



Teilbericht Querung Pressung-15

Geotechnischer Bericht

Pressung-15 / Lokation Q018_V5a bis Q019_V5a

km 44,90 – km 44,97 (inkl. Start- und Zielgrube)

362-19-016-30 01 | 22 April 2021

N.V. Nederlandse Gasunie

gasunie

Dokumentenkontrolle

Dokumenteninformation

Projektbezeichnung	BGU zum BV "Neubau ETL 180 Brunsbüttel - Hetlingen"
Dokumententitel	Teilbericht Querung Pressung-15
Fugro Projekt-Nr.	362-19-016
Fugro Dokument-Nr.	362-19-016-30
Version-Nr.	01
Status	Revision 01

Auftraggeberinformation

Auftraggeber	N.V. Nederlandse Gasunie
Adresse Auftraggeber	Concourslaan 17, 9727 KC Gronigen, Nederland
Kontakt Auftraggeber	Marc Klotz (GME)
Auftraggeber Dokumenten-Nr.	ausstehend

Revisionshistorie

Version	Datum	Status	Kommentar	Erstellt durch	Checked durch	Genehmigt durch
00	06.04.21	Entwurf	Entwurfsfassung	RZ	FU	KG
01	22.04.21	rev01		RZ	FU	KG

Projektteam

Initialen	Name	Rolle
CP	Christian Peter	Projektleiter
RZ	Ralf Zielasko	Senior Ingenieur Geotechnischer Bericht
FU	Falk Ulbricht	Senior Ingenieur Geotechnischer Bericht
JE	Jana Enghardt	Datenmanagement, GIS

Contents

Dokumentenkontrolle	ii
Dokumenteninformation	ii
Auftraggeberinformation	ii
Revisionshistorie	ii
Projektteam	ii
Contents	i
Tabellen	ii
1. Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2. Grundlagen	1
2.1 Allgemeine vertragspezifische Unterlagen	1
2.2 Objektspezifische fachtechnische Grundlagen	1
3. Beschreibung zum Bauvorhaben	3
3.1 Standortsituation und Morphologie	3
4. Durchgeführte Untersuchungen	3
4.1 Geländeuntersuchungen	3
4.1.1 Direkte Aufschlüsse	3
4.1.2 Indirekte Aufschlüsse	3
4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	4
4.3 Chemische Laboruntersuchungen	4
5. Untersuchungsergebnisse	4
5.1 Regionalgeologische Situation	4
5.2 Untergrundaufbau	4
5.3 Bodenmechanische Feld- und Laboruntersuchungen	5
5.4 Organoleptische Ansprache und chemische Analytik	5
5.5 Grundwasser	6
6. Bewertung der Untersuchungsergebnisse	7
6.1 Baugrundmodell / Bodenmechanische Kennwerte	7
6.1.1 Korngrößenverteilung	7
6.1.2 Sulfatgehalt, Betonangriff und Stahlkorrosivität	8
6.2 Bautechnische Klassifizierung (Homogenbereiche)	8
7. Folgerungen und Bautechnische Empfehlungen	12
7.1 Rohrvortrieb	12
7.1.1 Allgemeine Angaben und Annahmen	12
7.1.2 Verfahren	12
7.1.3 Setzungsprognose infolge Rohrvortrieb	14
7.2 Beweissicherung	15

7.3	Fremdleitungen	15
7.4	Press- und Zielgrube	15
7.4.1	Grubenverbau	16
7.4.2	Baugrubensohle und Wasserhaltungsmaßnahmen	17
7.4.3	Bodenaushub (Lösbarkeit und Wiederverwendbarkeit)	18
7.4.4	Baugrubenverfüllung	19

8.	Bemerkungen	20
-----------	--------------------	-----------

Anlage A	Aufschlussdokumentation	0
A.0	Erläuterungen der Abkürzungen und Symbole	1
A.1	Aufschlussdokumentation	1
A.1.1	Rammkern- und Rammsondierprofile	1
A.1.2	Drucksondierungsprofile	1
A.2	Geologischer Schnitt	1

Tabellen

Tabelle 5-1	Erkundungsaktuelle Grundwasserstände (GW)	6
Tabelle 6-1	Bodenklassifikation und Bodenmechanische Kennwerte	7
Tabelle 6-2	Bautechnische Klassifikation der Schichtenfolgen	8
Tabelle 6-3:	Homogenbereich LBO (Rohrvortrieb nach ATV DIN 18319:2012-09)	9
Tabelle 6-4:	Homogenbereich LO (Rohrvortrieb nach ATV DIN 18319:2012-09)	10
Tabelle 6-5:	Homogenbereich LNE (Rohrvortrieb nach ATV DIN 18319:2012-09)	11
Tabelle 7-1:	Mögliche Verfahren des Rohrvortriebes nach DWA-A 125	13
Tabelle 7-2:	Zuordnung Bodenkennziffer Bk	14
Tabelle 7-3:	Setzungsprognose für 3,5 m Überdeckungshöhe	14

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Die N.V. Nederlandse Gasunie plant den Neubau der Gashochdruckleitung ETL 180 von Brunsbüttel nach Hetlingen. Im Zuge dieses Bauvorhabens sind insgesamt 36 Haupt-Querungen von Gewässern erster und zweiter Ordnung, wichtigen Haupt- bzw. Nebenverkehrsstraßen sowie von Bahnstrecken unter Einsatz des HDD-Verfahrens nach ATV DIN 18324:2016-09 und im Preßbohrverfahren nach ATV DIN 18319:2019-09 geplant. Des Weiteren werden im Trassenverlauf 56 Querungen in offener Verlegung mit und ohne Düker vorgesehen.

Ziel des vorliegenden geotechnischen Berichtes ist die Aufklärung der Untergrundverhältnisse einschließlich der bodenmechanischen Eigenschaften für die unterirdische Querung ‚Pressung-15‘ mittels dem Rohrvortrieb im Preßbohrverfahren.

Mit Hilfe des Rohrvortriebes soll an der ‚Pressung-15‘ ein Stahlrohr mit einem Nennquerschnitt von 800 mm unter der Landstraße ‚Klein Sonnendeich‘ mit nebenliegendem Drainagegraben verlegt werden. Die Grundlage für die Entscheidung zum grabenlosen Rohrvortrieb bildet das neue Paket mit Trasseninformationen und shape-files, zur Verfügung gestellt von GME per e-mail vom 05.03.2021 (ETL180_Trasse_210305.dwg und 180_2_03_09_Übersicht Querungen_20210305.xlsx) sowie vom 10.03.2021 im Zuge der Tabelle der Wasserhaltungsabschnitte (180_2_05_07_Bauwasserhaltungsabschnitte_10032021_rev03.xlsx).

Die geplante Lage der ‚Pressung-15‘ ist dem Übersichtslageplan der Anlage A.1.1 zum Geotechnischen Basisstreckenbericht zum BV ‚Neubau der Gashochdruckleitung ETL 180 Brunsbüttel – Hetlingen‘, FUGRO Germany Land GmbH /U1/ zu entnehmen.

2. Grundlagen

2.1 Allgemeine vertragsspezifische Unterlagen

Die allgemeinen vertragsspezifischen Unterlagen sind in Teil 1 des Geotechnischen Basisstreckenberichts zur Baugrunduntersuchung zum BV ‚Neubau der Gashochdruckleitung ETL 180 Brunsbüttel – Hetlingen‘ im Abschnitt 1.2.1 aufgelistet.

2.2 Objektspezifische fachtechnische Grundlagen

Zur Bearbeitung wurden folgende fachtechnische Unterlagen als Grundlagen herangezogen:

- /U1/ Geotechnischer Basisstreckenbericht zum BV ‚Neubau der Gashochdruckleitung ETL 180 Brunsbüttel – Hetlingen‘, FUGRO Germany Land GmbH
- /U2/ Digitale morphologische und geologische Kartenangaben (Google Earth .kmz-files) im Raum Brunsbüttel – Hamburg
- /U3/ Arbeitsblatt DWA-A 125 Rohrvortrieb und verwandte Verfahren, DWA Regelwerk, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Dezember 2008

- /U4/ Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW G 463 (A), DVGW Regelwerk, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., Juli 2016
- /U5/ VdTÜV-Merkblatt – Rohrfernleitungen 1063 05.78, Technische Richtlinie zur statischen Berechnung eingeredeter Stahlrohre
- /U6/ RIL 836.4501 bis 836.4505 Querungen, Richtlinie der Deutschen Bahn AG
- /U7/ ATV DIN 18300: 2019-09 – Erdarbeiten
- /U8/ ATV DIN 18301: 2019-09 – Bohrarbeiten
- /U9/ ATV DIN 18304: 2019-09 – Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
- /U10/ ATV DIN 18311: 2019-09 - Nassbaggerarbeiten
- /U11/ ATV DIN 18319: 2019-09 – Rohrvortriebsarbeiten
- /U12/ ATV DIN 18324: 2019-09 – Horizontalspülbohrarbeiten
- /U13/ Dietrich Stein, Grabenloser Leitungsbau, Verlag Ernst & Sohn, Ausgabe 2003
- /U14/ Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund, FGSV Verlag, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Ausgabe März 2010
- /U15/ H. Schad, T. Bräutigam, S. Bramm, Rohrvortrieb – Durchpressung begehrbarer Leitungen, Bauingenieur-Praxis, Verlag Ernst & Sohn, 2. Auflage 2008
- /U16/ Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW 463 (A) Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Errichtung, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Juli 2016
- /U17/ H. Schad, C. Vogt-Breyer, H.-J. Bayer: Horizontalbohrungen und Rohrvortrieb, GBTB, Teil 2: Geotechnische Verfahren, 8. Auflage, Abschnitt 2.7, S. 505 – 558
- /U18/ Aktualisierte Planung der Querungen, mitgeteilt von GME per e-mail vom 05.03.2021 (ETL180_Trasse_210305.dwg und 180_2_03_09_Übersicht Querungen_20210305.xlsx) sowie vom 10.03.2021 (180_2_05_07_Bauwasserhaltungsabschnitte_10032021_rev03.xlsx)
- /U19/ ETL180_Vermessungspunkte_201218.dxf (Geländehöhen inkl. Dammhöhen von Straßen und Bahnstrecken sowie von Grabensohlen), zur Verfügung gestellt von GME per e-mail vom 19.03.2021

3. Beschreibung zum Bauvorhaben

3.1 Standortsituation und Morphologie

Das Gelände im Bereich der ‚Pressung-15‘ weist gemäß Einmessung der Aufschlussansatzpunkte Q018_V5a und Q019_V5a Geländehöhen von ca. -0,79 m bis -1,43 m NHN auf. Der Querungsabschnitt befindet sich nach den vorliegenden digitalen morphologischen und geologischen Kartenangaben (Google Earth .kmz-files /U2/) im südlichen Bereich des Projektgebietes der ‚Dwogmarsch‘ im Übergang zur flachen ‚Kleimarsch‘ über Niedermoor bei einer darunter folgenden relativen Hochlage der pleistozänen Sande in ca. 4 m unter OKG (ca. -5,0 m NHN).

4. Durchgeführte Untersuchungen

4.1 Geländeuntersuchungen

Die Geländeuntersuchungen zur geplanten Querung umfassen die Herstellung der nachfolgend beschriebenen direkten und indirekten Untergrundaufschlüsse. Die Feldarbeiten erfolgten im Zeitraum vom 10.06 + 15.6.2020 und 29.10.2020. Zusätzlich zum direkten Aufschluss wurden an den Lokationen noch jeweils indirekte Aufschlüsse mittels Drucksondierungen abgeteuft. In den direkten Aufschlüssen wurden ferner Proben für bodenmechanische Laboruntersuchungen genommen.

4.1.1 Direkte Aufschlüsse

Bei den direkten Untergrundaufschlüssen handelt es sich um Rammkernsondierungen (\varnothing 80 - 40 mm), die an den 2 Standorten Q018_V5a und Q019_V5a bis auf Endteufen von 10,0 m unter OKG niedergebracht wurden.

