



**GEO - UND UMWELTECHNIK
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH**

BERATENDE INGENIEURE

2014/172 - Hk/Ho/Vo – 06. Oktober 2016

**BBI Geo- und Umwelttechnik
Ingenieur-Gesellschaft mbH
Beratende Ingenieure**

Lübecker Str. 1 · 22087 Hamburg
Tel. +49-40-229 468-0 · Fax -40
E-Mail info@b-b-i.de
www.b-b-i.de

**SCHIENENANBINDUNG DER
FESTEN FEHMARNBELTQUERUNG (FBQ)
RV-TRASSE**

**HIER:
PFA 4
TORFRINNE HP OLDENBURG**

**Gründungstechnische
Stellungnahme**

- Zur Information -

**Gutachten
Beratung
Planung
Bauüberwachung
Baugrunddynamik
Umwelttechnik**

Geschäftsleitung
Dr.-Ing. Franjo Böckmann²
Dr.-Ing. habil. Sascha Henke²
Dr. rer. nat. Götz Hirschberg
Dr.-Ing. Fabian Kirsch¹
Dr.-Ing. Olaf Stahlhut²

Senior-Partner
Dipl.-Ing. Peter Bahnsen²

¹ Anerkannter Prüfsachverständiger für
den Erd- und Grundbau.

² Mitglieder der Hamburgischen
Ingenieurkammer-Bau

Verband Beratender Ingenieure

Zertifiziert gemäß:
SCC (Safety Certificated Contractor)

Auftraggeber:

DB Netz AG
Regionalbereich Nord
Großprojekte I-NG-N-F
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg





INHALTSVERZEICHNIS

| | Seite |
|--|-------|
| 1. VERANLASSUNG | 1 |
| 2. UNTERLAGEN | 1 |
| 3. ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN | 1 |
| 4. UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE | 2 |
| 4.1 Ergebnisse der Sondierbohrungen | 2 |
| 4.2 Ergebnisse der Drucksondierungen | 3 |
| 5. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE | 4 |
| 6. GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE | 4 |
| 6.1 Grundwasserstände | 4 |
| 6.2 Bemessungswasserstand | 4 |
| 6.3 Grundwasserqualität | 5 |
| 7. GRÜNDUNGSTECHNISCHE MAßNAHMEN | 5 |
| 7.1 Gründungsempfehlung | 5 |
| 7.2 Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Betonsäulen | 6 |
| 7.3 Ergänzende Hinweise für den Erdbau | 6 |
| ANLAGENVERZEICHNIS | 8 |



1. VERANLASSUNG

Im September 2008 vereinbarten das Königreich Dänemark und die Bundesrepublik Deutschland in einem Staatsvertrag den Bau einer festen Verbindung über den Fehmarnbelt. Dänemark baut einen Absenktunnel durch die Ostsee und die Anbindung auf dänischer Seite. Deutschland hat sich verpflichtet, für eine leistungsfähige Straßen- und Schienenanbindung auf deutscher Seite zu sorgen.

Das Ingenieurbüro BBI Geo- und Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH, Hamburg, wurde seitens der DB Netz AG mit der Ausarbeitung der Geotechnischen Berichte für die geplanten Ingenieurbauwerke der RV-Trasse beauftragt. Für die RV-Trasse wurden separate Geotechnische Berichte für die einzelnen Planfeststellungsabschnitte (PFA 1 bis PFA 6) erstellt. Für den Planungsabschnitt 4 liegt unser Geotechnischer Bericht vom 4. Dezember 2015 vor.

Im Zuge der Erkundung der RV-Trasse wurden in mehreren Abschnitten organische Weichschichten mit größeren Mächtigkeiten erkundet. Für diese Teilbereiche wurde eine Untergrundverbesserung durch aufgeständertes Gründungspolster, zum Teil auch als Alternative zum Bodenaustausch, empfohlen. Für aufgeständerte Gründungspolster (Tiefgründung gemäß RIL 836.4203) sind eine UiG und ZiE beim EBA einzuholen. Für diese Bereiche wurden im Rahmen der Entwurfsplanung ergänzende Untergrundaufschlüsse ausgeführt sowie Feld- und Laborversuche durchgeführt.

Der hier vorliegende Kurzbericht behandelt den Problembereich „Torfrinne HP Oldenburg“, Bau-km 153,2+30 bis Bau-km 153,3+25 im Planfeststellungsabschnitt 4.

2. UNTERLAGEN

[U1] BBI, Schienenanbindung der festen Fehmarnbeltquerung (FBQ) RV-Trasse
Hier: Planfeststellungsabschnitt 4, Geotechnischer Bericht, 04. Dezember 2015

3. ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN

Zur ergänzenden Erkundung der Untergrundverhältnisse im Bereich des o. g. Abschnittes wurden im April/Mai 2016 insgesamt 4 Sondierbohrungen (RV/BS 315a-d) bis in Tiefen von 5 m bis maximal 12 m ausgeführt. Darüber hinaus wurden zur Bestimmung der Schichtenfolge und zur Überprüfung der Lagerungsverhältnisse 2 Drucksondierungen (RV/DS 315 und RV/DS 316) bis in Tiefen von 19,7 m bzw. 25 m niedergebracht.



Weiterhin wurden die im Zuge der Baugrunderkundung für die Straßenanbindung „Zugang und Verlegung WW Oldenburg“ im Oktober 2015 ausgeführten Sondierbohrungen BW 4/5 / BS 2, BS 10 und BS 12 mit zur Beurteilung der Baugrundverhältnisse herangezogen.

