

Geotechnisches Streckengutachten

zum

Neubau einer Gasanbindung

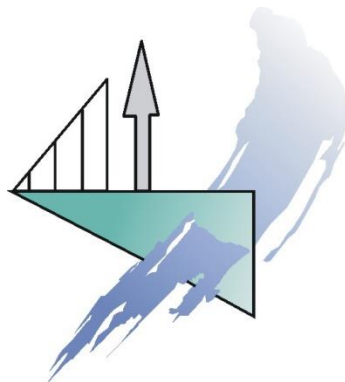
Wilhelmshaven – Leer (GWL)



Baulos 1 Sande - Westerstede

1. Abschnitt – Stationierungs-km 0,000 bis 10,280

Landkreis Friesland



RPGeolabor und Umweltservice GmbH

Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg

Projektnummer: 06-5765

Datum: 26.10.2022

Vorhabensträgerin	
	EWE Netz GmbH Cloppenburger 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

© 2022 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	I
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
4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	8
4.3 Chemische Bodenuntersuchungen	9
5 BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	10
5.1 Regionalgeologischer Überblick.....	10
5.2 Erfasster Baugrundaufbau	11
5.3 Homogenbereiche	14
6 GEOTECHNISCHE KLASSIFIZIERUNG DER SCHICHTEN UND ZUORDNUNG VON BODENKENNWERTEN	19
7 HYDROGEOLOGISCHE ANGABEN UND BAUWASSERHALTUNG	21
7.1 Ergebnisse der Grundwasseranalysen.....	23
8 BEURTEILUNG DES BAUGRUNDES, EMPFEHLUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG.....	26
8.1 Empfehlungen für die Gründung der Gashochdruckleitung	27
8.2 Verfüllung des Rohrgrabens	29
9 EMPFEHLUNGEN UND HINWEISE FÜR DIE UNTERQUERUNGEN.....	31
9.1 Offene Bauweise	31
9.2 Grabenlose Bauweise	33
10 UMGANG MIT SULFATSAUREN UND POTENZIELL SULFATSAUREN BÖDEN	36
11 VERZEICHNIS DER VERWENDETEN UNTERLAGEN.....	38

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 1. Abschnitt	12
Tabelle 5	Geologische Verhältnisse im Bereich des 1. Abschnittes	14
Tabelle 6	Abgeschätzte charakteristische, bodenmechanische Kennwerte für die angetroffene Schichtenfolge	20
Tabelle 7	Zusammenfassende Ergebnisse der chemischen Grundwasseruntersuchungen im 1. Abschnitt, Landkreis Friesland	24
Tabelle 8	Einstufung der Korrosionswahrscheinlichkeiten für die untersuchten Grundwasserproben	25
Tabelle 9	Analysenergebnisse der Bodenuntersuchungen	37

ANHANGSVERZEICHNIS

1 Karten und Streckenbänder

- 1.1 Übersichtsplan der Aufschlüsse (Maßstab 1: 50.000)
- 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 Laboruntersuchungen

- 4.1 Analysenberichte der Grundwasseruntersuchungen
- 4.2 Analysenberichte der Bodensuchungen

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, Cloppener 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 anstehender 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 1. Abschnitt zwischen Stationierungs-km 0,000 und 10,280.

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

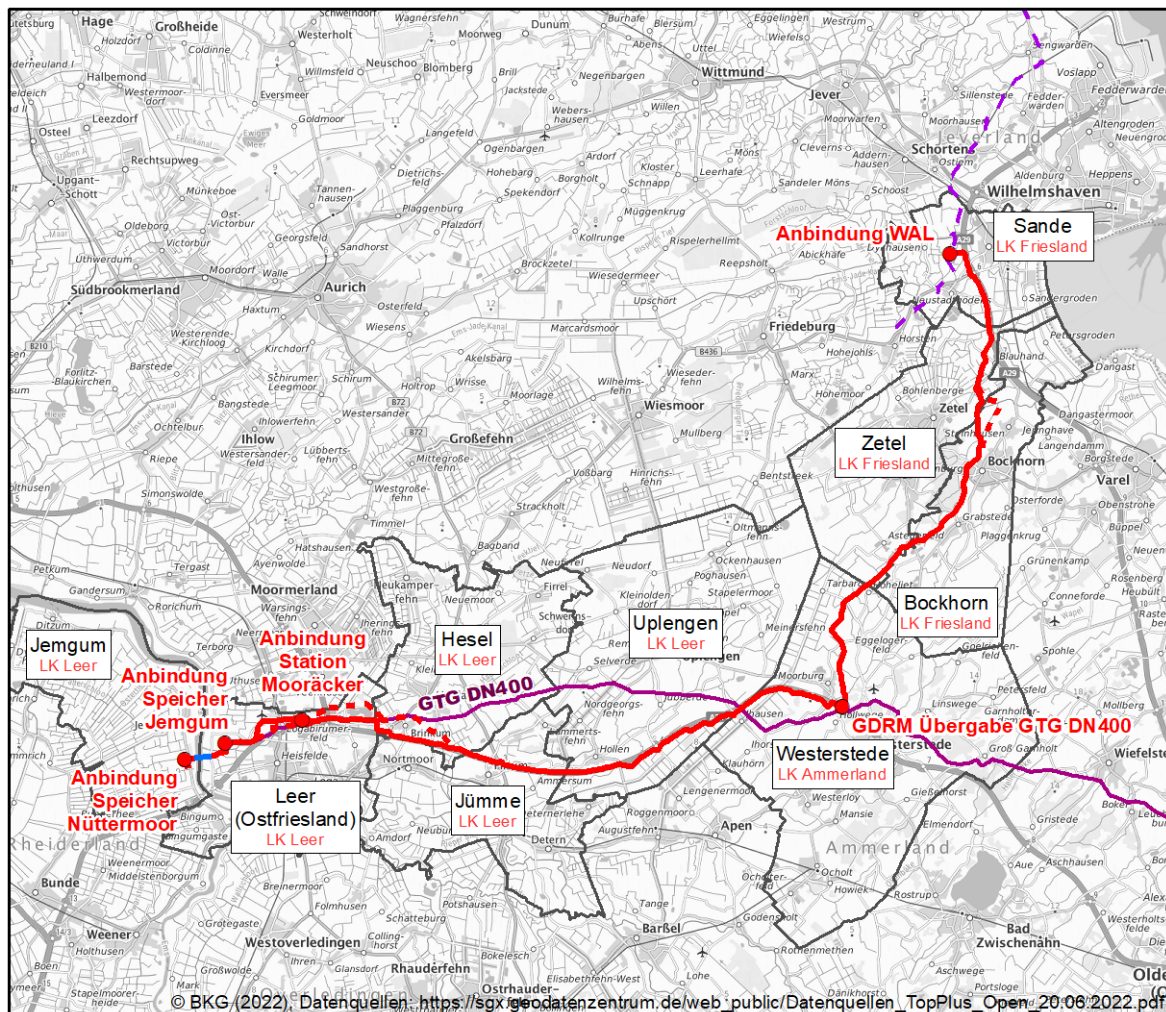
Für die Bearbeitung des ingenieurgeologischen Streckengutachtens wurden folgende allgemeine Unterlagen und Daten herangezogen:

- 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 Nüstermoor 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 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.

Der hier ausgewertete 1. Abschnitt weist eine Länge von 10,280 km (Stationierungs-km 0,000 bis 10,280) auf und tangiert die Gemeinden Sande und Zetel im Landkreis Friesland.

Gemäß der vorläufigen Planung werden im Rahmen des 1. Abschnittes ca. 18 grabenlose und 25 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 betrachteten Abschnitt der Baugrund an 27 Positionen (1 bis 27) aufgeschlossen werden. Aufgrund der fehlenden Zutritts-erlaubnisse konnten die Aufschlüsse an den Positionen 21 und 22 nicht ausgeführt werden.

Die Untersuchung der Baugrundverhältnisse im 1. Abschnitt wurden im Zeitraum vom 16.05. bis 24.06.2022 durch die RP Geolabor und Umweltservice GmbH sowie durch die unterbeauftragte Firma Ulpts Geotechnik aus Bockhorst ausgeführt.

Zur näheren Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden auf der Strecke von 10,280 km insgesamt 25 Kleinrammbohrungen (RKS) bis in eine Tiefe von 5,0 und 8,0 m u. GOK niedergebracht. Zur qualitativen Bewertung der Lagerungsdichten anstehender sandiger Schichtglieder und unterstützender Einschätzung der Konsistenzen wurden die Bohraufschlüsse an neun Positionen durch leichte (DPL) bzw. schwere (DPH) Rammsondierungen mit der Tiefe von 5 m 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 und DPH) 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

Nichtbindige 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 11 Positionen zu einfachen temporären Grundwassermessstellen (Rammpegel; RP) mittels Einbringen 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 acht der elf erstellten, temporären Messstellen konnte jeweils eine Grundwasserprobe zur chemisch-analytischen Untersuchung auf den Parameterumfang gemäß der Anforderung des Landkreises Friesland sowie exemplarisch auf Stahlaggressivität entnommen werden. In drei der Rammpegel wurde keine gewinnbare Menge an Grundwasser erfasst. 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 dem 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	Kleinbohrung/ Tiefe [m u. GOK]		Rammsondierung/Tiefe [m u. GOK]		Rammpegel/ Ausbau [m]		GW-Probe	Höhe Bohransatzpunkt [m NHN]
1	RKS 1	8			RP 1	3	RKS 1	1,31
2	RKS 2	5	DPH 2	5	RP 2	3	kein Wasser	0,69
3	RKS 3	8						1,25
4	RKS 4	5			RP 4	4	kein Wasser	1,17
5	RKS 5	5	DPH 5	5				0,89
6	RKS 6	5			RP 6	3	RKS 6	0,87
7	RKS 7	5						1,05
8	RKS 8	5	DPH 8	5				1,43
9	RKS 9	5			RP 9	5	RKS 9	-0,16
10	RKS 10	5						-0,56
11	RKS 11	5	DPL 11	5				-0,44
12	RKS 12	5						-0,80
13	RKS 13	5			RP 13	5	kein Wasser	-0,25
14	RKS 14	5	DPL 14	4				-0,61
15	RKS 15	5			RP 15	5	RKS 15	-0,52
16	RKS 16	5						0,31
17	RKS 17	5	DPH 17	5	RP 17	3	GW 17	2,02
18	RKS 18	5						1,89
19	RKS 19	5						1,95
20	RKS 20	5	DPL 20	5	RP 20	5	RKS 20	1,33
23	RKS 23	8			RP 23	5	RKS 23	1,20
24	RKS 24	5						1,33
25	RKS 25	5						1,17
26	RKS 26	5	DPH 26	5	RP 26	3	RKS 26	1,60
27	RKS 27	5						1,59

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]	Kornverteilung	Wassergehalt	Zustandsgrenzen	Glühverlust
RKS 1/3	1,8-2,5	X			
RKS 1/6	4,0-6,0	X			
RKS 2/4	2,1-3,4	X	X	X	
RKS 3/8	6,4-8,0	X			
RKS 4/2	1,0-2,2	X	X		
RKS 5/3	2,0-4,0		X		X
RKS 6/3	2,7-3,8	X			
RKS 7/4	1,8-2,8	X	X		X
RKS 9/2	0,6-1,6		X		X
RKS 11/3	0,9-1,9		X		X
RKS 12/3	1,5-2,7	X	X	X	
RKS 13/4	2,0-3,0	X	X		X
RKS 15/3	1,0-3,0	X			
RKS 16/3	1,0-1,9	X	X		
RKS 16/5	2,2-3,0	X			
RKS 17/4	1,9-3,0	X			
RKS 19/3	0,9-2,0	X			
RKS 20/4	1,0-2,0	X			
RKS 23/4	1,2-2,0	X			
RKS 23/8	5,0-6,0	X			
RKS 24/3	1,2-2,5	X			
RKS 25/2	0,8-2,0	X			
RKS 26/4	1,6-2,5	X			
RKS 27/5	2,2-3,0	X	X		X

4.3 Chemische Bodenuntersuchungen

Nach den vorliegenden Daten des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) ist in den Trassenabschnitten mit jungen See- und Flussmarschen (Klei und Torf; Stationierungs-km 0,000 bis 6,100 und 8,600 bis 10,280) mit potenziell sulfatsauren Böden (nachfolgend PASS, potencial acid sulfate soils) zu rechnen.

Zur Verifizierung der Daten aus dem NIBIS-Kartenserver wurde exemplarisch an sieben Bodenproben aus den kritischen Abschnitten eine Bestimmung der Säureneutralisierungskapazität, des Säurebildungspotentials und der Netto-Säureneutralisierungskapazität sowie die Bestimmung des pH-Wertes, der elektrischen Leitfähigkeit sowie Chlorid und Sulfat im Eluat durchgeführt. (vgl. Tabelle 9 im Kapitel 10).

Die chemischen Untersuchungen wurden durch die Laboratorien Dr. Döring GmbH, Bremen ausgeführt. Die Untersuchungsergebnisse sind in Kapitel 10 erläutert und als Laborprotokolle im Anhang 4.2 zusammengestellt.

5 BAUGRUNDVERHÄLTNISSE

5.1 Regionalgeologischer Überblick

Der im Rahmen des hier vorgelegten Streckengutachtens untersuchte 1. Abschnitt weist eine Länge von 10,280 km (Stationierungs-km 0,000 bis 10,280) auf und tangiert die Gemeinden Sande und Zetel im Landkreis Friesland. Der erste Abschnitt beginnt an dem Ankopplungspunkt an die Wilhelmshaven-Anbindungs-Leitung (WAL), ca. 2,0 km westlich von Sande und endet ca. 2 km östlich von Zetel.

Der untersuchte Abschnitt befindet sich naturräumlich im Bereich der Nordseemarsch. Das Gelände weist ein sehr geringes Relief mit geringen Höhenunterschieden auf. An den Bohransatzpunkten wurden Geländehöhen zwischen 2,02 m NHN und -0,80 m NHN ermittelt. Die an den einzelnen Aufschlusspunkten ermittelten Geländehöhen im Streckenverlauf können der Tabelle 2 und dem Anhang 1.2 entnommen werden.

Die Nordseemarsch ist im Verlauf der letzten 8000 Jahre (Holozän) unter dem Einfluss des ansteigenden Nordseespiegel entstanden. Dabei lagerten sich über den älteren Lockergesteinen des Pleistozäns im Wechsel brackisch-marine sowie lagunäre Wattablagerungen und terrestrische Sedimente ab. Ausdruck der wiederholten Änderung der Ablagerungsbedingungen ist eine Wechselfolge von bindigen sowie rolligen Wattablagerungen (Klei sowie Schlicksand und Wattsand) und organischen Torfen und Mudden. Besonders am Rande der Marsch sind mächtige Torfablagerungen entstanden. Die Mächtigkeit der holozänen Marschablagerungen liegt im Untersuchungsbereich bei max. 8-9 m.

Die unter den holozänen Marschablagerungen anstehenden Sedimente des Pleistozäns reichen bis ca. -50 m NHN und setzen sich vorwiegend aus Flusssanden der Weichsel-Kaltzeit, Schmelzwassersanden der Saale-Kaltzeit sowie aus den Beckenablagerungen und Schmelzwassersanden der Elster-Kaltzeit zusammen.

5.2 Erfasster Baugrundaufbau

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

Die Schichtenfolge entlang des 1. Abschnittes wird mit Ausnahme des Startbereiches (RKS 1; km 0,000 bis ca. 0,900) und der Strecke zwischen ca. km 6,700 und 9,900 durch holozäne Weichschichten (Klei und Torf) dominiert. Die Mächtigkeit der Klei- und Torfablagerungen variiert an den Bohransatzpunkten dabei zwischen weniger als 1 m und 6,4 m. Im Startbereich der Transportleitung wurden ab 0,8 m u. GOK bis zur max. Erkundungstiefe von 8,0 m rollige Wattsande erbohrt. Im Streckenabschnitt von ca. km 6,700 bis 9,900 stehen ab spätestens 1,2 m u. GOK Schmelzwassersande an, die z.T. durch Beckensande unterlagert werden.

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 1. Abschnitt

Neubau einer Gasanbindung Wilhelmshaven – Leer (GWL)									
Stratigraphische Zuordnung		Bodengruppe nach DIN 18196	Schichtunterkanten [m u. GOK]						
			RKS 1	RKS 2	RKS 3	RKS 4	RKS 5	RKS 6	RKS 7
			km 0,730	km 1,104	km 1,561	km 2,113	km 3,050	km 3,349	km 3,550
Auffüllungen / Oberböden	Auffüllungen	A	-	-	-	-	-	-	-
	Oberboden	OU	***	***	***	***	***	***	0,4
holozäne Ablagerungen	Klei ^{*1}	UM, TM, TA, OU	0,8	3,4	4,0	>5,0	2,0	1,1	4,7
	Torf/Mudde ^{*2}	H	-	-	6,4	-	4,0	2,7	-
	Wattsande ^{*3}	SU-SU*	>8,0	>5,0	-	-	-	-	-
pleistozäne Ablagerungen	Flusssande	SU-SU*	-	-	>8,0	-	>5,0	>5,0	>5,0

Stratigraphische Zuordnung		Bodengruppe nach DIN 18196	Schichtunterkanten [m u. GOK]						
			RKS 8	RKS 9	RKS 10	RKS 11	RKS 12	RKS 13	RKS 14
			km 3,700	km 4,085	km 4,360	km 4,575	km 4,766	km 4,942	km 5,092
Auffüllungen / Oberböden	sandige Auffüllungen	A [OH, SU, SE]	1,6	-	-	-	-	-	-
	Oberboden	OU	-	***	0,5	0,4	0,5	***	0,6
holozäne Ablagerungen	Klei ^{*1}	UM, TM, TA, OU	>5,0	0,6	0,9	1,9	2,7	>5,0	>5,0
	Torf/Mudde ^{*2}	H	-	2,6	2,9	3,9	>5,0	-	-
	Wattsande	SU-SU*	-	-	-	-	-	-	-
pleistozäne Ablagerungen	Flusssande	SU-SU*	-	>5,0	>5,0	>5,0	-	-	-

*** Im Bereich von Grünlandflächen ist der Oberboden nur ca. 0,1 m mächtig und in den Bohrungen von unterlagerndem Klei kaum zu unterscheiden

*1 Innerhalb des Kleis können geringmächtige Schlicksandlagen eingeschaltet sein

*2 Innerhalb der Torfe können geringmächtige Kleilagen eingeschaltet sein

*3 Innerhalb der Wattsande können geringmächtige Schlicksandlagen eingeschaltet sein

Fortsetzung Tabelle 4

Neubau einer Gasanbindung Wilhelmshaven – Leer (GWL)									
Stratigraphische Zuordnung		Bodengruppe nach DIN 18196	Schichtunterkanten [m u. GOK]						
			RKS 15	RKS 16	RKS 17	RKS 18	RKS 19	RKS 20	RKS 23
			km 5,144	km 5,822	km 6,661	km 6,839	km 7,163	km 7,338	km 8,654
Auffüllungen / Oberböden	Auffüllungen (Straßenaufbau)	A [Asphalt, Schotter, SU, SE]	-	-	0,6	0,9	0,9	-	-
	Oberboden	OU, OT, OH	0,6	0,6	-	-	-	0,3	0,6
holozäne Ablagerungen	Klei ^{*1}	UM, TM, TA, OU	-	1,9	1,5	-	-	1,0	1,2
	Torf/Mudde ^{*2}	H	-	2,2	1,9	-	-	-	-
	Wattsande	SU-SU*	1,0	-	-	-	-	-	-
	Schlicksande	SU*	>5,0	-	-	-	-	-	-
pleistozäne Ablagerungen	Flusssande	SE, SU	-	>5,0	-	-	-	-	-
	Schmelzwassersande	SE, SU	-	-	>5,0	>5,0	>5,0	>5,0	5,7
	Beckensande	SU, SU*	-	-	-	-	-	-	>8,0

Stratigraphische Zuordnung		Bodengruppe nach DIN 18196	Schichtunterkanten [m u. GOK]						
			RKS 24	RKS 25	RKS 26	RKS 27			
			km 9,000	km 9,320	km 9,720	km 10,215			
Auffüllungen / Oberböden	Auffüllungen (Straßenaufbau)	A [Asphalt, Schotter, SU, SE]	0,8	-	-	1,2			
	Oberboden	OU	-	***	***	-			
holozäne Ablagerungen	Klei ^{*1}	UM, TM, TA, OU	1,2	0,8	0,4	3,8			
pleistozäne Ablagerungen	Schmelzwassersande	SE, SU	2,5	3,8	1,6				
	Beckensande	SU, SU*	>5,0	>5,0	>5,0	-			
	Beckenton	TM, TA	-	-	-	>5,0			

*** Im Bereich von Grünlandflächen ist der Oberboden nur ca. 0,1 m mächtig und in den Bohrungen von unterlagerndem Klei kaum zu unterscheiden

5.3 Homogenbereiche

Nachfolgend werden die geologischen Verhältnisse entlang des 1. 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 1. Abschnittes

Homogenbereiche	Aufschlüsse (RKS)	Tiefe Schichtunterkante [m u. GOK]	Mächtigkeit [m]
Y (künstliche Auffüllungen)	8, 17, 18, 19, 24, 27	0,6 – 1,6	0,6 – 1,6
O (Oberböden)	1-7, 9-16, 20, 23, 25, 26	0,1 – 0,6	0,1 – 0,6
K (Klei)	1-14, 16, 17, 20-27	0,4 – >5,0	0,4 – >5,0
T (Torf/Mudde)	3, 5, 6, 9-12, 16, 17	1,9 – 6,4	0,3 – 2,4
SL (Schlicksande)	15	>5,0	>4,0
S (Wattsande, Flusssande, Schmelzwassersande, Beckensande)	1-3, 5-7, 9-11, 15-26	1,0 - >8,0	0,4 – >6,8
BT (Beckenton)	27	>5,0	>1,2

Homogenbereich Y – Künstliche Auffüllungen

Künstliche Schüttungen wurden vorwiegend im Bereich der Straßen und Wege angetroffen. In der Bohrungen RKS 8, RKS 19 und RKS 24 bestehen diese durchgehend aus schwach schluffigen Sanden, die oberflächennah humos ausgeprägt sind. Die Bohrungen RKS 17, RKS 18 und RKS 27 wurden in den Fahrbahnen ausgeführt. In den Aufschlüssen wurden unter den Fahrbahnen ungebundene Tragschichten aus Schotter und Füllsand bis in eine Tiefe zwischen 0,6 und 1,2 m u. GOK erfasst. In der RKS 18 wurde abweichend ein bindiger, mit Bauschuttresten versetzter Auffüllungshorizont erfasst. Die Tragschichten im Bereich der Verkehrsflächen sind gut verdichtet und weisen eine mitteldichte bis dichte Lagerung auf.

Homogenbereich O – Mutterböden

An den Untersuchungspunkten ohne künstliche Schüttungen steht an der Geländeoberkante eine Oberbodenschicht an, die unmittelbar aus den nachfolgenden Marschablagerungen hervorgegangen ist. Im Bereich der Grünlandfläche ist der Oberboden nur ca. 0,1 m mächtig und in der Sonde von den unterlagernden Kleiablagerungen kaum zu unterscheiden. Auf den Ackerflächen weist der Oberboden dagegen bearbeitungsbedingt eine Mächtigkeit zwischen 0,4 und 0,6 m auf. Entsprechend dem Ausgangsmaterial Klei handelt es sich bei den Oberböden um bindige, humose Gemische aus Schluff, Ton und Sand, die den Bodengruppen OU und OT zuzuordnen sind. An dem Untersuchungspunkt RKS 23 handelt es sich bei dem Oberboden um aufgefülltes Material in Form eines humosen und schluffigen Sandes (Bodengruppe OH).

Hinweis:

Zum Zeitpunkt der Aufschlussarbeiten wiesen die Oberböden auf Grund der vorrangegangenen Trockenperiode eine überwiegend steife Zustandsform auf. Da es sich bei diesen Böden um „Minutenböden“ handelt, kann abhängig von den Niederschlagsverhältnissen eine rasche Konsistenzänderung zu weich-steif bzw. weich erfolgen, was wiederum mit einer eingeschränkten Befahrbarkeit / Bearbeitung dieser Böden einhergeht.

Homogenbereich K – „Klei“

Unter den Auffüllungen bzw. unter dem Oberboden folgen in 22 der 25 Bohraufschlüsse holozäne Kleiablagerungen. Als Klei werden hier bindige, holozäne Schlickwattablagerungen mit einem Feinkornanteil von >40% bezeichnet. Gemäß den ausgeführten Sieb-Schlamm-Analysen setzen sich die erfassten Kleischichten aus Ton-Schluff-Gemischen (Bodengruppe TA) sowie aus tonigen bis stark tonigen und sandigen bis stark sandigen Schluffen (Bodengruppe TM, UM) zusammen. Der Sandanteil variiert dabei zwischen 3% und 40%. Die mittels Glühverlust bestimmten organischen Anteile liegen vorwiegend zwischen 1% und 4 M-% (schwach organisch). Lediglich in der Bohrung RKS 11 wurde ein erhöhter Glühverlust von 9 M-% (organisch, Bodengruppe OU) ermittelt. Der in acht Proben gemessene Wassergehalt bewegt sich zwischen 35% und 80%.

Auf der Basis der Bestimmung der Zustandsgrenzen (aufgrund der organischen Anteile sehr nur eingeschränkt auswertbar, vgl. Anhang 3.4) sowie der Knetversuche im Feld weisen die oberen Bereiche (Teufe bis ca. 1 m u. GOK) durch Verdichtung sowie abhängig vom Wassergehalt und der Austrocknung eine steife und weich-steife Zustandsform auf. Mit zunehmender Tiefe nimmt die Konsistenz über weich-steif, weich bis partiell auch breiig-weich ab.

Die Unterkante des Kleis liegt zwischen 0,6 m u. GOK bis >5,0 m u. GOK.

Der Klei stellt aufgrund seiner stark bindigen Eigenschaften, der fehlenden Konsolidierung und seines Wasserhaltevermögens einen extrem stark strukturgefüllten Boden dar, der unter Lastaufbringung mit starken Setzungen reagiert. Ferner ist der Klei als stark frostempfindlich und sehr eingeschränkt verdichtungsfähig einzustufen.

Homogenbereich T – Torf/Mudde

Zwischen ca. km 1,300 und 6,700 wurden in 9 der 15 dort ausgeführten Aufschlussbohrungen Torf- bzw. Muddeablagerungen unter dem Klei erfasst. Die Mächtigkeit der organischen Sedimente variiert dabei zwischen 0,3 und 2,4 m. Die Unterkante der Schicht wurde zwischen 1,9 und 6,4 m u. GOK durchfahren.

Die erfassten Torfe sind wenig bis mittelstark zersetzt und enthalten Ton-, Schluff- und Sandanteile. Pflanzenstrukturen sind in den Torfen noch gut erkennbar. Der exemplarisch an zwei Proben mittels Glühverlust ermittelte organische Anteil liegt bei 80 bzw. 56 M-%. Der dabei gemessene Wassergehalt beträgt 109% bzw. 126%.

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

In der Bohrung RKS 17 (km 6,661) wurde abweichend unter dem Klei ein stark organisches und toniges Sand-Schluff-Gemisch (Mudde) mit weicher Konsistenz zwischen 1,5 und 1,9 m u. GOK angetroffen. Aufgrund der stark organischen Ausprägung ist die Mudde bezüglich der bodenmechanischen Eigenschaften mit dem Torf vergleichbar.

Homogenbereich SL - Schlicksand

In der Bohrung RKS 15 (km 5,144) wurde ab einer Tiefe von 1,0 m u. GOK bis zur Endteufe von 5,0 m u. GOK durchgehend Schlicksande erfasst. Hierbei handelt es sich um Mischwattablagerungen, die gemäß der ausgeführten Siebanalyse als stark schluffige und schwach tonige Fein- und Mittelsande der Bodengruppe SU* ausgebildet sind. Aufgrund des Feinkornanteils von 32 M-% weisen diese einen schwach kohäsiven Charakter und eine weiche Zustandsform auf. Die Schlicksande sind zudem mit dünnen Kleibändern durchzogen.

Aufgrund der Kornzusammensetzung können den Schlicksanden noch mäßige Tragfähigkeitseigenschaften, jedoch eine sehr eingeschränkte Verdichtungsfähigkeit zugeordnet werden.

Homogenbereich S – Sande

Entlang des untersuchten Abschnittes wurden neben holozänen Wattsanden, ältere Sandablagerungen des Pleistozäns in Form von Flusssanden der Weichsel-Kaltzeit, Schmelzwassersande der Saale-Kaltzeit und Beckensande der Elster-Kaltzeit erfasst. Diese Sandablagerungen werden in dem Homogenbereich S zusammengefasst.

Wattsande wurden im äußersten Norden der geplanten Leitungstrasse an den Untersuchungspunkten RKS 1 und RKS 2 (bis ca. km 1,200) angetroffen. Sie stehen dort unter dem Klei ab einer Tiefe von 0,8 bzw. 3,4 m u. GOK bis zur Endteufe von max. 8,0 m u. GOK an. Ferner wurde eine 0,4 m dicke Wattsandschicht in der RKS 15 bis 1,0 m u. GOK erfasst. Entsprechend den Siebanalysen sind die Wattsande als schwach schluffige bis schluffige und schwach mittelsandige Feinsande der Bodengruppe SU und SU* ausgebildet. Der Schluffgehalt variiert zwischen 10 und 20 M-%. Gemäß der schweren Rammsondierung DPH 2 kann den Wattsanden eine vorwiegend mitteldichte Lagerung zugeordnet werden.

Im weiteren Trassenverlauf, ca. zwischen km 1,200 und km 6,000, stehen unter den holozänen Weichschichten (Klei und Torf) ab einem Tiefenniveau zwischen 2,2 und 6,4 m u. GOK weichselzeitliche Flusssande an. Diese sind als schwach schluffige und stark mittelsandige Feinsande der Bodengruppe SU ausgebildet und weisen durchgehend eine mitteldichte Lagerung auf.

Im Streckenabschnitt zwischen ca. km 6,000 und km 9,800 wurden Schmelzwassersande bereits ab einer Tiefe zwischen 0,4 und 1,9 m u. GOK erbohrt. Ab ca. km 8,500 nimmt die Lagenstärke der Schmelzwassersande ab. Darunter schließen sich Beckensande der Elster-Kaltzeit an. Ab ca. km 10,000 wurden keine Sande mehr erfasst. Dort folgen unter der mächtiger werdenden Kleidecke Beckentone der Elsterkaltzeit.

Die Fluss- und Schmelzwassersande sind vorwiegend als schwach schluffige und mittelsandige bis stark mittelsandige Feinsande der Bodengruppe SU ausgeprägt. Einzelne Horizonte weisen höhere bzw. sehr geringe Schluffanteile auf und sind den Bodengruppen SU* bzw. SE zuzuordnen.

Die Beckensande sind mit ca. 20 M-% Schluffgehalt deutlich feinkörniger als schluffige Feinsande der Bodengruppe SU* ausgeprägt.

Entsprechen den Schlagzahlen der Rammsondierungen sind die Flusssande und Beckensande vorwiegend mitteldicht gelagert. Die Schmelzwassersande weisen bis ca. 3,0 m u. GOK eine mitteldichte und darunter eine dichte Lagerung auf.

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

Homogenbereich BT – Beckenton

Der Beckenton der Elster-Kaltzeit wurde lediglich im äußersten Süden des 1. Abschnittes in der Bohrung RKS 27 (km 10,215) unter dem Klei ab 3,8 m u. GOK erfasst. Der Beckenton setzt sich aus einem schwach feinsandigen Ton-Schluff-Gemisch zusammen und weist bei einer ausgeprägten Plastizität bis 5,0 m u. GOK eine weich-steife Zustandsform auf (Bodengruppe TA). Infolge der Eislast in der Saale-Kaltzeit ist von einer hohen Konsolidierung der Beckentone auszugehen. Der Konsolidierungsgrad bedingt eine mäßige Tragfähigkeit der kohäsiven Sedimente. Ferner weist der Beckenton erfahrungsgemäß ein geringes Quellungspotential

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	K	T
Bezeichnung der Kennwerte	Auffüllungen	Klei	Torf/Mudde
Benennung nach DIN 4022	S, G, U, X	U+T, fs'-fs*, o'-o	H, fs, u, t
Bodengruppe nach DIN 18196	A, [SE, SU, GW, SU*]	TA, TM, UM, OU	HZ, OU
Bodenklasse nach DIN 18300	3-4	3	3
Bodenklasse nach DIN 18319	---	LBM 1 – LBM 2	LO
erdfeuchte Wichte γ_k	---	16-19 kN/m ³	11-14 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb γ'_k	---	6-9 kN/m ³	1-4 kN/m ³
Reibungswinkel ϕ'_k	---	18-25°	17,5-22,5°
Kohäsion c'_k	---	3-10 kN/m ²	2– 5 kN/m ²
statischer Steifemodul $E_{s,k}$	---	1–4 MN/m	0,5–2,0 MN/m
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB	---	F3	F3
Lagerungsdichte/Konsistenz	---	breiig-weich, weich, weich-steif	---
Verdichtbarkeitsklasse ZTVA-StB	---	V 3	V 3
undrÄnierte Scherfestigkeit $C_{u,k}$	---	15-50 kN/m ²	10-30 kN/m ²
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	---	1*10 ⁻¹⁰ - 1*10 ⁻⁸ m/s	ca. 1*10 ⁻⁶ m/s

Homogenbereiche	SL	S	BT
Bezeichnung der Kennwerte	Schlicksand	Sande	Beckenton
Benennung nach DIN 4022	fS+mS, u*, t'	fS+mS, u'-u	U+T, o', fs'
Bodengruppe nach DIN 18196	SU*	SE/SU/SU*	TA
Bodenklasse nach DIN 18300	3-4	3	4
Bodenklasse nach DIN 18319	LBM 1	LNE 1 – LNE 3	LBM 1 - LBM 2
erdfeuchte Wichte γ_k	17-18 kN/m ³	17-19 kN/m ³	19-20kN/m ³
Wichte unter Auftrieb γ'_k	8-9 kN/m ³	9-11 kN/m ³	9-10 kN/m ³
Reibungswinkel ϕ'_k	28-30°	31-35°	17,5-22,5°
Kohäsion c'_k	1–3 kN/m ²	0 kN/m ²	15-25 kN/m ²
statischer Steifemodul $E_{s,k}$	6-9 MN/m	25–80 MN/m	12-18 MN/m ²
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB	F3	F1, F3	F3
Lagerungsdichte/Konsistenz	weich	locker, mitteldicht, dicht	weich-steif
Verdichtbarkeitsklasse ZTVA-StB	V 2 – V 3	V 1	V 3
undrÄnierte Scherfestigkeit $C_{u,k}$	30 -50 kN/m ²	0 kN/m ²	40-80 kN/m ²
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	ca. 1*10 ⁻⁷ m/s	3*10 ⁻⁵ - 1*10 ⁻⁴ m/s	ca. 1*10 ⁻¹⁰ m/s

7 HYDROGEOLOGISCHE ANGABEN UND BAUWASSERHALTUNG

Der oberflächennahe Schichtenaufbau wird entlang des 1. Abschnittes überwiegend durch bindige Kleiablagerungen und Torfe des Holozäns gebildet. Zwischen ca. km 0,900 und 6,700 und im äußersten Süden des 1. Abschnittes (ab ca. km 9,900) reichen die bindigen und organischen Deckschichten bis in eine Tiefe von mehr als 1,8 m u. GOK (max. 6,4 m). In den übrigen Bereichen stehen die holozänen Weichschichten bis max. 1,2 m u. GOK an oder sind nicht vorhanden. Die bindigen und organischen Schichten enthalten nur wenig freies Grundwasser in Form von Bodenfeuchte und Schichtenwasser.

