



2019/131 – Hk/Ki/Gi – 28.02.2019

**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](mailto:info@b-b-i.de)  
[www.b-b-i.de](http://www.b-b-i.de)

**RAHMENVERTRAG NR.: 92251993  
FÜR GEOTECHNISCHE LEISTUNGEN  
LEISTUNGSANFRAGE LA 3373**

**LEISTUNGEN:  
KABELTIEFBAU ESTW WESTERLAND  
STRECKE 1210 ELSHORN - WESTERLAND  
10 OBJEKTE:  
KABELKANÄLE & ROHRDURCHLÄSSE  
KM 236.1+00 - KM 237.3+00 (STRECKE 1210)**

**Gutachten  
Beratung  
Planung  
Bauüberwachung  
Baugruddynamik  
Umwelttechnik**

**Geschäftsleitung**  
Dr.-Ing. Franjo Böckmann<sup>1</sup>  
Dr. rer. nat. Götz Hirschberg<sup>1</sup>  
Dr.-Ing. Fabian Kirsch<sup>1,2</sup>  
Dr.-Ing. Olaf Stahlhut<sup>1</sup>

**Partner**  
Dipl.-Ing. Peter Bahnsen<sup>1</sup>  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Sascha Henke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mitglieder der Hamburgischen  
Ingenieurkammer-Bau

<sup>2</sup> Anerkannter Prüfsachverständiger für  
den Erd- und Grundbau.

Verband Beratender Ingenieure

Zertifiziert gemäß:  
DIN EN ISO 9001: 2008



SCC (Safety Certificate Contractors)



**Geotechnischer Bericht**

**Auftraggeber:**

DB Netz AG  
Regionalbereich Nord  
I.NG-N-P(2)  
Hammerbrookstraße 44  
20097 Hamburg





## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. VERANLASSUNG .....	3
2. UNTERLAGEN .....	3
2.1 Planunterlagen .....	3
2.2 Richtlinien .....	4
2.3 Normen .....	4
3. TRASSENVERLAUF UND BAUGELÄNDE .....	7
4. UNTERSUCHUNGSPROGRAMM .....	7
5. UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE .....	8
5.1 Kabelquerung 1 (Kabelschacht) km 236,0+90 .....	8
5.2 Kabelquerung 2 km 236,1+35 .....	8
5.3 Kabelquerung 3 km 236,4+85 .....	9
5.4 Kabelquerung 4 km 236,6+40 .....	9
5.5 Kabelschacht km 236,8+40 .....	10
5.6 Kabelquerung 5 km 236,9+60 .....	10
5.7 Kabelquerung 6 km 237,1+60 .....	10
5.8 Kabelquerung 7 km 237,1+45 .....	11
5.9 Kabelquerung 8 (Kabelschacht) km 237,2+15 .....	11
5.10 Rohrdurchlass 1 km 236,3+30 .....	12
5.11 Rohrdurchlass 2 km 236,7+50 .....	12
6. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE .....	13
6.1 Kornverteilung .....	13
6.2 Wassergehalt .....	14
6.3 Glühverlust .....	15
6.4 Baugrundkennwerte für erdstatische Berechnungen .....	15
6.5 Abrasivität .....	17
6.6 Verklebungspotential und Separierfähigkeit .....	17
7. GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE .....	18
7.1 Grundwasserstände .....	18
7.2 Bemessungswasserstände .....	18

...



7.3 Beton- und Stahlaggressivität.....	19
8. ALLGEMEINE EINORDNUNG.....	21
8.1 Erdbebeneinwirkung.....	21
8.2 Geotechnische Kategorie.....	21
9. GRÜNDUNG DER KABELQUERUNGEN .....	21
9.1 Gründungstechnische Rahmenbedingungen .....	21
9.2 Gründungsempfehlung und Bemessungsprofile.....	22
9.3 Baugrubenverbau.....	24
10. AUSFÜHRUNGSHINWEISE ZU DEN ROHRDÜCHLÄSSEN.....	24
10.1 Gründungstechnische Rahmenbedingungen .....	25
10.2 Ausbildung der Schachtbauwerke .....	26
11. WASSERHALTUNG .....	27
12. HOMOGENBEREICHE.....	28
12.1 Gewerke .....	28
12.2 Sonstige Hinweise .....	29
13. ERGÄNZENDE HINWEISE .....	29
ANLAGENVERZEICHNIS .....	31

## **1. VERANLASSUNG**

Im Zuge des Rahmenvertrages Nr. 1000/EBO/92251993 für Geotechnische Leistungen wurde die BBI Geo- und Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH, Hamburg, seitens der DB Netz AG, Hamburg im Rahmen der Leistungsanfrage LA 3373 mit Geotechnischen Untersuchungen beauftragt [U 1], [U 2], [U 3].

Der hier vorliegende Geotechnische Bericht behandelt die geplanten Gleisquerungen in Form von 8 Kabelquerungen und 2 Rohrdurchlässen auf der Strecke 1210 Elms horn - Westerland von km 236.1+00 bis km 237.3+00.

## **2. UNTERLAGEN**

Nachfolgende Planunterlagen und Normen liegen dem vorliegenden Bericht zugrunde.

### **2.1 Planunterlagen**

- [U 1] Leistungsanfrage Nr.: 2486, Anfrage über Geotechnischen Leistungen gem. Ril 836.1002, DB Netz AG, 29.05.2019.
- [U 2] Bestellung 0016 / CD6 / 28703772, DB Netz AG - Regionalbereich Nord, 02.07.2019.
- [U 3] Bestellung 0016 / CD6 / 28703805, DB Netz AG - Regionalbereich Nord, 02.07.2019.
- [U 4] Ivl-Pläne: Ivl 1210 LV bis LX
- [U 5] GRE - Gauff Rail Engineering GmbH & Co. KG: Entwurfsplanung (Erläuterungsbericht) Bf Westerland (2. Baustufe), Anpassung der Infrastruktur, in den Bf Morsum und Bf Keitum, Stellwerksbereiche ESTW-Z Husum / ESTW-A Keitum, 1210 Elmshorn – Westerland, 02.08.2019.
- [U 6] GRE - Gauff Rail Engineering GmbH & Co. KG: ESTW Westerland Baugrunduntersuchung - Anforderungsprofil, Benötigte Ergebnisse der Geotechnischen Untersuchungen, o. D.
- [U 7] GRE - Gauff Rail Engineering GmbH & Co. KG; Kabeltiefbau ESTW Westerland, Lageplan, 06/2019.
- [U 8] Überprüfung der Fläche auf Kampfmittelbelastung: Kampfmittelräumdienst Schleswig-Holstein, 07.10.2019
- [U 9] Markert Baugrunduntersuchung, Eckernförde: Schichtenverzeichnisse, 11/2019.

...

[U 10] Baugrund Wolter, Lewitzrand: Schichtenverzeichnisse, 12/2019.

## **2.2 Richtlinien**

[U 11] Ril 836 – Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten, 5. Aktualisierung, 07/2018.

[U 12] Ril 819.2101 - Kabel; Planung von Kabeltrassen, Version 1.0, 05/2008.

[U 13] Arbeitsblatt DWA-A 125 - Rohrvortrieb und verwandte Verfahren, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., 12/2008.

## **2.3 Normen**

DIN 1054:2010-12	Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
DIN 18319:2016-09	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Rohrvortriebsarbeiten.
DIN 4017:2006-03	Baugrund – Berechnung des Grundbruchwiderstandes von Flachgründungen - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
DIN 4019, 2015-05	Baugrund - Setzungsberechnungen
DIN 4020:2010-12	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2
DIN 4085:2011-05	Baugrund - Berechnung des Erddrucks
DIN 4094:1990-12	Baugrund - Erkundung durch Sondierungen
DIN 4124:2012-01	Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
DIN 18123:2011-04	Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung

...

DIN 18128:2002-12	Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Glühverlustes
DIN 18196:2011-05	Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN EN 1997-1:2009-09	<p>Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009</p> <p>Hinweis: Die neuere Ausgabe 2014-03 der DIN EN 1997-1 ist zum Zeitpunkt des vorliegenden Berichtes bauaufsichtlich noch nicht eingeführt. Nach deren bauaufsichtlicher Einführung ist die Ausgabe 2014-03 zugrunde zu legen.</p>
DIN EN 1997-1/NA:2010-12	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
DIN EN 1997-2:2010-10	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds; Deutsche Fassung EN 1997-2:2007 + AC:2010
DIN EN 1997-2/NA:2010-12	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
DIN EN ISO 14688-1:2018-05	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2018
DIN EN ISO 14688-2:2018-05	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-1:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2018



- DIN EN ISO 17892-1:2015-03      Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts (ISO 17892-1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 17892-1:2014
- DIN EN ISO 17892-4:2017-04      Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung

### **3. TRASSENVERLAUF UND BAUGELÄNDE**

In dem Streckenabschnitt km 236.1+00 bis km 237.3+00 der Strecke 1210 sind gemäß den uns zur Verfügung gestellten Informationen [U 5] und [U 7] acht Kabelquerungen und zwei Rohrdurchlässe geplant.

Die geplanten Kabelquerungen werden als Betonkabelkanäle in offener Bauweise hergestellt. Eventuell erforderliche Kabelschächte werden eine Bauhöhe von ca. 2 m aufweisen und sollen ebenfalls in offener Bauweise erstellt werden.

Die Rohrdurchlässe sollen als Übergangsröhrverbindung mit Stahlrohr mittels eines unterirdischen Röhrvortriebs erstellt werden. Der geplante Nenndurchmesser des Stahlrohrs beträgt DN 400.

Die Lagepläne in Anlage 1.1 bis 1.3, die auf der Unterlage [U 7] basieren, zeigen die Lage und den Verlauf der geplanten Gleisquerungen.

### **4. UNTERSUCHUNGSPROGRAMM**

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse in Bereich des geplanten Kabeltiefbaus wurden im November und Dezember 2019 insgesamt 21 Sondierbohrungen bis in Tiefen von maximal 8,0 m ausgeführt. Darüber hinaus wurde zur Überprüfung der Lagerungsdichte der rolligen Böden und zur Beurteilung der Rammbarkeit neben den Sondierbohrungen jeweils eine schwere Rammsondierung bis in Tiefen von jeweils 8,0 m durchgeführt. Die Ansatzpunkte aller Sondierungen wurden vorgeschachtet. Aus diesem Grund beginnen die Messungen der Schlagzahlen erst ab einer Tiefe von jeweils 1,2 m.

Die Aufschlussarbeiten wurden durch die Fa. Markert Baugrunduntersuchung, Eckernförde und die Fa. Baugrund Wolter, Lewitzrand durchgeführt.

Die fachtechnische stichprobenartige Überwachung der Aufschlussarbeiten oblag unserem Ingenieurbüro.

Die Aufschlusspunkte wurden vom Bohrunternehmen lage- und höhenmäßig nach Anweisung des Auftraggebers auf Schienenoberkante bezogen eingemessen. Die genaue Lage der Aufschlusspunkte geht aus dem Lageplan der Anlage 1.1 bis 1.3 hervor. Die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse sind in Form von höhengerecht ausgerichteten Bohrprofilen (BS) und Sondierdiagrammen (DPH) in Anlage 2.1 bis 2.7 aufgetragen.

Den Bohrprofilen liegen die Schichtenverzeichnisse der Bohrunternehmer [U 9], [U 10] zugrunde, die von uns nach DIN 4022 überarbeitet und ergänzt wurden.

...

Da die untersuchte Fläche gem. Überprüfung auf Kampfmittelbelastung des Kampfmittelräumdienst Schleswig-Holstein NUIG [U 8] keine Kampfmittelverdachtsfläche ist, wurden die Sondierungen ohne die Begleitung eines Feuerwerkers gem. § 20 SprengG durchgeführt.

## **5. UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE**

### **5.1 Kabelquerung 1 (Kabelschacht) km 236,0+90**

An dem Standort der Kabelquerung 1 und des zugehörigen Kabelschachtes wurden die Sondierbohrung BS 6 und die schwere Rammsondierung DPH 6 bei km 236,0+90 ausgeführt (Anlage 2.1).

In der Sondierbohrung BS 6 wurde bis in eine Tiefe von 2,1 m eine sandige Auffüllung angetroffen. Die Auffüllung weist neben humosen Beimengungen auch Schotterbestandteile auf.

Unter den aufgefüllten Sanden folgen bis zu der Endteufe von 8,0 m gewachsene Sande mit schwach kiesigen und schluffigen Gemengeanteilen.

Die gewachsenen Sande sind gemäß den ausgeführten schweren Rammsondierungen mit Schlagzahlen von  $3 \leq N_{10} \leq 5$  bis in Tiefen von 2,6 m mitteldicht gelagert. Ab den vorgenannten Tiefen wurden bis zur Endteufe Schlagzahlen von  $9 \leq N_{10} \leq 26$  festgestellt, was einer dichten Lagerung entspricht.

### **5.2 Kabelquerung 2 km 236,1+35**

An dem Standort der Kabelquerung 2 bei km 236,1+35 wurden die Sondierbohrung BS 7 und die schwere Rammsondierung DPH 7 ausgeführt (Anlage 2.1).

In der Sondierbohrung BS 7 reicht die sandig-kiesige Auffüllung bis in eine Tiefe von 0,4 m. Wurzelreste und Schotter sind in der Auffüllung enthalten.

Unter der Auffüllung lagern bis in eine Tiefe von 2,1 m stark mittelsandige Feinsande. Darunter ist Geschiebelehm von steifer Konsistenz bis in eine Tiefe von 5,2 m vorhanden. Ab dieser Tiefe bis zur Endteufe von 8,0 m ist ein Sand mit schwach kiesig-schluffigen Anteilen vorhanden.

Die oberflächennah anstehenden Sande bis 2,1 m sind gemäß den ausgeführten schweren Rammsondierungen mit Schlagzahlen von  $7 \leq N_{10} \leq 10$  vorwiegend dicht gelagert. Die unteren gewachsenen Sande ab einer Tiefe 5,2 m sind mit Schlagzahlen von  $4 \leq N_{10} \leq 12$  bis zur Endteufe mind. mitteldicht gelagert.

### **5.3 Kabelquerung 3 km 236,4+85**

An dem Standort der Kabelquerung 3 bei km 236,4+85 wurden die Sondierbohrungen BS 16 und BS 17 und die schweren Rammsondierungen DPH 16 und DPH 17 ausgeführt (Anlage 2.3).

Bis in eine Tiefe von 0,7 m (BS 16) bzw. 1,5 m (BS 17) wurde eine sandige Auffüllung mit Schotter- und Organikbeimischungen erschlossen. Darunter folgt bis 3,4 m (BS 16) und 4,3 m (BS 17) ein Mittelsand, der grobsand- und feinsandführend ist, erschlossen.

Ein kaolinhaltiger, Lehmsand ist in der Bohrsondierung BS 16 bis in eine Tiefe von 5,0 m vorhanden. In der Bohrsondierung BS 17 streicht diese Schicht bis auf 0,3 m Dicke aus (von 4,3 m bis 4,6 m) und ist feinsandig. Unterhalb ist ein feinsandiger Mittelsand bis zur jeweiligen Endteufe vorhanden.

Der oberflächennah anstehende Sand bis rd. 1,5 m (BS 16) bzw. 2,0 m (BS 17) ist gemäß den ausgeführten schweren Rammsondierungen mit Schlagzahlen von  $5 \leq N_{10} \leq 17$  vorwiegend mitteldicht gelagert. Der kaolinhaltige Feinsand bzw. Lehmsand sowie die folgenden Sandschichten weisen eine vorwiegend dichte Lagerung bis zur Endteufe auf.

### **5.4 Kabelquerung 4 km 236,6+40**

An dem Standort der Kabelquerung 4 bei km 236,6+40 wurden die Sondierbohrungen BS 20 und BS 21 und die dazugehörigen schweren Rammsondierungen DPH 20 und DPH 21 ausgeführt (Anlage 2.3).

Oberflächennah ist bei der Sondierung BS 20 Schotter mit sandiger Beimischung bis 0,4 m Tiefe vorhanden. Ein aufgefüllter, sandig-organischer Oberboden wurde in der Sondierung BS 21 bis 0,7 m Tiefe erbohrt.

Die gewachsenen Sande stehen darunter bis zur Endteufe in 8,0 m Tiefe an. Die Kornfraktion besteht aus vorwiegend Mittelsand mit feinsandigem, grobsandigem und schluffigem Nebengemenge. In der Bohrsondierung BS 21 ist ab 2,6 m Tiefe eine 0,6 m mächtige kaolinhaltige Feinsandschicht eingeschaltet.

Die gewachsenen Sande weisen bis 1,1 m (BS 20) bzw. 1,7 m (BS 21) lockere Lagerungsverhältnisse auf ( $N_{10} \leq 4$ ). Darunter sind die Sande bis in eine Tiefe von rd. 2,0 m (BS 20) bzw. 3,0 m (BS 21) mindestens mitteldicht gelagert. Die dichte Lagerung der unteren Sande ab diesen Tiefen wird durch Schlagzahlen  $13 \leq N_{10} \leq 30$  bestätigt.



### **5.5 Kabelschacht km 236,8+40**

An dem Standort des Kabelschachtes bei km 236,8+40 wurde die Sondierbohrung BS 25 und die dazugehörige schwere Rammsondierung DPH 25 ausgeführt (Anlage 2.4).

In der Sondierbohrung BS 25 wurde oberflächennah bis 0,8 m Tiefe ein humoser Oberboden mit Pflanzen- und Wurzelresten angetroffen. Darunter stehen bis zur Endteufe von 8,0 m feinsandführende Mittelsande an, die im unteren Bereich schluffhaltig sind.

Im oberen Bereich bis 1,5 m weisen die Sande eine sehr lockere Lagerung auf. Die Schlagzahlen von  $3 \leq N_{10} \leq 7$  bestätigen von 1,5 m bis 2,3 m mitteldicht gelagerte Sande. Darunter deuten die Schlagzahlen von  $13 \leq N_{10} \leq 23$  bis zur Endteufe auf eine vorwiegend dichte Lagerung hin.

### **5.6 Kabelquerung 5 km 236,9+60**

An dem Standort der Kabelquerung 5 bei km 236,9+60 wurden die Sondierbohrung BS 26, BS 27 und BS 28 und die dazugehörigen schweren Rammsondierungen DPH 26, DPH 27 und DPH 28 ausgeführt (Anlage 2.5).

Eine organische, lehmige Auffüllung ist in BS 26 und BS 27 bis 0,7 m unter Geländeoberkante vorhanden. Dagegen besteht die Auffüllung der Sondierung BS 28 aus einem Sand der mit stark mit Schotter versetzt ist. In der Sondierung BS 28 wurde drüberhinaus eine geringmächtige Schluffmudde-Schicht erkundet (0,7 m - 1,4 m).

Anschließend folgt bis 4,5 m (BS 28), 6,3 m (BS 26) bzw. 7,0 m (BS 27) ein stark schluffiger Feinsand bzw. Lehmsand, der z. T. mit Schlufflinsen und -bändern durchsetzt ist. Darunter folgt bis zur Endteufe ein sandig-toniger Lehm, der eine steife Konsistenz aufweist.

Die Sande weisen im oberen Bereich bis etwa 2,0 m eine sehr lockere bis lockere Lagerung auf. Darunter lassen die Schlagzahlen auf vorwiegend mitteldicht gelagerte Sande schließen. Die Schlagzahlen der DPH 26 deuten auf vorwiegend dicht gelagerte Sande von 2,0 m bis 4,5 m Tiefe schließen. Die sandigen Schluffe sind bis zur Endteufe mind. mitteldicht gelagert.

### **5.7 Kabelquerung 6 km 237,1+60**

An dem Standort der Kabelquerung 6 bei km 237,1+60 wurden die Sondierbohrungen BS 30 und BS 31 und die dazugehörigen schweren Rammsondierungen DPH 30 und DPH 31 ausgeführt (Anlage 2.6).

Eine stark schotterhaltige, sandige Auffüllung wurde an der Oberfläche bis etwa 1,5 m (BS 30) bzw. 0,8 m (BS 31) erkundet. Bis in eine Tiefe von 2,9 m (BS 30) bzw. 3,8 m (BS 31) wurde eine Wechsellagerung aus Weichschichten von weicher bis weich-steifer Konsistenz angetroffen, die sich aus Lehm, Marschboden, organikhaltigen Schluffschichten sowie Mudde und Torfen zusammensetzt. Schilf- und Wurzelreste sowie humose Einlagerungen sind vorhanden. Darunter schließen sich bis zur Endteufe von 8 m mittel- bis feinsandige Schichten an, die schwach schluff- und kiesführend sind. In die Sande des Aufschlusses BS 30 ist von 3,9 m bis 4,2 m eine Muddelage eingeschaltet.

Bei den Weichschichten wurde eine weiche bzw. weich-steife Konsistenz festgestellt. Die darunter vorkommenden gewachsene Sande sind vorwiegend von dichter Lagerung ( $3 \leq N_{10} \leq 21$ ).

### **5.8 Kabelquerung 7 km 237,1+45**

An dem Standort der Kabelquerung 7 bei km 237,1+45 wurden die Sondierbohrungen BS 32 und BS 33 und die dazugehörigen schweren Rammsondierungen DPH 32 und DPH 33 ausgeführt (Anlage 2.7).

Der Auffüllungsboden ist bis 0,3 m aufgeschlossen und besteht aus Schotter bzw. einer sandigen, bauschutthaltigen Auffüllung. Darunter sind Weichschichten (Lehm- und Marschböden) von weicher bzw. weich-steifer Konsistenz bis etwa 1,5 m (BS 33) bzw. 1,7 m (BS 32) vorhanden. Fein- und Mittelsande, die bereichsweise grobsand-, kies- und schluffführend sind, folgen darunter bis zur Endteufe in 8 m Tiefe.

Die Lehmsande sind gem. der Schlagzahlenmessungen sehr locker bis locker gelagert. Bei den Weichschichten wurde eine weiche bzw. weich-steife Konsistenz festgestellt. Die Schlagzahlen von  $5 \leq N_{10} \leq 22$  bestätigen vorwiegend dicht gelagerte Sande bis zur Endteufe in 8 m Tiefe.

### **5.9 Kabelquerung 8 (Kabelschacht) km 237,2+15**

An dem Standort der Kabelquerung 8 und des Kabelschachtes bei km 237,2+15 wurden die Sondierbohrung BS 35 und die schwere Rammsondierung DPH 35 ausgeführt (Anlage 2.7).

Der Auffüllungsboden ist bis 0,7 m aufgeschlossen und besteht aus Schotter bzw. einer sandigen, bauschutthaltigen Auffüllung mit Wurzelresten. Anschließend folgen Weichschichten (Lehm- und Marschböden) von weicher bzw. weich-steifer Konsistenz bis etwa 2,1 m Tiefe. Fein- und Mittelsande, die bereichsweise grobsand-, kies- und schluffführend sind, folgen darunter bis zur Endteufe in 8 m Tiefe. Bereichswei-

se sind Schilfreste (2,1 m - 2,6 m) oder Muddestreifen (3,1 m - 4,4 m) in die Sande eingelagert.

Bei den Weichschichten wurde eine weiche bzw. weich-steife Konsistenz festgestellt. Bis in eine Tiefe von rd. 4 m unter Flur bestätigen die Schlagzahlen eine vorwiegend mitteldichte Lagerung der vorgefundenen Sande. Darunter wurden die Sande bis zur Endteufe in 8 m vorwiegend mit dichten Lagerungsverhältnissen festgestellt.

#### **5.10 Rohrdurchlass 1 km 236,3+30**

An dem Standort der Rohrdurchlass 1 bei km 236,3+30 wurden die Sondierbohrungen BS 11, BS 12 und BS 13 und die dazugehörigen schweren Rammsondierungen DPH 11 bis DPH 13 ausgeführt (Anlage 2.2).

Die sandige Auffüllung mit kiesigen und schluffigen Bestandteilen, reicht bis in eine Tiefe von 0,6 m (BS 12). Organische Substanz sowie Schlackeeinstreuungen sind bereichsweise vorhanden. Die Auffüllung fehlt im Bereich der Bohrsondierung BS 11.

Unter der Auffüllung -falls vorhanden- lagern bis in eine Tiefe von durchschnittlich 3,4 m Tiefe Mittelsande, die grobsand- und kiesführend sind.

Darunter ist ein kaolinführender Feinsand bis in eine durchschnittliche Tiefe von 4,5 m vorhanden. In der Bohrsondierung BS 13 ist ein Geschiebelehm vorhanden, der eine steife Konsistenz aufweist.

Unterhalb des Geschiebelehms bzw. der kaolinhaltigen Sande ist bis zur Endteufe von 8,0 m ein Mittelsand mit kiesig-feinsandigen Anteilen vorhanden.

Der obere Sand ist gemäß den ausgeführten schweren Rammsondierungen vorwiegend mind. mitteldicht gelagert. Der Sand ab etwa 4,0 m Tiefe ist vorwiegend dicht gelagert mit Schlagzahlen bis  $N_{10} \leq 30$ .

#### **5.11 Rohrdurchlass 2 km 236,7+50**

An dem Standort von Rohrdurchlass 2 bei km 236,7+50 wurden die Sondierbohrungen BS 23 und BS 24 und die dazugehörigen schweren Rammsondierung DPH 23 und DPH 24 ausgeführt (Anlage 2.4).

Ein aufgefüllter, sandig-schluffiger Oberboden ist bis in eine Tiefe von 0,9 m vorhanden. Wurzelreste und Humus sind in dieser Auffüllung enthalten.

Unterhalb des Oberbodens lagern im Bereich der Bohrsondierung BS 23 bis in eine Tiefe von 6,3 m grobsandführende, feinsandige Mittelsande. Darunter ist ein kaolin-

haltiger, mittelsandiger Feinsand bis in eine Tiefe von 8 m vorhanden. In der Bohrsondierung BS 24 ist unter dem Mittelsand von 3,2 m bis 5,4 m ein Geschiebelehm mit weich-steifer Konsistenz eingeschaltet. Darunter ist bis zur Teufe von 7,0 m eine feinsandige Grobsandschicht vorhanden. Anschließend ist ein schluffiger Sand mit Schlufflinsen bis zur Endteufe vorhanden.

Die oberflächennah anstehenden Sande bis 1,3 m sind gemäß den ausgeführten schweren Rammsondierungen mit Schlagzahlen von  $1 \leq N_{10} \leq 4$  sehr locker bis locker gelagert. Bis etwa 2,2 m (BS 23) bzw. 2,8 m (BS 24) sind die Sande mitteldicht gelagert. Darunter deuten die Schlagzahlen von  $6 \leq N_{10} \leq 24$  bis zur Endteufe auf eine mind. dichte Lagerung hin.

## 6. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE

Aus den im Rahmen der Untergrunderkundung angetroffenen Bodenschichten wurden repräsentative Bodenproben ausgewählt und in unserem bodenmechanischen Labor untersucht. Die Bodenansprache erfolgte nach DIN 4022.

Unter Berücksichtigung der geplanten Baumaßnahme und der vorhandenen Unterlagen wurden die folgenden bodenmechanischen Laborversuche durchgeführt:

- Bestimmen der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4:2017-04
- Bestimmen des Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1:2015-03
- Bestimmen des Glühverlusts nach DIN 18128:2002-12

Die ausgeführten bodenmechanischen Laborversuche sind in der Anlage 3.1 bis 3.4 tabellarisch zusammengefasst.