Die Ausführung der Sondierbohrungen erfolgte durch die Fa. Ivers Brunnenbau GmbH, Osterrönfeld, im Auftrag des Bauherrn. Die Drucksondierungen wurden durch die Geotechnik Heiligenstadt GmbH als Nachunternehmer der Ivers Brunnenbau GmbH ausgeführt.

Die fachtechnische stichprobenartige Überwachung der Aufschlussarbeiten oblag unserem Ingenieurbüro.

Die Aufschlusspunkte wurden vom Bohrunternehmen lage- und höhenmäßig eingemessen. Die genaue Lage geht aus dem Lageplan der Anlage 1 hervor. Die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse sind in Form von höhengerecht ausgerichteten Bohrprofilen auf den Anlagen 2.1 (Längsschnitt) und 2.2 (Querschnitt) aufgetragen.

Die Lage- und Höheneinmessung der ausgeführten Untergrundaufschlüsse erfolgte durch das Bohrunternehmen mittels eines referenzierten GPS.

Alle Bodenproben wurden bodenmechanisch zum Zwecke der einheitlichen Benennung und Beschreibung nach DIN 4022 durch den Projektingenieur angesprochen. Außerdem wurden die Böden geologisch eingestuft.

4. UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE

4.1 Ergebnisse der Sondierbohrungen

Im Trassenbereich des geplanten Haltepunktes Oldenburg wurden in den ergänzend ausgeführten Sondierbohrungen RV/BS 315a bis RV/BS 315d oberflächennah **organische Weichschichten** in Form von Torf und untergeordnet auch Mudde erkundet. Die Mächtigkeiten der organischen Weichschichten schwanken zwischen 0,8 m (RV/BS 315c) und 7,2 m (RV/BS 315b), vgl. Anlage 2.1.

Die Weichschichten wurden auch in den nördlich und südlich der Trasse im Bereich der RV/BS 315b abgeteufte Sondierbohrungen BW 4/5 BS 2, BS 10 und BS 12 angetroffen. Hier wurden Mächtigkeiten zwischen 5,1 m und 7,1 m erbohrt. In der BW 4/5 BS 10 lagert innerhalb des Torfes von 1,8 m bis 4,5 m unter GOK eine Sandschicht mit Torflagen, vgl. Anlage 2.2.

In den östlich und westlich angrenzenden Sondierbohrungen RV/BS 315 und RV/BS 316 wurden oberflächennah keine Weichschichten angetroffen.



Unterhalb der Weichschichten bzw. in den Aufschlüssen RV/BS 315 und RV/BS 316 unterhalb des Mutterbodens wurde in allen Aufschlüssen der tragfähige Baugrund in Form von **Geschiebemergel** aufgeschlossen. Die Konsistenz des Geschiebemergels ist als mindestens steif, z. T. auch als steif bis halbfest bzw. halbfest zu beurteilen. Innerhalb des Mergels sind vereinzelt geringmächtige Sandlagen zwischengelagert. Die Basis des Geschiebemergels wurde mit Endteufen von maximal 12 m nicht durchhörert.

4.2 Ergebnisse der Drucksondierungen

In Ergänzung zu den Bohraufschlüssen wurden 2 Drucksondierungen (RV/DS 315 und RV/DS 316) ausgeführt. Die Ansatzpunkte der Drucksondierungen wurden zur Leitungssuche vorgeschachtet. Aus diesem Grund beginnen die Messungen erst ab einer Tiefe von ca. 1,5 m.

Die Ergebnisse der Drucksondierungen geben über die durchfahrene Tiefe die gemessenen Spitzendrücke, die lokale Mantelreibung und das aus diesen Werten berechnete Reibungsverhältnis r_f wieder. Der bei den Drucksondierungen gemessene Spitzendruck zeigt die Lagerungsdichte der Böden an. Das Reibungsverhältnis (Bodenindex) lässt Rückschlüsse auf die anliegende Bodenart zu.

Die Drucksondierungen zeigen unterhalb der Vorschachtstrecke zunächst bis in Tiefen von 3 m (RV/DS 315) bzw. 6 m (RV/DS 316) sehr geringe Spitzendrücke von $< 1 \text{ MN/m}^2$. Dabei handelt es sich bei einem Reibungsindex von im Mittel 4 % bis 10 % um die in den benachbarten Aufschlüssen erbohrten **organischen Weichschichten**.

In der Drucksondierung RV/DS 316 folgt bis zur Endteufe von 25 m mit einem Spitzendruck von ca. 2 MN/m^2 und einen Reibungsindex von 2 % vornehmlich **Geschiebemergel**. Dieser Mergel wird von ca. 14 m bis 17,5 m von mitteldicht gelagerten Sanden (Spitzendruck von etwa 10 MN/m^2 bis 15 MN/m^2 bei einem Reibungsindex von ca. 1 %) unterbrochen.

In der Drucksondierung RV/DS 315 stehen unter den Weichschichten unter einer ca. 1 m dicken Geschiebemergelschicht bis zur Endteufe von 19,5 m im Wesentlichen **Sande** (Reibungsindex ca. 1 %) an, der bis ca. 10 m mitteldicht (mittlere Spitzendrücke um ca. 8 MN/m^2) und ab 11,5 m meist dicht (mittlere Spitzendrücke zwischen ca. 15 MN/m^2 und 20 MN/m^2) gelagert ist. Innerhalb des Sandes lagert von 10 m bis 11,5 m offensichtlich Geschiebemergel. Die in der Drucksondierung erkundeten vornehmlich rolligen Baugrundverhältnisse wurden mit den benachbarten Sondierbohrungen nicht festgestellt.



5. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE

Von den beim Niederbringen der ergänzenden Aufschlüsse aus den einzelnen Bodenschichten entnommenen Bodenproben wurden repräsentative Proben ausgewählt und diese – soweit es für die Klassifizierung bzw. Ermittlung von Bodenkennwerten erforderlich war – im bodenmechanischen Labor untersucht.

Dabei wurden zur Klassifizierung des Geschiebemergels die Kornverteilung mittels kombinierten Sieb- und Schlämmanalysen bestimmt. Weiterhin wurden die Wassergehalte der organischen und gemischtkörnigen Böden ermittelt.

Für den **Torf** wurden die erwarteten sehr hohen Wassergehalte zwischen 231 % und 550,7 % bestimmt. Der Wassergehalt der **Mudde** wurde mit 75,6 % bzw. 137,6 % ermittelt. Der Glühverlust der Mudde beträgt 6,3 % bzw. 6,6 %.

Der **Geschiebemergel** ist als toniger und stark schluffiger Sand mit sehr schwach kiesigen Beimengungen anzusprechen, vgl. Anlage 5. Für den **Geschiebemergel** wurden Wassergehalte zwischen 12,6 % und 15,8 % ermittelt. Damit wird die mindestens steife Konsistenz bestätigt.

6. GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

6.1 Grundwasserstände

Die beim Niederbringen der Sondierbohrungen angetroffenen Grundwasserstände sind neben den Profilsäulen auf den Anlagen 2.1 und 2.2 aufgetragen.

Die angebohrten Grundwasserstände im Bereich des HP Oldenburg schwanken zwischen 0,50 m und 0,95 m unter Gelände. Die nach Beendigung der Sondierarbeiten geloteten Wasserstände schwanken – sofern messbar - zwischen 0,37 m und 0,95 m unter Ansatzpunkt. Bei den angebohrten Wasserständen handelt es sich um Schichtenwasser.

Damit liegen die Endwasserstände zwischen - 0,32 m NN (RV/BS 315a) und - 1,57 m NN (BW 4/5 / BS 2). Bei den geloteten Messwerten handelt es sich um nicht ausgepegelte Wasserstände im offenen Sondierloch bzw. im offenen Bohrloch.

6.2 Bemessungswasserstand

Für die Planung wird als maßgebender **Bemessungswasserstand** das Binnenhochwasser HW_{100} mit + 0,5 m NN zugrunde gelegt. Damit liegt der Bemessungswasserstand in diesem Bereich meist oberhalb des Geländes. Der Bemessungswasserstand gilt für die gesamte Niederung, vgl. Geotechnischen Bericht vom 4. Dezember 2015.

...



6.3 Grundwasserqualität

Um Angaben zur Beton- und Stahlaggressivität des Grundwassers treffen zu können, wurde aus der Sondierbohrung RV/BS 315a eine Grundwasserprobe entnommen und an das Labor der Gesellschaft für Bioanalytik (GBA), Pinneberg, zur Untersuchung auf Beton- und Stahlaggressivität übergeben.

Nach den dokumentierten Laborbefunden ist das Grundwasser in die Expositions-kategorie ohne Korrosions- oder Angriffsrisiko **X0 (nicht betonangreifende Umge-bung)** einzustufen. Die Expositions-klassen wurden gemäß DIN 4030-1 Tabelle 4 festgelegt.

Bei der Abschätzung der **Korrosionswahrscheinlichkeit** von unlegierten und niedrig legierten Stählen ergeben sich danach eine **sehr geringe Loch- und Muldenkorrosi-onswahrscheinlichkeit** sowie eine **sehr geringe Flächenkorrosionswahrschein-lichkeit**. Die Laborberichte sind auf der Anlage 6 beigelegt.

7. GRÜNDUNGSTECHNISCHE MAßNAHMEN

Mit den ergänzenden Baugrunderkundungen wurden die Torfrinne Oldenburg in La-ge und Mächtigkeit eingegrenzt. Dabei ist erkennbar, dass es sich im Wesentlichen um eine > 7 m tiefe Torfrinne handelt (Bereich RV/BS 315b und RV/DS 316), die quer zur Trassenachse liegt. Der Bereich der organischen Weichschichten ist im La-geplan der Anlage 1 gekennzeichnet.

Auf der Anlage 3 ist der Längsschnitt mit Strecken- und Bewertungsband dargestellt. Hier ist die o. g. Rinnensituation gut erkennbar. Der Beginn des tragfähigen Bau-grundes ist im Streckenband eingetragen.

7.1 Gründungsempfehlung

Für die organischen und organogenen Böden (Torf, Mudde) wird auf Grund der Mächtigkeit (> 7 m) aus wirtschaftlicher und geotechnischer Sicht als Alternative zu einem Bodenaustausch eine Tiefgründung nach Ril 836.4203 empfohlen. Andere Verbesserungsmaßnahmen werden für den vorliegenden Trassenabschnitt nicht emp-fohlen, vgl. [U1], Abschnitt 10.4.2.

Als Tiefgründungen für die tiefreichenden organischen Weichschichten kommen Konstruktionen aus horizontalen lastverteilenden, geokunststoffbewehrten Boden-schichten mit vertikalen Traggliedern („Aufgeständerte Gründungspolster“) in Frage. Oberhalb der Tragglieder ist eine Lastverteilungsschicht anzuordnen, um über die Tragglieder die Lasteintragung in die tiefer liegenden, tragfähigen Bodenschichten zu gewährleisten. Die Tragglieder sind für die Aufnahme der Überlagerungslasten und



Eisenbahnverkehr zu dimensionieren. Die Aufnahme von Spreizkräften bei neu geschütteten Dämmen ist sicherzustellen. Als Tragglieder bieten sich im vorliegenden Fall Betonsäulen sowie vermörtelte Stopfsäulen an. Alternativ können auch biegesteife Tragglieder (Pfähle) zum Einsatz kommen.