Darunter schließen sich mit Ausnahme des Untersuchungspunktes RKS 27 (km 10,215) rollige Sande in Form von Wattsanden (nur bis ca. km 1,200) und hauptsächlich pleistozäne Fluss-, Schmelzwasser- sowie Beckensande an, die eine Mächtigkeit bis zu 50 m erreichen können. Durch Einschaltungen von kohäsiven Beckenablagerungen bzw. Grundmoränen kann der Hauptgrundwasserleiter in mehrere Stockwerke gegliedert sein.

Die oberirdischen Abflussverhältnisse werden neben dem „Zeteler Tief“ und der „Wopperkamper Bäke“ als „größeres Abzugssystem“ durch eine Vielzahl von kleinen Gräben geprägt.

Stau- und Schichtenwasser

Aufgrund der überwiegend flächenhaften Verbreitung von bindigen bzw. organischen, gering durchlässigen Ablagerungen der Küstenmarsch (Klei und Torf) bildet sich nach längeren Niederschlägen oberflächliches Stauwasser aus. Vereinzelt sandige Zwischenlagen innerhalb der bindigen Kleischichten führen Schichtenwasser, das teilweise leicht gespannt auftreten kann. In den Aufschlüssen RKS 3, RKS 4, RKS 8, RKS 12 bis RKS 15 sowie RKS 27 wurden die Marschablagerungen bis zur maximalen Bohrtiefe von 5 m nicht durchörtert. Die in diesen Untersuchungspunkten in den Bohrlöchern gemessenen Wasserstände liegen zwischen 1,1 und 2,2 m u. GOK (zwischen -0,01 und -2,45 m NHN) und sind auf ausgetretene Bodenfeuchtigkeit und einstauendes Schichtenwasser zurückzuführen.

Für das örtliche Stau- und Schichtenwasser können keine geometrisch exakten Bemessungswasserstände angegeben werden. Nach langen Niederschlägen, aber auch Starkregenereignissen ist jedoch von einem Einstau bis in Geländehöhe sowie in Senken auch ein lokaler temporärer Überstau möglich.

Hauptgrundwasser

Der Hauptgrundwasserleiter (Porengrundwasserleiter) im 1. Abschnitt besteht aus weichselzeitlichen Flusssanden, die i.d.R. ohne scharfe lithologische Trennung in älterer Schmelzwassersande der Saale-Kaltzeit übergehen sowie aus Becken- und Schmelzwassersanden der Elster-Kaltzeit. Im Bereich der Untersuchungspunkte RKS 1 und RKS 2 sind die dort anstehenden holozänen Wattsande ebenfalls dem Hauptgrundwasserleiter zuzuordnen.

Aufgrund der Überdeckung mit gering durchlässigen Klei- und Torfablagerungen ist die Oberfläche des Hauptgrundwasser im überwiegenden Teil des 1. Abschnittes gespannt.

Der Druckspiegel wurde in den Bohrlöchern zwischen 1,1 und 2,1 m u. GOK (zwischen 0,50 und -2,26 m NHN) gelotet.

Für die Ableitung von Bemessungsgrundwasserständen des mittleren Niedrig-Grundwasserstandes (MNW) und des höchsten Grundwasserstandes (HW) für den Hauptgrundwasserleiter wurden Haupttabellendaten der gewässerkundlichen Landesmessstellen (GLD-Messstellen) „Dykhausen“, „Zeteler Marsch“, „Steinhausen-B69“ und „Zetel-Badeanstalt“ zum Vergleich herangezogen. Da die Haupttabellen keinen expliziten Wert für den MNW angibt, kann dieser näherungsweise dem 30-jährigen Mittel für den Monat August gleichgesetzt werden, da in diesem Zeitraum i.d.R. die tiefsten Grundwasserstände eines Jahres auftreten. Ferner kann aufgrund der anhaltend trockenen Witterung davon ausgegangen werden kann, dass die in den einzelnen Bohrungen im Juli/August 2022 gemessenen/erfassten Grund- und Stauwasserstände sich bereits den tiefsten Grundwasserständen des Jahres annähern oder diese bereits erreichen. Für die Ableitung eines Wertes für den HW und den MNW in den einzelnen Trassenabschnitten wurde daher die Differenz zwischen dem HW und dem MNW der jeweiligen Bezugsmessstelle zugrunde gelegt und eine konservative Abschätzung der zu anzusetzenden Hauptwerte vorgenommen. Aufgrund der Entfernung der Referenzmessstellen zur Trasse von 1,5 km bis 2,5 km ist nur eine näherungsweise Abschätzung der Bemessungswerte möglich.

Die relevanten Angaben sind dem hygrogeologischen Streckenband im Anhang 1.4 zu entnehmen

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 Verlegung der Leitung innerhalb der Klei- bzw. Torfablagerungen ist mit Zustrom von Tag- und Stauwasser zu rechnen.

Bauzeitlich sind daher durchgängig Vorrichtungen zum sicheren Auffangen und Ableiten von Tag- und Stauwasser (offene Wasserhaltung) vorzuhalten und bei Bedarf zu betreiben. Aufgrund der baulich bedingten Ausdünnung der gering durchlässigen Deckschichten über gespanntem Grundwasser im nachfolgenden Hauptgrundwasserleiter werden streckenweise geschlossene Bauwasserhaltungsmaßnahmen zur Druckentlastung zum Schutze vor einem hydraulischen Grundbruch und Auftrieb erforderlich.

Bei der Verlegung der Transportleitung innerhalb wassergesättigter Sande sowie bei tieferen erdbaulichen Eingriffen, z.B. im Rahmen der Dükerungen und den geschlossenen Rohrvortriebenden, die bis in die Wattsande oder pleistozänen Sande hineinreichen, sind grundsätzlich 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

An 11 Positionen wurden die Rammkernsondierbohrungen (RKS) 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.

Aus acht der elf erstellten, temporären Messstellen konnte jeweils eine Grundwasserprobe zur chemisch-analytischen Untersuchung auf den Parameterumfang gemäß der Anforderung des Landkreises Friesland hinsichtlich der Einleitung gehoben Grundwassers in eine Vorflut vorgesehen werden. An fünf Wasserproben wurde zusätzlich die Korrosionswahrscheinlichkeit (Säurekapazität, Calcium, Sulfat, Chlorid) nach DIN 50929 untersucht. In drei der Rammpegel wurde kein Grundwasser in ausreichenden Umfang erfasst.

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

Tabelle 7 Zusammenfassende Ergebnisse der chemischen Grundwasseruntersuchungen im 1. Abschnitt, Landkreis Friesland

Parameter	Dimension	RKS 1	RKS 6	RKS 9	RKS 15
pH	-	7,0	n.b.	6,7	7,0
Säurekapazität	mmol/L	10	n.b.	3,7	8,3
Kalzium	mg/l	150	n.b.	130	210
Chlorid		4,9	18	27	2400
Sulfat		22	26	94	19
Eisen-gesamt		5,0	3,1	29	37
Eisen-II		4,9	2,8	7,7	0,21
Nitrat		<0,1	0,52	2,1	1,0
Nitrit		<0,02	<0,02	0,12	0,01
Ammonium		0,15	0,57	11	13
TOC		22	26	97	22
CSB		30	150	44	31

Parameter	Dimension	GW 17 (RKS 17)	RKS 20	RKS 23	RKS 26
pH	-	n.b	6,3	6,8	n.b.
Säurekapazität	mmol/L	n.b	1,7	9,9	n.b.
Kalzium	mg/l	n.b	30	190	n.b.
Chlorid		410	30	27	17
Sulfat		3,9	37	94	37
Eisen-gesamt		0,41	4,3	11	4,4
Eisen-II		0,41	0,069	7,8	2,0
Nitrat		<1,0	0,35	28	1,5
Nitrit		<0,05	0,21	0,89	0,03
Ammonium		2,6	0,10	0,026	0,097
TOC		160	26	12	24
CSB		mg/l O ₂	95	32	<15
n.b. = nicht bestimmt					

Die Probe aus dem Aufschluss RKS 15 weist mit erhöhten Chloridgehalten einen schwach brachi-halinen Charakter (brackisch) auf. Bei dem untersuchten Wasser handelt es sich hier um Schichtenwasser aus den hier über das gesamte Bohrprofil auftretenden Schlicksand.

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 Friesland und 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 Proben ergeben sich dabei folgende Einstufungen (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8 Einstufung der Korrosionswahrscheinlichkeiten für die untersuchten Grundwasserproben

Korrosions- wahrscheinlichkeit	RKS 1	RKS 9	RKS 15	RKS 20	RKS 23
Unterwasserbereich					
Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion	sehr gering	sehr gering	gering	gering	sehr gering
Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering
Wasser- / Luftgrenze					
Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion	sehr gering	gering	hoch	mittel	sehr gering
Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion	sehr gering	sehr gering	mittel	gering	sehr gering

8 BEURTEILUNG DES BAUGRUNDES, EMPFEHLUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG

Nach dem Ergebnis der Untersuchungen herrschen entlang des 1. Abschnittes inhomogene Baugrundverhältnisse vor. Sowohl im Tiefenniveau der geplanten Leitungssohle (1,8 bis 2,5 m u. GOK) als auch in der mittleren Unterquerungstiefe von 3,5 bis 5,0 m u. GOK (Düker und grabenlose Rohrvortriebe) wurden neben Klei- und Torfablagerungen holozäne (Wattsande) und pleistozäne Sande erfasst. Lokal wurden zudem schwach bindige Schlicksande (RKS 15) und Beckentone (RKS 27) erfasst.

Die holozänen Weichschichten aus Klei und Torf sind aufgrund der fehlenden Konsolidierung und des Wasserhaltevermögens als stark setzungsempfindlich und nicht verdichtungsfähig einzustufen. Diese wenig tragfähigen Schichten sind als Auflager für die Transportleitung als wenig bis nicht geeignet einzuordnen. Dort wird eine verformungsarme Bettung der Rohrsohle nur durch verbessernde Maßnahmen erreicht (s. Kapitel 8.1).

Die erfassten Watt-, Fluss-, Schmelzwasser- und Beckensande sind aufgrund der Kornzusammensetzung und der meist günstigen Lagerungsdichte als gut tragfähig einzustufen und stellen einen ausreichend tragfähigen Baugrund für die geplante Gasleitung dar.

Den nur lokal angetroffenen Schlicksand und Beckenton werden mäßige Tragfähigkeitseigenschaften zugeordnet. Unter der Maßgabe des Einziehens einer gering mächtigen Bettungsschicht sind diese Schichten für die Gründung der Rohrleitung geeignet.

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 1. Abschnittes werden seitens der Unterzeichner drei Gründungsvarianten empfohlen:

a) Anstehender Boden ist ausreichend tragfähig und als Bettungsschicht geeignet

In den nachfolgend aufgeführten Streckenabschnitten sind gemäß den ausgeführten Untersuchungen in der Gründungssohle (1,8 – 2,5 m u. GOK) der geplanten Gashochdruckleitung gut tragfähige Sande der Bodengruppe SU und SU* zu erwarten:

- km 0,000 bis km 0,900
- km 6,500 bis km 9,900

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 der Bohrung RKS 15 (km 5,144) wurden schwach bindige Schlicksande der Bodengruppe SU* ab 0,6 m u. GOK erfasst. Ferner stehen ab ca. km 10,000 bis 10,280 Beckentone direkt unter dem Klei an. In Abhängigkeit von der Lagenstärke des Kleis können dort die Rohrsohlen innerhalb des Beckentons zu liegen kommen.

Sowohl der Schlicksand als auch der Beckenton sind als mäßig und somit als ausreichend tragfähig einzustufen. Bei der Verlegung der Kanäle innerhalb der Schlicksande und der Beckentone 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 den nachfolgend aufgeführten Streckenabschnitten sind in der Gründungsebene (1,8 – 2,5 m u. GOK) der Gashochdruckleitung wenig und somit nicht ausreichend tragfähige holozäne Weichschichten aus Klei und Torf zu erwarten:

- km 0,900 bis km 6,500
- km 9,000 bis km 12,800.

Diese Weichschichten wurden dort bis in eine Tiefe zwischen 2,2 und 6,4 m erfasst.

Ein vollständiger Austausch dieser Schichten ist mit vertretbarem Aufwand nur in Bereichen mit einer max. Tiefe der Schichtunterkante von ca. 3,1 m möglich (RKS 7, RKS 9, RKS 10, RKS 16 und RKS 17).

Bei tiefer reichenden Weichschichten wird zur Schaffung einer gleichmäßigen Gründungssohle und zur Verringerung ungleichmäßiger Setzungen ein Teilboden-austausch der gering tragfähigen Schichten in einer Lagenstärke von mindestens 0,8 m unter den Rohrsohlen empfohlen. Als Bodenaustauschmaterial (Gründungspolster) ist ein gut verdichtungsfähiger Füllsand 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 GRK3 einzuschlagen. Die erste Austauschlage sollte lediglich statisch verdichtet werden. Anschließend kann hierauf bis zum Erreichen des Sohlplanums eine Bettungsschicht aus verdichtungsfähigem Sand unter äußerst umsichtiger Verdichtung aufgebracht werden. **Ein Eintrag jeglicher Verdichtungsenergie in die Torf- und Kleischichten ist zu vermeiden.**

Durch die lastverteilende Wirkung der eingeschlagenen Sandpolster werden Setzung minimiert und Setzungsunterschiede deutlich verringert. Diese Bauweise hat sich in der Region bereits bewährt.

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 Fluss- und Schmelzwassersande 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 Klei- und 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 1. Abschnittes ca. 18 grabenlose und 25 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 Herstellung der Transportleitung wird eine Vielzahl von Entwässerungsgräben und Verordnungsgewässern der 2. und 3. Ordnung sowie Straßen, Wege, Deiche und Fremdleitungen gekreuzt. Bei den Gewässern und Verkehrsflächen ist eine Überdeckungshöhe (Abstand zwischen Gewässersohle und Rohrscheitel) von 1,5 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 an ca. 25 Standorten 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 (verdohlt) oder umgepumpt.

Die Dükersohlen werden zwischen 3,5 und 5,0 m u. GOK zu liegen kommen. Für den 1. Abschnitt werden seitens der Unterzeichner analog den Ausführungen für die Regelverlegung der Leitung (Kapitel 8.1) drei 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 Sande der Bodengruppe SU und SU* zu erwarten:

- km 0,000 bis km 1,200
- km 3,000 bis km 3,500
- km 3,900 bis km 4,600
- km 5,500 bis km 9,900

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 der Bohrung RKS 15 (km 5,144) wurden schwach bindige Schlicksande der Bodengruppe SU* ab 0,6 m bis zur max. Bohrtiefe von 5,0 u. GOK erfasst. Ferner stehen ab ca. km 9,900 bis 10,280 Beckentone direkt unter dem Klei an. Die Oberkante des Beckentons wurde in der RKS 27 bei 3,8 m u. GOK erfasst. Sowohl der Schlicksand als auch der Beckenton sind als mäßig und somit als ausreichend tragfähig einzustufen. Bei der Verlegung der Kanäle innerhalb der Schlicksande und der Beckentone 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 den nachfolgend aufgeführten Streckenabschnitten sind in der Gründungsebene der Düker wenig und somit nicht ausreichend tragfähige holozäne Weichschichten aus Klei und Torf zu erwarten:

- km 1,200 bis km 3,000
- km 3,500 bis km 3,900
- km 4,600 bis km 5,500.

Diese Weichschichten wurden dort bis in eine Tiefe zwischen 4,7 und 6,4 m erfasst.

Ein vollständiger Austausch dieser Schichten ist mit vertretbarem Aufwand nur in Bereichen mit einer max. Tiefe von 1,0 m unter der Gründungssohle möglich.

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. Als Bodenaustauschmaterial (Gründungspolster) ist ein gut verdichtungsfähiger Füllsand der Bodengruppe SE bzw. SW in zwei Lagen einzubauen. Weiter Ausführungen zur Schaffung des Gründungspolsters sind im Kapitel 8.1 enthalten.

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

9.2 Grabenlose Bauweise

Bei den grabenlosen (geschlossenen) Querungen von Gewässern, Deichen und Straßen 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. 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 m vorgesehen.

Abhängig von der Stationierung und der Unterquerungstiefe werden bei dem horizontalen Vortriebsverfahren rollige, mitteldicht gelagerte Sande, bindige Klei-, Schlicksand- und Beckentonsedimente sowie schwach zersetzte Torfe durchfahren (s. Streckenband im Anhang 1.3).

Die Rohrvortriebe werden sich sowohl in feuchten, bindigen und organischen Bodenhorizonten, die wenig freies Grundwasser aufweisen, als auch in vollständig wassergesättigten Sanden mit gespanntem Grundwasser bewegen. Geogene Hindernisse sind in den holozänen und pleistozänen Ablagerungen nicht zu erwarten.

Das projektierte Verfahren zur grabenlosen Verlegung der Transportleitung sind für die angetroffenen Untergrundverhältnisse aus Sicht der Unterzeichner geeignet. Aufgrund der Lage der Bohrkanäle z. T. in wassergesättigten Sanden werden dort Zusatzmaßnahmen in Form Grundwasserabsenkungen entlang des Bohrkanals bzw. des Einsatzes von speziellen Abbauwerkzeugen erforderlich. 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 (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 bzw. Pressbohrungen in Abhängigkeit von den durchörterten Böden die nachfolgend aufgeführten Setzungen:

- | | |
|--------------------------------|-------------|
| – mitteldichte Sande | S = 0,68 cm |
| – Klei, breiig weich bis weich | S = 1,09 cm |
| – Torf | S = 1,37 cm |
| – Beckenton, weich-steif | S = 0,96 cm |

Aufgrund der insgesamt geringen 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.

Des Weiteren sind im Verlauf der gesamten Leitungstrasse 12 gesteuerte Horizontalbohrungen (HDD-Verfahren) vorgesehen. Für diese Unterquerungen werden gesonderte Untersuchungen und geotechnische Berichte erstellt.

10 UMGANG MIT SULFATSAUREN UND POTENZIELL SULFATSAUREN BÖDEN

Nach den vorliegenden Daten des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) stehen im Bereich der geplanten Leitungstrasse potenziell sulfatsaure sowie sulfatsaure Böden in Form von jungen Marschablagerungen (Klei und Torf) an. Entlang des 1. Abschnittes sind die folgenden Streckenabschnitte betroffen:

- km 0,000 bis km 6,100
- km 8,600 bis km 10,280.

Diese Böden reagieren bei der Anwesenheit von Luftsauerstoff mit absinkenden pH-Werten infolge der Zersetzung von natürlich entstandenen Sulfiden. Im natürlichen Verband und unter Luftabschluss kommt es nicht zur Versauerung, erst der anthropogene Eingriff durch Erdbau oder Grundwasserabsenkung setzt den Prozess in Gang. Die Auswirkungen der Versauerung können das Pflanzenwachstum beeinträchtigen, Schwermetalle freisetzen und Korrosion auslösen. Außerdem kann das Grundwasser beeinträchtigt werden. Daher wurden analytische Untersuchungen zur Feststellung des Versauerungspotentials an ausgewählten Proben vorgenommen. Die für eine PASS-Analyse exemplarisch ausgewählten Proben sowie Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sind in der Tabelle 9 dargestellt. Die Originalprotokolle des chemischen Laboratoriums finden sich in Anhang 4.2

Tabelle 9 Analysenergebnisse der Bodenuntersuchungen

Probenbezeichnung		RKS 2/2	RKS 5/2	RKS 7/3	RKS 9/3
Entnahmetiefe [m u. GOK]		1,0-1,7	1,0-2,0	1,0-1,8	1,6-2,6
Parameter	Dimension	Feststoff			
Säureneutralisierungskapazität; SNK_T	mmol/kg	680	510	1.200	1.800
Säurebildungspotential; SBP_{CRS}	mmol/kg	<3	<3	<3	65
Netto-Säureneutralisierungskapazität; SNK_N	mmol/kg	+680	+510	+1.200	+1.725
		Eluat			
pH-Wert	-	8,1	8,1	8,1	7,4
elektrische Leitfähigkeit	$\mu S/cm$	75	163	215	613
Chlorid	$\mu g/l$	380	2.300	2.800	110.000
Probenbezeichnung		RKS 11/4	RKS 14/2	RKS 27/4	
Entnahmetiefe [m u. GOK]		1,9-2,9	0,6-1,6	1,2-2,2	
Parameter	Dimension	Feststoff			
Säureneutralisierungskapazität; SNK_T	mmol/kg	530	1.100	260	
Säurebildungspotential; SBP_{CRS}	mmol/kg	84	58	<3	
Netto-Säureneutralisierungskapazität; SNK_N	mmol/kg	+446	+1.042	+260	
		Eluat			
pH-Wert	-	5,9	7,8	7,2	
elektrische Leitfähigkeit	$\mu S/cm$	804	260	104	
Chlorid	$\mu g/l$	250.000	15.000	340	

Keine der sieben untersuchten Proben wurden als potenziell sulfatsauer eingestuft.

Beurteilung und Folgen für die Bauausführung

Die Bohraufschlüsse und die ausgeführten Analysen geben Auskunft über die lokalen Verhältnisse. Dort konnten jeweils keine sulfatsauren oder potenziell sulfatsauren Böden festgestellt werden. Dennoch verläuft die Trasse in den Abschnitten km 0,000 bis km 6,100 und km 8,600 bis km 10,280 durch ein Gebiet, in dem mit Versauerung der Böden zu rechnen ist.

Im Rahmen der bodenkundlichen Baubegleitung ist in diesem Bereich besondere Aufmerksamkeit auf mögliches kleinräumiges Auftreten von potenziell sulfatsauren Böden zu legen.

Bei der Bauausführung ist auf eine schichtgerechte Aufnahme und den kurzfristigen Wiedereinbau im Grundwasserschwankungsbereich zu achten.

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, 26.10.2022

RP Geolabor und Umweltservice GmbH

Bearbeiter:
Dipl.-Geol. Robert Rapp

Prepens

ppa. Rapp

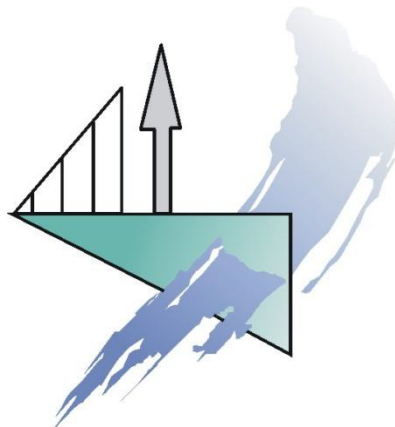
Anhang 1

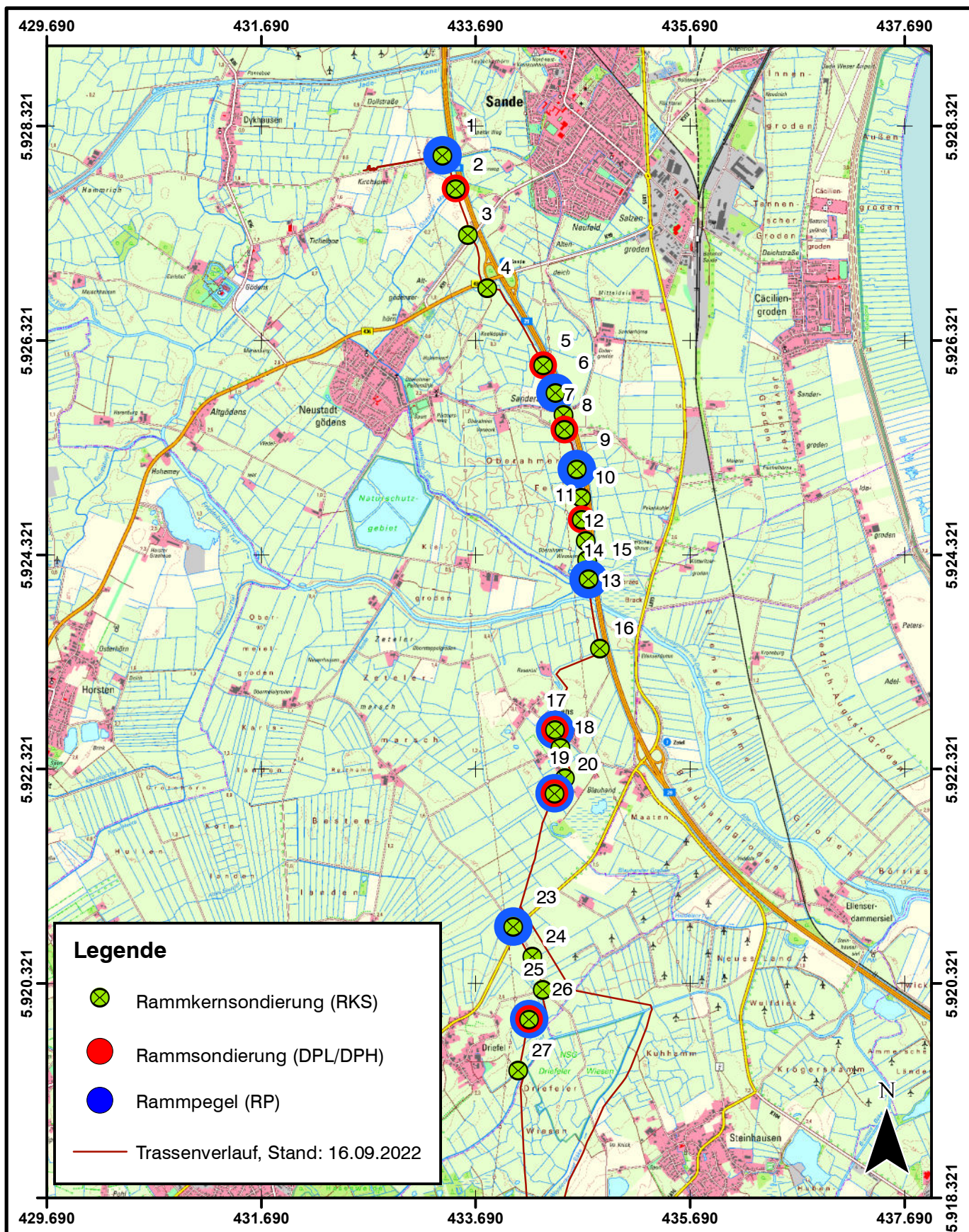
Karten und Streckenbänder

Anhang 1.1

Lageplan der Baugrundaufschlüsse

(Maßstab 1: 50.000)





Anhang 1.1

Geotechnisches Streckengutachten
Neubau Gasanbindung
Wilhelmshaven - Leer (GWL)
Baulos 1: Sande - Westerstede, 1. Abschnitt

Lage der Bohraufschlüsse (Übersicht)

Projektnummer: 06-5765
Maßstab: 1:50.000

erstellt: 23.09.2022
Lukas Tönnies



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

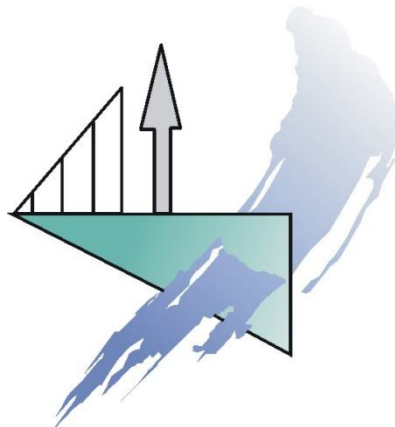


Anhang 1

Karten und Streckenbänder

Anhang 1.2

Koordinatenverzeichnis der Aufschlusspunkte



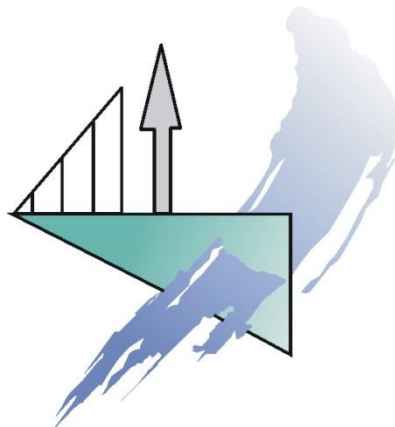
Position	Aufschlüsse	UTM Zone 32 N		Höhe [m NHN]
		Rechtswert	Hochwert	
1	RKS 1 + RP 1	433380,31	5928049,04	1,31
2	RKS 2 + DPH 2 + RP 2	433502,21	5927737,08	0,69
3	RKS 3	433616,00	5927306,00	1,25
4	RKS 4 + RP 4	433796,22	5926808,97	1,17
5	RKS 5 + DPH 5	434317,17	5926090,21	0,89
6	RKS 6 + RP 6	434432,29	5925832,77	0,87
7	RKS 7	434506,98	5925628,27	1,05
8	RKS 8 + DPH 8	434516,65	5925489,15	1,43
9	RKS 9 + RP 9	434633,06	5925119,05	-0,16
10	RKS 10	434672,89	5924851,97	-0,56
11	RKS 11 + DPL 11	434678,05	5924650,92	-0,44
12	RKS 12	434714,04	5924453,03	-0,80
13	RKS 13 + RP 13	434728,00	5924275,96	-0,25
14	RKS 14 + DPL 14	434739,05	5924134,92	-0,61
15	RKS 15 + RP 15	434743,01	5924091,02	-0,52
16	RKS 16	434848,07	5923443,90	0,31
17	RKS 17 + DPH 17 + RP 17	434428,06	5922687,10	2,02
18	RKS 18	434480,02	5922522,02	1,89
19	RKS 19	434519,46	5922240,05	1,95
20	RKS 20 + DPL 20 + RP 20	434423,74	5922093,26	1,33
23	RKS 23 + RP 23	434038,00	5920851,00	1,20
24	RKS 24	434217,00	5920574,00	1,33
25	RKS 25	434312,00	5920265,00	1,17
26	RKS 26 + DPH 26 + RP 26	434186,68	5919990,37	1,60
27	RKS 27	434086,58	5919510,28	1,59

Anhang 1

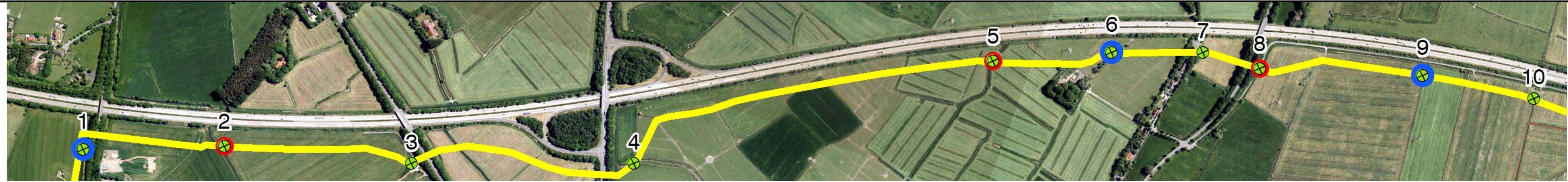
Karten und Streckenbänder

Anhang 1.3

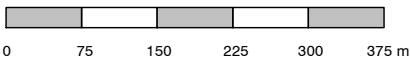
Baugrundgeologisches Streckenband



Norden



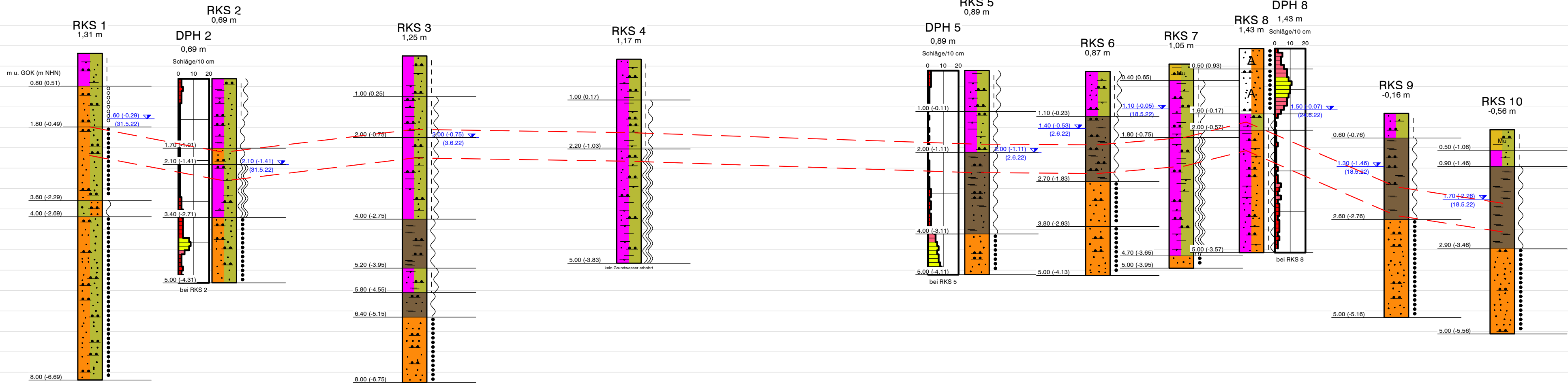
Süden



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

Höhenangaben m GOK (m NHN)

m NHN



Legende

- steif
- weich - steif
- weich
- breiig - weich
- locker
- mitteldicht
- Schluff (U)
- Sand (S)
- Feinsand (fS)
- Mittelsand (mS)
- Torf (H)
- Mutterboden (Mu)
- Auffüllung (A)
- Klei (Kl)