### 6.1. Kornverteilung

Zur Bodenklassifizierung wurden diverse Korngrößenverteilungen ermittelt (Anlage 4.1 bis 4.8). Die in Kapitel 5 beschriebenen Böden weisen folgende granulometrische Zusammensetzung auf:

Die fein- bis mittelsandigen Böden sind in der Anlage 4.1 zusammengestellt. Diese wurden im Bereich der Kabelquerung 7 bodenmechanisch untersucht. Mit einer Ungleichförmigkeitszahl von  $C_U = 2,5$  bis 3,8 handelt es sich um enggestufte Sande (SE).

Die schluffhaltigen Sande sind in der Anlage 4.2 zusammengefasst. Diese wurden anhand der Bodenproben aus den Bereichen der Kabelquerung 2 und 3 sowie der Ka-

belquerung 6 untersucht. Mit einer Ungleichförmigkeitszahl zwischen  $C_U = 3,0$  bis  $5,3$  handelt es sich um enggestufte Sandschluffe (SU).

Vorwiegend werden die erbohrten grobkörnigen, grobsandig-feinkiesigen Sande mit einer Ungleichförmigkeitszahl zwischen  $C_U = 3,6$  bis  $4,8$  eingestuft (vgl. Anlage 4.3). Es handelt sich um enggestufte Sande (SE) wobei im Vergleich zu den Sanden in Anlage 4.1 alle Sandfraktionen (fS bis gS) sowie Feinkiese vertreten sind. Diese Bodenart wurde anhand der Bodenproben aus den Aufschlüssen für die Rohrdurchlässe 1 und 2 sowie die Kabelquerungen 3 und 7 granulometrisch untersucht.

Die untersuchten kiesigen Sande sind in der Anlage 4.4 zusammengefasst. Nach der Auswertung der granulometrischen Untersuchungen werden diese Böden als weit bis intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische (SW, SI) bis Kies-Sand-Gemische (GW, GI) eingestuft. Die Ungleichförmigkeitszahl liegt zwischen  $C_U = 6,3$  und  $25$ . Diese Böden wurden im Bereich der Kabelquerung 1 und Kabelquerung 8 untersucht.

Weiterhin wurden schluffige und vorwiegend grobsandführende Sande bodenmechanisch untersucht (vgl. Anlage 4.5). Die Ungleichförmigkeitszahl liegt bei  $C_U = 3,6$  und es handelt sich demnach um enggestufte Sandschluffe (SU). Dieser Boden wurde in den Bodenproben der Kabelquerung 2 und 6 untersucht.

Die Lehmsande sind granulometrisch in der Anlage 4.6 dargestellt. Es handelt sich um eine Mischung aller Hauptkorngrößen wobei der Sandanteil mit  $> 70 \%$  dominiert. Diese Bodenart wurde in den Bodenproben aus den Aufschlüssen für die Kabelquerung 3 und 6 granulometrisch untersucht. Die Bodenart wird in die Bodengruppe SU\* eingestuft.

Der Geschiebelehm ist in der Anlage 4.7 zusammengefasst. Es handelt sich um sanddominierten Geschiebeboden mit einem Tongehalt zwischen  $20 \%$  und  $15 \%$ . Dieser Boden wurde aus dem Probenmaterial der Kabelquerung 2 und des Rohrdurchlasses 2 kornanalytisch untersucht. Die Bodenart wird in die Bodengruppe SU\* eingestuft.

Der Schluffboden, der im Bereich der Kabelquerung 5 festgestellt wurde, ist in der Kornverteilung in der Anlage 4.8 dargestellt. Der Schluffgehalt liegt bei  $> 60 \%$  und der Sandgehalt bei rd.  $30 \%$ . Die Bodengruppe entspricht der Klasse UL.

## **6.2. Wassergehalt**

Die Konsistenz von bindigen Böden ist, zusätzlich zu dem Gehalt an Feinkorn, abhängig von der aktuellen Bodenfeuchte. Deshalb wurde im Rahmen von insgesamt sieben Versuchen zur Wassergehaltsbestimmung gemäß DIN EN ISO 17892 der Porenwassergehalt des Bodens bestimmt (Anlage 3.1 bis 3.4).

Der Geschiebelehm zeigt einem Wassergehalt von 11,4 % (BS 7/4) bzw. 17,1 % (BS 23/3), was die *in-situ* festgestellte steife Konsistenz bestätigt. Gleiches gilt für den Lehm der Bohrsondierungen BS 13/4 und BS 26/6, bei dem jeweils ein Wassergehalt von 19,1 % ermittelt wurde.

Der Lehmsand ist wasserführend, was sich in einem Wassergehalt von 19,1 % (BS 31/8), 21,4 % (BS 27/3) und 25 % (BS 16/4) widerspiegelt. Gemäß der Kornverteilung (siehe Abschnitt 6.1) ist dieser Boden korngestützt weshalb keine Konsistenz festgelegt wird.

### **6.3. Glühverlust**

An drei ausgewählten Proben der Weichschichten wurde der Glühverlust gem. DIN 18128 ermittelt, um daraus den Gehalt an organischer Substanz in der Trockenmasse abzuleiten (Anlage 3). Dieser Parameter fließt in die Bestimmung der Bodenart ein. Die Laborergebnisse sind in dem Prüfbericht der Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Pinneberg in Anlage 5 zusammengestellt.

Repräsentativ für die Marsch wurde ein Gehalt an organischer Substanz von 23,7 Massen-% ermittelt, was einem stark humosen Boden entspricht.

Der Übergangshorizont von Marsch zu Schluff mit deutlichen Schilffresten (BS 30/4) weist einen geringen Gehalt an Organik von 3,3 Masse-% auf, was einem schwach humosen Boden entspricht.

Der zwischengeschaltete, organische Boden der BS 30/6 ist mit einem Gehalt an Organik von 45,5 Masse-% eine Mudde.

### **6.4. Baugrundkennwerte für erdstatische Berechnungen**

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse, der Laboruntersuchungen sowie unter Berücksichtigung von Erfahrungen mit vergleichbaren Böden können den angetroffenen Bodenschichten nachfolgende charakteristische Kennwerte gemäß DIN EN 1997-1 zugeordnet werden. Die Bodengruppen entsprechen der Klassifikation nach DIN 18196. In Tabelle 1 sind die Baugrundkennwerte für die angetroffenen Bodenschichten aufgelistet.

**Tabelle 1: Baugrundkennwerte der angetroffenen Böden**

Bodenschicht (Bodengruppe)	Wichte*	Scherfestigkeit		undrÄnierte Scherfes- tigkeit	DurchlÄs- sigkeit	Steifezahl
	$\gamma / \gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_k$ [°]	$c'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$k_f$ [m/s]	$E_{sk}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Auffüllung, sandig (A) [SE, SU, SW]	18/11	27,5	0	-	$1 \times 10^{-6}$ - $1 \times 10^{-4}$	10
Auffüllung, bindig (A) [UL, UM, UA]	17/11	22,5	0	-	$1 \times 10^{-8}$ - $1 \times 10^{-4}$	-
Lehm (L) steif, [SU, SU*, UL, UM]	21/11	30	10	40	$5 \times 10^{-9}$ - $5 \times 10^{-7}$	25
Geschiebelehm (Lg) weich- steif, [SU, SU*, UL, UM]	20/10	27,5	5	10	$1 \times 10^{-10}$ - $1 \times 10^{-8}$	10
Geschiebelehm (Lg) steif, [SU, SU*, UL, UM]	21/11	30	10	40	$5 \times 10^{-9}$ - $5 \times 10^{-7}$	25
Organische Böden, Mudde, Torf [F, HZ, OU, OH]	13/3	15	0	15	$1 \times 10^{-11}$ - $1 \times 10^{-8}$	0,5 - 1,5
Marsch (M), weich-steif [OT, OU, UA, UM]	18/10	22,5	5	10	$1 \text{ } \zeta 10^{-6}$ - $1 \text{ } \zeta 10^{-10}$	3 - 5
Lehmsande, (L/S), mind. mitteldicht, [SU, SU*]	20/11	30	0	—	$1 \text{ } \zeta 10^{-4}$ - $1 \text{ } \zeta 10^{-7}$	40
Sande (S), mitteldicht, [SE, SI, SW, SU, SU*]	20/11	32,5	0	—	$1 \text{ } \zeta 10^{-3}$ - $1 \text{ } \zeta 10^{-6}$	40
Sande (S), dicht, [SE, SI, SW, SU, SU*]	20/11	35	0	—	$1 \text{ } \zeta 10^{-3}$ - $1 \text{ } \zeta 10^{-6}$	60

\*Für Auftriebsnachweise sind die unteren charakteristischen Werte anzusetzen. Die unteren charakteristischen Werte ergeben sich durch eine Reduzierung der o. g. Werte um 2 kN/m<sup>3</sup> ( $\gamma$ ) bzw. um 1 kN/m<sup>3</sup> ( $\gamma'$ ).

## 6.5. Abrasivität

Die Abrasivität ist wesentlich für die beiden im Rohrvortrieb hergestellten Rohrdurchlässe von Bedeutung und wird nachfolgend diesbezüglich bewertet.

Alle Böden innerhalb des geplanten Rohrvortriebes sind als sanddominantes Lockergestein zu klassifizieren. Die petrographische Einordnung deutet auf eine primär quarzitisches Mineralzusammensetzung hin. Darüber hinaus wurden sehr geringe Anteile von Kiesen  $\leq 10$  Masse- % festgestellt. Im Zuge der Aufschlussarbeiten wurden keine Steine oder Blöcke angetroffen; ein Vorhandensein im Zuge der Ausführung kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Das Lockergestein wurde aufgrund der Sedimentationshistorie glazial transportiert und überprägt sowie fluviatil mehrfach umgelagert. Deshalb ist der ursprüngliche Kornverband aufgelöst und sie wurden als Einzelminerale abgelagert. Es wird davon ausgegangen, dass der Boden einen geringfügigen Widerstand gegenüber mechanischer Beanspruchung aufweist.

Der zu durchörternde, mindestens mitteldicht gelagerte Sand ist aufgrund des Grobsandgehalts als **abrasiv** zu klassifizieren (siehe Anlage 4.1 bis 4.3). Die kieshaltigen Sande (vgl. Anlage 4.4) werden als **stark abrasiv** eingestuft.

## 6.6. Verklebungspotential und Separierfähigkeit

Das Verklebungspotential ist wesentlich für die beiden im Rohrvortrieb hergestellten Rohrdurchlässe bedeutsam.

Bei den angetroffenen Böden neigen insbesondere die Böden mit hohem Feinkornanteil zu Verklebungen. In der Trasse für die Rohrdurchlässe wurden auf Basis der im Jahr 2019 ausgeführten Sondierungen vorwiegend keine bindigen Schichten angetroffen. Bereichsweise wurde Lehm erkundet (siehe Abschnitt 5.1). Insofern wird von einem geringen Verklebungspotenzial ausgegangen.

Sofern in der Vortriebsachse Ton mit einem Schlämmkornanteil von 100 % angetroffen würden, wäre von einem sehr hohen Verklebungspotential auszugehen. Diese Böden wurden jedoch vorliegend nicht erkundet.

Der erkundete bindige Geschiebelehm ist nur mit großem Aufwand zu separieren, was als nicht wirtschaftlich eingestuft wird. Es ist aber zu beachten, dass die Menge an zu durchfahrendem Geschiebelehm voraussichtlich gering sein wird.

## **7. GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE**

### **7.1 Grundwasserstände**

Die beim Niederbringen der Sondierbohrungen im Dezember 2019 angetroffenen Grundwasserstände sind neben den Profilsäulen auf der Anlage 2.1 bis 2.7 aufgetragen. Bei den geloteten Messwerten handelt es sich um nicht ausgepegelte Wasserstände im offenen Sondierloch.

Der Grundwasserspiegel wurde in allen Sondierbohrungen in einer Tiefe von 0,3 m (BS 32) bis 2,0 m (BS 27) unter Ansatzpunkt angetroffen. Die nach Beendigung der Sondierarbeiten geloteten Wasserstände liegen in der gleichen Tiefe bzw. sind im Dezimeterbereich angestiegen (z. B. BS 16) oder abgefallen (z. B. BS 27).

Damit liegen die Endwasserstände bei -0,37 m SO (BS 32) bzw. -2,29 m SO (BS 27 und BS 28).

### **7.2 Bemessungswasserstände**

Auf der Basis der angetroffenen Grundwasserverhältnisse werden unter Einbeziehung eines Sicherheitszuschlages für das anstehende Grundwasser Bemessungswasserstände empfohlen, die in der Tabelle 2 aufgeführt sind. Die dort aufgeführte Abkürzung GOK bezieht sich auf einen Bemessungswasserstand für den Bau- bzw. Endzustand in Höhe der aktuellen Geländeoberkante.

**Tabelle 2: Bau- und Endzustand der Bemessungswasserstände**

Objekt	Bohrpunkt [BS]	km	Höhe Ansatzpunkt [m SO]	Wasserstand [m SO]	Bemessungswasserstand	
					Bauzeitlich [m SO; GOK]	Endzustand [m SO; GOK]
Kabelquerung 1 + Kabelschacht	6	236.0+90	-0,14	-0,54	GOK	GOK
Kabelquerung 2	7	236.1+35	-0,07	-1,27	-0,8	GOK
Kabelquerung 3	16	236.4+85	-0,21	-1,71	-1,2	-0,7
	17	236.4+85	-0,08	-1,88		
Kabelquerung 4	20	236.6+40	-0,28	-1,88	-1,2	-0,7
	21	236.6+40	-0,04	-1,74		
Kabelschacht	25	236.8+40	-0,25	-1,85	-1,4	-0,9
Kabelquerung 5 + Kabelschacht	26	236.9+50	-0,08	-1,48	-1,0	GOK
	27	236.9+60	-0,19	-2,29		
	28	236.9+60	-0,18	-2,28		
Kabelquerung 6	30	237.1+60	-0,06	-1,26	GOK	GOK
	31	237.1+60	-0,09	-0,51		
Kabelquerung 7	32	237.1+45	-0,02	-0,37	GOK	GOK
	33	237.1+45	-0,27	-1,59		
Kabelquerung 8 + Kabelschacht	35	237.2+15	-0,04	-0,59	GOK	GOK
Rohrdurchlass 1	11	236.3+30	-0,78	-1,88	-1,1	-0,6
	12	236.3+30	-0,14	-1,74		
	13	236.3+30	-0,03	-1,63		
Rohrdurchlass 2	23	236.7+50	-0,51	-1,91	GOK	GOK
	24	236.7+50	-0,18	-0,98		

### 7.3 Beton- und Stahlaggressivität

Für die Bewertung der chemischen Grundwasserqualität hinsichtlich Beton- und Stahlaggressivität liegen Laborbefunde von Wasseruntersuchungen aus dem ange-  
troffenen Grundwasser vor. Die analysierten Proben wurde von dem Labor Gesell-  
schaft für Bioanalytik mbH, Pinneberg chemisch analysiert. Die Analyseergebnisse  
sind in der Anlage 5 beigelegt. Die Ergebnisse werden folgend in der Tabelle 3 zu-  
sammengestellt. Auffällige Parameter bzw. Indizes werden farblich hervorgehoben.

...

**Tabelle 3: Ergebnisse der chem. Analysen der Beton- und Stahlaggressivität**

			Betonaggressivität <sup>1)</sup>		Stahlaggressivität <sup>2)</sup>	
Objekt	Wasser- probe	Tiefe [m GOK]	Expositions- klasse	Maßgebli- cher Para- meter	Mulden- und Loch- korrosion	Flächenkorro- sion
Kabelquerung 1	WP 7	3,0	nicht angrei- fend	–	sehr gering	sehr gering
Kabelquerung 2	WP 7	3,0	nicht angrei- fend	–	sehr gering	sehr gering
Kabelquerung 3	WP 17	2,2	XA1	17 mg/l CO <sub>2</sub>	mittel	gering
Kabelquerung 4	WP 20	1,7	nicht angrei- fend	–	sehr gering	sehr gering
Kabelquerung 5	WP 27	2,0	XA1	30 mg/l CO <sub>2</sub>	gering	sehr gering
Kabelquerung 6	WP 31	5,1	nicht angrei- fend	–	sehr gering	sehr gering
Kabelquerung 7	WP 33	2,0	nicht angrei- fend	–	sehr gering	sehr gering
Kabelquerung 8	WP 31	5,1	nicht angrei- fend	–	sehr gering	sehr gering
Rohrdurchlass 1	WP 11	1,2	nicht angrei- fend	–	sehr gering	sehr gering
	WP 13	2,0	nicht angrei- fend	–	sehr gering	sehr gering
Rohrdurchlass 2	WP 23	1,5	XA1	33 mg/l CO <sub>2</sub>	gering	sehr gering
<sup>1)</sup> nach DIN 4030 Teil 1 (06/2008), Tabelle 4						
<sup>2)</sup> nach DIN 50929 Teil 3						

Von dem angetroffenen Grundwasser geht nur ein geringes Korrosions- oder Angriffsrisiko für Beton nach DIN 4030 aus. Es wurden Überschreitungen des Parameters Kohlendioxid bei den Wasserproben WP 17, WP 23 und WP 27 der Kabelquerung 3 und 5 sowie des Rohrdurchlasses 2 festgestellt. Demnach wird das Grundwasser in die Expositionsklasse XA1 eingestuft, wonach es sich um eine schwach chemisch angreifende Umgebung handelt. Die Hinweise hierzu in der DIN 1045 sind zu beachten.

Bei acht Wasserproben wurde das Grundwasser als nicht als betonangreifend eingestuft und es sind keine zusätzlichen Maßnahmen nach DIN 1045 erforderlich.

Bei der Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen ist auf Grundlage der Befunde vorwiegend von einer sehr geringen Loch- und Muldenkorrosion aus auszugehen. Die Wahrscheinlichkeit für eine Flächenkorrosion ist ebenfalls als sehr gering eingestuft.

Jedoch wird aus den Ergebnissen der Wasserproben WP 23 und WP 27 der Kabelquerung 5 sowie des Rohrdurchlasses 2 eine geringe Wahrscheinlichkeit für Loch- und Muldenkorrosion abgeleitet.

Eine mittlere Wahrscheinlichkeit für Loch- und Muldenkorrosion, sowie eine geringe Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion wurde im Grundwasser im Bereich der Kabelquerung 3 (WP 17) festgestellt.

## 8. ALLGEMEINE EINORDNUNG

### 8.1 Erdbebeneinwirkung

Die Baumaßnahme befindet sich gemäß der Karte der Erdbebenzonen nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 in keiner Erdbebenzone, sodass keine Maßnahmen gegen Erdbebeneinwirkung vorzusehen sind.

### 8.2 Geotechnische Kategorie

Das Bauvorhaben ist gemäß DIN 1054:2010-12 in die Geotechnische Kategorie GK 3 (Rohrdurchlässe) bzw. GK 2 (Kabelquerungen) einzustufen.

## 9. GRÜNDUNG DER KABELQUERUNGEN

Die geplanten Kabelquerungen werden gem. Planunterlage [U 5] als Betonkabelkanäle in offener Bauweise hergestellt. Hinweise zur Ausführung sind den folgenden Abschnitten zu entnehmen. Die Grundsätze für die Planung und Herstellung von Kabelquerungen, die als Unterquerung von Gleisanlagen dienen, sind der Ril 819, Modulgruppe 2101 entnommen [U 11].

### 9.1 Gründungstechnische Rahmenbedingungen

In dem vorliegenden Anforderungsprofil [U 6] ist eine Ausführung der geplanten Kabelquerungen in offener Bauweise geplant. Die Gründungsebene wird in einer Tiefe von > 1,5 m unter Schwellenoberkante angegeben. Dies entspricht den anzusetzenden Mindestüberdeckungen, die in der Ril 819.2101 [U 12] geregelt sind. Demnach ist für Kabelquerungen unter Schottergleisen eine Mindestüberdeckung von 1,5 m zwischen Schwellenoberkante und Oberkante des Trogzuges einzuhalten. Weiterhin wird in der Ril 819.2101 [U 12] der Außendurchmesser der Kabelstränge auf DN 110 festgesetzt. Unterhalb der Rohre ist von einer Bettungsschicht mit einer Stärke von 0,2 m auszugehen.

Demnach wird die **Gründungsebene der Kabelquerungen** bei ca. 1,8 m unter Schwellenoberkante angenommen bzw. etwa - **2,0 m SO**.

...

Eventuell erforderliche Kabelschächte an den Abzweigpunkten sollen eine Bauhöhe von ca. 2 m aufweisen und ebenfalls in offener Bauweise erstellt werden. Gemäß Ril 819.2101 [U 12] ist eine Bettung unterhalb der Kabelschächte von  $\geq 0,15$  m vorgesehen. Deshalb wird die **Gründungsebene der Kabelschächte** bei rd. 2,2 m unter Schwellenoberkante bzw. bei etwa **- 2,4 m SO** angenommen.

Zur genaueren Zuordnung der anstehenden Bodenarten wurde in Anlage 2.1 bis 2.7 die angenommene Gründungsebene den Bodenprofilen gegenübergestellt. Die in der Anlage 2.1 bis 2.7 dargestellten Profile dienen der Orientierung über die zu erwartenden Bodenverhältnisse im Trassenlängsschnitt. Lokal können davon abweichende Verhältnisse angetroffen werden.

Hinweis: Bei DB-eigenen Kabelquerungen bis DN 110 Außendurchmesser, die dem Eisenbahnbetrieb dienen und in offener Baugrube verlegt werden, kann die Mindestüberdeckungshöhe mit Einverständnis der anlagenverantwortlichen Stelle ggf. auf 1,0 m reduziert werden. Weiterhin sind die Hinweise der Ril 819.2101 [U 12] für die Herstellung einer Kabelquerung zu beachten.

## 9.2 Gründungsempfehlung und Bemessungsprofile

Gemäß der ausgeführten Untergrundaufschlüsse stehen vorwiegend tragfähige, gewachsene Sande bzw. Lehmsande in der Gründungsebene von - 2,0 m SO bei allen Kabelquerungen und Kabelschächten an. Es wird empfohlen, eine Bettungsschicht von ca. 0,2 m Stärke einzubauen und gemäß den untenstehenden Anforderungen zu verdichten.

Davon ausgenommen ist die **Kabelquerung 6**, wo organische Weichschichten ohne ausreichende Tragfähigkeit bis in eine Tiefe von rd. - 4,0 m SO erbohrt wurden. In diesem Bereich ist ein tiefergehender lokaler Bodenaustausch bis mindestens 0,5 m unterhalb der Gründungsebene erforderlich.

Für die anschließenden Auffüllungen bis zur Gründungssohle bzw. für den Aufbau der empfohlenen Bettungsschicht sind **gut verdichtungsfähige, ton- und schlufffreie Sande zu verwenden**. Der Füllsand ( $C_u > 3,0$ ) ist lagenweise einzubauen und so zu verdichten, dass eine mindestens mitteldichte Lagerung erreicht wird. Je nach gewähltem Prüfverfahren sind folgende Werte zum Nachweis der mindestens mitteldichten Lagerung zu bestätigen:

- Proctorversuch:  $D_{Pr} \geq 98 \%$
- statischer Plattendruckversuch:  $E_{v2} > 60 \text{ MN/m}^2$
- dynamischer Plattendruckversuch:  $E_{vd} > 30 \text{ MN/m}^2$

...

Auf Grundlage der ausgeführten Untergrundaufschlüsse wird für jede Kabelquerung ein separates Bemessungsprofil festgelegt. Die in der untenstehenden Tabelle 4 in fetter Schriftart dargestellten Böden repräsentieren den Baugrund mit ausreichenden Tragfähigkeitseigenschaften zum Abtrag von Vertikallasten. Dabei handelt es sich um mindestens mitteldicht gelagerte Sande und Sandlehme bzw. um mindestens steife bindige Böden. Der Vollständigkeit halber sind auch Böden aufgeführt, die diesen Anforderungen nicht entsprechen und aus geotechnischer Sicht keine ausreichende Tragfähigkeit besitzen (z. B. organische Weichschichten).

**Tabelle 4: Bemessungsprofile**

Objekt	Bohrpunkt [BS]	km	Bodenschicht <sup>1)</sup>	Kote, gemittelt [m SO]
Kabelquerung 1 + Kabelschacht	6	236.0+90	Auffüllung	0,0 bis - 2,0
			<b>Sande, mitteldicht</b>	<b>- 2,0 bis - 3,0</b>
			<b>Sande, dicht</b>	<b>- 3,0 bis - 8,0</b>
Kabelquerung 2	7	236.1+35	Auffüllung	0,0 bis - 0,5
			<b>Sande, dicht</b>	<b>- 0,5 bis - 2,0</b>
			<b>Geschiebelehm, steif</b>	<b>- 2,0 bis - 5,0</b>
			<b>Sande, mitteldicht</b>	<b>- 5,0 bis - 8,0</b>
Kabelquerung 3	16, 17	236.4+85	Auffüllung	0,0 bis - 1,5
			<b>Sande, dicht</b>	<b>-1,5 bis - 3,5</b>
			<b>Lehmsand, dicht</b>	<b>-3,5 bis - 5,0</b>
			<b>Sande, dicht</b>	<b>- 5,0 bis - 8,0</b>
Kabelquerung 4	20, 21	236.6+40	Auffüllung	0,0 bis - 1,0
			Sande, locker	- 1,0 bis - 2,0
			<b>Sande, mitteldicht</b>	<b>- 2,0 bis - 4,0</b>
			<b>Sande, dicht</b>	<b>- 4,5 bis - 8,0</b>
Kabelschacht	25	236.8+40	Oberboden	0,0 bis - 1,0
			Sande, locker	- 1,0 bis - 2,0
			<b>Sande/Lehmsand mitteldicht</b>	<b>- 2,0 bis - 6,0</b>
			<b>Lehm, steif</b>	<b>- 6,0 bis - 8,0</b>
Kabelquerung 5 + Kabelschacht	26, 27, 28	236.9+50	Auffüllung	0,0 bis - 1,0
			Sande, locker	- 1,0 bis - 2,0
			Geschiebelehm, weich-steif	- 3,5 bis - 5,5
			<b>Sande, dicht</b>	<b>- 5,5 bis - 7,0</b>
			<b>Lehm, steif</b>	<b>- 7,0 bis - 8,0</b>
Kabelquerung 6	30, 31	237.1+60	Auffüllung	0,0 bis - 1,0
			Weichschichten (Organische Böden, Lg w.-st., & Marsch)	- 1,0 bis - 4,0
			<b>Sande, dicht</b>	<b>- 4,0 bis - 8,0</b>

Objekt	Bohrpunkt [BS]	km	Bodenschicht <sup>1)</sup>	Kote, gemittelt [m SO]
Kabelquerung 7	32, 33	237.1+45	Auffüllung	0,0 bis - 0,5
			Weichschichten (Organische Böden, Lg w.-st., & Marsch)	- 0,5 bis - 2,0
			<b>Sande, dicht</b>	<b>- 2,0 bis - 8,0</b>
Kabelquerung 8 + Kabelschacht	35	237.2+15	Auffüllung	0,0 bis - 1,0
			Weichschichten (Organische Böden, Lg w.-st., & Marsch)	- 1,0 bis - 2,0
			<b>Sande, mitteldicht</b>	<b>- 2,0 bis - 4,0</b>
			<b>Sande, dicht</b>	<b>- 4,0 bis - 8,0</b>
			<b>Sande, dicht</b>	<b>- 4,5 bis - 8,0</b>

<sup>1)</sup>Die in fetter Markierung hervorgehobenen Schichten sind als tragfähig eingestuft.