Durch dieses Tragsystem wird gewährleistet, dass die Lasten aus Damm und Verkehr in den tragfähigen Geschiebemergel unterhalb der Weichschichten eingeleitet werden.

7.2 Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Betonsäulen

Die Überprüfung zum Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Betonsäulen hat im Regelfall durch Probelastungen zu erfolgen. Sofern Probelastungen von vergleichbaren Maßnahmen vorliegen, können diese berücksichtigt werden.

Für den Nachweis der äußeren Tragfähigkeit für die Säulen (pfahlartige Tragglieder) können in Anlehnung an Bohrpfähle gemäß DIN EN 1997-1 für den im Einbindebereich anstehenden, mindestens steifen Geschiebemergel folgende charakteristische Pfahlspitzenwiderstandswerte $q_{b,k}$ in Ansatz gebracht werden. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass für pfahlartige Tragglieder, die zu einer punktförmigen Stützung des zu gründenden Dammes führen, keine allgemein anerkannte Bemessungs- und Nachweisverfahren vorliegen. Hier sind entsprechende anbieterspezifische Betrachtungen für den Einzelfall erforderlich.

Charakteristischer Pfahlspitzenwiderstand (Bohrpfähle):

- Geschiebemergel, mindestens steif $q_{b,k} = 0,70 \text{ MN/m}^2$ ($s/D = 0,02$)
 $q_{b,k} = 0,80 \text{ MN/m}^2$ ($s/D = 0,03$)
 $q_{b,k} = 1,35 \text{ MN/m}^2$ ($s/D = 0,10$)

Ggf. ist auf Grund der Setzungen, die aus der Schüttung der Arbeitsebene/Säulenherstellebene resultieren, negative Mantelreibung in Ansatz zu bringen, vgl. Abschnitt 6.3. Zur Berücksichtigung einer negativen Mantelreibung infolge der Geländesetzungen kann diese näherungsweise mit $\tau_{n,k} \approx c_{u,k}$ angesetzt werden. Dies ist bei der Bemessung der Arbeitsebene zu überprüfen bzw. in der Bemessung der Säulen zu berücksichtigen.

7.3 Ergänzende Hinweise für den Erdbau

Aufgrund der unzureichenden Standfestigkeit des Untergrundes muss eine Arbeitsebene erstellt werden, um die Lasten durch schwere Baufahrzeuge sicher in den Untergrund ableiten zu können. Von dieser Arbeitsebene werden die vorgesehenen Säulen in den Boden eingebracht. Auf die Arbeitsebene wird nach Herstellung der Säulen



len eine Lastverteilungsschicht aufgefüllt. Auf diese Lastverteilungsschicht wird das Dammmaterial lagenweise bis zur erforderlichen Höhe eingebaut und verdichtet.

Grundsätzlich bietet sich folgender Bauablauf an:

- Ggf. Bodenabtrag zur Einhaltung einer Überdeckungshöhe von mindestens 2 m (bei Geschwindigkeiten bis 160 km/h) zwischen OK Schwelle und OK Tragglied
- Auftragen einer Recyclingschicht als Arbeitsebene (ca. 0,5 m) für leichtes Gerät
- Einbringen von Vertikaldränagen
- Aufbringen der Säulenherstellebene (Dicke $\geq 1,0$ m), ggf. mit Überschüttung
- Abwarten der Konsolidation und ggf. Rückbau der Überschüttung
- Herstellung der Säulen
- Herstellung der Lastverteilungsschicht
- Herstellung des Dammkörpers

BBI Geo- und Umwelttechnik

S. Henke
Dr.-Ing. habil. S. Henke



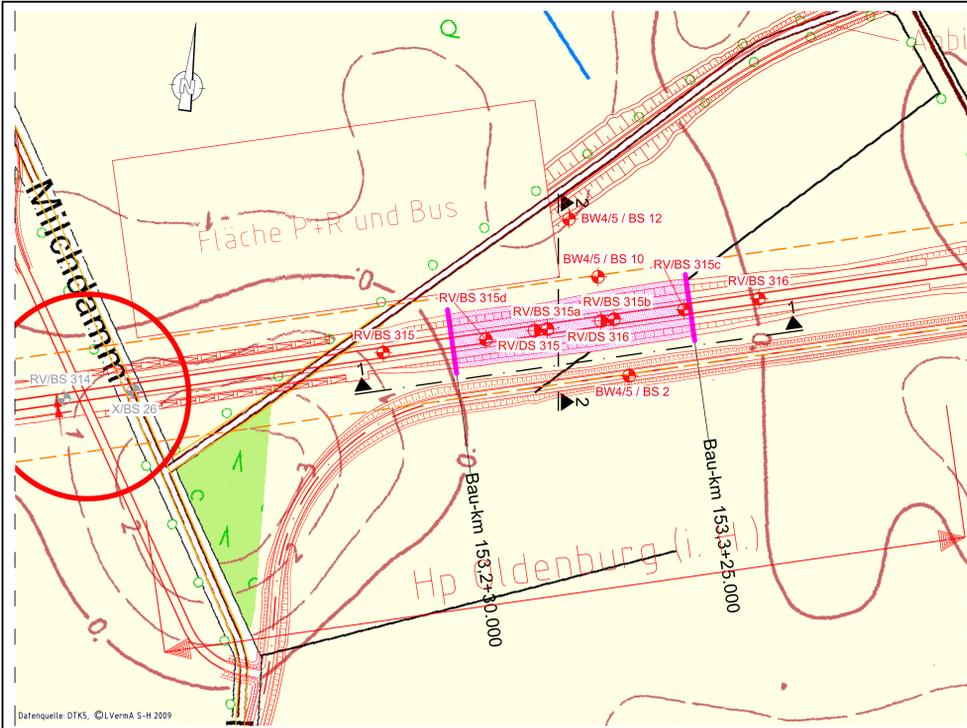
i. A. *M. Hoffmann*
Dipl.-Ing. M. Hoffmann