Stationierungs-km		0,730	1,104	1,561	2,113	3,050	3,349	3,550	3,700	4,085	4,360
Homogen- bereich	1,8-2,5 m u. GOK	Sand	Klei				Klei / Torf	Torf	Klei	Torf	
	3,5-5,0 m u. GOK	Sand		Torf		Klei	Sand		Klei/ Sand	Sand	
Gründungs- maßnahmen	1,8-2,5 m u. GOK	keine	ca. 0,8 m starkes Gründungspolster							vollständiger Austausch des Torfes	
	3,5-5,0 m u. GOK	keine		ca. 0,8 m starkes Gründungspolster			keine		ca. 0,8 m starkes Gründungspolster		keine
Wasser- haltung	1,8-2,5 m u. GOK	geschlossen	offen + Druckentlastung	offene Bauwasserhaltung				offen + Druckentlastung	offene Bauwasserhaltung		offen + Druckentlastung
	3,5-5,0 m u. GOK	geschlossene Bauwasserhaltung		offene Bauwasserhaltung + Druckentlastung			geschlossene Bauwasserhaltung		offen + Druckentlastung		geschlossene Bauwasserhaltung



Geolabor und Umweltservice GmbH

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

Bauvorhaben:

Geotechnisches Streckengutachten
GWL Baulos 1, 1. Abschnitt

Planbezeichnung:

Baugrundgeologisches
Streckenband Blatt 1

Projekt-Nr. 06-5765

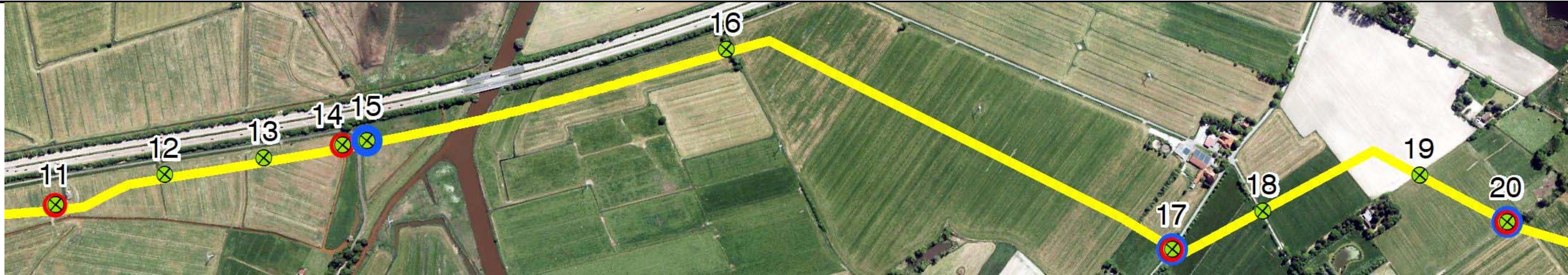
Anhang 1.3

Datum: September 2022

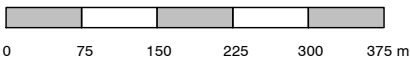
Höhe 1:75, Länge 1:7.500

Bearbeiter: Herr Rapp

Norden

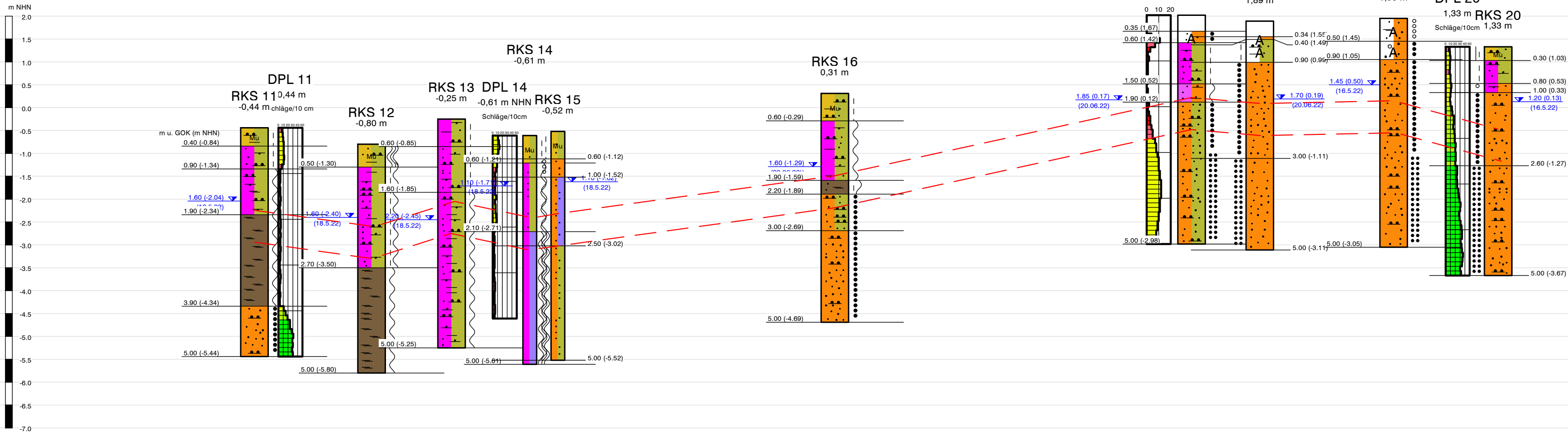


Süden



- 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) Höhenangaben m GOK (m NHN)



Legende

- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- breiig - weich
- locker
- mitteldicht
- dicht
- Ton (T)
- Schluff (U)
- Sand (S)
- Feinsand (fS)
- Mittelsand (mS)
- Grobsand (gS)
- Torf (H)
- Mutterboden (Mu)
- Auffüllung (A)
- Mudde (Md)
- Klei (Kl)

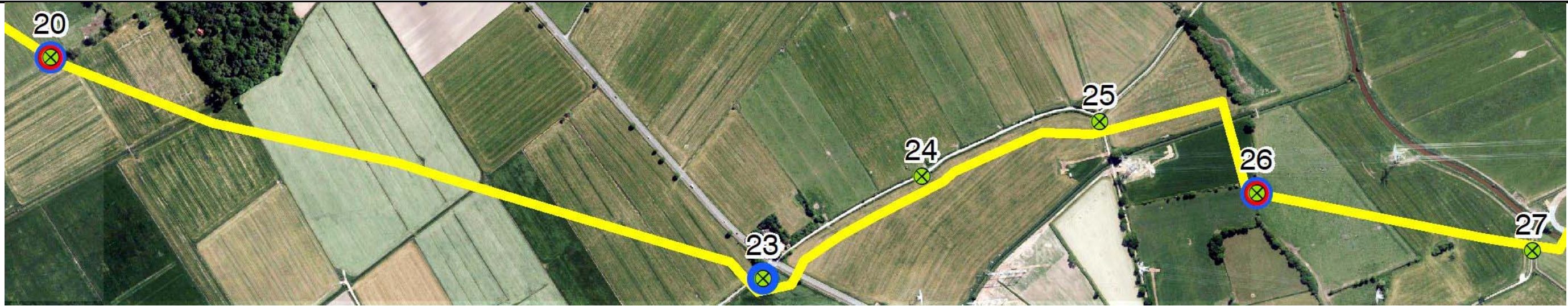
Stationierungs-km		4,575		4,766		4,942		5,092		5,144		5,822		6,661		6,839		7,163		7,338	
Homogen-bereich	1,8-2,5 m u. GOK	Torf	Klei			Schlicksand		Klei / Sand				Sand									
	3,5-5,0 m u. GOK	Sand	Torf	Klei		Schlicksand		Sand													
Gründungs-maßnahmen	1,8-2,5 m u. GOK	ca. 0,80 m starkes Gründungspolster					Bettungsschicht		vollständiger Ausbau des Kleis				keine								
	3,5-5,0 m u. GOK	keine	ca. 0,80 m starkes Gründungspolster				Bettungsschicht		keine												
Wasser-haltung	1,8-2,5 m u. GOK	offene Bauwasserhaltung						geschlossene Bauwasserhaltung													
	3,5-5,0 m u. GOK	geschlossen	offene Bauwasserhaltung + Druckentlastung						geschlossene Bauwasserhaltung												



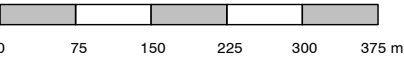
Geolabor und Umweltservice GmbH
Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg
Tel. 04471 - 93 29 122, Fax 04471 - 947580

Bauvorhaben:	Projekt-Nr. 06-5765
Geotechnisches Streckengutachten GWL Baulos 1, 1. Abschnitt	Anhang 1.3
Planbezeichnung:	Datum: September 2022
Baugrundgeologisches Streckenband Blatt 2	Höhe 1:75, Länge 1:7.500
	Bearbeiter: Herr Rapp

Norden

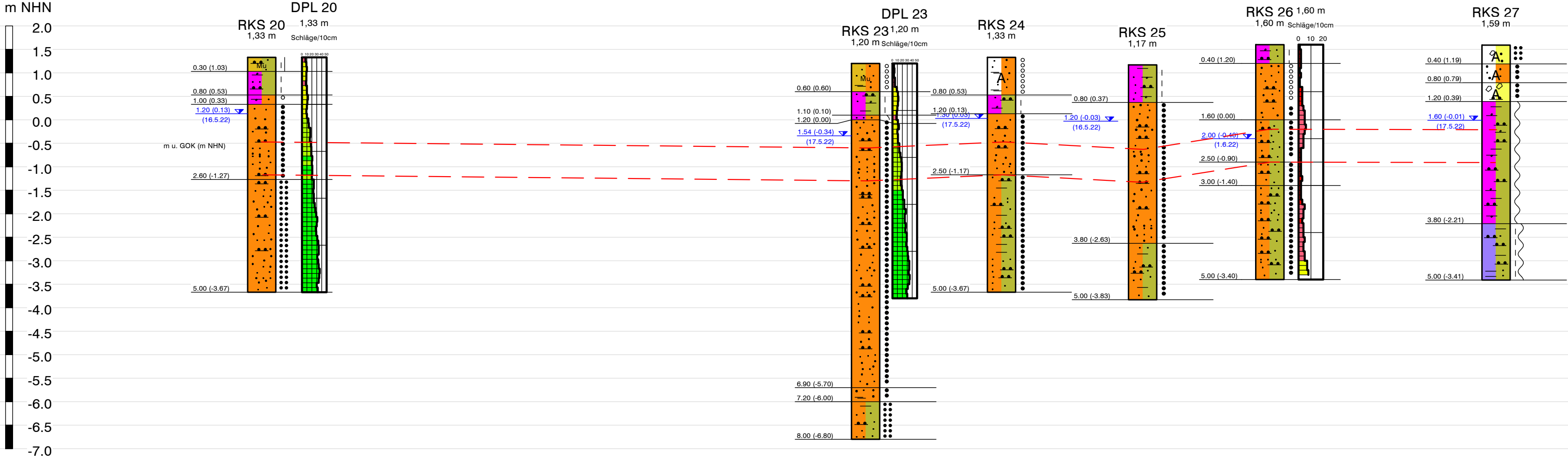


Süden



- 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) Höhenangaben m GOK (m NHN)



Legende

- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- locker
- mitteldicht
- dicht
- Ton (T)
- Schluff (U)
- Sand (S)
- Feinsand (fS)
- Mittelsand (mS)
- STEINE (X)
- Steine (X)
- Torf (H)
- Mutterboden (Mu)
- Auffüllung (A)
- Klei (KI)

Stationierungs-km		7,338	8,654	9,000	9,320	9,720	10,215
Homogen-bereich	1,8-2,5 m u. GOK	Sand				Klei	
	3,5-5,0 m u. GOK	Sand				Beckenton	
Gründungs-maßnahmen	1,8-2,5 m u. GOK	keine				Bettungsschicht	
	3,5-5,0 m u. GOK	keine				Bettungsschicht	
Wasser-haltung	1,8-2,5 m u. GOK	geschlossene Bauwasserhaltung				offene Bauwasserhaltung	
	3,5-5,0 m u. GOK	geschlossene Bauwasserhaltung				offene Bauwasserhaltung	



Geolabor und Umweltservice GmbH

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

Bauvorhaben:

Geotechnisches Streckengutachten
GWL Baulos 1, 1. Abschnitt

Planbezeichnung:

Baugrundgeologisches
Streckenband Blatt 3

Projekt-Nr. 06-5765

Anhang 1.3

Datum: September2022

Höhe 1:75, Länge 1:7.500

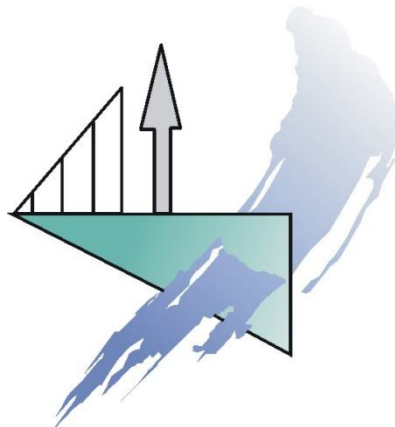
Bearbeiter: Herr Rapp

Anhang 1

Karten und Streckenbänder

Anhang 1.4

Hydrogeologisches Streckenband



Anhang 1.4 Hydrogeologisches Streckenband

Position	1	2	3 - 4	5 - 7	8	9 - 11	12 - 15	16 - 17	18 - 20 und 23	24 - 26	27
Stationierungs-km (interpoliert)	0,000 - 0,900	0,900 - 1,200	1,200 – 2,800	2,800 - 3,600	3,600 - 3,800	3,800 - 4,650	4,650 – 5,400	5,400 – 6,750	6,750 – 8,800	9,000 – 9,900	9,900-10,280
	Hydrogeologische Verhältnisse										
Unterkante bindiger Deckschichten [m u. GOK]	1,0	3,4	>6	2,7 -4,7	> 5	2,6 - 3,9	> 5	1,9 - 2,2	≤ 1	≤ 1	> 5
erbohrter Grundwasserstand [m u. GOK / m NHN]	1,6 / -0,29	2,1 / -1,41	2,0 / -0,75	1,4 bis 2,0 / -0,53 bis -1,11	Stauwasser 1,5 / -0,07	1,3 bis 1,7 / -1,46 bis -2,26	Schichtenwasser 1,1 bis 2,2 / -1,62 bis -2,45	1,6 bis 1,85 / 0,17 bis -1,29	1,2 bis 1,7 / 0,5 bis -0,34	1,3 bis 2,0 / 0,03 bis -0,4	Schichten- wasser 1,6 / -0,01
Grundwasserleiter im Tiefenbereich 1,8 - 2,5 m u. GOK	P	S	S	S	S	S / P	S	S / P	S / P	S / P	S
Grundwasserleiter im Tiefenbereich 4 - 5 m u. GOK		P		P		P		P	P	P	
Ausbildung der Grund- wasseroberfläche im Porengrundwasserleiter P ungespannt = 1, gespannt = 2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2
	Bemessungswasserstände										
Zugeordnete GLD- Messstelle mit MNW (abgeleitet aus 30-jährigem Mittel Monat August u. September) und HW 1999 bis 2019 [m NHN]	Dykhausen MNW ≈ -0,21 / HW ≈ 0,40					Zeteler Marsch MNW ≈ 0,36 / HW ≈ 0,93				Zetel-Badeanstalt MNW ≈ 2,65 / HW ≈ 3,44	
Abgeschätzter MNW und HW für das Hauptgrundwasser auf der Basis der nächst- gelegenen GLD- Messstelle [m NHN]	MNW ≈ -0,2 / HW ≈ 0,5		MNW ≈ -0,8 / HW ≈ 0,5			MNW ≈ -1,5 / HW ≈ -0,5		MNW ≈ -1 bis 0 / HW ≈ 0 bis 1,0	MNW ≈ 0 bis 0,5 / HW ≈ 0,8 bis 1,2	MNW ≈ 0,3 / HW ≈ 1,0	MNW ≈ 0,5 / HW ≈ 1,2
	Bauwasserhaltungsmaßnahmen und k _f -Werte										
Maßnahmen Leitungsbau bis -2,5 m u. GOK	GW	OW / DE	OW	OW / DE	OW	OW / DE	OW	OW / GW	GW	GW	OW
Maßnahmen Düker / Pressung bis -5 m u. GOK		GW		GW		GW		GW	GW	GW	
k _f -Wert bis -2,5 m u. GOK (Abschätzung aus Bohrprofilen und Kornverteilungen)	~3 x 10 ⁻⁵ m/s	< 1 x 10 ⁻⁷ m/s	< 1 x 10 ⁻⁷ m/s	< 1 x 10 ⁻⁷ m/s	< 1 x 10 ⁻⁶ m/s	~8 x 10 ⁻⁵ m/s	< 1 x 10 ⁻⁷ m/s	~6 x 10 ⁻⁵ m/s		~5 x 10 ⁻⁵ m/s	< 1 x 10 ⁻⁷ m/s
k _f -Wert -2,5 bis -5 m u. GOK (Abschätzung aus Schichtenverzeichnissen und Kornverteilungen)	~5 x 10 ⁻⁵ m/s			~5 x 10 ⁻⁵ m/s							

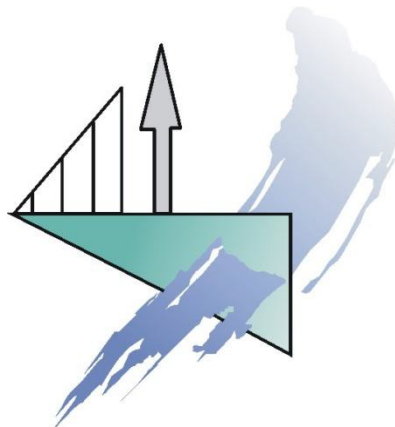
- S = Stau- und Schichtwasser-leiter mit geringer Durchlässigkeit
- P = Porengrundwasserleiter mit guter Durchlässigkeit
- OW = offene Bauwasserhaltung zu Auffangen und Ableiten von Schichten-/Stauwasser und Tagwasse;
- DE = geschlossene Bauwasserhaltung zur Druckentlastung gespannten Grundwassers im 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

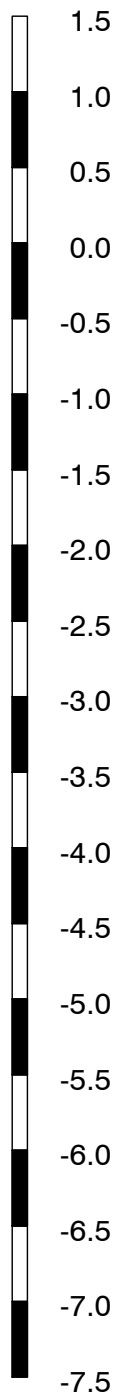
Bohrprofile der Rammkernsondierungen gemäß DIN 4023



RKS 1

1,31 m NHN

m NHN



-0.29
(31.5.22)

RKS 1/1 □ 0.80 0.51

RKS 1/2 □ 1.80 -0.49

RKS 1/3 □ 2.50

RKS 1/4 □ 3.60 -2.29

RKS 1/5 □ 4.00 -2.69

RKS 1/6 □ 6.00

RKS 1/7 □ 8.00 -6.69

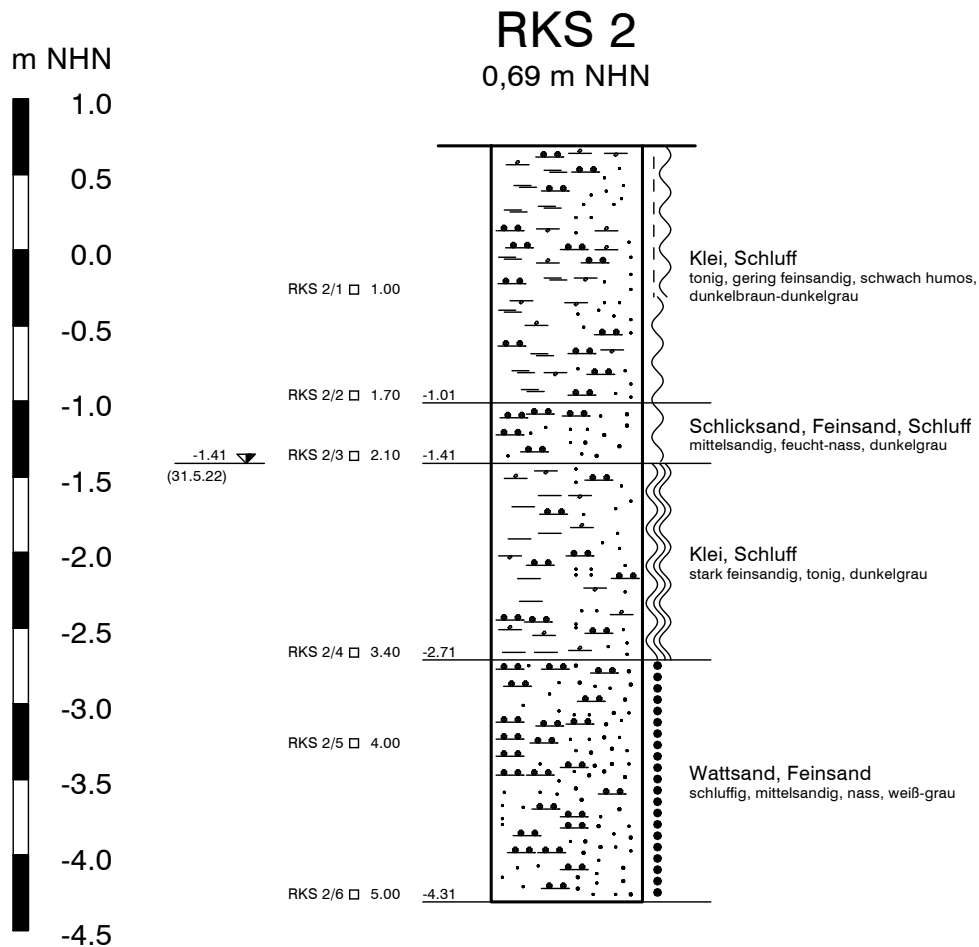
Klei, Schluff
tonig, feinsandig, schwach humos, braun-grau

Wattsand, Feinsand
stark schluffig, feucht-nass, weißgrau-grau

Wattsand, Feinsand
schluffig, schwach mittelsandig, nass,
grau

Schlicksand, Schluff, Sand
dunkelgrau

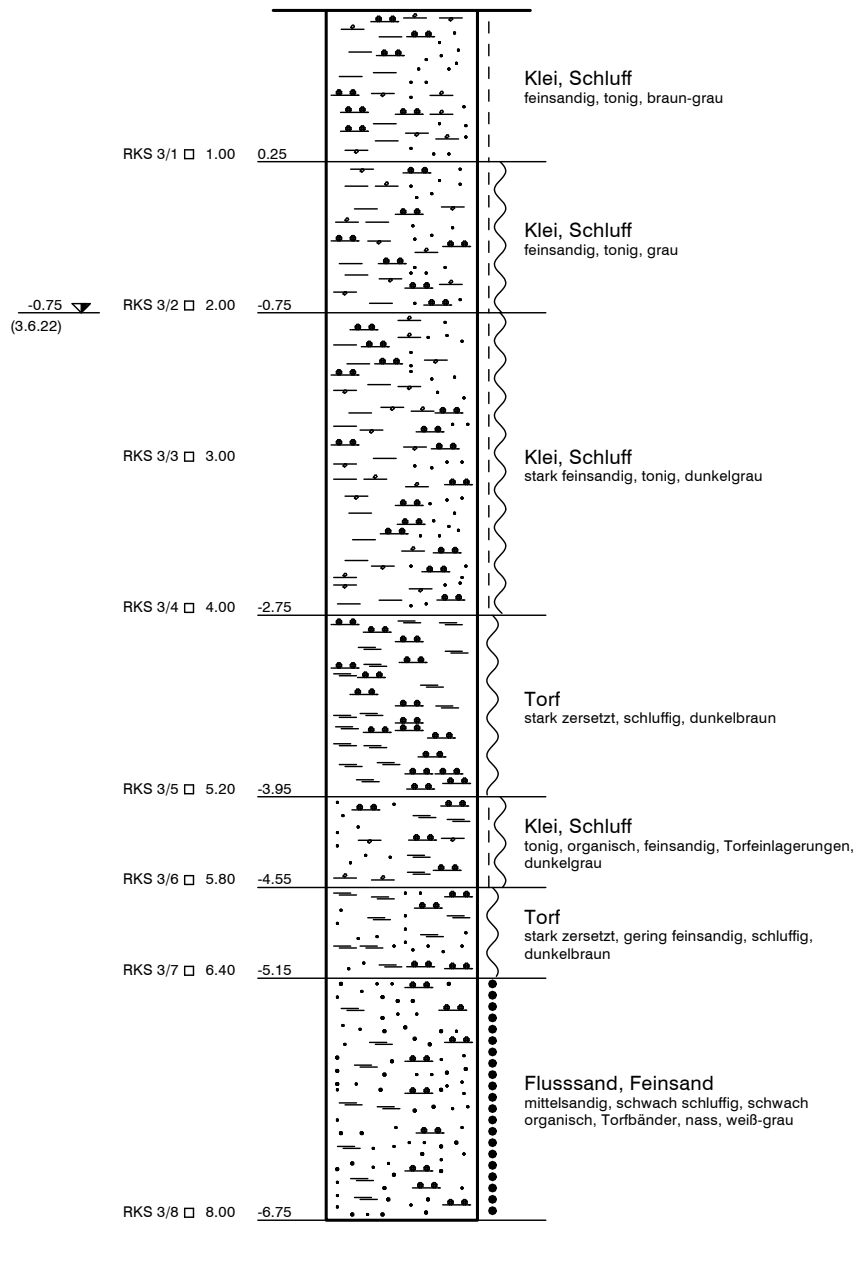
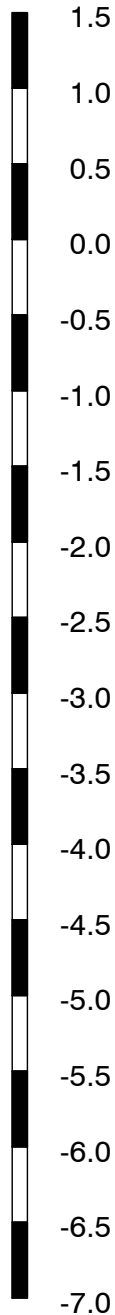
Wattsand, Feinsand
schwach schluffig, schwach mittelsandig,
nass, weißgrau-grau



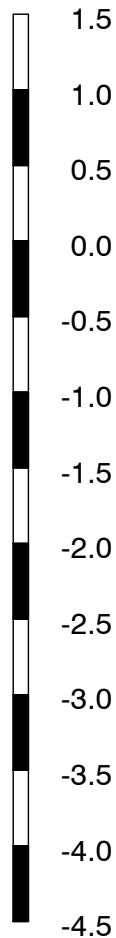
RKS 3

1,25 m NHN

m NHN

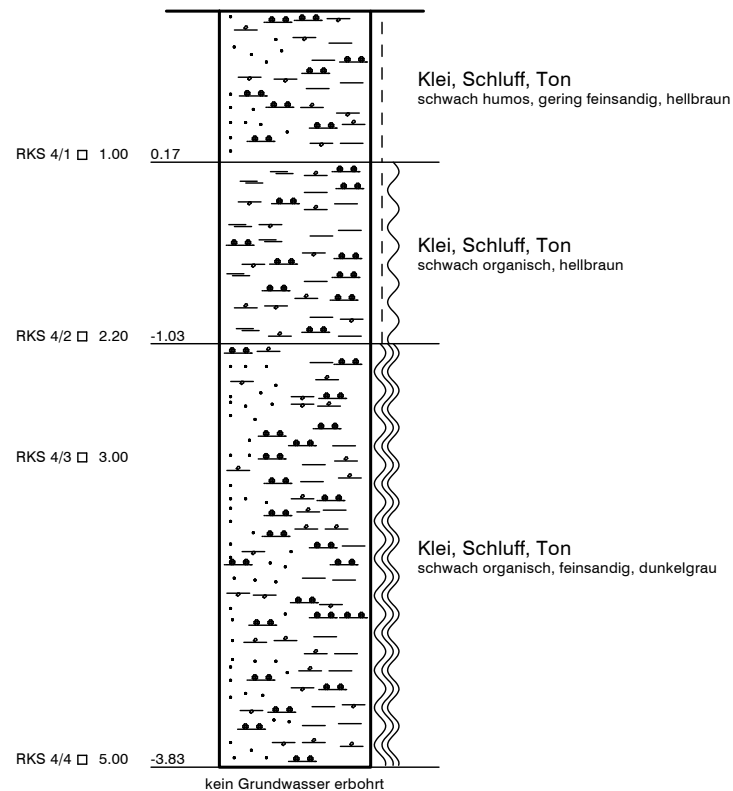


m NHN



RKS 4

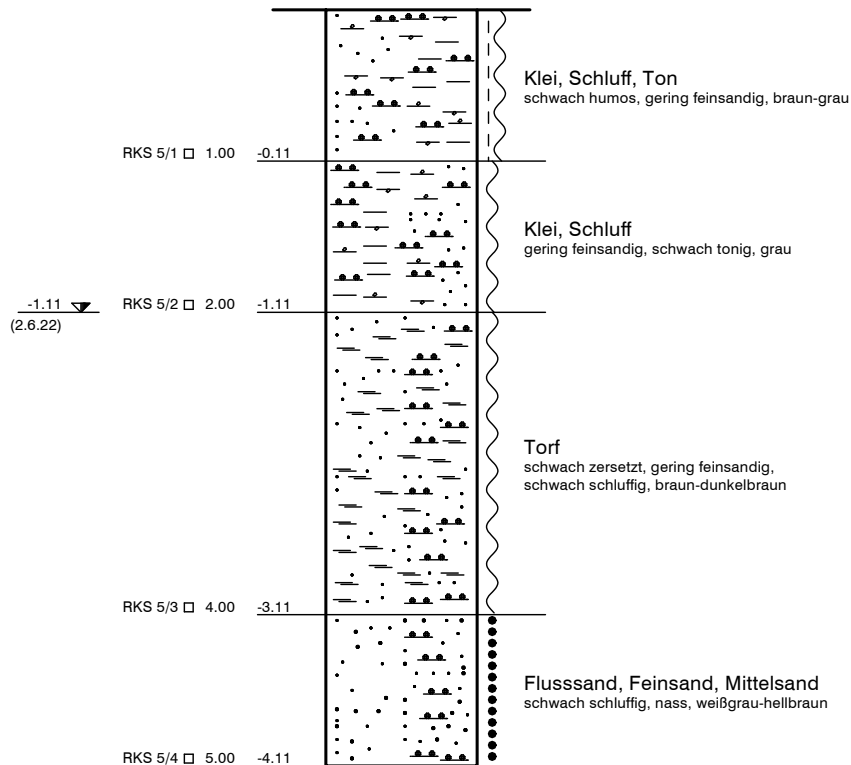
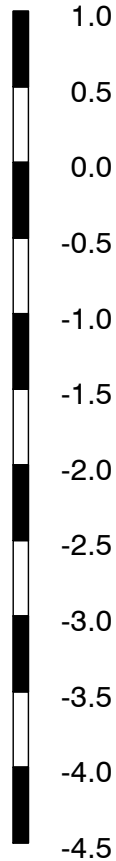
1,17 m NHN



RKS 5

0,89 m NHN

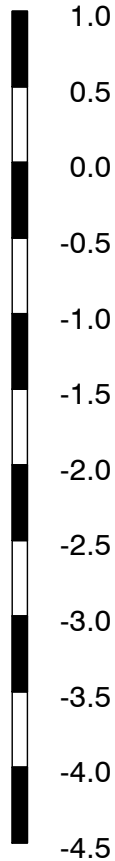
m NHN



RKS 6

0,87 m NHN

m NHN



-0.53
(2.6.22)

RKS 6/1 □ 1.10

-0.23

RKS 6/2 □ 2.70

-1.83

RKS 6/3 □ 3.80

-2.93

RKS 6/4 □ 5.00

-4.13

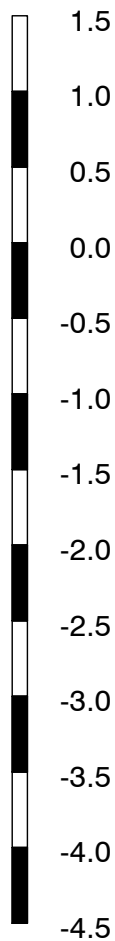
Klei, Schluff, Ton
schwach humos, feinsandig, braun-grau

