

Geotechnisches Streckengutachten

zum

Neubau einer Gasanbindung

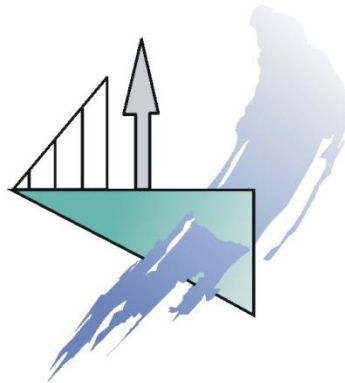
Wilhelmshaven – Leer (GWL)



Baulos 2 Westerstede - Leer

6. Abschnitt – Stationierungs-km 47,010 bis 58,055

Landkreis Leer



RPGeolabor und Umweltservice GmbH

Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg

Projektnummer: 06-5765

Datum: 20.01.2023

Vorhabensträgerin	
	EWE Netz GmbH Cloppener Straße 302 26133 Oldenburg Ansprechpartner Thorsten Soppa Tel.: 0151 74625063 thorsten.soppa@ewe-netz.de
Baugrundgutachten	
	RP Geolabor und Umweltservice GmbH Niedriger Weg 47 49661 Cloppenburg Tel. 04471 – 94 75 70 Info@RPGeolabor.de

© 2023 RP Geolabor und Umweltservice GmbH

Das Werk darf nur vollständig und unverändert vervielfältigt werden und nur zu dem Zweck, der unserer Beauftragung mit der Erstellung des Werkes zugrunde liegt. Die Vervielfältigung zu anderen Zwecken oder eine auszugsweise oder veränderte Wiedergabe oder eine Veröffentlichung bedürfen unserer schriftlichen Genehmigung.

Eine Weitergabe des Berichtes und/oder der Daten ist ohne ausdrückliche Erlaubnis der RP Geolabor und Umweltservice GmbH nicht zulässig.

Sofern dem Auftraggeber der Bericht auch im pdf-Format zur Verfügung gestellt wird, ist diese EDV-Version nur in Verbindung mit einer originalunterschiedenen Druckversion in Papierform gültig.

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	II
TABELLENVERZEICHNIS	II
ANHANGSVERZEICHNIS	III
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IV
1 UNTERSUCHUNGSANLASS UND AUFGABENSTELLUNG	1
2 VORHANDENE PLANUNTERLAGEN	2
3 BAUVORHABEN	3
4 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	5
4.1 Lage, Art, Zeitraum und Umfang der Baugrundaufschlüsse	5
Die Reihenfolge der Untersuchungspositionen richtet sich nach Stationierung-km	7
4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	8
Die Reihenfolge der Probenbezeichnung richtet sich nach Stationierung-km	8
4.3 Chemische Bodenuntersuchungen	8
5 BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	9
5.1 Regionalgeologischer Überblick und erfasster Baugrundaufbau.....	9
5.3 Homogenbereiche	12
6 GEOTECHNISCHE KLASSIFIZIERUNG DER SCHICHTEN UND ZUORDNUNG VON BODENKENNWERTEN	17
7 HYDROGEOLOGISCHE ANGABEN UND BAUWASSERHALTUNG	19
7.1 Ergebnisse der Grundwasseranalysen.....	21
8 BEURTEILUNG DES BAUGRUNDES, EMPFEHLUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG	23
8.1 Empfehlungen für die Gründung der Gashochdruckleitung	25
8.2 Verfüllung des Rohrgrabens	27
9 EMPFEHLUNGEN UND HINWEISE FÜR DIE UNTERQUERUNGEN	29
9.1 Offene Bauweise	29
9.2 Grabenlose Bauweise	31
10 UMGANG MIT SULFATSAUREN UND POTENZIELL SULFATSAUREN BÖDEN	33
11 VERZEICHNIS DER VERWENDETEN UNTERLAGEN	34

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Verlauf der GWL.....	3
-------------	----------------------	---

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Zuordnung der Schlagzahlen der DPL und der DPH zu den Lagerungs- und Proctordichten nach DIN EN1997-2:2010 sowie zu den Konsistenzen bindiger Böden	6
Tabelle 2	Ausgeführte Feldarbeiten	7
Tabelle 3	Ausgeführte bodenmechanische Laboruntersuchungen	8
Tabelle 4	Generalisierte baugrundgeologisch relevante Schichtenfolge im 6. Abschnitt	11
Tabelle 5	Geologische Verhältnisse im Bereich des 6. Abschnittes	12
Tabelle 6	Abgeschätzte charakteristische, bodenmechanische Kennwerte für die angetroffene Schichtenfolge	17
Tabelle 7	Zusammenfassende Ergebnisse der chemischen Grundwasseruntersuchungen im 6. Abschnitt, Landkreis Leer	22
Tabelle 8	Einstufung der Korrosionswahrscheinlichkeiten für die untersuchte Grundwasserprobe RP 146	23

ANHANGSVERZEICHNIS

1 Karten und Streckenbänder

- 1.1 Übersichtsplan der Aufschlüsse (Maßstab 1: 70.000)
- 1.2 Koordinatenverzeichnis der Aufschlusspunkte
- 1.3 Baugrundgeologisches Streckenband
- 1.4 Hydrogeologisches Streckenband

2 Ergebnisse der Feldarbeiten

- 2.1 Bohrprofile der Rammkernsondierungen gemäß DIN 4023
- 2.2 Zeichnerische Darstellung der leichten und schweren Rammsondierungen gemäß DIN EN ISO 22476-2
- 2.3 Graphische Darstellung des Ausbaus der Messstellen
- 2.4 Grundwasserprobenahmeprotokolle

3 Protokolle der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

- 3.1 Kornverteilungen
- 3.2 Wassergehalte
- 3.3 Glühverluste
- 3.4 Zustandsgrenzen

4 Protokolle der chemischen Grundwasseruntersuchungen

5 Setzungsberechnungen gem. DB Ril 836

6 Glossar sowie Regelwerke und Normen (Auswahl)

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
ca.	circa
etc.	et cetera
GOK	Geländeoberkante
GWL	Gasanbindung Wilhelmshaven - Leer
i. d. R.	in der Regel
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
s.	siehe
u.	unter
v. a.	vor allem
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel

1 UNTERSUCHUNGSANLASS UND AUFGABENSTELLUNG

Die EWE Netz GmbH, Cloppenburg Straße 302 in 26133 Oldenburg plant die Anbindung der in Wilhelmshaven entstehenden LNG-Terminals an das Gasnetz der EWE NETZ / GTG sowie an die Untertagespeicher in Nüttermoor und Jemgum. Für den Gastransport ist der Neubau einer ca. 70 km langen Gashochdruckleitung DN 600 (GWL) vorgesehen. Der Startpunkt der Gashochdruckleitung und somit der Anschlusspunkt an die Wilhelmshaven-Anbindungs-Leitung (WAL) ist ca. 2 km westlich von Sande geplant. Der Endpunkt der Transportleitung ist der Speicher im Ortsteil Nüttermoor der Stadt Leer.

Zur Erkundung und Beurteilung der Baugrundverhältnisse entlang der geplanten Gashochdruckleitung wurde die RP Geolabor und Umweltservice GmbH, Niedriger Weg 47 in 49661 Cloppenburg mit Schreiben vom 09.05.2022 von der EWE NETZ GmbH mit der Erkundung, Dokumentierung und Einstufung der örtlichen baugrundgeologischen Verhältnisse entlang der Leitungstrasse beauftragt. Grundlage für die Auftragsabwicklung ist der Leistungs- und Honorarvorschlag Nr. 254600 vom 02.05.2022 sowie die Bestellung Nr. 8000280000 vom 09.05.2022.

Ziel der Untersuchungen ist:

- eine Beurteilung und Bewertung der baugrundgeologischen Untergrundverhältnisse mit Einteilung der erfassten Böden in Homogenbereiche gemäß DIN 18300,
- Ermittlung der bodenmechanischen Kennwerte für die ausgewiesenen Homogenbereiche,
- die Angabe von Hinweisen zu den örtlichen Stau-/Grundwasserverhältnissen und zu den Bemessungswasserständen sowie zu chemischen Eigenschaften,
- die Angabe geotechnischer Hinweise für die Verlegung der Transportleitung und Ausführung der Kreuzungen in grabenloser sowie offener Bauweise (Düker),
- Beurteilung der anstehenden Böden hinsichtlich der Versauerungsproblematik

Die geotechnischen Untersuchungen für HDD-Kreuzungen sowie die Netzkopplungspunkte (NKP) werden separat ausgeführt und in gesonderten Baugrundgutachten ausgewertet.

Für die Baugrunderkundung wird die Leitungstrasse in sieben Abschnitte (Abschnitt 1 bis 7) unterteilt. Gegenstand der vorliegenden Ausarbeitung ist der 6. Abschnitt zwischen Stationierungs-km 47,010 und km 58,055. Der 6. Abschnitt beginnt an der Ostgrenze der Samtgemeinde Jümme und endet an der Westgrenze der Samtgemeinde Hesel im Landkreis Leer.

2 VORHANDENE PLANUNTERLAGEN

Durch den Auftraggeber und die Planer wurden den Unterzeichnern folgende Planunterlagen zum Bauvorhaben in digitaler Form übergeben:

- Trassenverlaufsplan inkl. Stationierung und geplanter Bohrpunkte in verschiedenen Fassungen, Maßstäbe 1: 5.000 u. 1: 10.000, Fa. Ingenieur- und Planungsbüro Lange GbR,
- Pläne mit Kampfmittelverdachtsflächen, Ergebniskarten und Detailkarten, Maßstäbe 1: 8.000 u. 1: 2.000,
- Kreuzungsverzeichnis, Fa. EWE Netz GmbH.

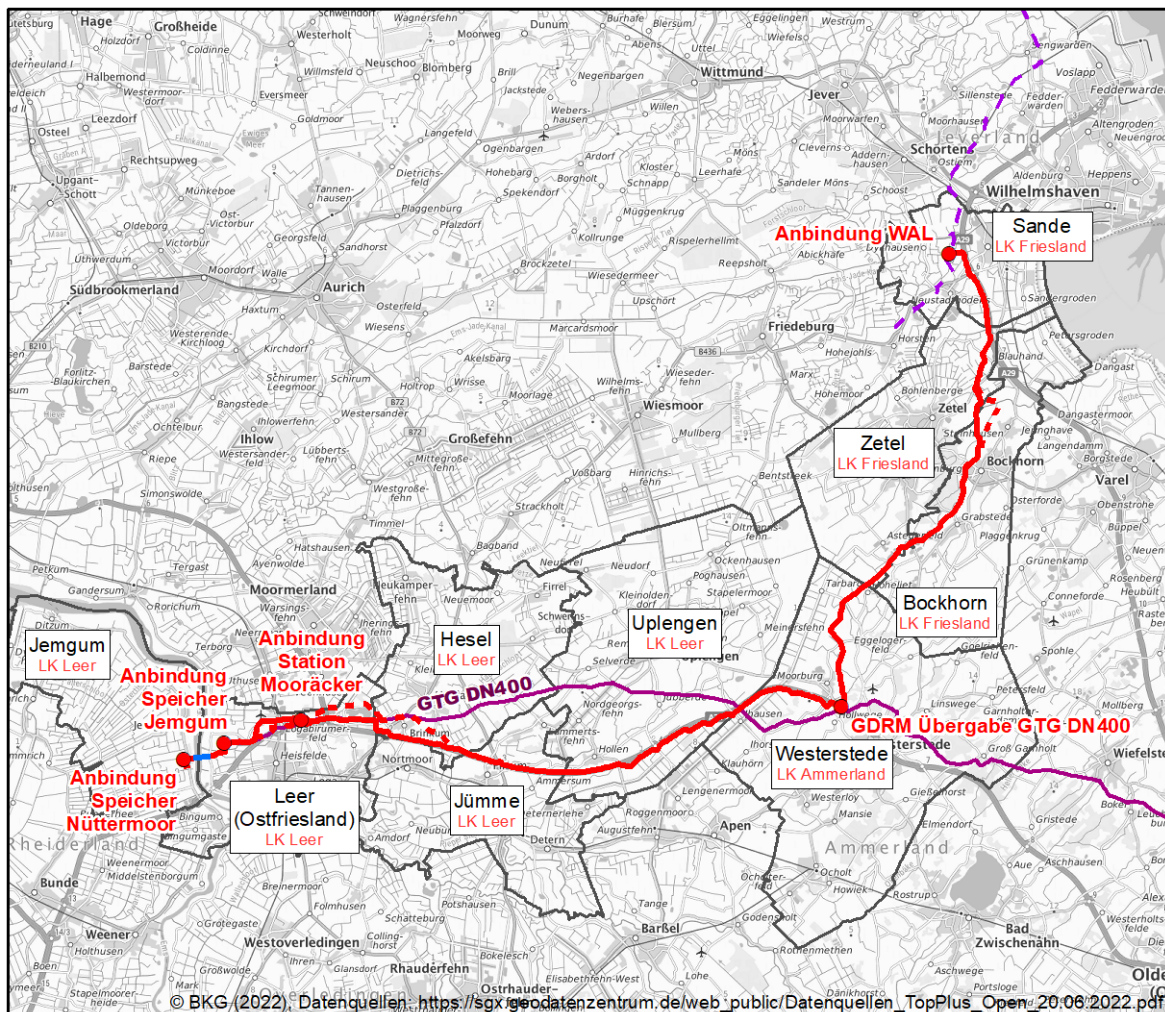
Für die Bearbeitung des ingenieurgeologischen Streckengutachtens wurden folgende allgemeine Unterlagen und Daten herangezogen:

- Topographische Karten von Niedersachsen TK 25, DGK5, ALK,
- Geologische Karte von Niedersachsen GK 25 (Kartenserver NIBIS),
- Niedersächsisches Bodeninformationssystem (NIBIS).

3 BAUVORHABEN

Die EWE Netz GmbH, Cloppenburg, Straße 302 in 26133 Oldenburg plant den Bau einer ca. 70 km langen Gashochdruckleitung mit der Nennweite DN 600 (GWL). Die Transportleitung beginnt an dem Ankopplungspunkt an die Wilhelmshaven-Anbindungs-Leitung (WAL), ca. 2,0 km westlich von Sande und verläuft zuerst ca. 31 km in südliche Richtung nach Westerstede (Baulos 1). Im Bereich der Autobahnanschlussstelle Westerstede-West wird die GWL mittels eines Netzkopplungspunktes an die bestehende GTG Transportleitung DN 400 angeschlossen. Von dem Netzkopplungspunkt in Westerstede wird die Gastrasse ca. 40 km nach Westen zu den Untertagespeichern in Nütermoor und Jemgum geführt (Baulos 2). Die geplante Gashochdruckleitung wird die Gebiete der Landkreise Friesland, Ammerland und Leer queren (s. Abb. 1).

Abbildung 1 Verlauf der GWL



Die Gashochdruckleitung mit der Nennweite von DN600 wird aus kunststoffbeschichteten Stahlrohren mit einem Außendurchmesser von ca. 610 mm hergestellt. Die Leitung wird in der Regel in offener Bauweise verlegt. Bei einer Mindestüberdeckungshöhe von 1,2 m wird die Rohrsohle zwischen 1,8 m und 2,5 m unter Geländeoberkante (u. GOK) zu liegen kommen. Bei der Herstellung der Transportleitung wird eine Vielzahl von Gewässern der 2. und 3. Ordnung sowie Straßen, Wege und Deiche gekreuzt. Bei den Gewässern und Straßen ist eine Überdeckungshöhe (Abstand zwischen Gewässersohle bzw. Fahrbahnoberkante und Rohrscheitel) von 1,5 m bis 2,0 m vorgesehen. Die Rohrsohlen kommen somit im Bereich der Gewässerkreuzungen ca. zwischen 3,5 m und 5,0 m unter Geländeoberkante zu liegen. Bei der offenen Querung von Gewässern werden vorgefertigte Rohrbögen (Düker) offen in die zuvor ausgebaggerte Gewässerrinne eingelegt und verfüllt.

Bei den grabenlosen (geschlossenen) Querungen von Gewässern, Straßen und Deichen werden offene Stahlrohre horizontal unter den Hindernissen mit Hilfe von Ramm- bzw. Pressenergie vorgetrieben. Es sind Vortriebsverfahren mit Horizontalramme/- presse bzw. mit Horizontal-Pressbohrgerät gemäß DVGW-Merkblatt GW 304, Ziffer 6.1.2.2.1 bzw. 6.1.2.2.2 vorgesehen. In beiden Fällen ist die Anlage von entsprechend tiefen Start- und Zielgruben erforderlich.

Alternativ zu den oben beschriebenen Rammungen und Pressungen ist der Einsatz des Direct Pipe-Verfahrens geplant. Bei diesem geschlossen Verfahren wird der Boden in einem Arbeitsschritt mit einer steuerbaren Mikrotunnelmaschine abgebaut, hydraulisch über Tage gefördert und zeitgleich die vorgefertigten Produktrohre in das erzeugte Bohrloch geschoben. Aufgrund der Steuerungsmöglichkeit bei Gefällen und Steigungen kann die Tiefe der Start- und Zielgruben bei diesen Verfahren voraussichtlich auf <3,0 m u. GOK begrenzt werden.

Des Weiteren sind im Verlauf der gesamten Leitungstrasse 13 gesteuerte Horizontalbohrungen (HDD-Verfahren) vorgesehen. Für diese Unterquerungen werden gesonderte Untersuchungen und geotechnische Berichte erstellt. Entlang des 6. Abschnittes sind vier HDD-Bohrungen vorgesehen.

Der hier ausgewertete 6. Abschnitt weist eine Länge von 11,045 km (Stationierungs-km 47,010 bis 58,055) auf und tangiert die Samtgemeinden Jümme und Hesel im Landkreis Leer. Gemäß der vorläufigen Planung werden im Rahmen des 6. Abschnittes ca. 12 grabenlose bzw. offene (Düker) Querungen ausgeführt.

4 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

4.1 Lage, Art, Zeitraum und Umfang der Baugrundaufschlüsse

Die Festlegung des Umfanges der Aufschlussarbeiten und die genaue Positionierung der Aufschlusspunkte wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber unter Berücksichtigung der örtlichen Lage von Ver- und Entsorgungsleitungen vorgenommen.

Entsprechend der Planung sollte in dem hier betrachteten 6. Abschnitt der Baugrund an 15 Positionen aufgeschlossen werden. Aufgrund einer fehlenden Zutrittserlaubnis konnte der Aufschluss an der Position 131 nicht ausgeführt werden.

Es ist zu beachten, dass bei der Planung die Nummerierung der Untersuchungspunkte nach der geografischen Breite von Nord nach Süd vorgenommen wurde. Dieser Umstand hat zufolge, dass die Untersuchungspunkte nicht fortlaufend, entsprechend der Stationierung, entlang der Trasse durchnummeriert worden sind.

Die Untersuchung der Baugrundverhältnisse im 6. Abschnitt wurden im Zeitraum vom 22.08. bis 07.10.2022 durch die RP Geolabor und Umweltservice GmbH ausgeführt.

Zur näheren Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden auf der Strecke von km 47,010 bis km 58,055 insgesamt 14 Kleinrammbohrungen (RKS) bis in eine Tiefe von 5,0 bis 8,0 m u. GOK niedergebracht. Zur qualitativen Bewertung der Lagerungsdichten anstehender sandiger Schichtglieder und unterstützender Einschätzung der Konsistenzen wurden die Bohraufschlüsse an vier Positionen durch schwere Rammsondierungen (DPH) mit einer Tiefe von 5,0 ergänzt.

Grundlage für die Auswertung von Rammsondierungen ist die geltende DIN-EN 1997-2:2010-10. Die Norm weist als maßgebliche Größe zur Beurteilung von Sand- und Kiesböden über und unter Grundwasser die bezogene Lagerungsdichte I_D aus. Danach ergeben sich für die verschiedenen Sondierformen (einschließlich der hier eingesetzten DPL) die in der Tabelle 1 zugeordneten Schlagzahlen und Proctordichten für enggestufte Sande ($C_u \leq 3$) über und im Grundwasser.

Tabelle 1 Zuordnung der Schlagzahlen der DPL und der DPH zu den Lagerungs- und Proctordichten nach DIN EN1997-2:2010 sowie zu den Konsistenzen bindiger Böden

Nicht bindige Böden					
Über Grundwasser					
Bodengruppe nach DIN 18196	Schlagzahlen N10 DPH	Schlagzahlen N10 DPL	bezogene Lagerungsdichte I_D [%]	Verdichtungsgrad	Zuordnung
SE ($C_u \leq 3$)	< 4	< 10	15 – 35	$D_{pr} \leq 95 \%$	locker
	4 - 11	10 - 33	35 – 65	$D_{pr} \geq 95 \%$	mitteldicht
	> 11	> 33	65 – 85	$D_{pr} \geq 98 \%$	dicht
Im Grundwasser					
Bodengruppe nach DIN 18196	Schlagzahl N10 DPH	Schlagzahlen N10 DPL	bezogene Lagerungsdichte I_D [%]	Verdichtungsgrad	Zuordnung
SE ($C_u \leq 3$)	< 3	< 4	15 – 35	$D_{pr} \leq 95 \%$	locker
	3 – 8	4 – 25	35 – 65	$D_{pr} \geq 95 \%$	mitteldicht
	> 8	> 25	65 – 85	$D_{pr} \geq 98 \%$	dicht
Bindige Böden					
Bodengruppe nach DIN 18196	Schlagzahlen N10 DPH	Schlagzahlen N10 DPL	undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	Spitzendruck q_c [MPa]	Konsistenz
UL-UM TL-TA	0 - 2	< 3	<20	< 1	breiig
	2 - 5	3 – 10	20-60	1,0 – 1,5	weich
	5 - 9	10 - 17	60-200	1,5 – 2,5	steif
	9 - 17	17 – 37	>200	2,5 – 5,0	halbfest
	> 17	> 37	>400	> 5	fest

Die entnommenen gestörten Bodenproben sowie die Feldprotokolle der Schichtenaufnahme wurden einer Kontrolle durch den Projektleiter unterzogen. Die entnommenen Proben wurden petrographisch und genetisch angesprochen. Die Ergebnisse der Erkundungen sind in schriftlich-graphischer Form in den Schichtprofilen und Ramm diagrams gemäß DIN 4023 bzw. DIN EN 22476-2 in den Anhängen 2.1 und 2.2 dokumentiert. Darüber hinaus wurden die Erkundungsergebnisse in Form eines baugrundgeologischen Streckenbandes in Anhang 1.3 dargestellt.

Die Rammkernsondierbohrungen (RKS) wurden darüber hinaus an 2 Positionen zu einfachen temporären Grundwassermessstelle (Rammpegel; RP) mittels Einbringens von Rammfiltern (DN 40) im Bereich der oberflächennahen Schichten ausgebaut. Die Ausbauzeichnungen der temporären Grundwassermessstellen sind gemäß DIN 4023 im Anhang 2.3 angelegt. An den übrigen Bohransatzpunkten wurde in der relevanten Tiefe kein bzw. nur geringfügig Grundwasser als einstauendes Niederschlagswasser angetroffen.

Aus den erstellten, temporären Messstellen wurde jeweils eine Grundwasserprobe zur chemisch-analytischen Untersuchung auf den Parameterumfang gemäß der Anforderung des Landkreises Leer entnommen. An der Wasserprobe RP 146 wurde zusätzlich die Korrosionswahrscheinlichkeit nach DIN 50929 untersucht. Die Ergebnisse der Wasseruntersuchungen sind in Kapitel 7.1 erläutert und als Laborprotokolle im Anhang 4.1 zusammengestellt.

Die jeweiligen Aufschlusspositionen wurden mittels GPS-Empfänger durch die Berichtersteller nach Lage (ETRS-Koordinaten) und Höhe (m NHN) vermessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist in den Anhängen 1.1 und 1.3 graphisch dargestellt sowie in Anhang 1.2 als Koordinatenverzeichnis der Aufschlusspunkte abgelegt. Die ausgeführten Feldarbeiten sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2 Ausgeführte Feldarbeiten

Position	Stationierungs-km	Kleinbohrung/ Tiefe [m u. GOK]		Rammsondierung/Tiefe [m u. GOK]		Rammpegel Ausbau [m]		GW-Probe	Höhe [m NHN]
146	47,040	RKS 146	8			RP 146	5	RP 146	0,70
144	47,510	RKS 144	5	DPH 144	5				2,90
142	48,025	RKS 142	8						9,14
141	48,560	RKS 141	5						3,10
141.1	49,675	RKS 141.1	5						2,34
137	50,335	RKS 137	5						4,01
133	50,635	RKS 133	8	DPH 133	5				4,17
123	52,770	RKS 123	8			RP 123	4	RP 123	-0,30
121	53,170	RKS 121	5	DPH 121	5				1,00
117	54,450	RKS 117	8						4,55
115	55,480	RKS 115	8						3,87
114	55,730	RKS 114	8	DPH 114	5				5,43
110	56,900	RKS 110	6						8,93
108	57,400	RKS 108	5						8,54

Die Reihenfolge der Untersuchungspositionen richtet sich nach Stationierung-km

4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Aus den Kleinrammbohrungen wurden gestörte Bodenproben der Güteklasse 3-4 entnommen. Zur Bestimmung der maßgeblichen bodenmechanischen Kennwerte, die in Kapitel 6 für die Hauptbodenarten zusammengestellt sind, wurden im bodenmechanischen Labor der Unterzeichner an kennzeichnenden Bodenproben folgende Laboruntersuchungen durchgeführt:

Tabelle 3 Ausgeführte bodenmechanische Laboruntersuchungen

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Korn- verteilung	Wasser- gehalt	Glühverlust	Zustands- grenzen
RKS 146/6	2,4-4,0	X	X	X	
RKS 146/9	5,9-7,6	X			
RKS 144/3	1,2-2,5	X	X		
RKS 142/5	5,5-6,5	X			
RKS 141/3	1,2-2,5	X			
RKS 141.1/4	1,0-3,0	X	X		
RKS 137/4	1,9-3,0	X	X		
RKS 133/7	4,0-6,0	X	X		
RKS 123/3	1,8-2,7	X	X	X	
RKS 123/5	4,0-6,0	X			
RKS 121/3	0,8-2,6		X	X	
RKS 121/5	2,7-5,0	X			
RKS 117/5	4,4-6,6	X	X		X
RKS 115/6	4,4-6,0	X			
RKS 114/2	0,4-2,0	X			
RKS 110/3	1,4-3,0	X			

Die Reihenfolge der Probenbezeichnung richtet sich nach Stationierung-km

4.3 Chemische Bodenuntersuchungen

Nach den vorliegenden Daten des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) stehen im Trassenverlauf des 6. Abschnittes keine potenziell sulfatsauren Böden (PASS, potencial acid sulfate soils) an. Auf chemische Bodenuntersuchungen wurde daher verzichtet.

5 BAUGRUNDVERHÄLTNISSE

5.1 Regionalgeologischer Überblick und erfasster Baugrundaufbau

Der hier ausgewertete 6. Abschnitt der GWL-Trasse verläuft generell von Westen nach Osten, weist eine Länge von 11,045 km (Stationierungs-km 47,010 bis 58,055) auf und tangiert ausschließlich die Samtgemeinden Jümme Hesel im Landkreis Leer. Der Untersuchungsabschnitt beginnt an der Ostgrenze der Samtgemeinde Jümme, am Nordgeorgsfehnkanal und endet an der Westgrenze der Samtgemeinde Hesel, östlich der Ortschaft Brinkum.