i.A. *A. Voss*
Dipl.-Ing. A. Voss



ANLAGENVERZEICHNIS

| | |
|---------------------|--|
| Anlage 1 | Lageplan M. 1:1.000 |
| Anlagen 2.1 und 2.2 | Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse M. d. H. 1:100 |
| Anlage 3 | Längsschnitt mit Strecken-/Bewertungsband (Auszug) |
| Anlagen 4.1 bis 4.3 | Zusammenstellung der Versuchsergebnisse |
| Anlage 5 | Ergebnisse der Laborversuche (Körnungslinien) |
| Anlage 6 | Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen GBA, Pinneberg |

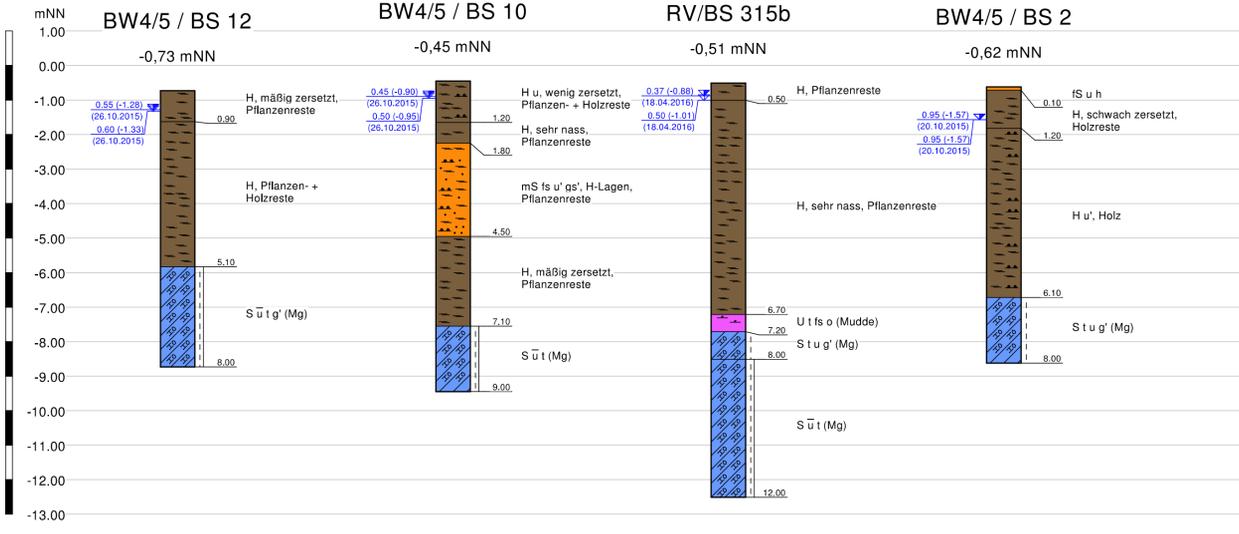


- LEGENDE :**
- Altaufschluss Geologisches Landesarchiv, LLUR
 - Altaufschluss DB AG + Variantenuntersuchung
- Baugrundaufschlüsse optimierte Raumordnungsvariante (RV):**
- Sondierbohrung (RV/BS)
 - Sondierbohrung + Schwere Rammsondierung (RV/BS+DPH)
 - Bohrung (RV/B)
- Baugrundaufschlüsse Ingenieurbauwerke:**
- Sondierbohrung (BW / BS)
 - Schwere Rammsondierung (BW / DPH)
 - Bohrung (BW / B)
 - Drucksondierung (BW / DS)
 - Grundwassermessstelle (BW / GWM)
 - organische Weichschichten
- Hinweis:**
- Grau eingefärbte Aufschlüsse sind nicht Bestandteil dieses Berichtes.
- Legende:**
- Bestand
 - Nachvermessung/Ergänzung Bestand
 - Planung
 - Rückbau
 - Planung Dritter
 - Bahnhof (Bf) / Haltepunkt (Hp)
 - Betriebsbahnhof (Bbt) (kein Reiseverkehrsverkehr)