Die Steuerung der Sondierarbeiten, die bodenmechanische Ansprache des Bohrgutes und die Entnahme von Bodenproben wurden von Fugro kontinuierlich vor Ort vorgenommen. Der in den Aufschlüssen angetroffene Schichtenaufbau ist in Form von Rammkern- sowie CPT-Drucksondierprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage A.1 zusammengestellt.

4.1.2 Indirekte Aufschlüsse

Zur Erkundung der Lagerungsdichte bzw. der Konsistenz der Bodenschichten wurden neben den direkten Aufschlüssen Drucksondierungen (CPT nach DIN EN ISO 22476-1:2013-10) als indirekte Erkundungen durchgeführt und bis auf 10,0 m unter OKG abgeteuft. Zu den bestehenden Aufschlüssen wurde am 17.12.2020 eine weitere CPT am Aufschluss der Schieberstation Kurzenmoor ‚BP-C‘ bis 15,0 m u. OKG abgeteuft, die sich in der Nähe der geplanten ‚Pressung-15‘ befindet und die Ergebnisse aus ‚Q018_V5a‘ nochmals bestätigt.

4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Zur bodenmechanischen Charakterisierung, zur bautechnischen Klassifizierung sowie zur Festlegung bodenphysikalischer Kennwerte wurde an den unter den Torflagern relativ hoch anstehenden pleistozänen Sanden bodenmechanische Laboruntersuchungen durchgeführt, um in Zusammenhang mit den Messwerten aus den Drucksondierungen (CPT) Bodenkennwerte abzuleiten. Diese bilden die Grundlage für die Festlegung der Bodenklassen und Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09, DIN 18301:2019-09, DIN 18304:2019-09, DIN 18319:2012-09 (alte Norm mit Bodenklassifikation konform zu DWA – A125), DIN 18324:2016-09 sowie für die Bodengruppen nach DIN 18196:2011-05. Durchgeführt wurden:

- 3 Bestimmungen der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4:2017-04 (als Nasssiebungen)

4.3 Chemische Laboruntersuchungen

Am unmittelbaren Standort der geplanten ‚Pressung-15‘ wurden keine ortsspezifischen Grundwasserproben hinsichtlich der Betonaggressivität nach DIN 4030-1:2008-06 und Stahlaggressivität nach DIN 50929-3:2018-03 entnommen.

Entsprechende Untersuchungsergebnisse sind dem unter ähnlichen hydrogeologischen Bedingungen situierten Nachbarstandorten P004_V6a, P005 und der Krückau-Querung ‚HDD-10‘ (Aufschluss K004) zu entnehmen. Weiterführende Angaben s. Abschnitt 6.1.2.

5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Regionalgeologische Situation

Die regionalgeologische Situation kann dem Geotechnischen Basisstreckenbericht zur Baugrunduntersuchung zum BV ‚Neubau der Gashochdruckleitung ETL 180 Brunsbüttel – Hetlingen‘ /U1/ entnommen werden.

5.2 Untergrundaufbau

Gemäß den in Anlage A.1 zusammengestellten RKS- und CPT-Profilen werden nachfolgend die in den Sondierungen angetroffenen Sedimente bzw. Bodenschichten aufgeführt und deren wesentlichen Merkmale beschrieben. Die Aufschlussprofile wurden in Schichten unterteilt und nach DIN 18196:2011-05 klassifiziert.

Die angetroffenen Sedimente sind im oberen Baugrundprofil holozänen Alters und einerseits als marin – brackische Marschen (Wattenmeerablagerungen unter Gezeiteneinfluß) sowie im Bereich des küstennahen Geestrandes als limnische Moorablagerungen entstanden. An der Lokation der geplanten Querung ‚Pressung-15‘ stehen bedingt durch die Geestrandnähe bereits pleistozäne Sande in relativer Hoehlage ab Geländeteufen von ca. 4,0 m an, die von ca. 3 m mächtigen Torfen und damit assoziierten Mudden überlagert werden.

Auf Basis der ausgeführten Labor- und Felduntersuchungen kann folgendes vereinfachtes Baugrundmodell der Geologischen Einheiten (Schichtenfolgen) angegeben werden.

- Einheit 0: Mutterboden (Oberboden)
- Einheit 1: Marsch / Klei – Wattenmeerablagerungen (Holozän)¹⁾
Ton-Schluff-Feinsand-Gemische, vorwiegend schwach organisch
Bodengruppen nach DIN 18196:2011-05: TL, TM, TA, OU, OT, SU, SU*
- Einheit 2: Mudde – limnische, organisch-mineralische Moorablagerungen (Holozän),
Ton, schluffig, schwach sandig, organisch (Faulschlamm)
Bodengruppen nach DIN 18196:2011-05: F, OT
- Einheit 3: Torf – limnische Moorbildung fossiler Hölzer (Holozän)
gering bis unzersetzt, teilweise eingebettet in die Mudden der Einheit 2 oder diesen
auf- bzw. unterlagernd
Bodengruppen nach DIN DIN 18196:2011-05: HN
- Einheit 4: Sande (Pleistozän)
Fein- bis Mittelsande, ± schluffig
Bodengruppen nach DIN 18196:2011-05: SE, SU

¹⁾Die Einheit 1 des Gesamt-Projektgebietes ‚Klei‘ wurde zwar an der Lokalität der ‚Pressung-15‘ nicht angetroffen, kann jedoch auf Grund der punktuell durchgeführten Erkundung zwischen den Aufschlusspunkten Q018_V5a und Q019_V5a während der Baumaßnahmen ebenfalls angetroffen werden.

5.3 Bodenmechanische Feld- und Laboruntersuchungen

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind in unserem Geotechnischen Basisstreckenbericht 362-19-016 ‚BGU zum BV ‚Neubau ETL 180 Brunsbüttel – Hetlingen‘ /U1/ in Anlage A.4 zusammengestellt.

5.4 Organoleptische Ansprache und chemische Analytik

Sämtliche Bodenproben wurden organoleptisch begutachtet. Im Ergebnis der Begutachtung ist festzustellen, dass keine Auffälligkeiten vorlagen. Dementsprechend wurden keine chemischen Untersuchungen auf Schadstoffe gemäß LAGA ausgeführt.

5.5 Grundwasser

Während der Aufschlußarbeiten wurden in den Sondierlöchern Grundwasser in folgenden Tiefen gem. Tabelle 5-1 angetroffen.

Tabelle 5-1 Erkundungsaktuelle Grundwasserstände (GW)

Aufschluß Ansatzhöhe	Q018_V5a -0,79 m NHN	Q019_V5a -1,43 m NHN
GW, angebohrt t [m]	0,90	0,70
GW, angebohrt [m NHN]	-1,69	-2,13
Ruhe-GW t [m]	0,70	0,70
Ruhe-GW [m NHN]	-1,49	-2,13
Datum	10.06.2020	15.06.2020

Gemäß Tabelle 5-1 liegt ein sich in ca. -1,5 m und -2,1 m NHN sich einpegelndes Ruhe – Grundwasserniveau bei erfahrungsgemäß im Raum Altenmoor – Kiebitzreihe – Raa Besenbek leicht gespannten Grundwasserverhältnissen vor.

In der Folge von Starkregenfällen muss ferner mit erheblichen Schwankungen der Grundwasserstände gerechnet werden. Die Grundwasserstände können bis auf Geländeoberkante (OKG) und darüber hinaus ansteigen.

6. Bewertung der Untersuchungsergebnisse

6.1 Baugrundmodell / Bodenmechanische Kennwerte

Nachfolgend werden die in Feld- und Laborversuchen des Untersuchungsgebietes und aus Erfahrungswerten ermittelten bodenmechanischen Kennwerte tabellarisch zusammengestellt.

Tabelle 6-1 Bodenklassifikation und Bodenmechanische Kennwerte

Geologische Einheit (Schicht)	Boden- gruppe (DIN 18196)	Boden- klasse bis 08/2015 (DIN 18300)	Wichte γ [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ' [kN/m ³]	Effek- tiver Reibun- gswink el ϕ' [°]	Effektive Kohäsion c' [kN/m ²]	UndrÄnierte Scherfestig- keit c_u [kN/m ²]	Steife- zahl E_s [MN/m ²]	Durch- lÄssig- keits- beiwert k_f [m/s]
1 - Marsch / Klei (Holozän)	TL, TM, TA, OT, OU, SU, SU*	4, 2	15 - 17	6 - 8	18 - 20	2 - 5	20 - 50 ¹⁾ 5 - \leq 20 ²⁾	2 - 5 ¹⁾ 0,5 - 2 ²⁾	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁸
2 - Mudde (Holozän)	F, OT	2	13,5-15,5	5 - 7	15 - 18	0 - 1	5 - \leq 20	0,5 - 2	10 ⁻⁷ - 10 ⁻¹⁰
3 - Torf (Holozän)	HN	2, 3 ³⁾	11 - 13	1 - 3	10 - 15	0	\approx 0 \approx (0 - 20) ⁴⁾	0 - 0,5	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁹
Unterhalb ca. 3,8 m – 4,0 m unter OKG: 4 - Sande (Pleistozän)	SE	3, 4	20 - 22	10 - 12	27 - 30	0 – 1	keine c_u - Angabe, hier relevant: Lage- rungsdichte: locker ($I_D \leq 0,35$) bis mitteldicht ($0,35 < I_D \leq 0,65$)	20 – 30 ⁵⁾	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵

¹⁾ oberhalb des Grundwasserspiegels bei weicher – steifer Konsistenz und $c_u \geq 20$ kN/m²

²⁾ unterhalb des Grundwasserspiegels bei flüssiger bis breiiger Konsistenz und $c_u \leq 20$ kN/m²

³⁾ beim Ausheben standfest bleibende Torfe der Gruppe HN mit geringem Wassergehalt

⁴⁾ abgeschätzte undrÄnierte Scherfestigkeit für bautechnische Zwecke aus dem CPT-Spitzendruck abgeleitet

Bei Torfen kann es infolge der nicht zersetzten bzw. nur teilweise zersetzten Pflanzenfasern und Holzstücke zu einer erhöhten Scherfestigkeit kommen, die sich nicht aus der Bodenmatrix sondern aus der Bewehrungswirkung durch die Pflanzenfasern und Holzstücke ergibt.

⁵⁾ vorherrschend körniges Material mit in der Regel $\leq 15\%$ (untergeordnet 15-40%) Feinanteilen und lockerer ($I_D \leq 0,35$) bis mitteldichter ($0,35 < I_D \leq 0,65$) Lagerung

6.1.1 Korngrößenverteilung

Bezüglich der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4:2017-04 wurde an drei Sandproben (Q018_V5a 4,0m-5,0m; A018_V5a 6,0m-8,0m; Q019_V5a 3,8m-4,8m) eine Ermittlung der Korngrößenverteilung mittels Siebanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse sind dem Anlagenkomplex A.4.1 zum Geotechnischen Basisstreckenbericht zum BV ‚Neubau der Gashochdruckleitung ETL 180 Brunsbüttel – Hetlingen‘, FUGRO Germany Land GmbH vom 15.05.2020 /U1/ zu entnehmen.

Bei allen untersuchten Proben handelt es sich um den ‚pleistozänen Sand‘ der Einheit 4

- Feinsand, mittelsandig bis stark mittelsandig, teilweise schwach schluffig der Bodengruppen SE, SU (bei < 5 % Feinkorngehalt) nach DIN 18196:2011-05

Kiese, Steine oder Gerölle wurden bis zu den Erkundungsendteufen der Rammkernsondierungen in max. 10,0 m unter OKG nicht angetroffen, jedoch ist deren Existenz im weiteren Teufenverlauf nicht auszuschließen.

6.1.2 Sulfatgehalt, Betonangriff und Stahlkorrosivität

Am unmittelbaren Standort der geplanten ‚Pressung-15‘ wurden keine ortsspezifischen Grundwasserproben hinsichtlich der Bestimmung des Sulfatgehaltes, der für HDD-Querungen nach ATV DIN 18324 zu untersuchen ist, entnommen.