Torf
schwach zersetzt, schluffig, gering
feinsandig, braun

Flusssand, Feinsand
mittelsandig, schwach schluffig, nass,
hellbraun

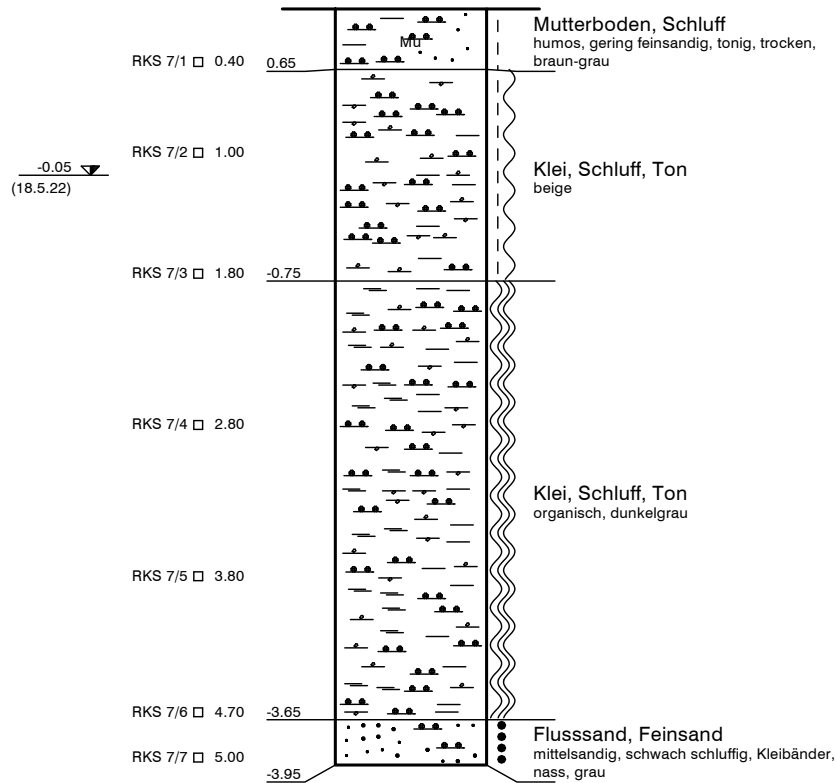
Flusssand, Feinsand
schwach mittelsandig, schwach schluffig,
nass, weiß-grau

m NHN



RKS 7

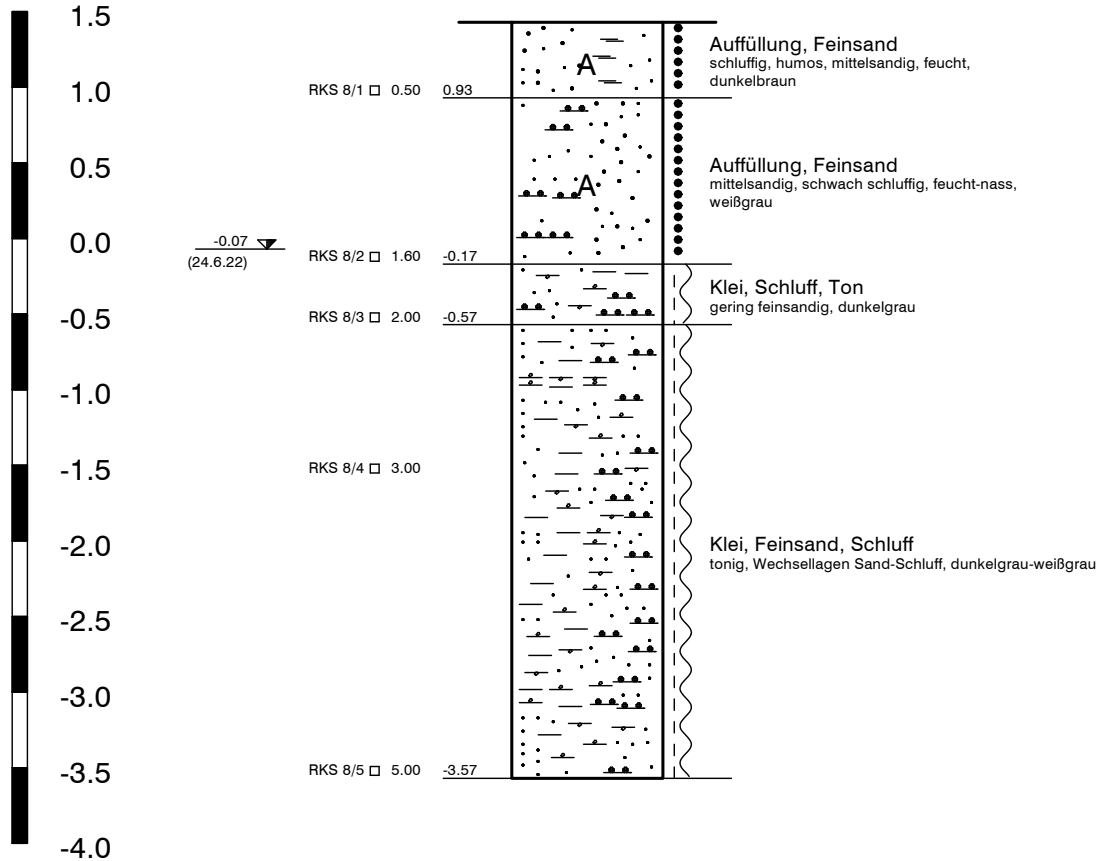
1,05 m NHN



RKS 8

1,43 m NHN

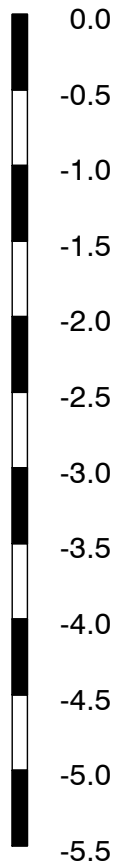
m NHN



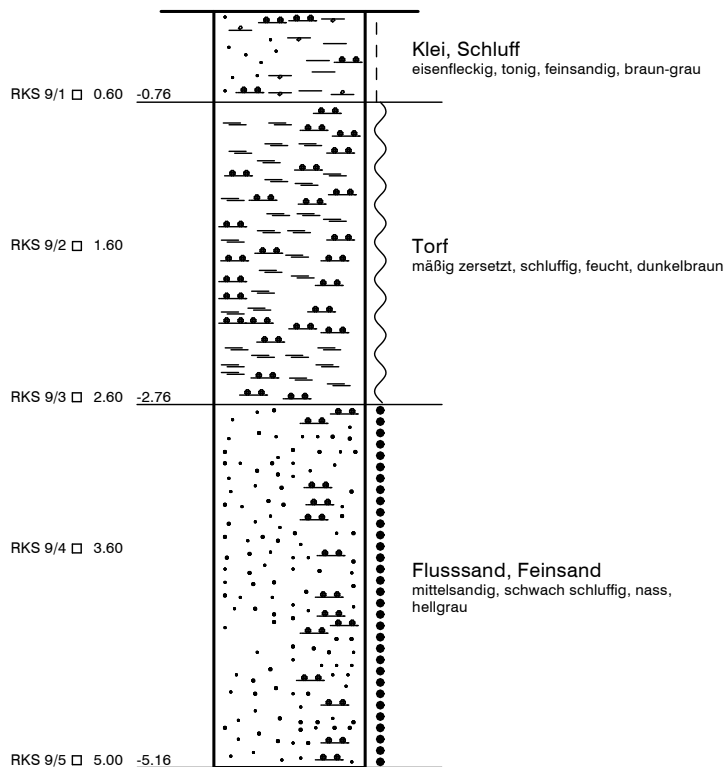
RKS 9

-0,16 m NHN

m NHN



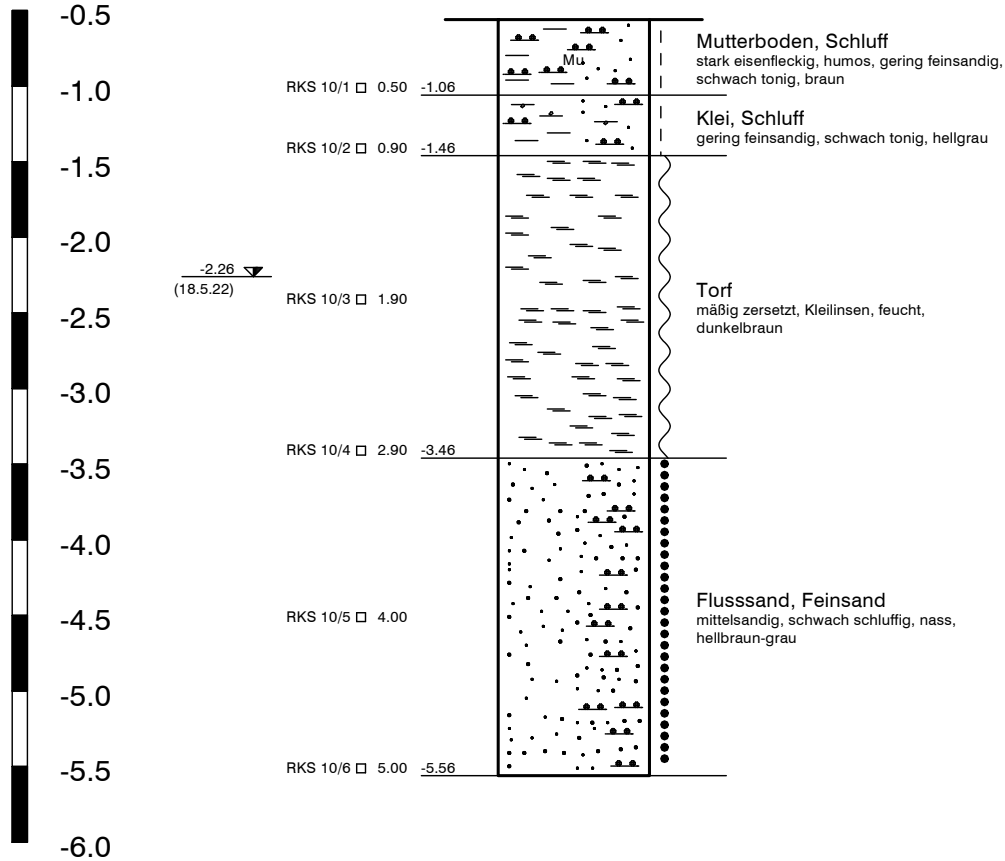
-1.46
(18.5.22)



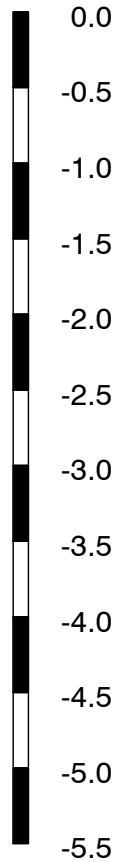
RKS 10

-0,56 m NHN

m NHN

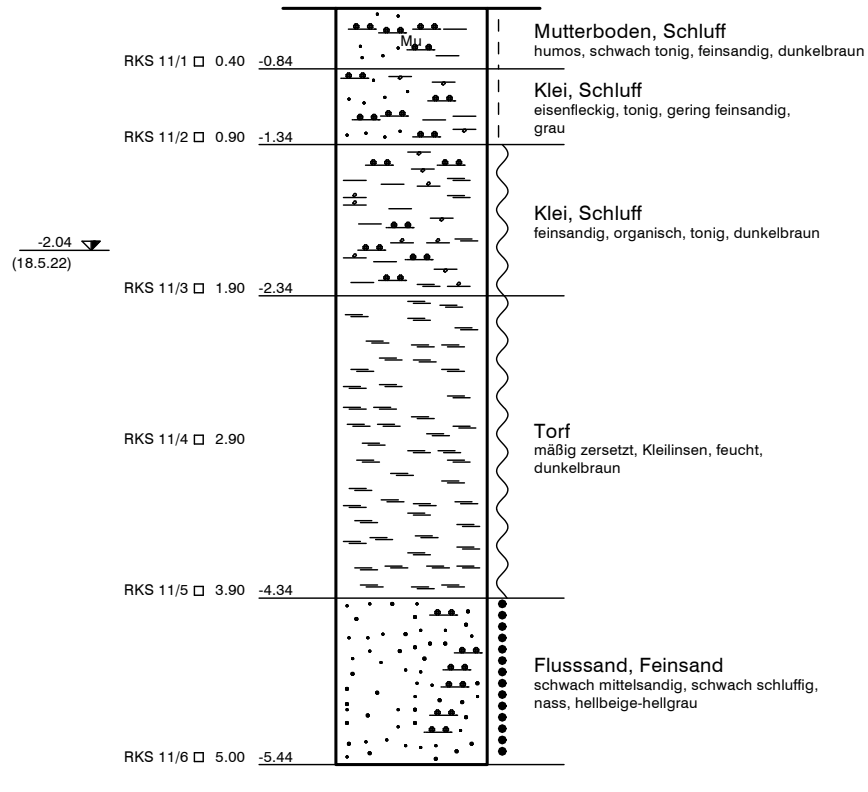


m NHN

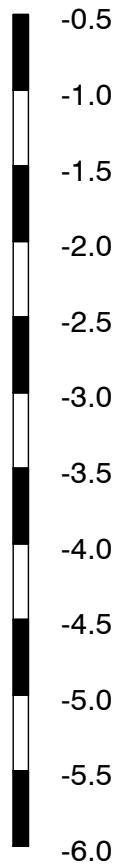


RKS 11

-0,44 m NHN

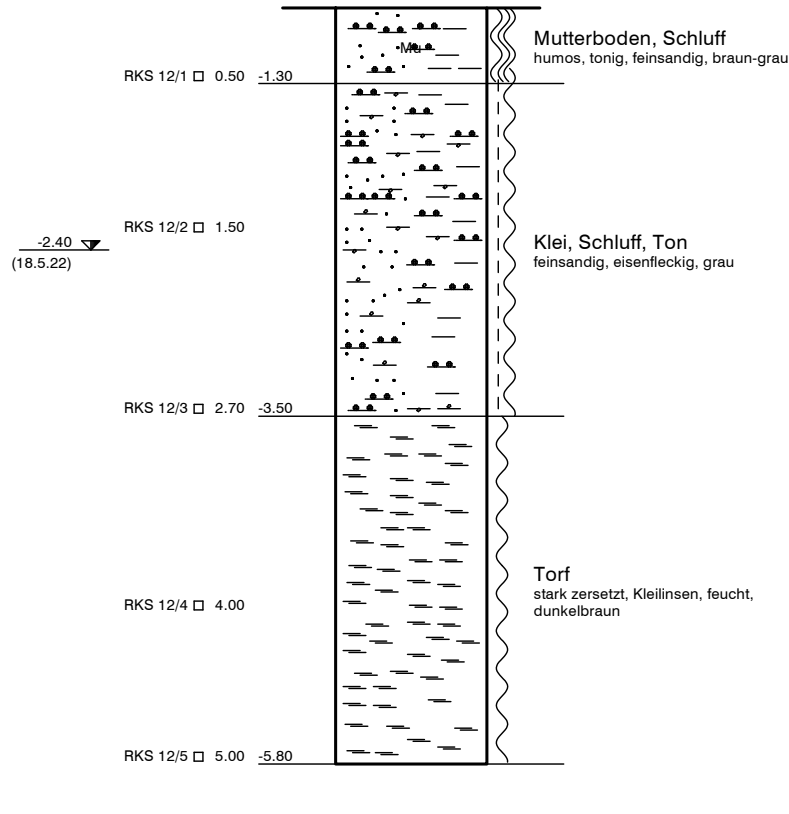


m NHN

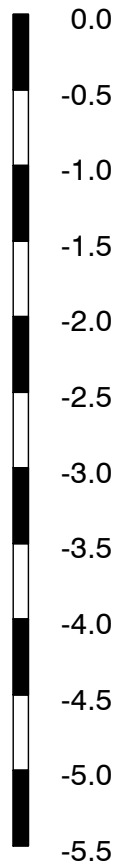


RKS 12

-0,80 m NHN

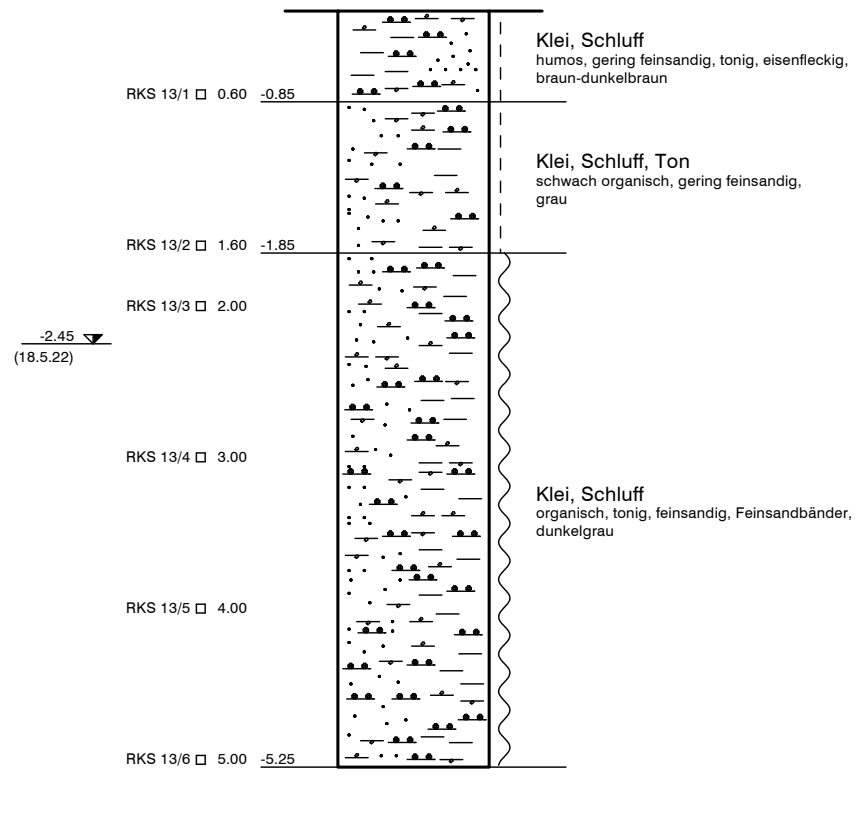


m NHN



RKS 13

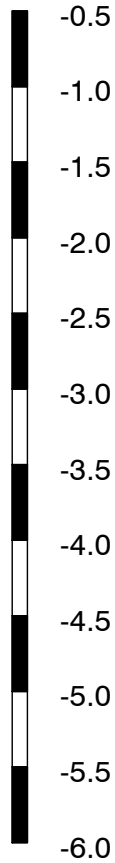
-0,25 m NHN



RKS 14

-0,61 m NHN

m NHN



-1.71
(18.5.22)

RKS 14/1 □ 0.60 -1.21

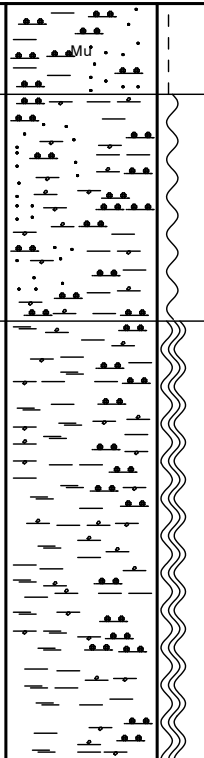
RKS 14/2 □ 1.60

RKS 14/3 □ 2.10 -2.71

RKS 14/4 □ 3.00

RKS 14/5 □ 4.00

RKS 14/6 □ 5.00 -5.61



Mutterboden, Schluff
humos, feinsandig, tonig, eisenfleckig,
dunkelbraun

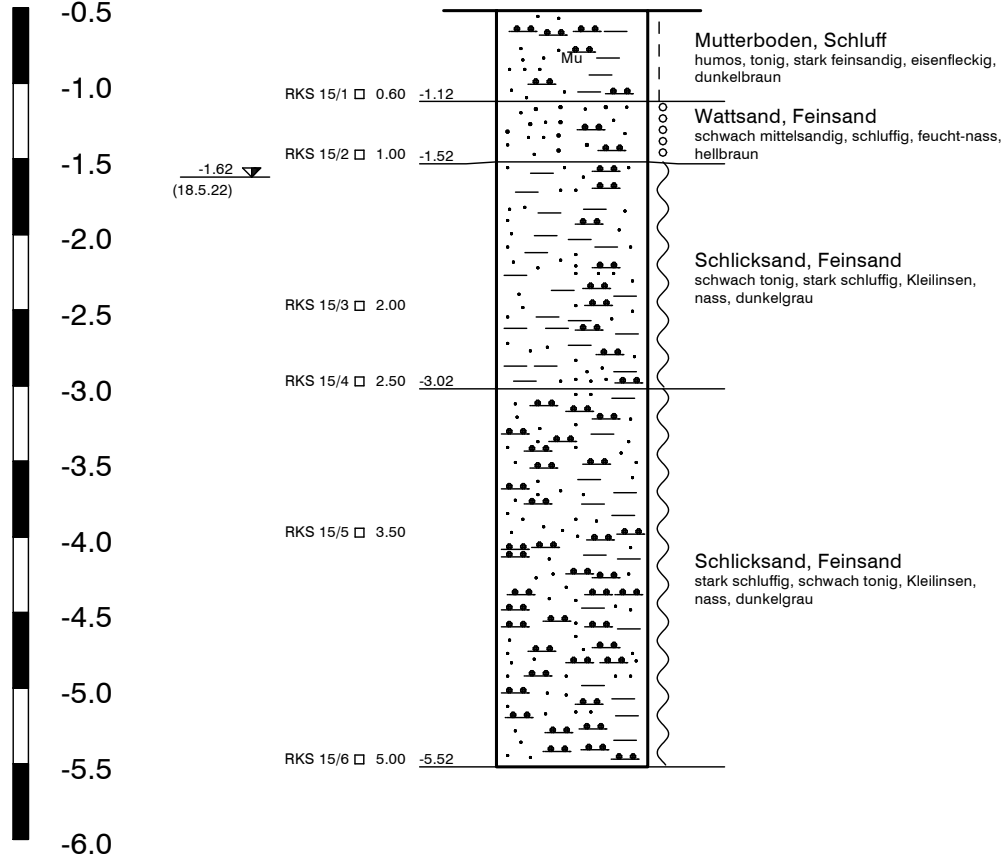
Klei, Schluff
schwach organisch, tonig, feinsandig,
grau

Klei, Ton
gering feinsandig, schluffig, organisch,
dunkelgrau

RKS 15

-0,52 m NHN

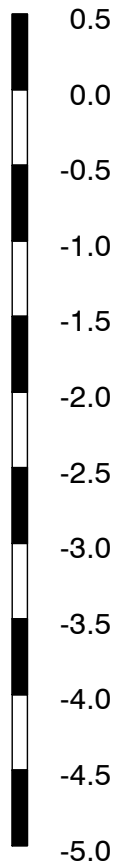
m NHN



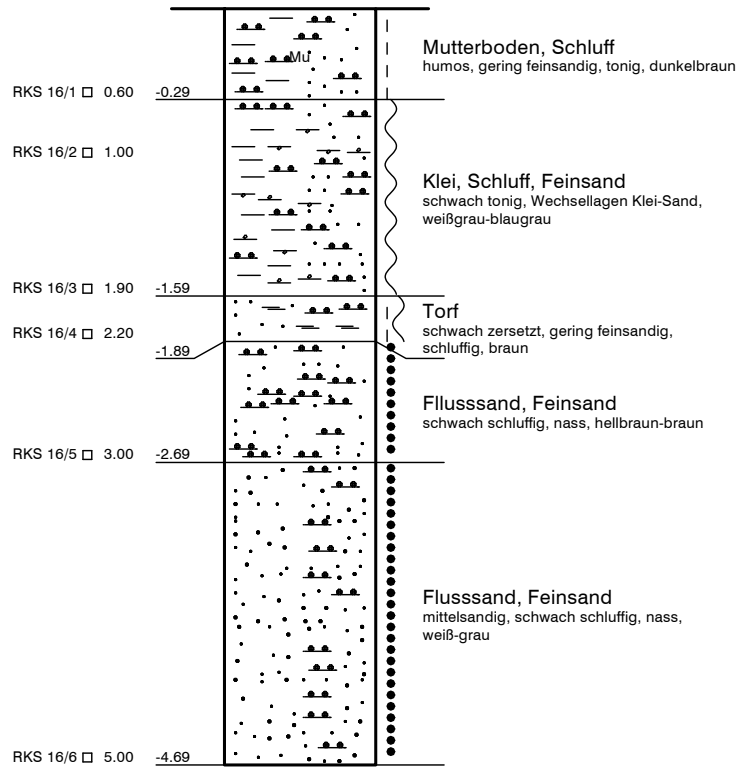
RKS 16

0,31 m NHN

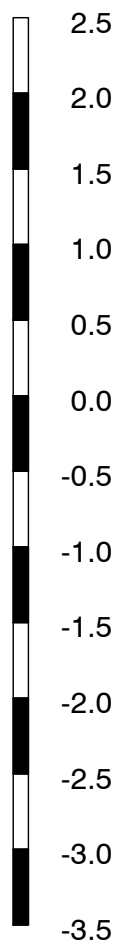
m NHN



-1.29
(20.06.22)

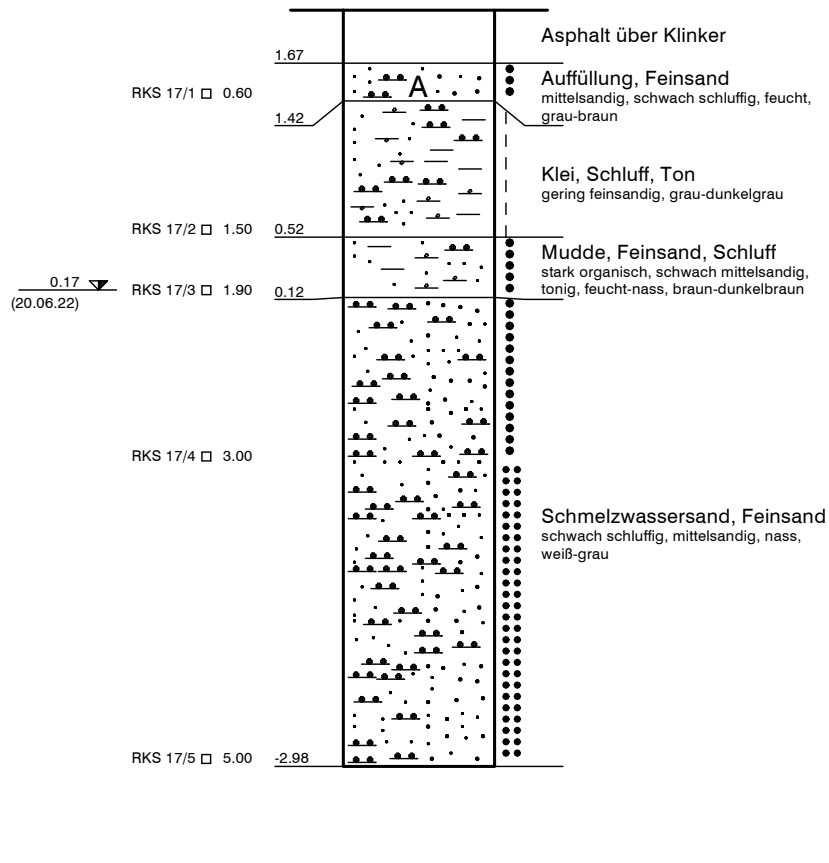


m NHN



RKS 17

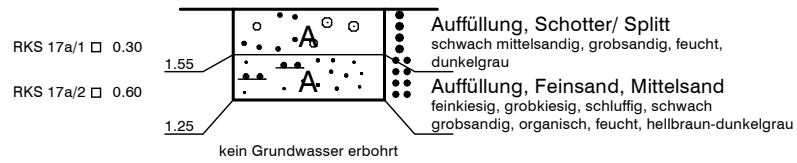
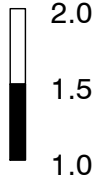
2,02 m NHN



RKS 17a

1,85 m NHN

m NHN

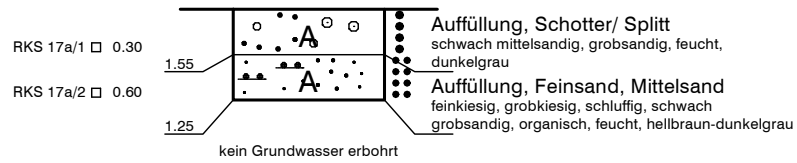
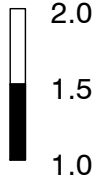


Abbruch, kein Bohrfortschritt

RKS 17b

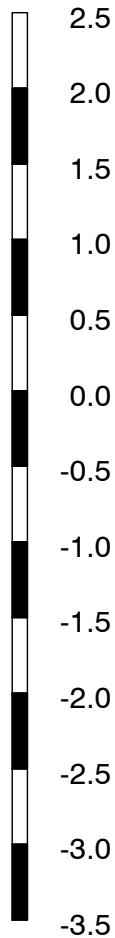
1,85 m NHN

m NHN



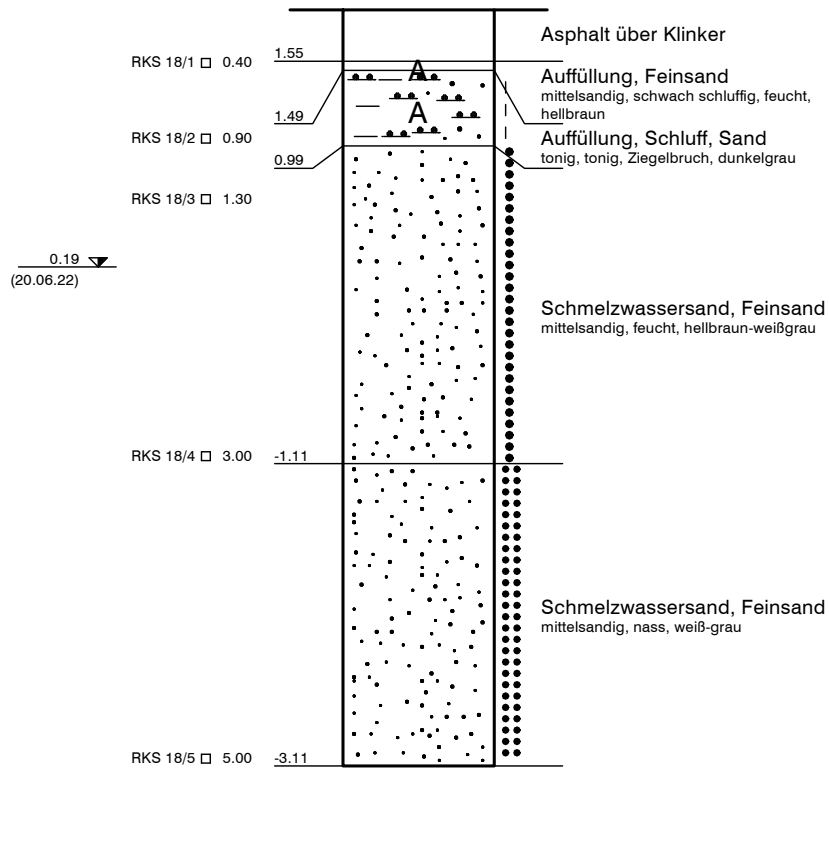
Abbruch, kein Bohrfortschritt

m NHN

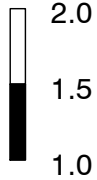


RKS 18

1,89 m NHN

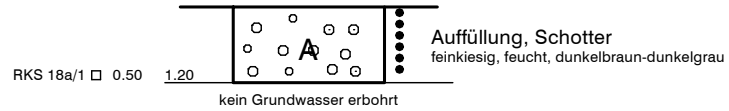


m NHN



RKS 18a

1,70 m NHN



Abbruch, kein Bohrfortschritt



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

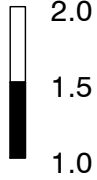
Anhang-Nr.: 2

Datum: 30.05.2022

Maßstab: 1: 50

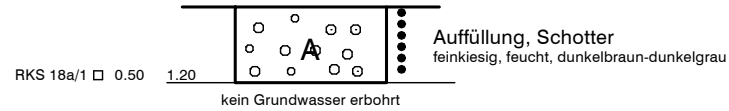
Bearbeiter: Herr Rapp

m NHN



RKS 18b

1,70 m NHN



Abbruch, kein Bohrfortschritt



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: 30.05.2022

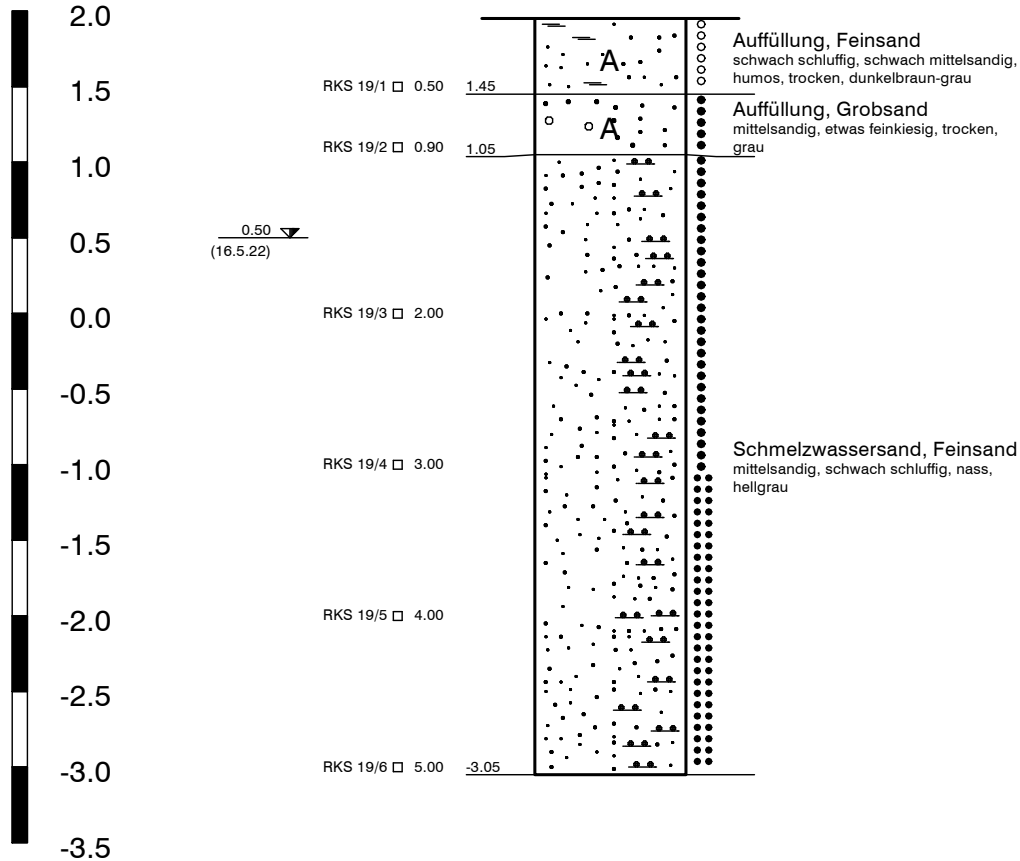
Maßstab: 1: 50

Bearbeiter: Herr Rapp

RKS 19

1,95 m NHN

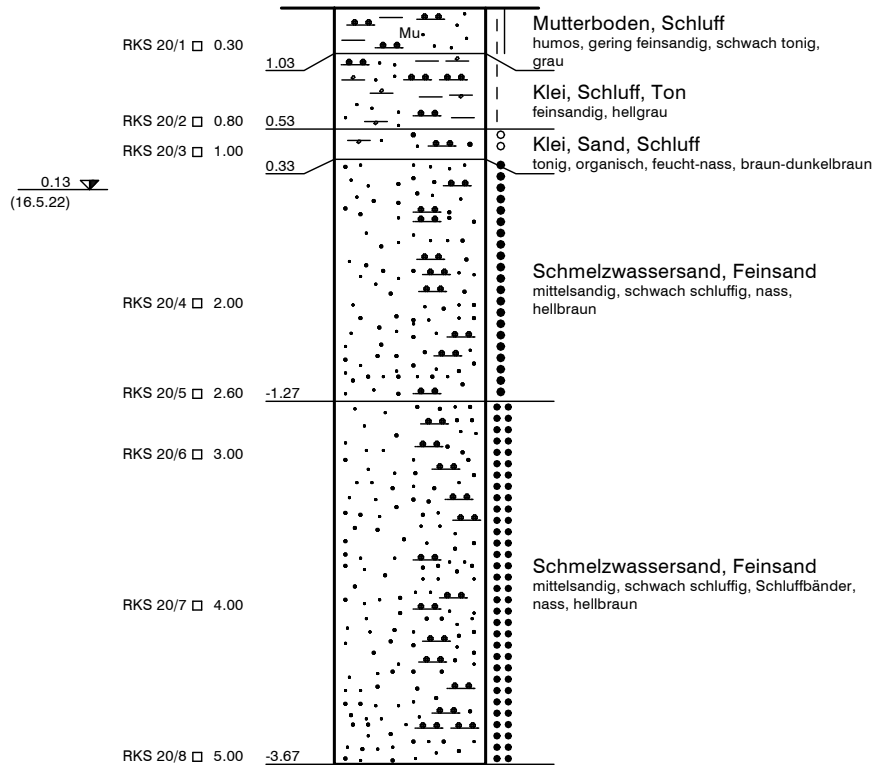
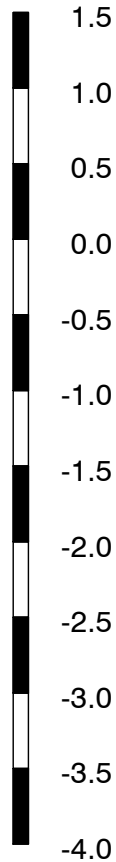
m NHN