| Anlage 1 | | | |
|--|--|---|--|
| Index | Änderungen bzw. Ergänzungen | Name | Datum |
| Prüfvermerke | | | |
| die Übereinstimmung der Zeichnung mit der Ausführung bestätigt: | | Freigabe zur bautechnischen Prüfung | |
| für den Auftraggeber: | | Ort, Datum, Unterschrift | |
| Für die DB Projektbau: | | Ort, Datum, Unterschrift | |
| inhergehabt geprüft (bevorzugt Stichtag, Name) | | Prüfungstermin | |
| Datum | geprüft / genehmigt | | |
| Datum | geprüft / genehmigt | | |
| Datum | geprüft / genehmigt | | |
| Eustat-Bonuswert | | gleichgestellt mit Professionsplan | |
| | | geprüft / genehmigt | |
| | | Datum | |
| | | Freigabe der Ausführungsunterlagen | |
| | | mit Freigabe durch den BVB | |
| | | Freigabe-Nr.: 187-0-800-9997 | |
| | | Ort, Datum, Unterschrift (Bf) | |
| | | Stempel für Baubehörde | |
| | | Ort, Datum, Unterschrift | |
| Lageplan | | | |
| | | | |
| Planverfasser - Projekt: | DB Netz AG Regioverkehrs Nord Produktionsbereich Ost Hamburg, Chaussee 15 22745 Kiel | Planverfasser: DB Projektbau Osten Regioverkehrs Nord Planung, Bautechnik (TP-N-P-02) Zuständig für: 18 019 Hannover | DB NETZE Bauh: 013 Auftrag-Nr.: 010124900 Datum: Name Bsp: 01.10.2016 Bearb.: 01.10.2016 Bsp: - |
| Planverfasser - Baugrunderkundung: | DB Netz AG Regioverkehrs Nord Produktionsbereich Ost Hamburg, Chaussee 15 22745 Kiel | DB NETZE Projektierung | DB NETZE Plan-Nr.: L04GG01_VIII.dwg Planart: Vorplanung Planzeichen: Blattgr.: 750 x 297 Erläuterungen (Lageplan): Höhen- und Koordinatensystem: - |
| Lageplan, RV-Trasse Lage der Untergrundaufschlüsse PFA 4 - Torfrinne Hp Oldenburg | | | |
| Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung Lübeck Hbf - Puttgarden | | | |
| Strecke | | Bauwerksnummer | |
| Strecke | Kilometer | Kennzahl | Brückennr. |
| 1100 | * | * | |
| | | | Barcode |
| 2016/1121Ergänzung Problembereiche | | | |

Datenquelle: DTKS, © LVerna S-H 2009

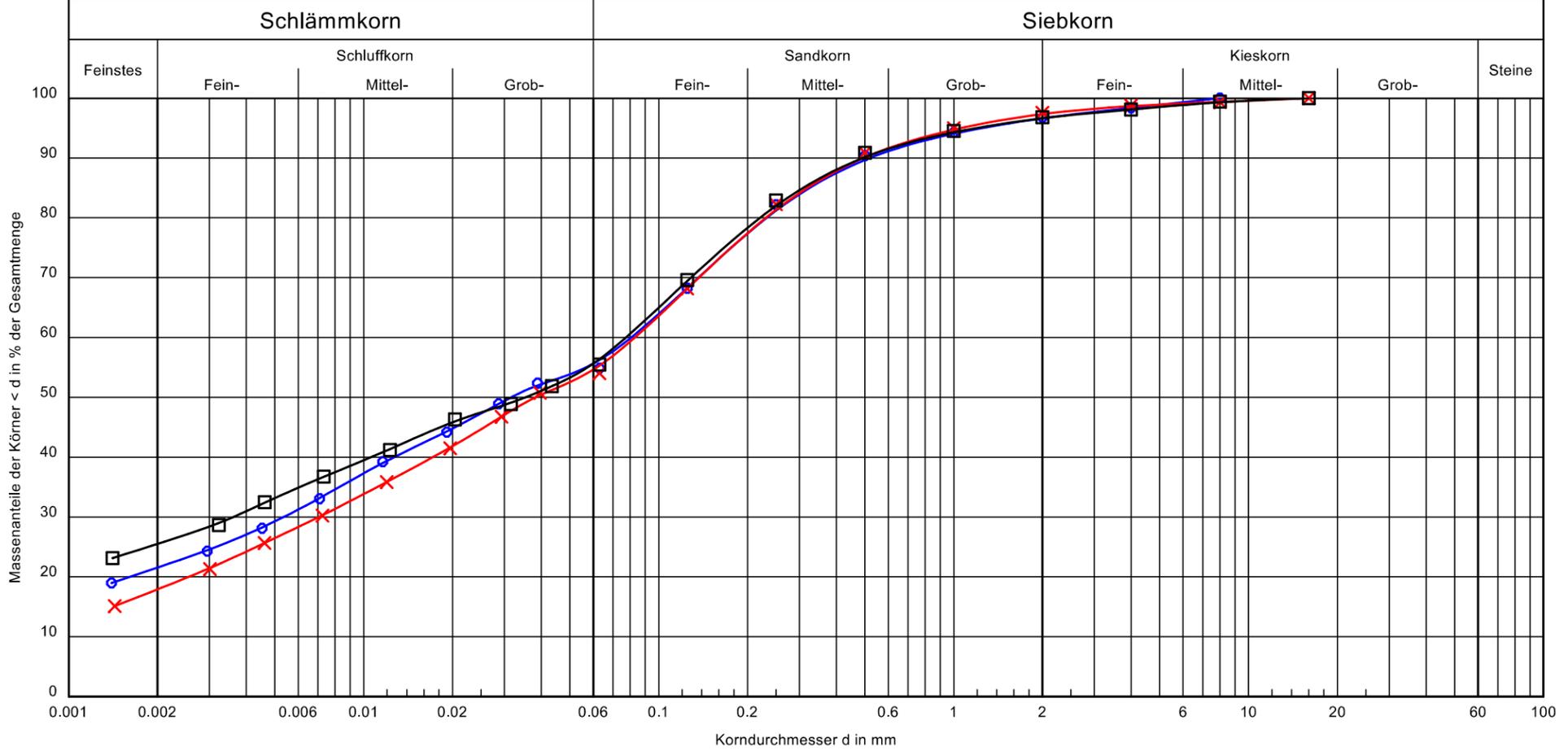
| Legende | | |
|---------|------------------|----------------------|
| | steif - halbfest | T (Ton) |
| | steif | G (Kies) |
| | U (Schluff) | H (Torf, Humus) |
| | fS (Feinsand) | Mu (Mutterboden) |
| | mS (Mittelsand) | F (Mudde) |
| | gS (Grobsand) | Mg (Geschiebemergel) |
| | S (Sand) | o (org. Beimengung) |