Untersuchungsergebnisse bezüglich der Betonaggressivität nach DIN 4030-1:2008-06 und Stahlaggressivität nach DIN 50929-3:2018-03, die den Sulfatgehalt, pH-Wert, kalkangreifendes CO₂, Ammonium, Magnesium und weitere Inhaltsstoffe beinhalten, sind den unter ähnlichen hydrogeologischen Bedingungen situierten Nachbarstandort der Krückau-Querung HDD-11 (Aufschluss K003_V1Lb) zu entnehmen. In Sichtung der bauchemischen Analysenwerte aus diesem Aufschluss ist das Grundwasser hinsichtlich Betonangriff in die Kategorie ‚XA1 schwach angreifend‘ aufgrund leicht erhöhter Ammoniumwerte (NH₄⁺ = 17 mg/l > unt. Grenzwert 15 mg/l) und bezüglich Stahlangriff als ‚sehr gering angreifend‘ in Bezug auf Mulden-/Lochkorrosion und Flächenkorrosion, sowohl im Unterwasserbereich als auch an der Wasser/Luft-Grenze, einzustufen.

6.2 Bautechnische Klassifizierung (Homogenbereiche)

Die bautechnische Klassifizierung im Rahmen der ATV DIN 18300:2019-09, ATV DIN 18301:2019-09, ATV DIN 18304:2019-09, ATV DIN 18311:2019-09, ATV DIN 18319:2012-09 und ATV DIN 18324:2016-09 ist der nachfolgenden Tabelle 6-2 zu entnehmen:

Tabelle 6-2 Bautechnische Klassifikation der Schichtenfolgen

Geologische Einheit	Boden- gruppe DIN 18196	ATV DIN 18300 "Erdar- beiten"	ATV DIN 18301 "Bohr- arbeiten"	ATV DIN 18311 "Nassbagger- arbeiten"	ATV DIN 18304 "Pfählvortrieb (Ramm-, Rüttel- und Verpreß- arbeiten)"	ATV DIN 18324 "Horizontal- spülbohr- arbeiten"	ATV DIN 18319 Rohrvortrieb (2012-09)
Mutterboden (Oberboden)	-	HBE 0	-	-	-	-	-
2 - Mudde (Holozän)	F, OT	HBE 2	HBB 2 ¹⁾ – HBB 1 ²⁾	HBNB 2 ¹⁾ – HBNB 1 ²⁾	HBR 2 ¹⁾ – HBR 1 ²⁾	HBHD 2 ¹⁾ – HBHD 1 ²⁾	LBO 2 ¹⁾ – LBO 1 ²⁾
3 - Torf (Holozän)	HN	HBE 3	HBBO 2 (HN)	HBNB-O1 (HN)	HBR-O2 (HN)	HBHD-O2 (HN)	LO
4 - Sande (Pleistozän)	SE	HBE 4	HBB 3 ³⁾	HBNB 3 ⁵⁾	HBR 3 ³⁾	HBHD 3 ³⁾	LNE 1 - 2 ³⁾

¹⁾ bei weicher – steifer Konsistenz und $c_u > 20$ kN/m²

²⁾ bei flüssiger bis breiiger Konsistenz und $c_u \leq 20$ kN/m²

³⁾ vorherrschend körniges Material mit in der Regel $\leq 15\%$ (untergeordnet 15-40%) Feinanteilen und lockerer ($I_d \leq 0,35$) bis

mitteldichter ($0,35 < I_D \leq 0,65$) Lagerung

⁵⁾ HBNB 3 bei Kiesanteil $\leq 10\%$ sowie Feinkornanteilen ($\leq 0,063\text{mm}$) $\leq 15\%$

⁶⁾ HBNB 4 bei Kiesanteil $\leq 10\%$ sowie Feinkornanteilen ($\leq 0,063\text{mm}$) $> 15\%$

Da sich die Literatur zu Vortriebsarbeiten sowie die noch immer aktuellen Arbeitsblätter der DWA-A 125 auf die Klassifizierung der vor August 2015 gültigen ATV DIN 18319:2012-09 beziehen, werden in Tabelle 6-2 auch die alten Klassen als grobe Gliederung für den Rohrvortrieb verwendet und in den Tabellen 6-3 bis 6-5 mit Bandbreiten für Bodenparameter unterlegt.

Tabelle 6-3: Homogenbereich LBO (Rohrvortrieb nach ATV DIN 18319:2012-09)

Nr.	Eigenschaften / Kennwerte	Homogenbereich LBO 1 - LBO 2
1	Ortsübliche Bezeichnung	Mudde (Holozän)
2	Kornverteilung	siehe Körnungsband für HBE 2 im Basisstreckenbericht
3	Bodengruppe	F, OT
4	Anteil Steine und Blöcke (geschätzt) / mineralogische Zusammensetzung	~ 0 % für Steine ~ 0 % für Blöcke
5	Lagerungsdichte I_D [%] aus Drucksondierung korreliert	nicht anwendbar
6	Dichte [g/cm^3] im natürlichen Zustand	1,35 – 1,55
7	Wassergehalt [%]	42 – 171
8	Konsistenz, Konsistenzzahl I_c [-] nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07	LBO 1: breiig – sehr weich; $I_c < 0,30$ LBO 2: weich - steif; $0,50 \leq I_c < 1,00$ (oberhalb GW)
9	Plastizität und Plastizitätszahl I_p [%] nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07	Mudde (breiig – weich): $I_p = 55 - 95$; $W_L = 95 - 145$; $W_P = 36 - 56$ Mudde (weich – steif): $I_p = 72 - 78$; $W_L = 112 - 115$; $W_P = 34 - 43$
10	Undrained Scherfestigkeit c_u [kPa] mit $c_u \approx (q_t - \sigma'_{vo})/N_k$ ($15 \leq N_k \leq 20$)	LBO 1: $c_u \leq 20$, i.d.R. $5 - \leq 20$ (breiig – weich unterhalb GW) LBO 2: $c_u \approx 20 - 50$ (weich - steif oberhalb GW)
11	Organischer Anteil [%]	allgemein: 5,6 – 12,6 speziell: 14,5 – 24,0 (bei torfigen Mudden)
12	Reibungswinkel [$^\circ$] Kohäsion [kN/m^2]	$\varphi' = 15 - 18$ $c' = 0 - 1$
13	Kalkgehalt [%]	0 – 4,4
14	Durchlässigkeit [m/s]	$\approx 10^{-7} \dots 10^{-10}$
16	Abrasivität	vernachlässigbar
17	Sensitivität [-] nach DIN EN ISO 14688-2:2020-11	niedrig (< 8) für organogene Böden bis mittel ($> 8 - < 30$) für organische Böden (Sensitivität abgeschätzt nach Bjerrum (1954) aus Liquiditätszahl I_L)

Tabelle 6-4: Homogenbereich LO (Rohrvortrieb nach ATV DIN 18319:2012-09)

Nr.	Eigenschaften / Kennwerte	Homogenbereich LO
1	Ortsübliche Bezeichnung	Torf (Holozän)
2	Kornverteilung	nicht anwendbar
3	Bodengruppe	HN
4	Anteil Steine und Blöcke (geschätzt) / mineralogische Zusammensetzung	~ 0 % für Steine ~ 0 % für Blöcke
5	Lagerungsdichte I_D [%] aus Drucksondierung korreliert	nicht anwendbar
6	Dichte $[g/cm^3]$ im natürlichen Zustand	1,1 – 1,3
7	Wassergehalt [%]	HN: 53 – 104
8	Konsistenz, Konsistenzzahl I_c [-] nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07	nicht anwendbar
9	Plastizität und Plastizitätszahl I_p [%] nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07	nicht anwendbar
10	Undrained Shear Strength c_u [kPa] mit $c_u \approx (q_t - \sigma'_{vo})/N_k$ ($15 \leq N_k \leq 20$)	$c_u \approx 0$ (aus Bodenmatrix) $15 \leq c_u \leq 20$ für bautechnische Zwecke Bei Torfen kann es infolge der nicht zersetzten bzw. nur teilweise zersetzten Pflanzenfasern und Holzstücke zu einer erhöhten Scherfestigkeit kommen, die sich nicht aus der Bodenmatrix sondern aus der Bewehrungswirkung durch die Pflanzenfasern und Holzstücke ergibt.
11	Organischer Anteil [%]	HN: 29,3 – 90,9
12	Reibungswinkel $[\phi]$ Kohäsion $[kN/m^2]$	$\phi' = 10 - 15$ $c' \approx 0$
13	Kalkgehalt [%]	-
14	Durchlässigkeit $[m/s]$	$\approx 10^{-5} \dots 10^{-8}$
16	Abrasivität	vernachlässigbar
17	Sensivität [-] nach DIN EN ISO 14688-2:2020-11	nicht anwendbar
18	Benennung und Beschreibung	organischer Boden aus nicht zersetztem Torf (HN)

Tabelle 6-5: Homogenbereich LNE (Rohrvortrieb nach ATV DIN 18319:2012-09)

Nr.	Eigenschaften / Kennwerte	Homogenbereich LNE 1 – LNE 2
1	Ortsübliche Bezeichnung	Sande (Pleistozän)
2	Kornverteilung	siehe Körnungsband für HBE 4 im Basisstreckenbericht
3	Bodengruppe	SE, SU
4	Anteil Steine und Blöcke (geschätzt) / mineralogische Zusammensetzung	< 5 %
5	Lagerungsdichte I_D [%] aus Drucksondierung korreliert	≈ 20 – 60 locker bis mitteldicht
6	Dichte [g/cm^3]	1,70 – 2,10
7	Wassergehalt [%]	-
8	Konsistenz, Konsistenzzahl I_c [-] nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07	nicht relevant
9	Plastizität und Plastizitätszahl I_p [%] nach DIN EN ISO 17892-12:2020-07	nicht relevant
10	Undrained Scherfestigkeit c_u [kN/m^2] nach Drucksondierung	nicht relevant
11	Organischer Anteil [%]	$\leq 2,2$
12	Reibungswinkel [°] Kohäsion [kN/m^2]	27 – 30 0 – 1
13	Kalkgehalt [%]	-
14	Durchlässigkeit [m/s]	$10^{-4} \dots 10^{-6}$
16	Abrasivität	nicht relevant
17	Sensivität	nicht relevant

7. Folgerungen und Bautechnische Empfehlungen

7.1 Rohrvortrieb

Grundsätzlich ist der erkundete Baugrund für die Verlegung der Hochdruckgasleitung in geschlossener Bauweise geeignet. Auf Grundlage der direkten und indirekten Aufschlüsse werden die relevanten Schichten im möglichen Tiefenbereich des Rohrvortriebes gemäß DWA-A 125 und ATV DIN 18319:2012-09 (alte Norm) mit LO für Torf der geologischen Einheit 3 bei breiig bis sehr weicher Konsistenz klassifiziert.

Die Bandbreiten der Bodenkennwerte der geologischen Einheiten 3 (Torf) sind in Abschnitt 6.2 (Tabelle 6-4) zusammengestellt.

7.1.1 Allgemeine Angaben und Annahmen

An der ‚Pressung-15‘ soll das Stahlrohr der ETL 180 mit einem Nennquerschnitt von 800 mm unter der Landstraße ‚Klein Sonnendeich‘ mit nebenliegendem Drainagegraben im Preßbohrverfahren nach ATV DIN 18319:2019-09 verlegt werden.

Während der Baugrunderkundung wurde Grundwasser in beiden Aufschlüssen Q018_V5a und Q019_V5a von ca. 0,7 m unter OKG (entspricht ca. -1,49 bis -2,13 m) angetroffen. In niederschlagsreichen Zeiten ist ein weiterer Anstieg bis zur Geländeoberkante (OKG) möglich bzw. nicht auszuschließen.

