

Geotechnisches Streckengutachten

zum

Neubau einer Gasanbindung

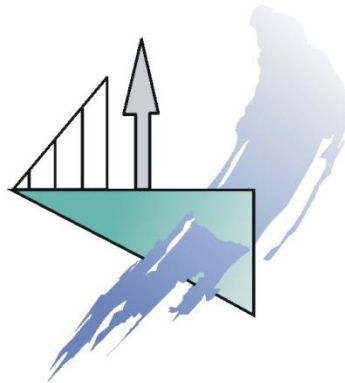
Wilhelmshaven – Leer (GWL)



Baulos 2 Westerstede - Leer

4. Abschnitt – Stationierungs-km 30,850 bis 36,910

Landkreis Ammerland



RPGeolabor und Umweltservice GmbH

Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg

Projektnummer: 06-5765

Datum: 07.12.2022

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	II
TABELLENVERZEICHNIS	II
ANHANGSVERZEICHNIS	III
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IV
1 UNTERSUCHUNGSANLASS UND AUFGABENSTELLUNG	1
2 VORHANDENE PLANUNTERLAGEN	2
3 BAUVORHABEN	3
4 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	5
4.1 Lage, Art, Zeitraum und Umfang der Baugrundaufschlüsse	5
4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	7
4.3 Chemische Bodenuntersuchungen	8
5 BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	9
5.1 Regionalgeologischer Überblick und erfasster Baugrundaufbau.....	9
5.3 Homogenbereiche	12
6 GEOTECHNISCHE KLASSIFIZIERUNG DER SCHICHTEN UND ZUORDNUNG VON BODENKENNWERTEN	17
7 HYDROGEOLOGISCHE ANGABEN UND BAUWASSERHALTUNG	19
7.1 Ergebnisse der Grundwasseranalysen.....	22
8 BEURTEILUNG DES BAUGRUNDES, EMPFEHLUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG.....	24
8.1 Empfehlungen für die Gründung der Gashochdruckleitung	25
8.2 Verfüllung des Rohrgrabens	28
9 EMPFEHLUNGEN UND HINWEISE FÜR DIE UNTERQUERUNGEN.....	30
9.1 Offene Bauweise	30
9.2 Grabenlose Bauweise	32
10 UMGANG MIT SULFATSAUREN UND POTENZIELL SULFATSAUREN BÖDEN	34
11 VERZEICHNIS DER VERWENDETEN UNTERLAGEN.....	34

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

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

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Zuordnung der Schlagzahlen der DPL und der DPH zu den Lagerungs- und Proctordichten nach DIN EN1997-2:2010 sowie zu den Konsistenzen bindiger Böden	6
Tabelle 2	Ausgeführte Feldarbeiten	7
Tabelle 3	Ausgeführte bodenmechanische Laboruntersuchungen	8
Tabelle 4	Generalisierte baugrundgeologisch relevante Schichtenfolge im 3. Abschnitt	11
Tabelle 5	Geologische Verhältnisse im Bereich des 3. Abschnittes	12
Tabelle 6	Abgeschätzte charakteristische, bodenmechanische Kennwerte für die angetroffene Schichtenfolge	18
Tabelle 7	Zusammenfassende Ergebnisse der chemischen Grundwasseruntersuchungen im 3. Abschnitt, Landkreis Ammerland.....	22
Tabelle 8	Einstufung der Korrosionswahrscheinlichkeiten für die untersuchte Grundwasserprobe 73	23

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

4 Protokolle der chemischen Grundwasseruntersuchungen

5 Setzungsberechnungen gem. DB Ril 836

6 Glossar sowie Regelwerke und Normen (Auswahl)

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

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

1 UNTERSUCHUNGSANLASS UND AUFGABENSTELLUNG

Die EWE Netz GmbH, 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 Nütermoor 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 Nütermoor der Stadt Leer.

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

Ziel der Untersuchungen ist:

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

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

Für die Baugrunderkundung wird die Leitungstrasse in sieben Abschnitte (Abschnitt 1 bis 7) unterteilt. Gegenstand der vorliegenden Ausarbeitung ist der 4. Abschnitt zwischen Stationierungs-km 30,850 und km 36,910. Der 4. Abschnitt beginnt westlich der Autobahnanschlussstelle (A 28) Westerstede-West und endet an der Landkreisgrenze Ammerland / Leer.

2 VORHANDENE PLANUNTERLAGEN

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

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

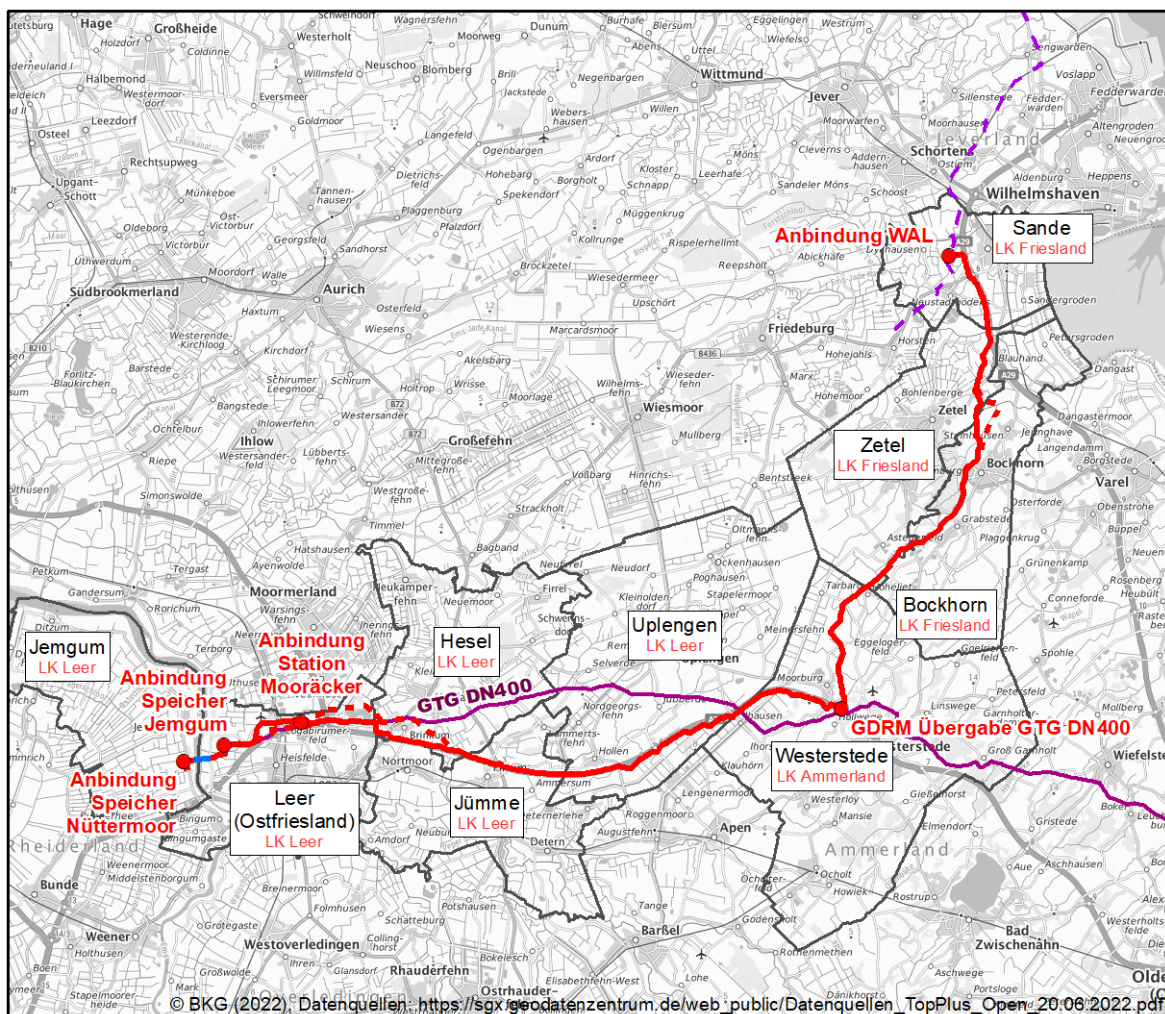
Für die Bearbeitung des ingenieurgeologischen Streckengutachtens wurden folgende allgemeine Unterlagen und Daten herangezogen:

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

3 BAUVORHABEN

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

Abbildung 1 Verlauf der GWL



Die Gashochdruckleitung mit der Nennweite von DN600 wird aus kunststoffbeschichteten Stahlrohren mit einem Außendurchmesser von ca. 610 mm hergestellt. Die Leitung wird in der Regel in offener Bauweise verlegt. Bei einer Mindestüberdeckungshöhe von 1,2 m wird die Rohrsohle zwischen 1,8 m und 2,5 m unter Geländeoberkante (u. GOK) zu liegen kommen.

Bei der Herstellung der Transportleitung wird eine Vielzahl von Gewässern der 2. und 3. Ordnung sowie Straßen, Wege und Deiche gekreuzt. Bei den Gewässern und Straßen ist eine Überdeckungshöhe (Abstand zwischen Gewässersohle bzw. Fahrbahnoberkante und Rohrscheitel) von 1,5 m bis 2,0 m vorgesehen. Die Rohrsohlen kommen somit im Bereich der Gewässerkreuzungen ca. zwischen 3,5 m und 5,0 m unter Geländeoberkante zu liegen. Bei der offenen Querung von Gewässern werden vorgefertigte Rohrbögen (Düker) offen in die zuvor ausgebaggerte Gewässerrinne eingelegt und verfüllt.