RKS 20

1,33 m NHN

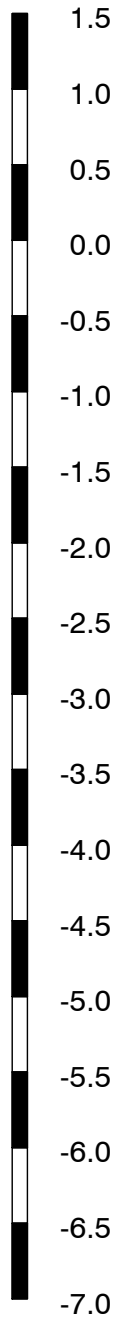
m NHN



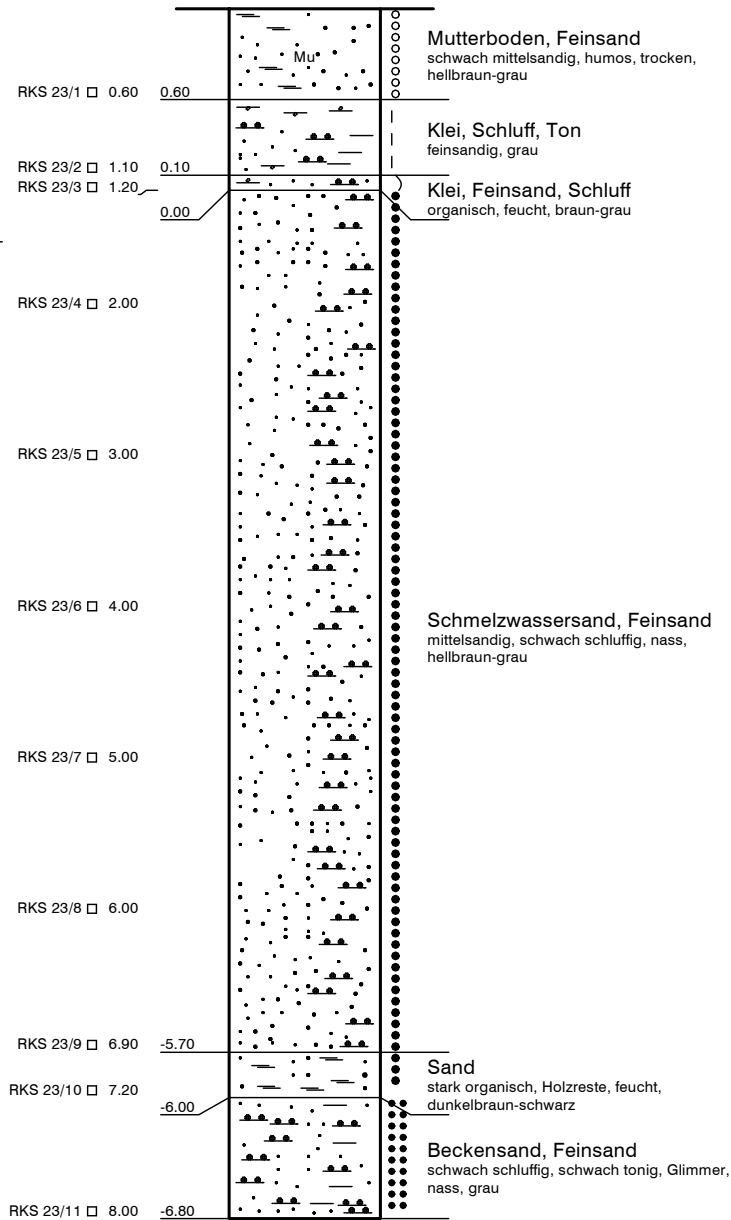
RKS 23

1,20 m NHN

m NHN



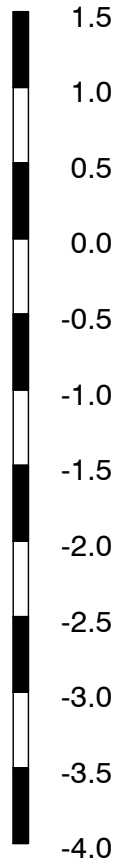
-0.34
(17.5.22)



RKS 24

1,33 m NHN

m NHN



0.03
(17.5.22)

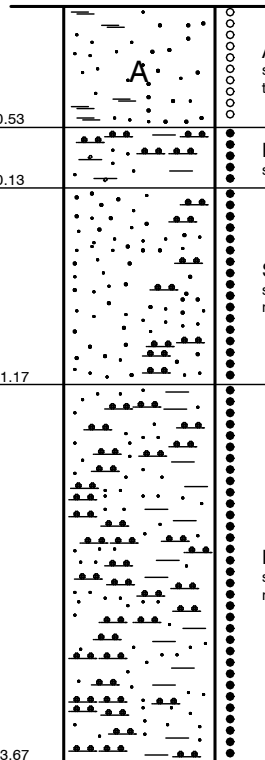
RKS 24/1 □ 0.80 0.53

RKS 24/2 □ 1.20 0.13

RKS 24/3 □ 2.50 -1.17

RKS 24/4 □ 3.50

RKS 24/5 □ 5.00 -3.67



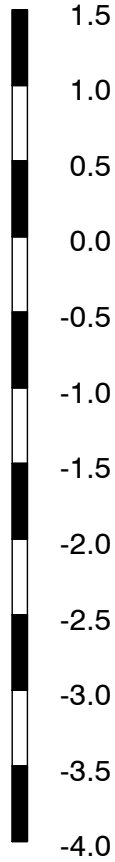
Auffüllung, Feinsand
schluffig, mittelsandig, humos, Ziegelbruch,
trocken, dunkelbraun-grau

Klei, Schluff
stark tonig, feinsandig, grau

Schmelzwassersand, Feinsand
stark mittelsandig, schwach schluffig,
nass, hellbraun

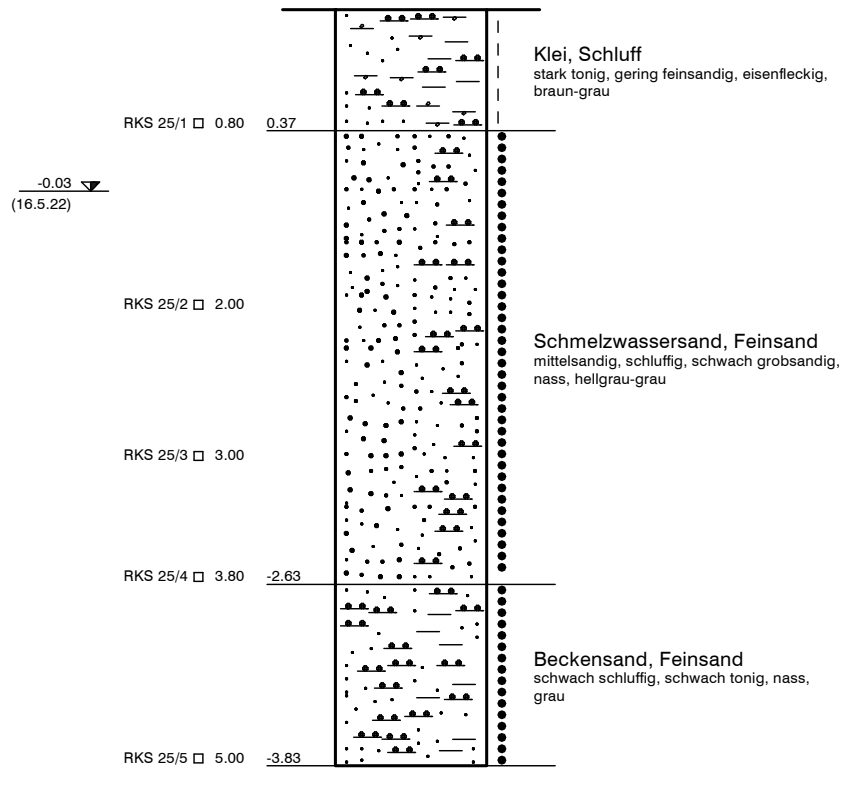
Beckensand, Feinsand
schwach schluffig, schwach tonig, Tonbänder,
nass, dunkelgrau

m NHN

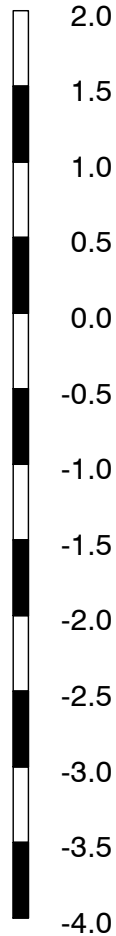


RKS 25

1,17 m NHN

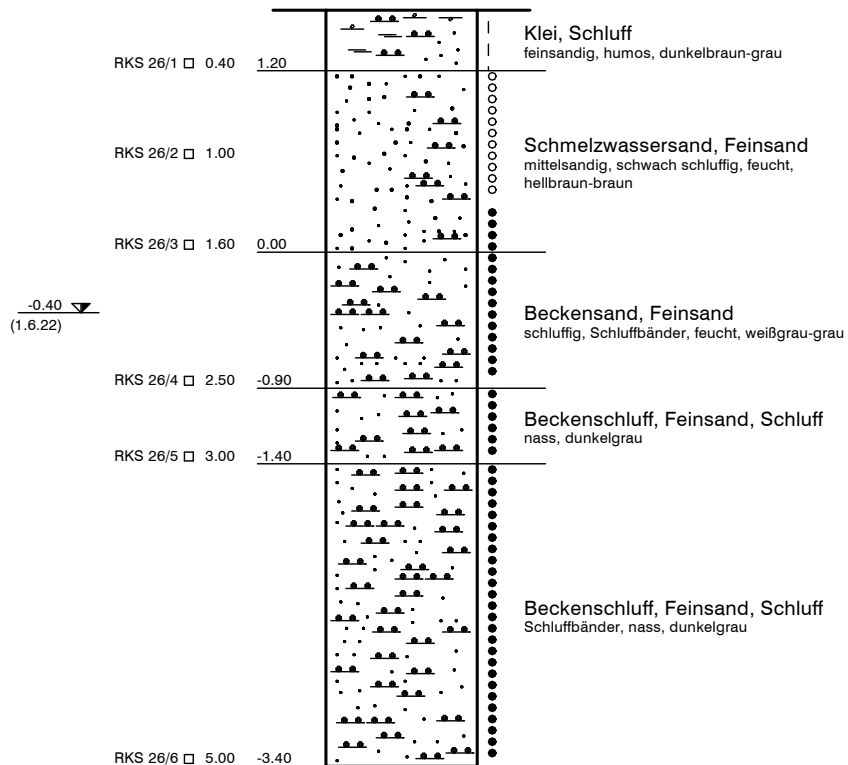


m NHN

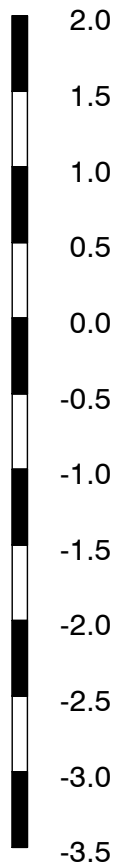


RKS 26

1,60 m NHN

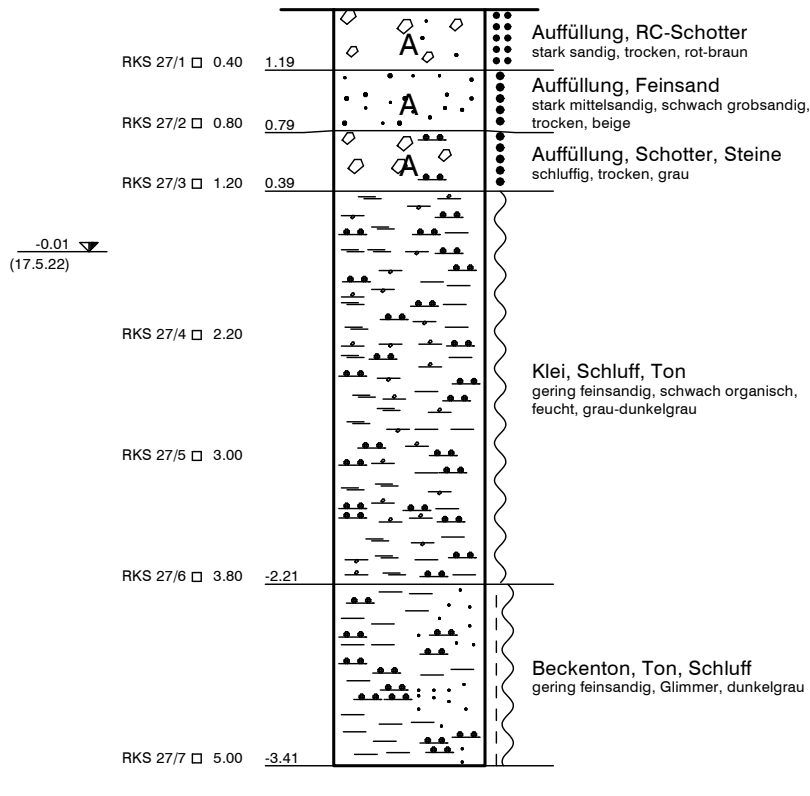


m NHN



RKS 27

1,59 m NHN



RP
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: 17.05.2022

Maßstab: 1: 50

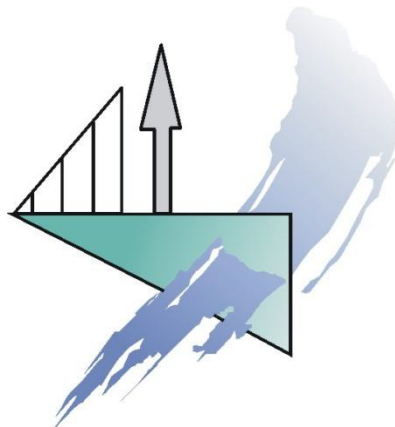
Bearbeiter: Herr Rapp

Anhang 2

Ergebnisse der Feldarbeiten

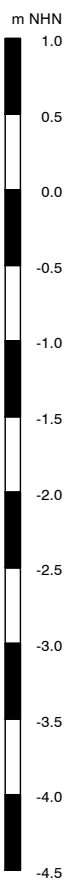
Anhang 2.2

Rammdiagramme der leichten und schweren Rammsondierungen gemäß DIN EN ISO 22476-2

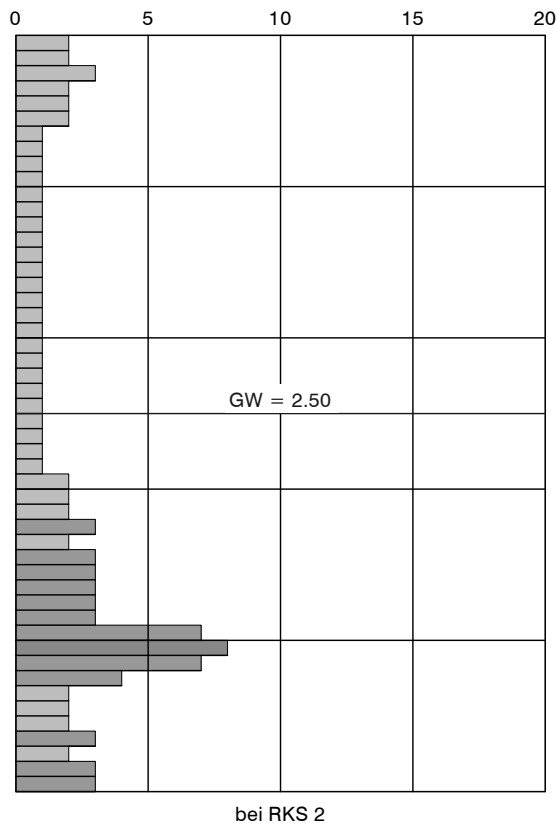


DPH 2

0,69 m NHN



Schlagzahlen je 10 cm



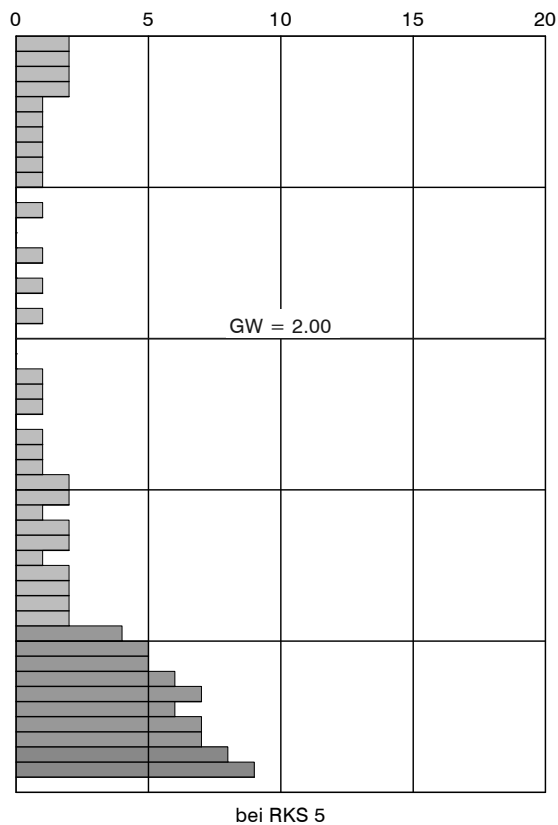
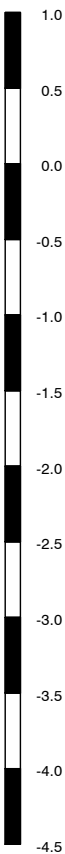
Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	2
0.20	2
0.30	3
0.40	2
0.50	2
0.60	2
0.70	1
0.80	1
0.90	1
1.00	1
1.10	1
1.20	1
1.30	1
1.40	1
1.50	1
1.60	1
1.70	1
1.80	1
1.90	1
2.00	1
2.10	1
2.20	1
2.30	1
2.40	1
2.50	1
2.60	1
2.70	1
2.80	1
2.90	1
3.00	2
3.10	2
3.20	2
3.30	3
3.40	2
3.50	3
3.60	3
3.70	3
3.80	3
3.90	3
4.00	7
4.10	8
4.20	7
4.30	4
4.40	2
4.50	2
4.60	2
4.70	3
4.80	2
4.90	3
5.00	3

DPH 5

0,89 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm

m NHN

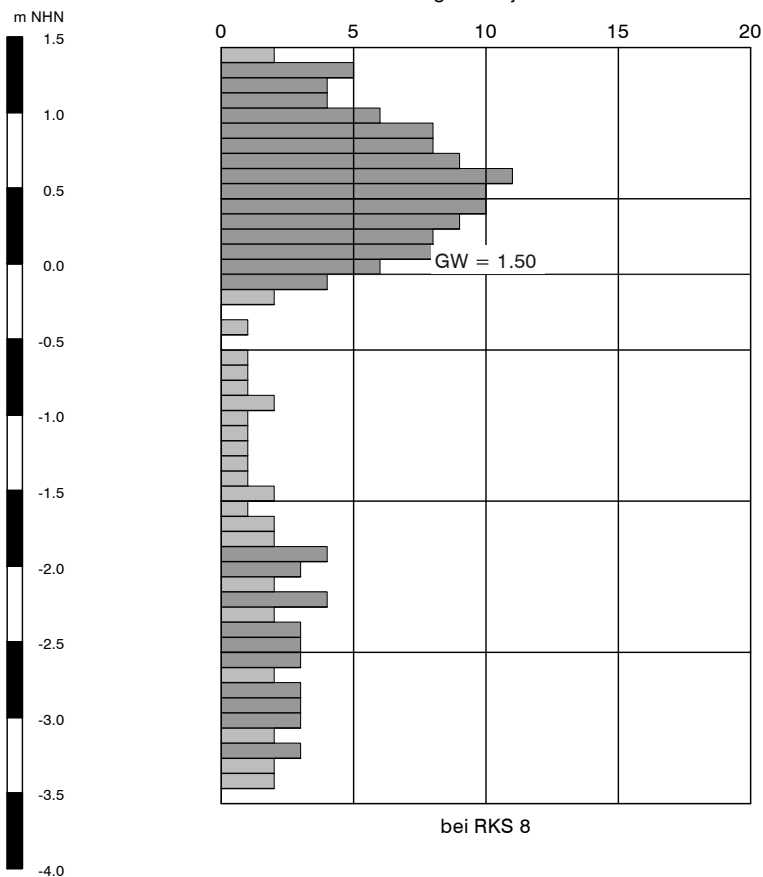


Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	2
0.20	2
0.30	2
0.40	2
0.50	1
0.60	1
0.70	1
0.80	1
0.90	1
1.00	1
1.10	0
1.20	1
1.30	0
1.40	0
1.50	1
1.60	0
1.70	1
1.80	0
1.90	1
2.00	0
2.10	0
2.20	0
2.30	1
2.40	1
2.50	1
2.60	0
2.70	1
2.80	1
2.90	1
3.00	2
3.10	2
3.20	1
3.30	2
3.40	2
3.50	1
3.60	2
3.70	2
3.80	2
3.90	2
4.00	4
4.10	5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

DPH 8

1,43 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm



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

DPL 11

-0,44 m NHN

m NHN

0.0

-0.5

-1.0

-1.5

-2.0

-2.5

-3.0

-3.5

-4.0

-4.5

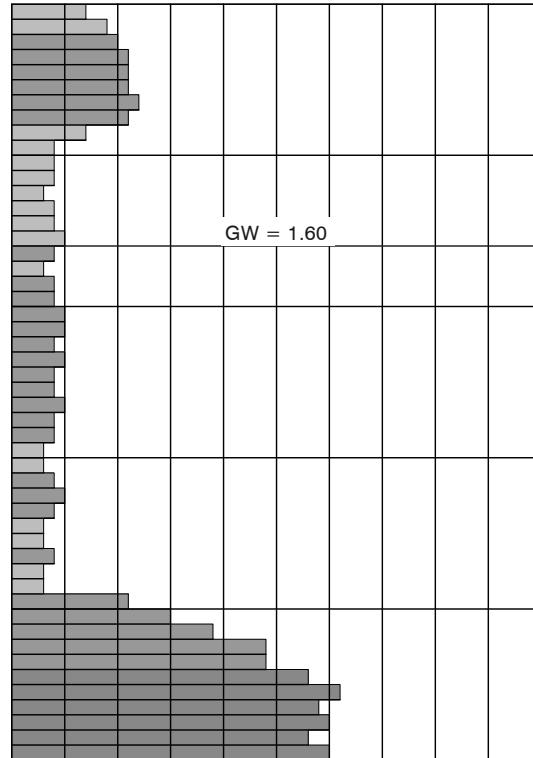
-5.0

-5.5

-6.0

Schlagzahlen je 10 cm

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50



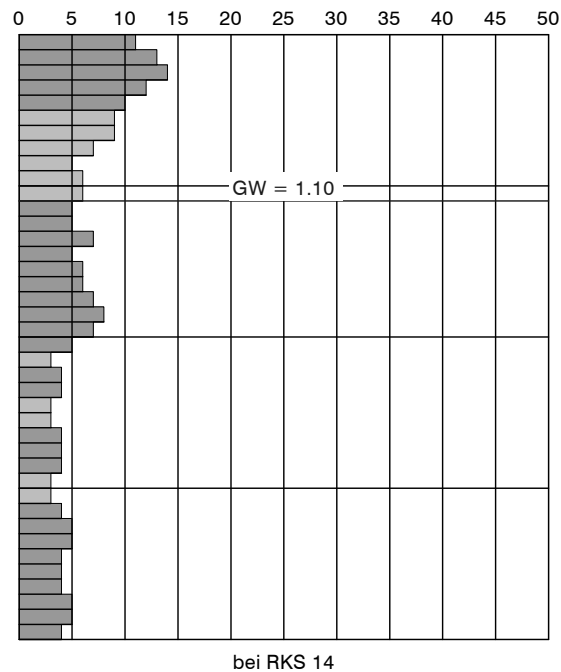
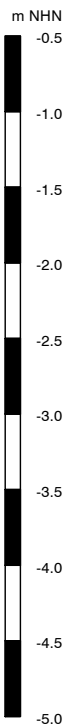
bei RKS 11

Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	7
0.20	9
0.30	10
0.40	11
0.50	11
0.60	11
0.70	12
0.80	11
0.90	7
1.00	4
1.10	4
1.20	4
1.30	3
1.40	4
1.50	4
1.60	5
1.70	4
1.80	3
1.90	4
2.00	4
2.10	5
2.20	5
2.30	4
2.40	5
2.50	4
2.60	4
2.70	5
2.80	4
2.90	4
3.00	3
3.10	3
3.20	4
3.30	5
3.40	4
3.50	3
3.60	3
3.70	4
3.80	3
3.90	3
4.00	11
4.10	15
4.20	19
4.30	24
4.40	24
4.50	28
4.60	31
4.70	29
4.80	30
4.90	28
5.00	30

DPL 14

-0,61 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm



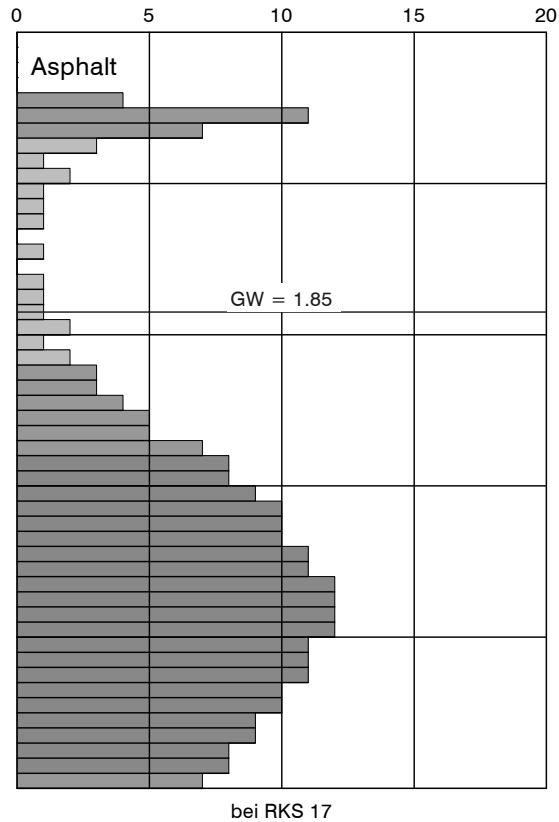
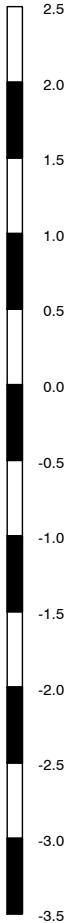
Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	11
0.20	13
0.30	14
0.40	12
0.50	10
0.60	9
0.70	9
0.80	7
0.90	5
1.00	6
1.10	6
1.20	5
1.30	5
1.40	7
1.50	5
1.60	6
1.70	6
1.80	7
1.90	8
2.00	7
2.10	5
2.20	3
2.30	4
2.40	4
2.50	3
2.60	3
2.70	4
2.80	4
2.90	4
3.00	3
3.10	3
3.20	4
3.30	5
3.40	5
3.50	4
3.60	4
3.70	4
3.80	5
3.90	5
4.00	4

DPH 17

2,02 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm

m NHN

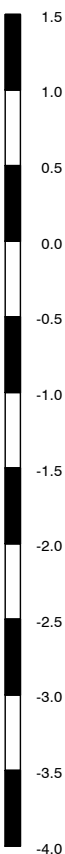


Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	0
0.20	0
0.30	0
0.40	0
0.50	4
0.60	11
0.70	7
0.80	3
0.90	1
1.00	2
1.10	1
1.20	1
1.30	1
1.40	0
1.50	1
1.60	0
1.70	1
1.80	1
1.90	1
2.00	2
2.10	1
2.20	2
2.30	3
2.40	3
2.50	4
2.60	5
2.70	5
2.80	7
2.90	8
3.00	8
3.10	9
3.20	10
3.30	10
3.40	10
3.50	11
3.60	11
3.70	12
3.80	12
3.90	12
4.00	12
4.10	11
4.20	11
4.30	11
4.40	10
4.50	10
4.60	9
4.70	9
4.80	8
4.90	8
5.00	7

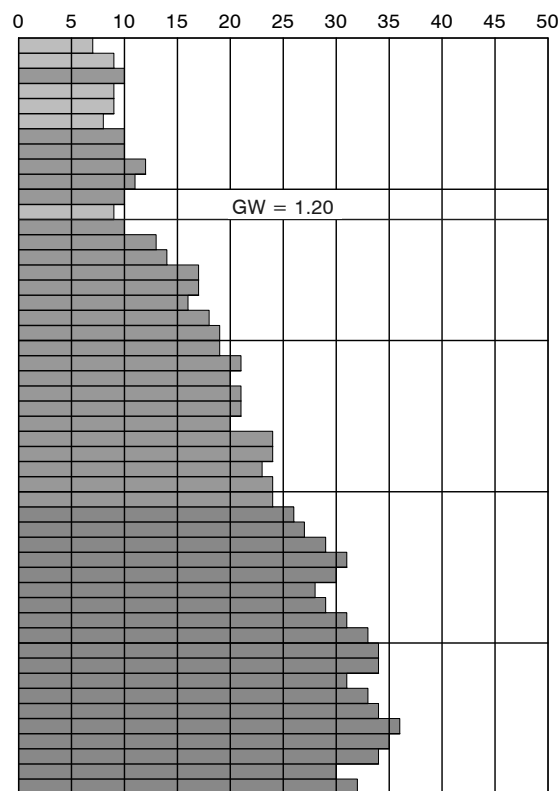
DPL 20

1,33 m NHN

m NHN



Schlagzahlen je 10 cm



bei RKS 20

Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	7
0.20	9
0.30	10
0.40	9
0.50	9
0.60	8
0.70	10
0.80	10
0.90	12
1.00	11
1.10	10
1.20	9
1.30	10
1.40	13
1.50	14
1.60	17
1.70	17
1.80	16
1.90	18
2.00	19
2.10	19
2.20	21
2.30	20
2.40	21
2.50	21
2.60	20
2.70	24
2.80	24
2.90	23
3.00	24
3.10	24
3.20	26
3.30	27
3.40	29
3.50	31
3.60	30
3.70	28
3.80	29
3.90	31
4.00	33
4.10	34
4.20	34
4.30	31
4.40	33
4.50	34
4.60	36
4.70	35
4.80	34
4.90	30
5.00	32

DPL 23

1,20 m NHN

m NHN

1.5

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

-1.5

-2.0

-2.5

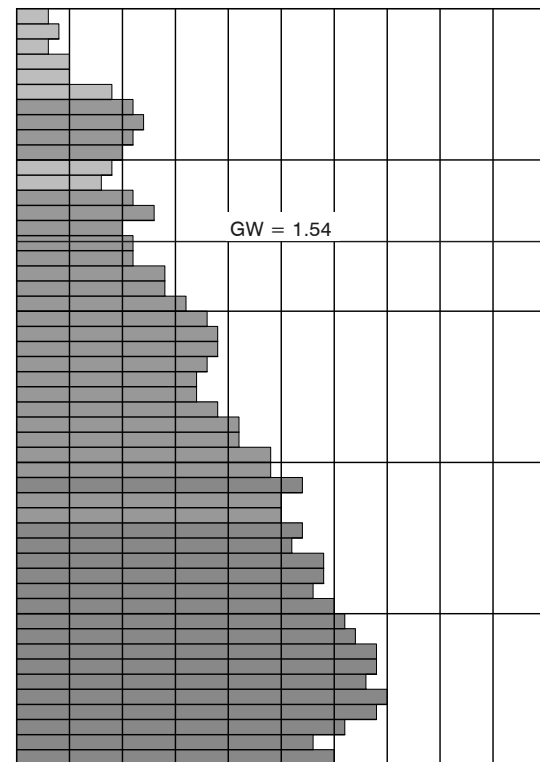
-3.0

-3.5

-4.0

Schlagzahlen je 10 cm

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50



bei RKS 23

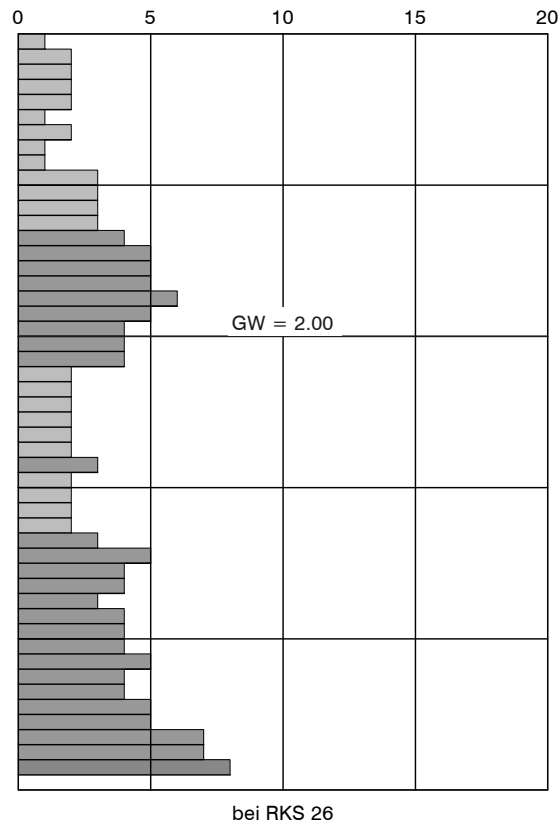
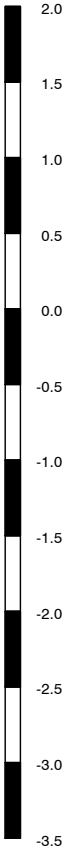
Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	3
0.20	4
0.30	3
0.40	5
0.50	5
0.60	9
0.70	11
0.80	12
0.90	11
1.00	10
1.10	9
1.20	8
1.30	11
1.40	13
1.50	10
1.60	11
1.70	11
1.80	14
1.90	14
2.00	16
2.10	18
2.20	19
2.30	19
2.40	18
2.50	17
2.60	17
2.70	19
2.80	21
2.90	21
3.00	24
3.10	24
3.20	27
3.30	25
3.40	25
3.50	27
3.60	26
3.70	29
3.80	29
3.90	28
4.00	30
4.10	31
4.20	32
4.30	34
4.40	34
4.50	33
4.60	35
4.70	34
4.80	31
4.90	28
5.00	30