Beimengungen werden mit kleinen Buchstaben angegeben.
 Anteil der Beimengung : ' = schwach, " = stark
 Beispiel : U.S.' = schwach toniger, stark sandiger Schluff
 ■ 5,2 Sonderprobe aus 5,2 m Tiefe unter Gelände
 ▽ 6,00 (1,21) Grundwasser am 01.01.2016 in 6,00 m (1,21 mNN) Tiefe unter Gelände angebohrt
 ▽ 7,00 (0,21) Grundwasserstand nach Beendigung der Bohrung (01.01.2016)
 ▽ 6,50 (0,71) Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch (01.01.2016)

Zusatz : r. = Reste, st. = Stücke, str. = Streifen,
 wsf. = wasserführend, wsh. = wasserhaltig,
 kalkh. = kalkhaltig, zers. = zersetzt

| | | | |
|---|-------------|-----------------|------------------|
| Planverfasser: | | Projekt Nr.: | 2014/172 |
| BERATENDE INGENIEURE | | Anlagen Nr.: | 2.2 |
| BBi LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468-0 FAX 040 / 229 468 40 | | Zeichnungs-Nr.: | U02GG22_VIII.BOP |
| Bauvorhaben: | | | |
| Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung | | | |
| PFA 4 - TORFRINNE HP OLDENBURG ERGEBNISSE DER UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE SCHNITT 2 - 2 | | | |
| Datum: | Blattgröße: | Gezeichnet: | Gepfört: |
| 05.10.2016 | 59,0 x 29,7 | So | Ho |
| Maßstab: | | d. H. 1 : 100 | |



| | | | | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--|
| Signatur | | | | Bemerkungen: | Projekt-Nr.: 2015/120 Anlage: 5 |
| Bodenart: | S, \bar{u} , t (Mg) | S, \bar{u} , t (Mg) | S, \bar{u} , t (Mg) | | |
| Tiefe: | 8,0 - 9,0 m | 0,9 - 3,0 m | 7,1 - 8,0 m | | |
| U/Cc: | -/- | -/- | -/- | | |
| Entnahmestelle: | 315b/9 | 315d/2 | BS 10/7 | | |



ANLAGE 6

Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen

GBA, Pinneberg

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH · Flensburger Str. 15 · 25421 Pinneberg

BBI Geo- und Umwelttechnik
Ingenieur-Gesellschaft mbH
Frau Dipl.-Ing. Voss



Lübecker Str. 1
22087 Hamburg

Prüfbericht-Nr.: 2016P507256 / 1

| | |
|-------------------------------|---|
| Auftraggeber | BBI Geo- und Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH |
| Eingangsdatum | 20.05.2016 |
| Projekt | FBQ - RV-Trasse |
| Material | Wasser |
| Kennzeichnung | RV/BS 315a |
| Auftrag | 2014/172 |
| Verpackung | PE-Flaschen |
| Probenmenge | ca. 2,5 L |
| Auftragsnummer | 16504931 |
| Probenahme | durch den Auftraggeber |
| Probentransport | GBA |
| Labor | GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH |
| Analysenbeginn / -ende | 20.05.2016 - 30.05.2016 |
| Methoden | siehe letzte Seite |
| Unteraufträge | |
| Bemerkung | |
| Probenaufbewahrung | Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt. |

Pinneberg, 30.05.2016



i. A. Gesine Blinde

Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2016P507256 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2016P507256 / 1

FBQ - RV-Trasse

| | | |
|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| Auftrag | | 16504931 |
| Probe-Nr. | | 001 |
| Material | | Wasser |
| Probenbezeichnung | | RV/BS 315a |
| Probemenge | | ca. 2,5 L |
| Probeneingang | | 20.05.2016 |
| Analysenergebnisse | Einheit | |
| Betonaggressivität | | |
| pH-Wert | | 6,9 |
| Geruch | | unauffällig |
| Permanganat-Verbrauch | mg KMnO ₄ /L | 170 |
| Gesamthärte | °dH | 22 |
| Härtehydrogencarbonat | °dH | 24 |
| Nichtcarbonathärte | °dH | 0,0 |
| Magnesium | mg/L | 18 |
| Ammonium | mg/L | 4,0 |
| Sulfat | mg/L | 6,3 |
| Chlorid | mg/L | 16 |
| Kohlendioxid, kalklösend | mg/L | <5,0 |
| Stahlaggressivität | | |
| Säurekapazität bis pH 4,3 | mmol/L | 8,51 |
| Calcium | mg/L | 125 |