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

Alternativ zu den oben beschriebenen Rammungen und Pressungen ist der Einsatz des Direct Pipe-Verfahrens geplant. Bei diesem 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.

Des Weiteren sind im Verlauf der gesamten Leitungstrasse 13 gesteuerte Horizontalbohrungen (HDD-Verfahren) vorgesehen. Für diese Unterquerungen werden gesonderte Untersuchungen und geotechnische Berichte erstellt. Entlang des 4. Abschnittes sind zwei HDD-Bohrungen vorgesehen.

Der hier ausgewertete 4. Abschnitt weist eine Länge von 6,060 km (Stationierungs-km 30,850 bis 36,910) auf und tangiert die Gemeinde Westerstede im Landkreis Ammerland.

Gemäß der vorläufigen Planung werden im Rahmen des 4. Abschnittes ca. 4 grabenlose bzw. offene (Düker) Querungen ausgeführt.

4 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

4.1 Lage, Art, Zeitraum und Umfang der Baugrundaufschlüsse

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

Entsprechend der Planung sollte in dem hier betrachteten 4. Abschnitt der Baugrund an 12 Positionen aufgeschlossen werden. Aufgrund einer fehlenden Zutrittserlaubnis konnte der Aufschluss an der Position 77 nicht ausgeführt werden.

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

Die Untersuchung der Baugrundverhältnisse im 4. Abschnitt wurden im Zeitraum vom 09.06. bis 27.06.2022 durch die RP Geolabor und Umweltservice GmbH sowie durch die unterbeauftragte Firma GEOtec GmbH aus Neuss ausgeführt.

Zur näheren Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden auf der Strecke von km 30,850 bis km 36,910 insgesamt 11 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 zwei Positionen durch leichte (DPL) Rammsondierungen mit einer Tiefe von 5,0 ergänzt. Die Bohrung RKS 86 liegt aufgrund einer nachträglichen Umplanung abseits der Trassenführung.

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

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

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 Rammdiagrammen 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 baugrundegeologischen Streckenbandes in Anhang 1.3 dargestellt.

Die Rammkernsondierbohrungen (RKS) wurden darüber hinaus an 5 Positionen zu einfachen temporären Grundwassermessstelle (Rammpegel; RP) mittels Einbringens von Rammfiltern (DN 35) im Bereich der oberflächennahen Schichten ausgebaut. Die Ausbauzeichnungen der temporären Grundwassermessstellen sind gemäß DIN 4023 im Anhang 2.3 angelegt.

Aus den 5 erstellten, temporären Messstellen wurde jeweils eine Grundwasserprobe zur chemisch-analytischen Untersuchung auf den Parameterumfang gemäß der Anforderung des Landkreises Ammerland entnommen. Die Ergebnisse der Wasseruntersuchungen sind in Kapitel 7.1 erläutert und als Laborprotokolle im Anhang 4.1 zusammengestellt.

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

Tabelle 2 Ausgeführte Feldarbeiten

Position	Stationierungs-km	Kleinbohrung/ Tiefe [m u. GOK]		Rammsondierung/Tiefe [m u. GOK]		Rammpegel Ausbau [m]		GW-Probe	Höhe [m NHN]
86	-	RKS 86	8			RP 86	4	86	6,05
83	30,900	RKS 83	5						4,89
83.1	31,075	RKS 83.1	5						4,45
85	31,120	RKS 85	8	DPL 85	5	RP 85	4	85	4,39
82	31,340	RKS 82	5						6,54
80	31,795	RKS 80	5			RP 80	3	80	7,33
79	33,170	RKS 79	5	DPL 79	5	RP 79	3	79	8,49
78	33,280	RKS 78	5						9,17
75	34,000	RKS 75	5			RP 75	3,5	75	9,26
81	35,855	RKS 81	5						9,09
88	36,802	RKS 88	5						10,02

4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

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

Tabelle 3 Ausgeführte bodenmechanische Laboruntersuchungen

Probenbezeichnung	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Korn- verteilung	Wassergehalt	Glühverlust
RKS 86/7	5,0-6,0	X	X	
RKS 83.1/3	0,9-2,6	X	X	X
RKS 85/4	2,4-3,3	X	X	
RKS 85/8	6,2-7,3	X		
RKS 82/3	0,9-1,9	X		
RKS 80/3	1,3-2,3	X	X	X
RKS 79/2	0,8-1,8	X		
RKS 78/4	2,1-2,8	X		
RKS 75/3	1,6-2,7	X		
RKS 81/3	1,3-3,0	X	X	
RKS 88/3	1,3-2,3	X		

Die Reihenfolge der Probenbezeichnung richtet sich nach Stationierung-km

4.3 Chemische Bodenuntersuchungen

Nach den vorliegenden Daten des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) stehen im Trassenverlauf des 4. Abschnittes keine potenziell sulfatsauren Böden (PASS, potencial acid sulfate soils) an. Auf chemische Bodenuntersuchungen wurde daher verzichtet.

5 BAUGRUNDVERHÄLTNISSE

5.1 Regionalgeologischer Überblick und erfasster Baugrundaufbau

Der hier ausgewertete 4. Abschnitt der GWL-Trasse verläuft generell von Westen nach Osten, weist eine Länge von 6,060 km (Stationierungs-km 30,850 bis 36,910) auf und tangiert ausschließlich die Gemeinde Westerstede im Landkreis Ammerland. Der Untersuchungsabschnitt beginnt direkt westlich der Bundesautobahn A 28 im Bereich Autobahnanschlussstelle Westerstede-West und endet an der Landkreisgrenze Ammerland / Leer.

Der gesamte 4. Abschnitt liegt naturräumlich im Bereich der Ostfriesisch-Oldenburgischen Geest. Bei der Geest handelt es sich gegenüber der Marsch morphologisch um höher gelegene, trockene Landschaft, die geologisch durch glaziale Ablagerungen des Pleistozäns geprägt ist. Der Anfang des 4. Untersuchungsabschnittes liegt im Bereich des Erosionstales der „Großen Norderbäke“ mit einer Geländehöhe von ca. 4,5 m NHN. Von dort steigt das Gelände in westlicher Richtung auf ca. 10 m NHN im Bereich der Landkreisgrenze an.

Der östlichen Teil des 4. Untersuchungsabschnittes liegt bis ca. km 32,100 im Erosionstal der „Großen Norderbäke“. Der westliche Teil befindet im Bereich des höher gelegenen Geestplateaus (km 32,100 bis 36,910).

Der erfasste Schichtenaufbau im Bereich des Geestplateau wird durch eine bindige Grundmoräne der Saale-Kaltzeit (Geschiebelehm /-mergel) dominiert. Die Grundmoräne wurde dort bis zur maximalen Bohrtiefe von 5,0 m nicht durchstoßen. Mit Ausnahme des Bohrung RKS 81 (km 35,855) wird der Geschiebelehm /-mergel durch jüngere, periglazial-fluviatile Ablagerungen der Weichsel-Kaltzeit in Form von Geschiebedeck-, und Flugsanden überlagert. Die Decksande weisen eine Mächtigkeit zwischen 1,1 und 3,2 m auf. In der Bohrung RKS 78 (km 33,280) wurde innerhalb der Decksande eine kohäsive Abschwemmmasse zwischen 2,8 und 3,8 m u. GOK angetroffen.

Im Bereich des Tales der Großen Norderbäke ist der Geschiebelehm /-mergel stark ausgedünnt bzw. in Gänze erodiert, sodass dieser erst ab 4,3 m u. GOK bzw. bis 5,0 m GOK nicht erfasst wurde. In der 8,0 m tiefen Aufschlussbohrung RKS 85 wurde die lediglich 0,9 m mächtige Grundmoräne bei 5,2 m u. GOK durchstoßen. Darunter folgen dort Ablagerungen der Elster-Kaltzeit in Form von Beckensanden und Beckentonen. In der relevanten Tiefe zwischen 1,8 und 5,0 m u. GOK wurden im Bereich des Erosionstales vorwiegend Flussablagerungen der Weichsel-Kaltzeit erfasst. Diese setzen sich hauptsächlich aus rolligen Flusssanden zusammen. Im Bereich der Bohrung RKS 85 wurden abweichend zwischen 2,4 und 4,3 m u. GOK kohäsive Flussablagerungen in Form von Niederungsschluffen über dem Geschiebelehm angetroffen.

Sowohl auf dem Geestplateau als auch im Bereich des Tales stehen lokal als jüngste Ablagerungen an der Geländeoberkante Torfe und Mudden bis in eine Tiefe zwischen 0,9 und max. 3,4 m an.