DPH 26

1,60 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm

m NHN



bei RKS 26

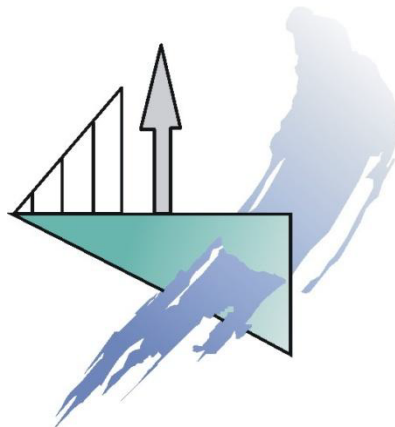
Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1
0.20	2
0.30	2
0.40	2
0.50	2
0.60	1
0.70	2
0.80	1
0.90	1
1.00	3
1.10	3
1.20	3
1.30	3
1.40	4
1.50	5
1.60	5
1.70	5
1.80	6
1.90	5
2.00	4
2.10	4
2.20	4
2.30	2
2.40	2
2.50	2
2.60	2
2.70	2
2.80	2
2.90	3
3.00	2
3.10	2
3.20	2
3.30	2
3.40	3
3.50	5
3.60	4
3.70	4
3.80	3
3.90	4
4.00	4
4.10	4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

Anhang 2

Ergebnisse der Feldarbeiten

Anhang 2.3

Graphische Darstellung des Ausbaus der Messstellen

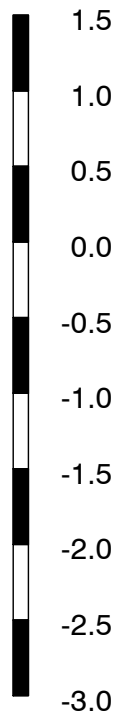


RP 1

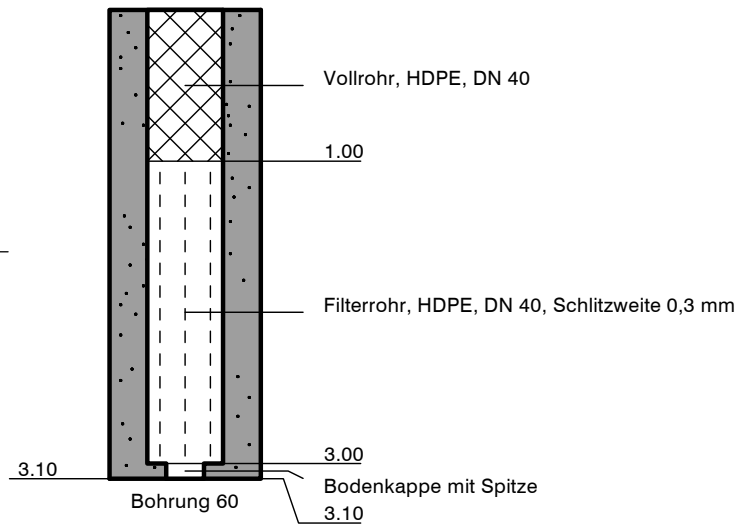
1,31 m NHN (POK)

1,31 m NHN (GOK)

m NHN



-0,29 m NHN (31.5.22)

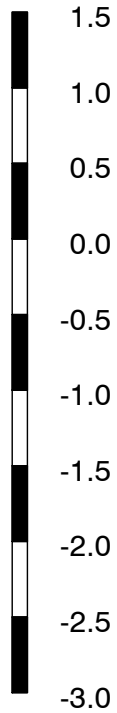


RP 2

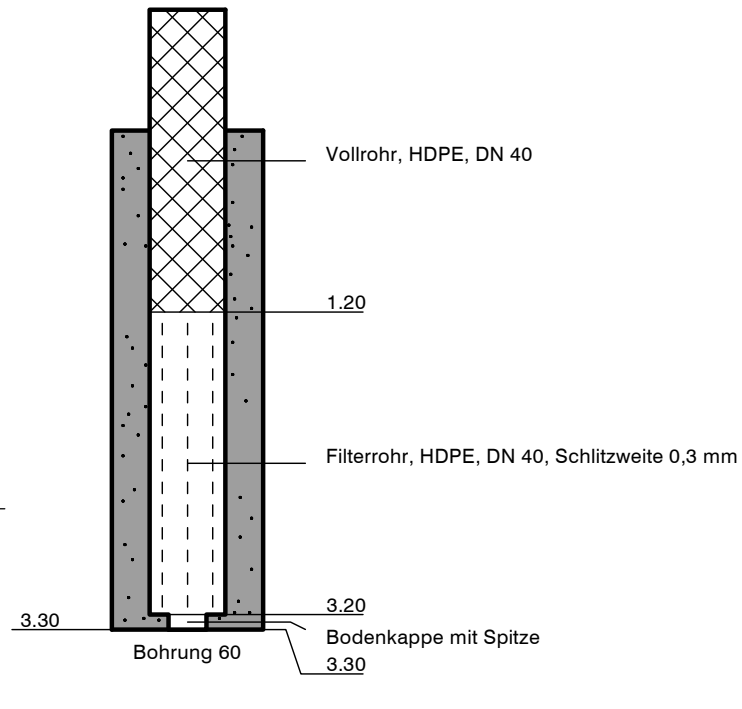
1,49 m NHN (POK)

0,69 m NHN (GOK)

m NHN



▽
-1,81 m NHN (31.5.22)

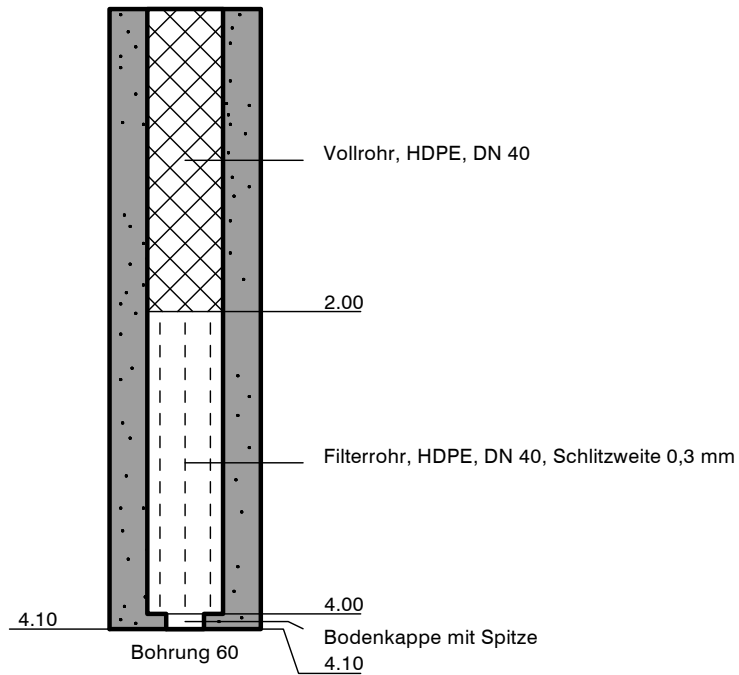
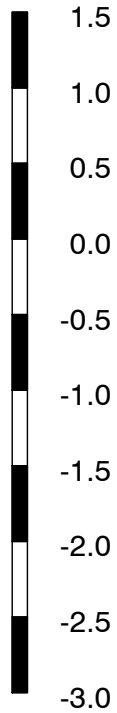


RP 4

1,17 m NHN (POK)

1,17 m NHN (GOK)

m NHN



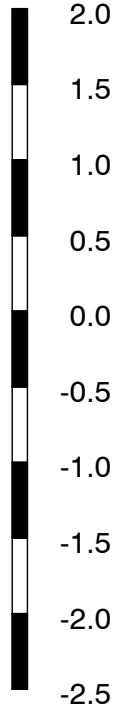
kein Grundwasser erfasst

RP 6

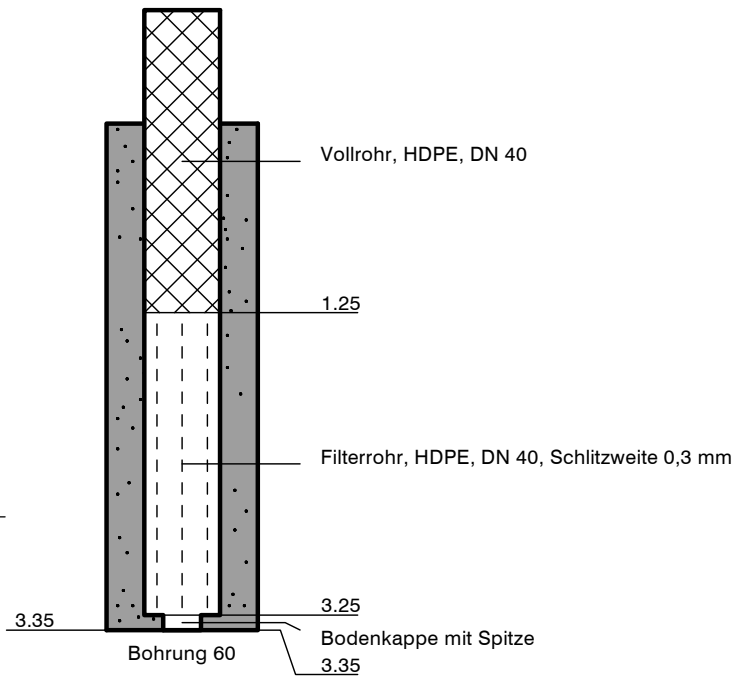
1,62 m NHN (POK)

0,87 m NHN (GOK)

m NHN



-1,73 m NHN (1.6.22)

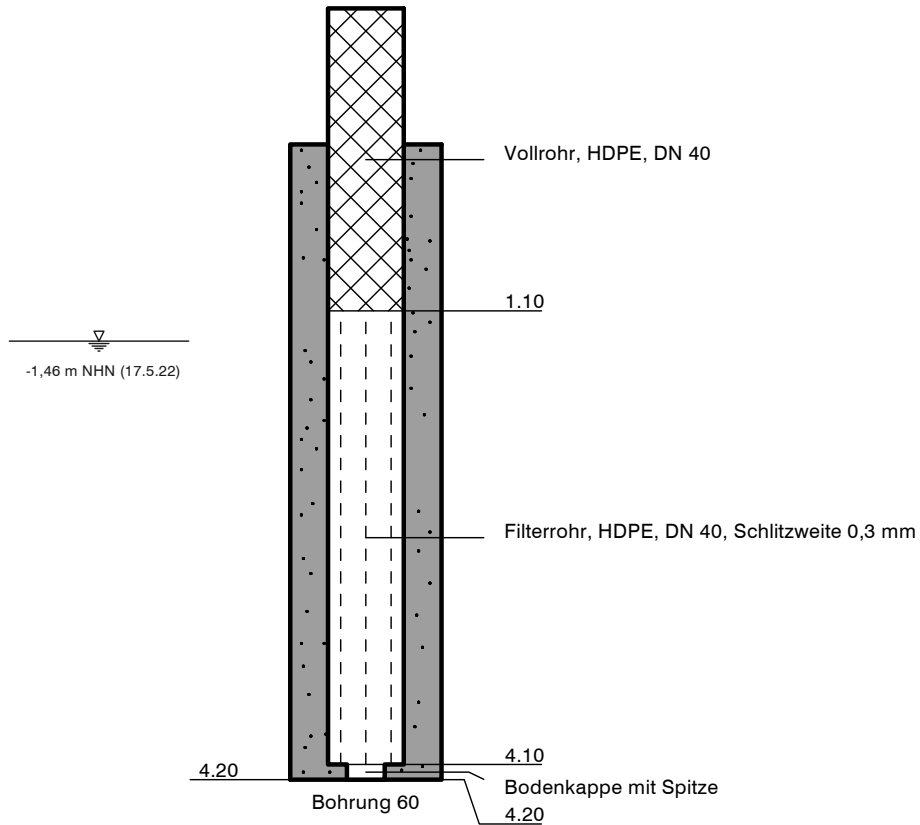
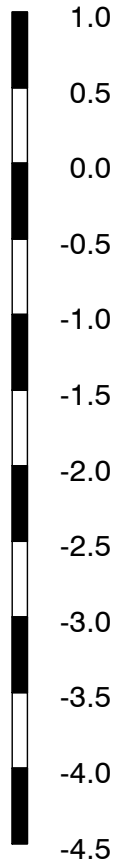


RP 9

0,74 m NHN (POK)

-0,16 m NHN (GOK)

m NHN

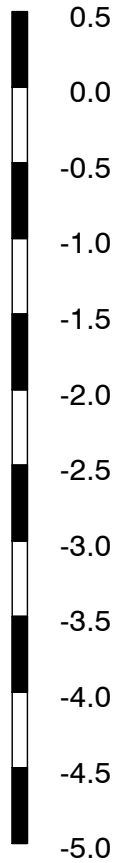


RP 13

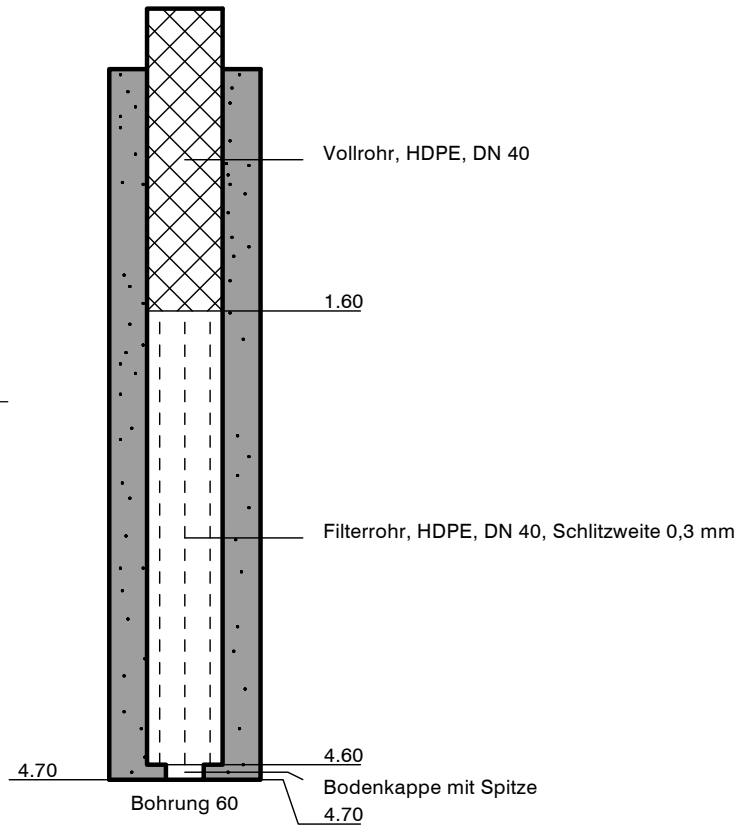
0,15 m NHN (POK)

-0,25 m NHN (GOK)

m NHN



-2,45 m NHN (18.5.22)

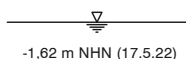
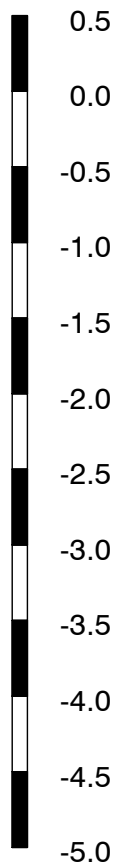


RP 15

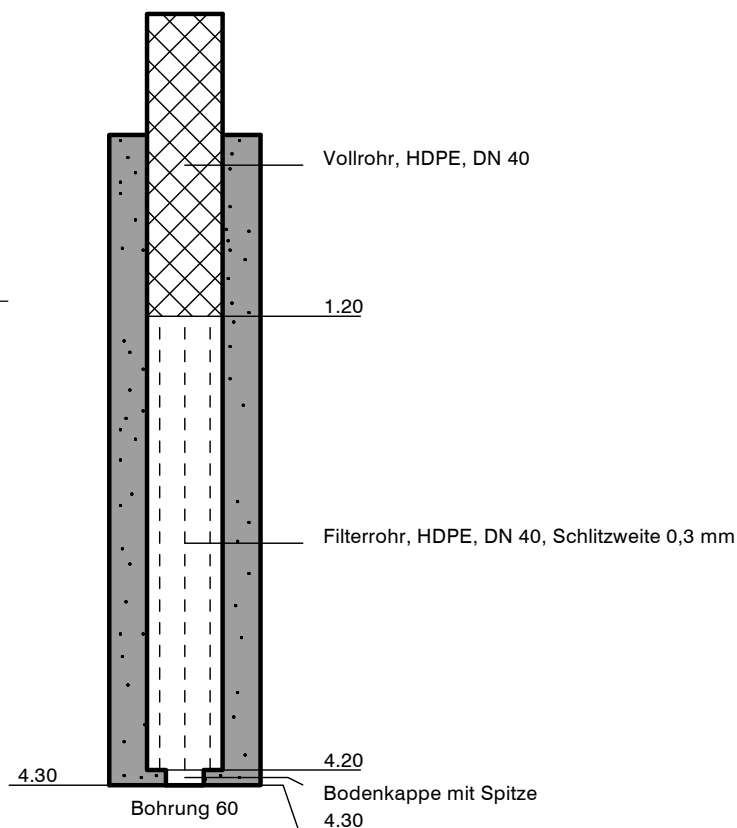
0,28 m NHN (POK)

-0,52 m NHN (GOK)

m NHN



-1,62 m NHN (17.5.22)



RP
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 des
Messstellenausbaus

Projekt-Nr.: 06-4082

Anhang-Nr.: 2

Datum: 17.05.2022

Maßstab: 1:50

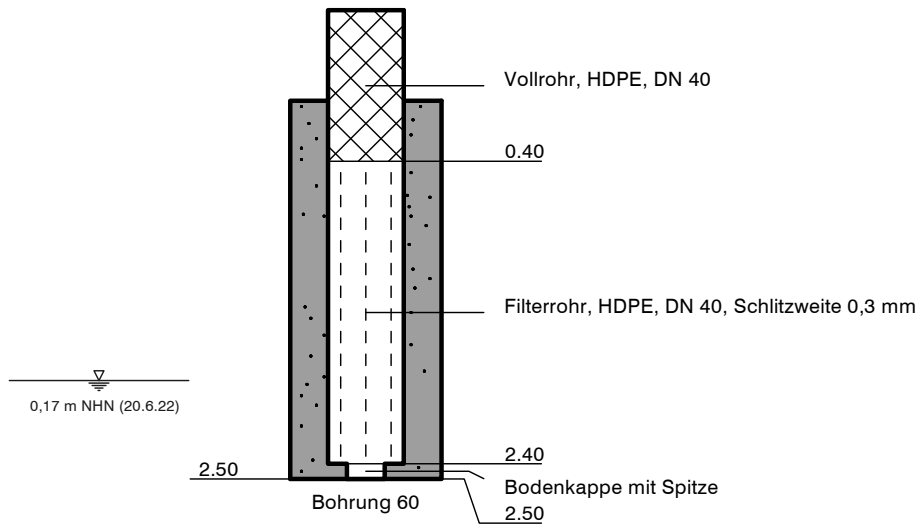
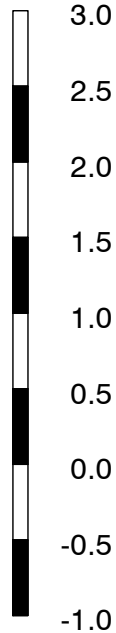
Bearbeiter: Herr Rapp

RP 17

2,62 m NHN (POK)

2,02 m NHN (GOK)

m NHN

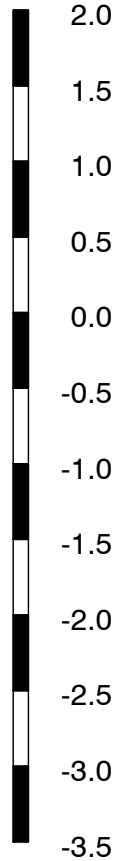


RP 20

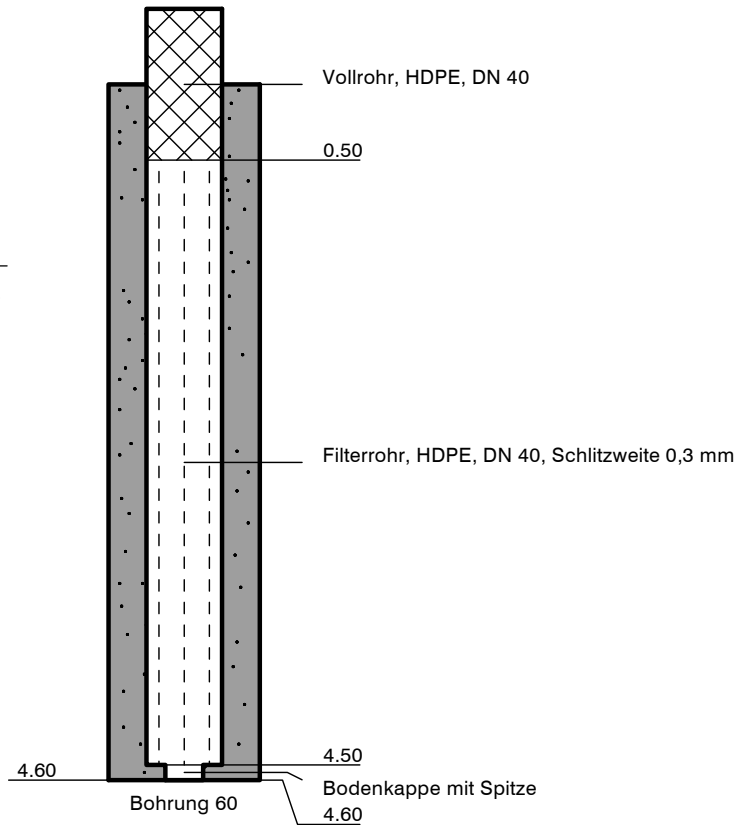
1,83 m NHN (POK)

1,33 m NHN (GOK)

m NHN



0,13 m NHN (16.5.22)

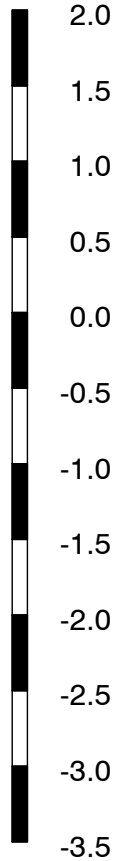


RP 23

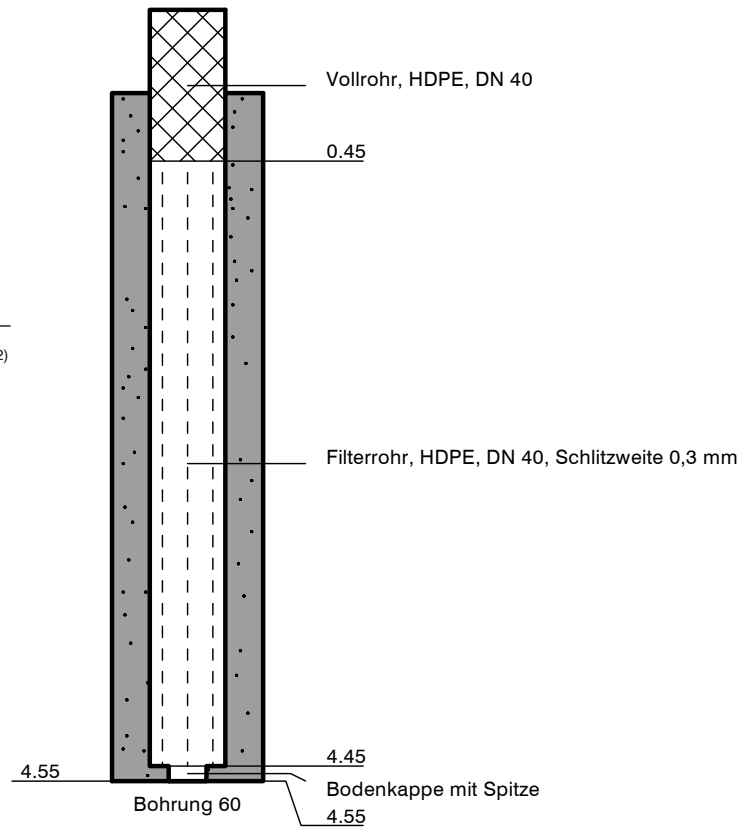
1,75 m NHN (POK)

1,20 m NHN (GOK)

m NHN



-0,34 m NHN (17.5.22)

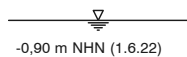
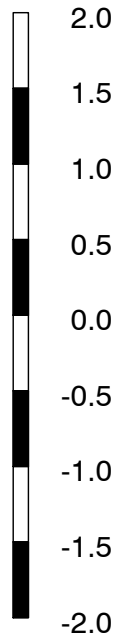


RP 26

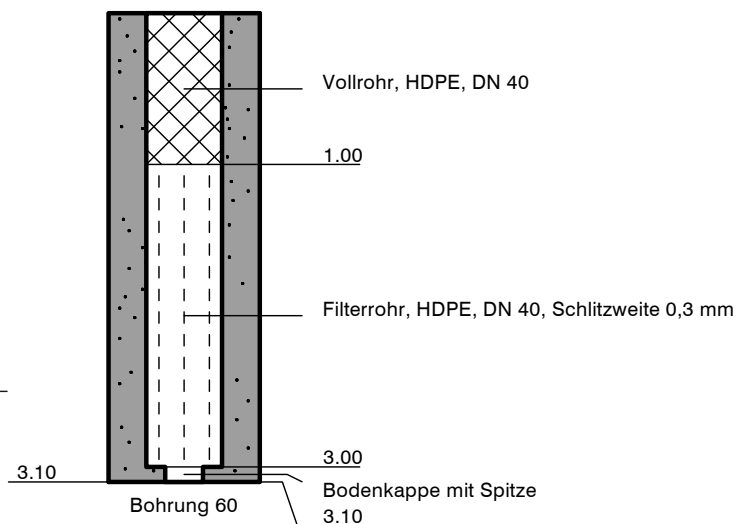
1,60 m NHN (POK)

1,60 m NHN (GOK)

m NHN



-0,90 m NHN (1.6.22)



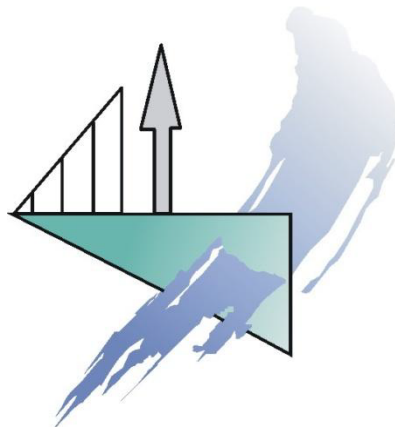
Anhang 2

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			Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer		
Probenkennzeichnung	RKS 1	Eigentümer			
Entnahmestelle	RP 1	Rechtswert		Hochwert	
Datum	31.05.22	Uhrzeit			
Art der Entnahmestelle	Rammpegel				
Rohr-/Schachtdurchmesser	DN 40				
Filterlage von	1,00	bis	3,00	m unter Pegeloberkante (POK)	
Wasserspiegel unter POK	1,60	vorher	3,00	nachher	
Entnahmetiefe	2,8	m unter POK			
Art der Probenahme		mit	Gigant		
Schüttung/ Förderstrom	3 L	Gesamtvol.	30 L		
Wahrnehmungen am geförderten Grundwasser					
Färbung	grau	Trübung	schwach		
Bodensatz	wenig	Geruch	erdig		
Messungen Vorort					
Lufttemperatur °C	24	Wassertemperatur °C			
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					
© 2022, RP Geolabor					

Ingenieur- und Sachverständigenbüro Rubach und Partner <i>RP</i> Geolabor und Umweltservice GmbH			Probenahmeprotokoll DIN 38402/13		
Projektnummer: 06-5765			Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer		
Probenkennzeichnung	RKS 9	Eigentümer			
Entnahmestelle	RKS 9	Rechtswert		Hochwert	
Datum	18.05.22	Uhrzeit			
Art der Entnahmestelle	Rammpegel				
Rohr-/Schachtdurchmesser	DN 40				
Filterlage von	1,00	bis	5,00	m unter Pegeloberkante (POK)	
Wasserspiegel unter POK	1,77	vorher	3,48	nachher	
Entnahmetiefe	3	m unter POK			
Art der Probenahme		mit	Schlauchquetschpumpe		
Schüttung/ Förderstrom	2	Gesamtvol.	10		
Wahrnehmungen am geförderten Grundwasser					
Färbung	farblos	Trübung	sehr schwach		
Bodensatz	kein	Geruch	erdig-faulig		
Messungen Vorort					
Lufttemperatur °C	21	Wassertemperatur °C	14,6		
pH-Wert	5,63	Redox-Spannung mV			
Leitfähigkeit ohne TK $\mu\text{S/cm}$	2855	Leitfähigkeit mit TK $\mu\text{S/cm}$			
Sauerstoffgehalt mg/l	0,90	Kohlensäure mg/l			
Konservierungsmaßnahmen					
Probennehmer	Ulpts	<div> <p>pH-Wert Leitfähigkeit [$\mu\text{S/cm}$]</p> <p>Zeit [min]</p> <p>Legend: —◆— pH-Wert —■— Leitfähigkeit</p> <p>© 2022, RP Geolabor</p> </div>			
Unterschrift					
Bemerkungen	Die nebenstehende Grafik zeigt die zeitliche Entwicklung von pH-Wert und Leitfähigkeit beim Pumpvorgang. Die Probenahme erfolgte mit Erreichen der Konstanz dieser Parameter bzw. nach 5-minütiger Pumpdauer.				

Ingenieur- und Sachverständigenbüro Rubach und Partner <i>RP</i> Geolabor und Umweltservice GmbH			Probenahmeprotokoll DIN 38402/13		
Projektnummer: 06-5765			Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer		
Probenkennzeichnung	RKS 13	Eigentümer			
Entnahmestelle	RKS 13	Rechtswert		Hochwert	
Datum	18.05.22	Uhrzeit			
Art der Entnahmestelle	Rammpegel				
Rohr-/Schachtdurchmesser	DN 40				
Filterlage von	1,00	bis	5,00	m unter Pegeloberkante (POK)	
Wasserspiegel unter POK		vorher		nachher	
Entnahmetiefe		m unter POK			
Art der Probenahme		mit	Schlauchquetschpumpe		
Schüttung/ Förderstrom		Gesamtvol.			
Wahrnehmungen am geförderten Grundwasser					
Färbung		Trübung			
Bodensatz		Geruch			
Messungen Vorort					
Lufttemperatur °C		Wassertemperatur °C	14,6		
pH-Wert		Redox-Spannung mV			
Leitfähigkeit ohne TK µS/cm		Leitfähigkeit mit TK µS/cm			
Sauerstoffgehalt mg/l		Kohlensäure mg/l			
Konservierungsmaßnahmen					
Probennehmer	Ulpts				
Unterschrift	kein Zulauf von Grundwasser, Probenahme abgebrochen				
Bemerkungen					

Ingenieur- und Sachverständigenbüro Rubach und Partner <i>RP</i> Geolabor und Umweltservice GmbH			Probenahmeprotokoll DIN 38402/13		
Projektnummer: 06-5765			Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer		
Probenkennzeichnung	RKS 15	Eigentümer			
Entnahmestelle	RKS 15	Rechtswert		Hochwert	
Datum	18.05.22	Uhrzeit			
Art der Entnahmestelle	Rammpegel				
Rohr-/Schachtdurchmesser	DN 40				
Filterlage von	1,00	bis	5,00	m unter Pegeloberkante (POK)	
Wasserspiegel unter POK	1,57	vorher	2,61	nachher	
Entnahmetiefe	3	m unter POK			
Art der Probenahme		mit	Schlauchquetschpumpe		
Schüttung/ Förderstrom	2	Gesamtvol.	10		
Wahrnehmungen am geförderten Grundwasser					
Färbung	hellgrau	Trübung	mäßig		
Bodensatz	kein	Geruch	faulig		
Messungen Vorort					
Lufttemperatur °C	24	Wassertemperatur °C	15,2		
pH-Wert	6,01	Redox-Spannung mV			
Leitfähigkeit ohne TK $\mu\text{S/cm}$	1520	Leitfähigkeit mit TK $\mu\text{S/cm}$			
Sauerstoffgehalt mg/l	0,90	Kohlensäure mg/l			
Konservierungsmaßnahmen					
Probennehmer	Ulpts	<div> <p>pH-Wert</p> <p>Leitfähigkeit [$\mu\text{S/cm}$]</p> </div>			
Unterschrift					
Bemerkungen	Die nebenstehende Grafik zeigt die zeitliche Entwicklung von pH-Wert und Leitfähigkeit beim Pumpvorgang. Die Probenahme erfolgte mit Erreichen der Konstanz dieser Parameter bzw. nach 5-minütiger Pumpdauer.				