Prüfbericht-Nr.: 2016P507256 / 1

FBQ - RV-Trasse

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen

| Parameter | Bestimmungs- grenze | Einheit | Methode |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|---|
| Betonaggressivität | | | DIN EN 16502 |
| pH-Wert | | | DIN EN ISO 10523 ^a |
| Geruch | | | DEV-B1/2 ^a |
| Permanganat-Verbrauch | 2,0 | mg KMnO ₄ /L | DIN EN ISO 8467 ^a |
| Gesamthärte | | °dH | DIN 38409-H6/ DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^a |
| Härtehydrogencarbonat | | °dH | DIN 38 405-D8 ^a |
| Nichtcarbonathärte | | °dH | berechnet |
| Magnesium | 0,10 | mg/L | DIN EN ISO 11885 (E22) ^a |
| Ammonium | 0,20 | mg/L | DIN EN ISO 11732 (E23) ^a |
| Sulfat | 0,50 | mg/L | DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a |
| Chlorid | 0,60 | mg/L | DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a |
| Kohlendioxid, kalklösend | 5,0 | mg/L | DIN 4030 (Heyer) ^a |
| Stahlaggressivität | | | DIN 50929 Teil 3 |
| Säurekapazität bis pH 4,3 | 0,010 | mmol/L | DIN 38409-H7-1-2 ^a |
| Calcium | 0,020 | mg/L | DIN EN ISO 11885 (E22) ^a |

 Die mit ^a gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen können matrixbedingt variieren.

Anlage zu Prüfbericht 2016P507256

Probe-Nr.: 16504931 / 001

Probenbezeichnung: RV/BS 315a

Tabelle 1: Expositionsklassen für Betonkorrosion durch chemischem Angriff durch Grundwasser nach DIN 4030 Teil 1 (06/2008), Tabelle 4

| | Messwert | Einheit | Expositionsklasse | | |
|--------------------------|----------|-------------------------|-------------------|--------------|---------------|
| | | | XA1 | XA2 | XA3 |
| pH-Wert | 6,9 | | 6,5 - 5,5 | < 5,5 - 4,5 | < 4,5 - 4,0 |
| Kohlendioxid, kalklösend | <5,0 | mg/L | 15 - 40 | > 40 - 100 | > 100 |
| Ammonium | 4,0 | mg/L | 15 - 30 | > 30 - 60 | > 60 - 100 |
| Magnesium | 18 | mg/L | 300 - 1000 | >1000-3000 | > 3000 |
| Sulfat | 6,3 | mg/L | 200 - 600 | > 600 - 3000 | > 3000 - 6000 |
| Chlorid | 16 | mg/L | --- | --- | --- |
| Gesamthärte | 22 | °dH | --- | --- | --- |
| Härtehydrogencarbonat | 24 | °dH | --- | --- | --- |
| Permanganat-Verbrauch | 170 | mg KMnO ₄ /L | --- | --- | --- |

Kurzbeurteilung: Gemäß DIN 4030 Teil 2 sind bei der hier untersuchten Wasserprobe keine Maßnahmen nach DIN 1045 erforderlich. Das Wasser ist nicht Beton angreifend.

Anlage zu Prüfbericht 2016P507256

Probe-Nr.: 16504931 / 001

Probenbezeichnung: RV/BS 315a

Tabelle 1: Beurteilung von Wässern gem. DIN 50929 Teil 3

| Nr. | Merkmal und Dimension / Einheit | | | Bewertungs- ziffer |
|-----|---|------------------|------------------|-----------------------|
| | | unlegierte Eisen | verzinkten Stahl | |
| 1 | Wasserart | N1 | M1 | N1 |
| | - fließende Gewässer | 0 | -2 | |
| | - stehende Gewässer | -1 | 1 | |
| | - Küste von Binnenseen | -3 | -3 | |
| | - anaerob. Moor, Meeresküste | -5 | -5 | |
| 2 | Lage des Objektes | N2 | M2 | N2 |
| | - Unterwasserbereich | 0 | 0 | |
| | - Wasser / Luft-Bereich | 1 | -6 | |
| | - Spritzwasserbereich | 0,3 | -2 | |
| 3 | c (Cl-) + 2c (SO₄²⁻) / mol/m³ | N3 | M3 | 0,6 |
| | < 1 | 0 | 0 | |
| | > 1 bis 5 | -2 | 0 | |
| | > 5 bis 25 | -4 | -1 | |
| | > 25 bis 100 | -6 | -2 | |
| | > 100 bis 300 | -7 | -3 | |
| | > 300 | -8 | -4 | |
| 4 | Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m³ | N4 | M4 | 8,5 |
| | < 1 | 1 | -1 | |
| | 1 bis 2 | 2 | 1 | |
| | > 2 bis 4 | 3 | 1 | |
| | > 4 bis 6 | 4 | 0 | |
| | > 6 | 5 | -1 | |
| 5 | c (Ca²⁺) / mol/m³ | N5 | M5 | 3,1 |
| | < 0,5 | -1 | 0 | |
| | 0,5 bis 2 | 0 | 2 | |
| | > 2 bis 8 | 1 | 3 | |
| | > 8 | 2 | 4 | |
| 6 | pH-Wert | N6 | M6 | 6,9 |
| | < 5,5 | -3 | -6 | |
| | 5,5 bis 6,5 | -2 | -4 | |
| | > 6,5 bis 7,0 | -1 | -1 | |
| | > 7,0 bis 7,5 | 0 | 1 | |
| | > 7,5 | 1 | 1 | |

 Bewertungszahlsumme Unterwasserbereich: $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$
4,00

 Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze: $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$
5,00
Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:

| W0- bzw. W1 - Werte | Mulden- und Lochkorrosion | Flächen- korrosion |
|------------------------|------------------------------|-----------------------|
| ≥ 0 | sehr gering | sehr gering |
| -1 bis -4 | gering | sehr gering |
| <-4 bis -8 | mittel | gering |
| <-8 | hoch | mittel |