Der gesamte 6. Abschnitt liegt naturräumlich im südlichen Bereich der Ostfriesisch-Oldenburgischen Geest. Bei der Geest handelt es sich gegenüber der Marsch morphologisch um höher gelegene, trockene Landschaft, die geologisch durch glaziale Ablagerungen des Pleistozäns, vorwiegend in Form einer saalezeitlichen Grundmoräne (Geschiebelehm /-mergel) geprägt ist. Im Osten des Untersuchungsabschnittes (zwischen km 47,010 und km 47,450) wird das Geestplateau durch eingeschnittenes Erosionstal des Baches „Hollener Ehe“ unterbrochen. Eine ähnliche Situation liegt auch zwischen Stationierungs-km 52,200 und 53,870 vor. Dort erstreckt sich das Erosionstal des Baches „Holtlander Ehe“. Die Zertalung des Geestrandes fand vor allem in der Weichsel-Kaltzeit statt. In dieser Periode periglazialen Klimas kam es zu starker Wasser- und Winderosion.

Die Geländehöhe in den Bachniederungen liegt zwischen 1,5 und -0,5 m NHN. Auf dem östlichen Geestplateau (km 47,450 bis 52,200) liegt das Geländeniveau zwischen 2,0 und 6,0 m NHN und auf dem westlichen (km 53,870 bis 58,055) zwischen 2,0 und 9,0 m NHN. Der Aufschluss RKS 142 wurde im Bereich eines künstlich hergestellten Straßendamms ausgeführt. Der Bohransatzpunkt liegt dort mit 9,14 m NHN ca. 5,5 m über dem umgebenden Gelände.

Der erfasste Schichtenaufbau im Bereich der beiden Teilplateaus wird durch eine bindige Grundmoräne der Saale-Kaltzeit (Geschiebelehm /-mergel) dominiert. Im Bereich der östlichen Geestzunge (km 47,450 bis km 52,200) wurde die Grundmoräne bis zur maximalen Erkundungstiefe von 8,0 m u. GOK nicht durchfahren.

Im Westen (km 53,870 bis km 58,055) liegt die Unterkante des Geschiebelehms/ -mergels zwischen 4,4 und >6,0 m u. GOK. Darunter lagern dort Schmelzwassersande der Saale-Kaltzeit bzw. Beckentone der Elster-Kaltzeit. Der Geschiebelehm /-mergel wird durch jüngere, periglazial-fluviatile Ablagerungen der Weichsel-Kaltzeit in Form von Geschiebedeck- und Flugsanden überlagert. Die Decksande weisen eine Mächtigkeit zwischen 0,3 und 2,3 m auf und wurden zwischen 0,8 und 3,0 m u. GOK durchbohrt.

Im Bereich der beiden Bachniederungen wurde der Geschiebelehm /-mergel bereits in Gänze erodiert. Der Schichtenaufbau beginnt dort mit organischen, holozänen Ablagerungen in Form von Torfen, Mudden und Niederungssanden mit einer Mächtigkeit von 5,0 in der RKS 146 bzw. von 2,7 m in der RKS 123 und RKS 121. An der Basis der holozänen Schichten stehen Flussablagerungen der Weichsel-Kaltzeit an. Diese setzen sich hauptsächlich aus rolligen Flusssanden zusammen. Im Bereich der Bohrung RKS 146 wurden abweichend zwischen 5,0 und 5,9 m u. GOK kohäsive Flussablagerungen in Form von Niederungsschluffen angetroffen. Unter den Flusssedimenten folgen im Osten (RKS 146) ab einer Tiefe von 7,6 m u. GOK Beckentone und im Westen (RKS 123) ab einer Tiefe von 6,0 m u. GOK Schmelzwassersande.

Die Verläufe der einzelnen Bodenschichten entlang der Leitungstrasse sind im Anhang 1.3 als baugrundgeologisches Streckenband dargestellt.

Die angetroffene Schichtenfolge wird in den nachfolgenden Tabellen zusammenfassend dargestellt. Die Ausprägung der einzelnen Schichtglieder (Homogenbereiche) wird weiter unten beschrieben.

Tabelle 4 Generalisierte baugrundgeologisch relevante Schichtenfolge im 6. Abschnitt

Neubau einer Gasanbindung Wilhelmshaven – Leer (GWL)									
Stratigraphische Zuordnung		Bodengruppe nach DIN 18196	Schichtunterkanten [m u. GOK]						
			RKS 146	RKS 144	RKS 142	RKS 141	RKS 141.1	RKS 137	RKS 133
			km 47,040	km 47,510	km 48,025	km 48,560	km 49,675	km 50,335	km 50,635
Auffüllungen / Oberböden	Auffüllungen	A [OH, SU, SU*, SE]	0,8		5,5	1,2	-	-	-
	Oberboden	OH	-	0,3	-	-	0,2	0,4	0,4
holozäne Ablagerungen	Torf/Mudde	H	2,4	-	-	-	-	-	-
	Niederungssand	OH	5,0	-	-		-	-	-
pleistozäne Ablagerungen	Niederungsschluff	UL	5,9	-	-	-	-	-	-
	Flug- / Fluss- und Geschiebedecksande	SU, SU*	7,6	1,2	6,5	2,5	0,6	1,9	0,8
	Geschiebelehm /-mergel	SU*, ST*, UL, UM	-	>5,0	>8,0	>5,0	>5,0	>5,0	>8,0
	Beckenton	TM, TA	>8,0	-	-	-	-		-

Stratigraphische Zuordnung		Bodengruppe nach DIN 18196	Schichtunterkanten [m u. GOK]						
			RKS 123	RKS 121	RKS 117	RKS 115	RKS 114	RKS 110	RKS 108
			km 52,770	km 53,170	km 54,450	km 55,480	km 55,730	km 56,900	km 57,400
Auffüllungen / Oberböden	Auffüllung	A [OH, SU, SU*]	-	0,8	1,6	0,8	-	0,7	0,7
	Oberboden	OH	-	-	-	-	0,4	-	-
holozäne Ablagerungen	Torf/Mudde	H	1,8	2,7	-	-	-	-	-
	Niederungssand	OH	2,7						
pleistozäne Ablagerungen	Flug- / Fluss- und Geschiebedecksande	SU, SU*,	6,0	>5,0	1,9	1,2	2,0	3,0	1,9
	Geschiebelehm/ -mergel	SU*, ST*, UL, UM	-	-	4,4	4,4	5,3	>6,0	>5,0
	Schmelzwassersand	SE, SU	>8,0	-	-	>8,0	>8,0	-	-
	Beckenton	TM, TA	-	-	>8,0	-	-	-	-

5.3 Homogenbereiche

Nachfolgend werden die geologischen Verhältnisse entlang des 6. Abschnittes in Form einer tabellarischen Übersicht generalisiert zusammengefasst und auf der Basis der ATV DIN 18300 (Erdarbeiten, Veröffentlichung 08/2015) in die nachfolgend aufgeführten Homogenbereiche unterteilt:

Tabelle 5 Geologische Verhältnisse im Bereich des 6. Abschnittes

Homogenbereiche	Aufschlüsse (RKS)	Tiefe Schichtunterkante [m u. GOK]	Mächtigkeit [m]
Y (künstliche Auffüllungen)	146, 142, 141, 121, 117, 115, 110, 108	0,7 – 5,5	0,7 – 5,5
O (Oberböden)	144, 141.1, 137, 133, 114	0,2 – 0,4	0,2 – 0,4
T (Torf/Mudde)	146, 123, 121	0,9 – 2,8	0,3 – 2,8
NS (Niederungssand)	146, 123	5,0 bzw. 2,7	2,6 bzw. 0,9
N (Niederungsschluff)	146	5,9	0,9
S (Geschiebedeck-/ Flug-/ Fluss-/ Schmelzwassersande)	in sämtlichen Bohrungen	0,8 - >8,0	0,3 – >4,4
GL (Geschiebelehm /-mergel)	144, 142, 141, 141.1, 137, 133, 117, 115, 114, 110, 108	4,4 - >8,0	2,5 – >7,2
BT (Beckenton)	146, 117	>8,0	>0,4 - >3,6

Homogenbereich Y – Künstliche Auffüllungen

Die Aufschlussbohrung RKS 122 wurde im Bereich eines Straßendamms ausgeführt. Dort wurden mitteldicht bis dicht gelagerte, reine Füllsande der Bodengruppe SE (feinsandige Mittelsande) in einer Lagenstärke von 5,4 m erfasst. Die Dammschüttung ist aufgrund der Kornzusammensetzung und der günstigen Lagerung als gut tragfähig einzustufen. Weitere künstliche Schüttungen und Umlagerungen wurden im Nahbereich der Straßen bzw. Entwässerungsgräben in den Aufschlüssen RKS 146, RKS 141, RKS 121, RKS 117, RKS 115, RKS 110 und RKS 107 in einer Mächtigkeit von 0,7 bis 1,6 m angetroffen.

Diese oberflächennahen Schüttungen setzen sich vorwiegend aus humosen und schluffigen Sanden der Bodengruppe OH bzw. SU und SU* örtlicher Herkunft zusammen. Sie sind locker gelagert und als wenig bis mäßig tragfähig einzuordnen.

Homogenbereich O – Oberböden

An den Untersuchungspunkten ohne künstliche Schüttungen und ohne Torfschichten steht an der Geländeoberkante eine 0,2 bis 0,4 m dicke, sandig-humose Oberbodenschicht an, die unmittelbar aus den unterlagernden Decksanden hervorgegangen ist. Aufgrund der humosen Ausprägung und der lockeren Lagerung sind die Oberböden als wenig bis mäßig tragfähig einzuordnen.

Homogenbereich T – Torf/Mudde

Im Osten, im Erosionstal des Baches „Hollener Ehe“ (zwischen km 47,010 und km 47,450) sowie in der Niederung des Baches „Holtlander Ehe“ (km 52,200 bis 53,870) wurden unter den Auffüllungen bzw. direkt an der Geländeoberkante organische Ablagerungen des Holozäns in Form von Niedermoortorfen bzw. Mudden bis in eine Tiefe zwischen 1,8 und 2,4 m erbohrt.

Die erfassten Torfe sind wenig bis mittelstark zersetzt und vorwiegend sandig und schluffig ausgeprägt. Pflanzenstrukturen sind in den Torfen noch gut erkennbar. Der exemplarisch aus der RKS 121 untersuchte Torf weist einen Glühverlust von 82 M-% und einen Wassergehalt von 89 % auf.

Bei einem Glühverlust von <30 M-% werden die organischen Ablagerungen als Mudden bezeichnet. Sie bestehen aus stark organischen und sandigen Schluffen mit einer weichen Konsistenz.

Die Torfe und Mudden sind sehr stark kompressibel und nur als sehr gering tragfähig sowie nicht verdichtungsfähig einzuordnen.

Homogenbereich NS – Niederungssand

Unter dem Torf bzw. Mudde wurden in den Erosionstätern holozäne, fluviatil abgelagerte Sande bis 5,0 m u. GOK (RKS 146) bzw. 2,7 m u. GOK (RKS 123) erbohrt. Diese sind mit einem Glühverlust von 4,5 bzw. 7,3 M-% als organisch bzw. stark organisch ausgeprägt und werden als Niederungssande bezeichnet. Gemäß den ausgeführten schweren Rammsondierungen kann den Niederungssanden lediglich eine lockere Lagerung zugeordnet werden.

Aufgrund der organischen Anteile und der ungünstigen Lagerungsdichte sind die Niederungssande nur als mäßig tragfähig und eingeschränkt verdichtungsfähig einzuordnen.

Homogenbereich N – Niederungsschluff

In der Bohrung RKS 146 (Erosionstal der „Hollener Ehe“; km 47,040 und) wurde unter dem organischen Niederungssand ein kohäsiver Niederungsschluff der Weichsel-Kaltzeit zwischen 5,0 und 5,9 m u. GOK erfasst. Bei dem bindigen Material handelt es sich um einen schwach tonigen und stark feinsandigen Schluff mit einer geringen Plastizität und einer steifen Zustandsform (Bodengruppe UL).

Aufgrund der Kornzusammensetzung und der steifen Konsistenz können dem Niederungsschluff mäßige Tragfähigkeitseigenschaften und eine sehr eingeschränkte Verdichtungsfähigkeit zugeordnet werden.

Homogenbereich S – Sande

Entlang des untersuchten Abschnittes wurden bei den Erkundungsarbeiten in allen Aufschlüssen Sandablagerungen des Pleistozäns in unterschiedlichen Tiefen erfasst. Unter den Mutterböden bzw. den Auffüllungen auf dem Geestplateau sowie unter den Torfen, Mudde und Niederungssanden in den Bachniederungen stehen durchgängig periglazial-fluviale Ablagerungen der Weichsel-Kaltzeit in Form von Flug-, Fluss- und Geschiebedecken an. In Bereich der Geest reichen die Flug- und Geschiebedecksande bis in einer Tiefe zwischen 0,6 und maximal 3,0 m u. GOK. In den Erosionstälern wurden die Flusssande bei 7,6 bzw. bei 6,0 m u. GOK durchfahren.

Gemäß den ausgeführten Siebanalysen bestehen die weichselzeitlichen Sandablagerungen aus schwach schluffigen bis schluffigen Fein- und Mittelsanden der Bodengruppe SU und SU*. Die Geschiebedecksande sind zudem schwach grobsandig ausgebildet und weisen geringfügige Kiesanteile auf. Entsprechend den ausgeführten Rammsondierungen kann den weichselzeitlichen Sanden eine lockere bis mitteldichte Lagerung zugeordnet werden.

Sandablagerungen der Saale-Kaltzeit in Form von Schmelzwassersanden wurden lediglich im westlichen Teil des Untersuchungsabschnittes zwischen km 52,200 und km 56,300 ab einer Tiefe von mindestens 4,4 m u. GOK erfasst und wurden dort bis zur maximalen Erkundungstiefe von 8,0 m u. GOK nicht durchstoßen.

Es ist ferner zu erwarten, dass die Schmelzwassersande auch im östlichen Teil des Untersuchungsabschnittes unter der Grundmoräne, die dort nicht durchteuft wurde, anstehen.

Die Schmelzwassersande sind dicht gelagert und liegen entsprechend der ausgeführten Siebanalysen als mittelsandige Feinsande der Bodengruppe SE vor.

Aufgrund der Kornzusammensetzung und der zumeist günstigen Lagerungsdichten kann den erfassten Sanden eine gute Tragfähigkeit und Verdichtbarkeit zugeordnet werden.

Homogenbereich GL – Geschiebelehm /-mergel

Mit Ausnahme der beiden Erosionstäler steht entlang des 6. Abschnittes unter den Decksanden die Grundmoräne der Saale-Kaltzeit (Geschiebelehm /-mergel) an. Ihre Oberkante wurde dort zwischen 0,6 und 3,0 m u. GOK erbohrt. Im Bereich des Straßendamms (RKS 142) liegt sie entsprechend der Mächtigkeit des Auffüllungskörper tiefer.

Die Unterkante der Grundmoräne wurde nur im Westen, zwischen km 53,870 und km 56,300 in einer Tiefe zwischen 4,4 und 5,3 m u. GOK durchstoßen. Die Grundmoräne setzt sich im 6. Abschnitt ausschließlich aus bindigen Geschiebelehmen/-mergeln zusammen. Gemäß der Kornverteilungsuntersuchung ist der Geschiebelehm/-mergel als ein toniger und schwach kiesiger Sand-Schluff-Gemisch ausgebildet. In den erfassten oberen Lagen ist die bindige Grundmoräne entkalkt und liegt als Geschiebelehm vor. In größeren Tiefen ist sie kalkhaltig und als Geschiebemergel zu bezeichnen. Entsprechend den Knetversuchen und den Wassergehaltbestimmungen weist der Geschiebelehm/-mergel eine geringe bis mittlere Plastizität sowie abhängig vom Wassergehalt eine weiche, weich-steife, steife und steif-halbfeste Konsistenz auf. Abhängig von dem Feinkornanteil kann der Geschiebelehm/-mergel den Bodengruppen SU*, ST*, UL und UM zugeordnet werden.

Aufgrund der Ablagerung der Grundmoräne unter dem vorrückenden Inlandeis ist sie stark konsolidiert und je nach Konsistenz als mäßig bis gut tragfähig einzustufen. Ferner weist der Geschiebelehm /-mergel ein geringes Quellpotential auf und ist nur eingeschränkt verdichtungsfähig.

Homogenbereich BT – Beckenton

Kohäsiver Beckenton der Elster-Kaltzeit (Lauenburger Schichten) wurde nur in den Aufschlussbohrungen RKS 146 (km 47,040) und RKS 117 (km 54,450) unter den Flusssanden bzw. dem Geschiebelehm ab einer Tiefe von 7,6 bzw. 4,4 m u. GOK angetroffen. Gemäß der Kornverteilungsuntersuchung setzt sich der Beckenton aus einem schwach feinsandigen Ton-Schluff-Gemisch zusammen. Gemäß der durchgeführten Bestimmung der Zustandsgrenzen nach Atterberg sowie anhand von Knetversuchen kann dem Beckenton eine steife Konsistenz sowie eine ausgeprägte Plastizität (Bodengruppe TA) zugeordnet werden. Infolge der Eislast in der Saale-Kaltzeit ist von einer hohen Konsolidierung des Tones auszugehen. Der hohe Konsolidierungsgrad und die günstige Konsistenz bedingen eine gute Tragfähigkeit des Beckentons. Ferner weist der Beckenton erfahrungsgemäß ein geringes Quellungspotential und eine geringe Verdichtungswilligkeit auf.

6 GEOTECHNISCHE KLASSIFIZIERUNG DER SCHICHTEN UND ZUORDNUNG VON BODENKENNWERTEN

Anhand der ausgeführten Feld- und Laboruntersuchungen sowie auf der Basis von Erfahrungswerten mit geologisch und bodenmechanisch vergleichbaren Böden in Anlehnung an die DIN 1055-2 und an die EAB (Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben") können den abgeleiteten Homogenbereichen die in der Tabelle 6 aufgeführten erdbautechnischen Eingruppierungen und charakteristischen Bodenkennwerte zugeordnet werden. Die oberflächennah anstehenden humosen Oberböden werden hier nicht berücksichtigt, da sie im Vorfeld der Baumaßnahme abgetragen und anschließend wieder eingebaut werden.

Tabelle 6 Abgeschätzte charakteristische, bodenmechanische Kennwerte für die angetroffene Schichtenfolge

Homogenbereiche	Y	O	T
Bezeichnung der Kennwerte	Auffüllungen	Oberböden	Torf/Mudde
Benennung nach DIN 4022	S, o'-o, u'-u	fS, h, u. ms	H+U+S
Bodengruppe nach DIN 18196	A, [OH, SE, SU, SU*]	OH	HN
Bodenklasse nach DIN 18300	3	1	3
Bodenklasse nach DIN 18319	LNE 1 – LNE 2	LNE 1	LO
erdfeuchte Wichte γ_k	16-18 kN/m ³	16-17 kN/m ³	12-15 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb γ'_k	8-10 kN/m ³	8-9 kN/m ³	2-5 kN/m ³
Reibungswinkel ϕ'_k	30-34°	29-32°	20-25°
Kohäsion c'_k	0 kN/m ²	0 kN/m ²	2–6 kN/m ²
statischer Steifemodul $E_{s,k}$	5 -60 MN/m	5–10 MN/m	0,5–5,0 MN/m
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB	F1, F3	F2-F3	F3
Lagerungsdichte/Konsistenz	locker, mitteldicht	locker	weich
Verdichtbarkeitsklasse ZTVA-StB	V 1 – V 2	V 2	V 3
undräßierte Scherfestigkeit $C_{u,k}$	0 kN/m ²	0 kN/m ²	10-30 kN/m ²
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	$5 \cdot 10^{-5} - 8 \cdot 10^{-6}$ m/s	ca. $2 \cdot 10^{-5}$ m/s	ca. $5 \cdot 10^{-6}$ m/s

Fortsetzung Tabelle 6

Homogenbereiche	NS	N	S
Bezeichnung der Kennwerte	Niederungssande	Niederungsschluff	Sande
Benennung nach DIN 4022	fS, ms*, o-o*, u'	U, fs*, t'	fS, ms-ms*, u'-u, gs'
Bodengruppe nach DIN 18196	OH	UL	SE, SU, SU*
Bodenklasse nach DIN 18300	3	4	3
Bodenklasse nach DIN 18319	LNE 1	LBM 2	LNE 1 – LNE 3
erdfeuchte Wichte γ_k	16-17 kN/m ³	18-19 kN/m ³	17-19 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb γ'_k	8-9 kN/m ³	8-9 kN/m ³	9-11 kN/m ³
Reibungswinkel φ'_k	30-32,5°	26-29°	32-36°
Kohäsion c'_k	0 kN/m ²	2-4 kN/m ²	0 kN/m ²
statischer Steifemodul $E_{s,k}$	5-15 MN/m	10 -15 MN/m	20-80 MN/m
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB	F1, F2	F3	F1, F3
Lagerungsdichte/Konsistenz	locker	steif	locker, mitteldicht, dicht
Verdichtbarkeitsklasse ZTVA-StB	V 2	V 3	V 1 – V 2
undrÄnierte Scherfestigkeit $C_{u,k}$	0 kN/m ²	60-80 kN/m ²	0 kN/m ²
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	5*10 ⁻⁵ – 1*10 ⁻⁵ m/s	1*10 ⁻⁷ – 5*10 ⁻⁷ m/s	8*10 ⁻⁵ – 1*10 ⁻⁵ m/s

Homogenbereiche	GL	BT	
Bezeichnung der Kennwerte	Geschiebelehm /-mergel	Beckenton	
Benennung nach DIN 4022	S+U, t'-t, g'	U+T, o', fs'	
Bodengruppe nach DIN 18196	SU*, ST*, UL, UM	TM, TA	
Bodenklasse nach DIN 18300	4	4	
Bodenklasse nach DIN 18319	LBM 1 - LBM 2	LBM 2	
erdfeuchte Wichte γ_k	19-21 kN/m ³	19-20kN/m ³	
Wichte unter Auftrieb γ'_k	9-11 kN/m ³	9-10 kN/m ³	
Reibungswinkel φ'_k	27-30°	17,5-20°	
Kohäsion c'_k	3-10 kN/m ²	15-25 kN/m ²	
statischer Steifemodul $E_{s,k}$	12-30 MN/m	15-20 MN/m ²	
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB	F3	F3	
Konsistenz	weich, weich-steif, steif, steif-halbfest	steif	
Verdichtbarkeitsklasse ZTVA-StB	V 2	V 3	
undrÄnierte Scherfestigkeit $C_{u,k}$	30-200 kN/m ²	70-120 kN/m ²	
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	1*10 ⁻⁷ - 1*10 ⁻⁸ m/s	ca. 1*10 ⁻⁹ m/s	

7 HYDROGEOLOGISCHE ANGABEN UND BAUWASSERHALTUNG

Die oberirdischen Abflussverhältnisse werden im 6. Untersuchungsabschnittes durch die Bäche „Hollener Ehe“ im Osten und „Holtlander Ehe“ im zentralen Teil geprägt.

Stau- und Schichtenwasser

Auf dem Geestplateau, das durch die Erosionstäler der o.g. Bäche in zwei Teilplateaus unterteilt ist (km 47,450 bis km 52,200 und km 53,870 bis km 58,055) wird der oberflächennahe Grundwasserleiter durch gut wasserdurchlässige Sandablagerungen der Weichsel-Kaltzeit in Form von Flug- und Geschiebedecksanden gebildet. Diese reichen bis in eine Tiefe zwischen 0,6 und 3,0 m u. GOK und werden durchgehend durch eine gering durchlässige Grundmoräne (Geschiebelehm /-mergel) der Saale-Kaltzeit unterlagert. Der Geschiebelehm /-mergel enthält nur wenig freies Grundwasser und fungiert als Grundwasserhemmer. Die Sandablagerungen über der Grundmoräne bilden den oberen, niederschlagsabhängigen Grundwasserleiter (Stauwasserleiter). Partiiell werden die Sande durch sandige Auffüllungen überlagert. Zum Zeitpunkt der Feldarbeiten vom 22.08. bis 07.10.2022 wurde Stauwasser auf dem Geschiebelehm /-mergel lediglich in der Bohrung RKS 137 bei km 50,335 angetroffen. Das Stauwasser wurde dort innerhalb des Flugsandes bei 1,6 m u. GOK in einer Mächtigkeit von 0,3 m erfasst.

In Abhängigkeit von niederschlagsreicheren Perioden ist davon auszugehen, dass sich aufgrund der stauenden Wirkung der kohäsiven Grundmoräne saisonal oberflächennahes Stauwasser auch in anderen Bereich bzw. in größeren Mächtigkeiten ausbilden kann.

Für das Stauwasser kann auf der Basis nach DIN EN 1997-1 kein geometrisch exakter Bemessungswert angegeben werden. Für die geplanten Baumaßnahmen sollte daher ein möglicher Einstau von Niederschlagswasser in einer Mächtigkeit von ca. 0,6 m über dem bindigen Geschiebelehm bzw. über dem gemessenen Stand berücksichtigt werden. Demzufolge kann sich temporäres Stauwasser in Abhängigkeit von örtlichen Verhältnissen bis in eine Tiefe zwischen 0,0 und 2,40 m u. GOK ausbilden.

Hauptgrundwasser

Der regionale Hauptgrundwasserleiter besteht auf den Teilplateaus (km 47,450 bis km 52,200 und km 53,870 bis km 58,055) aus Schmelzwassersanden der Saale-Kaltzeit bzw. den Beckensanden der Elster-Kaltzeit, die unter der Grundmoräne (jedoch nicht durchgängig) anstehen. Die Grundmoräne wurde lediglich zwischen km 53,870 und km 56,300 in einer Tiefe 4,4 bzw. 5,3 m u. GOK durchörtert. Die Unterkante des Geschiebelehm /-mergels bewegt sich somit zwischen 4,4 und >8,0 m u. GOK (zwischen 0,15 und <-3,83 m NHN). Die in den Aufschlüssen RKS 115 und RKS 114 angetroffenen, unterlagernden Schmelzwassersande sind vollständig wassergesättigt und führen aufgrund der Überdeckung mit der bindigen Grundmoräne gespanntes Grundwasser. Die entspannte Grundwasseroberfläche wurde dort bei 2,0 bzw. 3,1 m u. GOK (bei 1,87 bzw. bei 2,33 m NHN) in den Bohrlöchern gelotet.

In den Niederungen der „Hollener Ehe“ und der „Holtlander Ehe“ ist der Geschiebelehm / -mergel gänzlich erodiert. Den lokalen Hauptgrundwasserleiter bilden dort die vollständig erfüllten Niederungssande, Flusssanden und die partiell anstehenden Schmelzwassersande. Aufgrund der Überdeckung mit gering durchlässigen Torf- und Muddeschichten, die bis in eine Tiefe von 1,8 bis 2,7 m u. GOK reichen, ist das Hauptgrundwasser leicht gespannt. Der entspannte Grundwasserspiegel wurde dort zwischen 0,7 und 1,0 m u. GOK (zwischen 0,0 und -1,0 m NHN) in den Bohrlöchern gelotet.

Für die Ableitung von Bemessungsgrundwasserständen des mittleren Niedrig-Grundwasserstandes (MNW) und des höchsten Grundwasserstandes (HW) wurden die geloteten Wasserstände sowie hydrogeologischen Karten aus dem NIBIS Kartenserver herangezogen. Die relevanten Angaben sind dem hydrogeologischen Streckenband im Anhang 1.4 zu entnehmen.