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

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

Tabelle 4 Generalisierte baugrundgeologisch relevante Schichtenfolge im 4. Abschnitt

Neubau einer Gasanbindung Wilhelmshaven – Leer (GWL)								
Stratigraphische Zuordnung		Bodengruppe nach DIN 18196	Schichtunterkanten [m u. GOK]					
			RKS 86	RKS 83	RKS 83.1	RKS 85	RKS 82	RKS 80
			-	km 30,900	km 31,075	km 31,120	km 31,340	km 31,795
Auffüllungen / Oberböden	Auffüllungen	A [OH, SE, SU, SU*]	2,5	-	-	1,3	-	1,3
	Oberboden	OH	-	0,7	0,4	-	0,4	-
holozäne Ablagerungen	Torf/Mudde	H, OH	-	-	0,9	2,4	-	3,4
pleistozäne Ablagerungen	Flusssande	SU, SU*	-	4,5	>5,0	-	>5,0	>5,0
	Niederungsschluff	UL	-	-	-	4,3	-	-
	Geschiebelehm /-mergel	SU*, ST*, UL, TM	>8,0	>5,0	-	5,2	-	-
	Beckensand	SU	-	-	-	7,3	-	-
	Beckenton	TM, TA	-	-	-	>8,0	-	-

Stratigraphische Zuordnung		Bodengruppe nach DIN 18196	Schichtunterkanten [m u. GOK]					
			RKS 79	RKS 78	RKS 75	RKS 81	RKS 88	
			km 33,170	km 33,280	km 34,000	km 35,855	km 36,802	
Auffüllungen / Oberböden	Auffüllung	A [OH, SE, SU, SU*]	-	1,5	0,4	-	3,4	
	Oberboden	OH	0,8	-	-	0,4	-	
holozäne Ablagerungen	Torf/Mudde	H, OH	-	2,1	1,6	1,3	-	
pleistozäne Ablagerungen	Flug- und Geschiebedecksande	SE, SU, SU*,	4,0	2,8 / 4,5	2,7	-	4,5	
	Abschwemmmasse* ¹	SU*, UL	-	3,8		-	-	
	Geschiebelehm/ -mergel	SU*, ST*, UL, TM	>5,0	>5,0	>5,0	>5,0	>5,0	

¹ Abschwemmmassen stehen innerhalb der weichselzeitlichen Sande an

5.3 Homogenbereiche

Nachfolgend werden die geologischen Verhältnisse entlang des 4. 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 4. Abschnittes

Homogenbereiche	Aufschlüsse (RKS)	Tiefe Schichtunterkante [m u. GOK]	Mächtigkeit [m]
Y (künstliche Auffüllungen)	86, 85, 88, 78, 75, 88	0,4 – 1,6	0,4 – 3,4
O (Oberböden)	83, 83.1, 82, 79, 81	0,4 – 0,8	0,4 – 0,8
T (Torf/Mudde)	83.1, 85, 80, 78, 75, 81	0,9 – 3,4	0,5 – 2,1
S (Flug-/ Fluss-/ Geschiebedeck-/ Beckensande)	83 – 75, 88	2,7 - 7,3	1,1 – >4,4
N (Niederungsschluffe und Abschwemmmassen)	85, 78	3,8 - 4,3	1,0 - 1,9
GL (Geschiebelehm /-mergel)	86, 83, 85, 79-88	5,2 - >8,0	0,9 – >5,5
BT (Beckenton)	85	>8,0	>0,7

Homogenbereich Y – Künstliche Auffüllungen

Künstliche Schüttungen und Umlagerungen wurden an der Geländeoberkante im Nahbereich der Straßen bzw. begradigten Gewässern in den Aufschlüssen RKS 86, RKS 85, RKS 80, RKS 78, RKS 75 und RKS 88 in einer Mächtigkeit zwischen 0,4 und max. 3,4 m angetroffen. Die Schüttungen setzen sich vorwiegend aus einer oberflächennahen, sandig-humosen Mutterbodenauflage (Bodengruppe OH) und nachfolgend aus umgelagerten Böden örtlicher Herkunft in Form von schluffigen und partiell schwach organischen Sanden der Bodengruppe SU und SU* zusammen. In der Bohrung RKS 86, die an der Autobahn ausgeführt wurde, wurden unter der Sandschüttung zusätzlich noch umgelagerter, bindiger Geschiebelehm mit weichsteifer Konsistenz von 1,4 bis 2,5 m u. GOK erfasst. In der Bohrung RKS 88, die im Bereich eines Straßendamms niedergebracht wurde, steht ein reiner Füllsandkörper aus Fein- und Mittelsanden bis 3,4 m u. GOK an.

Die sandig-humose Auffüllungen sind locker gelagert und als wenig tragfähig einzuordnen. Die aufgebrachten schluffigen Sande sind locker bis mitteldicht gelagert und unter der Maßgabe einer Nachverdichtung als gut tragfähig einzustufen. Dem umgelagerten Geschiebelehm in der RKS 86 kann aufgrund der weich-steifen Konsistenz noch eine mäßige Eigensteifigkeit zugeordnet werden.

Homogenbereich O – Oberböden

An den Untersuchungspunkten ohne künstliche Schüttungen steht an der Geländeoberkante eine Oberbodenschicht an, die unmittelbar aus den unterlagernden Ablagerungen hervorgegangen ist bzw. im Bereich der oberflächennahen Torfhorizonte z.T. künstlich hergestellt worden ist (Sanddeckkultur; RKS 81). Die Oberböden bestehen aus schwach schluffigen bis schluffigen und humosen Sanden der Bodengruppe OH und weisen eine Mächtigkeit von 0,4 bis 0,8 m auf. Aufgrund der humosen Ausprägung sind die Oberböden als wenig tragfähig einzuordnen.

Homogenbereich T – Torf/Mudde

Entlang des gesamten 4. Abschnittes wurden partiell unter den Auffüllungen bzw. unter den Oberböden organische Ablagerungen des Holozäns in Form von Torfen bzw. Mudden bis in eine Tiefe zwischen 0,9 und max. 3,4 m u. GOK erbohrt.

Die erfassten Torfe sind wenig bis mittelstark zersetzt und vorwiegend sandig und schluffig ausgeprägt. Pflanzenstrukturen sind in den Torfen noch gut erkennbar.

Bei einem Glühverlust von <30 M-% werden die organischen Ablagerungen als Mudden bezeichnet. Sie bestehen aus stark organischen Sanden bzw. aus Torf-Sand-Gemischen mit einer lockeren Lagerung und wurden in den Aufschlüssen RKS 83.1 und RKS 80 bis 0,9 bzw. 3,4 m u. GOK erbohrt.

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

Homogenbereich S – Sande

Entlang des untersuchten Abschnittes wurden bei den Erkundungsarbeiten mit Ausnahme der Aufschlüsse RKS 86 und RKS 81 geogene Sandablagerungen in unterschiedlichen Tiefen erfasst.

Mit Ausnahme der o.g. Aufschlüsse und der RKS 85 stehen unter den Oberböden, Torfen und Mudden bzw. unter den Auffüllungen periglazial-fluviatile Ablagerungen der Weichsel-Kaltzeit in Form von Geschiebedeck-, Flug- und Flusssanden an.

Im östlichen Teil, im Bereich des Tales der Großen Norderbäke (bis ca. km 32,100) bestehen die weichselzeitlichen Sedimente hauptsächlich aus Flusssanden, die bis in eine Tiefe zwischen 4,3 und >5,0 m u. GOK reichen. In der Bohrung RKS 85 fehlen die Flusssande. Dort wurden in der Weichsel-Kaltzeit kohäsive Niederungsschluffe fluvial abgelagert (s. Homogenbereich N).

Im westlichen Abschnitt (km 32,100 bis km 36,910), auf dem Geestplateau, bestehen die sandigen Deckschichten aus Flug- und Geschiebedecksanden und reichen dort bis in eine Tiefe zwischen 2,7 und 4,5 m u. GOK. In der Bohrung RKS 78 werden die rolligen Decksande zwischen 2,8 und 3,8 m u. GOK durch eine bindige Abschwemmmasse unterbrochen (s. Homogenbereich N).

Gemäß den ausgeführten Siebanalysen bestehen die weichselzeitlichen Sandablagerungen aus schwach schluffigen bis schluffigen und mittelsandigen bis stark mittelsandigen Feinsanden der Bodengruppe SU und SU*. Die Geschiebedecksande sind zudem schwach grobsandig ausgebildet und weisen geringfügig Kiesanteile auf. Entsprechend den ausgeführten Rammsondierungen kann den weichselzeitlichen Decksanden eine vorwiegend mitteldichte und in einzelnen Lagen auch eine dichte Lagerung zugeordnet werden.

Sandablagerungen der Saale-Kaltzeit wurden im 4. Untersuchungsabschnitt in den Sondierungen nicht erfasst. Es ist jedoch zu erwarten, dass sie in Form von Schmelzwassersanden lokal unter der Grundmoräne anstehen.

In der Bohrung RKS 85 wurden unter dem Geschiebelehm zwischen 5,2 und 7,3 m u. GOK zudem Beckensande der Elster-Kaltzeit angetroffen. Diese sind als feinsandige und feinkiesige Mittel- u. Grobsande der Bodengruppe SU ausgebildet.

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

Homogenbereich N – Niederungsschluff und Abschwemmmasse

In der Bohrung RKS 85 (Erosionstal) wurde unter dem Torf ein kohäsiver Niederungsschluff der Weichsel-Kaltzeit zwischen 2,4 und 4,3 m u. GOK erfasst. Bei dem bindigen Material handelt es sich entsprechend der Sieb-/Schlämmanalyse um einen schwach tonigen und feinsandigen Schluff mit einer geringen Plastizität und einer weich-steifen Zustandsform (Bodengruppe UL).