Unter Beachtung der Mindestüberdeckung nach Arbeitsblatt DWA-A 125 von $1,5 \times D_a = 1,25$ m beim Pressen mit offenem Stahlrohr bzw. mit Horizontal-Pressbohrgerät liegt die Oberkante des Vortriebsrohres bei ca. -3,10 m NHN, wenn man die neben der Landstraße ‚Klein Sonnendeich‘ liegende Grabensohle in ca. -1,8 m NHN [U19] als Bezugshöhe annimmt. In diesem Fall würde das Vortriebsrohr vollständig in der geologischen Einheit 3 (Torf) verlaufen.

Hinweis: Zusätzlich wird parallel, in einem horizontalen Abstand (Rohrachsen) von ca. 4,0 m zur Hauptleitung (DN 800), die Verlegung eines trassenbegleitenden LWL-Kabels vorgesehen. Dazu ist eine zweite Bohrung notwendig. Diese soll mittels HDD-Verfahren durchgeführt werden. In den Bohrkanaal wird ein HDPE-Kabelleerrohr (DA225) eingezogen. In das Innere des Kabelleerrohres werden zwei weitere entsprechend kleiner dimensionierte Kabelleerrohre (DA50) eingebracht.

7.1.2 Verfahren

Vorschläge zu geeigneten Rohrvortriebsverfahren erfolgen auf der Grundlage des Anhanges B des Arbeitsblattes DWA-A 125 /U3/ für nichtsteuerbare und steuerbare Verfahren sowie den Angaben in /U13/ und /U19/. Dabei sollten steuerbare Verfahren (DWA-A 125 Abschnitt 6.1.3.1) innerhalb der geologischen Einheit 1 und 3 nach /U13/ nicht zum Einsatz kommen.

Auf Grundlage der Erfahrungswerte in Anhang B des Arbeitsblattes DWA-A 125 /U3/ können innerhalb der geologischen Einheiten 3 voraussichtlich die folgenden, in Tabelle 7-1 aufgelisteten, nichtsteuerbaren Verfahren zum Einsatz kommen:

Tabelle 7-1: Mögliche Verfahren des Rohrvortriebes nach DWA-A 125

Abschnitt nach DWA-A 125	Verfahren	Rohraußendurchmesser D_a (mm)	Vortriebslänge für homogene Böden (m)	Mindestüberdeckung nach RIL
6.1.2.2.1 9.5	Horizontalramme/-presse mit offenem Rohr	≤ 2000	$(D_a \text{ in mm})/10$	$1,5 \times D_a$
6.1.2.2.2 9.5	Horizontal-Pressbohrgerät	≤ 1600	$(D_a \text{ in mm})/10$	$1,5 \times D_a$

Bei der durchgeführten Baugrunderkundung wurden innerhalb der geologischen Einheiten 3 keine Steine und Blöcke bzw. Bohrhindernisse angetroffen. Angesichts der Geologie sollten Steine und Blöcke in den oben genannten geologischen Einheiten nicht angetroffen werden. Erst in den ab ca. -4,8 m NHN einsetzenden pleistozänen Sanden der Einheit 4 können Kiese sowie vereinzelt auch Findlinge als Steine und Blöcke erwartet werden.

In diesem Zusammenhang muss auch die Herstellung der Landstraße ‚Klein Sonendeich‘ betrachtet werden. Im norddeutschen Raum wurden/werden Straßen auf weichen, wenig tragfähigem Untergrund größtenteils nach dem ‚Überschüttverfahren‘ gebaut bzw. der Untergrund vor dem Einbau der Frostschutz- und Tragschichten mit zusätzlichem Schüttmaterial konsolidiert. Welche Materialien beim Überschütten der Landstraße im Bereich der geplanten Querung ‚Pressung-15‘ zum Einsatz gekommen sind und inwieweit diese Schüttmaterialien unter OKG bzw. OK Asphalt in die Tiefe reichen, ist unbekannt und kann im Rahmen der Trassenerkundung nicht vollumfänglich geklärt werden. Es wird daher empfohlen geeignete Technik für die Beseitigung von Steinen und ggf. Blöcken vorzuhalten. Es ist davon auszugehen, dass die vormals breiig bis weiche Böden im Lasteinwirkungsbereich unterhalb des Straßenaufbaus konsolidiert sind und dementsprechend höhere Scherfestigkeiten aufweisen als die natürlichen, nicht konsolidierten Böden außerhalb des Lasteinflussbereiches der Landstraße. Der Grad der Konsolidierung ist nicht bekannt. Mit weich bis steif und bindigen Böden ist zu rechnen.

Bei der Auswahl des Rohrmaterials und Bohrverfahrens sind die Höhe des Grundwassers, der Einfluss des hydrostatischen Drucks auf das Rohr und die Spundwände am Start- und Zielschacht zu berücksichtigen und entsprechende erforderliche statische Nachweise zu erbringen.

Ergibt sich während der Ausführung die Gefahr von Ausfließen von Boden, Wassereintritten, Vortriebshebungen, Schäden an Vortriebsrohren oder baulichen Anlagen, hat der Auftragnehmer unverzüglich die notwendigen Maßnahmen zur Verhütung von Schäden zu treffen und die Gefährdung sowie bereits eingetretene Schäden dem Auftraggeber unverzüglich mitzuteilen.

7.1.3 Setzungsprognose infolge Rohrvortrieb

Im Rahmen der Planung von Rohrvortrieben ist die Prognose von Setzungen des Baugrunds oberhalb der Leitung und eine daraus abgeleitete Bewertung möglicher konstruktiver Schäden von Bestandbebauung und Versorgungsleitungen sowie Sicherungsmaßnahmen zu ermitteln.

Die zu erwartenden Setzungen im Bereich der Untersuchungstrasse infolge der geplanten Durchörterung ergeben sich aus dem Verhältnis des Rohrdurchmessers zur Überdeckungshöhe in Abhängigkeit des anstehenden Bodens. Für eine überschlägige Berechnung der Setzungen infolge von Durchörterungen wird der Ansatz nach SCHERLE verwendet, der sich im Vergleich zu Analytischen Verfahren als überschlägliche Methode bewährt hat. Der Ansatz nach Scherle ist in /U13/ beschrieben.

Hierbei handelt es sich um eine vereinfachte Setzungsprognose in homogenem Baugrund auf Grundlage von Überschnitt, Bodenmehrentnahme und allgemeiner Auflockerung. Die maximale Setzungsamplitude im Mittelpunkt der Setzungsmulde ergibt sich wie folgt:

$$S_{max}(cm) = \frac{D_a}{1 + \frac{h}{2D_a}} \cdot B_K$$

$$L(m) = D_a + h$$

mit:

D_a = Rohraußendurchmesser (m)

B_K = Bodenkennziffer (-)

h = Überdeckungshöhe (m)

L = Länge bzw. Einflussbreite der Setzungsmulde (m)

Die Zuordnung der Bodenkennziffer kann Tabelle 7-2 entnommen werden.

Tabelle 7-2: Zuordnung Bodenkennziffer B_K

Lagerungsdichte Konsistenz	sehr dicht	dicht	locker	sehr locker	halbfest	steif	weich	breiig
B_K	1,5	2	3	4	2	3	4	6

Anhand einer breiigen bis weichen Konsistenz der im Überdeckungsbereich des Rohrvortriebes überwiegend anstehenden Torfe sowie einer angenommenen Haupt-Überdeckungshöhe unter der Landstraße ‚Klein Sonnendeich‘ von 3,5 m u. OKG, wird die maximale Setzung im Mittelpunkt der Setzungsmulde zu 1,0 bis 1,6 cm (siehe Tabelle 7-3) abgeschätzt.

Tabelle 7-3: Setzungsprognose für 3,5 m Überdeckungshöhe

Rohrdurchmesser (m)	Setzungsprognose (cm)	Länge der Setzungsmulde (m)
DN 800/ $D_a = 0,813$ m (bzw. 0,820 m)	≈ 1,0 – 1,6	4,3

Die Setzungsprognose kann nur dann eingehalten bzw. unterschritten werden, wenn der Rohrvortrieb mit entsprechend geeigneter Technik und einer gewissenhaften Bauausführung erfolgt. Es wird darauf hingewiesen, dass im Zuge der Durchörterung vorlaufende Hebungen in der Größenordnung der möglichen Setzungen auftreten können.

7.2 Beweissicherung

Aus geotechnischer Sicht wird im entsprechenden Einflussbereich eine Beweissicherung durch Fotos und geodätische Einmessung der Geländeoberfläche an den Press- und Zielgruben beidseitig des Grabens vor und nach der Bauausführung empfohlen. Die Bauarbeiten sind so zu planen und auszuführen, dass Schäden (Hebungen oder Setzungen) im Einflussbereich des Grabens und am nebenliegendem Landwirtschaftsweg vermieden werden. Der Einflussbereich einschließlich eines geeigneten Sicherheitszuschlages wird mit jeweils 20,0 m in beiden Richtungen von der projizierten Mittelachse der geplanten ‚Pressung-15‘ empfohlen. Insgesamt sollen ca. 50,0 m Profillänge zwischen den Press- und Zielgruben inklusive beider Grabenufern geodätisch in Lage und Höhe vor und nach der Baumaßnahme eingemessen werden.

7.3 Fremdleitungen

Die genaue Lage der Fremdleitungen muss bei der Planung des Verlaufs und der Tiefe unter OKG sowie der Lage von Start- und Zielschacht recherchiert und beachtet werden. Der lichte Abstand zwischen Fremdleitungen und der Gashochdruckleitung ETL 180 im Kreuzungspunkt muss mit den Fremdleitungsbetreibern abgestimmt werden.

In /U13/ werden zu sich kreuzenden Gasleitungen keine spezifischen Hinweise gegeben, da die aus der Kreuzung ergebenden Probleme und Schwierigkeiten in der Regel immer speziell besprochen werden müssen.

Laut /U16/ darf für Kreuzungen von Rohrleitungen ein Mindestabstand von 0,2 m nicht unterschritten werden.

7.4 Press- und Zielgrube

Die Errichtung der Start- bzw. Press- und Zielgrube hat unter Beachtung der Angaben in 4124:2012-01 und DIN 4123:2013-04 zu erfolgen. Unter Beachtung der Lage- und Höhensituation des-beidseitig in ca. -1,80 m bis +0,4 m NHN liegenden Geländes, der Graben und der Landstraße ‚Klein Sonnendeich‘ (vgl. /U2/) wird eine Presslänge von ca. 40 – 50 m abgeschätzt.

Die genaue Lage von Fremdleitungen muss mit den jeweiligen Betreibern im Vorfeld der Baumaßnahme genau erörtert werden und die Lage des geplanten Rohrvortriebs der ETL 180 ggf. angepasst werden.

Im Bereich der Start- und Zielgrube stehen grundwasserführende breiig bis weiche bzw. teilweise weich bis steife bindige Böden an. Aus diesem Grund werden Spundwandkästen zur Ausbildung von Start- und Zielgrube empfohlen. Basierend auf den im geologischen Schnitt

angegebenen Daten kann von einer Grubentiefe von ca. -4,4 m NHN und von einer hydrostatischen Wassersäule auf dem Niveau der angenommenen Grubensohle von bis zu ca. 2,9 m ausgegangen werden (Q018_V5a). In niederschlagsreichen Zeiten ist ein weiterer Anstieg des Grundwassers bis zur Geländeoberkante (OKG) möglich bzw. nicht auszuschließen.

Die in Abschnitt 6 und in /U1/ klassifizierten Böden sind leicht rammpbar und die Wahrscheinlichkeit, dass Rammhindernisse angetroffen werden, ist aus geologischen Gesichtspunkten eher gering. Dennoch können Rammhindernisse, wie Steine und Blöcke, nicht völlig ausgeschlossen werden.

7.4.1 Grubenverbau

Beispiele für Baugrubengrößen in Abhängigkeit des Nenndurchmessers DN sind im Arbeitsblatt DWA-A 125 /U3/ gegeben. Danach kann unter der Annahme von DN 800 die Mindest-Abmessung der Startgrube mit ca. 5,8 m x 4,0 m und die die Mindest-Abmessung der Zielgrube mit ca. 4,5 m x (2,5 m bis 3,0 m) angenommen werden.