Bauwasserhaltung

Der Graben für die Gashochdruckleitung wird überwiegend in offener Bauweise bis in eine Tiefe zwischen 1,8 und 2,5 m u. GOK ausgehoben. Bei der Herstellung der Düker und den grabenlosen Rohrvortrieben sind erdbauliche Eingriffstiefen bis ca. 5,0 m u. GOK geplant. Auf den Geestplateaus kommt die Sohle des Leitungsgraben sowie mit Ausnahme des Teilabschnittes zwischen km 55,000 und 56,300 auch die Start- und Zielgruben für die Querungen innerhalb der rolligen Decksande bzw. innerhalb des kohäsiven Geschiebelehm /-mergels oder Beckentons zu liegen.

Dort ist mit Zustrom von jahreszeitlich bedingtem Stauwasser zu rechnen. Bauzeitlich sind dort daher durchgängig Vorrichtungen zum sicheren Auffangen und Ableiten von Tag- und Stauwasser (offene Wasserhaltung) vorzuhalten und bei Bedarf zu betreiben. Bei großen Stauwassermächtigkeit ($>1,0$ m) wird zur Vorentwässerung zusätzlich eine geschlossene Bauwasserhaltung mittels Vakuumfilter empfohlen.

Auf der Strecke zwischen ca. km 55,00 und km 56,300 wurde die gespannte Grundwasseroberfläche (Hauptgrundwasser) in den Schmelzwassersanden bereits bei 4,4 bzw. bei 5,3 m u. GOK erfasst. Dort werden bei Eingriffstiefen von $>3,0$ m u. GOK zusätzlich geschlossene Wasserhaltungen im Hauptgrundwasserleiter unter der Grundmoräne zur Druckentlastung (Schutz vor einem hydraulischen Grundbruch und Auftrieb) erforderlich werden.

Im Bereich der Bachniederungen (km 47,010 bis km 47,450 und km 52,200 und km 53,870) ist auch bei den Erdarbeiten für die Herstellung des Leitungsgrabens mit dem Zustrom von Hauptgrundwasser zu rechnen. Bauzeitlich sind dort zur Entwässerung der Niederungs- und Flusssande geschlossene Bauwasserhaltungsmaßnahmen erforderlich.

Die für den geplanten Bauprozess relevanten hydrogeologischen Daten sind in den Anhängen 1.3 und 1.4 zusammengestellt.

7.1 Ergebnisse der Grundwasseranalysen

Im Bereich der beiden Erosionstäler der Bäche mit einem oberflächennah anstehenden Grundwasserspiegel wurde jeweils eine Rammkernsondierbohrung (RKS 146 und RKS 123) zu einfachen temporären Grundwassermessstellen (Rammpegel RP 146 und RP 123) mittels Einbringens von Rammfiltern (DN 40) im Bereich der oberflächennahen Schichten ausgebaut. Die Ausbauzeichnungen der temporären Grundwassermessstellen sind gemäß DIN 4023 im Anhang 2.3 angelegt.

Aus den beiden temporären Messstellen wurde jeweils eine Grundwasserprobe zur chemisch-analytischen Untersuchung auf den Parameterumfang gemäß der Anforderung des Landkreises Leer hinsichtlich der Einleitung gehoben Grundwassers in eine Vorflut entnommen werden. An der Wasserprobe RP 146 wurde zusätzlich die Korrosionswahrscheinlichkeit nach DIN 50929 untersucht.

Die Ergebnisse sind in Form der Analysenjournalle in Anhang 4.1 dokumentiert und werden nachfolgend in den Tabellen 7 und 8 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 7 Zusammenfassende Ergebnisse der chemischen Grundwasseruntersuchungen im 6. Abschnitt, Landkreis Leer

Parameter	Dimension	RP 123	RP 146
Eisen, gesamt	mg/l	8,3	6,8
Eisen (II)		8,0	1,5
Chlorid		31	35
Sulfat		3,6	1,6
Nitrat		1	2,2
Nitrit		0,01	0,02
Ammonium		17	15
Stickstoff, gesamt		19	18
Phosphor		<0,05	0,098
AOX		0,40	0,10
Kohlenwasserstoffe, C ₁₀ -C ₂₂		<0,1	<0,1
Kohlenwasserstoffe, C ₁₀ -C ₄₀		<0,1	<0,1

Die Anforderungen an die Parameter im Hinblick auf die Einleitung von Grundwasser in eine Vorflut im Falle einer Bauwasserhaltung sowie eine etwaige Vorbehandlung sind mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde des Landkreises Leer sowie der zuständigen Siel- und Wasseracht abzustimmen.

Nach der DIN 50929 (Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung – Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern) ist die Korrosionswahrscheinlichkeit für niedrig legierte und unlegierte Stähle abhängig von der Lage des Werkstoffes bezüglich des korrodierenden Mediums. Für die untersuchten Probe PR 146 ergeben sich dabei folgende Einstufungen (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8 Einstufung der Korrosionswahrscheinlichkeiten für die untersuchte Grundwasserprobe RP 146

Korrosionswahrscheinlichkeit	RP 146
Unterwasserbereich	
Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion	sehr gering
Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion	sehr gering
Wasser- /Luftgrenze	
Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion	gering
Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion	sehr gering

8 BEURTEILUNG DES BAUGRUNDES, EMPFEHLUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG

Nach dem Ergebnis der Untersuchungen liegt der gesamte 6. Abschnitt naturräumlich im südlichen Bereich der Ostfriesisch-Oldenburgischen Geest.

Im Osten des Untersuchungsabschnittes (zwischen km 47,010 und km 47,450) wird das Geestplateau durch eingeschnittenen Erosionstal des Baches „Hollener Ehe“ unterbrochen. Eine ähnliche Situation liegt auch zwischen Stationierungs-km 52,200 und 53,870. Dort erstreckt sich das Erosionstal des Baches „Holtlander Ehe“.

Durch die Bachniederungen wird die Geest in zwei Teilplateaus unterteilt (km 47,450 bis km 52,200 und km 53,870 bis km 58,055). Unter den Mutterböden bzw. Auffüllungen wurden dort weichselzeitliche Decksande (Flug- und Geschiebedecksande) mit einer lockeren bis mitteldichten Lagerung bis in eine Tiefe zwischen 0,6 und 3,0 m u. GOK. erfasst. An der Basis der Decksande folgt im Bereich der Geest eine durchgehende Grundmoräne der Saale-Kaltzeit. Diese setzt sich ausschließlich aus bindigen Geschiebelehm/-mergeln zusammen. Der Geschiebelehm /-mergel wurde nur im Bereich des westlichen Teilplateaus zwischen km 53,870 und km 56,300 in einer Tiefe von 4,4 bzw. 5,3 m u. GOK durchstoßen. Darunter wurden dort bis zur maximalen Erkundungstiefe von 8,0 m kohäsive Beckentone mit steifer Konsistenz bzw. dicht gelagerte Schmelzwassersande erfasst. Die erfassten Sande sind aufgrund der Kornzusammensetzung und der meist günstigen Lagerungsdichte als gut tragfähig einzustufen und stellen unter der Maßgabe einer Nachverdichtung der lockeren Partien einen ausreichend tragfähigen Baugrund für die geplante Gasleitung dar. Den kohäsiven Schichtgliedern aus Geschiebelehm/ -mergeln sowie Beckentonen werden abhängig von der Zustandsform mäßige bis gute Tragfähigkeitseigenschaften zugeordnet.

Unter der Maßgabe des Einziehens einer gering mächtigen Bettungsschicht sind diese Schichten für die Gründung der Rohrleitung geeignet.

Im Bereich der beiden Bachniederungen wurde der Geschiebelehm /-mergel bereits in Gänze erodiert. Der Schichtenaufbau beginnt dort mit holozänen Torfen und Mudden, die partiell durch künstliche Schüttungen überlagert werden. Die Unterkante der organischen Weichschichten wurde zwischen 1,8 und 2,7 m u. GOK durchstoßen. Diese sind wenig tragfähig und somit als Auflager für die Transportleitung nicht geeignet. Darunter folgen in den Aufschlüssen RKS 146 und RKS 123 holozäne, locker gelagerte Niederungssande bis in eine Tiefe von 5,0 bzw. 2,7 m u. GOK. Diese sind mit einem Glühverlust von 4,5 bzw. 7,3 M-% als organisch bzw. stark organisch ausgeprägt und nur als mäßig tragfähig einzuordnen. Unter der Maßgabe einer umsichtigen Nachverdichtung und des Einziehens einer gering mächtigen Bettungsschicht sind sie jedoch als Auflager für die Transportleitung geeignet.

An der Basis der holozänen Schichten stehen bis in eine Tiefe von 6,0 bzw. 7,6 m u. GOK Flussablagerungen der Weichsel-Kaltzeit an. Diese setzen sich hauptsächlich aus rolligen Flusssanden zusammen. Im Bereich der Bohrung RKS 146 wurden abweichend zwischen 5,0 und 5,9 m u. GOK kohäsive Flussablagerungen in Form von Niederungsschluffen angetroffen. Unter den Flusssedimenten folgen im Osten (RKS 146) ab einer Tiefe von 7,6 m u. GOK Beckentone und im Westen (RKS 123) ab einer Tiefe von 6,0 m u. GOK Schmelzwassersande. Den mitteldicht gelagerten Flusssanden kann eine gute und dem steifen Niederungsschluff eine mäßige Tragfähigkeit zugewiesen werden.

Die Verläufe der einzelnen Bodenschichten entlang der Leitungstrasse sind im Anhang 1.3 als baugrundgeologisches Streckenband dargestellt. Aufgrund der z.T. großen Abständen zwischen den Untersuchungspunkten wurden die Schichtverläufe zwischen den Ansatzpunkten interpoliert und sind somit mit Unsicherheiten behaftet. Die nachfolgend aufgeführten und im Streckenband (s. Anhang 1.3) angegebenen Streckenabschnitte sind lediglich als Orientierungswerte zu betrachten.

Die empfohlenen Maßnahmen sind den tatsächlich vorgefundenen Baugrundverhältnissen anzupassen. Die erforderlichen Bauwasserhaltungsmaßnahmen sind dem Kapitel 7 und den Streckenbändern in den Anhängen 1.3 und 1.4 zu entnehmen.

8.1 Empfehlungen für die Gründung der Gashochdruckleitung

Die DN 600 Gashochdruckleitung wird zwischen 1,8 und 2,5 m u. GOK gegründet. Die Gründungssohle muss grundsätzlich ausreichend tragfähig sein und eine gleichmäßige Druckverteilung sicherstellen. Die Rohrleitung muss auf der ganzen Länge aufliegen, Punktauflagerungen sind unzulässig. Die Anforderungen und Grundlagen an die Errichtung und Konstruktion der Gasleitung sind dem DVGW Arbeitsblatt G463 und der DIN EN 1594 „Rohrleitungen für einen maximal zulässigen Betriebsdruck über 16 bar – Funktionale Anforderungen“ zu entnehmen.

Im Verlaufe des 6. Abschnittes werden seitens der Unterzeichner drei Gründungsvarianten empfohlen:

a) Anstehender Boden ist ausreichend tragfähig und als Bettungsschicht geeignet

In den Streckenabschnitten zwischen km 48,250 und km 49,000 sowie zwischen km 55,600 und km 57,150 sind in der Gründungssohle (1,8 – 2,5 m u. GOK) der geplanten Transportleitung vorwiegend gut tragfähige Sande der Bodengruppe SE, SU und SU* zu erwarten.

Sofern die Rohrsohlen innerhalb der sandigen Schichtglieder zu liegen kommen, werden außer einer Nachverdichtung voraussichtlich keine gesonderten Maßnahmen zur Herstellung einer Bettungsschicht erforderlich werden. Vor Einbringen der Rohrleitungen sind etwaige Auflockerungen infolge des Bodenaushubes im Bereich der Grabensohle ordnungsgemäß zu verdichten.

b) Anstehender Boden ist ausreichend tragfähig, als Bettungsschicht jedoch nicht geeignet

In den nachfolgend aufgeführten Streckenabschnitten wurden in der Gründungssohle (1,8 – 2,5 m u. GOK) der geplanten Transportleitung kohäsive Geschiebelehme mit einer weichen, weich-steifen bzw. steifen Konsistenz erbohrt:

- km 47,450 bis km 48,250,
- km 49,000 bis km 52,200,
- km 53,870 bis km 55,600 und
- km 57,150 bis km 58,055.

Diese Schichten sind vorkonsolidiert und weisen abhängig von der Zustandsform eine mäßige bis gute Eigensteifigkeit auf und sind somit als ausreichend tragfähig einzustufen. Bei der Verlegung der Leitung innerhalb des Geschiebelehms wird generell empfohlen, die Grabensohle tiefer auszuheben und eine Bettung aus verdichtungsfähigem Sand-/ Kiessandmaterial der Bodengruppe SE/SW gemäß DIN 18196 einzubringen und ordnungsgemäß zu verdichten. Die Mächtigkeit der unteren Bettungsschicht sollte dort ca. 30 cm betragen.

Bei der Verdichtung der Bettungsschicht ist strikt darauf zu achten, dass keine dynamische Energie in die bindigen Schichten eingetragen wird. Dies würde zur Verschlechterung der Konsistenzen führen.

c) Anstehender Boden ist nicht ausreichend tragfähig

In der Aufschlussbohrung RKS 101 bei km 39,000 wurde bis in eine Tiefe von 2,8 m u. GOK organischer Hochmoortorf mit geringer Tragfähigkeit erfasst. Im äußersten Westen des Untersuchungsabschnittes, im Nahbereich des Nordgeorgsfehnkanals (km 46,800 bis 47,010) sind ebenfalls Torfe in der Gründungssohle zu erwarten.

Aufgrund der starken Kompressibilität der organischen Schichten sind sie als Auflager für Produktrohre nicht geeignet und sollte im Lasteinflussbereich der Leitung vollständig bzw. teilweise auszutauschen werden.

Ein vollständiger Austausch dieser Schichten ist mit vertretbarem Aufwand nur in Bereichen mit einer maximalen Tiefe der Schichtunterkante von ca. 3,0 m möglich. Bei vollständigem Austausch ist als Bodenaustauschmaterial gut verdichtungsfähiger Füllsand der Bodengruppe SE bzw. SW gemäß DIN 18196 einzubauen und lagenweise zu verdichten. Der Verdichtungsgrad der Füllmaterialien sollte mindestens $D_{pr} \geq 95 \%$ (entspricht einem statischen Verformungsmodul E_{v2} von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$) betragen.

Bei tiefer reichenden Weichschichten wird zur Schaffung einer gleichmäßigen Gründungssohle und zur Verringerung ungleichmäßiger Setzungen ein Teilbodenaustausch der gering tragfähigen Schichten in einer Lagenstärke von mindestens 0,8 m unter den Rohrsohlen empfohlen. Beim Teilaustausch ist das Füllmaterial der Bodengruppe SE bzw. SW in zwei Lagen einzubauen. Die erste 0,4 m starke Füllsandlage ist zur besseren Lastverteilung sowie zur Verhinderung der Vermischung mit dem Untergrund vollständig in Geovlies der Klasse $\geq \text{GRK3}$ einzuschlagen.

Die erste Austauschlage sollte lediglich statisch verdichtet werden. Anschließend kann hierauf bis zum Erreichen des Sohlplanums eine Bettungsschicht aus verdichtungsfähigem Sand unter umsichtiger Verdichtung aufgebracht werden. **Ein Eintrag jeglicher Verdichtungsenergie in die Torf- und Muddeschichten ist zu vermeiden.**

Bei sämtlichen Verdichtungsarbeiten ist strikt darauf zu achten, dass keine dynamische Energie in die bindigen Schichten bzw. in die wassergesättigten Sande eingetragen wird. Dies würde zur Verschlechterung der Konsistenzen bzw. der Lagerungsdichten führen. Es sollten Verdichtungsgeräte verwendet werden, deren Wirkungstiefe nicht über die zu verdichtende Sandlage hinausreichen.

8.2 Verfüllung des Rohrgrabens

In der Leitungszone (Seitenverfüllung und Abdeckung) sind verdichtungsfähige Sande der Bodengruppe SE, SW und SU einzubauen und gemäß den Regelwerken auf das erforderliche Maß zu verdichten.

Die erfassten Decksande können nach Ansicht der Unterzeichner in der Leitungszone eingebracht werden. Organische bzw. kohäsive Böden sind für den Einbau im Bereich der Leitungszone nicht geeignet.

Für die Hauptverfüllung über der Leitungszone ist möglichst das vorhandene Aushubmaterial zu verwenden. Es ist hierbei zwischen Verkehrsflächen und Vegetationsflächen zu unterscheiden.

Verkehrsflächen

Hier sind die Auflagen der jeweiligen Baulastträgern und im öffentlichen Straßenbereich die Festlegungen der ZTVA-StB und der RStO zu berücksichtigen. Für die Ausführung der Erdarbeiten sind ferner die Bestimmungen der ZTV E-StB zu beachten.

Vegetationsflächen

Im Bereich der Vegetationsflächen sollte der Einbau des Materials für die Hauptverfüllung in Abstimmung mit den Eigentümern oder Nutzungsberechtigten bzw. nach den Vorgaben der zuständigen Behörden erfolgen.

Das separat gelagerte Aushubmaterial ist bei Wiederverwendung in der gefundenen, natürlichen Reihenfolge wieder einzubauen. Bei den angetroffenen Torfschichten ist aus wirtschaftlichen Aspekten möglichst eine Wiederverwendung anzustreben. Auch im Hinblick auf eine zusätzliche Lastaufbringung (Wichteerhöhung) bei einem Austausch gegen Füllsande sollte zur Verringerung der Setzungen eine Wiederverwendung der Weichschichten im Bereich der Hauptverfüllung angestrebt werden.

Um zu erwartende Setzungen an der Geländeoberkante auszugleichen, ist ein überhöhter Einbau des humosen Oberbodens zu empfehlen.

Im Rahmen der ausgeführten Bohrungen wurden keine sensorischen Auffälligkeiten festgestellt, die auf etwaige Bodenkontaminationen hinweisen.

Bei der Verfüllung der Rohrgräben sowie zum Umgang mit den setzungsempfindlichen Böden sind die Ausführungen des gesonderten Bodenschutzkonzeptes zu beachten. Die Bauausführung unterliegt den Anweisungen der bodenkundlichen Baubegleitung.

9 EMPFEHLUNGEN UND HINWEISE FÜR DIE UNTERQUERUNGEN

Gemäß der vorläufigen Planung werden im Rahmen des 6. Abschnittes ca. 12 grabenlose und offene (Düker) Querungen ausgeführt. Aufgrund der Vielzahl und der noch unklaren Bauweise wird auf die Einzelbetrachtung der Kreuzungen verzichtet. Die Ausführungen zu den Unterquerungen werden hier entsprechend der Bauweise und den Untergrundverhältnissen allgemeingültig gehalten.

Die erforderlichen Bauwasserhaltungsmaßnahmen sind dem Kapitel 7 und den Streckenbändern in den Anhängen 1.3 und 1.4 zu entnehmen.

9.1 Offene Bauweise

Bei der Kreuzung von Gewässern und Verkehrsflächen ist eine Überdeckungshöhe (Abstand zwischen Gewässersohle und Rohrscheitel) von 1,5 bis 2,0 m vorgesehen.

Kleine Entwässerungsgräben der 3. Ordnung sowie Fremdleitungen und Wege werden vorwiegend, ohne gesonderten Kreuzungsverfahren, im Rahmen der Regelverlegung der Leitung im offen Rohrgraben durchquert und anschließend wieder hergestellt.

Bei der offenen Querung von tieferen Gewässern wird ein vorgefertigter Rohrstrang mit beiderseits aufsteigenden Rohrbögen (Düker) unter Einsatz entsprechender Auftriebssicherungsmaßnahmen offen in die zuvor ausgebaggerte Gewässerrinne eingelegt und verfüllt. Die Anlage der Rinnen erfolgt dabei durch offene Baggerungen ggf. mit vorangegangener Spundung des Rohrgrabens im Schutze einer Bauwasserhaltung. Kleinere Gräben oder Bäche werden i.d.R. vor der Dükerabsenkung durch Rohrleitungen überbrückt (verdoht) oder umgepumpt.

Die Dükersohlen werden zwischen 3,5 und 5,0 m u. GOK zu liegen kommen. Für den 6. Abschnitt werden seitens der Unterzeichner zwei Gründungsvarianten der Düker empfohlen:

a) Anstehender Boden ist ausreichend tragfähig und als Bettungsschicht geeignet

In den nachfolgend aufgeführten Streckenabschnitten sind in der Gründungsebene der Düker (3,5 – 5,0 m u. GOK) gut tragfähige Fluss- bzw. Schmelzwassersande der Bodengruppe SE und SU zu erwarten:

- km 52,200 bis km 53,870 und
- km 55,000 bis km 55,600.

Sofern die Rohrsohlen innerhalb der sandigen Schichtglieder zu liegen kommen, werden voraussichtlich keine gesonderten Maßnahmen zur Herstellung einer Bettungsschicht erforderlich. Vor Einbringen der Rohrleitungen sind etwaige Auflockerungen infolge des Bodenaushubes im Bereich der Grabensohle ordnungsgemäß zu verdichten.

b) Anstehender Boden ist ausreichend tragfähig, als Bettungsschicht jedoch nicht geeignet

In den übrigen Bereichen der Leitungstrasse wurden in der geplanten Gründungstiefe der Düker kohäsive Geschiebelehme /-mergel, Beckentone sowie ggf. lokal Niederungsschluffe oder organische Niederungssande erfasst. Diese Schichten sind mäßig bis gut tragfähig und somit als ausreichend tragfähigen einzuordnen. Bei der Verlegung der Düker innerhalb der bindigen Schichten bzw. organischen Sande wird generell empfohlen, die Grabensohle tiefer auszuheben und eine Bettung aus verdichtungsfähigem Sand-/ Kiessandmaterial der Bodengruppe SE/SW gemäß DIN 18196 einzubringen und ordnungsgemäß zu verdichten. Die Mächtigkeit der unteren Bettungsschicht sollte dort ca. 30 cm betragen.

Bei der Verdichtung der Bettungsschicht ist strikt darauf zu achten, dass keine dynamische Energie in die bindigen Schichten bzw. wassergesättigten Sande eingetragen wird. Dies würde zur Verschlechterung der Konsistenzen bzw. Lagerungsdichten führen.

Die Anforderungen an die Verfüllung der Leitungszone sind dem Kapitel 8.2 zu entnehmen.

9.2 Grabenlose Bauweise

Bei den grabenlosen (geschlossenen) Querungen von Gewässern und Straßen werden vorwiegend offene Stahlrohre horizontal unter den Hindernissen mit Hilfe von Ramm- bzw. Pressenergie vorgetrieben. Es sind Vortriebsverfahren mit Horizontalramme/ -presse bzw. mit Horizontal-Pressbohrgerät gemäß DVGW-Merkblatt GW 304, Ziffer 6.1.2.2.1 bzw. 6.1.2.2.2 vorgesehen. Bei Horizontalramme/ -presse wird der in das Rohr eingetretene Erdkern nach beendetem Vortrieb hydraulisch herausgelöst bzw. mechanisch herausgebohrt.

Bei dem Pressbohrverfahren wird gleichzeitig zu dem Pressvorgang der Boden an der Ortsbrust mechanisch abgebaut und aus dem Rohr befördert. In beiden Fällen ist die Anlage von entsprechend langen und tiefen Start- und Zielgruben erforderlich.

Alternativ zu den oben beschriebenen Rammungen und Pressungen ist der Einsatz des Direct Pipe-Verfahrens geplant. Bei diesem geschlossenen Verfahren wird der Boden in einem Arbeitsschritt mit einer steuerbaren Mikrotunnelmaschine abgebaut, hydraulisch über Tage gefördert und zeitgleich die vorgefertigten Produktrohre in das erzeugte Bohrloch geschoben. Aufgrund der Steuerungsmöglichkeit bei Gefällen und Steigungen kann die Tiefe der Start- und Zielgruben bei diesen Verfahren voraussichtlich auf <3,0 m u. GOK begrenzt werden.

Bei den Kreuzungen von Gewässern und Straßen ist eine Überdeckungshöhe von 1,5 - 2,0 m vorgesehen.

Abhängig von der Stationierung und der Unterquerungstiefe werden bei dem horizontalen Vortriebsverfahren vorwiegend kohäsive Geschiebelehme /-mergel mit weicher, weich-steifer, steifer und steif-halbfester Konsistenz durchbohrt. Lokal werden auch locker, mitteldicht und dicht gelagerte Sande durchbohrt (s. Streckenband im Anhang 1.3).

Die Rohrvortriebe und Horizontalbohrungen werden sich sowohl in feuchten, bindigen Bodenhorizonten, die wenig freies Grundwasser aufweisen, als auch in vollständig wassergesättigten Sanden bewegen.

Mit Ausnahme der Bachniederungen sind in den auftretenden Geschiebelehmen/ -mergeln sind geogene Hindernisse in Form von Steinen und Geschieben zu erwarten.

Das projektierte Verfahren zur grabenlosen Verlegung der Transportleitung sind für die angetroffenen Untergrundverhältnisse aus Sicht der Unterzeichner geeignet. Aufgrund des partiellen Auftretens von wassergesättigten Sanden können Zusatzmaßnahmen in Form von Grundwasserabsenkungen entlang des Bohrkanals bzw. des Einsatzes von speziellen Abbauwerkzeugen erforderlich werden. Ferner werden Bauwasserhaltungsmaßnahmen für die Anlage von Start- und Zielgruben notwendig. Die erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen sind entsprechend der Stationierung dem Kapitel 7 und dem Streckenband im Anhang 1.4 zu entnehmen.

Setzungsabschätzung nach SCHERLE

Zur Abschätzung der Setzungen, die infolge der geplanten Rohrvortriebe und Horizontalbohrungen (Überschnitt, Bodenverlust und allgemeiner Auflockerung des Bodens) im Bereich der Gewässersohlen bzw. der Straßenkörper entstehen können, wurden Setzungsberechnungen nach dem überschlägigen Verfahren von SCHERLE gem. DB Ril 836 für eine Überdeckungshöhe von 1,5 m und einen Bohrdurchmesser von 610 mm durchgeführt (s. Anhang 5). Gemäß den ausgeführten Berechnungen ergeben sich für die projektierten Horizontalrammungen/ -pressungen und Pressbohrungen in Abhängigkeit von den durchörterten Böden die nachfolgend aufgeführten Setzungen:

- | | |
|-------------------------|-------------|
| – lockere Sande | S = 0,82 cm |
| – kohäsive Böden, weich | S = 1,09 cm |

Aufgrund der insgesamt geringen, max. rechnerischen Setzungsbeträge sind aus gutachterlicher Sicht Sackungen, die zu einer nachteiligen Beeinflussung/Schädigung der Gewässer bzw. Straßen oder Deiche im Kreuzungsbereichen führen können, nicht zu erwarten.

10 UMGANG MIT SULFATSAUREN UND POTENZIELL SULFATSAUREN BÖDEN

Nach den vorliegenden Daten des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) stehen im Trassenverlauf des 6. Abschnittes keine potenziell sulfatsauren Böden (PASS, potencial acid sulfate soils) an. Auf chemische Bodenuntersuchungen wurde daher verzichtet.