Ferner wurde in der RKS 78 zwischen dem Flugsand und dem Geschiebedecksand, von 2,8 bis 3,8 m u. GOK eine kohäsive Abschwemmmasse angetroffen. Dieses Material setzt sich aus schwach tonigem Sand-Schluff-Gemisch zusammen und ist auf periglaziales Bodenfließen in der Weichsel-Kaltzeit zurückzuführen. Entsprechend den Knetversuchen kann der Abschwemmmasse eine geringe Plastizität und eine weich-steife Konsistenz zugeordnet werden.

Aufgrund der Kornzusammensetzung und der weich-steifen Konsistenz können den Niederungsschluffen und der Abschwemmmasse mäßige Tragfähigkeitseigenschaften und eine sehr eingeschränkte Verdichtungsfähigkeit zugeordnet werden.

Homogenbereich GL – Geschiebelehm /-mergel

Im Bereich des Geestplateaus (km 32,100 bis km 36,910) wurde unter den Decksande bzw. direkt unter dem Torf durchgehend die Grundmoräne der Saale-Kaltzeit (Geschiebelehm /-mergel) erfasst. Ihre Oberkante wurde dort zwischen 1,3 und 4,5 m u. GOK erbohrt. Die Unterkante wurde nicht durchfahren.

Im Bereich der Niederung der Großen Norderbäke (km 30,850 bis km 32,100) ist die Grundmoräne stark ausgedünnt bzw. vollständig erodiert, sodass diese dort lediglich in den Aufschlüssen RKS 83 und RKS 85 ab 4,3 m u. GOK angetroffen wurde. In der RKS 85 wurde Grundmoräne bei 5,2 m u. GOK durchstoßen und weist dort eine Mächtigkeit von lediglich 0,9 m auf.

Die Grundmoräne setzt sich im 4. Abschnitt ausschließlich aus bindigen Geschiebelehmen/-mergeln zusammen. Gemäß der Kornverteilungsuntersuchung ist der Geschiebelehm/-mergel als ein toniger und Sand-Schluff-Gemisch ausgebildet. In den erfassten oberen Lagen ist die bindige Grundmoräne entkalkt und liegt als Geschiebelehm vor. In größeren Tiefen ist sie kalkhaltig und als Geschiebemergel zu bezeichnen. Entsprechend den Knetversuchen und den Wassergehaltbestimmungen weist der Geschiebelehm/-mergel eine geringe bis mittlere Plastizität sowie abhängig vom Wassergehalt eine weich-steife, steife und steif-halbfeste Konsistenz auf.

Abhängig von dem Feinkornanteil kann der Geschiebelehm/-mergel den Bodengruppen SU*, ST*, UL und TM zugeordnet werden.

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

Homogenbereich BT – Beckenton

Kohäsiver Beckenton der Elster-Kaltzeit (Lauenburger Schichten) wurde nur in der Aufschlussbohrung RKS 85 (km 31,120) ab einer Tiefe von 7,3 m u. GOK angetroffen. Dieser setzt sich dort aus schwach sandigem und schwach organischem Schluff-Tone-Gemischen zusammen. Anhand von Knetversuchen kann dem Beckenton ein mittlere bis ausgeprägte Plastizität (Bodengruppe TM, TA) sowie eine steife Konsistenz zugeordnet werden. Infolge der Eislast in der Saale-Kaltzeit ist von einer hohen Konsolidierung des Tones auszugehen. Der hohe Konsolidierungsgrad und die günstige Konsistenz bedingen eine gute Tragfähigkeit des Beckentons. Ferner weist der Beckenton erfahrungsgemäß ein geringes Quellungspotential und eine geringe Verdichtungswilligkeit auf.

6 GEOTECHNISCHE KLASSIFIZIERUNG DER SCHICHTEN UND ZUORDNUNG VON BODENKENNWERTEN

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

Tabelle 6 Abgeschätzte charakteristische, bodenmechanische Kennwerte für die angetroffene Schichtenfolge

Homogenbereiche	Y	T	N
Bezeichnung der Kennwerte	Auffüllungen	Torf/Mudde	Niederungsschluff, Abschwemmmasse
Benennung nach DIN 4022	S, U, o'-o,	H+S, u,	U+S, t'
Bodengruppe nach DIN 18196	A, [OH, SE, SU, SU*]	HN	UL
Bodenklasse nach DIN 18300	3-4	3	4
Bodenklasse nach DIN 18319	---	LO / LNE 1	LBM 1 – LNE 2
erdfeuchte Wichte γ_k	---	12-15 kN/m ³	18-19 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb γ'_k	---	2-5 kN/m ³	8-9 kN/m ³
Reibungswinkel φ'_k	---	20-25°	26-29°
Kohäsion c'_k	---	2– 4 kN/m ²	2-4 kN/m ²
statischer Steifemodul $E_{s,k}$	---	1,0–5,0 MN/m	8 -12 MN/m
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB	---	F3	F3
Lagerungsdichte/Konsistenz	---	weich / locker	weich-steif
Verdichtbarkeitsklasse ZTVA-StB	---	V 3	V 3
undrÄnierte Scherfestigkeit $C_{u,k}$	---	0-30 kN/m ²	30-60 kN/m ²
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	---	ca. 1*10 ⁻⁶ m/s	1*10 ⁻⁷ – 5*10 ⁻⁶ m/s

Homogenbereiche	S	GL	BT
Bezeichnung der Kennwerte	Sande	Geschiebelehm /- mergel	Beckenton
Benennung nach DIN 4022	fS, ms-ms*, u'-u, gs'	S+U, t'-t, g'	U+T, o', fs'
Bodengruppe nach DIN 18196	SU, SU*	SU*, ST*, UL, TM	TM, TA
Bodenklasse nach DIN 18300	3	4	4
Bodenklasse nach DIN 18319	LNE 2 – LNE 3	LNE 1 - LNE 2	LBM 2
erdfeuchte Wichte γ_k	18-19 kN/m ³	19-21 kN/m ³	19-20kN/m ³
Wichte unter Auftrieb γ'_k	10-11 kN/m ³	9-11 kN/m ³	9-10 kN/m ³
Reibungswinkel φ'_k	32-35°	27-30°	17,5-20°
Kohäsion c'_k	0 kN/m ²	3-8 kN/m ²	15-25 kN/m ²
statischer Steifemodul $E_{s,k}$	30 -60 MN/m	15-30 MN/m	15-20 MN/m ²
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB	F1, F3	F3	F3
Lagerungsdichte/Konsistenz	mitteldicht, dicht	weich-steif, steif steif-halbfest	steif
Verdichtbarkeitsklasse ZTVA-StB	V 1 – V 2	V 2	V 3
undrÄnierte Scherfestigkeit $C_{u,k}$	0 kN/m ²	40-200 kN/m ²	60-100 kN/m ²
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	1*10 ⁻⁵ – 9*10 ⁻⁵ m/s	5*10 ⁻⁸ - 1*10 ⁻⁷ m/s	ca. 1*10 ⁻⁹ m/s

7 HYDROGEOLOGISCHE ANGABEN UND BAUWASSERHALTUNG

Die oberirdischen Abflussverhältnisse werden im 4. Untersuchungsabschnitt durch die „Große Norderbäke“ im Osten und durch den „Wasserzug von Tarbarg“, den „Hollrieder Kanalgraben“ und den „Stapeler Hauptvorfluter“ im Westen geprägt:

Stau- und Schichtenwasser

Der oberflächennahe Schichtenaufbau wird im Bereich des 4. Abschnittes vorwiegend durch gut wasserdurchlässige Sandablagerungen der Weichsel-Kaltzeit in Form von Flusssanden, Flugsanden und Geschiebedecksanden gebildet. Diese reichen im westlichen Abschnitt (km 32,100 bis km 36,910) bis in eine Tiefe zwischen 2,7 und 4,5 m u. GOK und werden dort durchgehend durch eine gering durchlässige Grundmoräne (Geschiebelehm /-mergel) der Saale-Kaltzeit unterlagert. Der Geschiebelehm /-mergel enthält nur wenig freies Grundwasser und fungiert als Grundwasserhemmer. Die Sandablagerungen über der Grundmoräne bilden den oberen, niederschlagsabhängigen Grundwasserleiter (Stauwasserleiter). Partiiell werden die Sande durch trockengelegte Hochmoortorfe überlagert. Mit Ausnahme der Bohrung RKS 81 bei km 35,855 wurde auf dem Geestplateau (km 32,100 bis km 36,910) zum Zeitpunkt der Feldarbeiten Stauwasser auf dem Geschiebelehm /-mergel innerhalb der Decksande angetroffen. Die Stauwasseroberfläche wurde dort in den Bohrlöchern zwischen 1,2 und max. 2,6 m u. GOK gelotet. Unter Berücksichtigung der Höhenvermessung lag der Stauwasserspiegel zwischen 7,40 m NHN und 6,67 m NHN. Die Mächtigkeit des Stauwasserhorizontes lag zwischen 0,6 und max. 2,8 m.

In der Niederung der Großen Norderbäke (km 30,850 bis km 32,100) ist der Geschiebelehm stark ausgedünnt bzw. gänzlich erodiert. Stauwasser über dem Geschiebelehm bzw. über dem Niederungsschluff wurde dort lediglich in den Bohrungen RKS 83 und RKS 85 bei 1,6 bzw. bei 2,0 m u. GOK in einer Mächtigkeit von 2,9 bzw. 0,4 m angetroffen. In Dem Aufschluss RKS 85 wurde zudem zwischen dem Geschiebelehm und dem Beckenton (zwischen 5,2 und 7,3 m u. GOK) ein Schichtenwasserhorizont innerhalb des Beckensandes angetroffen. In den übrigen Aufschlüssen wurden keine stauenden Schichten erbohrt, sodass dort das erfasste Grundwasser als Hauptgrundwasser angesprochen wird.