### 9.3 Baugrubenverbau

Zur Herstellung der Kabelquerungen und der Schächte kann außerhalb der Bahngleise eine geböschte Baugrube gem. DIN 4124 ausgeführt werden, sofern nicht andere, derzeit nicht erkennbare Zwänge dem entgegenstehen.

Wo eine Gleisquerungen erfolgt, wird die Ausführung eines vertikalen Grabenverbau im Schutz von Verbaukästen oder gleichwertigen Verbausystemen empfohlen. Es ist im Vorfeld statisch zu prüfen, inwieweit eine Innenaussteifung des Verbau zur Ausführung kommen muss.

Nach dem derzeitigen Planungsstand und den o. g. Angaben liegt die Aushubsohle bei etwa - 2,0 m SO; bei den Schächten in einer Tiefe von ca. -2,4 m SO. Die Baugrubensohlen liegen damit unterhalb des angetroffenen Grundwassers (siehe Abschnitt 7.2), so dass eine Wasserhaltung erforderlich wird.

Der Verbau ist nach statischen Erfordernissen zu bemessen. Im Übrigen sind bei der Bemessung die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) sowie die Vorgaben der DIN 4124 zu berücksichtigen.

## 10. AUSFÜHRUNGSHINWEISE ZU DEN ROHRDÜCHLÄSSEN

Für die Herstellung der Rohrleitungsdurchlässe, ist nach Informationen des Büros GRE - Gauff Rail Engineering GmbH & Co. KG, Berlin ein dynamischer Rohrvortrieb geplant. Unter der Berücksichtigung des Bodenaufbaus ist ein geeignetes Verfahren z. B. die Herstellung mittels einer Horizontalpressbohrung [U 13]. Ein dynamischer Rohrvortrieb mit der Horizontalramme/-presse mit offenem Rohr ist gem. DWA-Arbeitsblatt A 125 [U 13] in den vorliegend erkundeten, überwiegend nichtbindigen Böden nicht zulässig.

Hinweise zur Ausführung sind den folgenden Abschnitten zu entnehmen. Die Grundsätze für die Planung und Herstellung von Rohrleitungen, die als Unterquerung von Gleisanlagen dienen, sind der Ril 836, Modulgruppe 45xx entnommen [U 11]. Weiterhin wird auf die Ausführungen des DWA-Arbeitsblatts A 125 verwiesen [U 13].

## 10.1 Gründungstechnische Rahmenbedingungen

An den geplanten Rohrdurchlässen werden Stahlrohre mit einem Nenndurchmesser von DN 400 eingebracht. Die erforderliche Mindestüberdeckung ist in der Ril 836 [U 11] geregelt. Demnach ist für Rohrdurchlässe unter Gleisanlagen eine Mindestüberdeckung von 1,5 m zwischen Schwellenoberkante und Oberkante des Rohrzugs einzuhalten. Weiterhin ist gemäß DWA-Arbeitsblatt A 125 bei einer Nennweite von DN 400 eine Mindestüberdeckung von 1,7 m für das Horizontalpressbohrverfahren empfohlen ( $h_{\bar{u}} \geq 2,5 \times D_a + 0,7 \text{ m}$ , [U 13]). Bei biegesteifen Rohren mit einem Durchmesser von  $< 1 \text{ m}$  kann die Überdeckungshöhe gemäß Ril 836 ggf. auf bis zu 0,5 m reduziert werden [U 11]. Diese Möglichkeit ist durch den Planungsverantwortlichen im Rahmen der weiteren Planungen zu klären. Unter Zugrundelegung der erkundeten Bodenverhältnisse sowie der Anforderungen gemäß o. g. einschlägiger Empfehlungen und Richtlinien empfehlen wir, eine **Mindestüberdeckung von mindestens -1,7 m unter Schwellenoberkante** nach den Vorgaben in [U 13] bei einem Nenndurchmesser DN 400 einzuhalten.

Unter Zugrundelegung einer Schwellenstärke von 0,2 m, einem Rohrdurchmesser von 0,4 m liegt die **Sohlebene** des Rohrdurchlass 1 und Rohrdurchlass 2 in einer Tiefe von **-2,3 m SO**.

In der Anlage 2. 2 und Anlage 2.4 wird die angenommene Sohlebene des Rohrvortriebs den erkundeten Bodenprofilen gegenübergestellt. Dies dient der Orientierung über die zu erwartenden Bodenverhältnisse im Trassenlängsschnitt. Abweichende Verhältnisse im Zuge der Ausführung sind nicht ausgeschlossen.

In dieser Tiefe stehen gemäß der ausgeführten Untergrundaufschlüsse vorwiegend grobkörnige Sande an, die bereichsweise kiesführend sind (siehe Anlage 4.2 bis 4.5). Im Zuge der Sondierarbeiten wurden keine nennenswerten Hindernisse in Form von Steinen oder Blöcken angetroffen, es ist aber nicht ausgeschlossen, dass dennoch Hindernisse vorhanden sein können.

In der untenstehenden Tabelle 5 sind in fetter Schriftart die Böden dargestellt, die im Zuge der Herstellung voraussichtlich durchfahren werden.

**Tabelle 5: Bemessungsprofile**

Objekt	Bohrpunkt [BS]	km	Bodenschicht <sup>1)</sup>	Kote, gemittelt [m SO]
Rohrdurchlass 1 Start- und Zielgrube	11, 12, 13	236.3+30	Oberboden	0,0 bis - 1,0
			<b>Sande, mitteldicht</b>	<b>- 1,0 bis - 3,0</b>
			Geschiebelehm, steif	- 3,0 bis - 4,5
			Sande, dicht	- 4,5 bis - 8,0
Rohrdurchlass 2 Start- und Zielgrube	23, 24	236.7+50	Auffüllung	0,0 bis - 1,5
			<b>Sande, mitteldicht</b>	<b>- 1,5 bis - 3,5</b>
			Geschiebelehm, weich-steif	- 3,5 bis - 5,5
			Sande, dicht	- 5,5 bis - 7,0
			Lehm, steif	- 7,0 bis - 8,0

Die Bemessungswasserstände sind der Tabelle 2 aus Abschnitt 7.2 zu entnehmen. Der bauzeitliche Bemessungswasserstand ist für die Trasse des Rohrdurchlasses 1 in einer Tiefe von - 1,1 m SO empfohlen; für Rohrdurchlass 2 liegt dieser in Höhe der derzeitigen Geländeoberkante, wodurch die zu durchfahrenden Böden als grundwasserführend anzunehmen sind.

Die Ausführungen zum Verklebungspotential im Abschnitt 6.6 sowie zur Abrasivität im Abschnitt 6.5 sind bei der weiteren Planung zu beachten.

Es ist zu beachten, dass die geplanten Querungen gem. [U 11] die Bahnanlagen rechtwinklig kreuzen und nicht unter Weichen (Kreuzungen), Schienenauszügen oder Schienenstößen verlaufen sollen. Weiterhin sind die Hinweise der Ril 836 [U 11] für die Herstellung von Durchlässen unter den Bahngleisen zu beachten.

## 10.2 Ausbildung der Schachtbauwerke

Für die Start- und Zielbaugruben > 2 m der Rohrdurchlässe bietet sich die Herstellung eines senkrechten Verbaus im Form eines Trägerbohlverbaus an. Die Baugrubenwände sind nach statischen Erfordernissen und unter Einhaltung der definierten maximalen Verformung zu bemessen.

Die Baugrubenwände sind auf den Erddruck zu bemessen. Um Setzungen im Bereich der Gleisanlagen zu begrenzen, ist der erhöhte, aktive Erddruck

$$E_{h,k} = 0,50 \times (E_{0h,k} + E_{ah,k})$$

bei der Ausführung des Verbaus anzusetzen. Sollten Verformungen nahezu gänzlich ausgeschlossen werden, ist für die Bemessung der Erddruck zu berücksichtigen.

...

Die Hinweise des DWA- Arbeitsblatts A 125 [U 13] sowie der Ril 836 [U 11] und die DIN 4124:2012-01 sind bei der Planung der Baugruben für die Schachtbauwerke zu beachten.

## **11. WASSERHALTUNG**

Die geloteten Wasserstände (siehe Abschnitt 7.1) ergeben, dass ein Grundwasseranschnitt in Tiefen von -0,37 m SO bis -2,29 m SO erfolgt. Die Bemessungswasserstände (siehe Tabelle 4) ergeben, dass die geplanten Gründungsebenen in der Regel in das Grundwasser eintauchen. Ein ausreichender Abstand zum Grundwasserspiegel ist bei keinem Standort gegeben und die Herstellung der Kabelquerungen und -schächte sowie der Rohrdurchlässe findet somit unter Grundwassereinfluss statt.

Bei in Gründungsebene anstehendem Grundwasser ist in Ergänzung zur offenen Tagwasserhaltung zusätzlich eine temporäre Absenkung mittels Vakuumanlagen vorzusehen. Das Grundwasser ist dabei bis ca. 0,5 m unterhalb der Gründungssohle der Kabelquerungskanäle sowie der Schächte abzusenken. Um die Reichweite der Grundwasserabsenkung räumlich zu begrenzen, sollte eine abschnittsweise Herstellung der Kabelquerungen angestrebt werden. Für die Wasserhaltung sind hydraulische Berechnungen zur Dimensionierung und zur Überprüfung der Auswirkungen durchzuführen.

Für die Dauer der Bauzeit sollte insbesondere in der niederschlagsreichen Periode zusätzlich eine Tagwasserhaltung vorgehalten werden, mit der eventuell auftretendes, kurzzeitiges Niederschlagswasser schnell gefasst werden kann. Eine Versickerung von Niederschlagswasser in den Untergrund ist bei dem anstehenden Grundwasser und z. T. vorhandenen feinkörnigen Böden nicht ohne weiteres möglich.

Sofern bei der Ausführung kein Grundwasser angetroffen wird, ist eine offene Wasserhaltung mittels Flächendränge (d = 0,20 m) und Pumpensümpfen ausreichend.

Es ist vorab mit den genehmigenden Behörden zu klären, ob die potentiellen Wassermengen gefasst werden können und inwieweit Möglichkeiten einer Einleitung des geförderten Grundwassers vorhanden sind.

Hinsichtlich der Herstellung der Rohrdurchlässe im Vortriebsverfahren ist das Verfahren auf eine Herstellung der Rohrdurchlässe unter Wasser auszulegen.

## 12. HOMOGENBEREICHE

### 12.1 Gewerke

Für eine Ausschreibung nach der VOB, Teil C, Ausgabe 2016 ist auf Grundlage der uns vorliegenden Informationen zum geplanten Bauwerk eine Einteilung der Baugrundsichten in Homogenbereiche für die folgenden Gewerke/Leistungsbereiche vorzunehmen:

- Erdarbeiten nach DIN 18300
- Bohrarbeiten gem. DIN 18301
- Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten nach DIN 18304
- Rohrvortriebsarbeiten nach DIN 18319
- Verbauarbeiten nach DIN 18303

Die in diesem Bericht zusammengestellten Angaben zu den Homogenbereichen basieren sowohl auf den Ergebnissen der durchgeführten, stichpunktartigen Baugrunderkundungen, als auch auf den Ergebnissen der durchgeführten Laborversuche sowie auf Erfahrungswerten.

Die erforderlichen Kennwerte für diese Homogenbereiche sind in den Tabellen der Anlage 6.1 bis 6.4 in ihren zu erwartenden Bandbreiten angegeben. Zudem ist jeweils die Norm, nach der eine ggf. gewünschte Prüfung erfolgen soll, in dieser Tabelle mit aufgeführt.

Da eine ggf. vorhandene Belastung mit Schadstoffen nicht untersucht wurde, ergibt sich die Einteilung der Homogenbereiche ausschließlich anhand der bodenmechanischen Eigenschaften.

Die zugehörigen Körnungsbänder für die Homogenbereiche sind den Anlage 7.1 bis 7.4 zu entnehmen.

Bei der Baugrubenherstellung für die Kabelquerungen sowie die Start- und Zielgruben fallen die Arbeiten für das Lösen, Laden und Entsorgen des Bodens an. Diese Arbeiten sind dem Gewerk Erdarbeiten (DIN 18300) zuzuordnen. Es gelten bis zur Aushubsohle die Kennwerte der Homogenbereiche E1 bis E4 in der Tabelle auf Anlage 6.1. Die Bemessungsprofile der Tabellen 4 und Tabelle 5 sind hinzuzuziehen, um die im Aushubbereich vorkommen Böden räumlich in ihrer potentiellen Verteilung für jedes Objekt zu identifizieren. Die DIN 18303 Verbauarbeiten verweist hinsichtlich der Homogenbereiche auf DIN 18300 und bedarf entsprechend keiner separaten Homogenbereichsfestlegung.

Die Träger eines Trägerbohlverbaus für die Erstellung der Start- und Zielgruben können durch Bohrarbeiten gem. DIN 18301 oder durch Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten (DIN 18304) hergestellt werden. Die zugehörigen Kennwerte für die entsprechenden Homogenbereiche B1 bis B3 sind in den Tabellen der Anlage 6.2 (Bohrarbeiten) und für die Homogenbereiche R1 bis R3 der Anlage 6.3 (Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten) zu entnehmen. Die Bemessungsprofile der Tabelle 5 sind zur örtlichen Verteilung der anstehenden Böden hinzuzuziehen.

Für die Erstellung der Rohrdurchlässe 1 und 2 werden die Homogenbereiche V1 bis V2 für die Rohrvortriebsarbeiten nach DIN 18319 festgelegt. Die Kennwertspannen sind der Anlage 6.4 zu entnehmen. Die Bemessungsprofile zur Erfassung der Verteilung der auftretenden Böden sind in der Tabelle 5 angeben.

## **12.2 Sonstige Hinweise**

Die Lagerungsdichte ist für die bindigen und gemischtkörnigen Böden nicht bestimmbar und konnte folglich nicht angegeben werden. Die Sensitivität kann nur in bindigen Böden mit einer Konsistenz von überwiegend breiig bis steif bestimmt werden, daher kann diese für die vorliegenden mindestens steifen bindigen Böden sowie die gemischtkörnigen Böden nicht angegeben werden.

Die Sensitivität und Lagerungsdichte sind für die gemischtkörnigen Böden sowie die bindigen Böden mit einer vornehmlich steifen Konsistenz durch Versuche nicht bestimmbar und konnten folglich nicht angegeben werden. Für die weichen bindigen Böden kann ebenfalls keine Lagerungsdichte angegeben werden.

Gleiches gilt für nichtbindige Böden hinsichtlich der Parameter Kohäsion, undränierete Scherfestigkeit, Sensitivität, Konsistenz, Konsistenzzahl sowie Plastizitätszahl, welche an rolligen Böden (Sande und Kiese) nicht bestimmt werden können.

Sollten weitere Gewerke als die, die bisher bekannt sind, erforderlich werden, müssen ggf. weitere Kennwerte und Eigenschaften des Baugrundes bestimmt werden, um die dafür erforderlichen Homogenbereiche zu beschreiben.

Da es sich um punktuelle Untergrundaufschlüsse handelt, sind Abweichungen von der tatsächlich vorgefundenen Bodenschichtung nicht auszuschließen.

## **13. ERGÄNZENDE HINWEISE**

Es wird allgemeinen darauf hingewiesen, dass Baugrundaufschlüsse immer nur einen stichprobenartigen Aufschluss im Bereich des Standortes liefern. Sollte sich während der Aushub- oder Bohrarbeiten die Bodensituation anderes darstellen als hier be-

...

schrieben, müssen die Aussagen und Empfehlungen dieses Gutachtens entsprechend verifiziert werden.

Die Querung der Rohrdurchlässe sollte die Bahnanlage rechtwinklig in gerader Linieneinführung kreuzen und nicht unterhalb von Weichen, Schienenauszügen oder Schienenstößen angeordnet sein [U 11], [U 13].


Während der Unterfahrt der Gleise sollte die Vortriebsarbeit ohne Unterbrechung erfolgen. Sofern eine Kontinuität der Arbeiten nicht gegeben ist, müssen Maßnahmen getroffen werden, die die Gefährdung des Bahnbetriebs verhindern [U 13].

Die Ril 836, Modulgruppe 45xx ist für die weitere Planung und Herstellung der Rohrdurchlässe zu beachten [U 7]. Weiterhin wird auf die Ausführungen des DWA-Arbeitsblattes A 125 verwiesen [U 8]. Die DIN 18319:2016-09 für Rohrvortriebsarbeiten ist ebenfalls zu beachten.

Hindernisse, die bisher nicht erkundet wurden, sind ggf. über Tage zu beseitigen bzw. zu bergen. Eine Bergung von Hindernissen ist insbesondere im Gleisbereich nur unter erhöhten Sicherungsmaßnahmen und Zeitaufwand möglich.

Es wird empfohlen, im Zuge der Ausschreibung eine detaillierte Verfahrensbeschreibung abzufragen. Weiterhin sollten im Ausschreibungsverfahren entsprechende Referenzen der Maschinenführer bzw. der Bohrmannschaft abgefragt werden.

**BBI Geo- und Umwelttechnik**

  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. S. Henke



i. A.   
M.Sc. Geow. S. Gilberg

  
Dr.-Ing. F. Kirsch



## **ANLAGENVERZEICHNIS**

Anlage 1	Lage der Untergundaufschlüsse M. 1: 1000
Anlage 2	Ergebnisse der Untergundaufschlüsse M. d. H. 1: 100
Anlage 3	Zusammenstellung der Laborergebnisse
Anlage 4	Körnungslinien
Anlage 5	Laborberichte der Boden- und Wasseruntersuchungen
Anlage 6	Einteilung und Kennwerte für die Homogenbereiche
Anlage 7	Körnungsbänder



#### Legende:

- BS/DPH Sondierbohrung + Schwere Rammsondierung
- BS/DPH Sondierbohrung + Schwere Rammsondierung (nicht Bestandteil dieses Gutachtens)
- HBP Höhenbezugspunkt

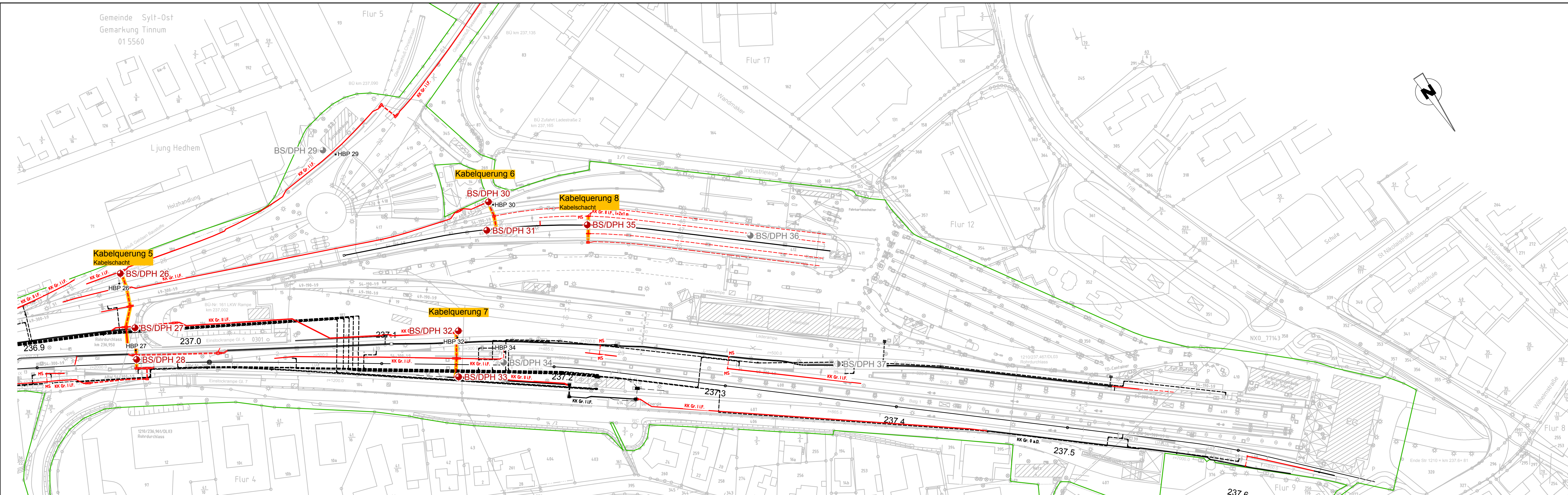
**Plangrundlage:**  
Lageplan Kabeltieftiefbau GfB, km 235,9+99-km 236,8+88, ESTW Westerland, Plan-Nr.: VA-KT-LP-1210LW, Planstand: 04/2019, Entwurfsplanung, Maßstab: 1:1000, Planverfasser: Gauff Rail Engineering, Martin-Hoffmann-Straße 18, 12435 Berlin, Tel.: 030 / 24749-0

Planverfasser:	Projekt Nr.: 2019/131
 BERATENDE INGENIEURE	Anlagen Nr.: 1.1
BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 -0 FAX 040 / 229 468 40	Zeichnungsnr.: L01GG11-12.dwg

**Bauvorhaben:**  
**ESTW Westerland**  
**LA 3373 - Bahnhof Westerland**  
**Strecke 1210, km 236,0+00 - km 237,4+00**  
**LAGEPLAN KABELTIEFTIEFBAU - GLEISQUERUNGEN**  
**LAGE DER UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE**

Datum: 28.02.2020	Blattgröße: 1125 x 297	Gezeichnet: So	Geprüft: Gi	Maßstab: 1 : 1000
----------------------	---------------------------	-------------------	----------------	----------------------

LCAD\_BOPD\_Zeichnungen\01902018\131 RV OB LA 3373 Westerland Gleisbau\02\_Gutachten\02\_Kabeltieftiefbau\01\_LAGEPLAN\_KABELTIEFTIEFBAU\_01.dwg 20.02.2020



**Legende:**

- BS/DPH Sondierbohrung + Schwere Rammsondierung
- BS/DPH Sondierbohrung + Schwere Rammsondierung (nicht Bestandteil dieses Gutachtens)
- HBP Höhenbezugspunkt

**Plangrundlage:**  
Lageplan Kabeltieftiefbau GfB, km 236,8+88-km 237,5+81, ESTW Westerland, Plan-Nr.: VA-KT-LP-1210LX, Planstand: 04/2019, Entwurfsplanung, Maßstab: 1:1000, Planverfasser: Gauff Rail Engineering, Martin-Hoffmann-Straße 18, 12435 Berlin, Tel.: 030 / 24749-0

Planverfasser:



BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 -0 FAX 040 / 229 468 40

Projekt Nr.:  
2019/131

Anlagen Nr.:  
1.2

Zeichnungsnr.:  
L01GG11-12.dwg

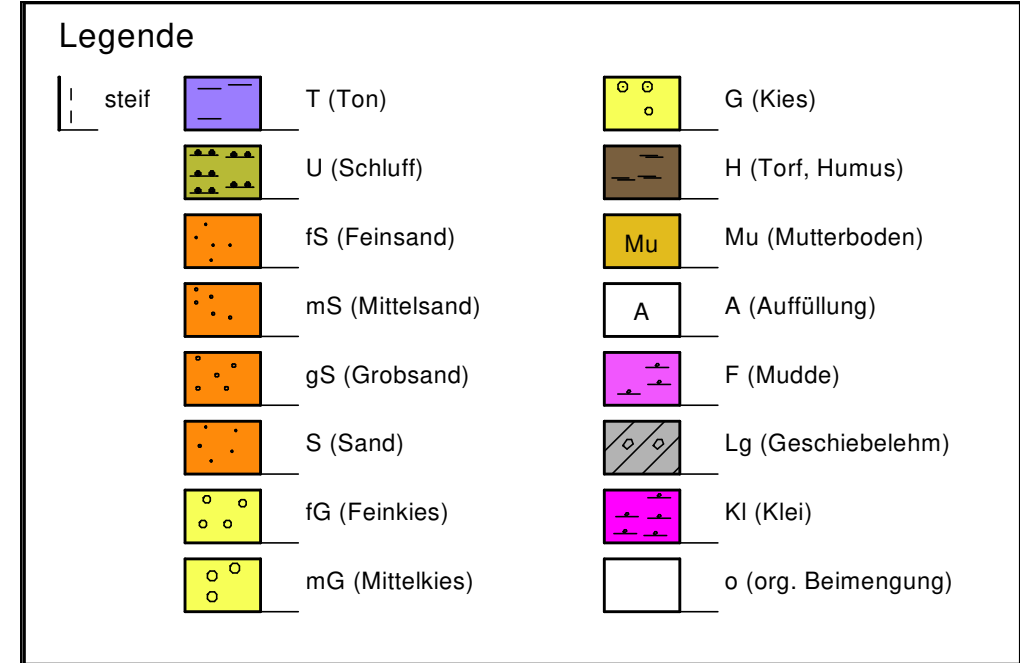
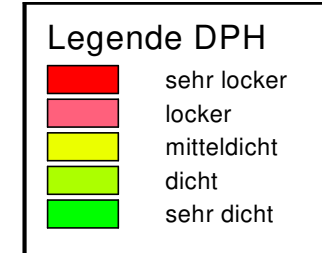
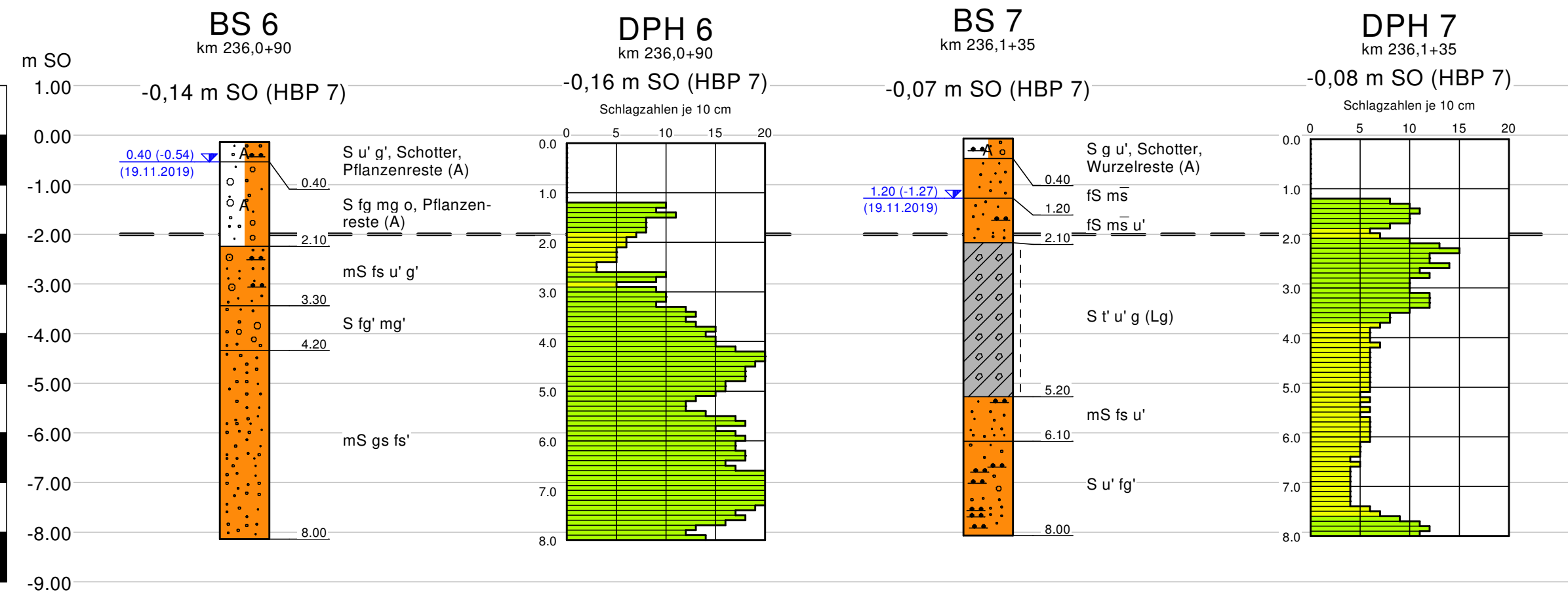
Bauvorhaben:

**ESTW Westerland**  
**LA 3373 - Bahnhof Westerland**  
**Strecke 1210, km 236,0+00 - km 237,4+00**  
**LAGEPLAN KABELTIEFTIEFBAU - GLEISQUERUNGEN**  
**LAGE DER UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE**

Datum: 28.02.2020	Blattgröße: 1125 x 297	Gezeichnet: So	Geprüft: Gi	Maßstab: 1 : 1000
----------------------	---------------------------	-------------------	----------------	----------------------

## Kabelquerung 1

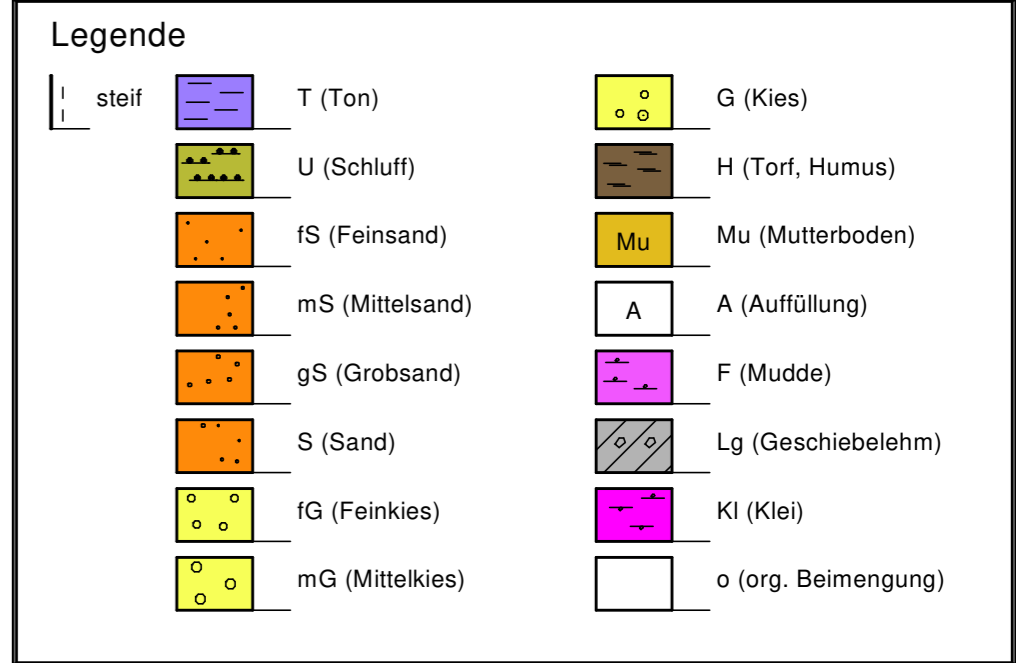
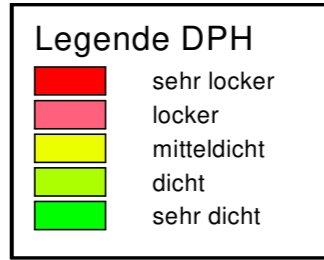
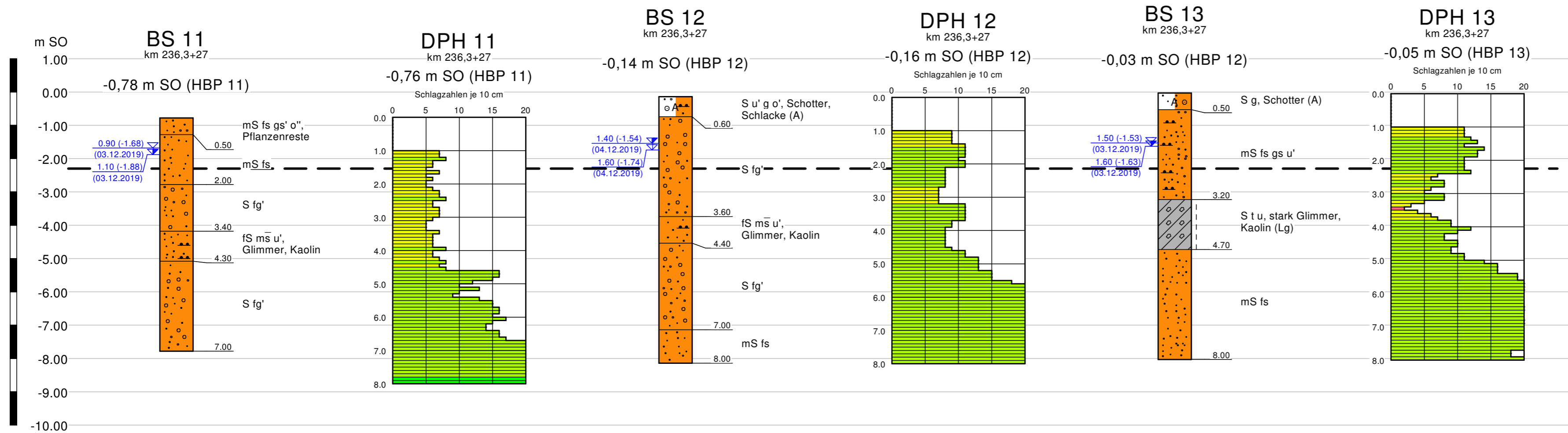
## Kabelquerung 2



Beimengungen werden mit kleinen Buchstaben angegeben.  
Anteil der Beimengung : ' = schwach , ' = stark  
Beispiel : U,̄s,t' = schwach toniger, stark sandiger Schluff  
■ 5,2 Sonderprobe aus 5,2 m Tiefe unter Gelände  
▽ 6.00 (1.21) Grundwasser am 01.01.2019 in 6,00 m (1.21 mNN)  
(01.01.2019) Tiefe unter Gelände angebohrt  
▽ 7.00 (0.21) Grundwasserstand nach Beendigung der Bohrung  
(01.01.2019)  
▽ 6.50 (0.71) Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch  
(01.01.2019)  
Zusatz : r. = Reste, st. = Stücke, str. = Streifen,  
wssf. = wasserführend, wssh. = wasserhaltig,  
kalkh. = kalkhaltig, zers. = zersetzt

Planverfasser:		Projekt Nr.: 2019/131		
 <div>GEO- UND UMWELTTECHNIK INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH BERATENDE INGENIEURE</div> <div>BBi LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40</div>		Anlagen Nr.: 2.1		
		Zeichnungs-Nr.: U01GG21.BOP		
Bauvorhaben:				
ESTW Westerland LA 3373 - Bahnhof Westerland Strecke 1210, km 236,0+00 - km 237,4+00  KABELTIEFBAU - GLEISQUERUNGEN ERGEBNISSE DER UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE				
Datum:	Blattgröße:	Gezeichnet:	Geprüft:	Maßstab:
28.02.2020	550 X 297	So	Gi	d. H. 1 : 100

# Rohrdurchlass 1



— — — Sohlebene = ca. -2,3 m SO

Beimengungen werden mit kleinen Buchstaben angegeben.

Anteil der Beimengung : ' = schwach , " = stark

Beispiel : U,s,t' = schwach toniger, stark sandiger Schluff

■ 5,2 Sonderprobe aus 5,2 m Tiefe unter Gelände

▽ 6.00 (1.21) Grundwasser am 01.01.2019 in 6,00 m (1.21 mNN) Tiefe unter Gelände angebohrt

▽ 7.00 (0.21) Grundwasserstand nach Beendigung der Bohrung

▽ 6.50 (0.71) Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch

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

<b>Planverfasser:</b>  BERATENDE INGENIEURE BBi LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40	Projekt Nr.:	2019/131
	Anlagen Nr.:	2.2
	Zeichnungs-Nr.:	U02GG22.BOP

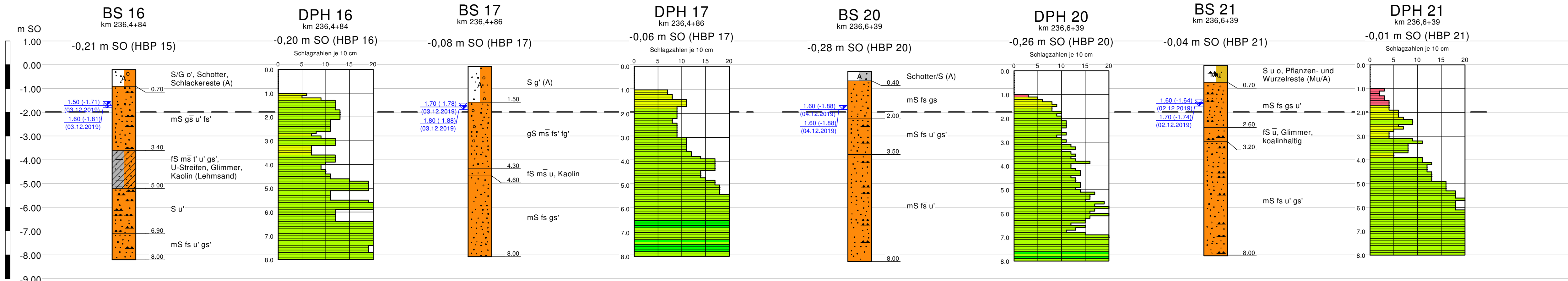
Bauvorhaben:

**ESTW Westerland**  
**LA 3373 - Bahnhof Westerland**  
**Strecke 1210, km 236,0+00 - km 237,4+00**

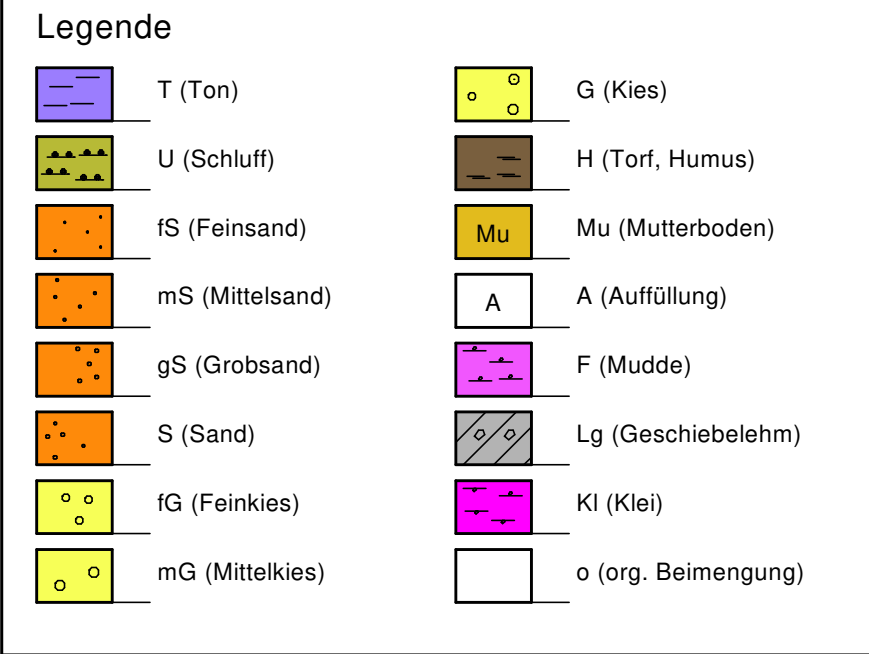
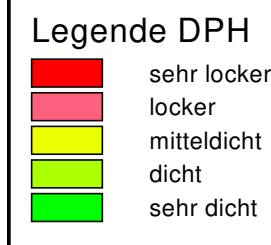
**KABELTIEFBAU - GLEISQUERUNGEN**  
**ERGEBNISSE DER UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE**

Datum:	Blattgröße:	Gezeichnet:	Geprüft:	Maßstab:
28.02.2020	700 X 297	So	Gi	d. H. 1 : 100

## Kabelquerung 3



## Kabelquerung 4



— — — Gründungsebene = ca. -2,0 m SO

Beimengungen werden mit kleinen Buchstaben angegeben.

Anteil der Beimengung : ' = schwach, " = stark

Beispiel : U,ſ,t' = schwach toniger, stark sandiger Schluff

■ 5,2 Sonderprobe aus 5,2 m Tiefe unter Gelände

▽ 6,00 (1,21) Grundwasser am 01.01.2019 in 6,00 m (1,21 mNN)  
(01.01.2019) Tiefe unter Gelände angebohrt

▽ 7,00 (0,21) Grundwasserstand nach Beendigung der Bohrung  
(01.01.2019)

▽ 6,50 (0,71) Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch  
(01.01.2019)

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

Planverfasser:		Projekt Nr.:	
<div><div><div>GEO- UND UMWELTTECHNIK INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH</div><div>BERATENDE INGENIEURE</div></div></div> <div>BBi LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40</div>		2019/131	
		Anlagen Nr.:	
		2.3	
		Zeichnungs-Nr.:	
		U03GG23.BOP	

Bauvorhaben:

ESTW Westerland

LA 3373 - Bahnhof Westerland

Strecke 1210, km 236,0+00 - km 237,4+00

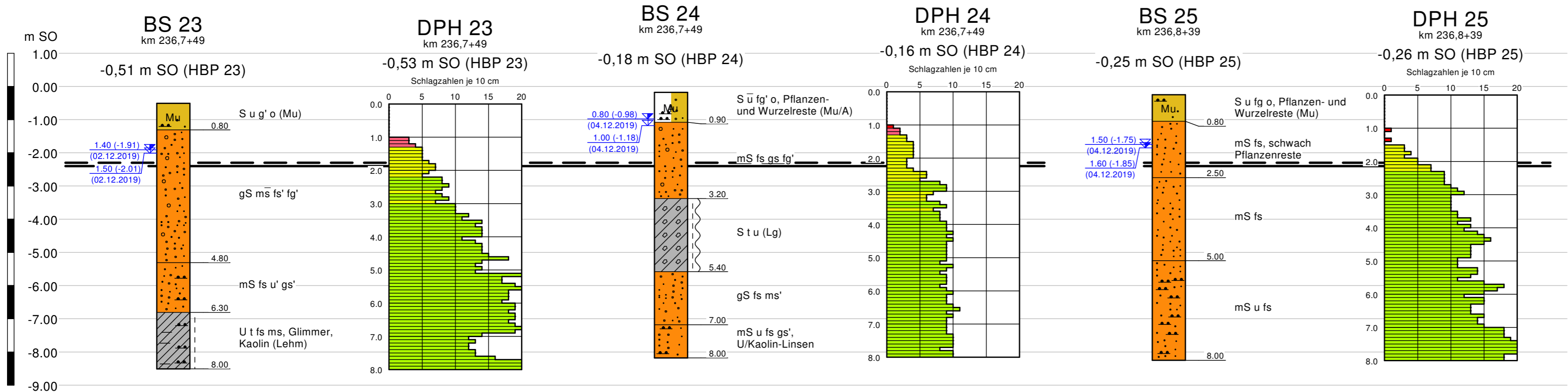
KABELTIEFBAU - GLEISQUERUNGEN

ERGEBNISSE DER UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE

Datum:	Blattgröße:	Gezeichnet:	Geprüft:	Maßstab:
28.02.2020	890 X 297	So	Gi	d. H. 1 : 100

## Rohrdurchlass 2

## Kabelschacht



### Legende

steif	T (Ton)	G (Kies)
weich - steif	U (Schluff)	H (Torf, Humus)
	fS (Feinsand)	Mu (Mutterboden)
	mS (Mittelsand)	A (Auffüllung)
	gS (Grobsand)	F (Mudde)
	S (Sand)	Lg (Geschiebelehm)
	fG (Feinkies)	Kl (Klei)
	mG (Mittelkies)	o (org. Beimengung)

### Legende DPH

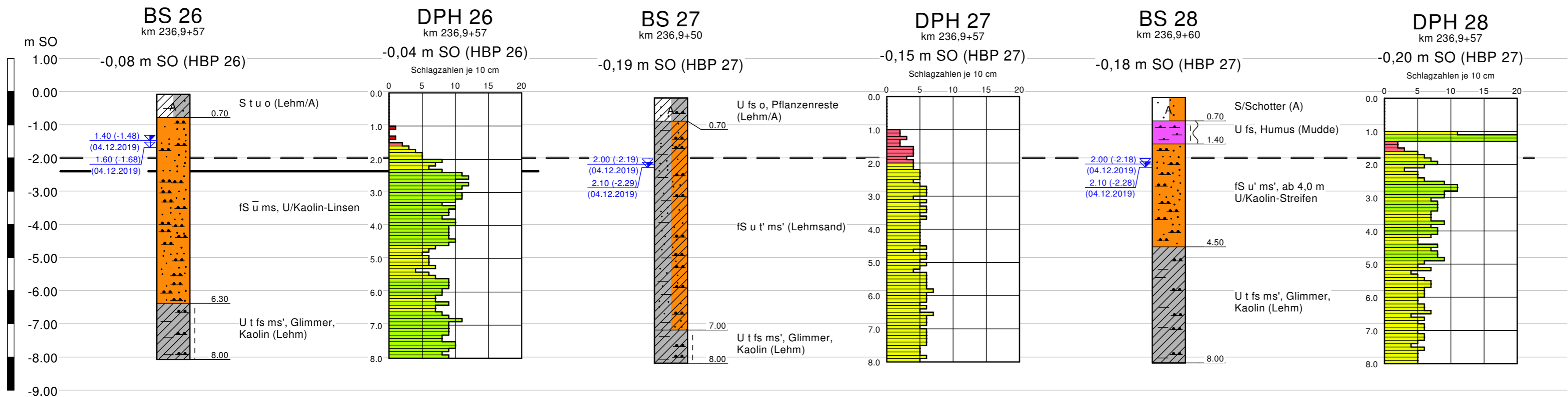
sehr locker
locker
mitteldicht
dicht
sehr dicht

— — — — — Sohlebene = ca. -2,3 m SO  
— — — — — Gründungsebene Schacht = ca. -2,4 m SO

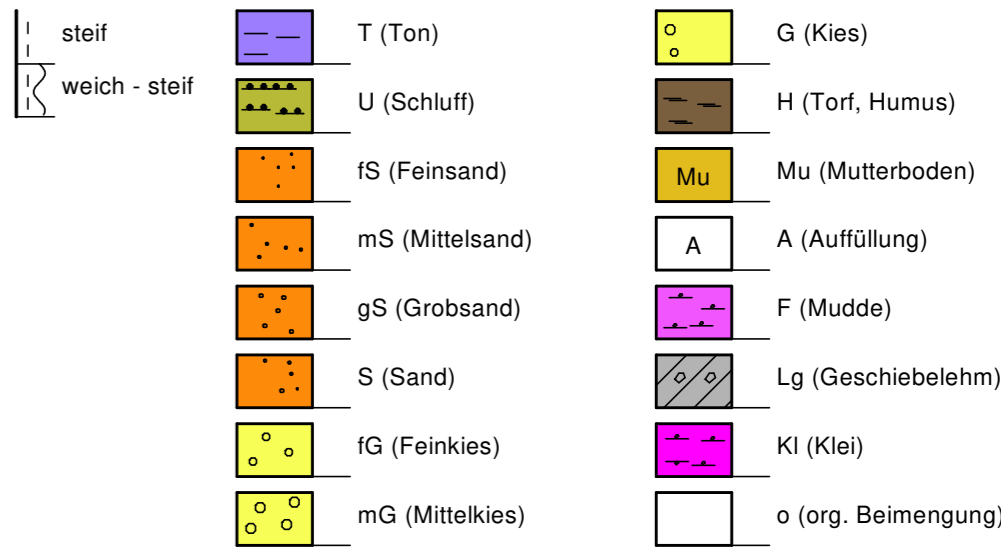
Beimengungen werden mit kleinen Buchstaben angegeben.  
Anteil der Beimengung : ' = schwach, " = stark  
Beispiel : U,s,t' = schwach toniger, stark sandiger Schluff  
■ 5,2 Sonderprobe aus 5,2 m Tiefe unter Gelände  
▽ 6.00 (1.21) (01.01.2019) Grundwasser am 01.01.2019 in 6,00 m (1.21 mNN) Tiefe unter Gelände angebohrt  
▽ 7.00 (0.21) (01.01.2019) Grundwasserstand nach Beendigung der Bohrung  
▽ 6.50 (0.71) (01.01.2019) Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch  
Zusatz : r. = Reste, st. = Stücke, str. = Streifen,  
wssf. = wasserführend, wssh. = wasserhaltig,  
kalkh. = kalkhaltig, zers. = zersetzt

Planverfasser:		Projekt Nr.: 2019/131		
<div><div><div>GEO- UND UMWELTECHNIK</div><div>INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH</div><div>BERATENDE INGENIEURE</div></div></div> <div>BBi LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40</div>		Anlagen Nr.: 2.4		
		Zeichnungs-Nr.: U04GG24.BOP		
Bauvorhaben:				
<div>ESTW Westerland</div> <div>LA 3373 - Bahnhof Westerland</div> <div>Strecke 1210, km 236,0+00 - km 237,4+00</div> <div>KABELTIEFBAU - GLEISQUERUNGEN</div> <div>ERGEBNISSE DER UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE</div>				
Datum:	Blattgröße:	Gezeichnet:	Geprüft:	Maßstab:
28.02.2020	700 X 297	So	Gi	d. H. 1 : 100

Kabelquerung 5  
Kabelschacht



Legende



Gründungsebene = ca. -2,0 m SO

Gründungsebene Schacht = ca. -2,4 m SO

Beimengungen werden mit kleinen Buchstaben angegeben.

Anteil der Beimengung : ' = schwach , ¨ = stark

Beispiel : U,s,t' = schwach toniger, stark sandiger Schluff

■ 5,2 Sonderprobe aus 5,2 m Tiefe unter Gelände

▽ 6.00 (1.21) (01.01.2019) Grundwasser am 01.01.2019 in 6,00 m (1.21 mNN) Tiefe unter Gelände angebohrt

▽ 7.00 (0.21) (01.01.2019) Grundwasserstand nach Beendigung der Bohrung

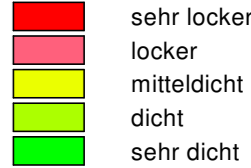
▽ 6.50 (0.71) (01.01.2019) Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch

Zusatz : r. = Reste, st. = Stücke, str. = Streifen,

wssf. = wasserführend, wssh. = wasserhaltig,

kalkh. = kalkhaltig, zers. = zersetzt

Legende DPH



Planverfasser:



GEO- UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40

Projekt Nr.:

2019/131

Anlagen Nr.:

2.5

Zeichnungs-Nr.:

U05GG25.BOP

Bauvorhaben:

ESTW Westerland  
LA 3373 - Bahnhof Westerland  
Strecke 1210, km 236,0+00 - km 237,4+00

KABELTIEFBAU - GLEISQUERUNGEN  
ERGEBNISSE DER UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE

Datum:

28.02.2020

Blattgröße:

700 X 297

Gezeichnet:

So

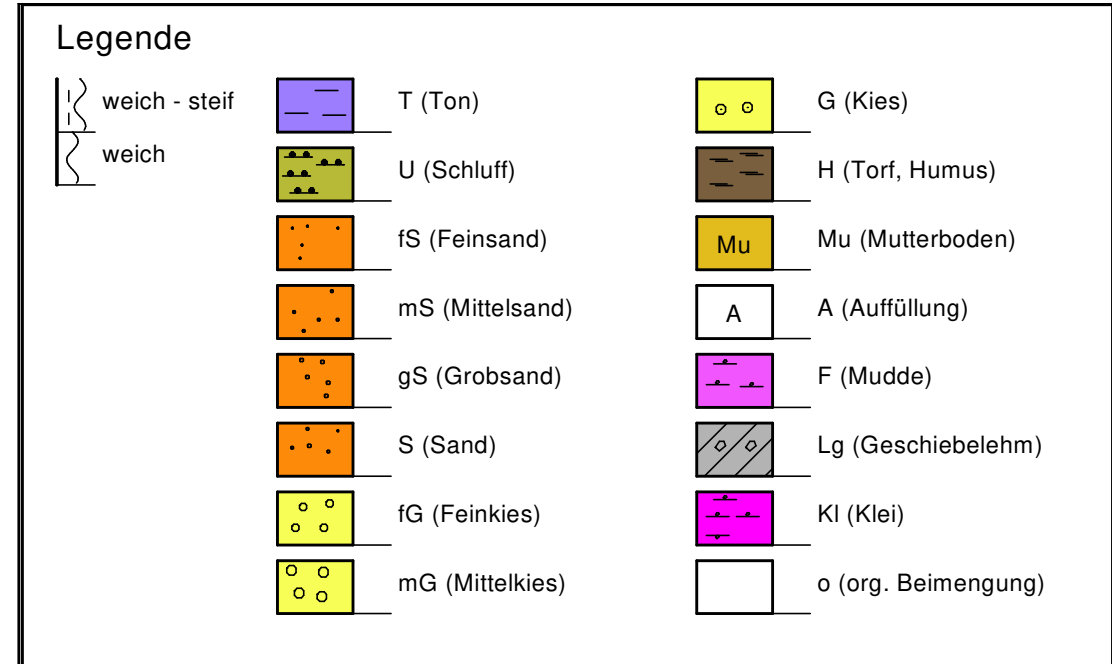
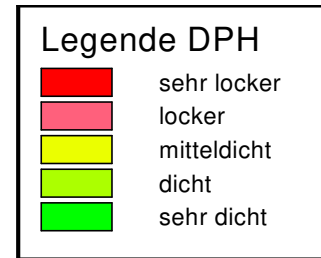
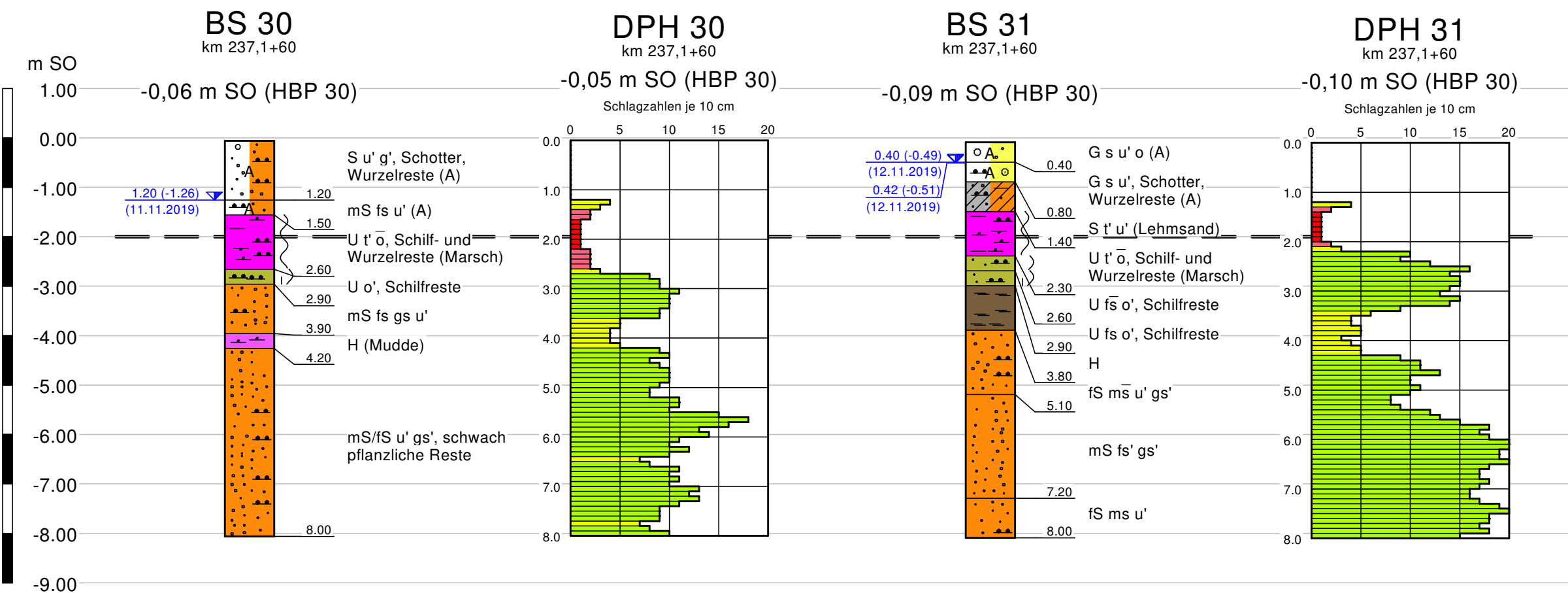
Geprüft:

Gi

Maßstab:

d. H. 1 : 100

# Kabelquerung 6



— — — Gründungsebene = ca. -2,0 m SO

Beimengungen werden mit kleinen Buchstaben angegeben.