11 VERZEICHNIS DER VERWENDETEN UNTERLAGEN

- /1/ NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE
NIBIS-Kartenserver
- /2/ NIEDERSÄCHSISCHEN VERMESSUNGS- UND KATASTERVERWALTUNG
Geobasisdaten
- /3/ GEOFAKTEN 24
Sulfatsaure Böden in niedersächsischen Küstengebieten. Juli 2010
- /4/ GEOFAKTEN 25
Handlungsempfehlungen zur Bewertung und zum Umgang mit Bodenaushub
aus (potenziell) sulfatsauren Sedimenten. November 2010

Cloppenburg, 20.01.2023

RP Geolabor und Umweltservice GmbH

Bearbeiter:
Dipl.-Geol. Robert Rapp

Prepens

ppa. Rapp

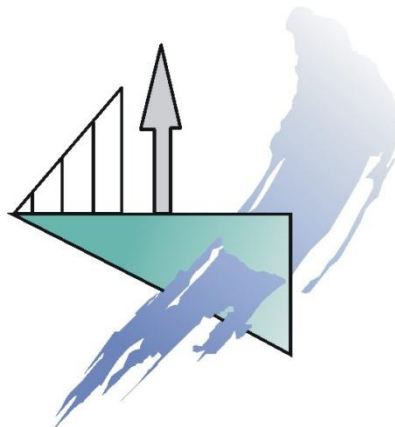
Anhang 1

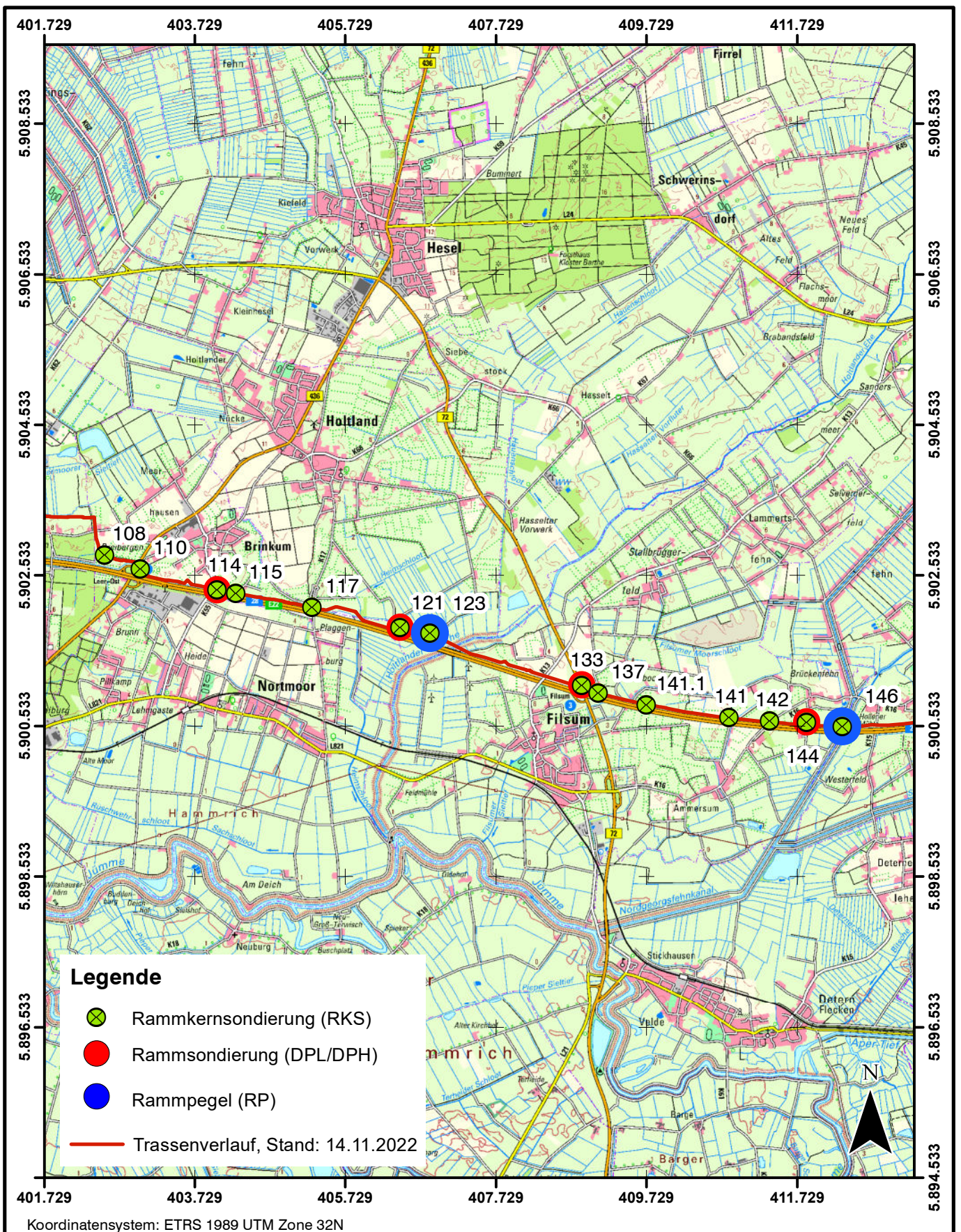
Karten und Streckenbänder

Anhang 1.1

Lageplan der Baugrundaufschlüsse

(Maßstab 1: 70.000)





© 2022, RP Geolabor und Umweltservice GmbH

Anhang 1.1

Geotechnisches Streckengutachten
Neubau Gasanbindung
Wilhelmshaven - Leer (GWL)
Baulos 2: Westerstede - Leer, 6. Abschnitt
Lage der Bohraufschlüsse (Übersicht)

Projektnummer: 06-5765
Maßstab: 1:70.000

erstellt: 17.01.2023
Lukas Tönnies



Quelle: Auszug aus den Geobasisdaten
der Niedersächsischen Vermessungs- und
Katasterverwaltung © 2022

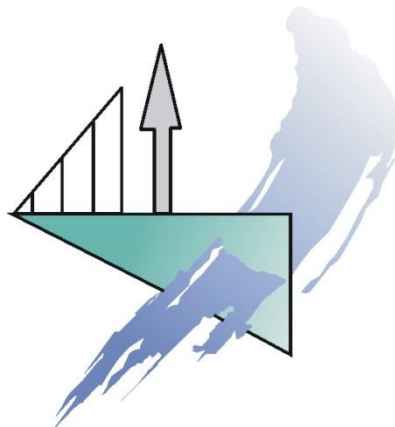


Anhang 1

Karten und Streckenbänder

Anhang 1.2

Koordinatenverzeichnis der Aufschlusspunkte



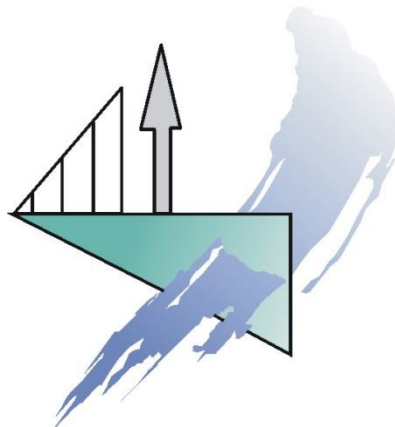
Position	Aufschlüsse	UTM Zone 32 N		Höhe [m NHN]
		Rechtswert	Hochwert	
146	RKS 146 + RP 146	412326,81	5900528,44	0,70
144	RKS 144 + DPH 144	411851,38	5900586,38	2,90
142	RKS 142	411363,49	5900602,73	9,14
141	RKS 141	410824,1	5900642,07	3,10
141.1	RKS 141.1	409726,31	5900815,34	2,34
137	RKS 137	409084,05	5900967,96	4,01
133	RKS 133 + DPH 133	408863,17	5901079,6	4,17
123	RKS 123 + RP 123	406847,93	5901763,96	-0,30
121	RKS 121 + DPH 121	406453,89	5901841,78	1,00
117	RKS 117	405287,84	5902113	4,55
115	RKS 115	404270,99	5902296,1	3,87
114	RKS 114 + DPH 114	404020,71	5902340,62	5,43
110	RKS 110	403000,42	5902618,89	8,93
108	RKS 108	402527,99	5902799,58	8,54

Anhang 1

Karten und Streckenbänder

Anhang 1.3

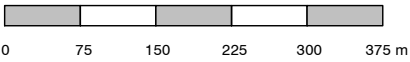
Baugrundgeologisches Streckenband



Osten

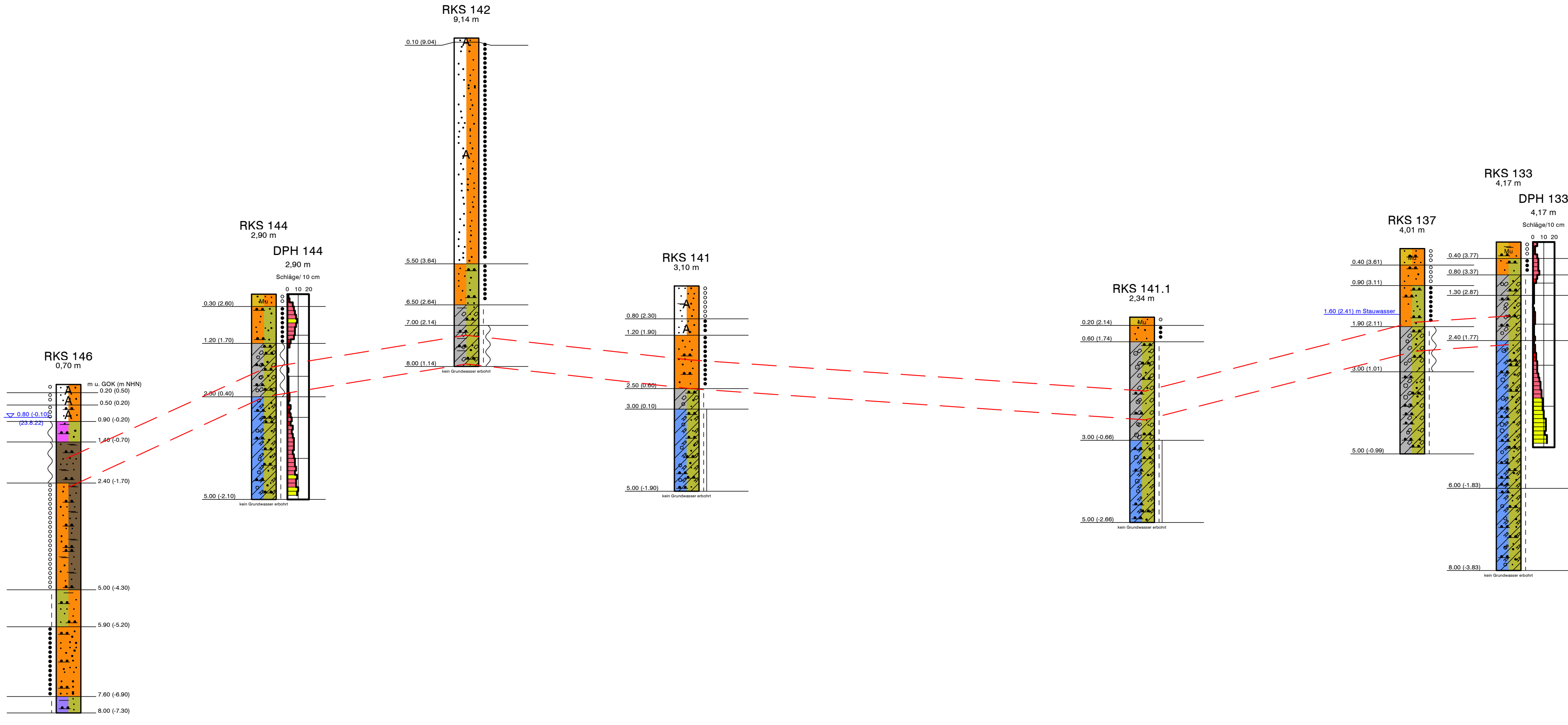
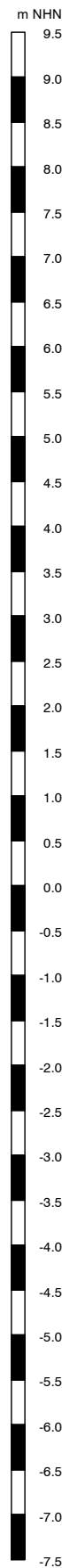


Westen



- Geplante LNG-Trasse
- Rammkernsondierung (RKS)
- Rammsondierung (DPL/ DPH)
- Rammpegel (RP)
- Geplante Verlegetiefe (1,80 m / 2,50 m u. GOK)

m u. GOK (m NHN)
0,60 (-0,76) Höhenangaben m GOK (m NHN)



Legende

steif - halbfest

steif

weich - steif

weich

locker

mitteldicht

Ton (T)

Schluff (U)

Feinsand (fS)

Mittelsand (mS)

Torf (H)

Mutterboden (Mu)

Auffüllung (A)

Mudde (Md)

Geschiebelehm (Gl)

Geschiebemergel (Gmg)

Stationierungs-km		47,040	47,510	48,025	48,560	49,675	50,335	50,635
Homogen-bereich	1,8-2,5 m u. GOK	Torf	Geschiebelehm		Sand	Geschiebelehm		
	3,5-5,0 m u. GOK	Niederungssand			Geschiebelehm/ -mergel			
Gründungs-maßnahmen	1,8-2,5 m u. GOK	Gründungspolster	Bettungsschicht		keine	Bettungsschicht		
	3,5-5,0 m u. GOK				Bettungsschicht			
Wasser-haltung	1,8-2,5 m u. GOK	geschlossene Wasserhaltung			offene Wasserhaltung (bei Bedarf)			
	3,5-5,0 m u. GOK	geschlossene Wasserhaltung			offene Wasserhaltung (bei Bedarf)			

RP

Geolabor und Umweltservice GmbH

Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg

Tel. 04471 - 93 29 122, Fax 04471 - 947580

Bauvorhaben:	Projekt-Nr. 06-5765
Geotechnisches Streckengutachten GWL Baulos 2, 6. Abschnitt	Anhang 1.3
Planbezeichnung:	Datum: Januar 2023
Baugrundgeologisches Streckenband Blatt 1	Höhe 1:75, Länge 1:7.500
	Bearbeiter: Herr Rapp

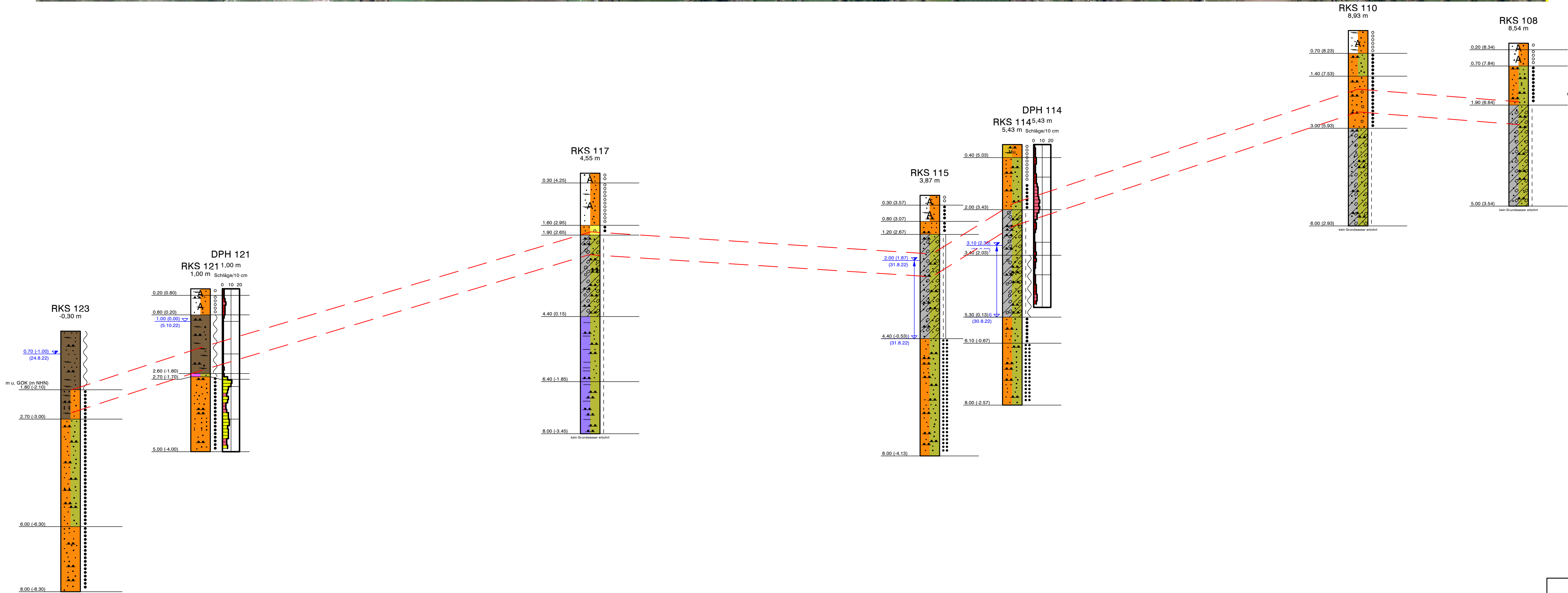
Osten



Westen



- Geplante LNG-Trasse
 - Rammkernsondierung (RKS)
 - Rammsondierung (DPL/ DPH)
 - Rammpegel (RP)
 - Geplante Verlegetiefe (1,80 m / 2,50 m u. GOK)
- m u. GOK (m NHN)
0,60 (-0,76)
- Höhenangaben m GOK (m NHN)



Legende

- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- locker
- mitteldicht
- dicht
- Ton (T)
- Schluff (U)
- Feinsand (fS)
- Mittelsand (mS)
- Feinkies (fG)
- Torf (H)
- Mutterboden (Mu)
- Auffüllung (A)
- Mudde (Md)
- Geschiebelehm (GI)

Stationierungs-km		52,770		53,170		54,450		55,480		55,730		56,900		57,400	
Homogen- bereich	1,8-2,5 m u. GOK	Niederungssand	Torf / Mudde		Geschiebelehm						Sand		Geschiebelehm		
	3,5-5,0 m u. GOK	Sand			Geschiebelehm/ Beckenton			Geschiebelehm / Sand		Geschiebelehm					
Gründungs- maßnahmen	1,8-2,5 m u. GOK	Bettungsschicht	Gründungspolster		Bettungsschicht						keine		Bettungsschicht		
	3,5-5,0 m u. GOK	keine			Bettungsschicht			Bettungsschicht / keine		Bettungsschicht					
Wasser- haltung	1,8-2,5 m u. GOK	geschlossene Bauwasserhaltung			offene Bauwasserhaltung (bei Bedarf)										
	3,5-5,0 m u. GOK	geschlossene Bauwasserhaltung			offene Bauwasserhaltung (bei Bedarf)				geschlossene Bauwasserhaltung		offene + geschlossene Bauwasserhaltung		offene Bauwasserhaltung (bei Bedarf)		



Geolabor und Umweltservice GmbH

Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg
Tel. 04471 - 93 29 122, Fax 04471 - 947580

Bauvorhaben:

Geotechnisches Streckengutachten
GWL Baulos 2, 6. Abschnitt

Planbezeichnung:

Baugrundgeologisches
Streckenband Blatt 2

Projekt-Nr. 06-5765

Anhang 1.3

Datum: Januar 2023

Höhe 1:75, Länge 1:7.500

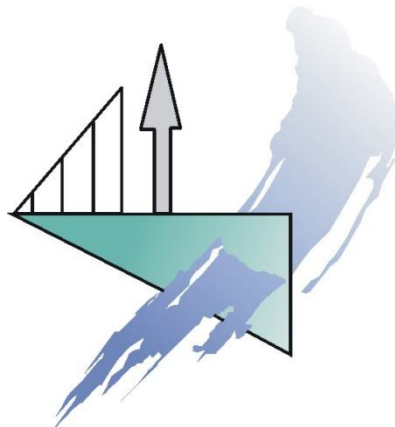
Bearbeiter: Herr Rapp

Anhang 1

Karten und Streckenbänder

Anhang 1.4

Hydrogeologisches Streckenband



Anhang 1.4 Hydrogeologisches Streckenband 6. Abschnitt

Position	146	144-142	141	141.1-133	123-121	117	115-114	100 - 108	
Stationierungs-km (interpoliert)	47,010 - 47,450	47,450 - 48,250	48,250 - 49,000	49,000 - 52,200	52,200 - 53,870	53,870 – 55,000	55,000 – 56,300	56,300 – 58,055	
	erfassten hydrogeologischen Verhältnisse								
Unterkante bindiger Deckschichten [m u. GOK]	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-
erbohrter Grundwasserstand [m u. GOK / m NHN]	0,8 / -0,1 (Hauptgrundwasser)	kein Wasser erbohrt	kein Wasser erbohrt	lokal Stauwasser 1,6 / 2,11	0,7 - 1,0/ -1,0 – 0,0 (Hauptgrundwasser)	kein Wasser erbohrt	2,0 - 3,1/ 1,87 - 2,33 (Hauptgrundwasser)	kein Wasser erbohrt	
Bodenschichten im Tiefenbereich 1,8 - 2,5 m u. GOK	H	H	P	H	H/P	H	P	P/H	
Bodenschichten im Tiefenbereich 3,5 – 5,0 m u. GOK	P		H				H+P	H	
Ausbildung der Grund- wasser-oberfläche im Porengrundwasserleiter P ungespannt = 1, gespannt = 2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Bemessungswasserstände								
Aus der Felderkundung und den hydrogeologischen Karten abgeleitete MNW und HW [m NHN]	MNW ≈ -0,3 / HW ≈ 0,7	MNW ≈ 0,5 (Hauptgrundwasser)/ HW ≈ 2,3 – 3,2 (Stauwasser)	MNW ≈ 0,7/ (Hauptgrundwasser)/ HW ≈ 1,2 (Stauwasser)	MNW ≈ 1,0 (Hauptgrundwasser)/ HW ≈ 2,2 (lokal Stauwasser)	MNW ≈ -1,2 - -0,2/ HW ≈ 0,0 – 1,0	MNW ≈ 1,0 (Hauptgrundwasser)/ HW ≈ 3,3 (Stauwasser)	MNW ≈ 1,5 – 2,0/ HW ≈ 2,5 – 3,0	MNW ≈ 2,5 - 2,0 (Hauptgrundwasser) / HW ≈ 5,3 - 7,2 (Stauwasser)	
	Bauwasserhaltungsmaßnahmen und k _r -Werte								
Maßnahmen Leitungsbau bis 2,5 m u. GOK	GW	bei Bedarf OW	bei Bedarf OW	bei Bedarf OW	GW	bei Bedarf OW	OW	bei Bedarf OW	
Maßnahmen Düker / Pressung bis 5,0 m u. GOK							OW+DE		
k _f -Wert bis 2,5 m u. GOK (Abschätzung aus Bohrprofilen und Kornverteilungen)	5 x 10 ⁻⁶ m/s (Torf)	<1 x 10 ⁻⁷ m/s (Geschiebelehm)	1 x 10 ⁻⁵ m/s (Geschiebedecksand)	<1 x 10 ⁻⁷ m/s (Geschiebelehm)	4 x 10 ⁻⁵ m/s (Niederungssand)	<1 x 10 ⁻⁷ m/s (Geschiebelehm u. Beckenton)	<1 x 10 ⁻⁷ m/s (Geschiebelehm)	<1 x 10 ⁻⁷ m/s (Geschiebelehm)	
k _f -Wert 3,5 bis 5,0 m u. GOK (Abschätzung aus Schichtenverzeichnissen und Kornverteilungen)	4 x 10 ⁻⁵ m/s (Niederungssand)		<1 x 10 ⁻⁷ m/s (Geschiebelehm)		5 x 10 ⁻⁵ m/s (Flusssand)		ab 4,4 m u. GOK gespannte Sande 7,5 x 10 ⁻⁵ m/s;		

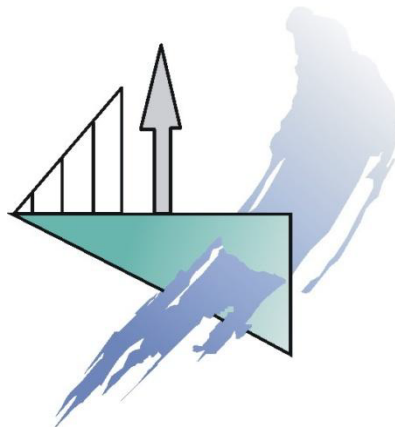
H = Grundwasserhemmer mit geringer Durchlässigkeit
P = Porengrundwasserleiter mit guter Durchlässigkeit
OW = offene Bauwasserhaltung zu Auffangen und Ableiten von Schichten-/Stauwasser und Tagwasser;
DE = geschlossene Bauwasserhaltung zur Druckentlastung gespannten Grundwassers im Porengrundwasserleiter
GW = geschlossene Bauwasserhaltung
Kombinationen sind möglich und in der Tabelle kenntlich gemacht (z.B. OW / DE)

Anhang 2

Ergebnisse der Feldarbeiten

Anhang 2.1

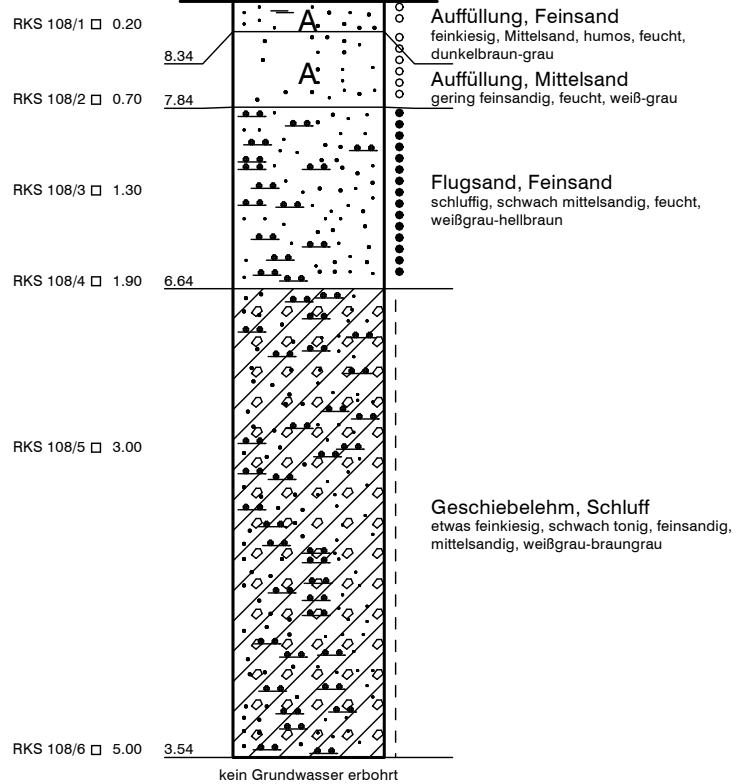
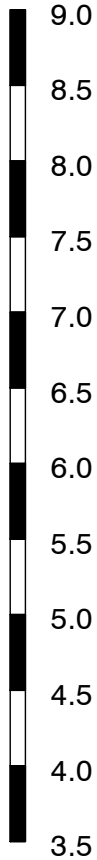
Bohrprofile der Rammkernsondierungen gemäß DIN 4023



m NHN

RKS 108

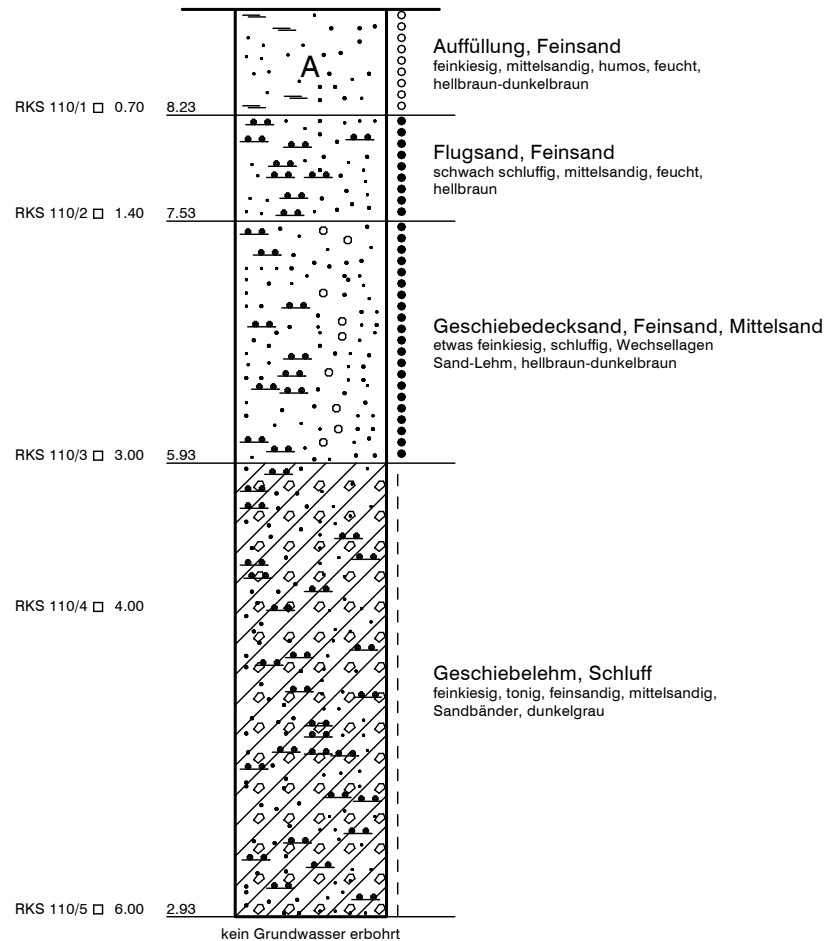
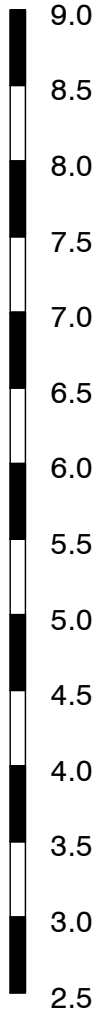
8,54 m NHN