In Abhängigkeit von niederschlagsreicheren Perioden ist davon auszugehen, dass sich aufgrund der stauenden Wirkung der kohäsiven Schichten (Geschiebelehm, Niederungsschluff und Abschwemmmasse) saisonal oberflächennahes Stauwasser auch in anderen Bereich bzw. in größeren Mächtigkeiten ausbilden kann.

Für das Stauwasser kann auf der Basis nach DIN EN 1997-1 kein geometrisch exakter Bemessungswert angegeben werden. Für die geplanten Baumaßnahmen sollte daher ein möglicher Einstau von Niederschlagswasser in einer Mächtigkeit von ca. 0,7 m über den bindigen Schichten bzw. über dem gemessenen Stand berücksichtigt werden. Demzufolge kann sich temporäres Stauwasser in Abhängigkeit von örtlichen Verhältnissen zwischen 0,50 und 2,10 m GOK ausbilden.

Hauptgrundwasser

Der regionale Hauptgrundwasserleiter besteht auf dem Geestplateau (km 32,100 bis km 36,910) aus Schmelzwassersanden der Saale-Kaltzeit bzw. den Beckensanden der Elster-Kaltzeit, die unter der Grundmoräne anstehen. Die Grundmoräne wurde dort lediglich bei den Erkundungsaufschlüssen für die HDD-Bohrungen durchörtert. Die Unterkante des Geschiebelehms /-mergels liegt dort zwischen 8 und 11 m u. GOK. (zwischen 0,57 und -1,76 m NHN). Die unterlagernden Sande sind vollständig wassergesättigt und führen aufgrund der Überdeckung mit der bindigen Grundmoräne gespanntes Grundwasser. Die entspannte Grundwasseroberfläche wurde dort bei ca. 2,5 m u. GOK (bei ca. 6,0 m NHN) in den Bohrlöchern gelotet.

In der Niederung der Großen Norderbäke (km 30,850 bis km 32,100) ist der Geschiebelehm / -mergel z.T. gänzlich erodiert, sodass in den Streckenabschnitten km 31,000 – 31,110 und km 31,200 – 32,100 die ungespannte Oberfläche des Hauptgrundwassers zwischen 0,9 und 1,45 m u. GOK (zwischen 3,0 und 6,0 m NHN) innerhalb der Flusssande ansteht.

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

Bauwasserhaltung

Der Graben für die Gashochdruckleitung wird überwiegend in offener Bauweise bis in eine Tiefe zwischen 1,8 und 2,5 m u. GOK ausgehoben. Bei der Herstellung der Düker und den grabenlosen Rohrvortrieben sind erdbauliche Eingriffstiefen bis ca. 5,0 m u. GOK geplant. Entlang des 4. Untersuchungsabschnittes kommt die Sohle des Leitungsgraben sowie der Start- und Zielgruben innerhalb der rolligen Decksande bzw. innerhalb des kohäsiven Geschiebelehmdecks sowie lokal innerhalb des Torfhorizontes zu liegen.

Im Bereich der Flussniederung (km 30,850 bis km 32,100) ist mit dem Zustrom von Stau- und Hauptgrundwasser zu rechnen. Bauzeitlich sind dort zur Entwässerung der Decksande mit Ausnahme der Bohrung RKS 85 geschlossene Bauwasserhaltungsmaßnahmen erforderlich. Falls die Grubensohlen innerhalb kohäsiver Schichten zu liegen kommen, wird zusätzlich eine angepasste offene Rest- und Tagwasserhaltung zum Trockenhalten der Baugrubensohlen empfohlen. Bei ausgedünnten Geschiebelehmdecken, wie im Bereich der RKS 85, können bei Eingriffstiefen von 5,0 m zur Druckentlastung zusätzlich geschlossene Wasserhaltungen im Hauptgrundwasserleiter unter der Grundmoräne (Schutz vor einem hydraulischen Grundbruch und Auftrieb) erforderlich werden.

Im Bereich des Geestplateaus (km 32,100 bis km 36,910) ist bei den Erdarbeiten mit dem Zustrom von 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. Bei großen Stauwassermächtigkeit (>1,0 m) wird zur Vorentwässerung zusätzlich eine geschlossene Bauwasserhaltung mittels Vakuumfilter empfohlen. Der Hauptgrundwasserleiter wird dort auch bei Eingriffstiefen von 5,0 m u. GOK nicht tangiert.

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

7.1 Ergebnisse der Grundwasseranalysen

An 5 Positionen wurden die Rammkernsondierbohrungen (RKS) zu einfachen temporären Grundwassermessstellen (Rammpegel; RP) mittels Einbringens von Rammfiltern (DN DN 35) im Bereich der oberflächennahen Schichten ausgebaut. Die Ausbauzeichnungen der temporären Grundwassermessstellen sind gemäß DIN 4023 im Anhang 2.3 angelegt.

Aus den temporären Messstellen wurde jeweils eine Grundwasserprobe zur chemisch-analytischen Untersuchung auf den Parameterumfang gemäß der Anforderung des Landkreises Ammerland hinsichtlich der Einleitung gehoben Grundwassers in eine Vorflut entnommen. An der Wasserprobe 86 wurde zusätzlich die Korrosionswahrscheinlichkeit (Säurekapazität, Calcium, Sulfat, Chlorid) nach DIN 50929 untersucht.

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

Tabelle 7 Zusammenfassende Ergebnisse der chemischen Grundwasseruntersuchungen im 3. Abschnitt, Landkreis Ammerland

Parameter	Dimension	86	85	80	79	75
Eisen, gesamt	mg/l	0,92	0,66	0,99	1,0	0,32
Eisen-II		0,06	0,2	0,08	0,31	0,09
Huminsäuren		5,9	15	27	19	6,4
CSB	mg/l O ₂	8.100	30.000	10.000	5.500	5.900

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 Ammerland 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 Probe 86 ergeben sich dabei folgende Einstufungen (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8 Einstufung der Korrosionswahrscheinlichkeiten für die untersuchte Grundwasserprobe 73

Korrosionswahrscheinlichkeit	86
Unterwasserbereich	
Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion	gering
Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion	sehr gering
Wasser- /Luftgrenze	
Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion	gering
Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion	sehr gering

8 BEURTEILUNG DES BAUGRUNDES, EMPFEHLUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG

Nach dem Ergebnis der Untersuchungen liegt der gesamte 4. Abschnitt im Bereich der Ostfriesisch-Oldenburgischen Geest. Der östliche Teil (km 30,850 bis km 32,100) liegt im Bereich des Erosionstales der Großen Norderbäke und der westliche Teil (km 32,1400 bis km 36,910) auf dem Geestplateau. Sowohl in der Niederung als auch auf dem Geestrücken stehen partiell an der Geländeoberkante bzw. unter der Auffüllung holozäne Torfe und Mudden bis in eine Tiefe zwischen 0,9 und max. 3,4 m u. GOK an. Die organischen Weichschichten sind wenig tragfähig und somit als Auflager für die Transportleitung nicht geeignet.

Unter den Torfen und Mudden bzw. direkt unter den Oberböden oder Auffüllungen stehen mit Ausnahme der Aufschlüsse RKS 85 und RKS 81 weichselzeitliche Decksande (Fluss-Flug- und Geschiebedecksande) mit einer vorwiegend mitteldichten Lagerung bis in eine Tiefe zwischen 2,7 und >5,0 m u. GOK an. In Der RKS 85 und RKS 81 wurden unter dem Torf bindige Niederungsschluffe bzw. Geschiebelehme erfasst. An der Basis der Decksande steht auf dem Geestplateau durchgehend und in der Flussniederung lückenhaft eine Grundmoräne der Saale-Kaltzeit an. Diese setzt sich aus bindigen Geschiebelehmen/-mergeln zusammen. Die weiche- steife, steife und steif-halbfeste Grundmoräne reicht im Westen bis in eine Tiefe von >8,0 m u. GOK. Im Osten, in der Flussniederung, ist sie nur lückenhaft vorhanden und wurde bei 5,2 m u. GOK durchfahren. Unter der Grundmoräne wurden in der Niederung Beckenablagerungen der Ester-Kaltzeit in Form von mitteldichten Beckensande und steifen Beckentonen angetroffen.

Die erfassten Sande sind aufgrund der Kornzusammensetzung und der günstigen Lagerungsdichte als gut tragfähig einzustufen und stellen unter der Maßgabe einer Nachverdichtung der aufgelockerten Partien einen ausreichend tragfähigen Baugrund für die geplante Gasleitung dar. Den kohäsiven Schichtgliedern aus Geschiebelehmen/-mergeln sowie partiell aus Niederungsschluffen (nur in der RKS 85) bzw. Abschwemmmassen (RKS 78) werden mäßige bis gute 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 4. 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 vorwiegend gut tragfähige Sande der Bodengruppe SE, SU und SU* zu erwarten:

- km 30,850 bis km 31,100,
- km 31,200 bis km 31,550,
- km 32,100 bis km 33,200,
- km 33,600 bis km 35,400,
- km 36,300 bis km 36,910.