Anteil der Beimengung : ' = schwach , ' = stark

Beispiel : U, s, t' = schwach toniger, stark sandiger Schluff

■ 5,2 Sonderprobe aus 5,2 m Tiefe unter Gelände

▽ 6.00 (1.21) Grundwasser am 01.01.2019 in 6,00 m (1.21 mNN)  
(01.01.2019) Tiefe unter Gelände angebohrt

▽ 7.00 (0.21) Grundwasserstand nach Beendigung der Bohrung  
(01.01.2019)

▽ 6.50 (0.71) Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch  
(01.01.2019)

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

<p>Planverfasser:</p> <p>BERATENDE INGENIEURE</p> <p>BBi LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40</p>	Projekt Nr.:
	2019/131
	Anlagen Nr.:
	2.6
	Zeichnungs-Nr.:
	U06GG26.BOP

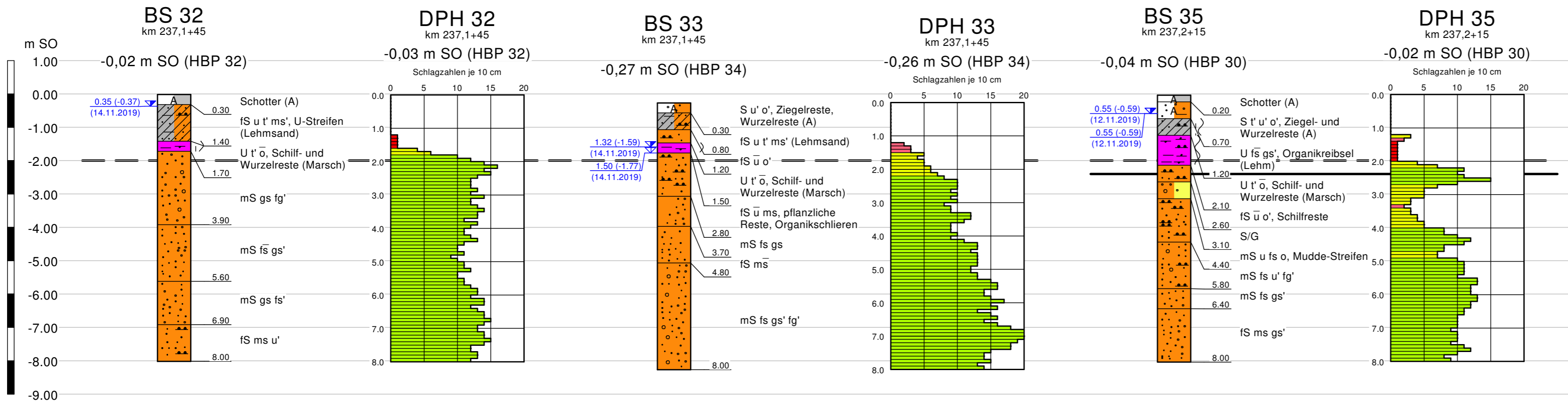
Bauvorhaben:

**ESTW Westerland**  
**LA 3373 - Bahnhof Westerland**  
**Strecke 1210, km 236,0+00 - km 237,4+00**

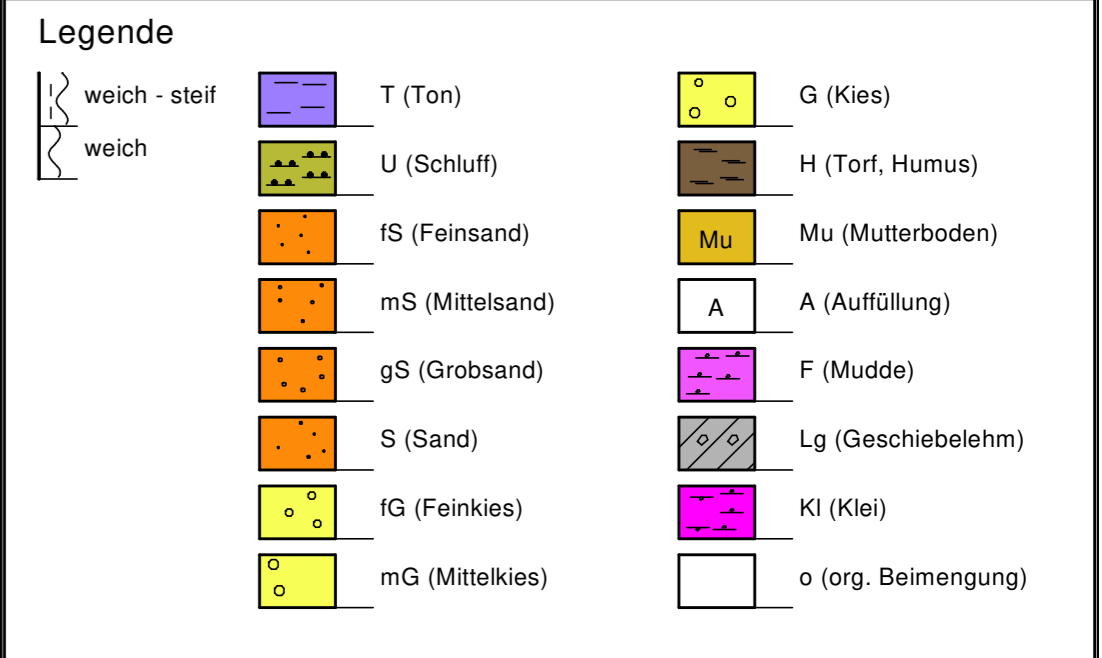
**KABELTIEFBAU - GLEISQUERUNGEN**  
**ERGEBNISSE DER UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE**

Datum:	Blattgröße:	Gezeichnet:	Geprüft:	Maßstab:
28.02.2020	550 x 297	So	Gi	d. H. 1 : 100

## Kabelquerung 7



## Kabelquerung 8



— — — Gründungsebene = ca. -2,0 m SO  
 ————— Gründungsebene Schacht = ca. -2,4 m SO

Beimengungen werden mit kleinen Buchstaben angegeben.  
Anteil der Beimengung : ' = schwach , - = stark  
Beispiel : U.s.t' = schwach toniger, stark sandiger Schluff

■ 5.2 Sonderprobe aus 5,2 m Tiefe unter Gelände

▽ 6.00 (1.21) Grundwasser am 01.01.2019 in 6,00 m (1.21 mNN)  
(01.01.2019) Tiefe unter Gelände angebohrt

▽ 7.00 (0.21) Grundwasserstand nach Beendigung der Bohrung  
(01.01.2019)

▽ 6.50 (0.71) Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch  
(01.01.2019)

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

Planverfasser:  GEO-UND UMWELTECHNIK INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH BERATENDE INGENIEURE		Projekt Nr.: 2019/131
BBi LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40		Anlagen Nr.: 2.7
		Zeichnungs-Nr.: U07GG27.BOP

Bauvorhaben:

ESTW Westerland  
 LA 3373 - Bahnhof Westerland  
 Strecke 1210, km 236,0+00 - km 237,4+00

KABELTIEFBAU - GLEISQUERUNGEN  
 ERGEBNISSE DER UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE

Datum: 28.02.2020	Blattgröße: 700 x 297	Gezeichnet: So	Geprüft: Gi	Maßstab: d. H. 1 : 100
----------------------	--------------------------	-------------------	----------------	---------------------------

## ZUSAMMENSTELLUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE



Entnahmestelle		BS 6/2	BS 6/6	BS 7/3	BS 7/4	BS 7/7	BS 12/2	BS 12/4	BS 12/5
Bodenbezeichnung		S	S	S	Lg	S	S	S	S
Entnahmetiefe unter Gelände	m	2,1	6,0	2,1	2,5	5,2	0,6 - 2,0	3,6 - 4,4	4,4 - 6,0
Entnahmeart		gestört	gestört	gestört	gestört	gestört	gestört	gestört	gestört
Wassergehalt [ w ]	%				11,4			23,6	
Fließgrenze [ w <sub>L</sub> ]	%								
Ausrollgrenze [ w <sub>P</sub> ]	%								
Plastizitätszahl [ I <sub>P</sub> ]	%								
Konsistenzzahl [ I <sub>C</sub> ]									
Feuchtwichte [ γ ]	kN/m <sup>3</sup>								
Trockenwichte [ γ <sub>d</sub> ]	kN/m <sup>3</sup>								
Kornwichte [ γ <sub>s</sub> ]	kN/m <sup>3</sup>								
Porenanteil [ n ]	%								
Durchlässigkeit [ k <sub>f</sub> ]	m/s								
Kornverteilung	s. Anlage	4.4	4.2	4.2	4.7	4.5	4.3	4.1	4.3
Rohtongehalt	%								
Glühverlust [ V <sub>gl</sub> ]	%								
Kalkgehalt [ V <sub>Ca</sub> ]	%								
Scherfestigkeit	s. Anlage								
Zylinderdruckfestigkeit	s. Anlage								
Steifemodul	s. Anlage								

## ZUSAMMENSTELLUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE



Entnahmestelle		BS 13/4	BS 16/4	BS 16/5	BS 17/2	BS 23/3	BS 24/4	BS 26/6	BS 27/3
Bodenbezeichnung		L	L/S	S	S	S	Lg	L	L/S
Entnahmetiefe unter Gelände	m	3,2 - 4,7	3,4 - 5,0	5,0 - 6,9	1,5 - 3,0	2,0 - 3,5	3,2 - 4,7	6,3 - 8,0	2,3 - 4,0
Entnahmeart		gestört	gestört	gestört	gestört	gestört	gestört	gestört	gestört
Wassergehalt [ w ]	%	19,1	25,0				17,1	19,1	21,4
Fließgrenze [ w <sub>L</sub> ]	%								
Ausrollgrenze [ w <sub>P</sub> ]	%								
Plastizitätszahl [ I <sub>P</sub> ]	%								
Konsistenzzahl [ I <sub>C</sub> ]									
Feuchtwichte [ γ ]	kN/m <sup>3</sup>								
Trockenwichte [ γ <sub>d</sub> ]	kN/m <sup>3</sup>								
Kornwichte [ γ <sub>s</sub> ]	kN/m <sup>3</sup>								
Porenanteil [ n ]	%								
Durchlässigkeit [ k <sub>f</sub> ]	m/s								
Kornverteilung	s. Anlage	4.8	4.6	4.2	4.3	4.3	4.7	4.9	4.8
Rohtongehalt	%								
Glühverlust [ V <sub>gl</sub> ]	%								
Kalkgehalt [ V <sub>Ca</sub> ]	%								
Scherfestigkeit	s. Anlage								
Zylinderdruckfestigkeit	s. Anlage								
Steifemodul	s. Anlage								

## ZUSAMMENSTELLUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE



Entnahmestelle		BS 30/3	BS 30/4	BS 30/6	BS 30/8	BS 31/3	BS 31/8	BS 32/3	BS 33/6
Bodenbezeichnung		M	U	H	S	L/S	S	S	S
Entnahmetiefe unter Gelände	m	2,6	2,9	4,2	6,7	1,4	5,1	2,8	3,7
Entnahmeart		gestört	gestört	gestört	gestört	gestört	gestört	gestört	gestört
Wassergehalt [ w ]	%					19,1			
Fließgrenze [ w <sub>L</sub> ]	%								
Ausrollgrenze [ w <sub>P</sub> ]	%								
Plastizitätszahl [ I <sub>P</sub> ]	%								
Konsistenzzahl [ I <sub>C</sub> ]									
Feuchtwichte [ γ ]	kN/m <sup>3</sup>								
Trockenwichte [ γ <sub>d</sub> ]	kN/m <sup>3</sup>								
Kornwichte [ γ <sub>s</sub> ]	kN/m <sup>3</sup>								
Porenanteil [ n ]	%								
Durchlässigkeit [ k <sub>f</sub> ]	m/s								
Kornverteilung	s. Anlage				4.2	4.6	4.5	4.3	4.1
Rohtongehalt	%								
Glühverlust [ V <sub>gl</sub> ]	%	23,7	3,3	45,5					
Kalkgehalt [ V <sub>Ca</sub> ]	%								
Scherfestigkeit	s. Anlage								
Zylinderdruckfestigkeit	s. Anlage								
Steifemodul	s. Anlage								

## ZUSAMMENSTELLUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE



Entnahmestelle		BS 33/7	BS 35/5	BS 36/7					
Bodenbezeichnung		S	S	S					
Entnahmetiefe unter Gelände	m	4,8	3,1	3,9					
Entnahmeart		gestört	gestört	gestört					
Wassergehalt [ w ]	%								
Fließgrenze [ w <sub>L</sub> ]	%								
Ausrollgrenze [ w <sub>P</sub> ]	%								
Plastizitätszahl [ I <sub>P</sub> ]	%								
Konsistenzzahl [ I <sub>C</sub> ]									
Feuchtwichte [ γ ]	kN/m <sup>3</sup>								
Trockenwichte [ γ <sub>d</sub> ]	kN/m <sup>3</sup>								
Kornwichte [ γ <sub>s</sub> ]	kN/m <sup>3</sup>								
Porenanteil [ n ]	%								
Durchlässigkeit [ k <sub>f</sub> ]	m/s								
Kornverteilung	s. Anlage	4.1	4.4	4.4					
Rohtongehalt	%								
Glühverlust [ V <sub>gl</sub> ]	%								
Kalkgehalt [ V <sub>Ca</sub> ]	%								
Scherfestigkeit	s. Anlage								
Zylinderdruckfestigkeit	s. Anlage								
Steifemodul	s. Anlage								



GEO- UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40

Bearbeiter: Mo

Datum: 10.12.19

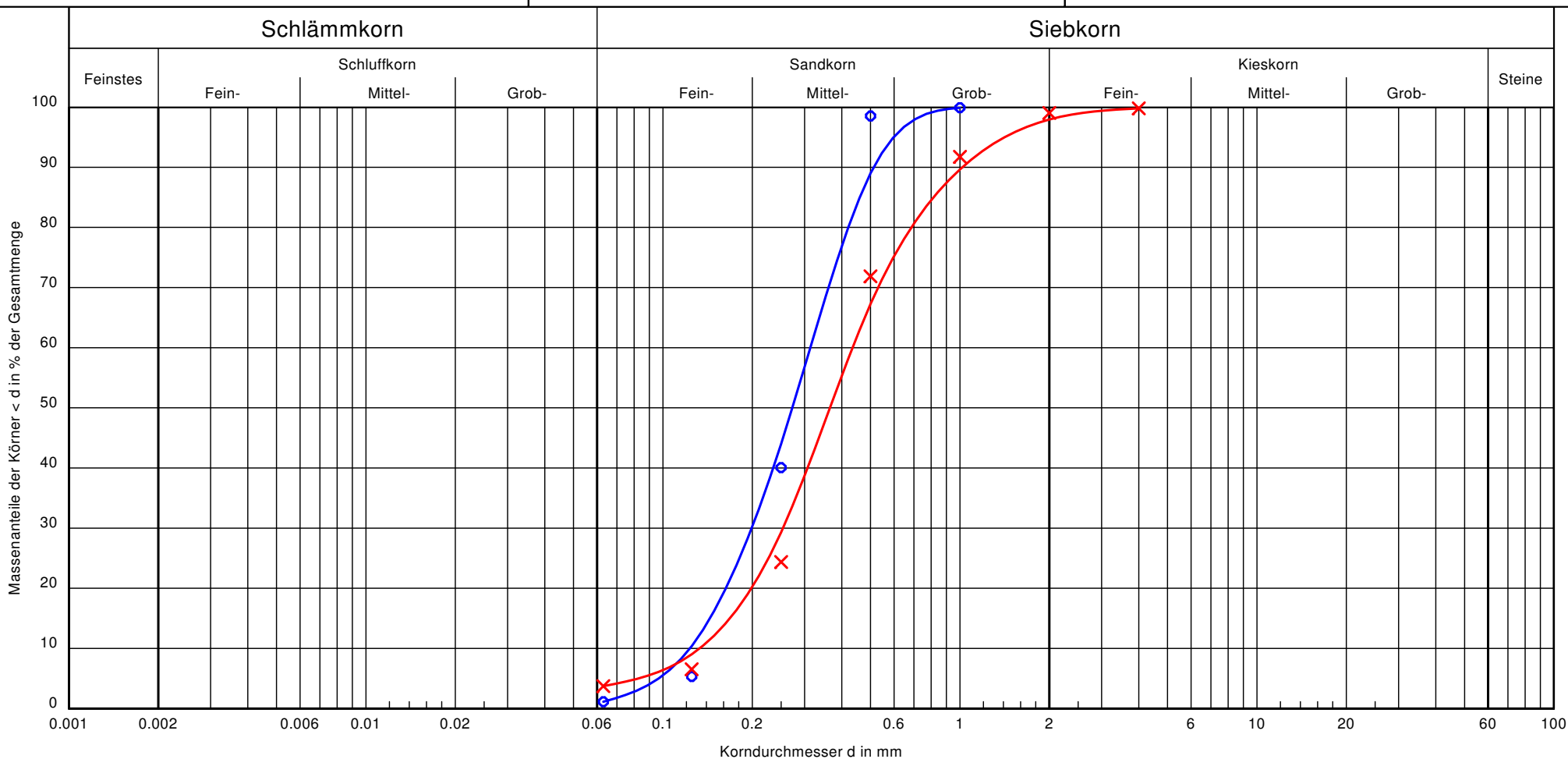
# Körnungslinie

## LA 3373 - Bf Westerland

### Kabeltiefbau - Gleisquerungen

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Nasssiebung



Signatur			Bemerkungen: Feinsand/Mittelsand	Projekt-Nr.: 2019/131 Anlage: 4.1
Bodenart:	fs, ms	ms, fs, gs		
Tiefe:	4,8 m	3,7 m		
Cu:	2,5	3,8		
Entnahmestelle:	BS 33/7	BS 33/6		
Entnahmedatum:	14.11.2019	14.11.2019		



GEO- UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40

Bearbeiter: Mo

Datum: 10.12.19

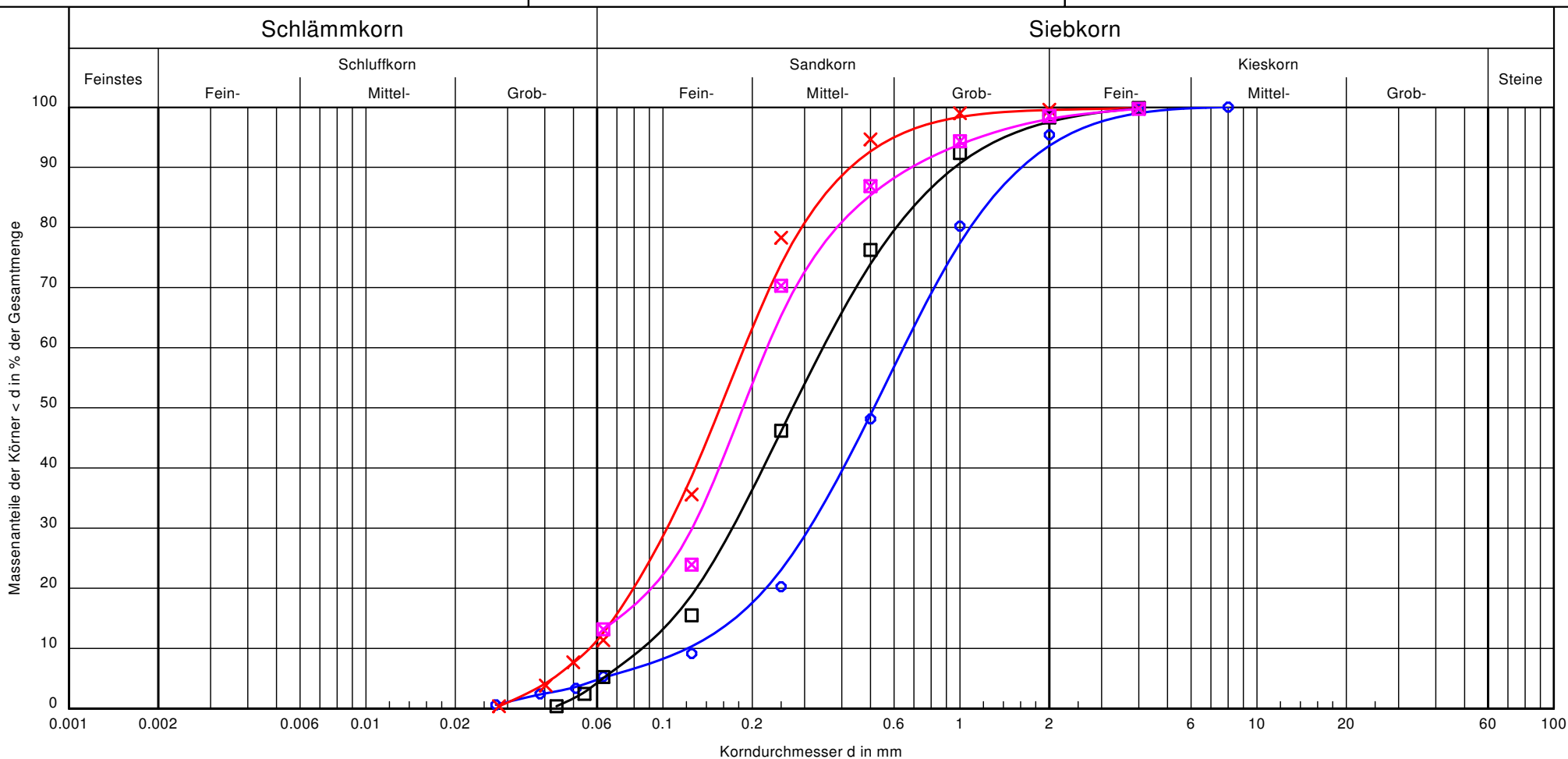
# Körnungslinie





## LA 3373 - Bf Westerland

### Kabeltiefbau - Gleisquerungen

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Nasssiebung



Signatur					Bemerkungen: schwach schluffige Sande	Projekt-Nr.: 2019/131 Anlage: 4.2
Bodenart:	S, fg', u'	fS, mś, u'	mS, fS, gs, u'	S, u'		
Tiefe:	6,0 m	2,1 m	6,7 m	5,0 - 6,9 m		
Cu:	5,3	3,0	4,1	4,2		
Entnahmestelle:	BS 6/6	BS 7/3	BS 30/8	BS 16/5		
Entnahmedatum:	19.11.2019	19.11.2019	11.11.2019	04.12.2019		



GEO- UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40

Bearbeiter: BI

Datum: 27.01.20

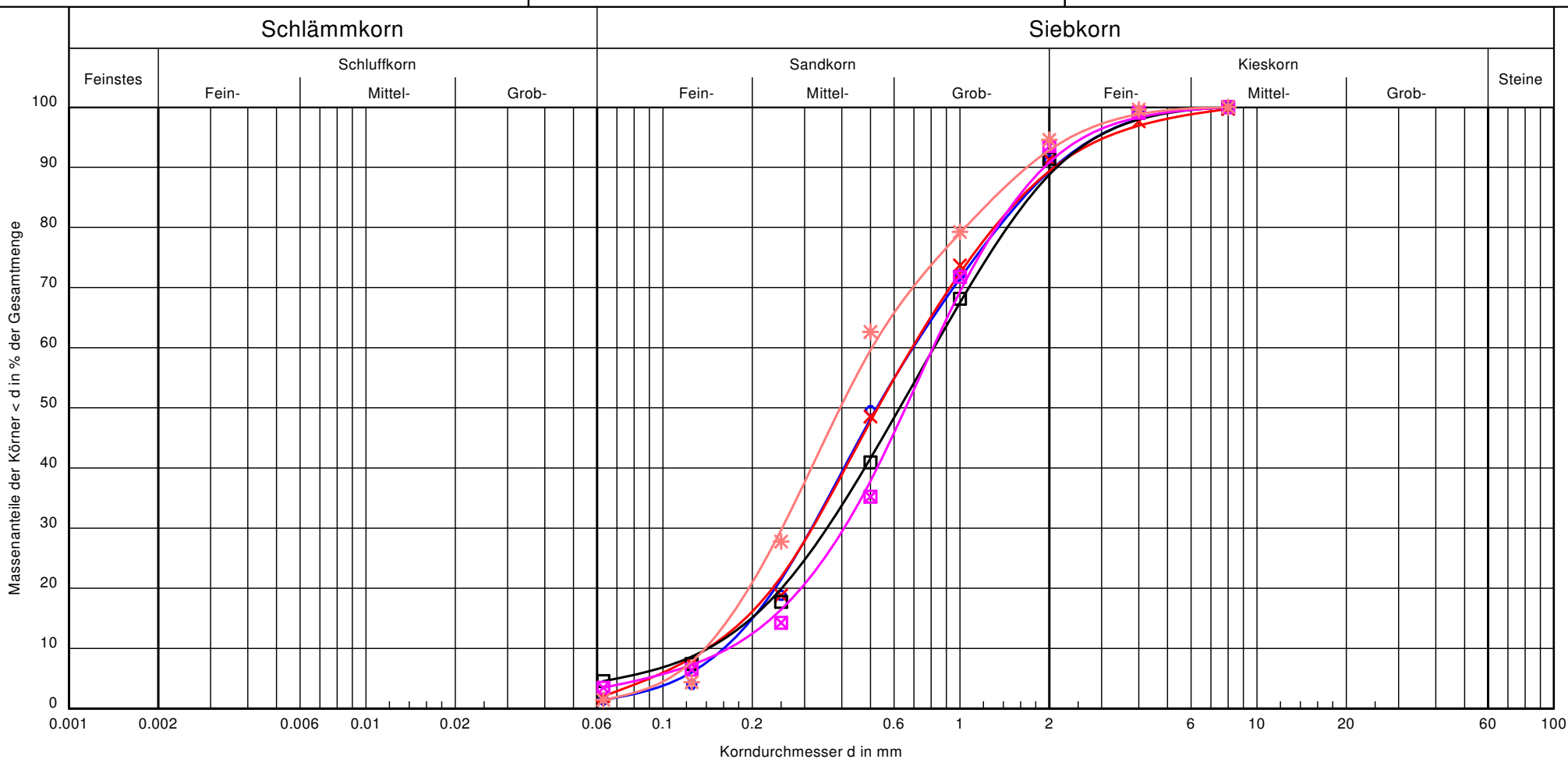
# Körnungslinie

## LA 3373 - Bf Westerland

### Kabeltiefbau - Gleisquerungen

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Trockensiebung



Signatur						Bemerkungen: grobkörnige Sande	Projekt-Nr.: 2019/131 Anlage: 4.3
Bodenart:	S, fg'	S, fg'	gS, ms, fs', fg'	gS, ms, fs', fg'	mS, fs, gs, fg'		
Tiefe:	0,6 - 2,0 m	4,4 - 6,0 m	1,5 - 3,0 m	2,0 - 3,5 m	2,8 m		
Cu/Cc:	4.3/0.9	4.9/1.0	5.8/1.1	4.9/1.2	3.6/0.9		
Entnahmestelle:	BS 12/2	BS 12/5	BS 17/2	BS 23/3	BS 32/3		
Entnahmedatum:	04.12.2019	04.12.2019	02.12.2019	03.12.2019	14.11.2019		