RKS 110

8,93 m NHN

m NHN



Geolabor und Umweltservice GmbH
Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg
Tel. 04471 - 93 29 122, Fax 04471 - 947580

Bauvorhaben:

Orientierende Baugrunderkundung
Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven - Leer

Planbezeichnung:

Graphische Darstellung der
Bohrprofile gemäß DIN 4023

Projekt-Nr.: 06-5765

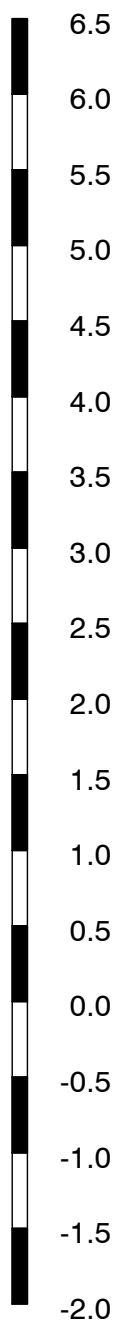
Anhang-Nr.: 2

Datum: 30.08.2022

Maßstab: 1: 50

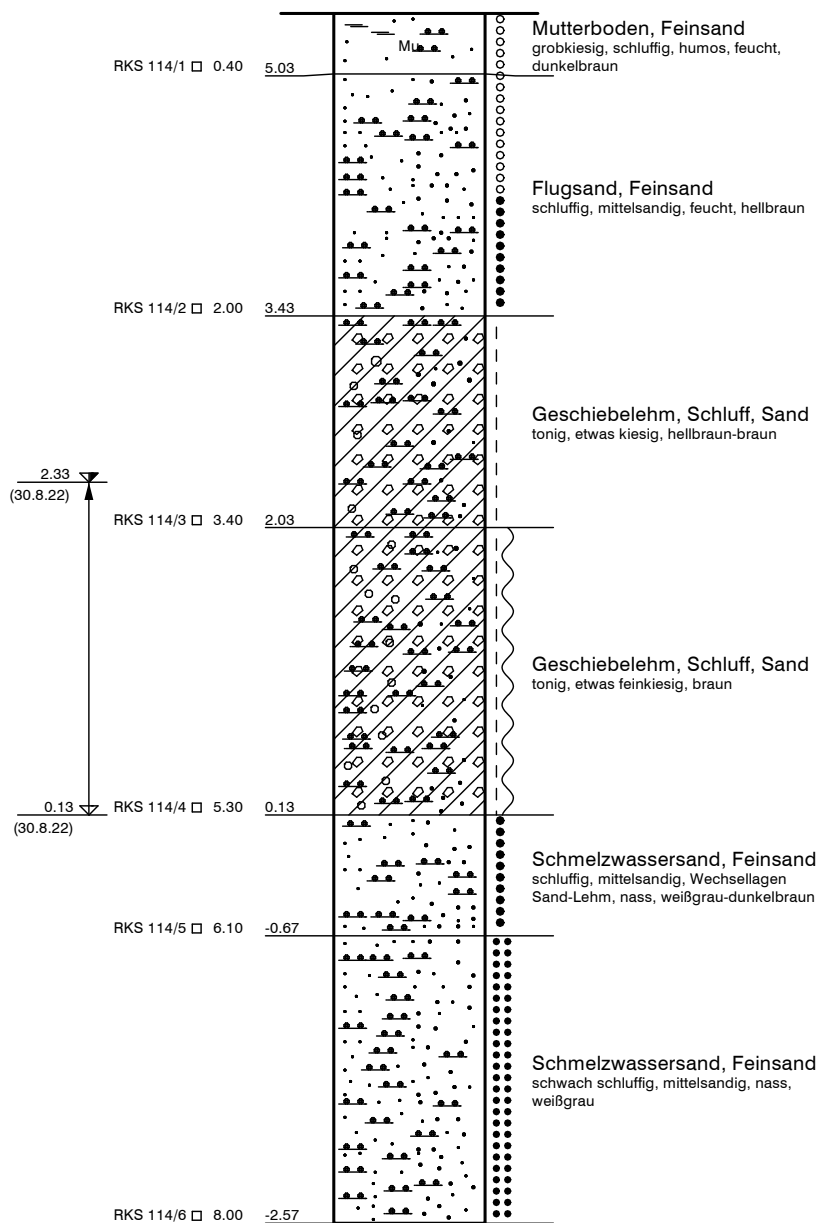
Bearbeiter: Herr Rapp

m NHN



RKS 114

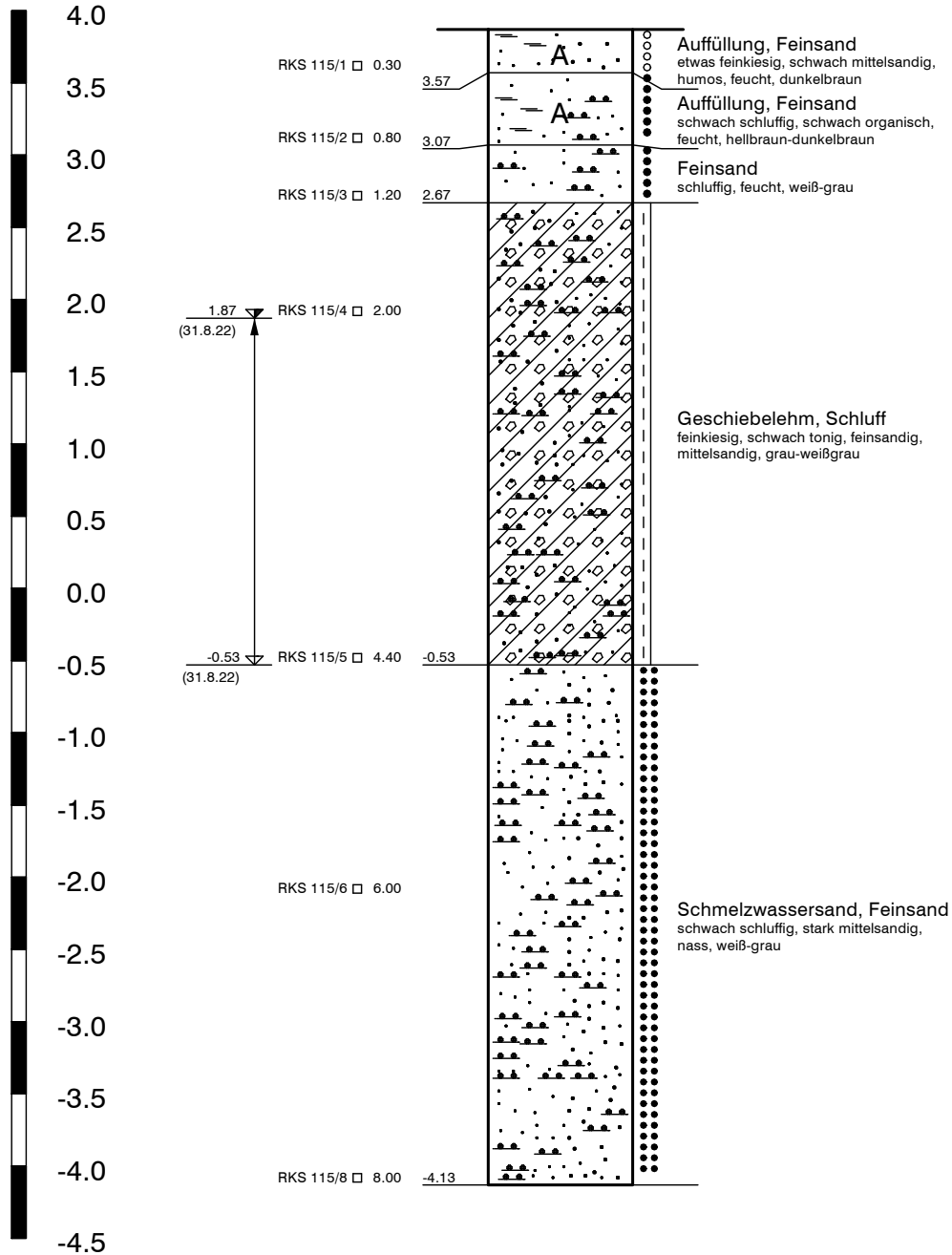
5,43 m NHN



RKS 115

3,87 m NHN

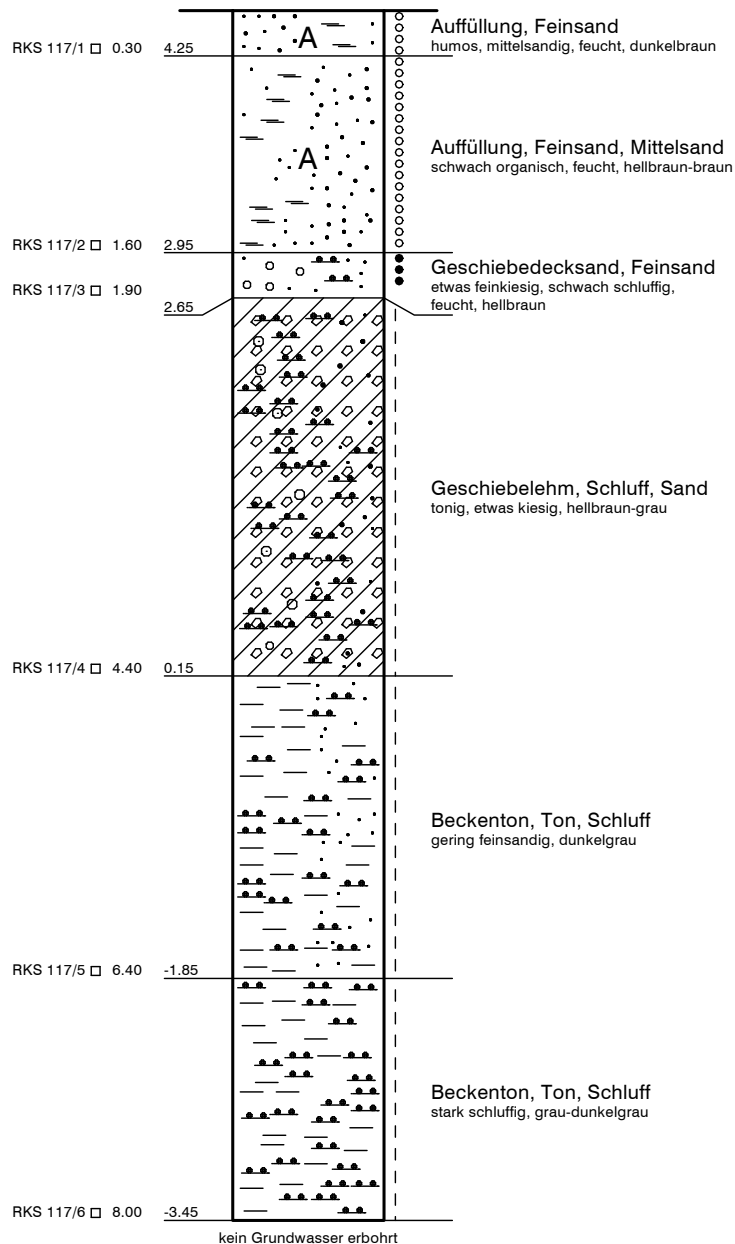
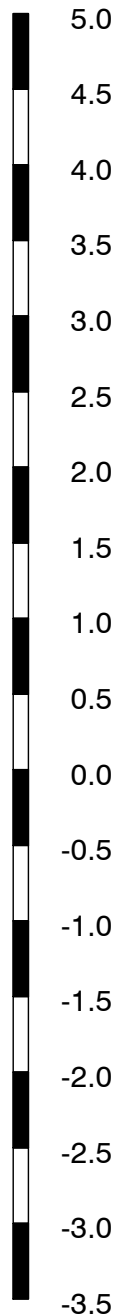
m NHN



m NHN

RKS 117

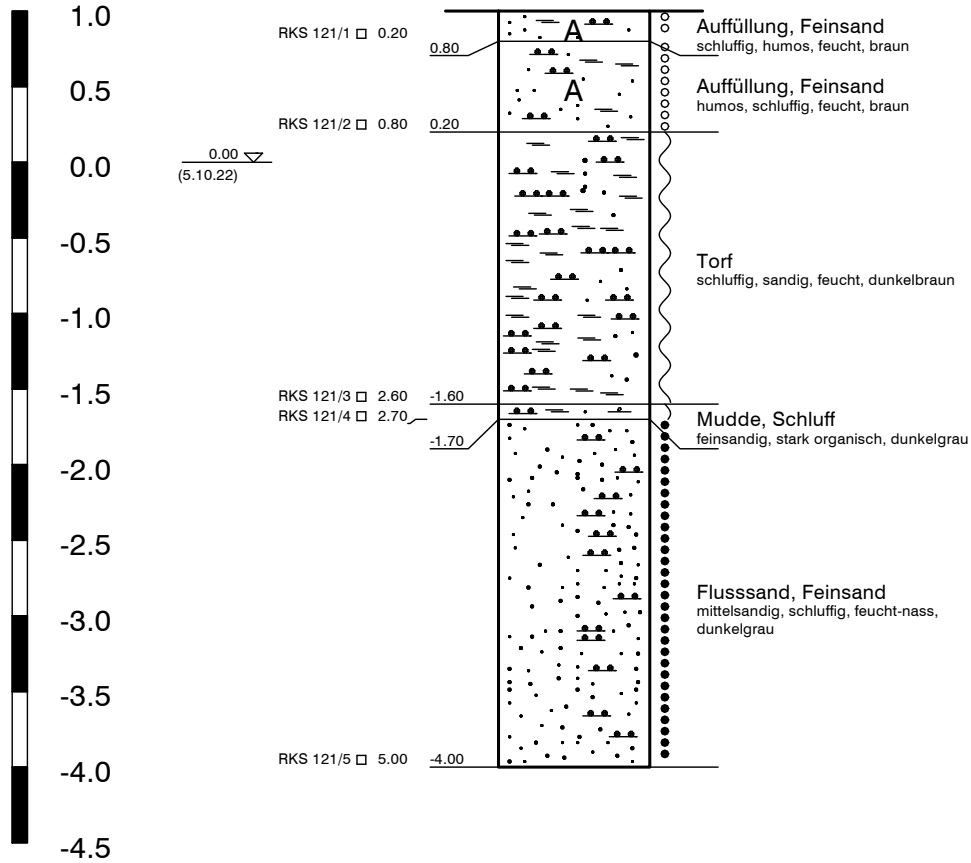
4,55 m NHN



RKS 121

1,00 m NHN

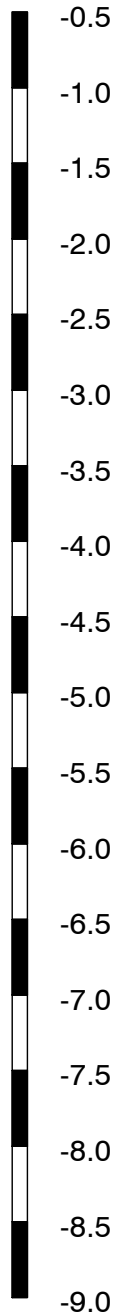
m NHN



RKS 123

-0,30 m NHN

m NHN



-1.00
(24.8.22)

RKS 123/1 □ 1.00

RKS 123/2 □ 1.80 -2.10

RKS 123/3 □ 2.70 -3.00

RKS 123/4 □ 4.00

RKS 123/5 □ 6.00 -6.30

RKS 123/6 □ 8.00 -8.30

Torf
feinsandig, stark schluffig, dunkelbraun

Niederungssand, Feinsand
mittelsandig, stark organisch, schwach
schluffig, nass, braun

Flusssand, Feinsand
schwach schluffig, stark mittelsandig,
nass, hellbraun-weißgrau

Schmelzwassersand, Feinsand
mittelsandig, schwach schluffig, nass,
weiß-grau

Bauvorhaben:

Orientierende Baugrunderkundung
Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven - Leer

Planbezeichnung:

Graphische Darstellung der
Bohrprofile gemäß DIN 4023

Projekt-Nr.: 06-5765

Anhang-Nr.: 2

Datum: 24.08.2022

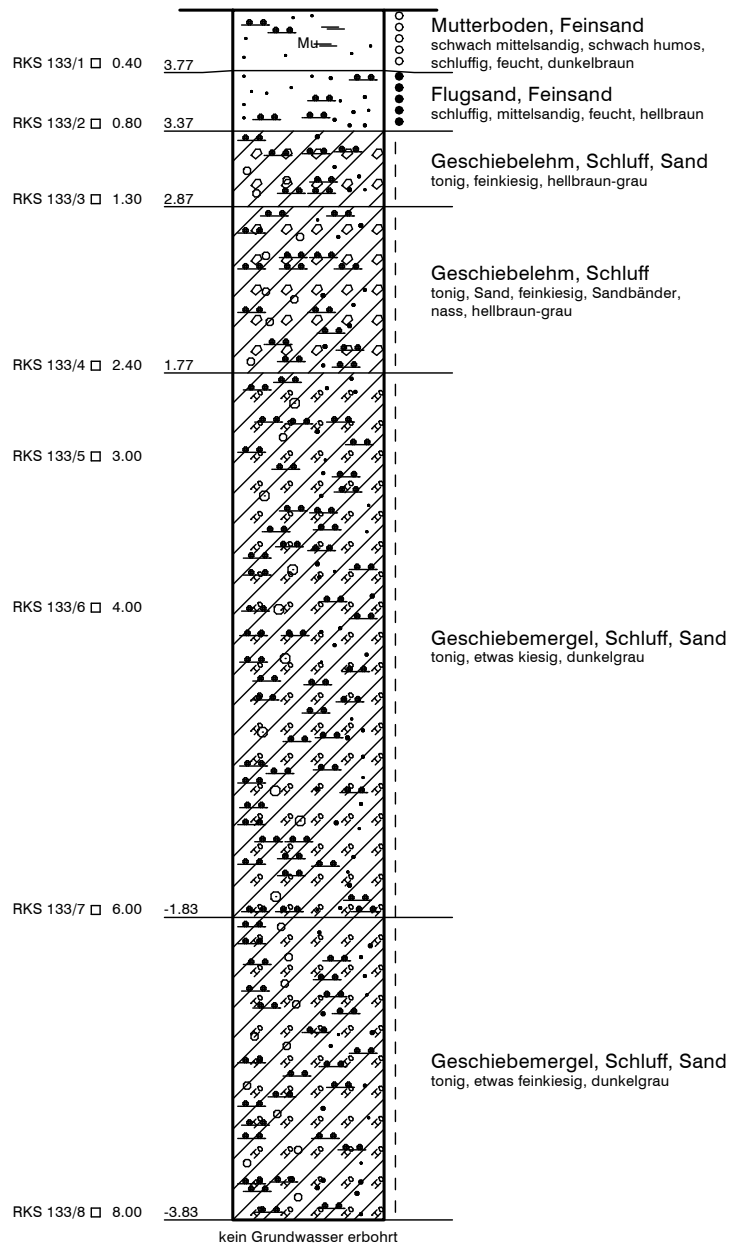
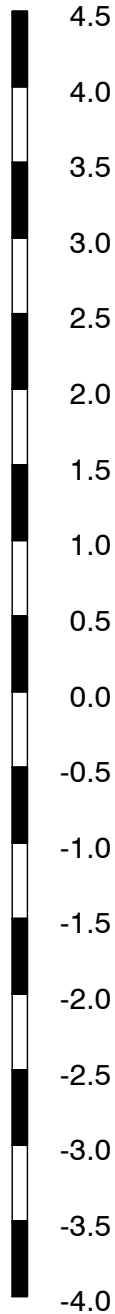
Maßstab: 1: 50

Bearbeiter: Herr Rapp

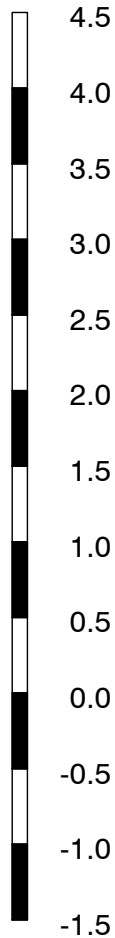
RKS 133

4,17 m NHN

m NHN

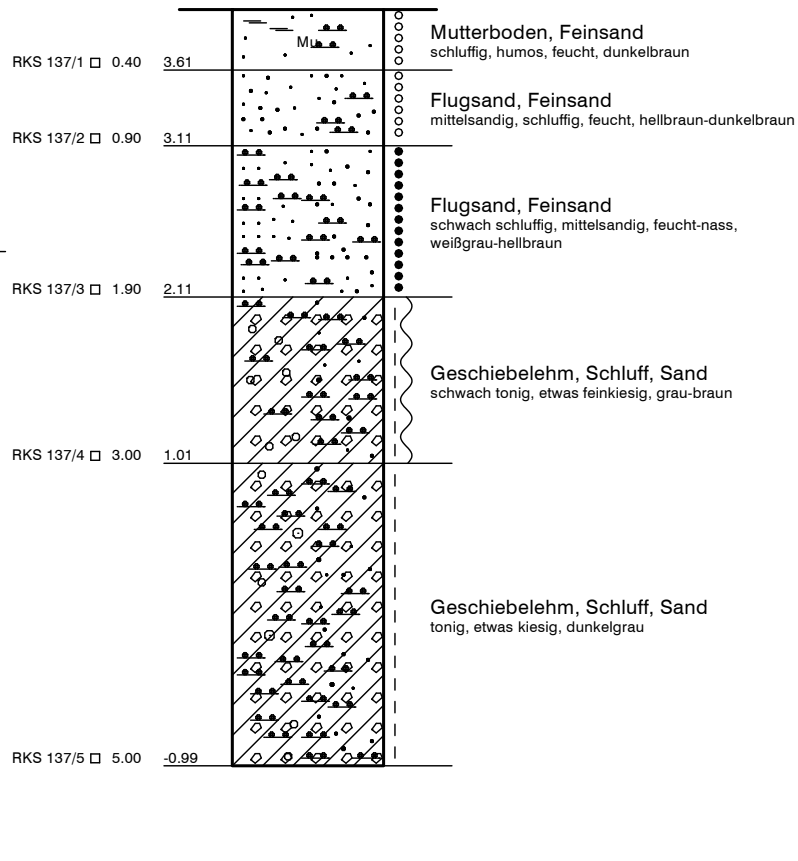


m NHN



RKS 137

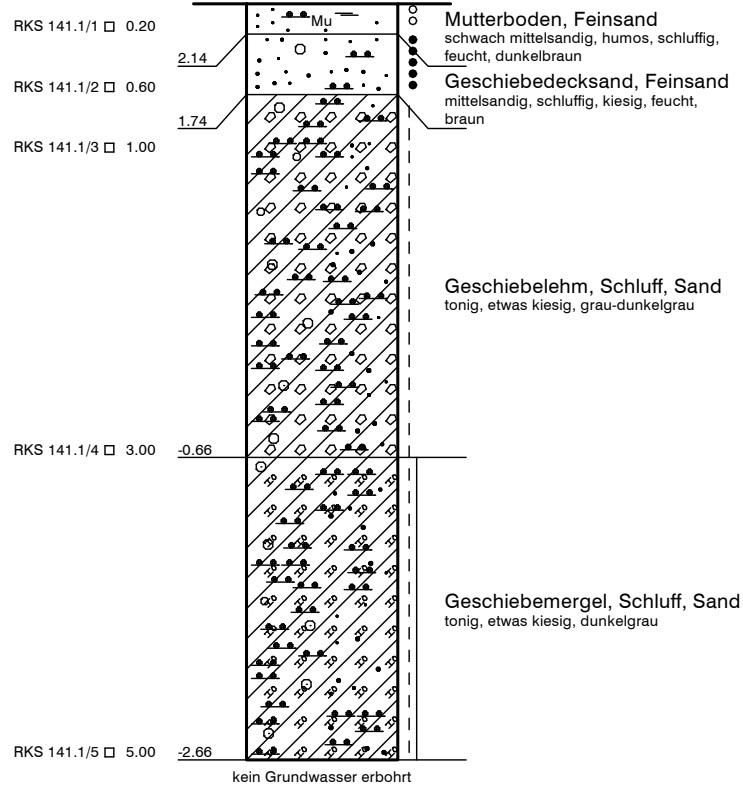
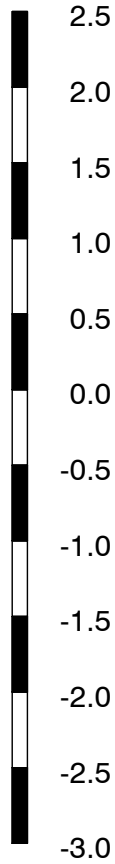
4,01 m NHN