Ingenieur- und Sachverständigenbüro Rubach und Partner <i>RP</i> Geolabor und Umweltservice GmbH			Probenahmeprotokoll DIN 38402/13		
Projektnummer: 06-5765			Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer		
Probenkennzeichnung	RKS 20	Eigentümer			
Entnahmestelle	RKS 20	Rechtswert		Hochwert	
Datum	18.05.22	Uhrzeit			
Art der Entnahmestelle	Rammpegel				
Rohr-/Schachtdurchmesser	DN 40				
Filterlage von	1,00	bis	5,00	m unter Pegeloberkante (POK)	
Wasserspiegel unter POK	1,58	vorher	2,71	nachher	
Entnahmetiefe	3	m unter POK			
Art der Probenahme		mit	Schlauchquetschpumpe		
Schüttung/ Förderstrom	2	Gesamtvol.	10		
Wahrnehmungen am geförderten Grundwasser					
Färbung	farblos	Trübung	sehr schwach		
Bodensatz	kein	Geruch	erdig-faulig		
Messungen Vorort					
Lufttemperatur °C	21	Wassertemperatur °C	14,1		
pH-Wert	6,22	Redox-Spannung mV			
Leitfähigkeit ohne TK µS/cm	1441	Leitfähigkeit mit TK µS/cm			
Sauerstoffgehalt mg/l	1,10	Kohlensäure mg/l			
Konservierungsmaßnahmen					
Probennehmer	Ulpts	<div> <p>pH-Wert</p> <p>Leitfähigkeit [µS/cm]</p> <p>Die nebenstehende Grafik zeigt die zeitliche Entwicklung von pH-Wert und Leitfähigkeit beim Pumpvorgang. Die Probenahme erfolgte mit Erreichen der Konstanz dieser Parameter bzw. nach 5-minütiger Pumpdauer.</p> <p>—●— pH-Wert</p> <p>—■— Leitfähigkeit</p> <p>Zeit [min]</p> <p>© 2022, RP Geolabor</p> </div>			
Unterschrift					
Bemerkungen					

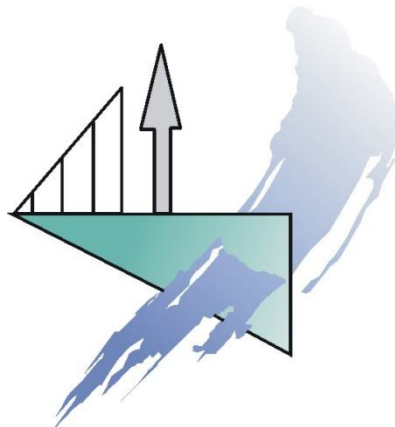
Ingenieur- und Sachverständigenbüro Rubach und Partner <i>RP</i> Geolabor und Umweltservice GmbH			Probenahmeprotokoll DIN 38402/13		
Projektnummer: 06-5765			Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer		
Probenkennzeichnung	RKS 23	Eigentümer			
Entnahmestelle	RKS 23	Rechtswert		Hochwert	
Datum	17.05.22	Uhrzeit			
Art der Entnahmestelle	Rammpegel				
Rohr-/Schachtdurchmesser	DN 40				
Filterlage von	1,00	bis	5,00	m unter Pegeloberkante (POK)	
Wasserspiegel unter POK	1,99	vorher	3,77	nachher	
Entnahmetiefe	4	m unter POK			
Art der Probenahme		mit	Schlauchquetschpumpe		
Schüttung/ Förderstrom	2,2	Gesamtvol.	10		
Wahrnehmungen am geförderten Grundwasser					
Färbung	farblos	Trübung	sehr schwach		
Bodensatz	kein	Geruch	erdig		
Messungen Vorort					
Lufttemperatur °C	21	Wassertemperatur °C	15,2		
pH-Wert	6,07	Redox-Spannung mV			
Leitfähigkeit ohne TK $\mu\text{S/cm}$	1149	Leitfähigkeit mit TK $\mu\text{S/cm}$			
Sauerstoffgehalt mg/l	1,12	Kohlensäure mg/l			
Konservierungsmaßnahmen					
Probennehmer	Ulpts	<div> <p>pH-Wert</p> <p>Leitfähigkeit [μS/cm]</p> </div>			
Unterschrift					
Bemerkungen	Die nebenstehende Grafik zeigt die zeitliche Entwicklung von pH-Wert und Leitfähigkeit beim Pumpvorgang. Die Probenahme erfolgte mit Erreichen der Konstanz dieser Parameter bzw. nach 5-minütiger Pumpdauer.				

Anhang 3

Protokolle der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

Anhang 3.1

Kornverteilungen

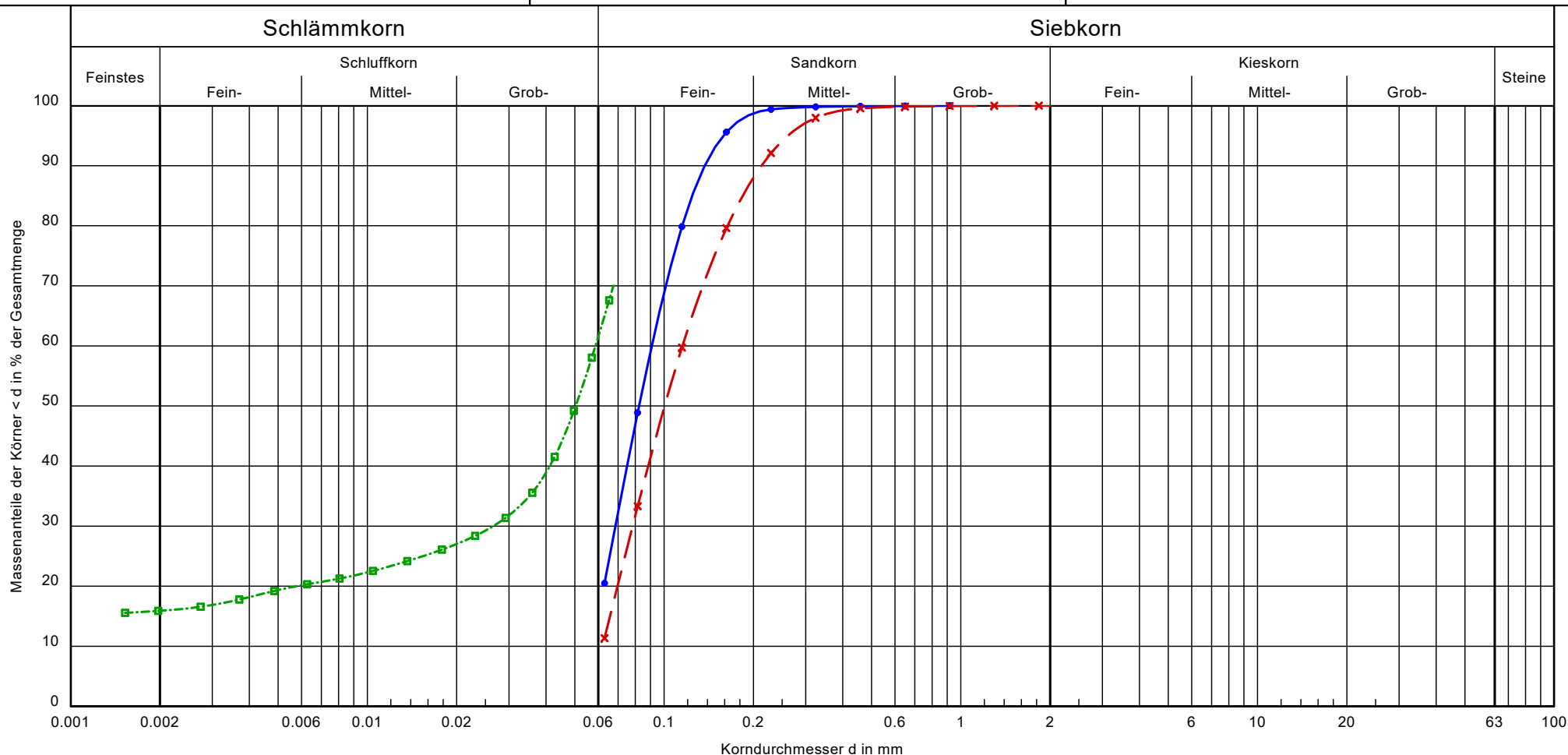


Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

1. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
 Probe entnommen am: 05.-06.2022
 Art der Entnahme: gestört
 Datum: / Bearbeiter: 03.06.-05.07.2022 / Reinke



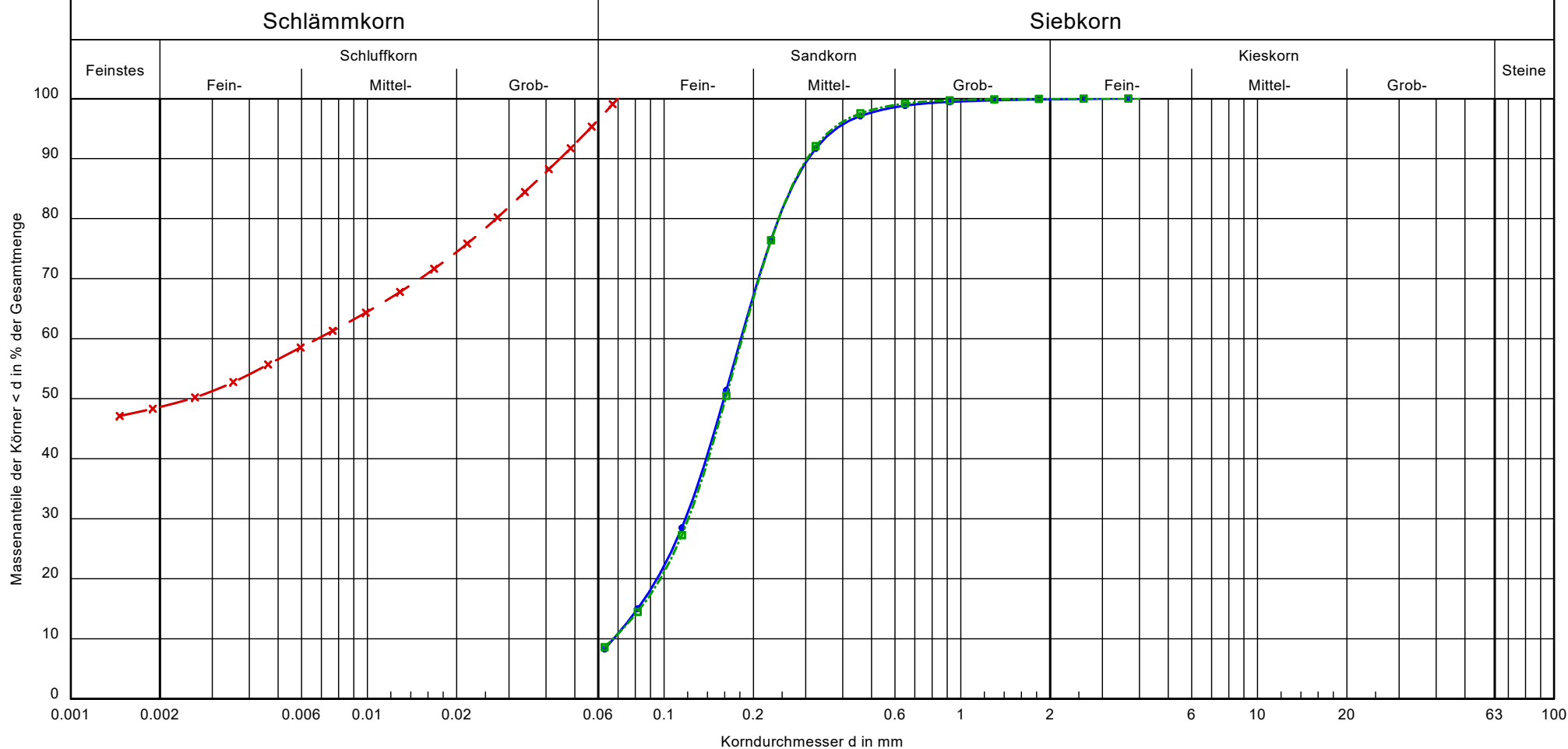
Probenbezeichnung:	RKS 1/3	RKS 1/6	RKS 2/4	Bemerkungen: Nassabtrennungen bei RKS 1/3 und RKS 1/6	Projekt-Nr.: 06-5765 Anhang: 3
Tiefe:	1,8-2,5m	4,0-6,0m	2,1-3,4m		
Bodenart:	fS, u	fS, u', ms'	U, fS, t		
Bodengruppe:	SU*	SU			
k (m/s) (Hazen):	-	$\sim 4,2 \times 10^{-5}$	-		
U/Cc	-/-	-/-	-/-		
Signatur:	—●—	—x—x—	—■—■—		
Kornkennzahl	0280	0190	2530		
Anteile:	- /20.5/79.5/ -	- /11.4/88.6/ -	15.9/49.1/35.0/ -		




Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

1. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
 Probe entnommen am: 05.-06.2022
 Art der Entnahme: gestört
 Datum: / Bearbeiter: 03.06.-05.07.2022 / Reinke



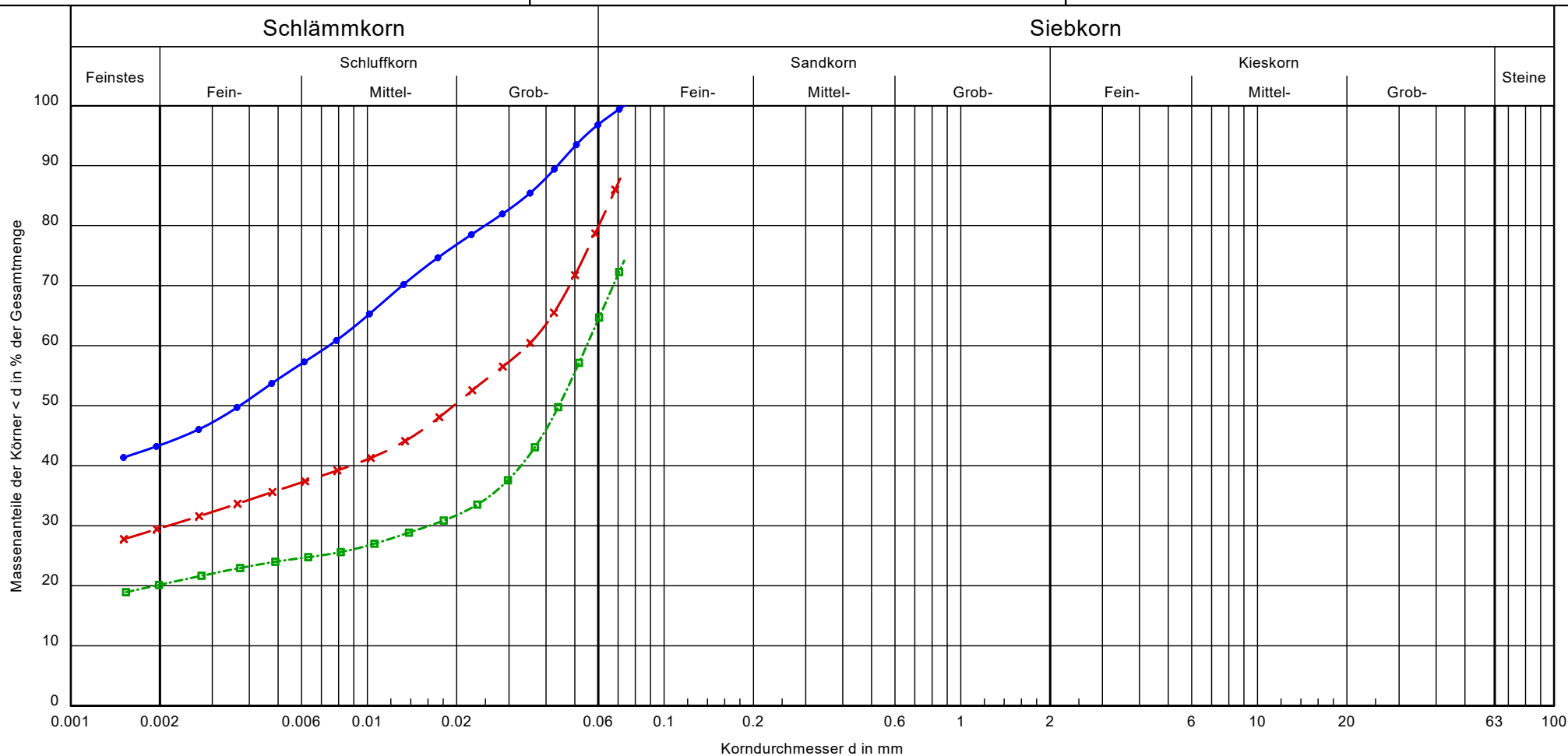
Probenbezeichnung:	RKS 3/8	RKS 4/2	RKS 6/3	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 06-5765 Anhang: 3
Tiefe:	6,4-8,0m	1,0-2,2m	2,7-3,8m		
Bodenart:	fS, mS, u'	T, U	fS, mS, u'		
Bodengruppe:	SU		SU		
k (m/s) (Hazen):	$5.3 \cdot 10^{-5}$	-	$5.2 \cdot 10^{-5}$		
U/Cc	2.7/1.1	-/-	2.7/1.2		
Signatur:					
Kornkennzahl	0190	5500	0190		
Anteile:	- /8.3/91.6/0.1	48.6/49.0/2.4/-	- /8.6/91.3/0.1		

Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

1. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
Probe entnommen am: 05.-06.2022
Art der Entnahme: gestört
Datum: / Bearbeiter: 03.06.-05.07.2022 / Reinke



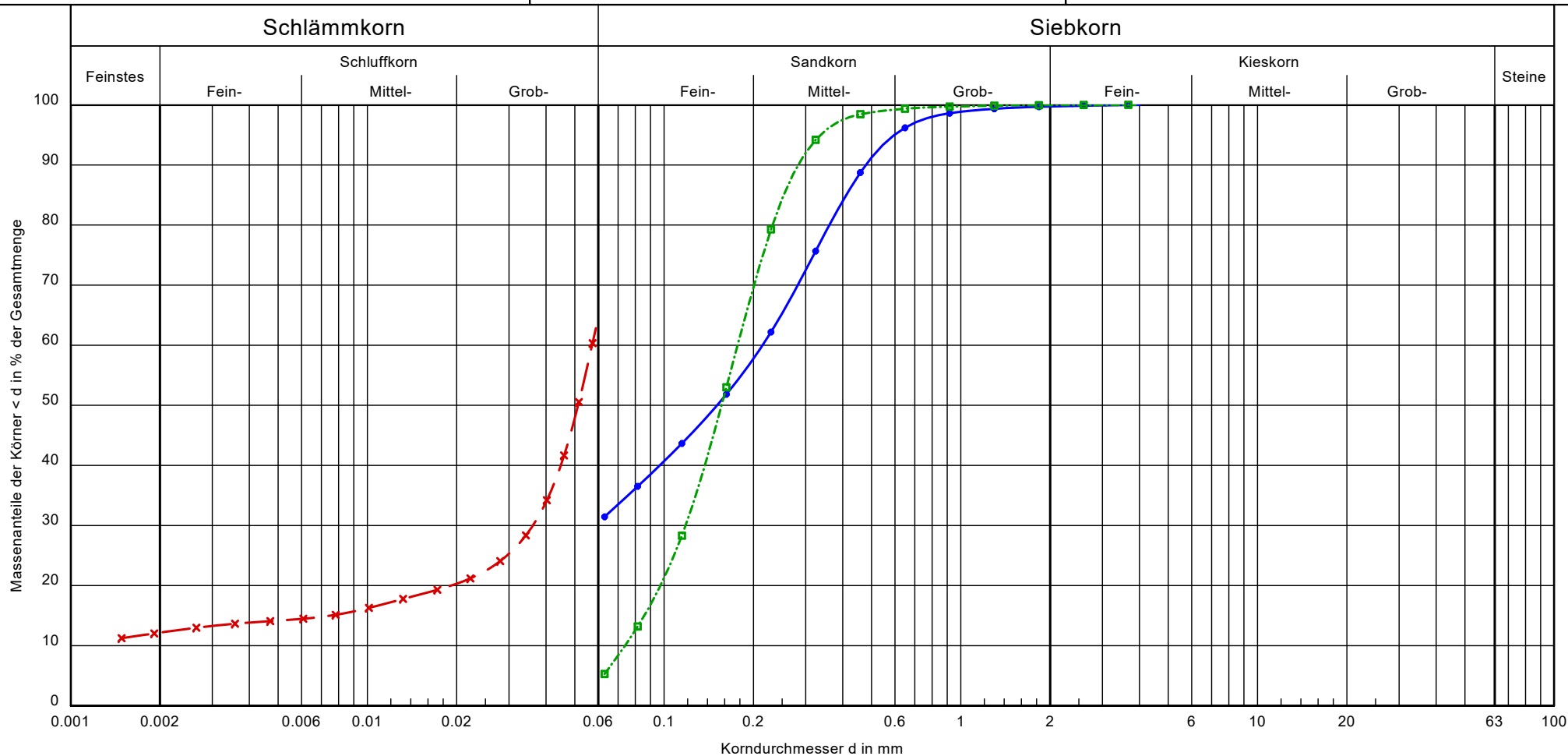
Probenbezeichnung:	RKS 7/4	RKS 12/3	RKS 13/4	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 06-5765 Anhang: 3
Tiefe:	1,8-2,8m	1,5-2,7m	2,0-3,0m		
Bodenart:	T, U	U, t, fs	U, fs, t		
Bodengruppe:					
k (m/s) (Hazen):	-	-	-		
U/Cc	-/-	-/-	-/-		
Signatur:	—●—	—x—	—■—		
Kornkennzahl	4500	3520	2530		
Anteile:	43.4/54.2/2.4/ -	29.6/52.5/17.9/ -	20.2/46.6/33.3/ -		




Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

1. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
Probe entnommen am: 05.-06.2022
Art der Entnahme: gestört
Datum: / Bearbeiter: 03.06.-05.07.2022 / Reinke



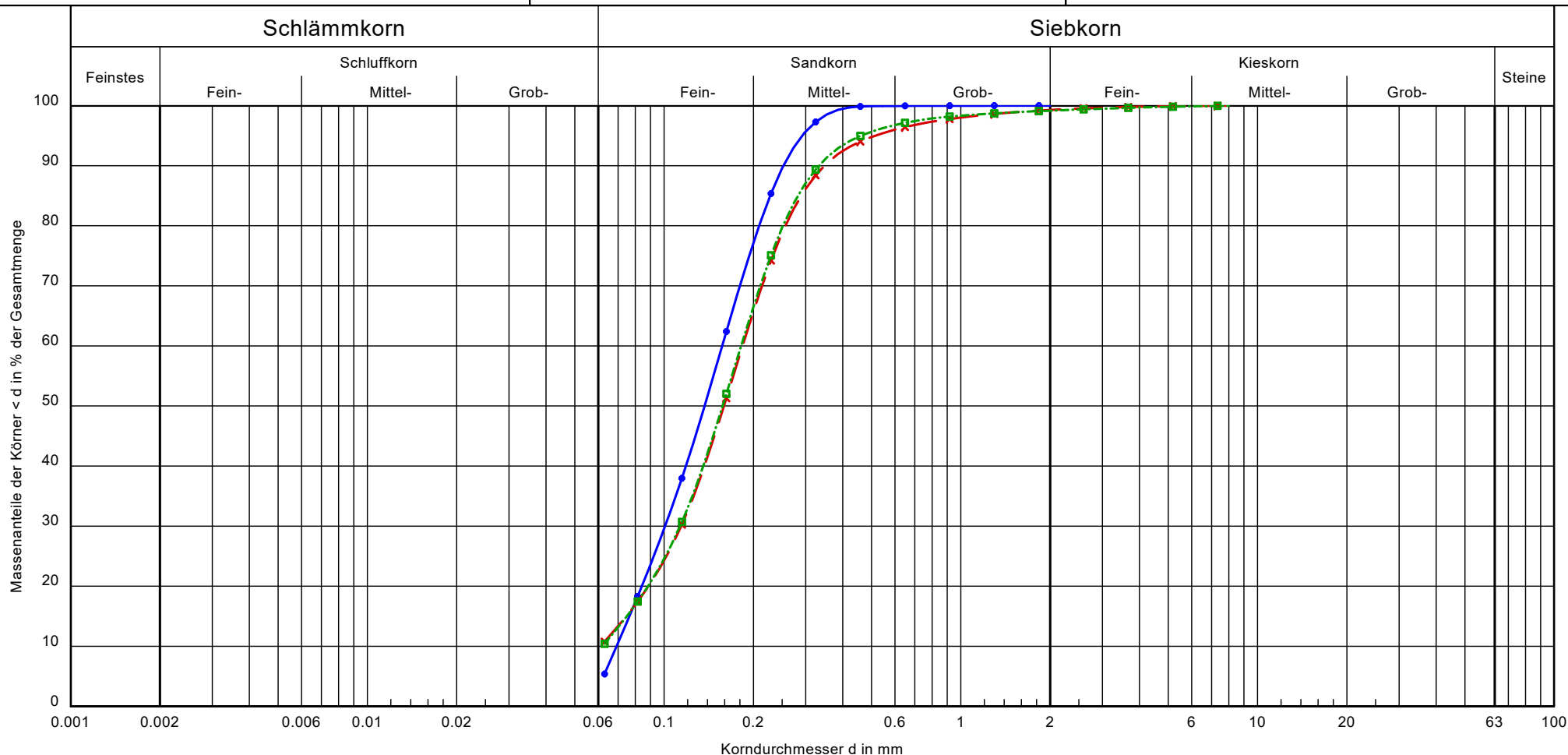
Probenbezeichnung:	RKS 15/3	RKS 16/3	RKS 16/5	Bemerkungen: Nassabtrennung bei RKS 15/3	Projekt-Nr.: 06-5765 Anhang: 3
Tiefe:	1,0-2,0m	1,0-1,9m	2,2-3,0m		
Bodenart:	S, ü	U, t'	fS, ms, u'		
Bodengruppe:	SU*		SU		
k (m/s) (Hazen):	-	-	6.3 · 10 ⁻⁵		
U/Cc	-/-	-/-	2.4/1.1		
Signatur:					
Kornkennzahl	0370	1900	0190		
Anteile:	- /31.5/68.3/0.3	12.2/87.8/-/-	- /5.3/94.7/0.0		

Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

1. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
 Probe entnommen am: 05.-06.2022
 Art der Entnahme: gestört
 Datum: / Bearbeiter: 03.06.-05.07.2022 / Reinke



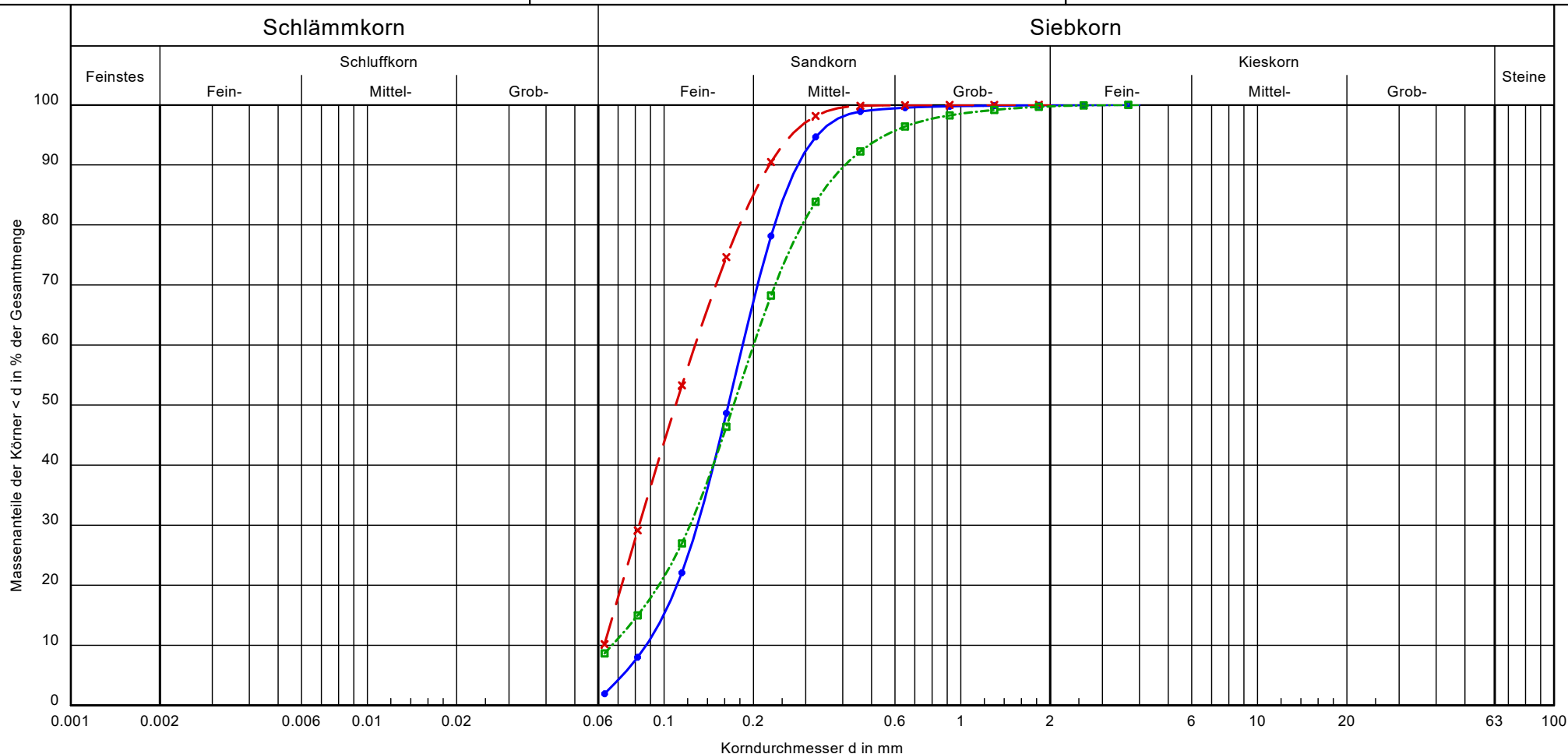
Probenbezeichnung:	RKS 17/4	RKS 19/3	RKS 20/4	Bemerkungen: Nassabtrennungen	Projekt-Nr.: 06-5765 Anhang: 3
Tiefe:	1,9-3,0m	0,9-2,0m	1,0-2,0m		
Bodenart:	fS, ms, u'	fS, ms, u'	fS, ms, u'		
Bodengruppe:	SU	SU	SU		
k (m/s) (Hazen):	$5,5 \times 10^{-5}$	$\sim 4,2 \times 10^{-5}$	$\sim 4,2 \times 10^{-5}$		
U/Cc	2.3/0.9	-/-	-/-		
Signatur:	—●—●—	—x—x—x—	—■—■—■—		
Kornkennzahl	0190	0190	0190		
Anteile:	- /5.4/94.6/ -	- /10.8/88.5/0.7	- /10.4/88.7/0.8		


Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

1. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
 Probe entnommen am: 05.-06.2022
 Art der Entnahme: gestört
 Datum: / Bearbeiter: 03.06.-05.07.2022 / Reinke



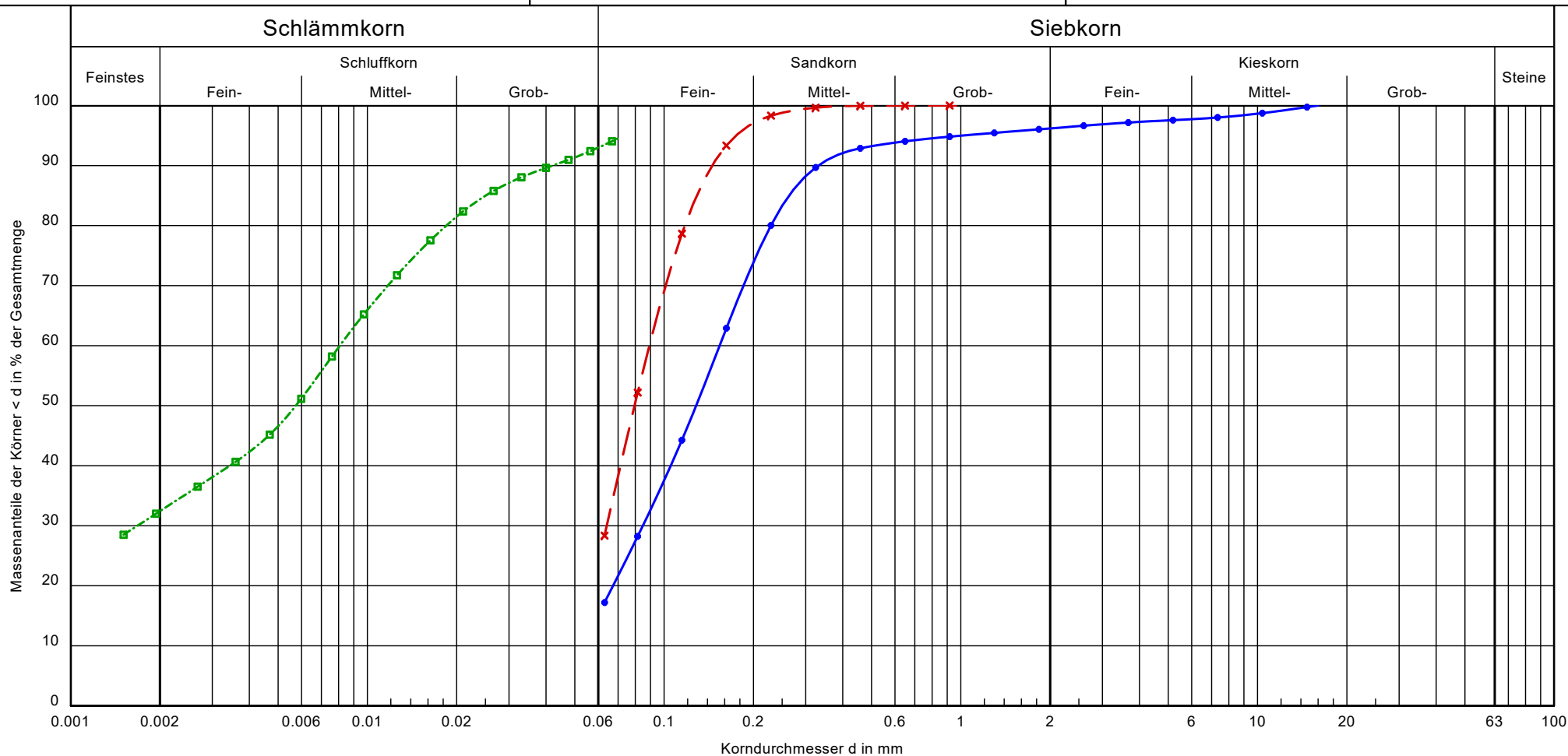
Probenbezeichnung:	RKS 23/4	RKS 23/8	RKS 24/3	Bemerkungen: Nassabtrennungen bei RKS 23/8 und RKS 24/3	Projekt-Nr.: 06-5765 Anhang: 3
Tiefe:	1,2-2,0m	5,0-6,0m	1,2-2,5m		
Bodenart:	fS, ms	fS, u', ms'	fS, ms, u'		
Bodengruppe:	SE	SU	SU		
k (m/s) (Hazen):	8,8x10 ⁻⁵	~4,2x10 ⁻⁵	5,2x10 ⁻⁵		
U/Cc	2.1/1.0	-/-	3.0/1.1		
Signatur:					
Kornkennzahl	00100	0190	0190		
Anteile:	- /1.9/98.0/0.1	- /10.2/89.8/ -	- /8.7/91.1/0.3		



Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

1. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
 Probe entnommen am: 05.-06.2022
 Art der Entnahme: gestört
 Datum: / Bearbeiter: 03.06.-05.07.2022 / Reinke

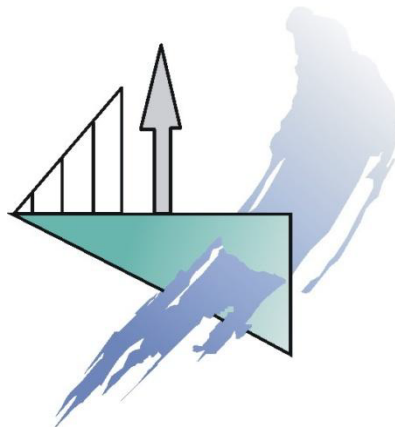


Probenbezeichnung:	RKS 25/2	RKS 26/4	RKS 27/5	Bemerkungen: Nassabtrennungen bei RKS 25/2 und RKS 26/4	Projekt-Nr.: 06-5765 Anhang: 3
Tiefe:	0,8-2,0m	1,6-2,5m	2,2-3,0m		
Bodenart:	fS, u, ms	fS, u	U, f, fs'		
Bodengruppe:	SU*	SU*			
k (m/s) (Hazen):	~3,5x10 ⁻⁵	-	-		
U/Cc	-/-	-/-	-/-		
Signatur:					
Kornkennzahl	0280	0370	3610		
Anteile:	- /17.2/79.0/3.8	- /28.4/71.6/ -	32.4/61.0/6.5/ -		

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: 03.-30.06.2022
Ausgeführt: Reinke

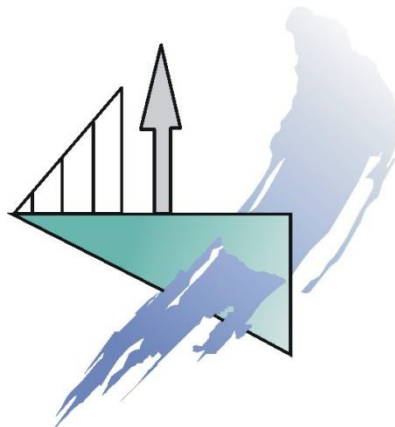
Art der Entnahme: gestört
Entnahme am: 05.-06.2022

Bezeichnung der Probe	RKS 2/4 2,1-3,4m		RKS 4/2 1,0-2,2m	
Behälter Nr.	104	19	74	106
Feuchte Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	21,219	21,073	21,143	21,480
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	16,003	15,699	14,572	14,847
Behälter m_B [g]	1,179	1,187	1,190	1,194
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_W$ [g]	5,216	5,374	6,571	6,633
Trockene Probe m_d [g]	14,824	14,512	13,382	13,653
Wassergehalt $w = m_W / m_d * 100 \%$	35,186	37,031	49,103	48,583
	36,109		48,843	

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

1. Bauabschnitt

Bestimmung des Glühverlustes

nach DIN 18128

Anhang: 3

Projekt-Nr.: 06-5765

Art der Entnahme: gestört

Datum: 03.-30.06.2022

Entnahme am: 05.-06.2022

Ausgeführt: Reinke

Bezeichnung der Probe	RKS 5/3 2,0-4,0m		RKS 7/4 1,8-2,8m	
Behälter Nr.	15	6	17	7
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	38,731	32,018	39,081	31,915
Geglühte Probe + Behälter $m_{Gl} + m_B$ [g]	28,846	22,43	38,362	30,931
Behälter m_B [g]	26,290	20,017	26,588	19,169
Massenverlust $\Delta m_{Gl} = m_d - m_{Gl}$ [g]	9,885	9,588	0,719	0,984
Trockene Probe m_d [g]	12,441	12,001	12,493	12,746
Glühverlust $v_{Gl} = \Delta m_{Gl} / m_d * 100$ [%]	79,46	79,89	5,76	7,72
	79,67		6,74	
Tongehalt			43%	
Korrekturfaktor			-4,3	
Glühverlust %			2,44	



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

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer
1. Bauabschnitt

Bestimmung des Glühverlustes

nach DIN 18128

Anhang: 3

Projekt-Nr.: 06-5765

Art der Entnahme: gestört

Datum: 03.-30.06.2022

Entnahme am: 05.-06.2022

Ausgeführt: Reinke

Bezeichnung der Probe	RKS 9/2 0,6-1,6m		RKS 11/3 0,9-1,9m	
Behälter Nr.	22	19	14	6
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	37,061	36,765	42,003	35,879
Geglühte Probe + Behälter $m_{Gl} + m_B$ [g]	30,008	29,491	40,433	33,999
Behälter m_B [g]	24,216	23,914	25,928	20,017
Massenverlust $\Delta m_{Gl} = m_d - m_{Gl}$ [g]	7,053	7,274	1,57	1,88
Trockene Probe m_d [g]	12,845	12,851	16,075	15,862
Glühverlust $v_{Gl} = \Delta m_{Gl} / m_d \cdot 100$ [%]	54,91	56,60	9,77	11,85
	55,76		10,81	
Tongehalt			20%	
Korrekturfaktor			-2	
Glühverlust %			8,81	

Bestimmung des Glühverlustes
nach DIN 18128

Projekt-Nr.: 06-5765
Datum: 03.-30.06.2022
Ausgeführt: Reinke

Anhang: 3
Art der Entnahme: gestört
Entnahme am: 05.-06.2022

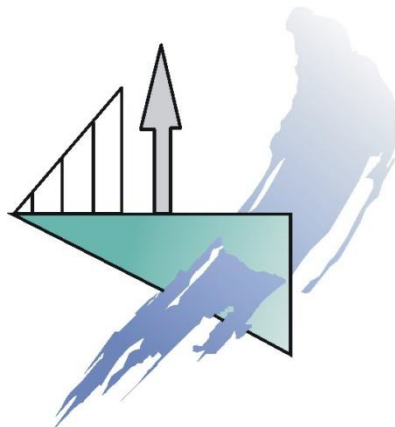
Bezeichnung der Probe	RKS 13/4 2,0-3,0m		RKS 27/5 2,2-3,0m	
Behälter Nr.	11	13	15	0
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	36,680	42,679	47,564	41,444
Geglühte Probe + Behälter $m_{Gl} + m_B$ [g]	36,06	42,23	46,14	39,797
Behälter m_B [g]	19,038	25,401	26,292	19,602
Massenverlust $\Delta m_{Gl} = m_d - m_{Gl}$ [g]	0,62	0,449	1,424	1,647
Trockene Probe m_d [g]	17,642	17,278	21,272	21,842
Glühverlust $v_{Gl} = \Delta m_{Gl} / m_d \cdot 100$ [%]	3,51 3,06	2,60	6,69 7,12	7,54
Tongehalt	20%		32%	
Korrekturfaktor	-2,0		-3,2	
Glühverlust %	1,06		3,92	

Anhang 3

Protokolle der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

Anhang 3.4

Zustandsgrenzen





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

Projekt-Nr.: 06-5765

Anlage: 3

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

1. Abschnitt

Bearbeiter: Reinke

Datum: 03.-30.06.2022

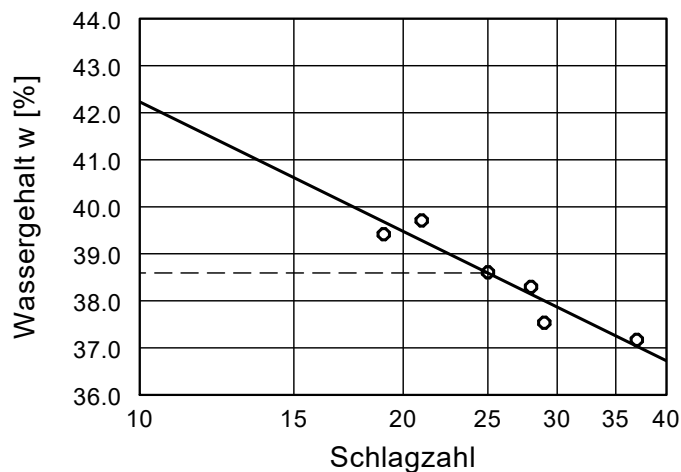
Entnahmestelle: RKS 2/4

Tiefe: 2,1-3,4m

Art der Entnahme: gestört

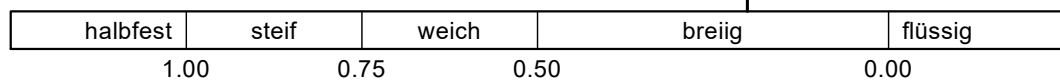
Bodenart: U, fs, t

Probe entnommen am: 05.-06.2022

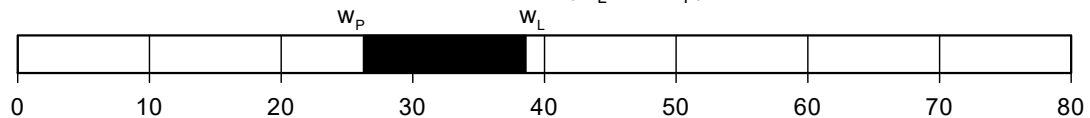


Wassergehalt $w =$ 36.1 %
Fließgrenze $w_L =$ 38.6 %
Ausrollgrenze $w_P =$ 26.3 %
Plastizitätszahl $I_P =$ 12.3 %
Konsistenzzahl $I_C =$ 0.20

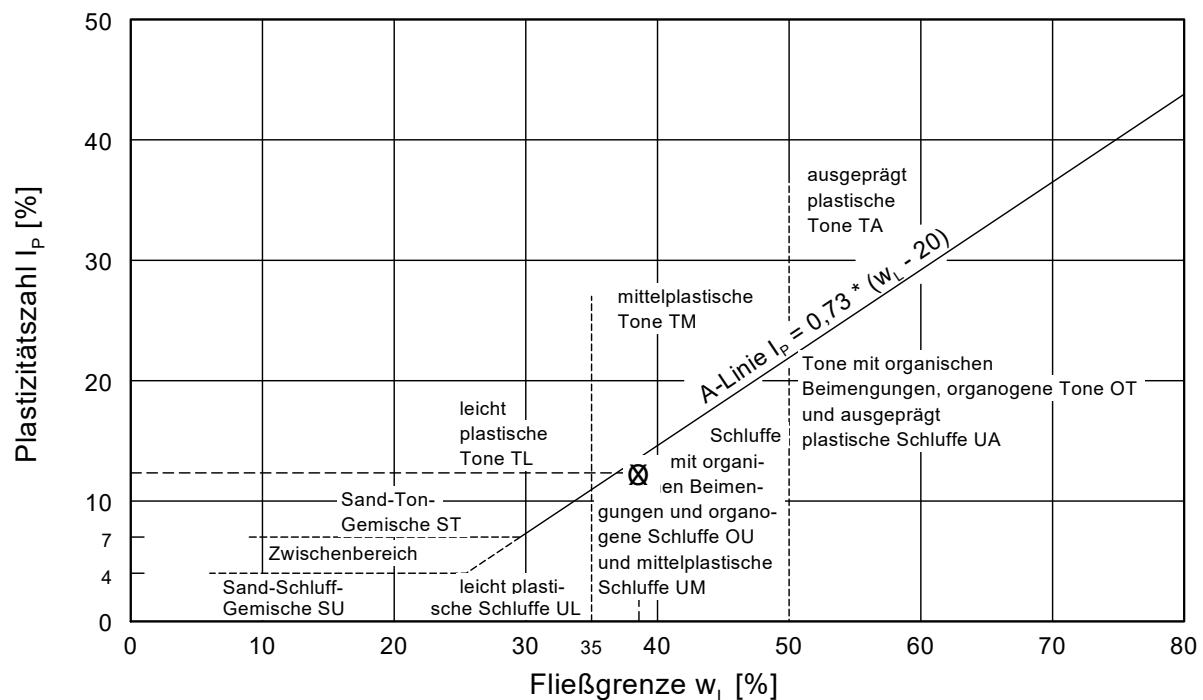
Zustandsform

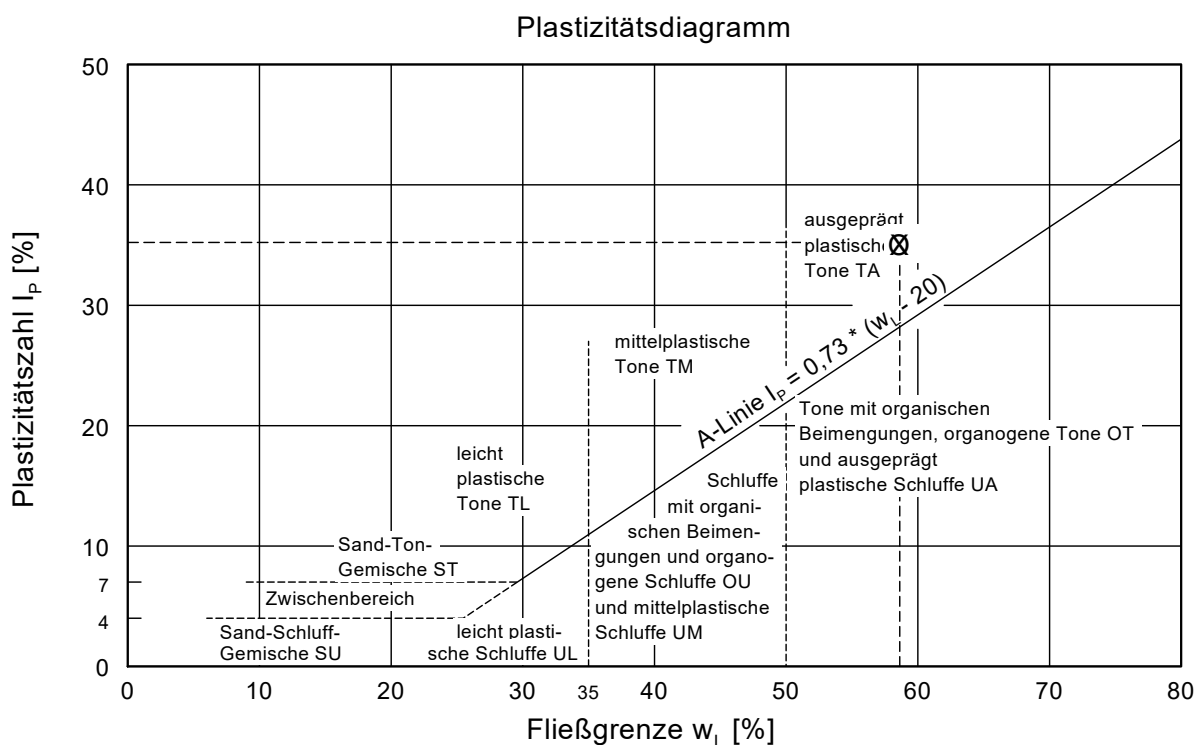


Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm



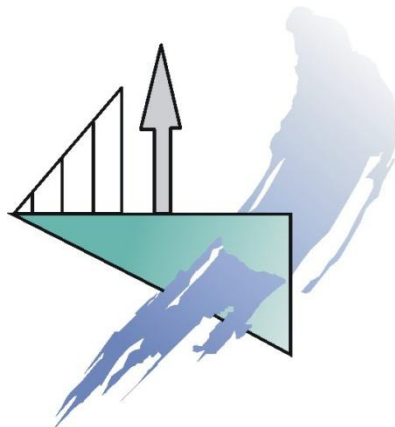


Anhang 4

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

24. Mai 2022

PRÜFBERICHT 190522102

Auftragsnr. Auftraggeber: 06-5765
Projektbezeichnung: BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven - Leer
Probenahme: durch Auftraggeber am 16.05.2022
Probentransport: durch Laboratorien Dr. Döring am 16.05.2022
Probeneingang: 17.05.2022
Prüfzeitraum: 18.05.2022 – 24.05.2022
Probennummer: 130317 / 22
Probenmaterial: Wasser
Verpackung: diverse Gefäße
Bemerkungen: -
Sonstiges:
Analysenbefunde: Seite 3 - 4
Messverfahren: Seite 2
Qualitätskontrolle:

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.

Dr. Jens Krause
(stellv. Laborleiter)

Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Prüfbericht 190522102.doc

Seite 1 von 4

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:	pH-Wert	DIN EN ISO 10523 (C 5): 2012-04
	Säurekapazität	DIN 38409-H 7: 2005-12
	Chlorid (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Sulfat (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Kalzium	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
	Ammonium	DIN 38406-E5-1: 1983-10
	Eisen	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
	Eisen (II)	DIN 38406-E1: 1983-05
	TOC	DIN EN 1484 (H3): 2019-04
	Nitrat	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	CSB	DIN ISO 15705 (H 45): 2003-01
	Nitrit	DIN EN 26777 (D 10): 1993-04

Labornummer		130317	
Probenbezeichnung		RKS 20 (LK Friesland)	
Dimension		[mg/L]	
pH-Wert bei 20 °C		6,3	
Säurekapazität [mmol/L]		1,7	
Chlorid		30	
Sulfat		37	
Kalzium		30	

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 **RKS 20 (LK Friesland)** (Labornummer 130317) eine geringe Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion gegeben.

An der Wasser/Luft-Grenze ist für die Probe **RKS 20 (LK Friesland)** (Labornummer 130317) eine mittlere Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und eine geringe Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion gegeben.

Labornummer		130317	
Probenbezeichnung		RKS 20 (LK Friesland)	
Dimension		[mg/L]	
Eisen, gesamt		4,3	
Eisen (II)		0,069	
Nitrat		0,35	
Nitrit		0,21	
Ammonium		0,10	
CSB [mg/L O ₂]		32	
TOC		26	

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 21 28357 Bremen

RP Geolabor und Umweltservice
Niedriger Weg 47

49661 CLOPPENBURG

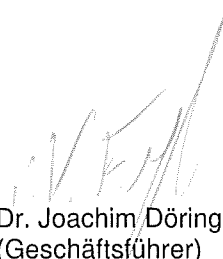
27. Mai 2022

PRÜFBERICHT 200522062

Auftragsnr. Auftraggeber: 06-5765
Projektbezeichnung: BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven - Leer
Probenahme: durch Auftraggeber am 17./18.05.2022
Probentransport: durch Laboratorien Dr. Döring am 19.05.2022
Probeneingang: 20.05.2022
Prüfzeitraum: 20.05.2022 – 27.05.2022
Probennummer: 130669 - 130671 / 22
Probenmaterial: Wasser
Verpackung: diverse Gefäße
Bemerkungen: -
Sonstiges:
Analysenbefunde: Seite 3 - 6
Messverfahren: Seite 2
Qualitätskontrolle:

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.


M. Sc. Dirk Schlüter
(Projektleiter)


Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Messverfahren:	pH-Wert	DIN EN ISO 10523 (C 5): 2012-04
	Säurekapazität	DIN 38409-H 7: 2005-12
	Chlorid (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Sulfat (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Kalzium	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
	Ammonium	DIN 38406-E5-1: 1983-10
	Eisen	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
	Eisen (II)	DIN 38406-E1: 1983-05
	TOC	DIN EN 1484 (H3): 2019-04
	Nitrat	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	CSB	DIN ISO 15705 (H 45): 2003-01
	Nitrit	DIN EN 26777 (D 10): 1993-04

Labornummer		130669	
Probenbezeichnung		RKS 23 (LK Friesland)	
Dimension		[mg/L]	
pH-Wert bei 20 °C		6,8	
Säurekapazität [mmol/L]		9,9	
Chlorid		27	
Sulfat		94	
Kalzium		190	

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 **RKS 23 (LK Friesland)** (Labornummer 130669) 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 **RKS 23 (LK Friesland)** (Labornummer 130669) eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion gegeben.

Labornummer		130670	
Probenbezeichnung		RKS 9 (LK Friesland)	
Dimension		[mg/L]	
pH-Wert bei 20 °C		6,7	
Säurekapazität [mmol/L]		3,7	
Chlorid		27	
Sulfat		94	
Kalzium		130	

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 **RKS 9 (LK Friesland)** (Labornummer 130670) 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 **RKS 9 (LK Friesland)** (Labornummer 130670) eine geringe Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion gegeben.

Labornummer		130671	
Probenbezeichnung		RKS 15 (LK Friesland)	
Dimension		[mg/L]	
pH-Wert bei 20 °C		7,0	
Säurekapazität [mmol/L]		8,3	
Chlorid		2.400	
Sulfat		19	
Kalzium		210	

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 **RKS 15 (LK Friesland)** (Labornummer 130671) eine geringe Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion gegeben.

An der Wasser/Luft-Grenze ist für die Probe **RKS 15 (LK Friesland)** (Labornummer 130671) eine hohe Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und eine mittlere Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion gegeben.

Labornummer	130669	130670	130671
Probenbezeichnung	RKS 23 (LK Friesland)	RKS 9 (LK Friesland)	RKS 15 (LK Friesland)
Dimension	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]
Eisen, gesamt	11	29	37
Eisen (II)	7,8	7,7	0,21
Nitrat	28	2,1	1,0
Nitrit	0,89	0,12	0,01
Ammonium	0,026	11	13
CSB [mg/L O ₂]	< 15	44	31
TOC	12	97	22



Laboratorien Dr. Döring Haferwende 21 28357 Bremen

RP Geolabor und Umweltservice
Niedriger Weg 47

49661 CLOPPENBURG

10. Juni 2022

PRÜFBERICHT 070622064

Auftragsnr. Auftraggeber: 06-5765
Projektbezeichnung: BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven - Leer
Probenahme: durch Auftraggeber am 31.05.+01.06.2022
Probentransport: durch Auftraggeber am 03.06.2022
Probeneingang: 03.06.2022
Prüfzeitraum: 07.06.2022 – 10.06.2022
Probennummer: 130317 / 22
Probenmaterial: Wasser
Verpackung: diverse Gefäße
Bemerkungen: -

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

Messverfahren: Seite 2

Qualitätskontrolle:

Dr. Jens Krause
(stellv. Laborleiter)

Dr. Farzin Mostaghimi
(Projektleiter)

Prüfbericht 070622064.doc

Seite 1 von 3

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

Labornummer	133783	133784	133785
Probenbezeichnung	RKS 1 (LK Friesland)	RKS 6 (LK Friesland)	RKS 26 (LK Friesland)
Dimension	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
Eisen, gesamt	5.000	3.100	4.400
Eisen (II)	4.900	2.800	2.000
Chlorid	4.900	18.000	17.000
Sulfat	22.000	26.000	37.000
Nitrat	< 100	520	1.500
Nitrit	< 20	< 20	30
Ammonium	150	570	97
CSB [mg/L O ₂]	30	150	4.400
TOC	22.000	26.000	24.000

Labornummer	133783		
Probenbezeichnung	RKS 1 (LK Friesland)		
Dimension	[mg/L]		
pH-Wert bei 20 °C	7,0		
Säurekapazität [mmol/L]	10		
Chlorid	4,9		
Sulfat	22		
Kalzium	150		

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 **RKS 1 (LK Friesland)** (Labornummer 133783) 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 **RKS 1 (LK Friesland)** (Labornummer 133783) eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und sehr eine geringe Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion gegeben.

Messverfahren:	pH-Wert	DIN EN ISO 10523 (C 5): 2012-04
	Säurekapazität	DIN 38409-H 7: 2005-12
	Chlorid (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Sulfat (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Kalzium	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
	Ammonium	DIN 38406-E5-1: 1983-10
	Eisen	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
	Eisen (II)	DIN 38406-E1: 1983-05
	TOC	DIN EN 1484 (H3): 2019-04
	Nitrat	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	CSB	DIN ISO 15705 (H 45): 2003-01
	Nitrit	DIN EN 26777 (D 10): 1993-04

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 21 28357 Bremen

RP Geolabor und Umweltservice
Niedriger Weg 47

49661 CLOPPENBURG

5. Juli 2022

PRÜFBERICHT 240622038

Auftragsnr. Auftraggeber: 06-5765
Projektbezeichnung: BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer
Probenahme: durch Auftraggeber vom 14.-17.06.2022
Probentransport: durch Auftraggeber am 23.06.2022
Probeneingang: 23.06.2022
Prüfzeitraum: 23.06.2022 – 05.07.2022
Probennummer: 138242 - 138244 / 22
Probenmaterial: Wasser
Verpackung: diverse Gefäße
Bemerkungen: -

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

Messverfahren: Seite 2

Qualitätskontrolle:

Dr. Jens Krause
(stellv. Laborleiter)

Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Messverfahren:

CSB	DIN ISO 15705 (H 45): 2003-01
Chlorid	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
Nitrat	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
Nitrit	DIN EN 26777 (D 10): 1993-04
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
Ammonium	DIN 38406-E5-1: 1983-10
Eisen	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
Eisen (II)	DIN 38406-E1: 1983-05
TOC	DIN EN 1484 (H3): 2019-04

Labornummer	138242
Probenbezeichnung	GW 17
Dimension	[µg/L]
Chlorid	410.000
Sulfat	3.900
Eisen, gesamt	410
Eisen (II)	410
Nitrat	< 1.000
Nitrit	< 50
Ammonium	2.600
CSB [mg/L O ₂]	95
TOC	160.000

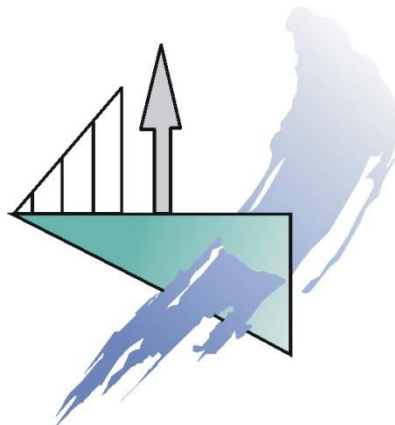
Anhang 4

Protokolle der chemischen Laboruntersuchungen

Anhang 4.2

Analysenberichte der Bodenuntersuchungen

ANHANG



Laboratorien Dr. Döring Haferwende 21 28357 Bremen

RP Geolabor und Umweltservice
Niedriger Weg 47

49661 CLOPPENBURG

1. Juni 2022

PRÜFBERICHT 270522033

Auftragsnr. Auftraggeber: 06-5765
Projektbezeichnung: BG Hochdruck-Gasleitung WHV-LER
Probenahme: durch Auftraggeber vom 16.-19.05.2022
Probentransport: durch Auftraggeber am 25.05.2022
Probeneingang: 25.05.2022
Prüfzeitraum: 27.05.2022 – 01.06.2022
Probennummer: 132086 - 132090 / 22
Probenmaterial: Boden
Verpackung: PE-Dose
Bemerkungen: -

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
Messverfahren: Seite 2
Qualitätskontrolle:

Dr. Jens Krause
(stelly. Laborleiter)

Dr. Farzin Mostaghimi
(Projektleiter)

Messverfahren:	Eluat	DIN EN 12457-4: 2003-01
	pH-Wert (E)	DIN EN ISO 10523: 2012-04
	el. Leitfähigkeit (E)	DIN EN 27888 (C8): 1993-11
	Chlorid (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Sulfat (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Säurebildungspotenzial	gem. Handlungsempfehlung zur Bewertung von Aushubmaterial durch reduzierte anorganische Schwefelverbindungen GDfB, Stand 03.11.2009
	Säureneutralisationskapazität	LAGA-Richtlinie EW 98 p

Labornummer	132086	132087	132088
Probenbezeichnung	RKS 7/3	RKS 9/3	RKS 11/4
Dimension	[mmol/kg TS]	[mmol/kg TS]	[mmol/kg TS]
Säureneutralisationskapazität SNK_T	1.200	1.800	530
Säurebildungspotenzial SBP_{CRS}	< 3	65	84
Netto-Säureneutralisationskapazität SNK_N	+ 1.200	+ 1.725	+ 446
Einstufung	$SNK_N > 0$ potentiell nicht sulfatsauer	$SNK_N > 0$ potentiell nicht sulfatsauer	$SNK_N > 0$ potentiell nicht sulfatsauer

Labornummer	132086	132087	132088
Probenbezeichnung	RKS 7/3	RKS 9/3	RKS 11/4
Dimension	ELUAT [µg/L]	ELUAT [µg/L]	ELUAT [µg/L]
pH-Wert bei 20 °C	8,1	7,4	5,9
el. Leitfähigkeit [µS/cm] bei 25 °C	215	613	804
Chlorid	2.800	110.000	250.000

Labornummer	132089	132090	
Probenbezeichnung	RKS 14/2	RKS 27/4	
Dimension	[mmol/kg TS]	[mmol/kg TS]	
Säureneutralisationskapazität SNK_T	1.100	260	
Säurebildungspotenzial SBP_{CRS}	58	< 3	
Netto-Säureneutralisationskapazität SNK_N	+1.042	+ 260	
Einstufung	$SNK_N > 0$ potentiell nicht sulfatsauer	$SNK_N > 0$ potentiell nicht sulfatsauer	

Labornummer	132089	132090	
Probenbezeichnung	RKS 14/2	RKS 27/4	
Dimension	ELUAT [µg/L]	ELUAT [µg/L]	
pH-Wert bei 20 °C	7,8	7,2	
el. Leitfähigkeit [µS/cm] bei 25 °C	260	104	
Chlorid	15.000	340	

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 21 28357 Bremen

RP Geolabor und Umweltservice
Niedriger Weg 47

49661 CLOPPENBURG

13. Juni 2022

PRÜFBERICHT 070622063

Auftragsnr. Auftraggeber: 06-5765
 Projektbezeichnung: Hochdruck-Gasleitung WHV-LER
 Probenahme: durch Auftraggeber am 31.05.+01.06 2022
 Probentransport: durch Auftraggeber am 03.06.2022
 Probeneingang: 03.06.2022
 Prüfzeitraum: 07.06.2022 – 13.06.2022
 Probennummer: 133781 - 133782 / 22
 Probenmaterial: Boden
 Verpackung: PE-Dose
 Bemerkungen: -

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

Messverfahren: Seite 2

Qualitätskontrolle:

Dr. Jens Krause
(stellv. Laborleiter)

Dr. Farzin Mostaghimi
(Projektleiter)

Prüfbericht 070622063.doc

Seite 1 von 3

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

freiboldstraße 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:	Eluat	DIN EN 12457-4: 2003-01
	pH-Wert (E)	DIN EN ISO 10523: 2012-04
	el. Leitfähigkeit (E)	DIN EN 27888 (C8): 1993-11
	Chlorid (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Sulfat (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Säurebildungspotenzial	gem. Handlungsempfehlung zur Bewertung von Aushubmaterial durch reduzierte anorganische Schwefelverbindungen GDfB, Stand 03.11.2009
	Säureneutralisationskapazität	LAGA-Richtlinie EW 98 p

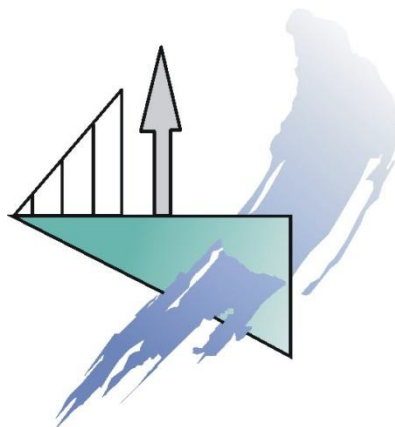
Labornummer	133781	133782	
Probenbezeichnung	RKS 2/2 (1,00 - 1,70 m)	RKS 5/2 (1,00 - 2,00 m)	
Dimension	[mmol/kg TS]	[mmol/kg TS]	
Säureneutralisationskapazität SNK_T	680	510	
Säurebildungspotenzial SBP_{CRS}	< 3	< 3	
Netto-Säureneutralisationskapazität SNK_N	+ 680	+ 510	
Einstufung	$SNK_N > 0$ potentiell nicht sulfatsauer	$SNK_N > 0$ potentiell nicht sulfatsauer	

Labornummer	133781	133782	
Probenbezeichnung	RKS 2/2 (1,00 - 1,70 m)	RKS 5/2 (1,00 - 2,00 m)	
Dimension	ELUAT [µg/L]	ELUAT [µg/L]	
pH-Wert bei 20 °C	8,1	8,1	
el. Leitfähigkeit [µS/cm] bei 25 °C	75	163	
Chlorid	380	2.300	

Anhang 5

Setzungsberechnungen gem. DB Ril 836

ANHANG



Bestimmung der Setzungen

Gem. DB Ril 836

Projekt Nr.: 06-5765

GWL Baulos 1; 1. 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 [-]:

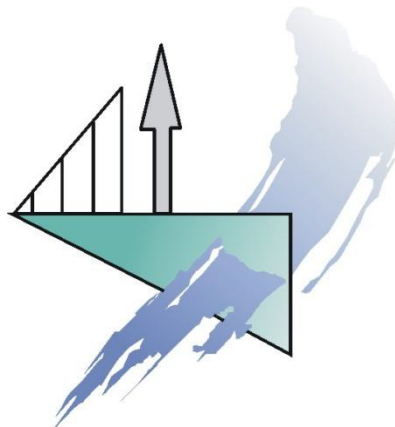
Bodenart	Lagerungs- dichte	Bodenkenn- ziffer B_k	Bodenart	Konsistenz	Bodenkenn- ziffer B_k
nicht bindige Böden	sehr dicht	1,5	bindige Böden	fest	2
	dicht	2		steif	3
	locker	3		weich	4
	sehr locker	4		breiig	6
Berechnung		Sand	Klei	Torf	Beckenton
Bodenkennziffer B_k		2,5	4	5	3,5
Bohrdurchmesser D_a [m]		0,61	0,61	0,61	0,61
Überdeckungshöhe $h_{\bar{u}}$ [m]		1,5	1,5	1,5	1,5
Setzung s [cm]		0,68	1,09	1,37	0,96
Länge der Setzungsmulde L [m]		4,22	4,22	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	Setzungsrechnungen 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