GEO- UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40

Bearbeiter: Mo

Datum: 10.12.19

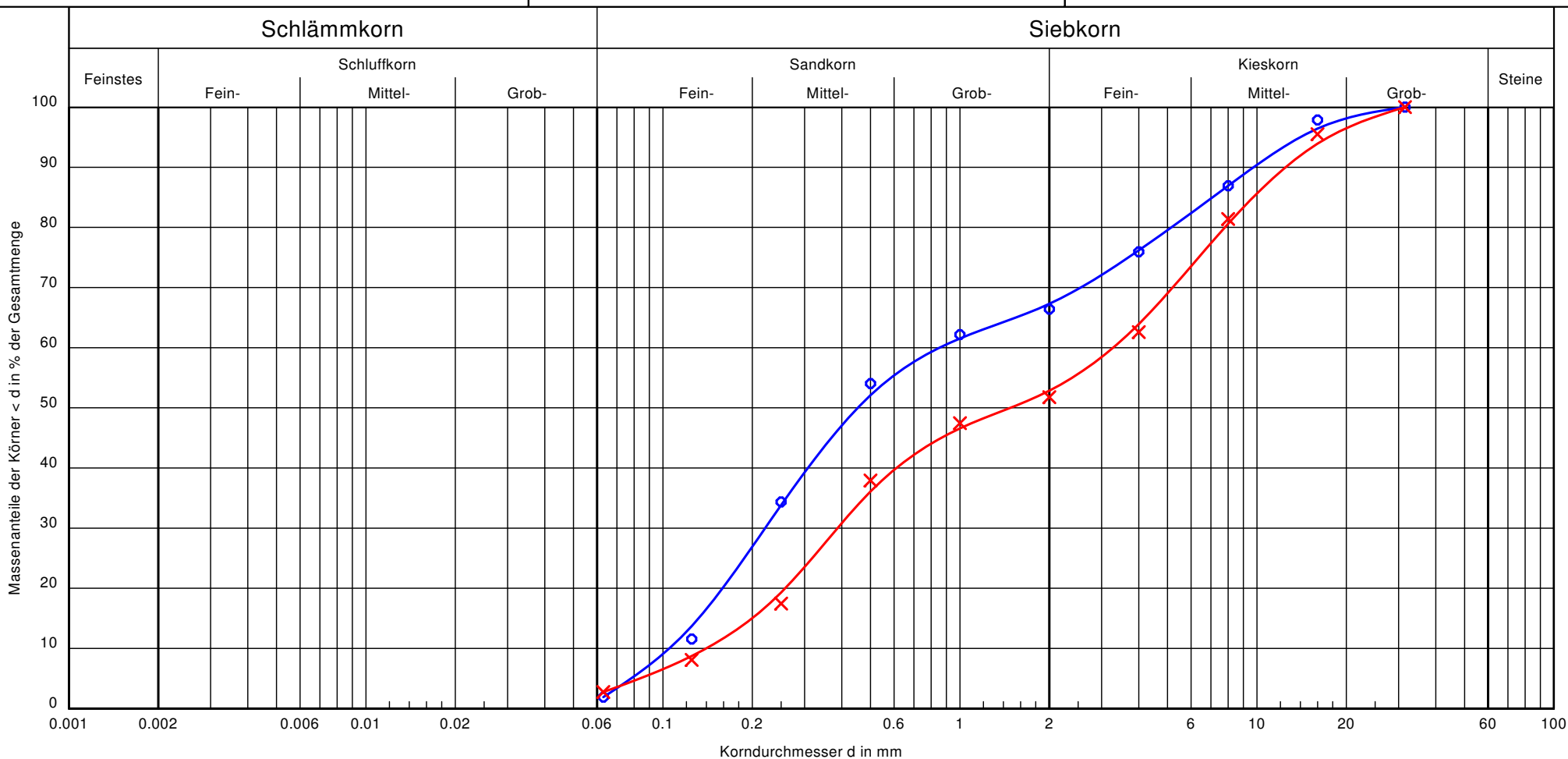
# Körnungslinie

## LA 3373 - Bf Westerland

### Kabeltiefbau - Gleisquerungen

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Trockensiebung



Signatur			Bemerkungen: kiesige Sande	Projekt-Nr.: 2019/131 Anlage: 4.4
Bodenart:	S, fg, mg	S, G		
Tiefe:	2,1 m	3,1 m		
Cu/Cc:	8.1/0.5	25		
Entnahmestelle:	BS 6/2	BS 35/5		
Entnahmedatum:	19.11.2019	12.11.2019		



GEO- UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40

Bearbeiter: BI

Datum: 27.01.20

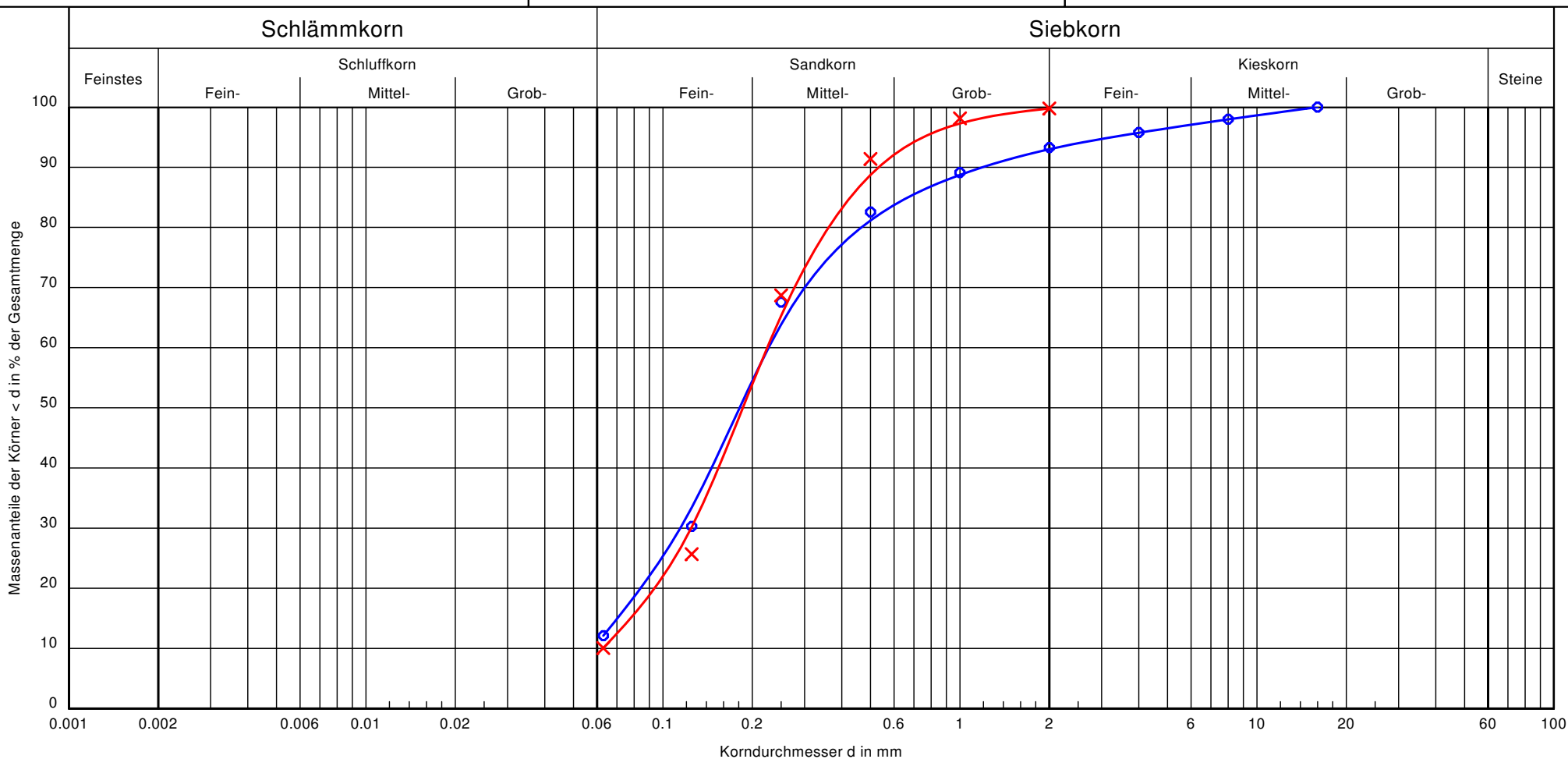
# Körnungslinie

## LA 3373 - Bf Westerland

### Kabeltiefbau - Gleisquerungen

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Nasssiebung



Signatur			Bemerkungen: schluffig-grobsandige Sande	Projekt-Nr.: 2019/131 Anlage: 4.5
Bodenart:	fS, ms, u', g', gs'	fS, ms, u', gs'		
Tiefe:	5,2 m	5,1 m		
Cu:	3,6	3,6		
Entnahmestelle:	BS 7/7	BS 31/8		
Entnahmedatum:	19.11.2019	12.11.2019		



GEO- UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40

Bearbeiter: BI

Datum: 27.01.20

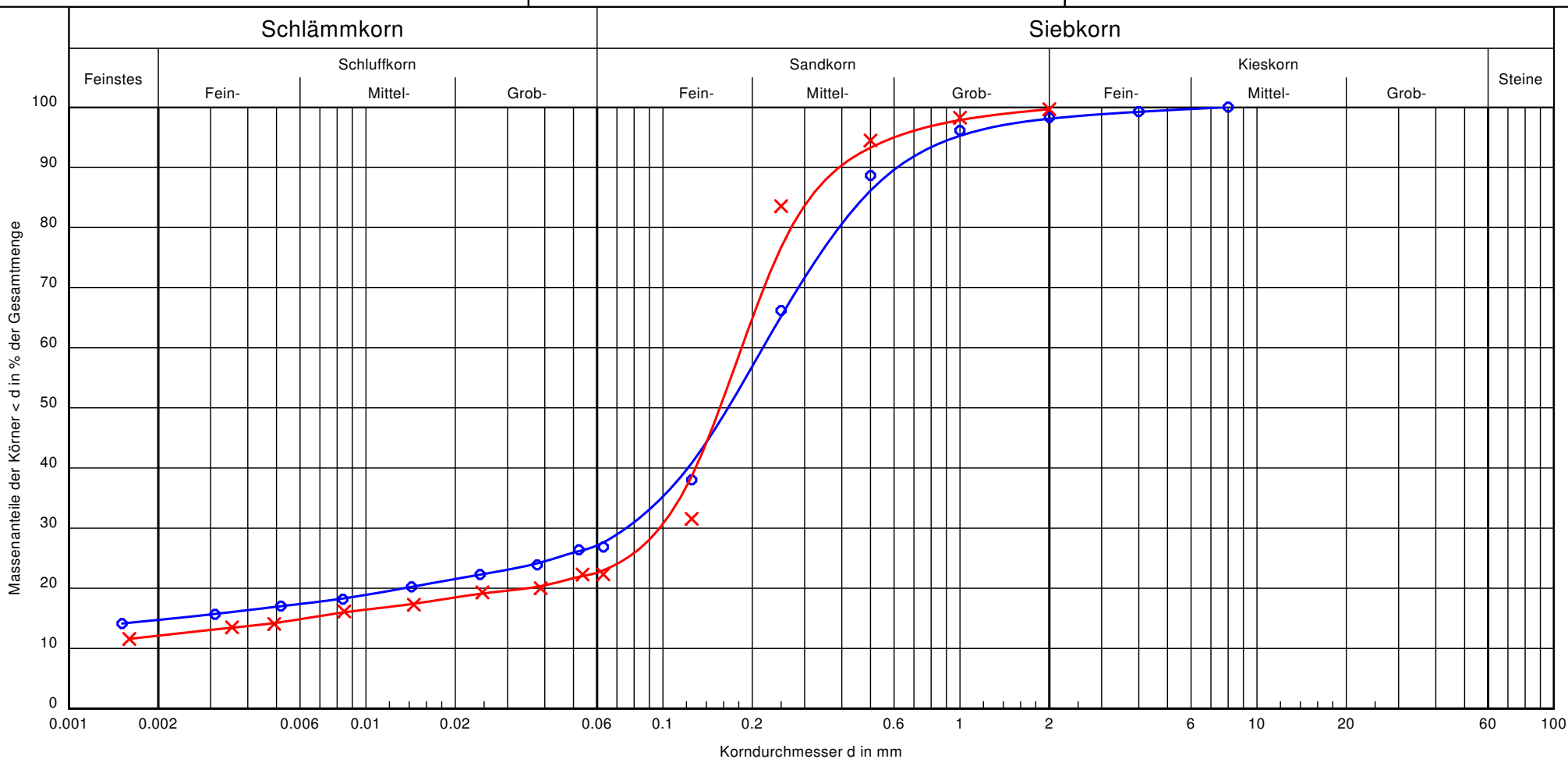
# Körnungslinie

## LA 3373 - Bf Westerland

### Kabeltiefbau - Gleisquerungen

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Kombinierte Analyse



Signatur			Bemerkungen: Lehmsand	Projekt-Nr.: 2019/131 Anlage: 4.6
Bodenart:	S, t', u' (Lehmsand)	fS, ms, t', u', gs' (Lehmsand)		
Tiefe:	1,4 m	3,4 - 5,0 m		
Cu/Cc:	-/-	-/-		
Entnahmestelle:	BS 31/3	BS 16/4		
Entnahmedatum:	12.11.2019	04.12.2019		



GEO-UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40

Bearbeiter: Mo

Datum: 11.12.19

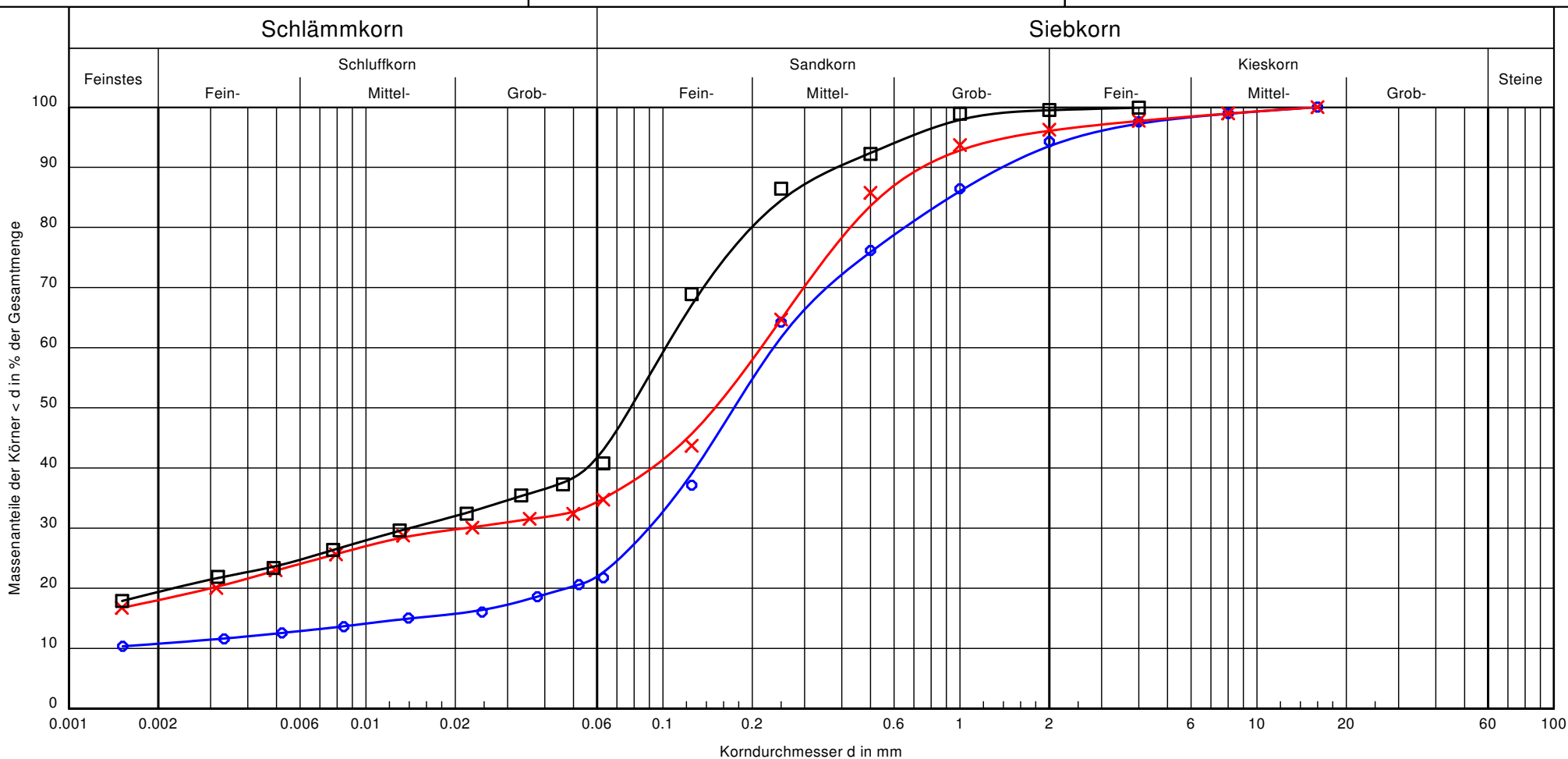
# Körnungslinie




## LA 3373 - Bf Westerland

### Kabeltiefbau - Gleisquerungen

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Kombinierte Analyse



Signatur				Bemerkungen: Geschiebelehm	Projekt-Nr.: 2019/131 Anlage: 4.7
Bodenart:	S, t', u', g' (Lg)	S, t, u (Lg)	S, t, u (Lg)		
Tiefe:	2,5 m	3,2 - 4,7 m	3,2 - 4,7 m		
Cu/Cc:	-/-	-/-	-/-		
Entnahmestelle:	BS 7/4	BS 24/4	BS 13/4		
Entnahmedatum:	19.11.2019	?	02.12.2019		



GEO- UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40

Bearbeiter: BI

Datum: 27.01.20

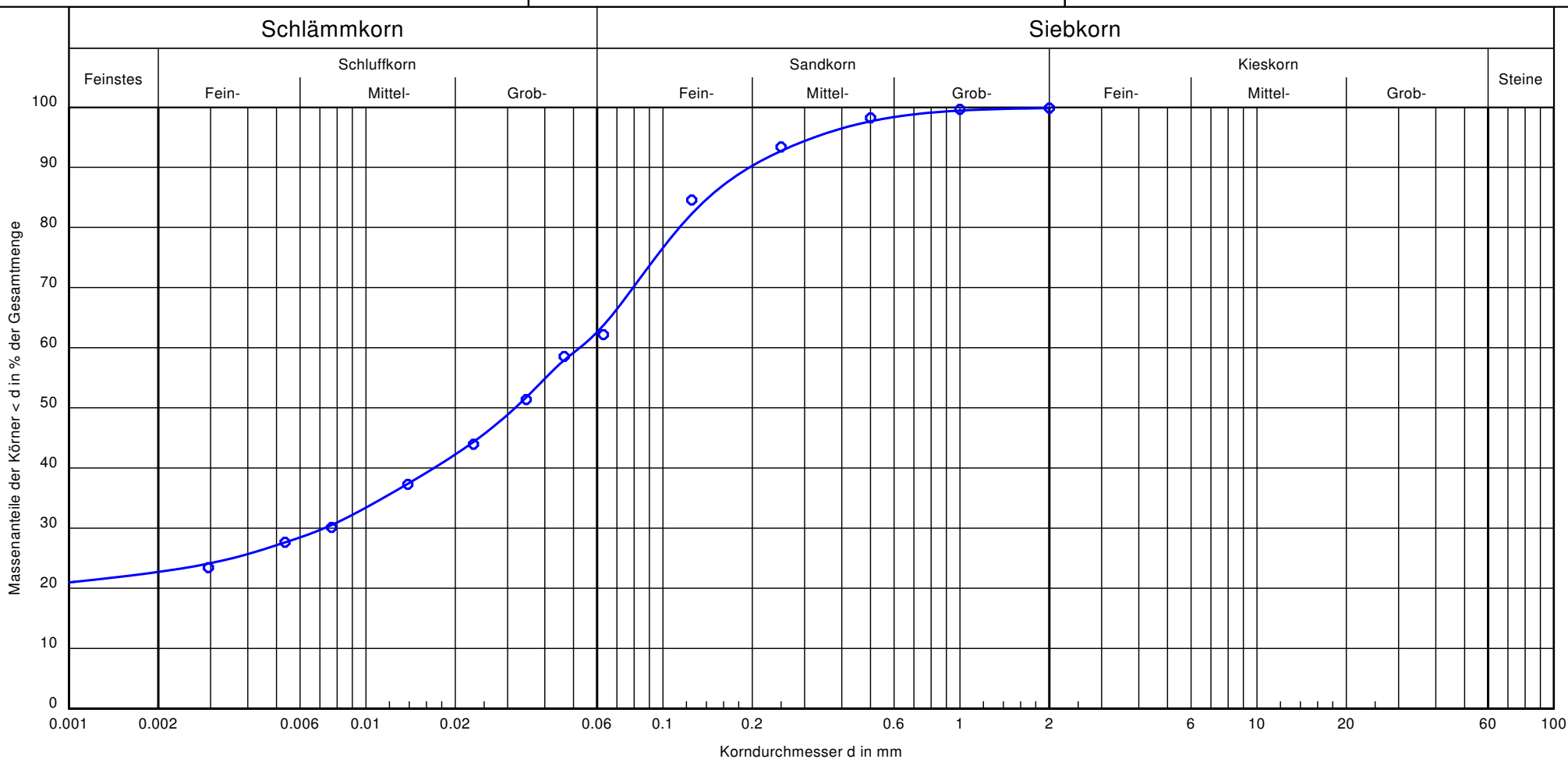
# Körnungslinie

## LA 3373 - Bf Westerland

### Kabeltiefbau - Gleisquerungen

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Kombinierte Analyse



Signatur		Bemerkungen: Schluff	Projekt-Nr.: 2019/131 Anlage: 4.8
Bodenart:	U, t, fs, ms'		
Tiefe:	6,3 - 8,0 m		
Cu/Cc:	-/-		
Entnahmestelle:	BS 26/6		
Entnahmedatum:	03.12.2019		



## **ANLAGE 5**

**Laborberichte der Wasseruntersuchung  
GBA mbH, Pinneberg**

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH · Flensburger Straße 15 · 25421 Pinneberg

BBI Geo- und Umwelttechnik  
Ingenieur-Gesellschaft mbH  
Frau Gilberg

ISO 14001  
ISO 45001  
zertifiziert

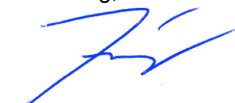


Lübecker Str. 1  
**22087 Hamburg**

## Prüfbericht-Nr.: 2019P531154 / 1

<b>Auftraggeber</b>	BBI Geo- und Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH
<b>Eingangsdatum</b>	27.11.2019
<b>Projekt</b>	2019/131 DB Westerland
<b>Material</b>	Grundwasser
<b>Kennzeichnung</b>	siehe Tabelle
<b>Auftrag</b>	2019/131
<b>Verpackung</b>	Glas- und PE-Flaschen
<b>Probenmenge</b>	ca. 1,5 L
<b>Auftragsnummer</b>	19520794
<b>Probenahme</b>	
<b>Probentransport</b>	GBA
<b>Labor</b>	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
<b>Prüfbeginn / -ende</b>	27.11.2019 - 06.12.2019
<b>Methoden</b>	siehe letzte Seite
<b>Unteraufträge</b>	
<b>Bemerkung</b>	
<b>Probenaufbewahrung</b>	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 06.12.2019



i. A. Thomas Irion  
(Laborleiter)

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Entscheidungsregeln der GBA sind in den AGBs einzusehen.