Planungsseitig betragen die Grundriss - Abmessungen gemäß /U18/:

- Startgrube (Pressgrube) 16 m x 4 m
- Zielgrube 8 m x 4 m

Es werden aus oben genannten Gründen dichte Spundwandkästen empfohlen.

In den Aufschlüssen Q018_V5a und Q019_V5a wurde unter Mudde und Torf bis ca. 3,8 – 4,0 m unter OKG (entspr. -4,79 bis -5,2 m NHN) und bis zu den Endteufen der Kleinbohrungen in jeweils 10,0 m unter OKG pleistozäne Sande von vorwiegend lockerer bis mitteldichter angetroffen. Die Spundwände können standsicher und verformungsarm in die Sandschicht eingebunden werden. Die darüberliegenden weich bis breiige Schichten sind in Hinblick auf die Einbindung der Spundwände nicht tragfähig.

Die für eine Pressgrube notwendige horizontale Steifigkeit zur Aufnahme der notwendigen Vortriebskraft im Pressenwiderlager/Widerlagerwand wird nicht ohne zusätzliche Maßnahmen erreicht, da der Boden hinter der Widerlagerwand als breiig bis sehr weich angenommen werden muss. Wie in Tabelle 6-1 angegeben, wird die Steifigkeit der geologischen Einheit 3 (Torf) mit einer Steifenzahl $E_s \approx 0,5 \text{ MN/m}^2$ eingeschätzt.

Nach dem in /U15/ angegebenen Berechnungsverfahren und dem Diagramm (nach SIA 195) zur Vordimensionierung des Pressenwiderlagers, werden unter Ansatz von $E_s \approx 0,5 \text{ MN/m}^2$, einer Grubentiefe von OKG bis $h \geq 4,8 \text{ m}$ (in der Einheit 3 liegend) und einer Breite des Widerlagers $b_{\text{wid}} \approx 3,0 \text{ m}$ maximale Vortriebskräfte in der Größenordnung von

- $V_{\text{zul}} \approx 50 \text{ kN}$ (bei Begrenzung der Horizontalverschiebungen auf $s \approx 2 \text{ cm}$)
- bis
- $V_{\text{zul}} \approx 100 \text{ kN}$ (bei Begrenzung der Horizontalverschiebungen auf $s \approx 5 \text{ cm}$)

erreicht.

Eine genaue Berechnung der zulässigen Vortriebskraft ist nach DIN 4085:2017-08 möglich.

Maßnahmen zur Erhöhung der zulässigen Vortriebskraft werden insbesondere als erforderlich erachtet, da der Rohrvortrieb in der Einheit 3 (Torf) vorgesehen wird. Eine Möglichkeit wäre die konstruktive Aussteifung des Spundwandkastens durch weitere quer zum Spundwandkasten angeordnete Spundbohlen bzw. die Erhöhung der Scherfestigkeit des Bodens hinter der Widerlagerwand. Eine weitere Möglichkeit wären die Anordnung von horizontalen oder schwach geneigten pfahlähnlichen Elementen hinter der Widerlagerwand.

Eine Möglichkeit zur Vermeidung der Notwendigkeit eines Pressenwiderlagers wäre die Horizontalramme (DWA-A 125 Abschnitt 6.1.2.2.1), aber in diesem Fall ist zwar keine vertikale Widerlagerwand notwendig, aber die entstehenden Kräfte müssen dann über die Baugrubensohle abgetragen werden.

Infolge des hydrostatischen Wasserdrucks von ca. 2,9 m bzw. ca. 0,29 bar in ca. 4,8 m Baugrubensohltiefe unter OKG (entspr. -4,4 m NHN) wird empfohlen die Seite der Grube an der eingefahren wird mit einer sogenannten Brillenwand abzudichten. Zusätzlich sollte der breiige bis sehr weiche Torf im Einfahrbereich hinter der Brillenwand ggf. verbessert bzw. die Scherfestigkeit erhöht werden, um ein Ausfließen zu erschweren. Nach Starkregenereignissen kann der Wasserdruck auch höher liegen.

7.4.2 Baugrubensohle und Wasserhaltungsmaßnahmen

Um den Einfluss einer Grundwasserabsenkung lokal zu begrenzen wird empfohlen, das Grundwasser nur innerhalb des dichten Spundwandkastens abzusenken. Aufgrund der geländenahen setzungsempfindlichen Schichten (Torfe der geologischen Einheit 3) ist großräumige Wasserhaltung zu vermeiden. Dazu sind innerhalb der Spundwandkästen der Press- und Zielgruben geeignete Sohlstabilisierungs- und Entwässerungsmaßnahmen vorzusehen.

Während der Baugrunderkundung wurde Grundwasser in den Aufschlüssen Q018_V5a und Q019_V5a in 0,7 m unter OKG (entspricht ca. -1,49 bis -2,13 m NHN) im ausgepegelten Zustand gemessen. In niederschlagsreichen Zeiten ist ein weiterer Anstieg bis zur Geländeoberkante (OKG) möglich bzw. nicht auszuschließen.

Zur Sohlstabilisierung und Wasserhaltung sollte eine $\geq 0,5$ m dicke Auflastfilter-Kiesschicht (GW/GI) mit Pumpensumpfausbau (zum Beispiel aus perforierten Brunnenschachtringen $\varnothing 1,0$ m) und Entwässerung zur Vorflut vorgesehen werden. Ergänzend können Kleinflterbrunnen, bestehend aus Filterlanzen 2" bis 2½" (DN 50...65) mit filterstabiler Feinkies-Sandummantelung (0-4 mm) in 5"-Bohrlöchern (DN 125) vorgesehen werden, die außen im Abstand von ca. 1 m um die Start- und Zielgruben-Spundwände herum bei ca. 2 – 3 m Filterlanzen-Abstand angeordnet werden. Der trichterförmig um die Filterlanzen entstehende Unterdruck saugt das Wasser aus dem Boden und leitet es zu einer Vakuum-Baupumpe, von wo es über die Wasserpumpe abgeführt wird.

Alternativ können eine Düsenstrahlsohle durch Injektion von Zementsuspension oder eine Unterwasserbetonsohle als Trag- und Sperrschicht hergestellt werden, um einen Wideranstieg des Wassers nach dem Leerpumpen zu verhindern. Die Mächtigkeit der Düsenstrahl- bzw. Unterwasserbetonsohle (WU-Sohle) muss den statischen Erfordernissen während der Pressarbeiten entsprechen. Ggf. kann die Düsenstrahl-/WU-Sohle mit dem Spundwandkasten verankert werden. Das Einbringen von pastösen Stoffen muss bei der unteren Wasserbehörde angezeigt werden.

In die Düsenstrahl-/WU-Sohle sollten sowohl bei der Press- als auch der Zielgrube jeweils Brunnen-schachtringe (zum Beispiel \varnothing 1,0 m) als Pumpensümpfe mit Entwässerung zur Vorflut integriert werden, um eine Entspannung gegen hydraulische Drücke zu bewirken.

Der Widerstand gegen hydraulische Drücke sowie die Tragfähigkeit der Baugrubensohle muss nachgewiesen werden. Bei der Auswahl der Spundwände und der Entwässerungs- bzw. Abdichtungsverfahren der Baugrubensohle ist hydrostatisches Grundwasser in der vorgenannten Größenordnung bis mindestens 0,7 m unter OKG (-1,49 m NHN, Aufschluss Q018_V5a), besser jedoch bis zur OKG (ca. -0,79 m NHN), zu berücksichtigen.

7.4.3 Bodenaushub (Lösbarkeit und Wiederverwendbarkeit)

Für die Erschließung der Start- und Zielgrube müssen folgende Aushubmaterialien ausgebaut, gelagert, widereingebaut bzw. entsorgt werden:

- Kulturboden (geologische Einheit 0)
- Mudde (geologische Einheit 2)
- Torf (geologische Einheit 3)

Der Kulturboden ist separat zu lagern, vor Verdichtung und Austrocknung zu schützen und wird nach Beendigung der Bauarbeiten wieder als Kulturboden aufgebracht.

In jedem Fall müssen die Torfe der geologischen Einheit 3 und die damit assoziierte Mudden der geologischen Einheit 2 vor ihrer Verwertung auf Grundlage der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) geprüft werden. Auf Grundlage des Organikgehalts werden die Torfe und Mudden nach LAGA in Z2 eingestuft und dürfen auf dieser Grundlage eigentlich nicht wiederverwendet werden. Es wird empfohlen schon vor Beginn der Baumaßnahme mit den zuständigen Behörden zu sprechen, um eine Lösung zur Verwertung zu erarbeiten. Liegt der TOC-Wert (Total Organic Content) oberhalb des entsprechenden Zuordnungswertes, muss das Bodenmaterial nicht zwangsläufig beseitigt werden. Häufig kann und sollte es unter bestimmten Bedingungen verwertet bzw. wiederverwendet werden. Die LAGA M20 sieht in solchen Fällen eine Einzelfallprüfung vor.

Hinsichtlich Lösbarkeit bzw. hinsichtlich der gewerkspezifischen ATV DIN 18300:2019-09 wird die geologische Einheit 0 (Kulturboden) dem Homogenbereich HBE 0, die Mudde der geologischen Einheit 2 dem Homogenbereich HBE 2 und die geologische Einheit 3 (Torf) dem Homogenbereich HBE 3 zugewiesen. Die unter dem Torf liegenden Sande der geologischen

Einheit 4 sind dem Homogenbereich HBE 4 zuzuordnen. Die Bandbreiten der Bodenparameter der Homogenbereiche HBE 0 bis HBE 4 sind im Basisstreckenbericht /U1/ enthalten.

7.4.4 Baugrubenverfüllung

Zunächst wird darauf hingewiesen, dass die stark zusammendrückbaren Kleiböden, Mudden und Torfe der geologischen Einheiten 1 bis 3 nicht bis nur gering, in jedem Falle ‚unzureichend‘ verdichtbar sind. Mit nachträglichen Setzungen und Sackungen wäre zu rechnen. Torfe sind generell unmittelbar nach dem Aushub auszusondern und dürfen nicht mit in die Haufwerke B oder C gelangen.

Im Hinblick auf die angestrebte setzungs- und verformungsarme Verfüllung der dem Straßendamm und Drainagegraben relativ nahe liegenden Press- und Zielgruben sollten für die Haupt-Verfüllung bis zur Ebene von 0,60 m unter OKG verdichtungsfähige, nichtbindige Mineralbaustoffe aus

- weit- bis intermittierend gestuften, sandigen Kiesen bzw. Brechkorngemischen (Hartsteinschottern) der Bodengruppen [GW/GI] nach DIN 18196:2011-05 in den empfohlenen Sieblinienbereichen nach ZTVT StB95/2002 der Körnung 0/32...0/45

vorgesehen werden.

Alternativ zu dieser Haupt-Verfüllung der Baugruben mit nichtbindigen Mineralbaustoffen kann auch der Einbau von bindemittelstabilisiertem Aushubboden aus dem Haufwerk C bis zur Ebene von 0,60 m unter OKG erfolgen.

Als geeignete Stabilisierungsmethode wird in Anbetracht der im Haufwerk C gelagerten feinkörnigen Mudde- und Kleiböden eine

- Stabilisierung mit Mischbindemitteln als Kombination aus genormten hydraulischen Bindemitteln (z.B. CEM I, II, III) und Baukalken (z.B. CL 90, CL 80, DL 85, DL 80)

erachtet. Von einer reinen Kalkstabilisierung ist aus umwelt- und gesundheitsrelevanten Gesichtspunkten in Anbetracht der Nähe der Baumaßnahmen zu urbanen Siedlungsgebieten abzuraten.

Weitere Details zu den hierzu erforderlichen Eignungsprüfungen zur Ermittlung der optimalen Bindemittelart und –menge sind dem Geotechnischen Basisstreckenbericht zum BV ‚Neubau der Gashochdruckleitung ETL 180 Brunsbüttel – Hetlingen‘, Abschnitt 5.5.2.2, FUGRO Germany Land GmbH /U1/ zu entnehmen.