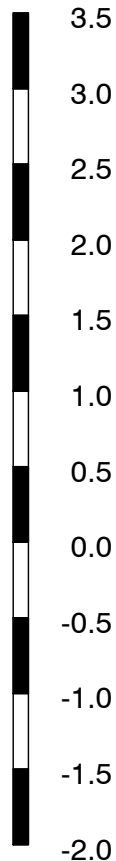
RKS 141.1

2,34 m NHN

m NHN

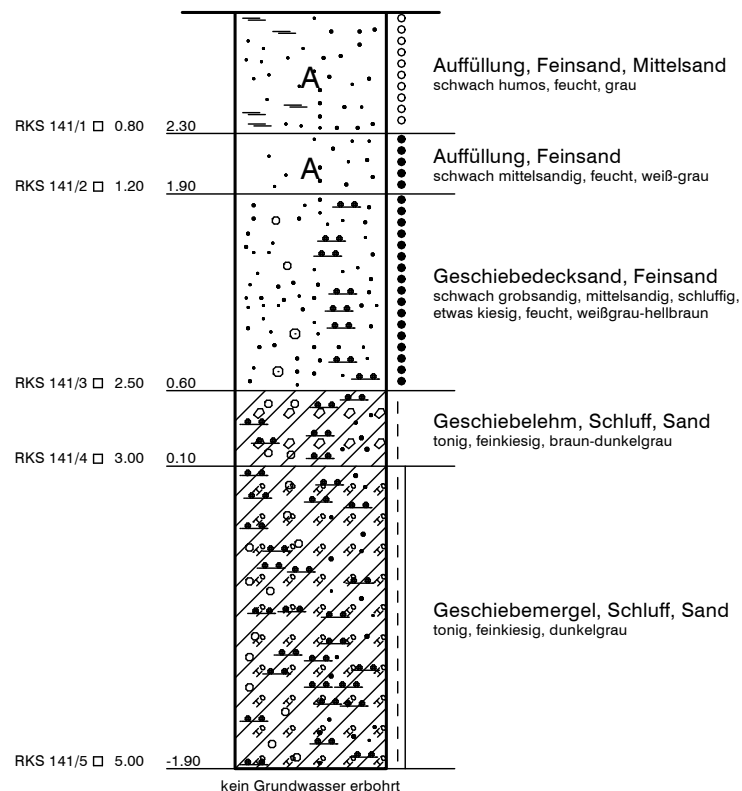


m NHN

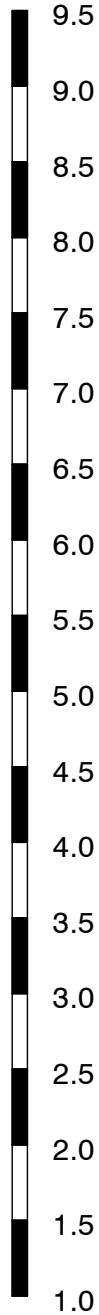


RKS 141

3,10 m NHN

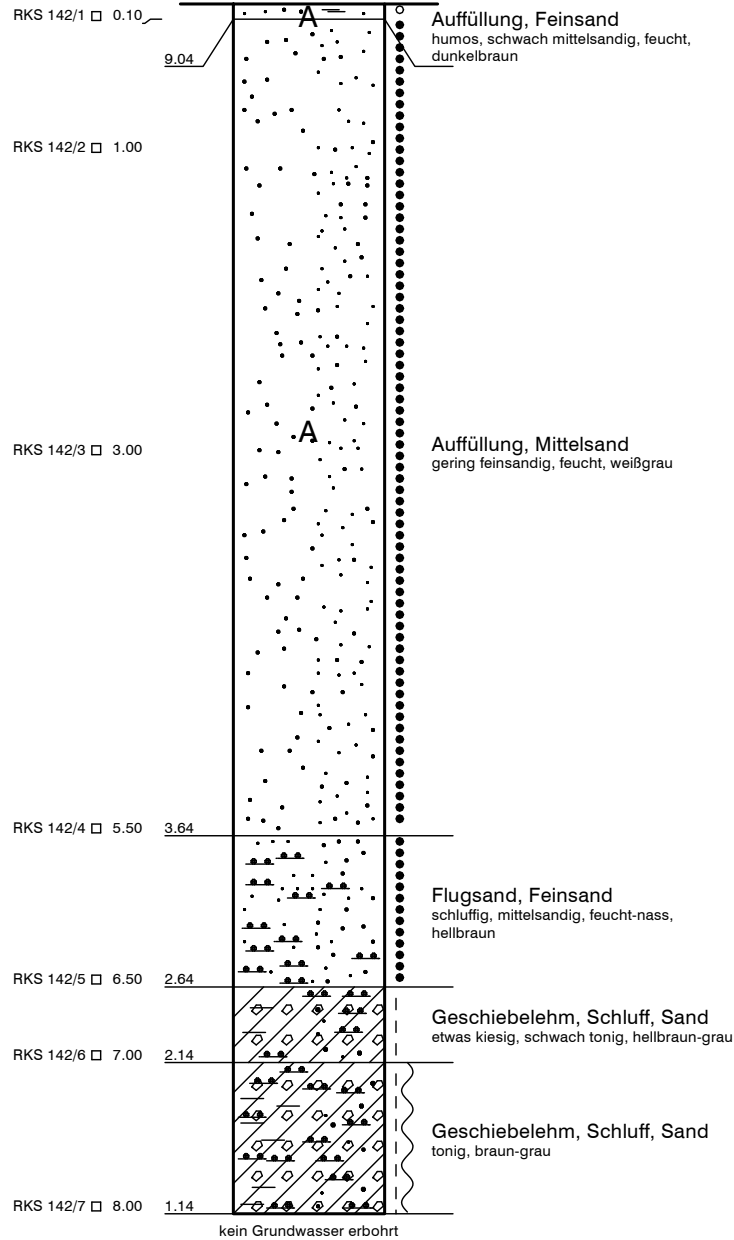


m NHN



RKS 142

9,14 m NHN



Geolabor und Umweltservice GmbH
Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg
Tel. 04471 - 93 29 122, Fax 04471 - 947580

Bauvorhaben:

Orientierende Baugrunderkundung
Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven - Leer

Planbezeichnung:

Graphische Darstellung der
Bohrprofile gemäß DIN 4023

Projekt-Nr.: 06-5765

Anhang-Nr.: 2

Datum: 22.08.2022

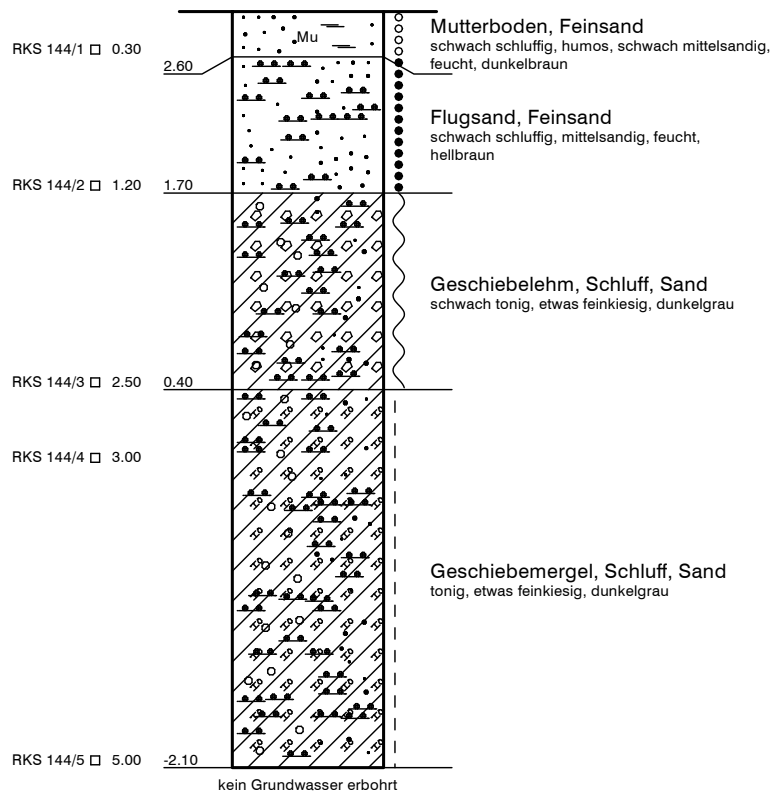
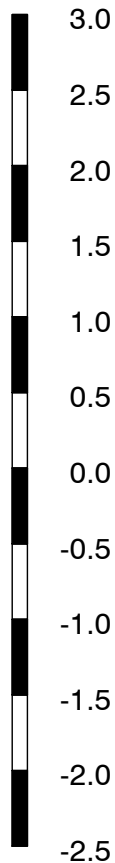
Maßstab: 1: 50

Bearbeiter: Herr Rapp

RKS 144

2,90 m NHN

m NHN



Geolabor und Umweltservice GmbH
Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg
Tel. 04471 - 93 29 122, Fax 04471 - 947580

Bauvorhaben:

Orientierende Baugrunderkundung
Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven - Leer

Planbezeichnung:

Graphische Darstellung der
Bohrprofile gemäß DIN 4023

Projekt-Nr.: 06-5765

Anhang-Nr.: 2

Datum: 22.08.2022

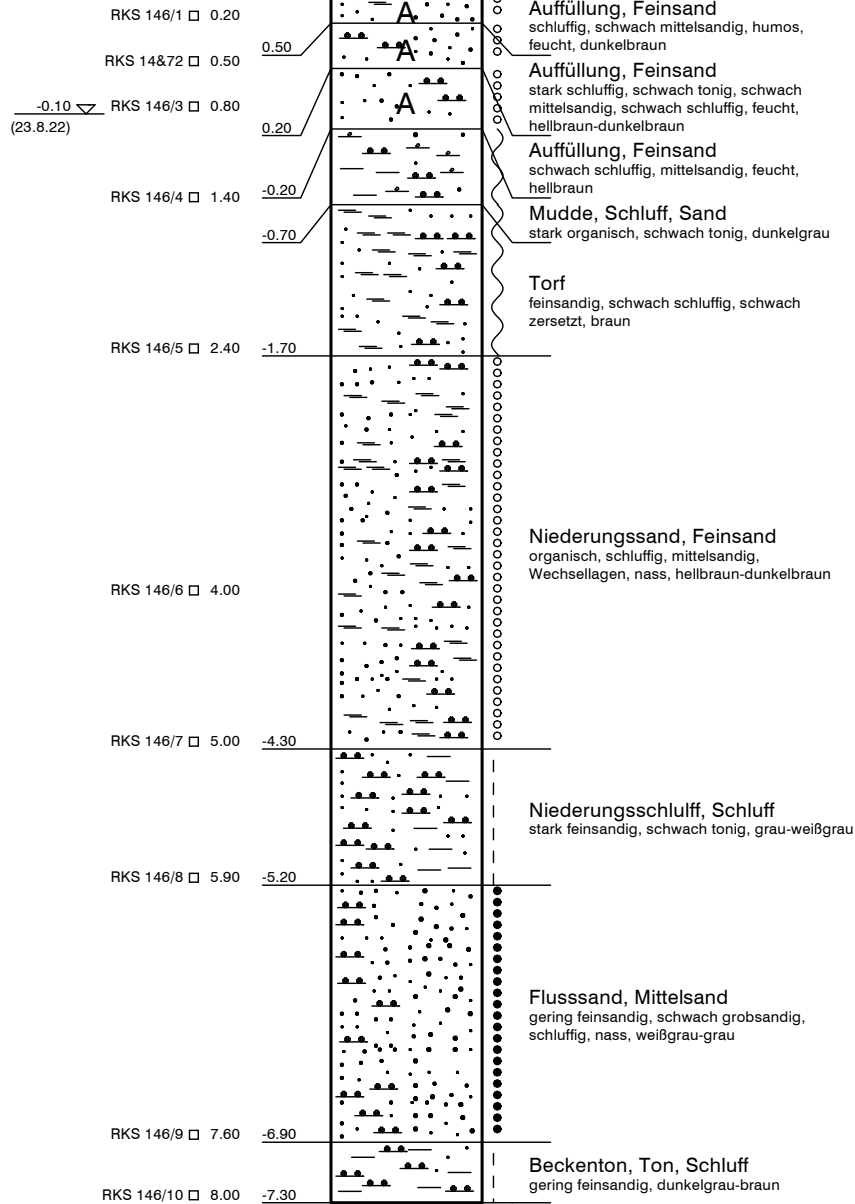
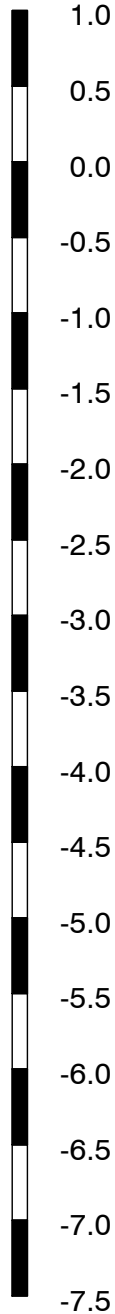
Maßstab: 1: 50

Bearbeiter: Herr Rapp

RKS 146

0,70 m NHN

m NHN



RP Geolabor und Umweltservice GmbH
Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg
Tel. 04471 - 93 29 122, Fax 04471 - 947590

Bauvorhaben:

Orientierende Baugrunderkundung
Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven - Leer

Planbezeichnung:

Graphische Darstellung der
Bohrprofile gemäß DIN 4023

Projekt-Nr.: 06-5765

Anhang-Nr.: 2

Datum: 23.08.2022

Maßstab: 1: 50

Bearbeiter: Herr Rapp

Anhang 2

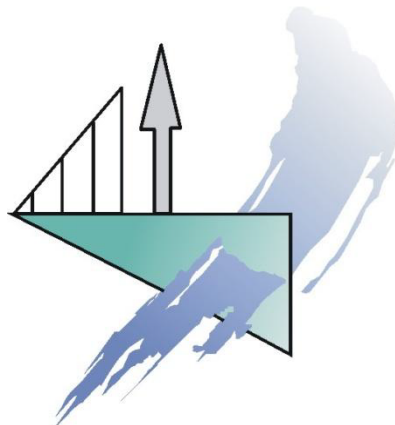
Ergebnisse der Feldarbeiten

Anhang 2.2

Rammdiagramme der

schweren Rammsondierungen gemäß

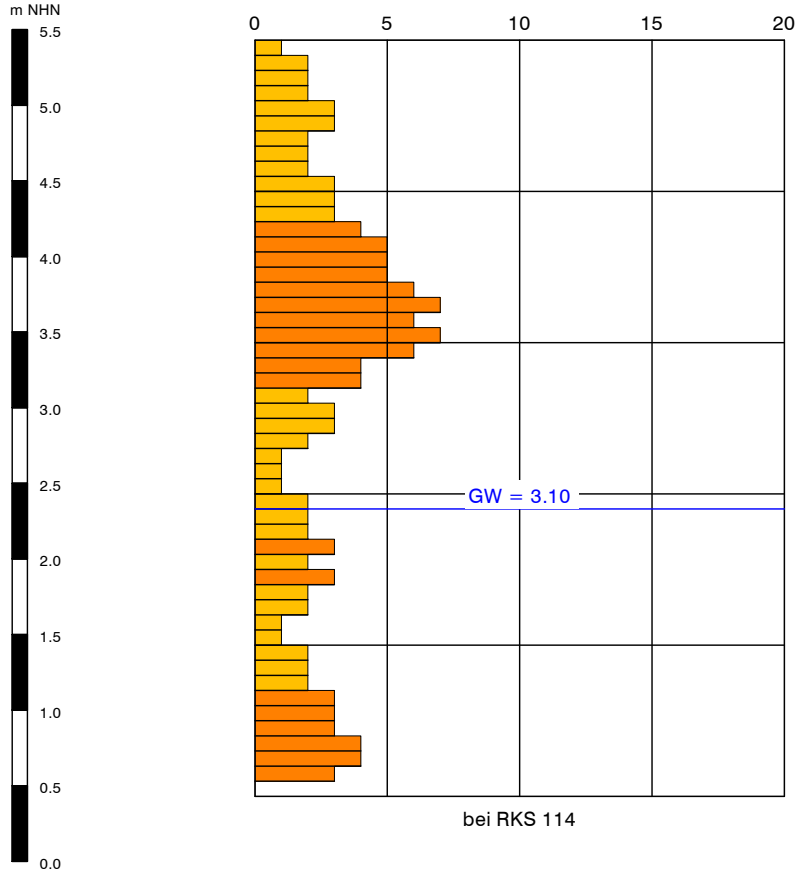
DIN EN ISO 22476-2



DPH 114

5,43 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm

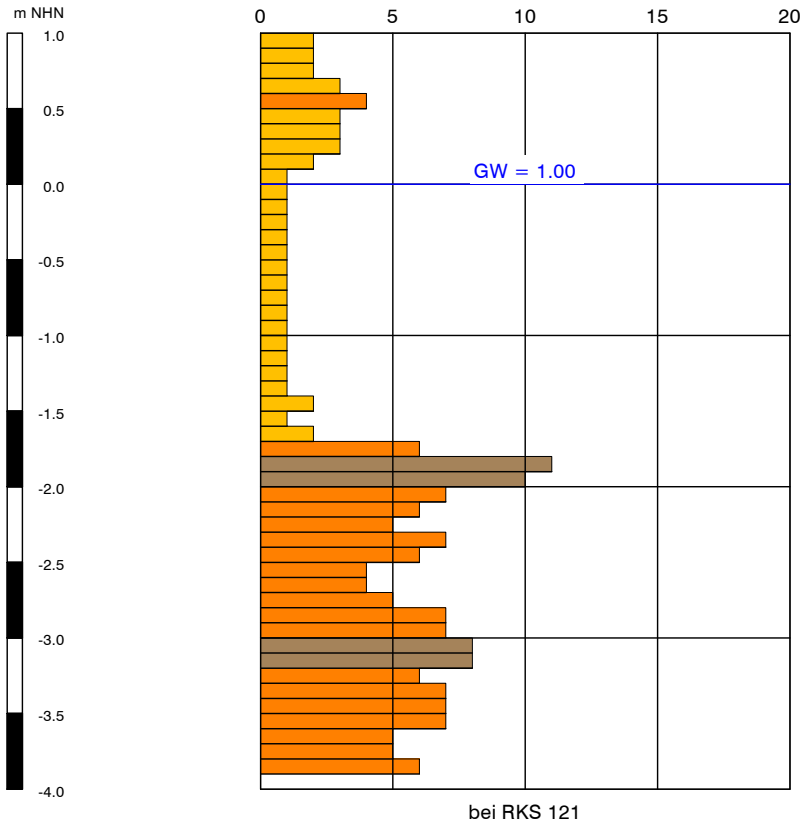


Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1
0.20	2
0.30	2
0.40	2
0.50	3
0.60	3
0.70	2
0.80	2
0.90	2
1.00	3
1.10	3
1.20	3
1.30	4
1.40	5
1.50	5
1.60	5
1.70	6
1.80	7
1.90	6
2.00	7
2.10	6
2.20	4
2.30	4
2.40	2
2.50	3
2.60	3
2.70	2
2.80	1
2.90	1
3.00	1
3.10	2
3.20	2
3.30	2
3.40	3
3.50	2
3.60	3
3.70	2
3.80	2
3.90	1
4.00	1
4.10	2
4.20	2
4.30	2
4.40	3
4.50	3
4.60	3
4.70	4
4.80	4
4.90	3

DPH 121

1,00 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm

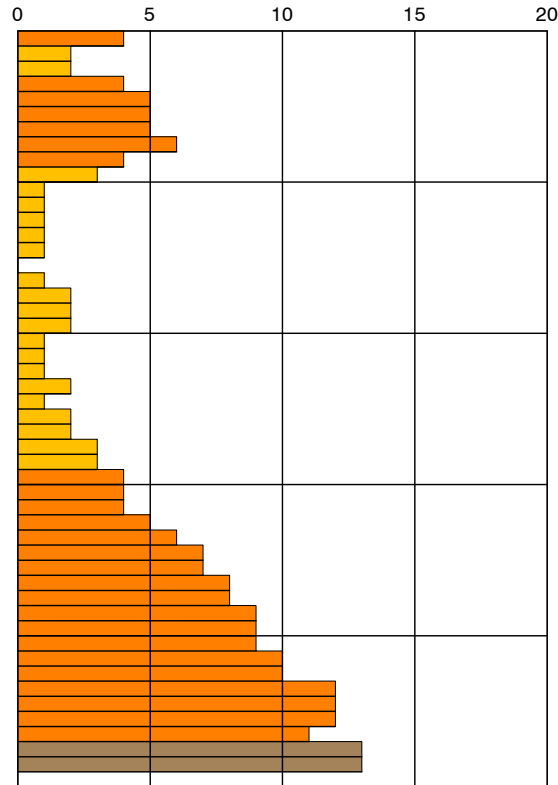
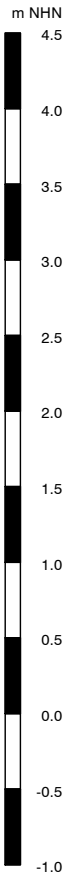


Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	2
0.20	2
0.30	2
0.40	3
0.50	4
0.60	3
0.70	3
0.80	3
0.90	2
1.00	1
1.10	1
1.20	1
1.30	1
1.40	1
1.50	1
1.60	1
1.70	1
1.80	1
1.90	1
2.00	1
2.10	1
2.20	1
2.30	1
2.40	1
2.50	2
2.60	1
2.70	2
2.80	6
2.90	11
3.00	10
3.10	7
3.20	6
3.30	5
3.40	7
3.50	6
3.60	4
3.70	4
3.80	5
3.90	7
4.00	7
4.10	8
4.20	8
4.30	6
4.40	7
4.50	7
4.60	7
4.70	5
4.80	5
4.90	6

DPH 133

4,17 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm



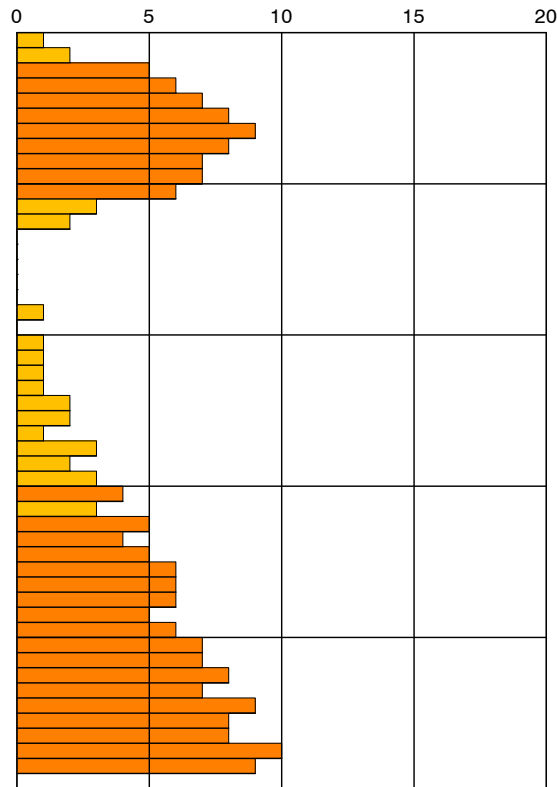
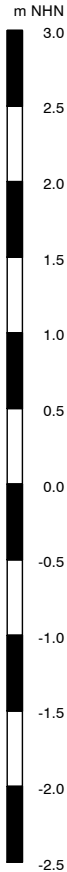
bei RKS 133

Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	4
0.20	2
0.30	2
0.40	4
0.50	5
0.60	5
0.70	5
0.80	6
0.90	4
1.00	3
1.10	1
1.20	1
1.30	1
1.40	1
1.50	1
1.60	0
1.70	1
1.80	2
1.90	2
2.00	2
2.10	1
2.20	1
2.30	1
2.40	2
2.50	1
2.60	2
2.70	2
2.80	3
2.90	3
3.00	4
3.10	4
3.20	4
3.30	5
3.40	6
3.50	7
3.60	7
3.70	8
3.80	8
3.90	9
4.00	9
4.10	9
4.20	10
4.30	10
4.40	12
4.50	12
4.60	12
4.70	11
4.80	13
4.90	13

DPH 144

2,90 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm



bei RKS 144

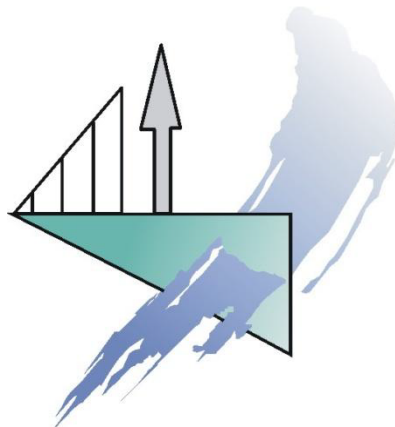
Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1
0.20	2
0.30	5
0.40	6
0.50	7
0.60	8
0.70	9
0.80	8
0.90	7
1.00	7
1.10	6
1.20	3
1.30	2
1.40	0
1.50	0
1.60	0
1.70	0
1.80	0
1.90	1
2.00	0
2.10	1
2.20	1
2.30	1
2.40	1
2.50	2
2.60	2
2.70	1
2.80	3
2.90	2
3.00	3
3.10	4
3.20	3
3.30	5
3.40	4
3.50	5
3.60	6
3.70	6
3.80	6
3.90	5
4.00	6
4.10	7
4.20	7
4.30	8
4.40	7
4.50	9
4.60	8
4.70	8
4.80	10
4.90	9

Anhang 2

Ergebnisse der Feldarbeiten

Anhang 2.3

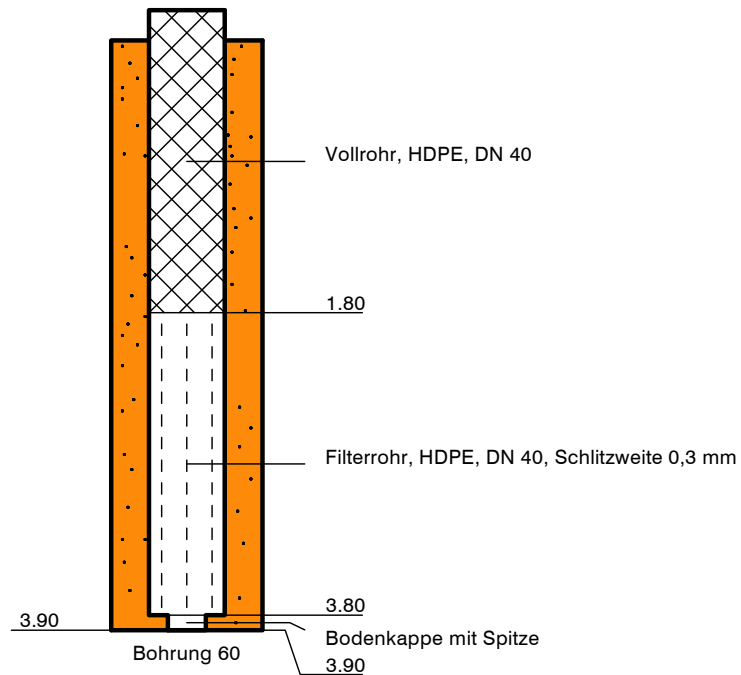
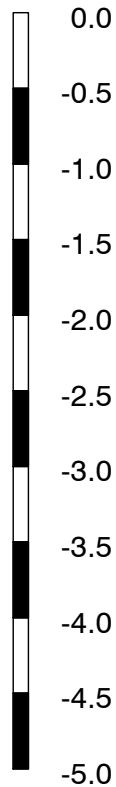
Graphische Darstellung des Ausbaus der Messstellen