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2019P531154 / 1

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH  
Flensburger Str. 15, 25421 Pinneberg  
Telefon +49 (0)4101 7946-0  
Fax +49 (0)4101 7946-26  
E-Mail pinneberg@gba-group.de  
www.gba-group.com

HypoVereinsbank  
IBAN DE45 2003 0000 0050 4043 92  
SWIFT BIC HYVEDEMM300  
Commerzbank Hamburg  
IBAN DE67 2004 0000 0449 6444 00  
SWIFT-BIC COBADEHHXXX

Sitz der Gesellschaft:  
Hamburg  
Handelsregister:  
Hamburg HRB 42774  
USt-Id.Nr. DE 118 554 138  
St.-Nr. 47/723/00196

Geschäftsführer:  
Ralf Murzen,  
Dr. Roland Bernerth,  
Kai Plinke,  
Dr. Dominik Obeloer

Prüfbericht-Nr.: 2019P531154 / 1

2019/131 DB Westerland

Auftrag		19520794	19520794	19520794
Probe-Nr.		001	002	003
Material		Grundwasser	Grundwasser	Grundwasser
Probenbezeichnung		<b>WP 7</b>	<b>WP 31</b>	<b>WP 33</b>
Probemenge		ca. 1,5 L	ca. 1,5 L	ca. 1,5 L
Probeneingang		27.11.2019	27.11.2019	27.11.2019
Analysenergebnisse	<i>Einheit</i>			
Beton- und Stahlaggressivität				
pH-Wert		7,9	7,5	7,9
Geruch		unauffällig	unauffällig	unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO <sub>4</sub> /L	7,3	11	6,8
Gesamthärte	°dH	3,5	13	8,4
Härtehydrogencarbonat	°dH	8,6	18	9,1
Nichtcarbonathärte	°dH	0,0	0,0	0,0
Magnesium	mg/L	2,3	8,4	3,7
Ammonium	mg/L	<0,20	1,8	<0,20
Sulfat	mg/L	18	1,7	18
Chlorid	mg/L	40	43	41
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	<5,0	<5,0	<5,0
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/L	3,06	6,57	3,24
Calcium	mg/L	21	80	54

**Prüfbericht-Nr.: 2019P531154 / 1**
**2019/131 DB Westerland**
**Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen (BG)**

Parameter	BG	Einheit	Methode
Beton- und Stahlaggressivität			
pH-Wert			DIN EN ISO 10523: 2012-04 <sup>a</sup> §
Geruch			DIN EN 1622 Anhang C: 2006-10 <sup>a</sup> §
Permanganat-Verbrauch	2,0	mg KMnO <sub>4</sub> /L	DIN EN ISO 8467: 1995-05 <sup>a</sup> §
Gesamthärte	0,010	°dH	DIN 38409-6: 1986-01 <sup>a</sup> §
Härtehydrogencarbonat		°dH	DIN 38 405-D8: 1971 <sup>a</sup> §
Nichtcarbonathärte		°dH	berechnet §
Magnesium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 <sup>a</sup> §
Ammonium	0,20	mg/L	DIN EN ISO 11732: 2005-05 <sup>a</sup> §
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 <sup>a</sup> §
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 <sup>a</sup> §
Kohlendioxid, kalklösend	5,0	mg/L	DIN 4030-2: 2008-06 <sup>a</sup> §
Säurekapazität bis pH 4,3	0,050	mmol/L	DIN 38409-7: 2005-12 <sup>a</sup> §
Calcium	0,020	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 <sup>a</sup> §

Die mit <sup>a</sup> gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen können matrixbedingt variieren.

Untersuchungslabor: §GBA Pinneberg

## Anlage zu Prüfbericht 2019P531154

Probe-Nr.: 19520794 / 001

Probenbezeichnung: 2019/131, DB Westerland  
 WP 7

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	7,9		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	<5,0	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	<0,20	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	2,3	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	18	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	40	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	3,5	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	8,6	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	7,3	mg KMnO4/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 2019P531154

Probe-Nr.: 19520794 / 002

Probenbezeichnung: WP 31

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	7,5		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	<5,0	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	1,8	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 -100
Magnesium	8,4	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	1,7	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	43	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	13	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	18	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	11	mg KMnO4/L	---	---	---

### Kurzbeurteilung:

## Anlage zu Prüfbericht 2019P531154

Probe-Nr.: 19520794 / 003

Probenbezeichnung: WP 33

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	7,9		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	<5,0	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	<0,20	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 -100
Magnesium	3,7	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	18	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	41	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	8,4	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	9,1	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	6,8	mg KMnO4/L	---	---	---

### Kurzbeurteilung:

## Anlage zu Prüfbericht 2019P531154

Probe-Nr.: 19520794 / 001

Probenbezeichnung: 2019/131, DB Westerland  
 WP 7

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

Nr.	Merkmal und Dimension / Einheit				Bewertungs- ziffer
		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl		
<b>1</b>	<b>Wasserart</b> - fließende Gewässer - stehende Gewässer - Küste von Binnenseen - anaerob. Moor, Meeresküste	<b>N1</b> 0 -1 -3 -5	<b>M1</b> -2 1 -3 -5		<b>N1</b>  -1
<b>2</b>	<b>Lage des Objektes</b> - Unterwasserbereich - Wasser / Luft-Bereich - Spritzwasserbereich	<b>N2</b> 0 1 0,3	<b>M2</b> 0 -6 -2		<b>N2</b> 0
<b>3</b>	<b>c (Cl-) + 2c (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b> < 1 > 1 bis 5 > 5 bis 25 > 25 bis 100 > 100 bis 300 > 300	<b>N3</b> 0 -2 -4 -6 -7 -8	<b>M3</b> 0 0 -1 -2 -3 -4	1,5	<b>N3</b> -2
<b>4</b>	<b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b> < 1 1 bis 2 > 2 bis 4 > 4 bis 6 > 6	<b>N4</b> 1 2 3 4 5	<b>M4</b> -1 1 1 0 -1	3,1	<b>N4</b> 3
<b>5</b>	<b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b> < 0,5 0,5 bis 2 > 2 bis 8 > 8	<b>N5</b> -1 0 1 2	<b>M5</b> 0 2 3 4	0,52	<b>N5</b> 0
<b>6</b>	<b>pH-Wert</b> < 5,5 5,5 bis 6,5 > 6,5 bis 7,0 > 7,0 bis 7,5 > 7,5	<b>N6</b> -3 -2 -1 0 1	<b>M6</b> -6 -4 -1 1 1	7,9	<b>N6</b> 1

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

**0,33**

Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$

**1,33**

**Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:**

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

## Anlage zu Prüfbericht 2019P531154

Probe-Nr.: 19520794 / 002

Probenbezeichnung: WP 31

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

Nr.	Merkmal und Dimension / Einheit				Bewertungs- ziffer
		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl		
<b>1</b>	<b>Wasserart</b>	<b>N1</b>	<b>M1</b>		<b>N1</b>
	- fließende Gewässer	0	-2		-1
	- stehende Gewässer	-1	1		
	- Küste von Binnenseen	-3	-3		
	- anaerob. Moor, Meeresküste	-5	-5		
<b>2</b>	<b>Lage des Objektes</b>	<b>N2</b>	<b>M2</b>		<b>N2</b>
	- Unterwasserbereich	0	0		0
	- Wasser / Luft-Bereich	1	-6		
	- Spritzwasserbereich	0,3	-2		
<b>3</b>	<b>c (Cl-) + 2c (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N3</b>	<b>M3</b>		<b>N3</b>
	< 1	0	0	1,2	-2
	> 1 bis 5	-2	0		
	> 5 bis 25	-4	-1		
	> 25 bis 100	-6	-2		
	> 100 bis 300	-7	-3		
	> 300	-8	-4		
<b>4</b>	<b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N4</b>	<b>M4</b>		<b>N4</b>
	< 1	1	-1	6,6	5
	1 bis 2	2	1		
	> 2 bis 4	3	1		
	> 4 bis 6	4	0		
	> 6	5	-1		
<b>5</b>	<b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N5</b>	<b>M5</b>		<b>N5</b>
	< 0,5	-1	0	2,0	0
	0,5 bis 2	0	2		
	> 2 bis 8	1	3		
	> 8	2	4		
<b>6</b>	<b>pH-Wert</b>	<b>N6</b>	<b>M6</b>		<b>N6</b>
	< 5,5	-3	-6	7,5	0
	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:  $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$

**1,60**

Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$

**2,60**

**Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:**

<b>W0- bzw. W1 - Werte</b>	<b>Mulden- und Lochkorrosion</b>	<b>Flächen- korrosion</b>
$\geq 0$	sehr gering	sehr gering
-1 bis -4	gering	sehr gering
<-4 bis -8	mittel	gering
<-8	hoch	mittel

## Anlage zu Prüfbericht 2019P531154

Probe-Nr.: 19520794 / 003

Probenbezeichnung: WP 33

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

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

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

Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$

**0,33**

**1,33**

**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

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH · Flensburger Straße 15 · 25421 Pinneberg

BBI Geo- und Umwelttechnik  
Ingenieur-Gesellschaft mbH  
Frau Gilberg

Lübecker Str. 1  
**22087 Hamburg**


ISO 14001  
ISO 45001  
zertifiziert



## Prüfbericht-Nr.: 2020P500116 / 1

<b>Auftraggeber</b>	BBI Geo- und Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH
<b>Eingangsdatum</b>	17.12.2019
<b>Projekt</b>	DB Westerland
<b>Material</b>	Wasser
<b>Kennzeichnung</b>	siehe Tabelle
<b>Auftrag</b>	2019/131
<b>Verpackung</b>	Glas- und PE-Flaschen
<b>Probenmenge</b>	ca. 1,5 L
<b>Auftragsnummer</b>	19522443
<b>Probenahme</b>	durch den Auftraggeber
<b>Probentransport</b>	GBA, M. Weßel
<b>Labor</b>	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
<b>Prüfbeginn / -ende</b>	17.12.2019 - 02.01.2020
<b>Methoden</b>	siehe letzte Seite
<b>Unteraufträge</b>	
<b>Bemerkung</b>	
<b>Probenaufbewahrung</b>	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 02.01.2020



i. A. Gesine Blinde

Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht auszugswise vervielfältigt werden. Entscheidungsregeln der GBA sind in den AGBs einzusehen.

Seite 1 von 4 zu Prüfbericht-Nr.: 2020P500116 / 1

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH  
Flensburger Str. 15, 25421 Pinneberg  
Telefon +49 (0)4101 7946-0  
Fax +49 (0)4101 7946-26  
E-Mail pinneberg@gba-group.de  
www.gba-group.com

HypoVereinsbank  
IBAN DE45 2003 0000 0050 4043 92  
SWIFT BIC HYVEDEMM300  
Commerzbank Hamburg  
IBAN DE67 2004 0000 0449 6444 00  
SWIFT-BIC COBADEHHXXX

Sitz der Gesellschaft:  
Hamburg  
Handelsregister:  
Hamburg HRB 42774  
USt-Id.Nr. DE 118 554 138  
St.-Nr. 47/723/00196

Geschäftsführer:  
Ralf Murzen,  
Dr. Roland Bernerth,  
Kai Plinke,  
Dr. Dominik Obeloer

**Prüfbericht-Nr.: 2020P500116 / 1**
**DB Westerland**

<b>Auftrag</b>		19522443	19522443	19522443	19522443	19522443
<b>Probe-Nr.</b>		001	002	003	004	005
<b>Material</b>		Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser
<b>Probenbezeichnung</b>		<b>WP 11</b>	<b>WP 13</b>	<b>WP 17</b>	<b>WP 20</b>	<b>WP 23</b>
<b>Probemenge</b>		ca. 1,5 L	ca. 1,5 L	ca. 1,5 L	ca. 1,5 L	ca. 1,5 L
<b>Probeneingang</b>		17.12.2019	17.12.2019	17.12.2019	17.12.2019	17.12.2019
<b>Analysenergebnisse</b>	<b>Einheit</b>					
<b>Beton- und Stahlaggressivität</b>						
<b>pH-Wert</b>		7,3	7,6	6,8	7,3	6,8
<b>Geruch</b>		unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig
<b>Permanganat-Verbrauch</b>	mg KMnO <sub>4</sub> /L	44	7,8	58	13	63
<b>Gesamthärte</b>	°dH	5,8	7,2	2,5	3,0	5,3
<b>Härtehydrogencarbonat</b>	°dH	5,2	7,0	1,6	2,8	4,3
<b>Nichtcarbonathärte</b>	°dH	0,60	0,18	0,93	0,19	0,98
<b>Magnesium</b>	mg/L	2,2	2,8	3,0	3,3	4,3
<b>Ammonium</b>	mg/L	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
<b>Sulfat</b>	mg/L	6,9	9,0	9,1	6,3	14
<b>Chlorid</b>	mg/L	13	16	37	14	37
<b>Kohlendioxid, kalklösend</b>	mg/L	7,7	<5,0	17	6,2	33
<b>Säurekapazität bis pH 4,3</b>	mmol/L	1,86	2,51	0,563	1,00	1,55
<b>Calcium</b>	mg/L	38	47	13	16	31

Prüfbericht-Nr.: 2020P500116 / 1

DB Westerland

Auftrag		19522443
Probe-Nr.		006
Material		Wasser
Probenbezeichnung		<b>WP 27</b>
Probemenge		ca. 1,5 L
Probeneingang		17.12.2019
<i>Analysenergebnisse</i>	<i>Einheit</i>	
Beton- und Stahlaggressivität		
pH-Wert		6,8
Geruch		unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO <sub>4</sub> /L	73
Gesamthärte	°dH	5,5
Härtehydrogencarbonat	°dH	4,5
Nichtcarbonathärte	°dH	0,95
Magnesium	mg/L	4,4
Ammonium	mg/L	<0,20
Sulfat	mg/L	14
Chlorid	mg/L	37
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	30
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/L	1,62
Calcium	mg/L	32

**Prüfbericht-Nr.: 2020P500116 / 1**
**DB Westerland**
**Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen (BG)**

Parameter	BG	Einheit	Methode
Beton- und Stahlaggressivität			
pH-Wert			DIN EN ISO 10523: 2012-04 <sup>a</sup> §
Geruch			DIN EN 1622 Anhang C: 2006-10 <sup>a</sup> §
Permanganat-Verbrauch	2,0	mg KMnO <sub>4</sub> /L	DIN EN ISO 8467: 1995-05 <sup>a</sup> §
Gesamthärte	0,010	°dH	DIN 38409-6: 1986-01 <sup>a</sup> §
Härtehydrogencarbonat		°dH	DIN 38 405-D8: 1971 <sup>a</sup> §
Nichtcarbonathärte		°dH	berechnet §
Magnesium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 <sup>a</sup> §
Ammonium	0,20	mg/L	DIN EN ISO 11732: 2005-05 <sup>a</sup> §
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 <sup>a</sup> §
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 <sup>a</sup> §
Kohlendioxid, kalklösend	5,0	mg/L	DIN 4030-2: 2008-06 <sup>a</sup> §
Säurekapazität bis pH 4,3	0,050	mmol/L	DIN 38409-7: 2005-12 <sup>a</sup> §
Calcium	0,020	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 <sup>a</sup> §

Die mit <sup>a</sup> gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen können matrixbedingt variieren.

Untersuchungslabor: §GBA Pinneberg

## Anlage zu Prüfbericht 2020P500116

Probe-Nr.: 19522443 / 001

Probenbezeichnung: WP 11

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	7,3		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	7,7	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	<0,20	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	2,2	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	6,9	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	13	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	5,8	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	5,2	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	44	mg KMnO <sub>4</sub> /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 2020P500116

Probe-Nr.: 19522443 / 002

Probenbezeichnung: WP 13

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	7,6		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	<5,0	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	<0,20	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 -100
Magnesium	2,8	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	9,0	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	16	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,2	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	7,0	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	7,8	mg KMnO4/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 2020P500116

Probe-Nr.: 19522443 / 003

Probenbezeichnung: WP 17

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,8		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	17	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	<0,20	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 -100
Magnesium	3,0	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	9,1	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	37	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	2,5	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	1,6	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	58	mg KMnO4/L	---	---	---

**Kurzbeurteilung:** Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

## Anlage zu Prüfbericht 2020P500116

Probe-Nr.: 19522443 / 004

Probenbezeichnung: WP 20

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	7,3		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	6,2	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	<0,20	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 -100
Magnesium	3,3	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	6,3	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	14	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	3,0	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	2,8	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	13	mg KMnO4/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 2020P500116

Probe-Nr.: 19522443 / 005

Probenbezeichnung: WP 23

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,8		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	33	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	<0,20	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 -100
Magnesium	4,3	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	14	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	37	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	5,3	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,3	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	63	mg KMnO4/L	---	---	---

**Kurzbeurteilung:** Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

## Anlage zu Prüfbericht 2020P500116

Probe-Nr.: 19522443 / 006

Probenbezeichnung: WP 27

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,8		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	30	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	<0,20	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 -100
Magnesium	4,4	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	14	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	37	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	5,5	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,5	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	73	mg KMnO4/L	---	---	---

**Kurzbeurteilung:** Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

## Anlage zu Prüfbericht 2020P500116

Probe-Nr.: 19522443 / 001

Probenbezeichnung: WP 11

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

Nr.	Merkmal und Dimension / Einheit				Bewertungs- ziffer
		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl		
<b>1</b>	<b>Wasserart</b> - fließende Gewässer - stehende Gewässer - Küste von Binnenseen - anaerob. Moor, Meeresküste	<b>N1</b> 0 -1 -3 -5	<b>M1</b> -2 1 -3 -5		<b>N1</b>  -1
<b>2</b>	<b>Lage des Objektes</b> - Unterwasserbereich - Wasser / Luft-Bereich - Spritzwasserbereich	<b>N2</b> 0 1 0,3	<b>M2</b> 0 -6 -2		<b>N2</b> 0
<b>3</b>	<b>c (Cl-) + 2c (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b> < 1 > 1 bis 5 > 5 bis 25 > 25 bis 100 > 100 bis 300 > 300	<b>N3</b> 0 -2 -4 -6 -7 -8	<b>M3</b> 0 0 -1 -2 -3 -4	0,51	<b>N3</b> 0
<b>4</b>	<b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b> < 1 1 bis 2 > 2 bis 4 > 4 bis 6 > 6	<b>N4</b> 1 2 3 4 5	<b>M4</b> -1 1 1 0 -1	1,9	<b>N4</b> 2
<b>5</b>	<b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b> < 0,5 0,5 bis 2 > 2 bis 8 > 8	<b>N5</b> -1 0 1 2	<b>M5</b> 0 2 3 4	0,95	<b>N5</b> 0
<b>6</b>	<b>pH-Wert</b> < 5,5 5,5 bis 6,5 > 6,5 bis 7,0 > 7,0 bis 7,5 > 7,5	<b>N6</b> -3 -2 -1 0 1	<b>M6</b> -6 -4 -1 1 1	7,3	<b>N6</b>  0

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

Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$

**1,00**

**2,00**

**Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:**

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

## Anlage zu Prüfbericht 2020P500116

Probe-Nr.: 19522443 / 002

Probenbezeichnung: WP 13

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

Nr.	Merkmal und Dimension / Einheit				Bewertungs- ziffer
		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl		
<b>1</b>	<b>Wasserart</b>	<b>N1</b>	<b>M1</b>		<b>N1</b>
	- fließende Gewässer	0	-2		-1
	- stehende Gewässer	-1	1		
	- Küste von Binnenseen	-3	-3		
	- anaerob. Moor, Meeresküste	-5	-5		
<b>2</b>	<b>Lage des Objektes</b>	<b>N2</b>	<b>M2</b>		<b>N2</b>
	- Unterwasserbereich	0	0		0
	- Wasser / Luft-Bereich	1	-6		
	- Spritzwasserbereich	0,3	-2		
<b>3</b>	<b>c (Cl-) + 2c (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N3</b>	<b>M3</b>	0,64	<b>N3</b>
	< 1	0	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		
<b>4</b>	<b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N4</b>	<b>M4</b>	2,5	<b>N4</b>
	< 1	1	-1		3
	1 bis 2	2	1		
	> 2 bis 4	3	1		
	> 4 bis 6	4	0		
	> 6	5	-1		
<b>5</b>	<b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N5</b>	<b>M5</b>	1,2	<b>N5</b>
	< 0,5	-1	0		0
	0,5 bis 2	0	2		
	> 2 bis 8	1	3		
	> 8	2	4		
<b>6</b>	<b>pH-Wert</b>	<b>N6</b>	<b>M6</b>	7,6	<b>N6</b>
	< 5,5	-3	-6		1
	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:  $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$

Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$

**3,00**

**4,00**

**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

## Anlage zu Prüfbericht 2020P500116

Probe-Nr.: 19522443 / 003

Probenbezeichnung: WP 17

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

Nr.	Merkmal und Dimension / Einheit				Bewertungs- ziffer
		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl		
<b>1</b>	<b>Wasserart</b>	<b>N1</b>	<b>M1</b>		<b>N1</b>
	- fließende Gewässer	0	-2		-1
	- stehende Gewässer	-1	1		
	- Küste von Binnenseen	-3	-3		
	- anaerob. Moor, Meeresküste	-5	-5		
<b>2</b>	<b>Lage des Objektes</b>	<b>N2</b>	<b>M2</b>		<b>N2</b>
	- Unterwasserbereich	0	0		0
	- Wasser / Luft-Bereich	1	-6		
	- Spritzwasserbereich	0,3	-2		
<b>3</b>	<b>c (Cl-) + 2c (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N3</b>	<b>M3</b>		<b>N3</b>
	< 1	0	0	1,2	-2
	> 1 bis 5	-2	0		
	> 5 bis 25	-4	-1		
	> 25 bis 100	-6	-2		
	> 100 bis 300	-7	-3		
	> 300	-8	-4		
<b>4</b>	<b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N4</b>	<b>M4</b>		<b>N4</b>
	< 1	1	-1	0,56	1
	1 bis 2	2	1		
	> 2 bis 4	3	1		
	> 4 bis 6	4	0		
	> 6	5	-1		
<b>5</b>	<b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N5</b>	<b>M5</b>		<b>N5</b>
	< 0,5	-1	0	0,32	-1
	0,5 bis 2	0	2		
	> 2 bis 8	1	3		
	> 8	2	4		
<b>6</b>	<b>pH-Wert</b>	<b>N6</b>	<b>M6</b>		<b>N6</b>
	< 5,5	-3	-6	6,8	-1
	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:  $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$

Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$

**-6,00**

**-5,00**

**Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:**

<b>W0- bzw. W1 - Werte</b>	<b>Mulden- und Lochkorrosion</b>	<b>Flächen- korrosion</b>
$\geq 0$	sehr gering	sehr gering
-1 bis -4	gering	sehr gering
<-4 bis -8	mittel	gering
<-8	hoch	mittel

## Anlage zu Prüfbericht 2020P500116

Probe-Nr.: 19522443 / 004

Probenbezeichnung: WP 20

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

Nr.	Merkmal und Dimension / Einheit				Bewertungs- ziffer
		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl		
<b>1</b>	<b>Wasserart</b>	<b>N1</b>	<b>M1</b>		<b>N1</b>
	- fließende Gewässer	0	-2		-1
	- stehende Gewässer	-1	1		
	- Küste von Binnenseen	-3	-3		
	- anaerob. Moor, Meeresküste	-5	-5		
<b>2</b>	<b>Lage des Objektes</b>	<b>N2</b>	<b>M2</b>		<b>N2</b>
	- Unterwasserbereich	0	0		0
	- Wasser / Luft-Bereich	1	-6		
	- Spritzwasserbereich	0,3	-2		
<b>3</b>	<b>c (Cl-) + 2c (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N3</b>	<b>M3</b>	0,53	<b>N3</b>
	< 1	0	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		
<b>4</b>	<b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N4</b>	<b>M4</b>	1,0	<b>N4</b>
	< 1	1	-1		2
	1 bis 2	2	1		
	> 2 bis 4	3	1		
	> 4 bis 6	4	0		
	> 6	5	-1		
<b>5</b>	<b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N5</b>	<b>M5</b>	0,40	<b>N5</b>
	< 0,5	-1	0		-1
	0,5 bis 2	0	2		
	> 2 bis 8	1	3		
	> 8	2	4		
<b>6</b>	<b>pH-Wert</b>	<b>N6</b>	<b>M6</b>	7,3	<b>N6</b>
	< 5,5	-3	-6		0
	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:  $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$

Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$

**0,00**

**1,00**

**Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:**

<b>W0- bzw. W1 - Werte</b>	<b>Mulden- und Lochkorrosion</b>	<b>Flächen- korrosion</b>
$\geq 0$	sehr gering	sehr gering
-1 bis -4	gering	sehr gering
<-4 bis -8	mittel	gering
<-8	hoch	mittel

## Anlage zu Prüfbericht 2020P500116

Probe-Nr.: 19522443 / 005

Probenbezeichnung: WP 23

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

Nr.	Merkmal und Dimension / Einheit				Bewertungs- ziffer
		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl		
<b>1</b>	<b>Wasserart</b>	<b>N1</b>	<b>M1</b>		<b>N1</b>
	- fließende Gewässer	0	-2		-1
	- stehende Gewässer	-1	1		
	- Küste von Binnenseen	-3	-3		
	- anaerob. Moor, Meeresküste	-5	-5		
<b>2</b>	<b>Lage des Objektes</b>	<b>N2</b>	<b>M2</b>		<b>N2</b>
	- Unterwasserbereich	0	0		0
	- Wasser / Luft-Bereich	1	-6		
	- Spritzwasserbereich	0,3	-2		
<b>3</b>	<b>c (Cl-) + 2c (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N3</b>	<b>M3</b>		<b>N3</b>
	< 1	0	0	1,3	-2
	> 1 bis 5	-2	0		
	> 5 bis 25	-4	-1		
	> 25 bis 100	-6	-2		
	> 100 bis 300	-7	-3		
	> 300	-8	-4		
<b>4</b>	<b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N4</b>	<b>M4</b>		<b>N4</b>
	< 1	1	-1	1,6	2
	1 bis 2	2	1		
	> 2 bis 4	3	1		
	> 4 bis 6	4	0		
	> 6	5	-1		
<b>5</b>	<b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N5</b>	<b>M5</b>		<b>N5</b>
	< 0,5	-1	0	0,77	0
	0,5 bis 2	0	2		
	> 2 bis 8	1	3		
	> 8	2	4		
<b>6</b>	<b>pH-Wert</b>	<b>N6</b>	<b>M6</b>		<b>N6</b>
	< 5,5	-3	-6	6,8	-1
	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:  $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$

Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$

**-3,00**

**-2,00**

**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

## Anlage zu Prüfbericht 2020P500116

Probe-Nr.: 19522443 / 006

Probenbezeichnung: WP 27

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

Nr.	Merkmal und Dimension / Einheit				Bewertungs- ziffer
		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl		
<b>1</b>	<b>Wasserart</b>	<b>N1</b>	<b>M1</b>		<b>N1</b>
	- fließende Gewässer	0	-2		-1
	- stehende Gewässer	-1	1		
	- Küste von Binnenseen	-3	-3		
	- anaerob. Moor, Meeresküste	-5	-5		
<b>2</b>	<b>Lage des Objektes</b>	<b>N2</b>	<b>M2</b>		<b>N2</b>
	- Unterwasserbereich	0	0		0
	- Wasser / Luft-Bereich	1	-6		
	- Spritzwasserbereich	0,3	-2		
<b>3</b>	<b>c (Cl-) + 2c (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N3</b>	<b>M3</b>		<b>N3</b>
	< 1	0	0	1,3	-2
	> 1 bis 5	-2	0		
	> 5 bis 25	-4	-1		
	> 25 bis 100	-6	-2		
	> 100 bis 300	-7	-3		
	> 300	-8	-4		
<b>4</b>	<b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N4</b>	<b>M4</b>		<b>N4</b>
	< 1	1	-1	1,6	2
	1 bis 2	2	1		
	> 2 bis 4	3	1		
	> 4 bis 6	4	0		
	> 6	5	-1		
<b>5</b>	<b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N5</b>	<b>M5</b>		<b>N5</b>
	< 0,5	-1	0	0,80	0
	0,5 bis 2	0	2		
	> 2 bis 8	1	3		
	> 8	2	4		
<b>6</b>	<b>pH-Wert</b>	<b>N6</b>	<b>M6</b>		<b>N6</b>
	< 5,5	-3	-6	6,8	-1
	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:  $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$

Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$

**-3,00**

**-2,00**

**Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:**

<b>W0- bzw. W1 - Werte</b>	<b>Mulden- und Lochkorrosion</b>	<b>Flächen- korrosion</b>
$\geq 0$	sehr gering	sehr gering
-1 bis -4	gering	sehr gering
<-4 bis -8	mittel	gering
<-8	hoch	mittel



Einteilung und Kennwerte für die Homogenbereiche  
Homogenbereiche für das Gewerk Erdbau gem. DIN 18300

Anlage 6.1

Nr.	Eigenschaften / Kennwerte	Einheit	Erdbauarbeiten DIN 18300			
			E1	E2	E3	E4
	Ergänzend ortsübliche Bezeichnung		Auffüllung	Organische Weichschichten (Torf, Mudde, Marsch)	Sande, schluffig-kiesig <sup>2)</sup>	Lehmböden (Geschiebelehm, Lehmsande)
1	Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern		siehe Anlage 7.1	siehe Anlage 7.2	siehe Anlage 7.3	siehe Anlage 7.4
2a	Massenanteil an Steinen nach EN ISO 14688	DIN [%]	0 - 30	< 10	0 - 40	0 - 30
2b	Massenanteil Blöcke nach EN ISO 14688	DIN [%]	0 - 15	< 5	0 - 25	0 - 15
2c	Massenanteil große Blöcke nach DIN EN ISO 14688	[%]	0 - 5	0 - 2	0 - 10	0 - 5
4	Dichte nach DIN EN ISO 17892-2	[g/cm³]	1,7 – 1,9	1,0 – 1,8	1,8 – 2,1	1,9 – 2,1
6	undrionierte Scherfestigkeit nach DIN 18137-2	[kN/m²]	nicht bestimmbar	0 - 30	nicht bestimmbar	10 – 250
8	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	[%]	nicht bestimmbar	20 - 600	nicht bestimmbar	5 bis 30
10	Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	[-]	nicht bestimmbar	0,5 - 1,0 <sup>1)</sup>	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar
12	Plastizitätszahl DIN 18122-1	[%]	nicht bestimmbar	0,2 - 1,0 <sup>1)</sup>	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar
14	Lagerungsdichte ( $I_D$ ): Definition nach DIN EN ISO 14688-2, Bestimmung nach DIN 18126	[-]	sehr locker bis dicht	nicht bestimmbar	sehr locker bis sehr dicht	nicht bestimmbar <sup>3)</sup>
17	Organischer Anteil nach DIN 18128	[%]	< 3	15 - 100	< 2	< 3
20	Bodengruppe nach DIN 18196		A [SE, SI, SW, SU, GE, GW, GI]	F, HZ, OU, OH, OT, UA, UM	SE, SI, SW, SU, SU*, GW, GI	SU, SU*, UL, UM

<sup>1)</sup> Für torfhaltige Böden nicht bestimmbar

<sup>2)</sup> Da grobkörnige und feinkörnige Sande nicht separierbar ist, werden diese in einem Homogenbereich zusammengefasst.