Mit diesen standsicheren und verformungsarmen Verfüllmaßnahmen wird sichergestellt, dass die Damm- und Grabenschultern sowie der Bereich des nebenliegenden Landwirtschaftsweges nicht horizontal deformieren und keine Böschungsbruchgefährdungen provoziert werden.

Alle diesbezüglichen Wiederverfüllmaßnahmen sind in Schichtlagen von jeweils ca. 30 cm durchzuführen und lagenweise auf einen Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100\%$ mit geeigneten Verdichtungsgeräten zu verdichten.

Lediglich im geländeoberflächennahen Abschluss können bindige, weich- bis steifkonsistente Böden des Haufwerkes B von $t = 0,60 - 0,30$ m unter OKG und nachfolgend der Mutterboden des Haufwerkes A (geologische Einheit 0 – HBE 0) bis zur Geländeoberkante eingebaut werden, da die Press- und Zielgruben zwar in Damm- bzw. Grabennähe liegen, jedoch bereits in den jeweiligen Randbereichen der Agrarflächen.

8. Bemerkungen

Die durchgeführten geotechnischen Felduntersuchungen haben verfahrensbedingt einen stichprobenartigen Charakter. Sie lassen für zwischenliegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu, so dass ein Baugrundrisiko verbleibt. Sollten sich im Verlauf der weitergehenden Bauarbeiten die Bodenverhältnisse örtlich anders darstellen als bis dato erkundet bzw. Unklarheit bestehen, so ist ein Mitarbeiter der Fa. Fugro bezüglich der im vorliegenden Gutachten ausgearbeiteten Bewertungen und Empfehlungen hinzuzuziehen.

Für den Aushub und die Verwertung bzw. Entsorgung der anstehenden Böden ist es in Vorfeld der Baumaßnahme erforderlich ein Entsorgungskonzept mit der zuständigen Abfallbehörde abzustimmen.

Die richtige Verwendung der bodenmechanischen Kennwerte sowie deren Überprüfung vor Ort obliegt den mit der Planung und Durchführung betrauten Fachingenieuren und Planern unter entsprechender Würdigung und Interpretation aller Belange zur geplanten Bauausführung und der angetroffenen geologischen und hydrologischen Verhältnisse.

Anlage A

Aufschlussdokumentation

- A.0 Erläuterungen der Abkürzungen und Symbole**
- A.1 Aufschlussdokumentation**
 - A.1.1 Rammkern- und Rammsondierprofile
 - A.1.2 Drucksondierungsprofile
- A.2 Geologischer Schnitt**

Anlage A.0

Erläuterungen der Abkürzungen und Symbole

A0 Erläuterungen der Abkürzungen und Symbole nach DIN 14688, DIN 4023 und DIN 18196

Symbole für Lockergestein

	Ton
	Schluff
	Sand
	Feinsand
	Mittelsand
	Grobsand
	Kies
	Feinkies
	Mittelkies
	Grobkies
	Steine
	Geröll
	Lehm
	Torf
	Aufschüttung
	Mutterboden
	Geschiebelehm
	Geschiebemergel
	Klei
	Mudde

Konsistenz / Lagerungsdichte

	breiig
	sehr weich / weich
	steif
	halbfest
	sehr locker / locker
	mitteldicht
	dicht
	sehr dicht
	nass

Laborergebnisse

×	Wassergehalt
○	Ausrollgrenze
●	Fließgrenze
○ ^{pl} ●	Plastizitätsindex
△	Feinanteil
☒	Kalkgehalt
■	Organischer Anteil

undrÄnierte Scherfestigkeit

△	Pocket penetrometer
○	Torvane
●	UU-triaxial

Grundwasser

	Grundwasserspiegel (angebohrt)
	Grundwasserspiegel (Ruhe)

Drucksondierung

	undrÄnierte Scherfestigkeit [kPa] (Nk=20)
	undrÄnierte Scherfestigkeit [kPa] (Nk=15)
	relative Lagerungsdichte [%] (K0=1)
	relative Lagerungsdichte [%] (K0=0,5)

Standard Penetration Test

x/x/x	Schlagzahl für 45 cm Eindringtiefe
x/x(x)	Abbruch - Schlagzahl (Eindringtiefe in cm)
R	Abbruch
i	ungültiger Test

	Bodenklasse nach DIN 18196
	Baugrundmodell / Schichtfolge

Anlage A.1

Aufschlussdokumentation

Anlage A.1.1

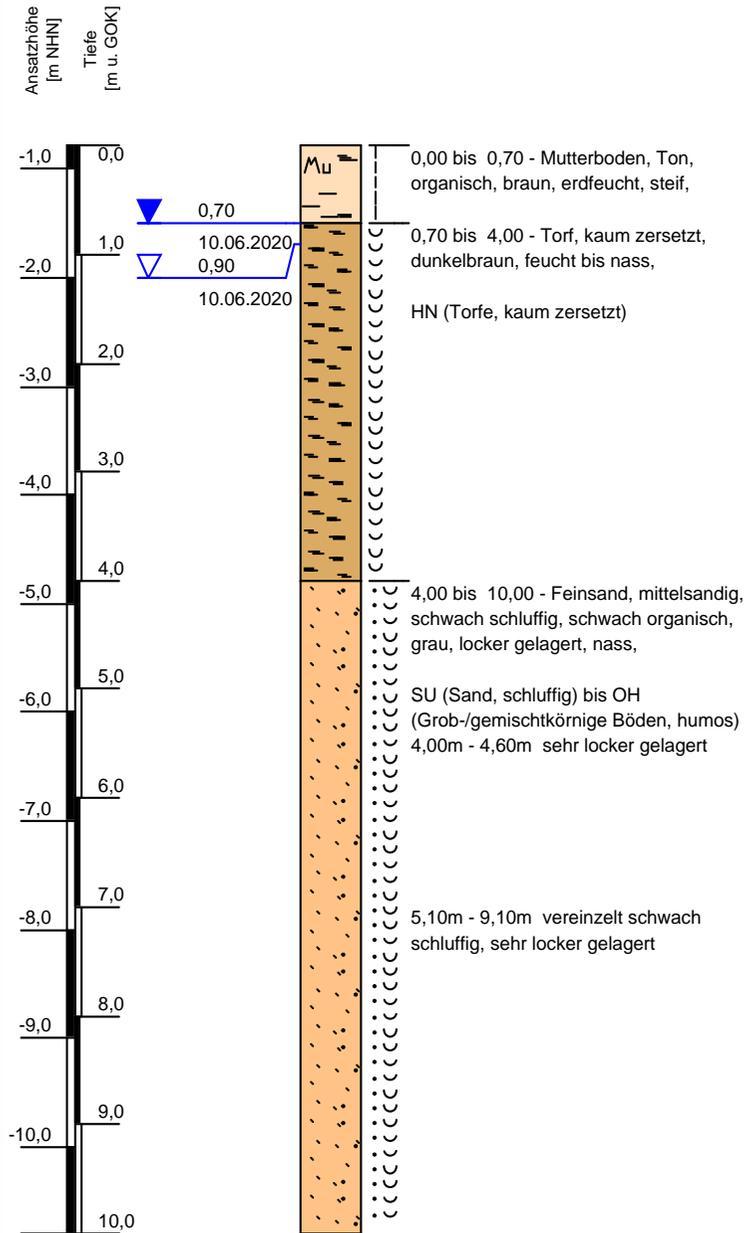
Bohrungen,

Rammkernsondierungen und

Leichte/Schwere

Rammsondierung

Rammkernsondierung
Q018_V5a



0,70		HBE-0			
	HBR-O2	HBE-3	HBB-O2	HBNB-O2	HBHD-O2
4,00					
	HBR-3	HBE-4	HBB-3	HBNB-3	HBHD-3
10,00					

Legende:

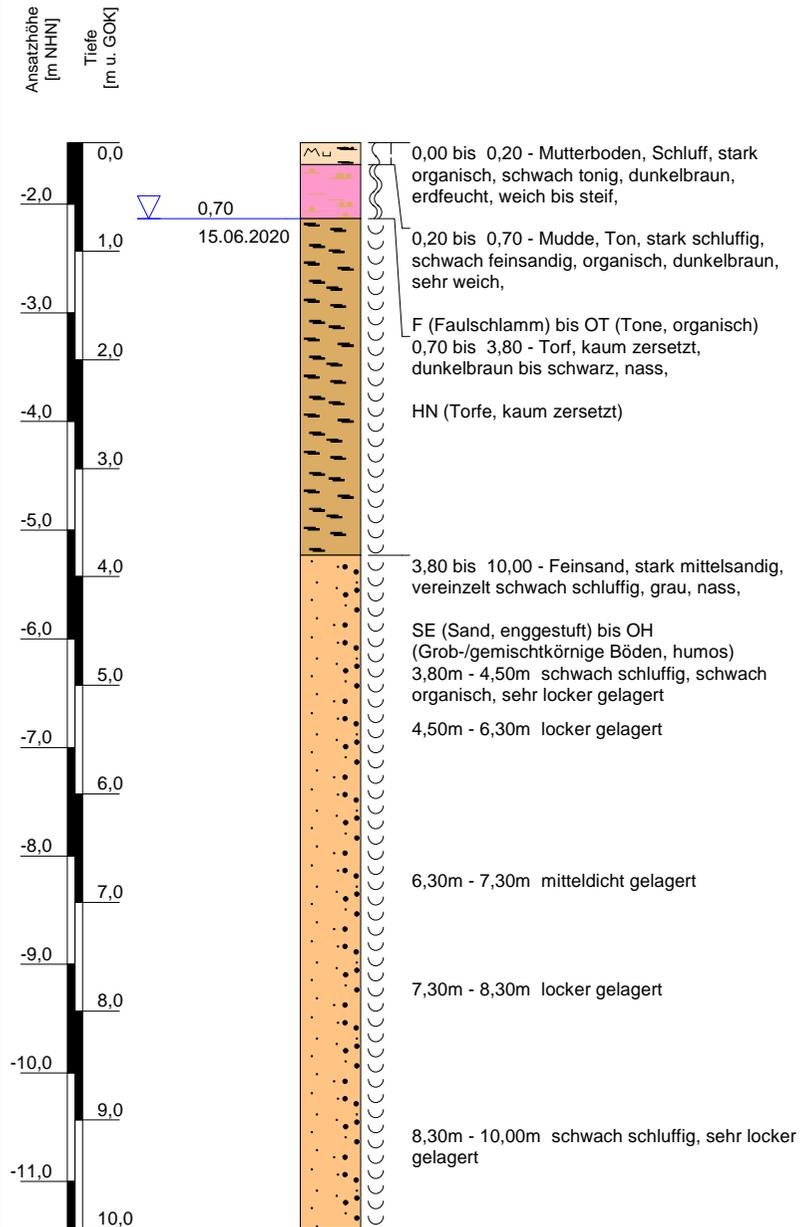
- HBR Homogenbereich Pfahlvortrieb HBNE Homogenbereich Nassbaggerarbeiten
- HBB Homogenbereich Bohrarbeiten HBHD Homogenbereich Horizontalspülbohrarbeiten
- HBE Homogenbereich Erdarbeiten

Höhenmaßstab: 1:70

Projekt: BGU zum BV "Neubau ETL 180 Brunsbüttel - Hetlingen"	
Lokation: Q018_V5a	Rechtswert: 540765
Auftraggeber: Gasunie Deutschland GmbH & Co. KG	Hochwert: 5951365
Projektnummer: 362-19-016	Ansatzhöhe: -0,79 m NHN
Sondierdatum: 10.06.2020	Endtiefe: 10,00 m u. GOK



Rammkernsondierung Q019_V5a



0,20		HBE-0			
0,70	HBR-1	HBE-2	HBB-1	HBNB-1	HBHD-1
	HBR-O2	HBE-3	HBB-O2	HBNB-O2	HBHD-O2
3,80					
	HBR-3	HBE-4	HBB-3	HBNB-3	HBHD-3
10,00					