RP 123

-0,40 m NHN (POK)
-0,60 m NHN (GOK)

m NHN

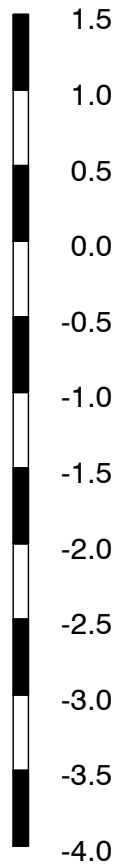


RP 146

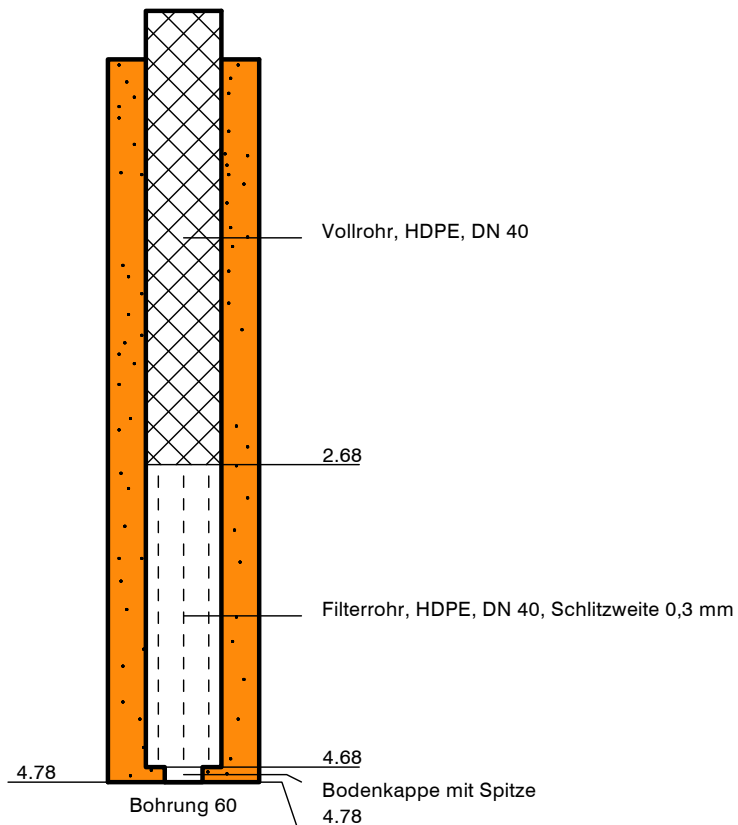
1,02 m NHN (POK)

0,70 m NHN

m NHN



-0,10 m NHN



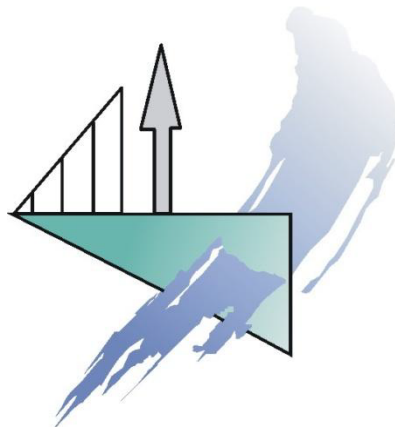
Anhang 2

Ergebnisse der Feldarbeiten

Anhang 2.4

Grundwasserprobenahmeprotokolle

ANHANG



Ingenieur- und Sachverständigenbüro Rubach und Partner RP Geolabor und Umweltservice GmbH			Probenahmeprotokoll DIN 38402/13		
Projektnummer: 06-5765			Gasanbindung Wilhelmshaven-Leer (GWL)		
Probenkennzeichnung	RKS 123	Eigentümer			
Entnahmestelle	RP 123	Rechtswert		Hochwert	
Datum	24.08.22	Uhrzeit			
Art der Entnahmestelle	Rammpegel				
Rohr-/Schachtdurchmesser	DN 40				
Filterlage von	2,00	bis	4,00	m unter Pegeloberkante (POK)	
Wasserspiegel unter POK	0,90	vorher	1,80	nachher	
Entnahmetiefe	3	m unter POK			
Art der Probenahme	Pumpprobe	mit	Gigant		
Schüttung/ Förderstrom	3 l/min	Gesamtvol.	45 l		
Wahrnehmungen am geförderten Grundwasser					
Färbung	hellbraun	Trübung	mäßig		
Bodensatz	wenig	Geruch	erdig		
Messungen Vorort					
Lufttemperatur °C	24	Wassertemperatur °C	13		
pH-Wert		Redox-Spannung mV			
Leitfähigkeit ohne TK µS/cm		Leitfähigkeit mit TK µS/cm			
Sauerstoffgehalt mg/l		Kohlensäure mg/l			
Konservierungsmaßnahmen					
Probenehmer	Wagner				
Unterschrift					
Bemerkungen					

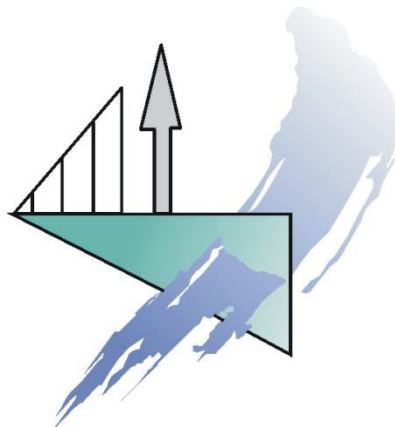
Ingenieur- und Sachverständigenbüro Rubach und Partner RP Geolabor und Umweltservice GmbH			Probenahmeprotokoll DIN 38402/13		
Projektnummer: 06-5765			Gasanbindung Wilhelmshaven-Leer (GWL)		
Probenkennzeichnung	RKS 146	Eigentümer			
Entnahmestelle	RP 146	Rechtswert		Hochwert	
Datum	23.08.22	Uhrzeit			
Art der Entnahmestelle	Rammpegel				
Rohr-/Schachtdurchmesser	DN 40				
Filterlage von	3,00	bis	5,00	m unter Pegeloberkante (POK)	
Wasserspiegel unter POK	1,10	vorher	2,50	nachher	
Entnahmetiefe	3,5	m unter POK			
Art der Probenahme	Pumpprobe	mit	Gigant		
Schüttung/ Förderstrom	3 l/min	Gesamtvol.	45 l		
Wahrnehmungen am geförderten Grundwasser					
Färbung	hellbraun	Trübung	mittel		
Bodensatz	wenig	Geruch	ohne		
Messungen Vorort					
Lufttemperatur °C	22	Wassertemperatur °C	14		
pH-Wert		Redox-Spannung mV			
Leitfähigkeit ohne TK µS/cm		Leitfähigkeit mit TK µS/cm			
Sauerstoffgehalt mg/l		Kohlensäure mg/l			
Konservierungsmaßnahmen					
Probenehmer	Wagner				
Unterschrift					
Bemerkungen					

Anhang 3

Protokolle der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

Anhang 3.1

Kornverteilungen

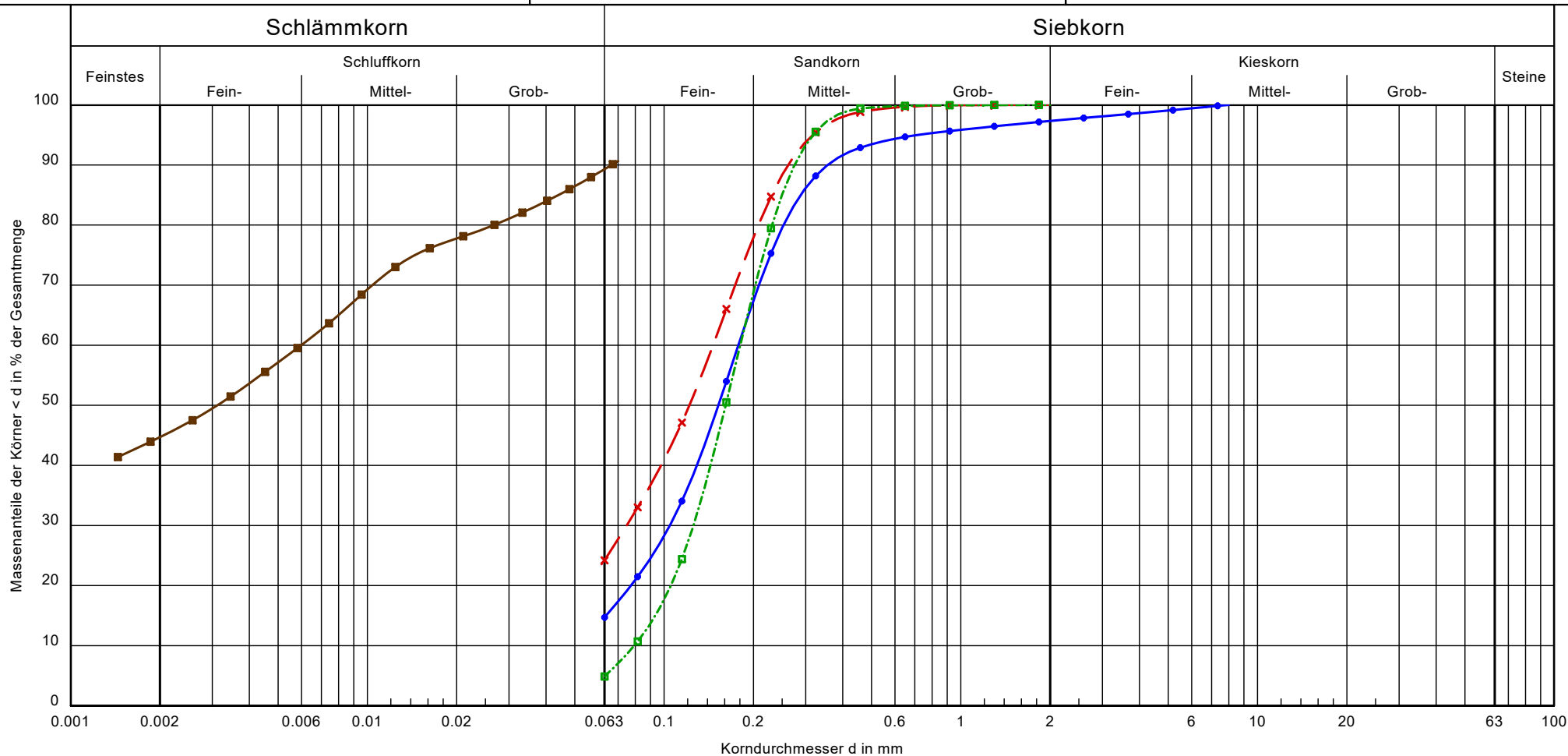






Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

6. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
Probe entnommen am: 12.08.-07.10.2022
Art der Entnahme: gestört
Datum: / Bearbeiter: 08. - 10.2022 / Reinke

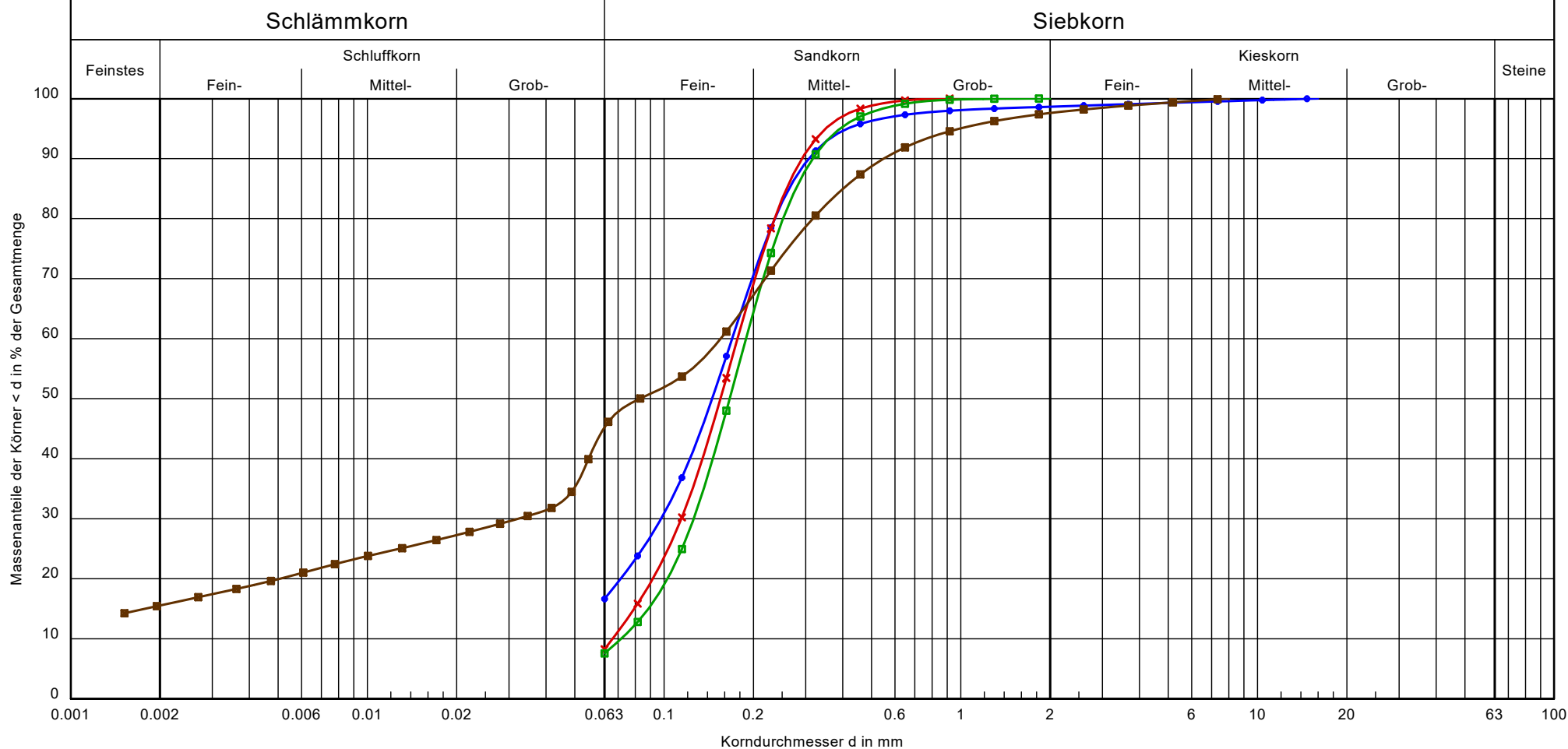


Probenbezeichnung:	RKS 110/3	RKS 114/2	RKS 115/6	RKS 117/5	Bemerkungen: Nassabtrennung bei RKS 114/2	Projekt-Nr.: 06-5765 Anhang: 3
Tiefe:	1,4-3,0m	0,4-2,0m	4,4-6,0m	4,4-6,4m		
Bodenart:	fS, ms, u'	fS, u, ms	fS, ms	T, U, fs'		
Bodengruppe:	SU	SU*	SE			
k (m/s) (Hazen):	8,4x10 ⁻⁵	-	7,3x10 ⁻⁵			
U/Cc	-/-	-/-	2,3/1,1	-/-		
Signatur:						
Kornkennzahl	0180	0280	00100	4410		
Anteile:	- /14,7/82,6/2,7	- /24,2/75,8/ -	- /4,9/95,1/ -	44,7/44,6/10,7/ -		

Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer
6. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
Probe entnommen am: 12.08.-07.10.2022
Art der Entnahme: gestört
Datum: / Bearbeiter: 08. - 10.2022 / Reinke



Probenbezeichnung:	RKS 121/5	RKS 123/3	RKS 123/5	RKS 133/7
Tiefe:	2,7-5,0m	1,8-2,7m	4,0-6,0m	4,0-6,0m
Bodenart:	fS, u, ms	fS, ms, u'	fS, ms, u'	S, t, u
Bodengruppe:	SU*	SU	SU	
k (m/s) (Hazen):	~2,0x10 ⁻⁵	5,2x10 ⁻⁵	5,9x10 ⁻⁵	
U/Cc	-/-	2,6/1,1	2,6/1,2	-/-
Signatur:				
Kornkennzahl	0280	0190	0190	2350
Anteile:	- /16.6/82.0/1.4	- /8.3/91.7/ -	- /7.6/92.4/ -	15.5/29.7/52.4/2.4

Bemerkungen:
Nassabtrennung bei RKS 121/5

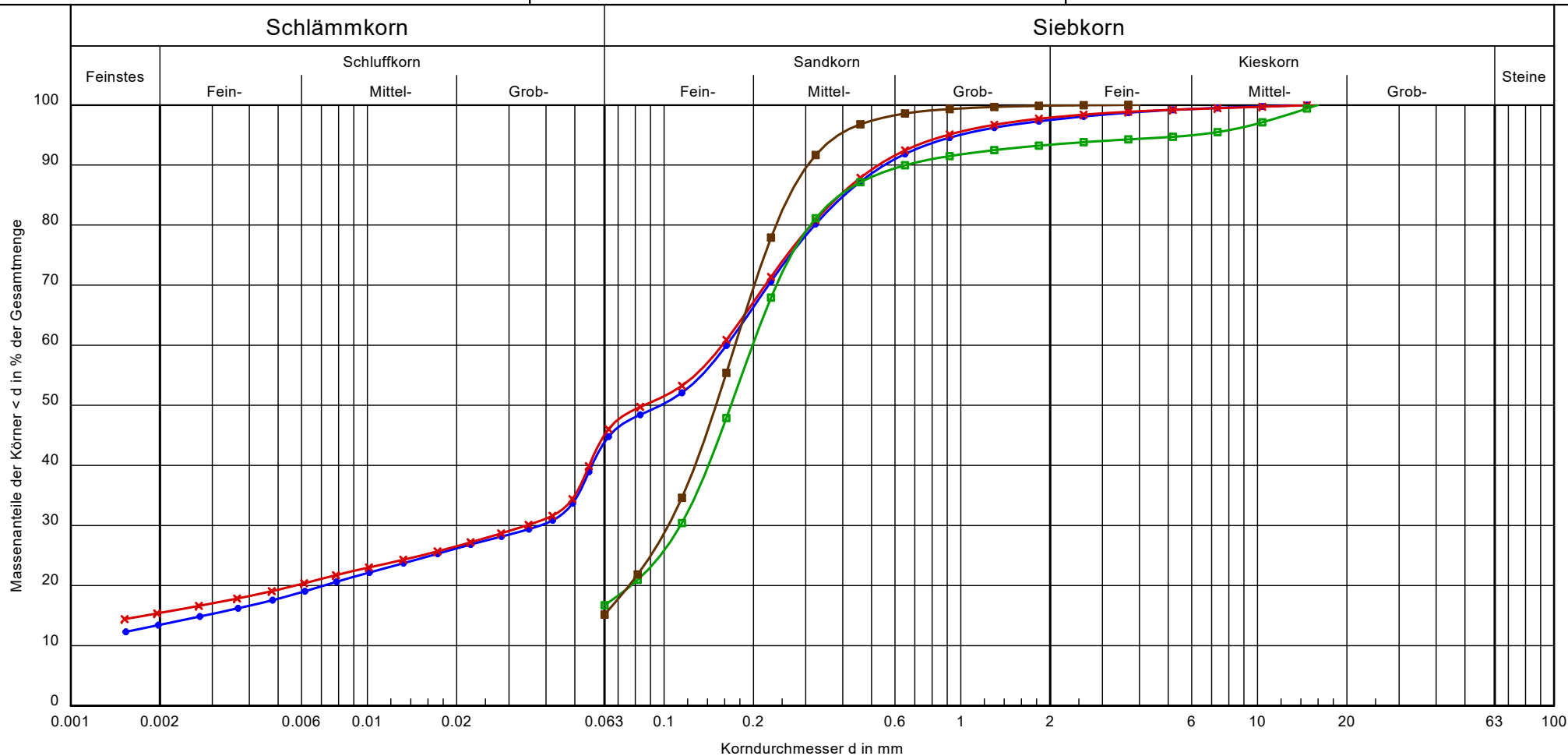
Projekt-Nr.:
06-5765
Anhang:
3

Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

6. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
Probe entnommen am: 12.08.-07.10.2022
Art der Entnahme: gestört
Datum: / Bearbeiter: 08. - 10.2022 / Reinke



Probenbezeichnung:	RKS 137/4	RKS 141.1/4	RKS 141/3	RKS 142/5
Tiefe:	1,9-3,0m	1,0-3,0m	1,2-2,5m	5,5-6,5m
Bodenart:	S, u, t'	S, t, u	fS, u, ms, mg'	fS, u, ms
Bodengruppe:			SU*	SU*
k (m/s) (Hazen):			~1,0x10 ⁻⁵	~2,0x10 ⁻⁵
U/Cc	-/-	-/-	-/-	-/-
Signatur:				
Kornkennzahl	1350	2350	0281	0280
Anteile:	13.5/30.4/53.6/2.5	15.5/29.6/52.8/2.1	- /16.7/76.6/6.6	- /15.2/84.7/0.1

Bemerkungen:
Nassabtrennung bei
RKS 141/3 und RKS 142/5

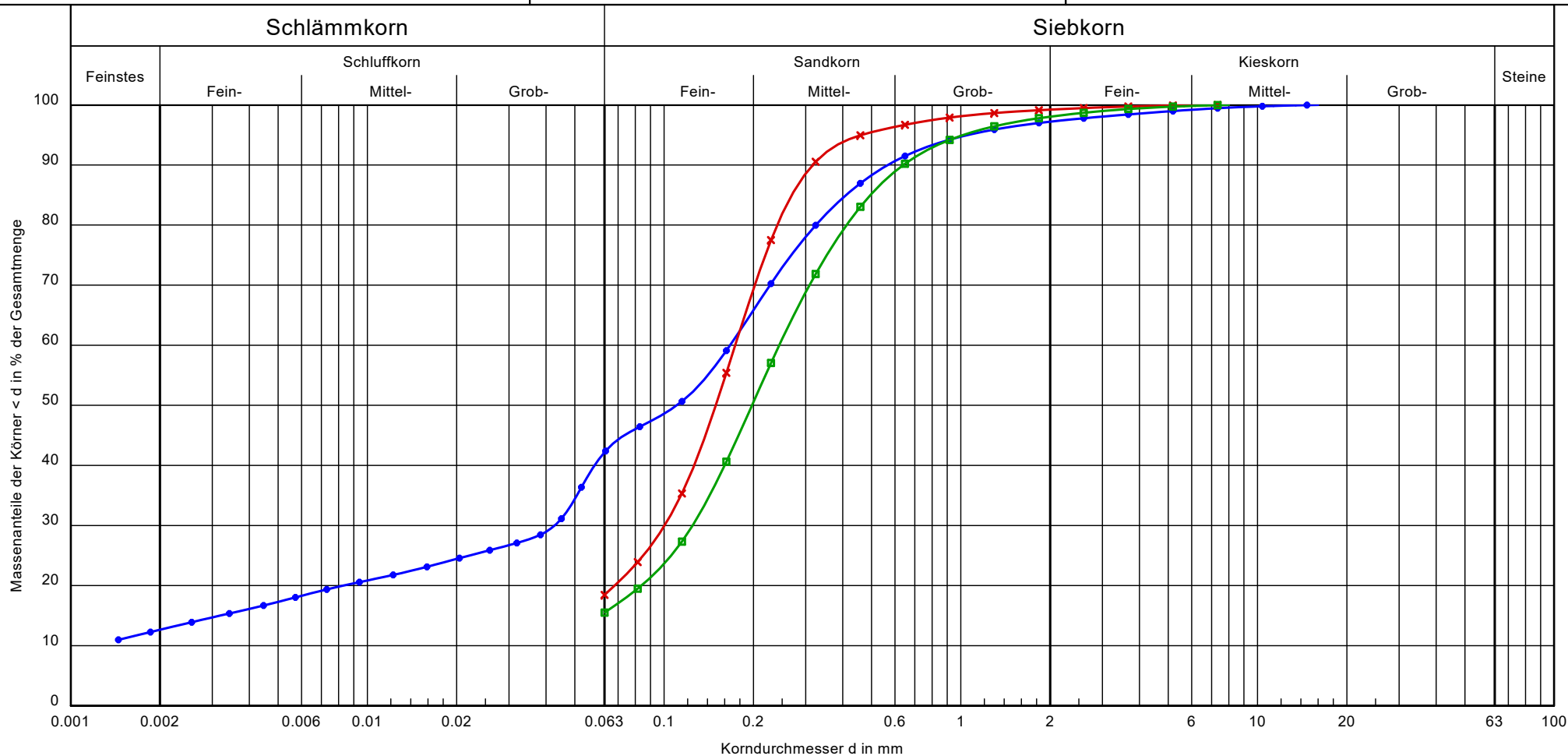
Projekt-Nr.:
06-5765
Anhang:
3

Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

6. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
Probe entnommen am: 12.08.-07.10.2022
Art der Entnahme: gestört
Datum: / Bearbeiter: 08. - 10.2022 / Reinke

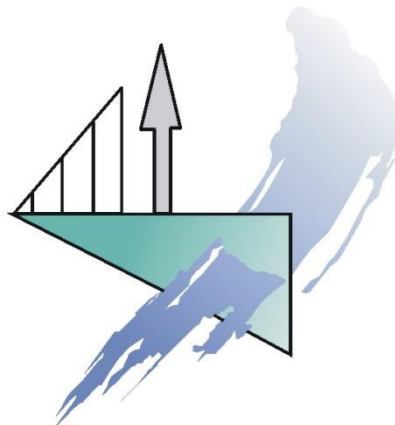


Probenbezeichnung:	RKS 144/3	RKS 146/6	RKS 146/9	Bemerkungen: Nassabtrennung bei RKS 146/6 und RKS 146/9	Projekt-Nr.: 06-5765 Anhang: 3
Tiefe:	1,2-2,5m	2,4-4,0m	5,9-7,6m		
Bodenart:	S, u, t'	fS, u, ms	S, u		
Bodengruppe:		SU*	SU*		
k (m/s) (Hazen):		~1,0x10 ⁻⁵	~1,5x10 ⁻⁵		
U/Cc	-/-	-/-	-/-		
Signatur:					
Kornkennzahl	1350	0280	0280		
Anteile:	12.7/29.5/55.0/2.8	- /18.5/80.8/0.8	- /15.5/82.5/2.0		

Anhang 3

Protokolle der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

Anhang 3.2 Wassergehalte



Bestimmung des **Wassergehaltes**
durch Ofentrocknung nach DIN 18121, Teil 1

Anhang: 3

Projekt-Nr.: 06-5765
Datum: 08.-10.2022
Ausgeführt: Reinke

Art der Entnahme: gestört
Entnahme am: 12.08. - 07.10.2022

Bezeichnung der Probe	RKS 117/5 4,4-6,4m		RKS 121/3 0,8-2,6m	
Behälter Nr.	106	77	15	11
Feuchte Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	21,676	21,809	51,633	44,690
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	16,933	17,417	39,741	32,593
Behälter m_B [g]	1,186	1,188	26,293	19,038
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_W$ [g]	4,743	4,392	11,892	12,097
Trockene Probe m_d [g]	15,747	16,229	13,448	13,555
Wassergehalt $w = m_W / m_d * 100 \%$	30,120	27,063	88,430	89,244
	28,591		88,837	



Geolabor und Umweltservice GmbH
Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg
Tel. 04471 - 93 29 122, Fax 04471 - 947580 30