<sup>3)</sup> Die Lehmböden mit einem sehr hohen Sandgehalt verhalten sich wie rollige Böden und sind sehr locker bis dicht gelagert.



Einteilung und Kennwerte für die Homogenbereiche  
Homogenbereiche für das Gewerk Bohrarbeiten nach DIN 18301

Anlage 6.2

Nr.	Eigenschaften / Kennwerte	Einheit	Bohrarbeiten DIN 18301		
			B1	B2	B3
	Ergänzend ortsübliche Bezeichnung		Auffüllung	Sande, schluffig-kiesig <sup>2)</sup>	Lehmböden (Geschiebelehm, Lehmsande)
1	Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern		siehe Anlage 7.1	siehe Anlage 7.3	siehe Anlage 7.4
2a	Massenanteil an Steinen nach DIN EN ISO 14688	[%]	0 - 30	0 - 40	0 - 30
2b	Massenanteil Blöcke nach DIN EN ISO 14688	[%]	0 - 15	0 - 25	0 - 15
2c	Massenanteil große Blöcke nach DIN EN ISO 14688	[%]	0 - 5	0 - 10	0 - 5
3	Kohäsion nach DIN 18137-3	[kN/m²]	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar	5 - 10
4	undräßierte Scherfestigkeit nach DIN 18137-2	[kN/m²]	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar	10 – 250
5	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	[%]	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar	5 bis 30
6	Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	[-]	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar
7	Plastizitätszahl DIN 18122-1	[%]	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar
8	Lagerungsdichte ( $I_D$ ): Definition nach DIN EN ISO 14688-2, Bestimmung nach DIN 18126	[-]	sehr locker bis dicht	sehr locker bis sehr dicht	nicht bestimmbar <sup>3)</sup>
9	Abrasivität NF P18-579 <sup>1)</sup>		abrasiv bis stark abrasiv	abrasiv bis stark abrasiv	abrasiv bis stark abrasiv
10	Bodengruppe nach DIN 18196		A [SE, SI, SW, SU, GE, GW, GI]	SE, SI, SW, SU, SU*, GW, GI	SU, SU*, UL, UM

<sup>1)</sup> Bei Vorkommen von Steinen, Blöcken in Lagen und Nestern ist lokal abweichend von extremer Abrasivität der Böden auszugehen

<sup>2)</sup> Da grobkörnige und feinkörnige Sande nicht separierbar ist, werden diese in einem Homogenbereich zusammengefasst.

<sup>3)</sup> Die Lehmböden mit einem sehr hohen Sandgehalt verhalten sich wie rollige Böden und sind sehr locker bis dicht gelagert.

Einteilung und Kennwerte für die Homogenbereiche  
Homogenbereiche für das Gewerk Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten nach DIN 18304

Anlage 6.3

Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten nach DIN 18304					
Nr.	Eigenschaften / Kennwerte	Einheit	R1	R2	R3
	Ergänzend ortsübliche Bezeichnung		Auffüllung	Sande, schluffig-kiesig <sup>2)</sup>	Lehmböden (Geschiebelehm, Lehmsande)
1	Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern		siehe Anlage 7.1	siehe Anlage 7.3	siehe Anlage 7.4
2a	Massenanteil an Steinen nach DIN EN ISO 14688	[%]	0 - 30	0 - 40	0 - 30
2b	Massenanteil Blöcke nach DIN EN ISO 14688	[%]	0 - 15	0 - 25	0 - 15
2c	Massenanteil große Blöcke nach DIN EN ISO 14688	[%]	0 - 5	0 - 10	0 - 5
3	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	[%]	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar	5 bis 30
4	Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	[-]	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar
5	Plastizitätszahl DIN 18122-1	[%]	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar
6	Lagerungsdichte ( $I_D$ ): Definition nach DIN EN ISO 14688-2, Bestimmung nach DIN 18126	[-]	sehr locker bis dicht	sehr locker bis sehr dicht	nicht bestimmbar <sup>3)</sup>
7	Organischer Anteil nach DIN 18128	[%]	< 3	< 2	< 3
8	Bodengruppe nach DIN 18196		A [SE, SI, SW, SU, GE, GW, GI]	SE, SI, SW, SU, SU*, GW, GI	SU, SU*, UL, UM

<sup>1)</sup> Für torfhaltige Böden nicht bestimmbar

<sup>2)</sup> Da grobkörnige und feinkörnige Sande nicht separierbar ist, werden diese in einem Homogenbereich zusammengefasst.

<sup>3)</sup> Die Lehmböden mit einem sehr hohen Sandgehalt verhalten sich wie rollige Böden und sind sehr locker bis dicht gelagert.



# Einteilung und Kennwerte für die Homogenbereiche

## Homogenbereiche für das Gewerk Rohrvortriebsarbeiten nach DIN 18319

Anlage 6.4

Nr.	Eigenschaften / Kennwerte	Einheit	Rohrvortriebsarbeiten DIN 18319	
			V1	V2
	Ergänzend ortsübliche Bezeichnung		Sande, schluffig-kiesig <sup>2)</sup>	Lehmböden (Geschiebelehm, Lehmsande)
1	Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern		siehe Anlage 7.3	siehe Anlage 7.4
2a	Massenanteil an Steinen nach DIN EN ISO 14688	[%]	0 - 40	0 - 30
2b	Massenanteil Blöcke nach DIN EN ISO 14688	[%]	0 - 25	0 - 15
2c	Massenanteil große Blöcke nach DIN EN ISO 14688	[%]	0 - 10	0 - 5
3	Mineralogische Zusammensetzung der Steine und Blöcke nach DIN EN ISO 14689-1		Quarz, Feldspat Schwerminerale <sup>4)</sup>	Quarz, Feldspat Schwerminerale <sup>4)</sup>
4	Dichte nach DIN EN ISO 17892-2	[g/cm³]	1,8 – 2,1	1,9 – 2,1
5	undräßierte Scherfestigkeit nach DIN 18137-2	[kN/m²]	nicht bestimmbar	10 – 250
6	Sensitivität nach DIN 4094-4		nicht bestimmbar	nicht bestimmbar
7	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	[%]	nicht bestimmbar	5 bis 30
8	Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	[-]	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar
9	Plastizitätszahl DIN 18122-1	[%]	nicht bestimmbar	nicht bestimmbar
10	Durchlässigkeit nach der Normenreihe DIN 18130	[m/s]	$1 \times 10^{-6}$ - $1 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-10}$ - $5 \times 10^{-7}$
11	Lagerungsdichte: Definition nach DIN EN ISO 14688-2, Bestimmung nach DIN 18126		locker bis sehr dicht	nicht bestimmbar <sup>3)</sup>
12	Abrasivität NF P18-579 <sup>1)</sup>		abrasiv bis stark abrasiv	abrasiv bis stark abrasiv
13	Bodengruppe nach DIN 18196		SE, SI, SW, SU, SU*, GW, GI	SU, SU*, UL, UM

<sup>1)</sup> Bei Vorkommen von Steinen, Blöcken in Lagen und Nestern ist lokal abweichend von extremer Abrasivität der Böden auszugehen

<sup>2)</sup> Da grobkörnige und feinkörnige Sande nicht separierbar ist, werden diese in einem Homogenbereich zusammengefasst.

<sup>3)</sup> Die Lehmböden mit einem sehr hohen Sandgehalt verhalten sich wie rollige Böden und sind sehr locker bis dicht gelagert.

<sup>4)</sup> Ermittelt durch eine visuelle Bestimmung und typische petrographischen Bestandteile dieser Bodenart.



GEO- UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

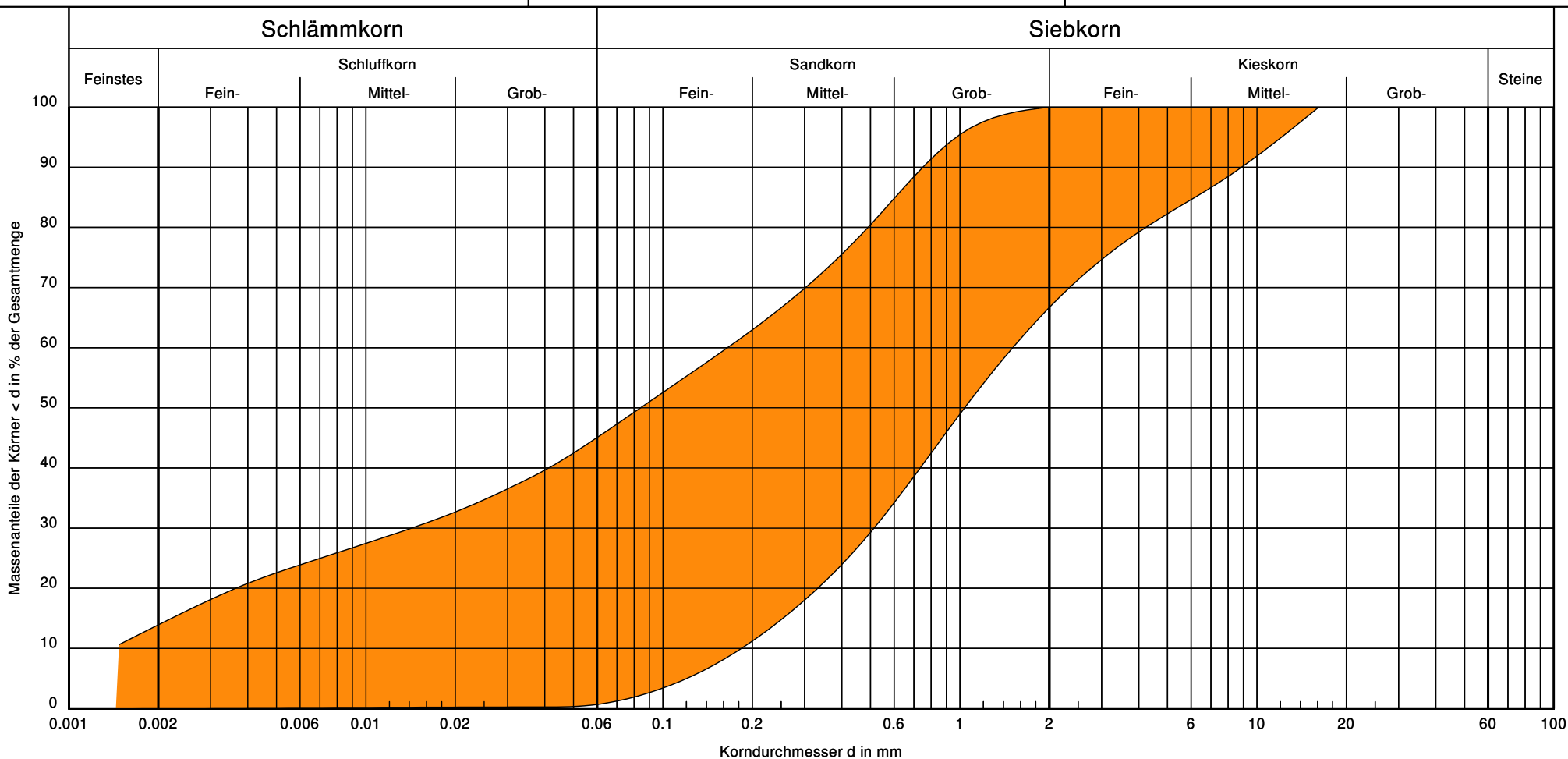
BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40

Bearbeiter: Gi Datum: 06.02.2020

# Körnungsband

ESTW Westerland

Rohrdurchlass & Kabelquerung - Homogenbereiche



Signatur	Körnungsband: Auffüllung, sandig-schluffig	Bemerkungen: organische Beimengung z. T. Bauschutt- und Ziegelhaltig z.T. Lagen umgelagerter Lehm	Projekt-Nr.: 2019/131 Anlage: 7.1
Bodenart:			
Tiefe:			
U/Cc:			
Entnahmestelle:			



GEO- UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

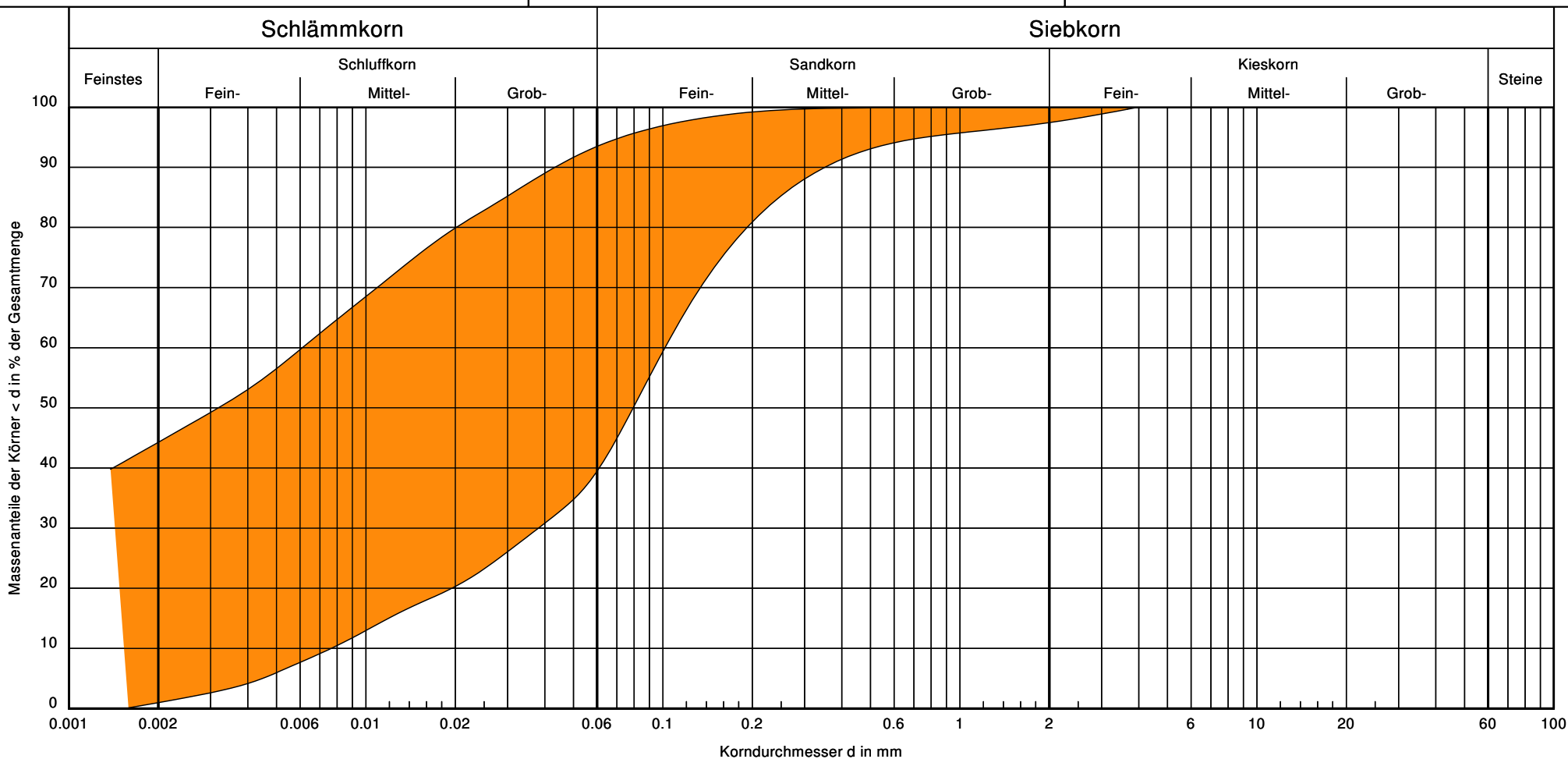
BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40

Bearbeiter: Gi Datum: 06.02.2020

# Körnungsband

ESTW Westerland

Rohrdurchlass & Kabelquerung - Homogenbereiche



Signatur	Körnungsband: Organische Weichschichten (Torf*, Mudde, Marsch)	Bemerkungen: *Für torfhaltige Böden nicht bestimmbar	Projekt-Nr.: 2019/131 Anlage: 7.2
Bodenart:			
Tiefe:			
U/Cc:			
Entnahmestelle:			



GEO- UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

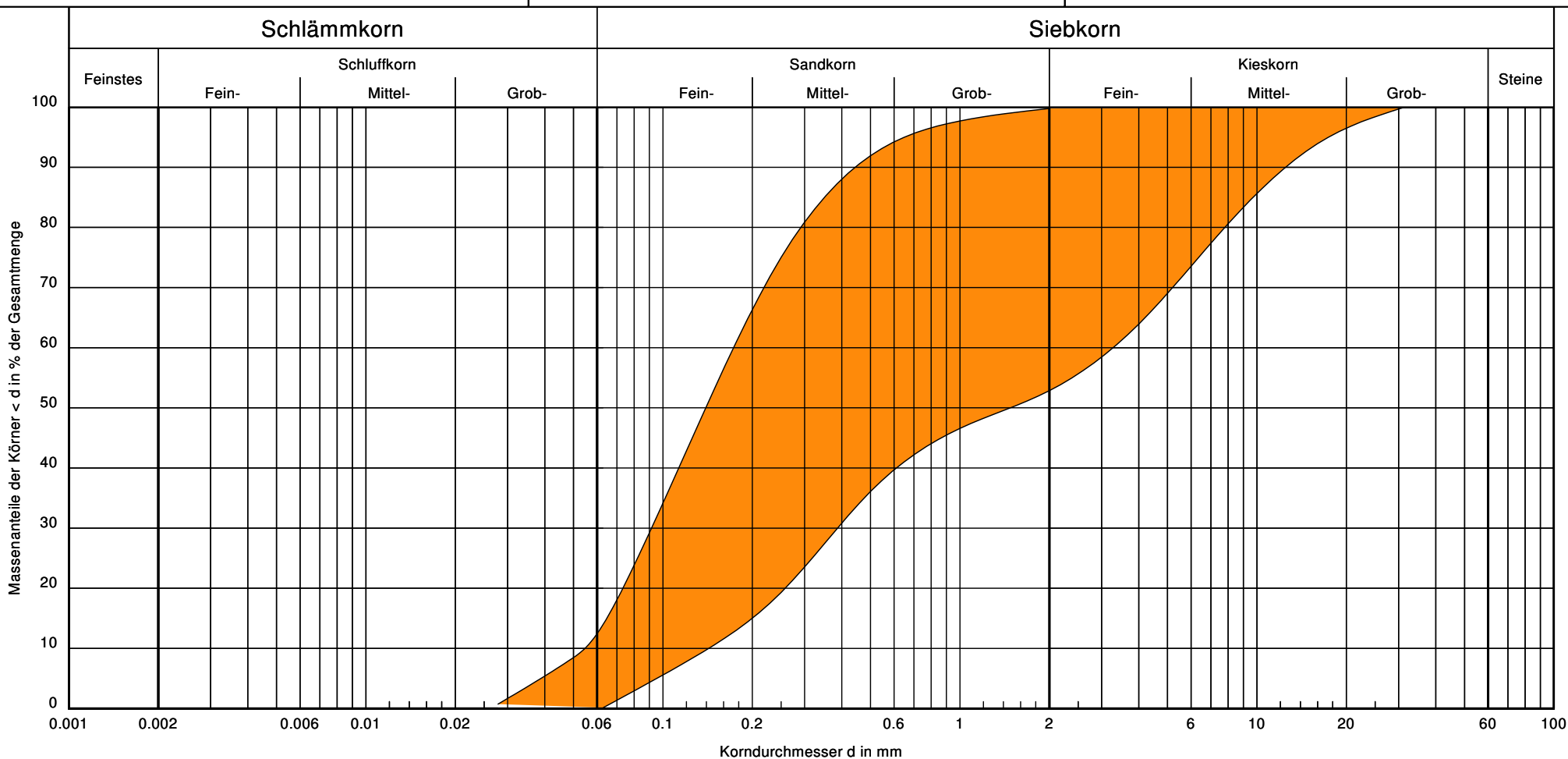
BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40

Bearbeiter: Gi Datum: 06.02.2020

# Körnungsband

ESTW Westerland

Rohrdurchlass & Kabelquerung - Homogenbereiche



Körnungsband: Sand, schluffig-kiesig

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
2019/131  
Anlage:  
7.3



GEO- UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

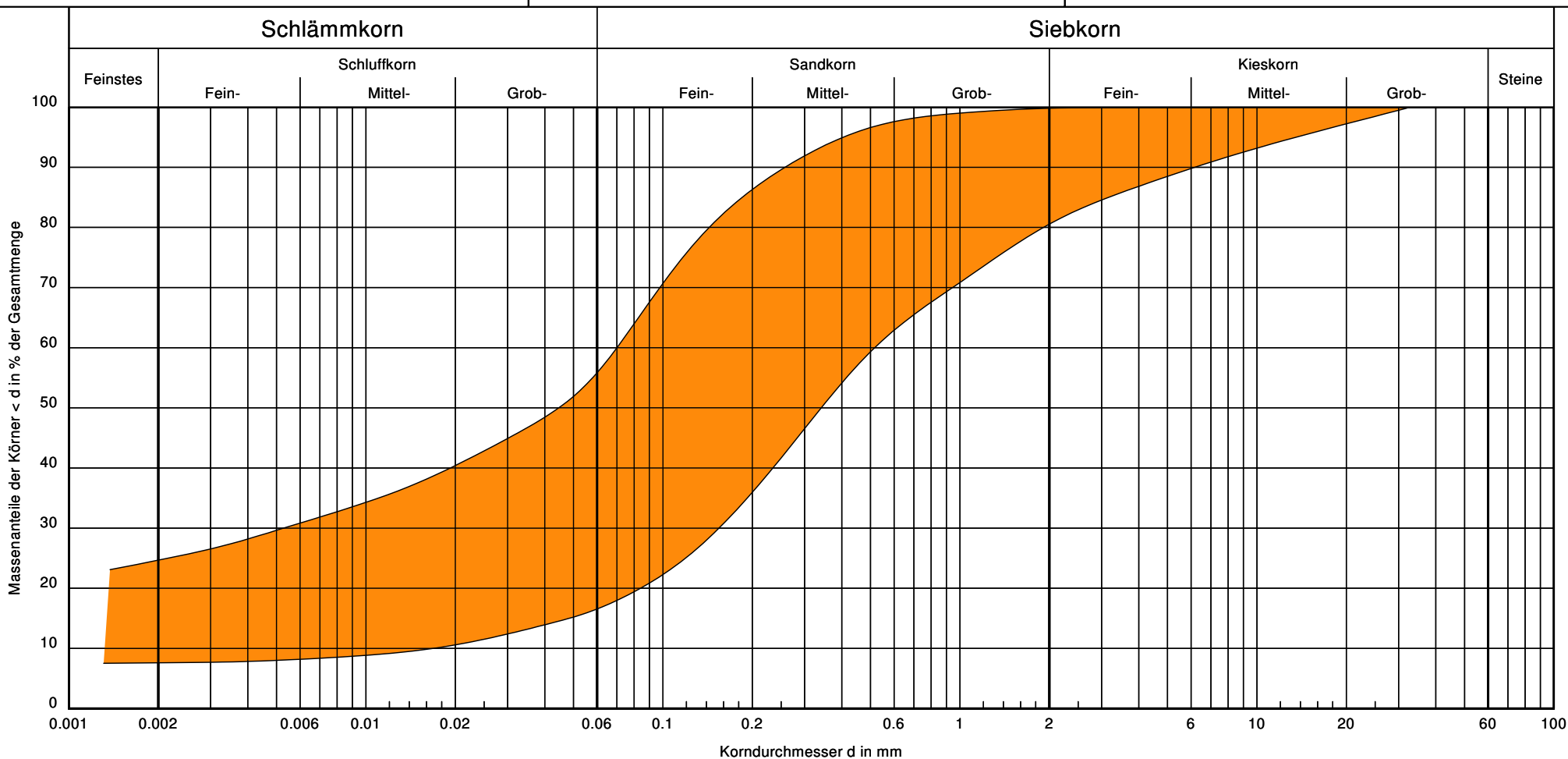
BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40

Bearbeiter: Gi Datum: 06.02.2020

# Körnungsband

ESTW Westerland

Rohrdurchlass & Kabelquerung - Homogenbereiche



Signatur
Bodenart:
Tiefe:
U/Cc:
Entnahmestelle:

Körnungsband: Lehm Böden (Geschiebelehm, Lehmsande)

Bemerkungen:

Projekt-Nr.: 2019/131 Anlage: 7.4
--