Legende:

- HBR Homogenbereich Pfahlvortrieb HBNB Homogenbereich Nassbaggerarbeiten
- HBB Homogenbereich Bohrarbeiten HBHD Homogenbereich Horizontalspülbohrarbeiten
- HBE Homogenbereich Erdarbeiten

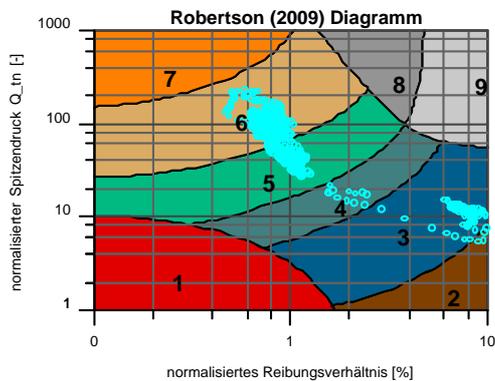
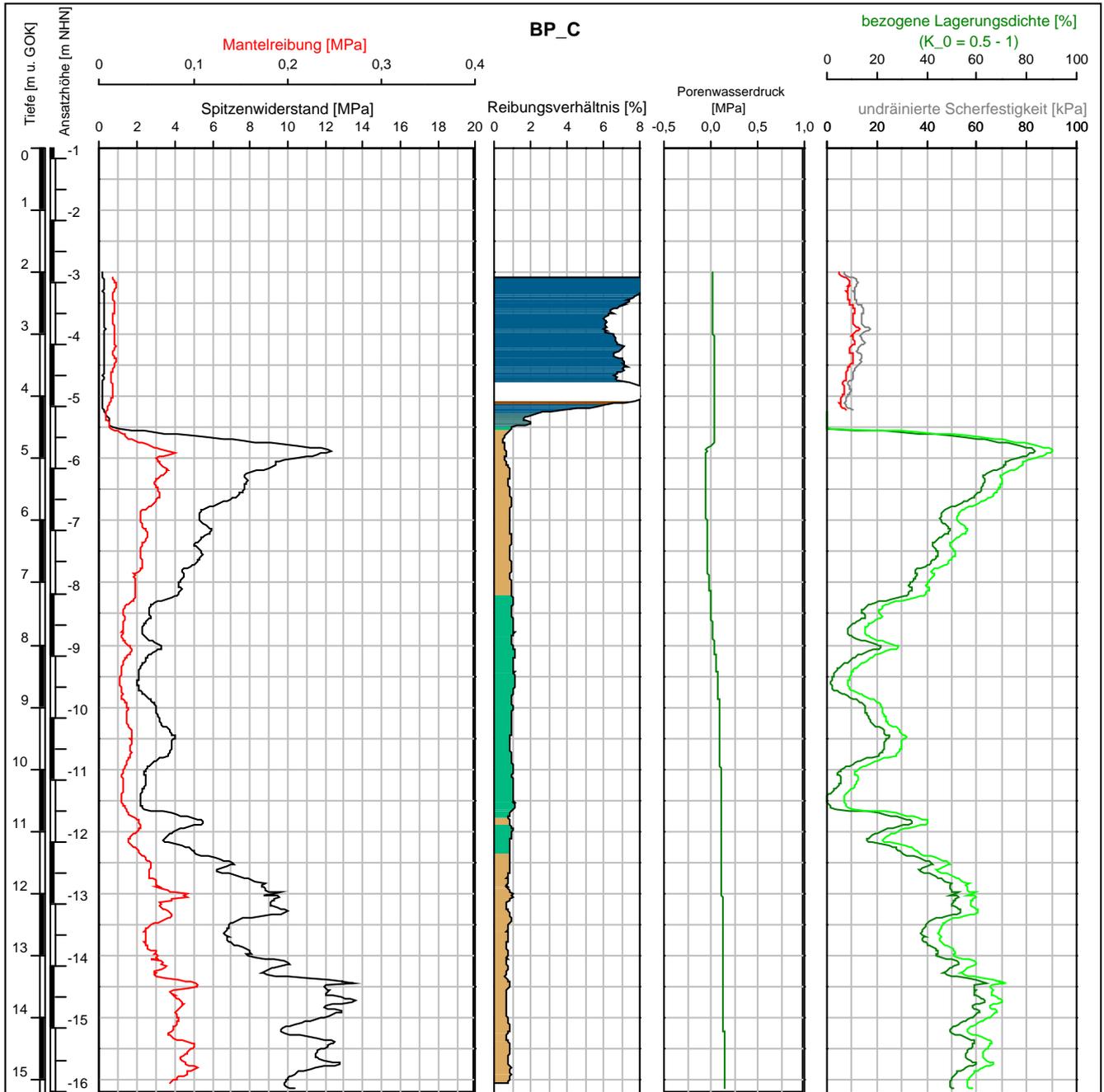
Höhenmaßstab: 1:70

Projekt: BGU zum BV "Neubau ETL 180 Brunsbüttel - Hetlingen"	
Lokation: Q019_V5a	Rechtswert: 540762
Auftraggeber: Gasunie Deutschland GmbH & Co. KG	Hochwert: 5951309
Projektnummer: 362-19-016	Ansatzhöhe: -1,43 m NHN
Sondierdatum: 15.06.2020	Endtiefe: 10,00 m u. GOK



Anlage A.1.2

Drucksondierungen



Legende (Farbgebung im Robertson (2009) Diagramm)

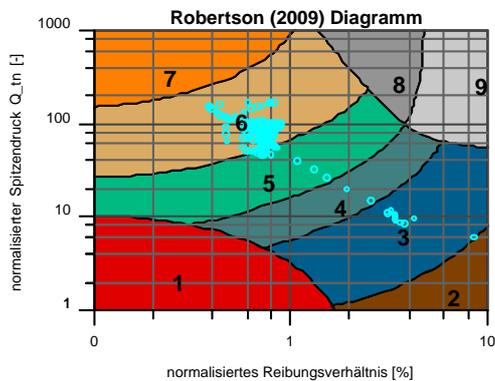
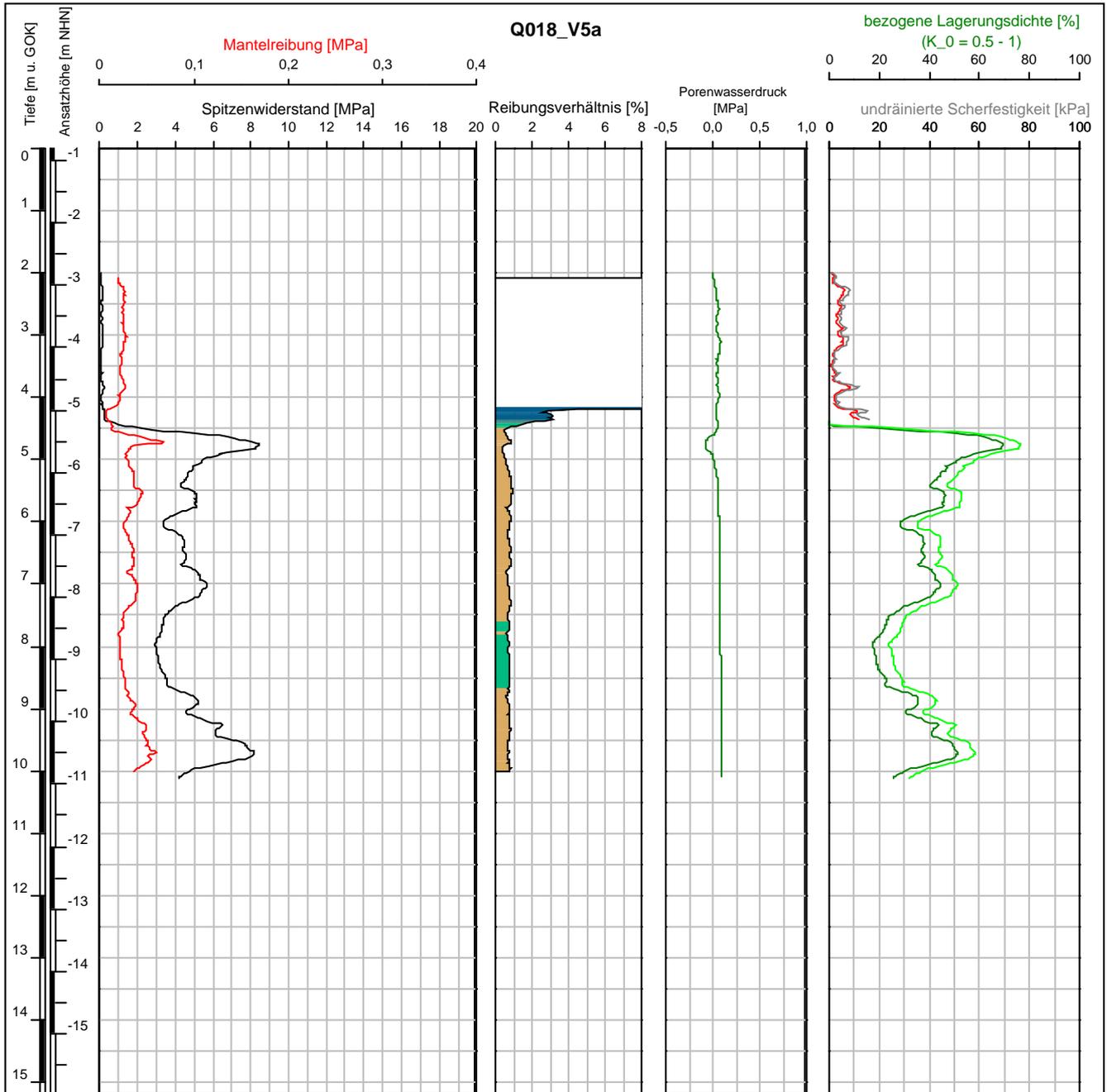
- 1 empfindlicher, feinkörniger Boden
- 2 organischer Boden - TORF
- 3 TON - Ton bis schluffiger Ton
- 4 Schluffgemische - toniger SCHLUFF bis schluffiger TON
- 5 Sandgemische schluffiger SAND bis sandiger SCHLUFF
- 6 SAND - reiner SAND bis schluffiger SAND
- 7 SAND - dichter Sand bis kieseliger Sand
- 8 sehr steifer sandiger TON bis toniger SAND*
- 9 sehr steifer feinkörniger Boden*

*überkonsolidiert oder zementiert

Höhenmaßstab: 1:100

Blatt 1 von 1

Projekt: BGU zum BV "Neubau ETL 180 Brunsbüttel - Hetlingen"		
Bohrung: BP_C		
Auftraggeber: Gasunie Deutschland GmbH & Co. KG	Rechtswert: 540801 m	
Bohrfirma: Fugro Germany Land GmbH	Hochwert: 5951379 m	
Bearbeiter: I. Brandt	Ansatzhöhe: -0,83 m NHN	
Datum: 17.12.2020	Endtiefe: 15,14 m u. GOK	



