeitlich vorbelasteten bindigen Geschiebebodens aus Geschiebelehm bzw. Geschiebemergel mindestens steifer Konsistenz gegründet werden.

Die Angaben zur Trockenhaltung der Bauwerke und zu den zu erwartenden Setzungen gehen aus Abschn. 8 hervor.



FWS-West  
Los N1 und N2: Hindenburgpark - Notkestr.

- 30 -

09. April 2021  
Auftrags-Nr. 023581-3

Weitere Hinweise zur Bauausführung sind in Abschn. 9 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  
wiebke.blume@waerme.hamburg  
s.lierse@wtm-hh.de