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer
6. Abschnitt

Bestimmung des **Wassergehaltes**
durch Ofentrocknung nach DIN 18121, Teil 1

Anhang: 3
Art der Entnahme: gestört
Entnahme am: 12.08. - 07.10.2022

Projekt-Nr.: 06-5765
Datum: 08.-10.2022
Ausgeführt: Reinke

Bezeichnung der Probe	RKS 123/3 1,8-2,7m		RKS 133/7 4,0-6,0m	
Behälter Nr.	7	6	104	38
Feuchte Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	41,757	42,881	21,376	21,530
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	35,836	37,097	19,244	19,306
Behälter m_B [g]	19,173	20,019	1,181	1,187
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_W$ [g]	5,921	5,784	2,132	2,224
Trockene Probe m_d [g]	16,663	17,078	18,063	18,119
Wassergehalt $w = m_W / m_d * 100 \%$	35,534	33,868	11,803	12,274
	34,701		12,039	

Bestimmung des **Wassergehaltes**
durch Ofentrocknung nach DIN 18121, Teil 1

Anhang: 3

Projekt-Nr.: 06-5765

Datum: 08.-10.2022

Ausgeführt: Reinke

Art der Entnahme: gestört

Entnahme am: 12.08. - 07.10.2022

Bezeichnung der Probe	RKS 137/4 1,9-3,0m		RKS 141.1/4 1,0-3,0m	
Behälter Nr.	74	48	109	601
Feuchte Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	21,714	21,454	21,383	21,507
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	19,375	19,172	19,461	19,741
Behälter m_B [g]	1,193	1,199	1,188	1,184
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_W$ [g]	2,339	2,282	1,922	1,766
Trockene Probe m_d [g]	18,182	17,973	18,273	18,557
Wassergehalt $w = m_W / m_d * 100 \%$	12,864	12,697	10,518	9,517
	12,781		10,017	

Bestimmung des **Wassergehaltes**
durch Ofentrocknung nach DIN 18121, Teil 1

Anhang: 3
Art der Entnahme: gestört
Entnahme am: 12.08. - 07.10.2022

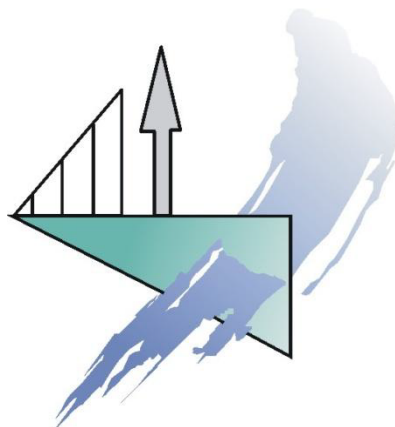
Projekt-Nr.: 06-5765
Datum: 08.-10.2022
Ausgeführt: Reinke

Bezeichnung der Probe	RKS 144/3 1,2-2,5m		RKS 146/6 2,4-4,0m	
Behälter Nr.	302	19	20	17
Feuchte Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	22,602	22,965	42,527	48,931
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	19,538	19,936	36,526	43,175
Behälter m_B [g]	1,190	1,187	19,821	26,590
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_W$ [g]	3,064	3,029	6,001	5,756
Trockene Probe m_d [g]	18,348	18,749	16,705	16,585
Wassergehalt $w = m_W / m_d * 100 \%$	16,699	16,156	35,923	34,706
	16,427		35,315	

Anhang 3

Protokolle der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

Anhang 3.3 Glühverluste





Geolabor und Umweltservice GmbH
Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg
Tel. 04471 - 93 29 122, Fax 04471 - 947580

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer
6. Abschnitt

Bestimmung des Glühverlustes

nach DIN 18128

Anhang: 3

Projekt-Nr.: 06-5765

Datum: 08.-10.2022

Ausgeführt: Reinke

Art der Entnahme: gestört

Entnahme am: 12.08. - 07.10.2022

Bezeichnung der Probe	RKS 121/3 0,8-2,6m		RKS 123/3 1,8-2,7m	
Behälter Nr.	15	11	7	6
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	39,741	32,593	35,836	37,097
Geglühte Probe + Behälter $m_{Gl} + m_B$ [g]	28,791	21,291	34,652	35,799
Behälter m_B [g]	26,293	19,038	19,173	20,019
Massenverlust $\Delta m_{Gl} = m_d - m_{Gl}$ [g]	10,95	11,302	1,184	1,298
Trockene Probe m_d [g]	13,448	13,555	16,663	17,078
Glühverlust $v_{Gl} = \Delta m_{Gl} / m_d \cdot 100$ [%]	81,42	83,38	7,11	7,60
	82,40		7,35	

Bemerkungen:



Geolabor und Umweltservice GmbH
Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg
Tel. 04471 - 93 29 122, Fax 04471 - 947580

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer
6. Abschnitt

Bestimmung des Glühverlustes

nach DIN 18128

Anhang: 3

Projekt-Nr.: 06-5765

Datum: 08.-10.2022

Ausgeführt: Reinke

Art der Entnahme: gestört

Entnahme am: 12.08. - 07.10.2022

Bezeichnung der Probe	RKS 146/6 2,4-4,0m			
Behälter Nr.	20	17		
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	36,526	43,175		
Geglühte Probe + Behälter $m_{Gl} + m_B$ [g]	35,719	42,48		
Behälter m_B [g]	19,821	26,590		
Massenverlust $\Delta m_{Gl} = m_d - m_{Gl}$ [g]	0,807	0,695		
Trockene Probe m_d [g]	16,705	16,585		
Glühverlust $v_{Gl} = \Delta m_{Gl} / m_d \cdot 100$ [%]	4,83	4,19		
	4,51			

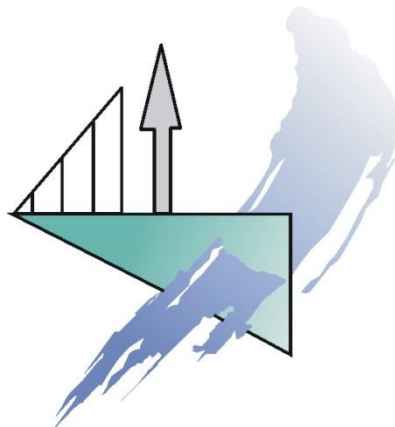
Bemerkungen:

Anhang 3

Protokolle der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

Anhang 3.4

Konsistenzgrenzen





Geolabor und Umweltservice GmbH
Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg
Tel. 04471 - 93 29 122, Fax 04471 - 947580

Projekt-Nr.:

Anlage: 3

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

6. Abschnitt

Bearbeiter: Reinke

Datum: 08/2022

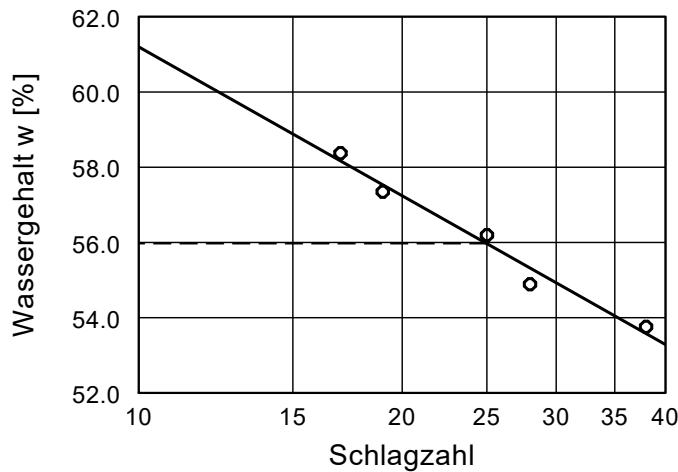
Entnahmestelle: RKS 117/5

Tiefe: 4,4-6,5m

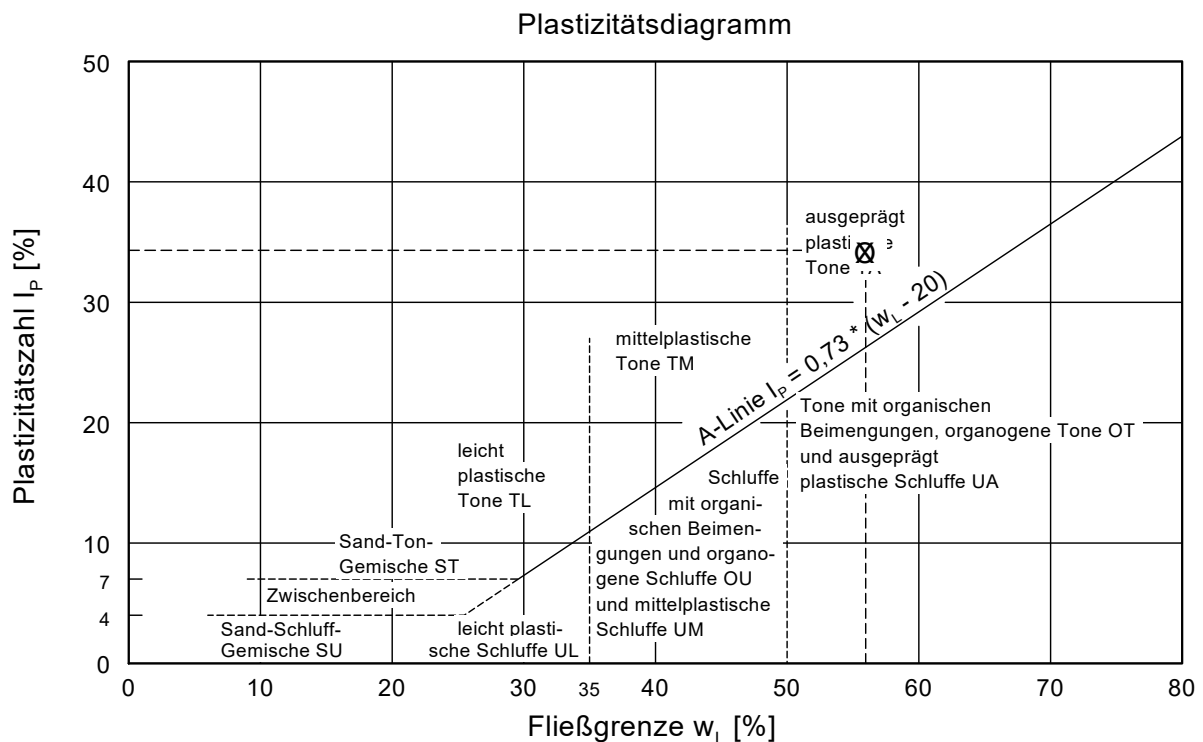
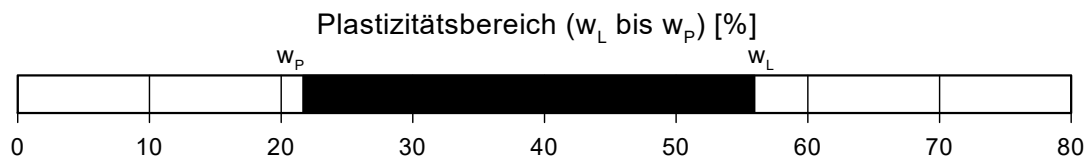
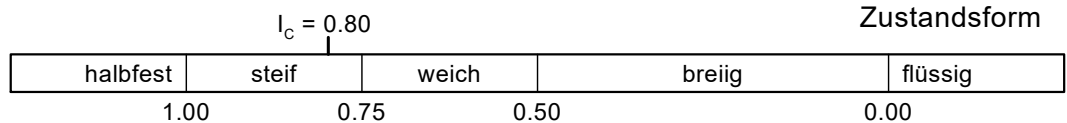
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: T, u

Probe entnommen am: 12.08.-18.08.2022



Wassergehalt $w =$ 28.6 %
Fließgrenze $w_L =$ 56.0 %
Ausrollgrenze $w_P =$ 21.7 %
Plastizitätszahl $I_P =$ 34.3 %
Konsistenzzahl $I_C =$ 0.80

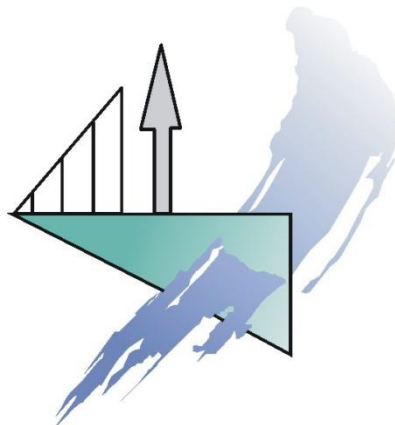


Anhang 4

Protokolle der chemischen Laboruntersuchungen

Anhang 4.1

Analysenberichte der Grundwasseruntersuchungen



Laboratorien Dr. Döring Haferwende 21 28357 Bremen

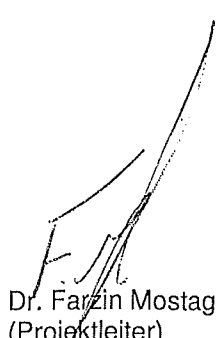
RP Geolabor und Umweltservice
Niedriger Weg 47

49661 CLOPPENBURG

12. Oktober 2022

PRÜFBERICHT 061022036

Auftragsnr. Auftraggeber: 06-5765
 Projektbezeichnung: BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer BA
 Probenahme: durch Auftraggeber am 18.08. + 23.08. + 24.08.2022
 Probentransport: durch Auftraggeber am 29.08.2022
 Probeneingang: 29.08.2022
 Prüfzeitraum: 29.08.2022 – 12.10.2022
 Probennummer: 152238 - 152240 / 22
 Probenmaterial: Wasser
 Verpackung: diverse Gefäße
 Bemerkungen: z. T. Nachanalytik
 Sonstiges: Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die Laboratorien Dr. Döring GmbH.
 Analysenbefunde: Seite 3 - 4
 Messverfahren: Seite 2
 Qualitätskontrolle:


Dr. Farzin Mostaghimi
(Projektleiter)


Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Prüfbericht 061022036

Seite 1

haferwende 21
28357 bremen
fon 04 21 98 88 26 0
fax 04 21 98 88 26 29

im schedetal 11
34346 hann. münden
haferwende 31
28357 bremen

freboldstraße 16
30455 hannover
stresemannstraße 342
22761 hamburg

bankhaus neelmeyer ag
swift neelde22
de88 2902 0000 4802 9250 00
ust-idnr de 170 350 601

gmbh, hrb 15929
gf dr. joachim döring
st-nr 60/120/08234
www.dr-doering.com

Messverfahren:	Ammonium	DIN 38406-E 5: 1983-10
	Nitrit	DIN EN 26777 (D 10): 1993-04
	Nitrat	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Sulfat	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Chlorid	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Phosphor	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
	AOX	DIN EN ISO 9562 (H 14): 2005-02
	Kohlenwasserstoffe	DIN EN ISO 9377-2 (H 53): 2001-07
	Kalzium	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
	pH-Wert (E)	DIN EN ISO 10523: 2012-04
	Säurekapazität	DIN 38409-H 7: 2005-12
	Stickstoff, gesamt	DIN EN 15936:2012-11
	Eisen	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
	Eisen (II)	DIN 38406-E1: 1983-05

Labornummer		152239	152240
Probenbezeichnung		RP 123	RP 146
Dimension	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
Kohlenwasserstoffe, C ₁₀ -C ₂₂		< 100	< 100
Kohlenwasserstoffe, C ₁₀ -C ₄₀		< 100	< 100
Nitrat		1.000	2.200
Nitrit		10	20
Ammonium		17.000	15.000
Stickstoff, gesamt		19.000	18.000
Chlorid		31.000	35.000
Sulfat		3.600	1.600
Phosphor		< 50	98
AOX		400	100
Eisen, gesamt		8.300	6.800
Eisen(II)		8.000	1.500

Labornummer			152240
Probenbezeichnung			RP 146
Dimension			[mg/L]
pH-Wert bei 20 °C			6,5
Säurekapazität [mmol/L]			6,9
Chlorid			35
Sulfat			1,6
Kalzium			100

Bewertung

Nach der DIN 50929 (Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung – Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern) ist die Korrosionswahrscheinlichkeit für niedriglegierte und unlegierte Stähle abhängig von der Lage des Werkstoffes bezüglich des korrodierenden Mediums.

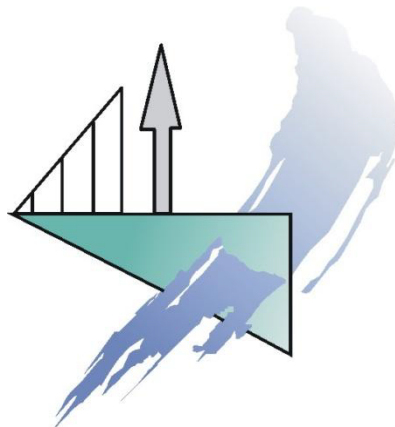
Im Unterwasserbereich ist für die Probe **RP 146** (Labornummer 152240) eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion gegeben.

An der Wasser/Luft-Grenze ist für die Probe **RP 146** (Labornummer 152240) eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion gegeben.

Anhang 5

Setzungsberechnungen gem. DB Ril 836

ANHANG





RP
Geolabor und Umweltservice GmbH
 Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg
 Tel. 04471 - 93 29 122, Fax 04471 - 947580

Bestimmung der Setzungen

Gem. DB Ril 836

Projekt Nr.: 06-5765

GWL Baulos 2; 6. Abschnitt

Überschlägiges Verfahren zur Bestimmung der Setzungen infolge von Überschnitt, Bodenverlust und allgemeiner Auflockerung sowie der Länge der Setzungsmulde (nach SCHERLE)

Betrag der Setzung s [cm]

$$s = \frac{D_a}{1 + \frac{1}{2} \left(\frac{h_{\bar{u}}}{D_a} \right)} \cdot B_k$$

Länge der Setzungsmulde L [m]

$$L = 2 \cdot (D_a + h_{\bar{u}})$$

mit: Bohrdurchmesser D_a [m]

Überdeckungshöhe $h_{\bar{u}}$ [m]

Bodenkennziffer B_k [-]:

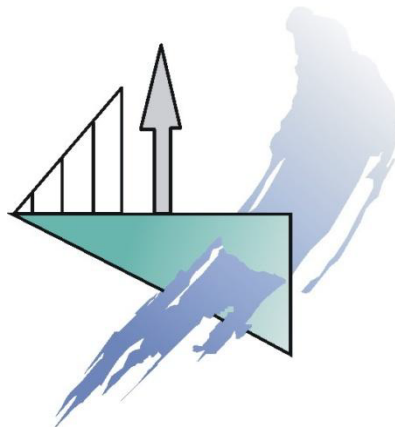
Bodenart	Lagerungs- dichte	Bodenkenn- ziffer B_k	Bodenart	Konsistenz	Bodenkenn- ziffer B_k
nicht bindige Böden	sehr dicht	1,5	bindige Böden	fest	2
	dicht	2		steif	3
	locker	3		weich	4
	sehr locker	4		breiig	6
Berechnung				Sand, locker	bindige Böden
Bodenkennziffer B_k				3	4
Bohrdurchmesser D_a [m]				0,61	0,61
Überdeckungshöhe $h_{\bar{u}}$ [m]				1,5	1,5
Setzung s [cm]				0,82	1,09
Länge der Setzungsmulde L [m]				4,22	4,22

Bemerkungen:

Anhang 6

Glossar sowie Regelwerke und Normen (Auswahl)

ANHANG



Glossar zu den geotechnischen Sicherheitsnachweisen für Bauwerke gemäß der deutschen Fassung des EC 7: DIN EN 1997-1:2009-09 in Verbindung mit dem nationalen Anhang DIN EN 1997-1/NA:2010-12 und den ergänzenden Regelungen der DIN 1054:2010-12

I Allgemeines

Seit dem 01.07.2012 hat der Nachweis der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken auf der Basis der bauaufsichtlich eingeführten DIN EN 1997-1:2009-09 in Verbindung mit dem Nationalen Anhang DIN EN 1997-1/NA:2010-12 und der Ergänzungsnorm DIN 1054:2010-12 zu erfolgen. Bis zum 31.12.2013 bestand noch eine Übergangsfrist, während derer noch die DIN 1054:2005 angewandt werden konnte. Alle drei genannten, neuen Normendokumente wurden zur Verbesserung der Übersichtlichkeit in einem Druckwerk, dem sog. Normenhandbuch EC 7-1 zusammengeführt. Nachfolgend sind in Glossarform einige wichtige Begrifflichkeiten der neuen Normengeneration dargestellt.

II Grenzzustände

Ein Grenzzustand ist der Zustand eines Tragwerks, bei dessen Überschreitung die der Tragwerksplanung zugrunde gelegten Anforderungen überschritten werden. Bei jeder Sicherheitsbetrachtung müssen zwei voneinander unabhängige Grenzzustände beachtet werden, diese sind der

ULS: Der Grenzzustand der Tragfähigkeit ist der Zustand des Tragwerks, dessen Überschreiten zu einem rechnerischen Einsturz oder anderen Formen des Versagens führt. (Ultimate limit state);

SLS: Der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist der Zustand des Tragwerks, dessen Überschreiten die für die Nutzung festgelegten Bedingungen nicht mehr erfüllt. (Serviceability limit state).

Die nachstehenden Grenzzustände der Tragfähigkeit treten an Stelle der bisherigen Bezeichnungen GZ 1A, GZ 1B und GZ 1C:

EQU	GZ 1 A	Gleichgewichtsverlust des Bauwerks oder des Baugrunds als starrer Körper, wobei die Festigkeit weder im Bauwerk noch im Boden entscheidend ist.
UPL		Gleichgewichtsverlust des Bauwerks oder des Baugrunds infolge von Auftrieb oder anderer Vertikalkräfte.
HYD		Hydraulische Grundbruch und Materialtransport im Boden infolge von hydraulischen Gradienten
STR	GZ 1B	Bruch des Bauwerks oder konstruktiver Elemente, wobei die Festigkeit des Materials entscheidend ist.
GEO 2	GZ 1C	Sehr große Verformungen oder
GEO 3		Bruch im Baugrund , bei dem die Festigkeit des Baugrunds entscheidend ist.

III Nachweisverfahren

Von den in der DIN EN 1997-1 vorgegebenen drei Nachweisverfahren werden in der DIN 1054:2010-12 zwei Verfahren verwendet die mit GEO 2 und GEO 3 bezeichnet werden.

GEO 2: Ermittlung der Grundbruchsicherheit, Sicherheit gegen Gleiten, Erdruckberechnungen, Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge, Tragfähigkeit von Pfählen und Ankern sowie Ermittlung der einzuhaltenden Verformungen;

GEO 3: Nachweis der Gesamtstandsicherheit wie Böschungs- und Geländebruch sowie für konstruktive Böschungssicherungen.

IV Bemessungssituationen (früher Lastfälle)

Anstelle der bisherigen Lastfälle (LF 1, LF 2 und LF 3) treten nach DIN EN 1990:2002 vier verschiedene Bemessungssituationen:

BS-P: ständige Bemessungssituation (**P**ersistent, früher Lastfall LF 1);

BS-T: vorübergehende Bemessungssituation (**T**ransient, früher Lastfall LF 2);

BS-A: Bemessungssituation für außergewöhnliche Einwirkungen (**A**ccidental, früher Lastfall LF 3);

BS-E: Bemessungssituation für die Auslegung von Bauwerken auf Erdbeben (**E**arthquake).

V Geotechnische Kategorien

Geotechnische Kategorie GK 1

Baumaßnahmen mit geringem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf Bauwerk und Baugrund. Die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit können mit vereinfachten Verfahren aufgrund von Erfahrungen hinreichend beurteilt werden. Für die Anwendung der GK 1 werden einfache und überschaubare Baugrundverhältnisse vorausgesetzt. Hierzu zählt beispielsweise Baugrund in waagerechtem oder schwach geneigtem Gelände der nach gesicherter örtlicher Erfahrung als tragfähig und setzungsarm bekannt ist.

Geotechnische Kategorie GK 2

Baumaßnahmen mit mittlerem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf Bauwerk und Baugrund. Sie gilt für durchschnittliche Baugrundverhältnisse, die nicht in die Kategorie GK 1 oder GK 3 fallen. Sie erfordern in jedem Fall eine ingenieurmäßige Bearbeitung und rechnerische Nachweise der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit auf der Grundlage von geotechnischen Kenntnissen (Baugrunduntersuchungen) und geotechnischen Erfahrungen.

Geotechnische Kategorie GK 3

Diese Kategorie gilt für ungewöhnliche oder besonders schwierige und/oder stark heterogene Baugrundverhältnisse. Sie erfordern in jedem Fall eine ingenieurmäßige Bearbeitung und rechnerische Nachweise der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit auf der Grundlage von Baugrunduntersuchungen und zusätzlichen Untersuchungen und von vertieften Kenntnissen und Erfahrungen in dem jeweiligen Spezialgebiet.

VI Hinweise zu Bemessungswerten des Sohlwiderstandes

Entsprechend der Verwendung von Bemessungswerten bei der statischen Ermittlung von Bauwerkslasten wurden mit der DIN 1054:2010-12 Bemessungswerte des Sohlwiderstandes ($\sigma_{R,d}$) eingeführt. Der **Bemessungswert des Sohlwiderstandes** für den Grenzzustand STR (GEO 2) und die Bemessungssituation BS-P ergibt sich aus der ungünstigsten Einwirkungskombination der charakteristischen bzw. repräsentativen Vertikalspannungen. Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes unterscheidet sich von den bisher verwendeten **aufnehmbaren Sohldrücken** („zulässige Bodenpressung“, $\sigma_{E,d}$) um den Faktor 1,4 (entspricht dem gewichteten Mittelwert der Teilsicherheitsbeiwerte).

Verzeichnis verwendeter/zitierter DIN-Normen und technischer Regeln

I Bodenmechanische / Chemische Prüfnormen

DIN 4020	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke
DIN 4021	Baugrund/ Aufschluss durch Schürfen und Bohrungen sowie Entnahme von Proben
DIN 4022-1	Baugrund und Grundwasser/ Benennen und Beschreiben von Boden und Fels/ Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und im Fels
DIN 4023	Baugrund- und Wasserbohrungen/ Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse
DIN EN ISO 22476-1	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenahmeverfahren und Grundwassermessungen- Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung (ISO 22476-1:2006), Deutsche Fassung EN ISO 22476-1:2006
DIN EN ISO 22476-2	Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen-Teil 2: Rammsondierungen
DIN EN 1997-2	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik- Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes, Deutsche Fassung EN 1997-2:2007
DIN 18123	Baugrund/ Untersuchung von Bodenproben / Bestimmung der Korngrößenverteilung
DIN 18196	Erd- und Grundbau/ Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN 38404-414	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung
DIN 4030-2	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase/ Entnahme und Analyse von Wasserproben

II Gründungstechnische Normen

EAU 96	Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassung Häfen und Wasserstraßen der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik
DIN 1054	Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
DIN 1055-2	Lastannahmen für Bauten/ Bodenkenngößen/ Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel
DIN 4017-1	Baugrund/ Grundbruchberechnungen von lotrecht mittig belasteten Flachgründungen
DIN 4019-1	Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung

III Ausführungstechnische Vorschriften

DIN 4030-1	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase
DIN 4123	Gebäudesicherung im Bereich von Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen
DIN 4128	Verpresspfähle (Ortbeton- und Verbundpfähle) mit kleinem Durchmesser/ Herstellung/ Bemessung und zulässige Belastung
DIN 4124	Baugruben und Gräben / Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau
DIN 18300	Erdarbeiten/ Allgemeine Technische Vorschriften für Bauleistungen
DIN 1045	Beton und Stahlbeton/ Bemessung und Ausführung
DBV-Merkblatt	Deutscher Beton-Verein e.V./ Wasserundurchlässige Baukörper aus Beton/ Fassung Juni 1996
ZTVE-StB 09	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau
DIN 18195 T1-T10	Bauwerksabdichtungen