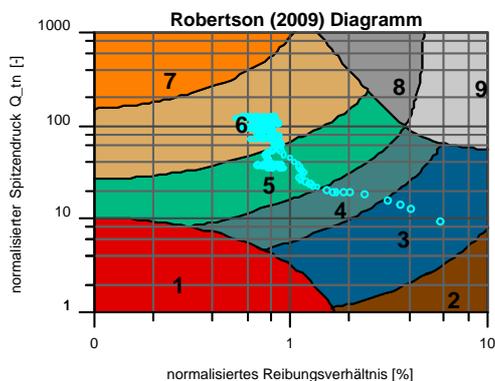
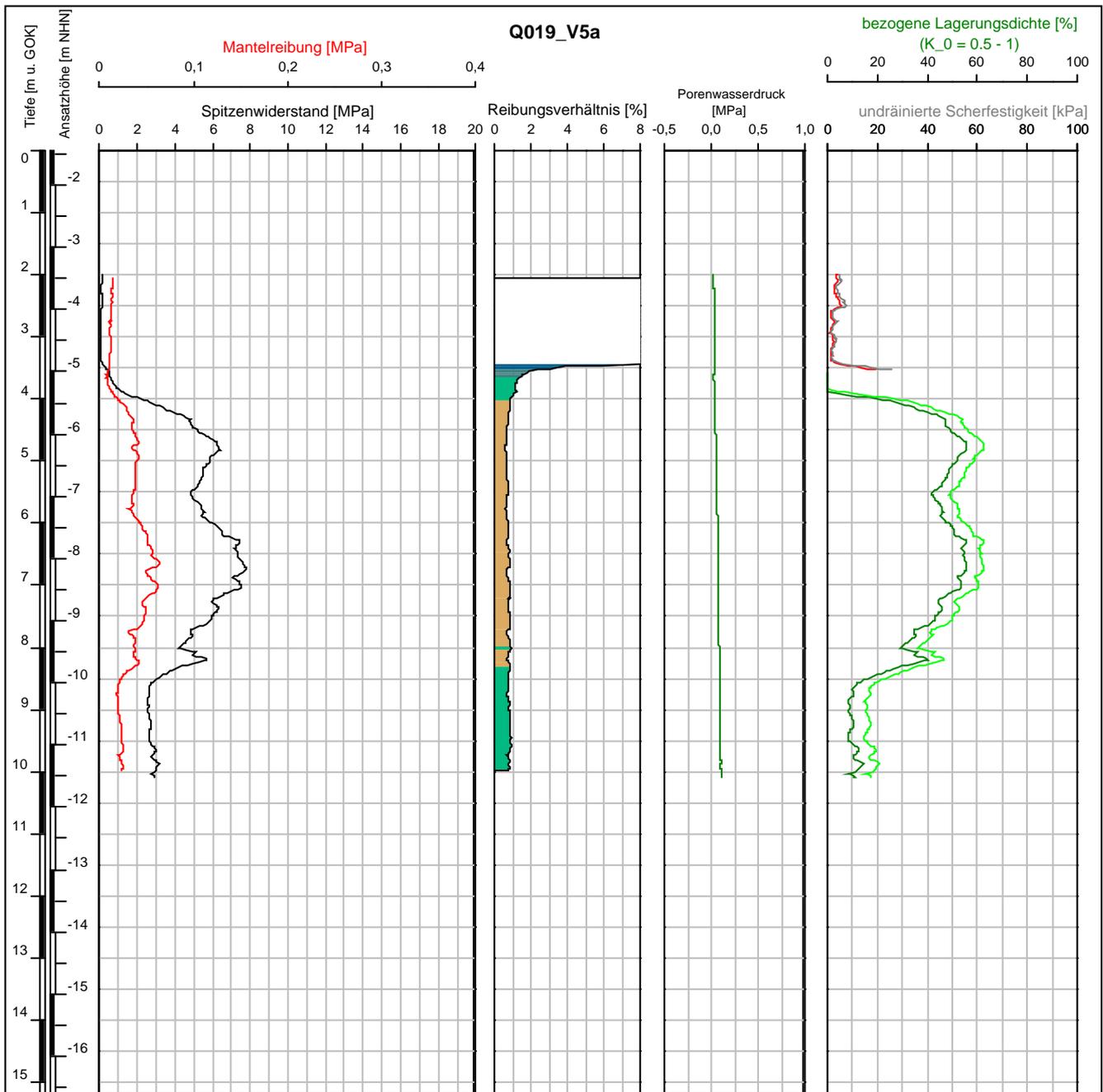
- Legende (Farbgebung im Robertson (2009) Diagramm)**
- 1 empfindlicher, feinkörniger Boden
 - 2 organischer Boden - TORF
 - 3 TON - Ton bis schluffiger Ton
 - 4 Schluffgemische - toniger SCHLUFF bis schluffiger TON
 - 5 Sandgemische schluffiger SAND bis sandiger SCHLUFF
 - 6 SAND - reiner SAND bis schluffiger SAND
 - 7 SAND - dichter Sand bis kieseliger Sand
 - 8 sehr steifer sandiger TON bis toniger SAND*
 - 9 sehr steifer feinkörniger Boden*
- *überkonsolidiert oder zementiert

Höhenmaßstab: 1:100

Blatt 1 von 1

Projekt: BGU zum BV "Neubau ETL 180 Brunsbüttel - Hetlingen"	
Bohrung: Q018_V5a	
Auftraggeber: Gasunie Deutschland GmbH & Co. KG	Rechtswert: 540765 m
Bohrfirma: Fugro Germany Land GmbH	Hochwert: 5951365 m
Bearbeiter: I.Brandt	Ansatzhöhe: -0,79 m NHN
Datum: 29.10.2020	Endtiefe: 10,12 m u. GOK





Legende (Farbgebung im Robertson (2009) Diagramm)

- 1 empfindlicher, feinkörniger Boden
- 2 organischer Boden - TORF
- 3 TON - Ton bis schluffiger Ton
- 4 Schluffgemische - toniger SCHLUFF bis schluffiger TON
- 5 Sandgemische schluffiger SAND bis sandiger SCHLUFF
- 6 SAND - reiner SAND bis schluffiger SAND
- 7 SAND - dichter Sand bis kieseliger Sand
- 8 sehr steifer sandiger TON bis toniger SAND*
- 9 sehr steifer feinkörniger Boden*

*überkonsolidiert oder zementiert

Höhenmaßstab: 1:100

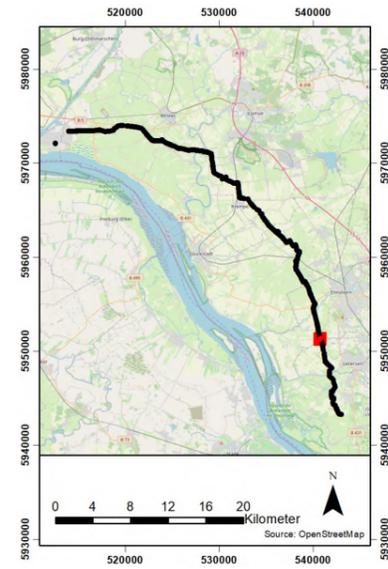
Blatt 1 von 1

Projekt: BGU zum BV "Neubau ETL 180 Brunsbüttel - Hetlingen"		
Bohrung: Q019_V5a		
Auftraggeber: Gasunie Deutschland GmbH & Co. KG	Rechtswert: 540762 m	
Bohrfirma: Fugro Germany Land GmbH	Hochwert: 5951309 m	
Bearbeiter: I.Brandt	Ansatzhöhe: -1,43 m NHN	
Datum: 29.10.2020	Endtiefe: 10,10 m u. GOK	

Anlage A.2

Profilschnitt

- Geografische Lage der Bohrpunkte -
- Angabe GK-Koordinaten -



Revision:	Objekt:
00	Pressung-15
Projekt:	
Neubau ETL 180 Brunsbüttel - Hetlingen	
Auftraggeber:	

Legende:

- HBR Homogenbereich Pfahlvortrieb
- HBE Homogenbereich Erdarbeiten
- HBB Homogenbereich Bohrarbeiten
- HBHD Homogenbereich Horizontalspülbohrarbeiten
- HBNB Homogenbereich Nassbaggerarbeiten

* aus "180_2_05_07_Bauwasserhaltungsabschnitte_10032021_rev03.xlsx" vom 10.03.2021, GME

Die Höhen- und Tiefenangaben von eventuellen Gräben, Straßen- und Bahnaufbauten, sowie die Geländeoberfläche, basieren auf den zu dem Zeitpunkt zur Verfügung gestellten Informationen („ETL180_Vermessungspunkte_201218.dxf“ vom 19.03.2021, GME). Bei der Ausführung der Querungsarbeiten müssen aktuelle Höhen- und Tiefenwerte berücksichtigt werden, falls Abweichungen vorliegen.

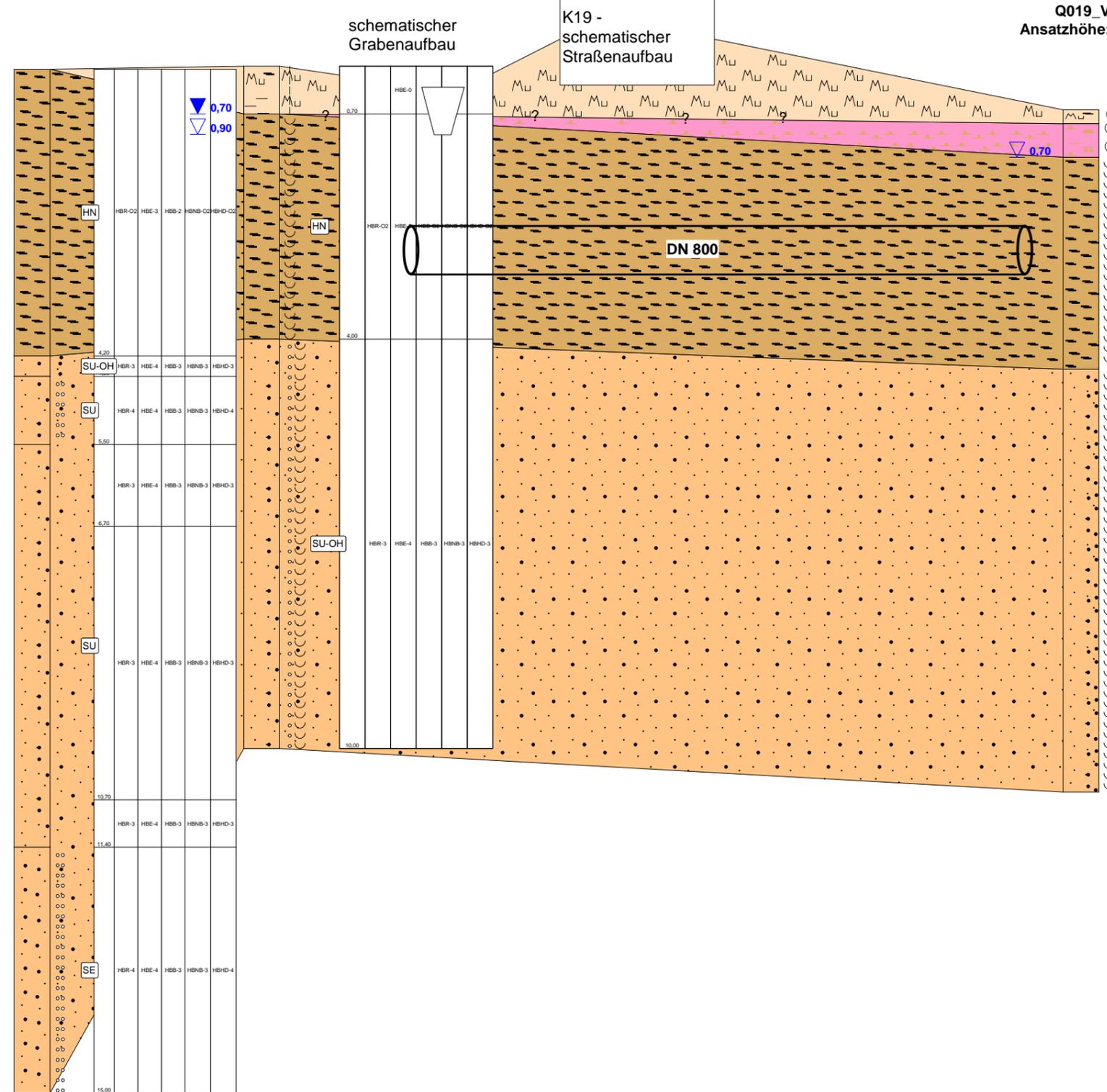
Ansatzhöhe [m ü. NN]



BP_C (aus CPT)
Ansatzhöhe: -0,83m

Q018_V5a
Ansatzhöhe: -0,79m

Q019_V5a
Ansatzhöhe: -1,43m



Ansatzhöhe [m ü. NN]