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 dem Streckenabschnitt zwischen km 35,400 und km 36,300 sind in der Gründungssohle (1,8 – 2,5 m u. GOK) der geplanten Transportleitung kohäsive Geschiebelehme mit einer weich-steifen Konsistenz zu erwarten. Diese sind vorkonsolidiert, weisen bei einer weich-steifen Konsistenz eine mäßige Eigensteifigkeit auf und sind somit als ausreichend tragfähig einzustufen.

Bei der Verlegung der Leitung innerhalb des Geschiebelehms wird generell empfohlen, die Grabensohle tiefer auszuheben und eine Bettung aus verdichtungsfähigem Sand-/ Kiessandmaterial der Bodengruppe SE/SW gemäß DIN 18196 einzubringen und ordnungsgemäß zu verdichten. Die Mächtigkeit der unteren Bettungsschicht sollte dort ca. 30 cm betragen.

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

c) Anstehender Boden ist nicht ausreichend tragfähig

In den nachfolgend aufgeführten Streckenabschnitten wurden bis in eine Tiefe zwischen 2,1 und 3,4 m u. GOK holozäne Torfe und Mudden erbohrt:

- km 31,100 bis km 31,200,
- km 31,550 bis km 32,100,
- km 33,200 bis km 33,600.

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

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

Bei tiefer reichenden Weichschichten wird zur Schaffung einer gleichmäßigen Gründungssohle und zur Verringerung ungleichmäßiger Setzungen ein Teilbodenaustausch der gering tragfähigen Schichten in einer Lagenstärke von mindestens 0,8 m unter den Rohrsohlen empfohlen. Beim Teilaustausch ist das Füllmaterial der Bodengruppe SE bzw. SW in zwei Lagen einzubauen. Die erste 0,4 m starke Füllsandlage ist zur besseren Lastverteilung sowie zur Verhinderung der Vermischung mit dem Untergrund vollständig in Geovlies der Klasse $\geq \text{GRK3}$ einzuschlagen. Die erste Austauschlage sollte lediglich statisch verdichtet werden. Anschließend kann hierauf bis zum Erreichen des Sohlplanums eine Bettungsschicht aus verdichtungsfähigem Sand unter umsichtiger Verdichtung aufgebracht werden. **Ein Eintrag jeglicher Verdichtungsenergie in die Torf- und Muddeschichten ist zu vermeiden.**

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

8.2 Verfüllung des Rohrgrabens

In der Leitungszone (Seitenverfüllung und Abdeckung) sind verdichtungsfähige Sande der Bodengruppe SE, SW und SU einzubauen und gemäß den Regelwerken auf das erforderliche Maß zu verdichten. Die erfassten Decksande können nach Ansicht der Unterzeichner in der Leitungszone eingebracht werden. Organische bzw. kohäsive Böden sind für den Einbau im Bereich der Leitungszone nicht geeignet.

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

Verkehrsflächen

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

Vegetationsflächen

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

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

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

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

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

9 EMPFEHLUNGEN UND HINWEISE FÜR DIE UNTERQUERUNGEN

Gemäß der vorläufigen Planung werden im Rahmen des 4. Abschnittes ca. 4 grabenlose und offene (Düker) Querungen ausgeführt. 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 den Gewässern und Verkehrsflächen ist eine Überdeckungshöhe (Abstand zwischen Gewässersohle und Rohrscheitel) von 1,5 bis 2,0 m vorgesehen.

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

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

Die Dükersohlen werden zwischen 3,5 und 5,0 m u. GOK zu liegen kommen. Für den 4. Abschnitt werden seitens der Unterzeichner zwei Gründungsvarianten der Düker empfohlen:

a) Anstehender Boden ist ausreichend tragfähig und als Bettungsschicht geeignet

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

- km 30,850 bis km 31,100,
- km 31,200 bis km 32,100.

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

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

In den übrigen Bereichen der Leitungstrasse wurden in der geplanten Gründungstiefe der Düker kohäsive Geschiebelehme /-mergel sowie ggf. lokal Niederungsschluffe bzw. Abschwemmmassen erfasst. Diese Schichten sind mäßig bis gut tragfähig und somit als ausreichend tragfähigen einzuordnen. Bei der Verlegung der Düker innerhalb der bindigen Schichten 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.

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

9.2 Grabenlose Bauweise

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

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

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

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

Abhängig von der Stationierung und der Unterquerungstiefe werden bei dem horizontalen Vortriebsverfahren kohäsive Böden (Geschiebelehme /-mergel sowie Niederungsschluffe und Abschwemmmassen) mit weich-steifer bis steif-halbfester Konsistenz als auch mitteldicht bis dichte gelagerte Sande durchfahren (s. Streckenband im Anhang 1.3).

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

In den fast durchgehend auftretenden Geschiebelehmen /-mergeln sind geogene Hindernisse in Form von Steinen und Geschieben zu erwarten.

Das projektierte Verfahren zur grabenlosen Verlegung der Transportleitung sind für die angetroffenen Untergrundverhältnisse aus Sicht der Unterzeichner geeignet. Aufgrund 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 und Horizontalbohrungen (Überschnitt, Bodenverlust und allgemeiner Auflockerung des Bodens) im Bereich der Gewässersohlen bzw. der Straßenkörper entstehen können, wurden Setzungsberechnungen nach dem überschlägigen Verfahren von SCHERLE gem. DB Ril 836 für eine Überdeckungshöhe von 1,5 m und einen Bohrdurchmesser von 610 mm durchgeführt (s. Anhang 5). Gemäß den ausgeführten Berechnungen ergeben sich für die projektierten Horizontalrammungen/ -pressungen und Pressbohrungen in Abhängigkeit von den durchörterten Böden die nachfolgend aufgeführten Setzungen:

- | | |
|-------------------------------|-------------|
| – mitteldichte Sande | S = 0,68 cm |
| – kohäsive Böden, 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.

10 UMGANG MIT SULFATSAUREN UND POTENZIELL SULFATSAUREN BÖDEN

Nach den vorliegenden Daten des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) stehen im Trassenverlauf des 3. Abschnittes keine potenziell sulfatsauren Böden (PASS, potencial acid sulfate soils) an. Auf chemische Bodenuntersuchungen wurde daher verzichtet.

11 VERZEICHNIS DER VERWENDETEN UNTERLAGEN

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

Cloppenburg, 07.12.2022

RP Geolabor und Umweltservice GmbH

Bearbeiter:
Dipl.-Geol. Robert Rapp

Prepens

ppa. Rapp

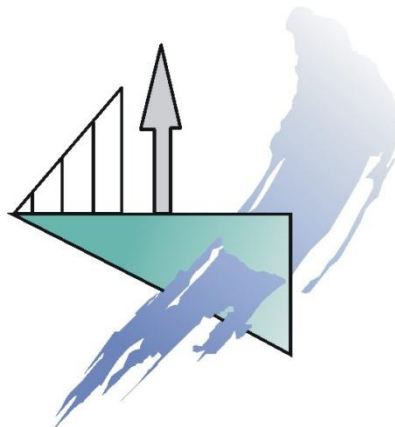
Anhang 1

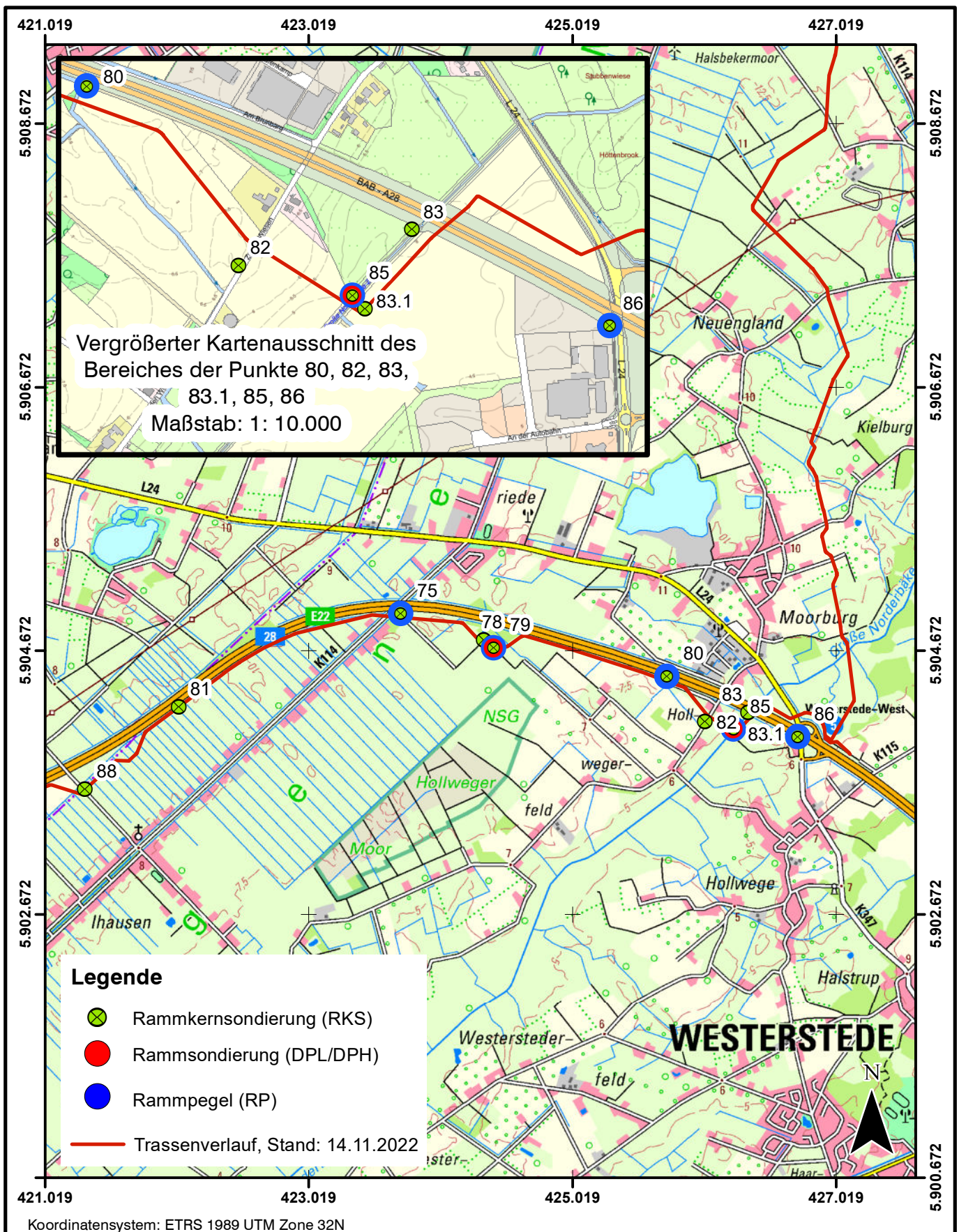
Karten und Streckenbänder

Anhang 1.1

Lageplan der Baugrundaufschlüsse

(Maßstab 1: 50.000)





Anhang 1.1

Geotechnisches Streckengutachten
Neubau Gasanbindung
Wilhelmshaven - Leer (GWL)
Baulos 2: Westerstede - Leer, 4. Abschnitt
Lage der Bohraufschlüsse (Übersicht)

Projektnummer: 06-5765
Maßstab: 1:40.000

erstellt: 07.12.2022
Lukas Tönnies



RP
Geolabor und Umweltservice GmbH

Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg
Tel. 04471 - 947570, Fax 04471 - 947580

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

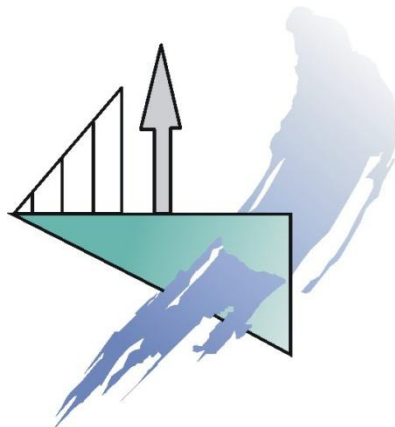


Anhang 1

Karten und Streckenbänder

Anhang 1.2

Koordinatenverzeichnis der Aufschlusspunkte



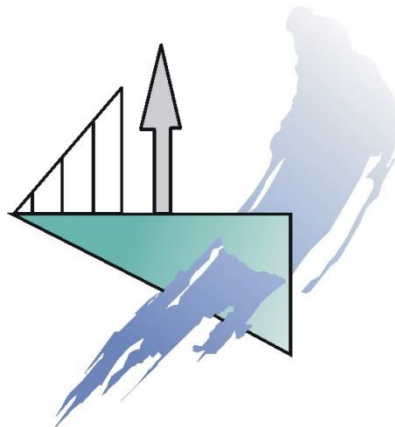
Position	Aufschlüsse	UTM Zone 32 N		Höhe [m NHN]
		Rechtswert	Hochwert	
86	RKS 86 + RP 86	426726,41	5904020,21	6,05
83	RKS 83	426351,35	5904202,89	4,89
83.1	RKS 83.1	426262,23	5904052,73	4,45
85	RKS 85 + DPL 85 + RP 85	426238,46	5904077,90	4,39
82	RKS 82	426022,46	5904134,91	6,54
80	RKS 80 + RP 80	425734,65	5904475,39	7,33
79	RKS 79 + DPL 79 + RP 79	424418,79	5904692,95	8,49
78	RKS 78	424345,20	5904754,52	9,17
75	RKS 75 + RP 75	423714,80	5904953,15	9,26
81	RKS 81	422032,82	5904244,43	9,09
88	RKS 88	421319,18	5903620,10	10,02

Anhang 1

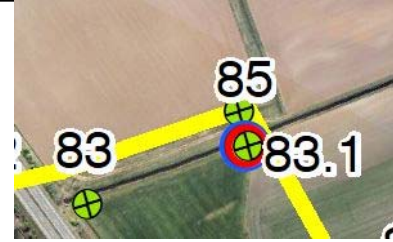
Karten und Streckenbänder

Anhang 1.3

Baugrundgeologisches Streckenband



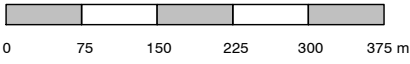
Südosten



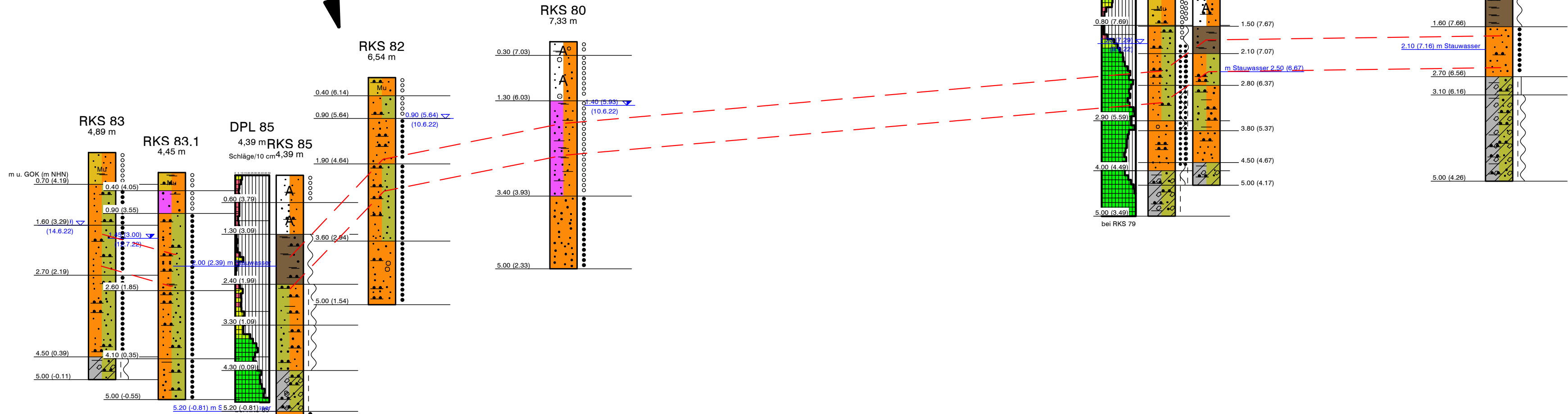
Knick im Profilschnitt



Nordwesten



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



Legende

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

Stationierungs-km		30,900	31,075	31,120	31,340	31,795	33,170	33,280	34,000
Homogen-bereich	1,8-2,5 m u. GOK	Sand		Torf und Niederungsschluff	Sand	Mudde	Sand	Torf und Sand	Sand
	4,0-5,0 m u. GOK	Sand / Geschiebelehm	Sand	Niederungsschluff / Geschiebelehm	Sand		Sand und Geschiebelehm / -mergel		Geschiebelehm / -mergel
Gründungs-maßnahmen	1,8-2,5 m u. GOK	keine		Gründungspolster	keine	Gründungspolster	keine	Gründungspolster	keine
	3,5-5,0 m u. GOK	Bettungsschicht	keine	Bettungsschicht	keine		Bettungsschicht		
Wasser-haltung	1,8-2,5 m u. GOK	geschlossene Wasserhaltung		offene	geschlossene Wasserhaltung			offene Wasserhaltung	
	3,5-5,0 m u. GOK	geschlossene und offene Wasserhaltung		offene Wasserhaltung und Druckentlastung	geschlossene Wasserhaltung			offene Wasserhaltung	



Geolabor und Umweltservice GmbH

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

Bauvorhaben:

Geotechnisches Streckengutachten
GWL Baulos 1, 4. Abschnitt

Planbezeichnung:

Baugrundgeologisches
Streckenband Blatt 1

Projekt-Nr. 06-5765

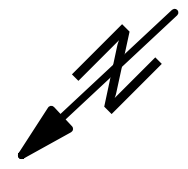
Anhang 1.3

Datum: Dezember 2022

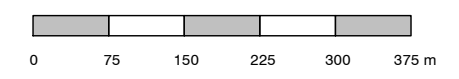
Höhe 1:75, Länge 1:7.500

Bearbeiter: Herr Rapp

Nordosten



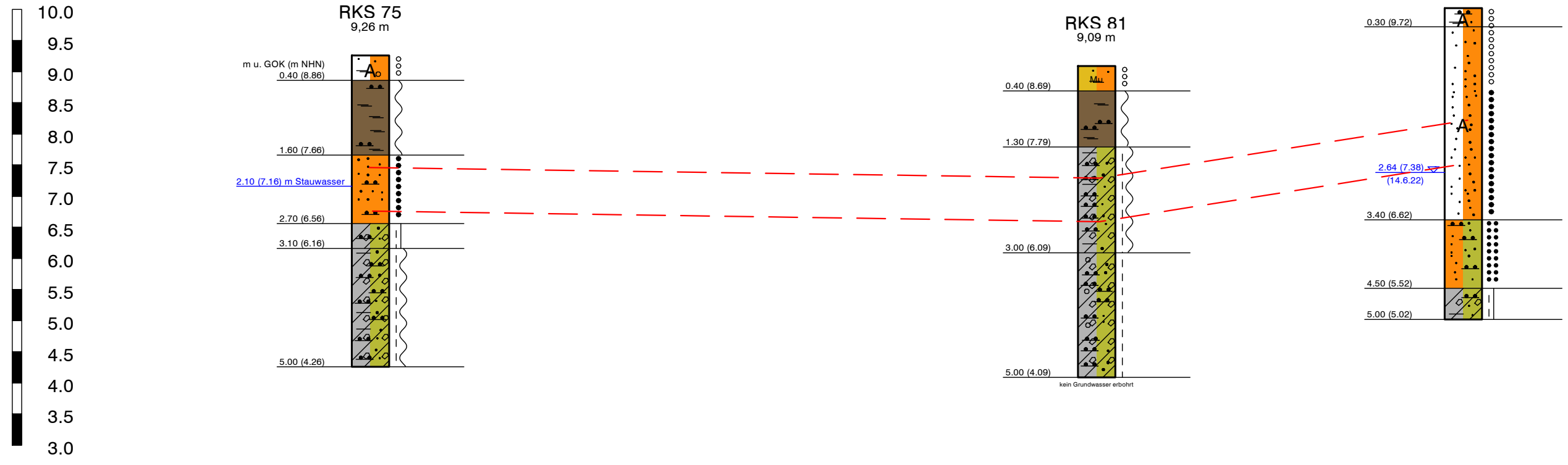
Südwesten



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

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

m NHN



Legende

steif - halbfest

steif

weich - steif

weich

locker

mitteldicht

dicht

Schluff (U)

Sand (S)

Feinsand (fS)

Mittelsand (mS)

Torf (H)

Mutterboden (Mu)

Auffüllung (A)

Geschiebelehm (Gl)

Stationierungs-km		34,000	35,855	36,802
Homogen-bereich	1,8-2,5 m u. GOK	Sand	Geschiebelehm / -mergel	Sand
	4,0-5,0 m u. GOK	Geschiebelehm / -mergel		Sand und Geschiebelehm / -mergel
Gründungs-maßnahmen	1,8-2,5 m u. GOK	keine	Bettungsschicht	keine
	3,5-5,0 m u. GOK	Bettungsschicht		
Wasser-haltung	1,8-2,5 m u. GOK	offene Wasserhaltung (bei Bedarf)		geschlossene Wasserhaltung (bei Bedarf)
	3,5-5,0 m u. GOK	offene Wasserhaltung (bei Bedarf)		geschlossene und offene Wasserhaltung

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

Bauvorhaben:
Geotechnisches Streckengutachten
GWL Baulos 1, 4. Abschnitt

Projekt-Nr. 06-5765
Anhang 1.3
Datum: Dezember 2022
Höhe 1:75, Länge 1:7.500
Bearbeiter: Herr Rapp

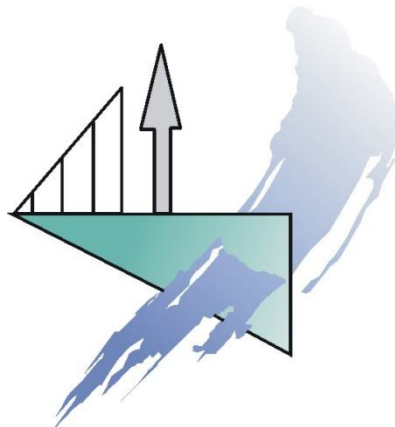
Planbezeichnung:
Baugrundgeologisches
Streckenband Blatt 2

Anhang 1

Karten und Streckenbänder

Anhang 1.4

Hydrogeologisches Streckenband



Anhang 1.4 Hydrogeologisches Streckenband 4. Abschnitt

Position	83	83.1	85	82 - 80	79	78	75	81	88
Stationierungs-km (interpoliert)	30,850 - 31,000	31,000 - 31,100	31,100 – 31,200	31,200 - 32,100	32,100 - 33,200	33,200 - 33,600	33,600 – 35,400	35,400 – 36,300	36,300 – 36,910
	erfassten hydrogeologischen Verhältnisse								
Unterkante bindiger Deckschichten [m u. GOK]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
erbohrter Grundwasserstand [m u. GOK / m NHN]	Stauwasser 1,6 / 3,29	1,45 / 3,0	Stauwasser 2,0 / 2,39 Schichtenwasser 5,2 / -0,81	0,90 – 1,40 / 5,64 - 5,91	Stauwasser 1,2 / 7,29	Stauwasser 2,5 / 6,67	Stauwasser 2,1 / 7,16	kein Grundwasser	Stauwasser 2,6 / 7,40
Bodenschichten im Tiefenbereich 1,8 - 2,5 m u. GOK	P	P	H	P	P	P / H	P	H	P
Bodenschichten im Tiefenbereich 3,5 – 5,0 m u. GOK	P / H		H	P	P / H	P / H	H	H	P / H
Ausbildung der Grund- wasseroberfläche im Porengrundwasserleiter P ungespannt = 1, gespannt = 2	1	1	2	1	1	1	1	-	1
	Bemessungswasserstände								
Aus der Felderkundung und den hydrogeologischen Karten abgeleitete MNW und HW [m NHN]	MNW ≈ 3,0 / HW ≈ 4,5	MNW ≈ 2,8 / HW ≈ 4,0	MNW ≈ 2,3 / HW ≈ 3,5	MNW ≈ 5,3 - 5,6 / HW ≈6,5 - 7,0	MNW ≈ 7,0 / HW ≈ 8,0	MNW ≈ 6,5 / HW ≈ 8,0	MNW ≈ 7,0 / HW ≈ 8,5	MNW ≈ <4,0/ HW ≈ 8,5	MNW ≈ 7,0 / HW ≈ 8,5
	Bauwasserhaltungsmaßnahmen und k _r -Werte								
Maßnahmen Leitungsbau bis 2,5 m u. GOK	GW	GW	OW	GW	GW	OW	OW	bei Bedarf OW	bei Bedarf GW
Maßnahmen Düker / Pressung bis 5,0 m u. GOK	GW + OW	GW	OW + DE		GW + OW	GW + OW			GW + OW
k _f -Wert bis 2,5 m u. GOK (Abschätzung aus Bohrprofilen und Kornverteilungen)	4 x 10 ⁻⁵ m/s	4 x 10 ⁻⁵ m/s	<1 x 10 ⁻⁷ m/s	4,5 x 10 ⁻⁵ m/s	7,5 x 10 ⁻⁵ m/s	4,5 x 10 ⁻⁵ m/s (Stauwasser)	4 x 10 ⁻⁵ m/s (Stauwasser bis 2,7 m u. GOK)	<1 x 10 ⁻⁷ m/s	bis 3,4 m u. GOK 1,5 x 10 ⁻⁴ m/s
k _f -Wert 3,5 bis 5,0 m u. GOK (Abschätzung aus Schichtenverzeichnissen und Kornverteilungen)	bis 4,5 m u. GOK 4 x 10 ⁻⁵ m/s; >4,5 m u. GOK. <1 x 10 ⁻⁷ m/s	4 x 10 ⁻⁵ m/s	bis 5,2 m u. GOK <1 x 10 ⁻⁷ m/s; >5,2 m u. GOK 4 x 10 ⁻⁵ m/s		bis 4,0 m u. GOK 7,5 x 10 ⁻⁵ m/s; >4,0 m u. GOK >1 x 10 ⁻⁷ m/s	4,5 x 10 ⁻⁵ m/s (Stauwasser) bzw. <1 x 10 ⁻⁷ m/s	<1 x 10 ⁻⁷ m/s		bis 4,5 m u. GOK 5 x 10 ⁻⁵ m/s; >4,5 m u. GOK >1 x 10 ⁻⁷ m/s

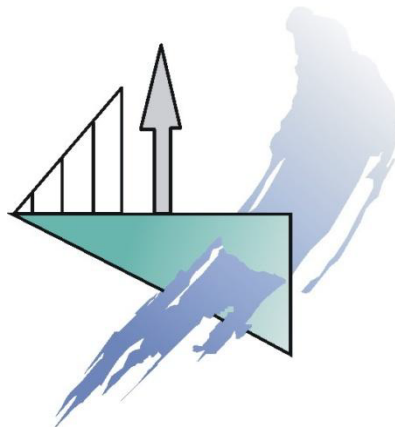
H = Grundwasserhemmer mit geringer Durchlässigkeit
P = Porengrundwasserleiter mit guter Durchlässigkeit
OW = offene Bauwasserhaltung zu Auffangen und Ableiten von Schichten-/Stauwasser und Tagwasser;
DE = geschlossene Bauwasserhaltung zur Druckentlastung gespannten Grundwassers im Porengrundwasserleiter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

Anhang 2

Ergebnisse der Feldarbeiten

Anhang 2.1

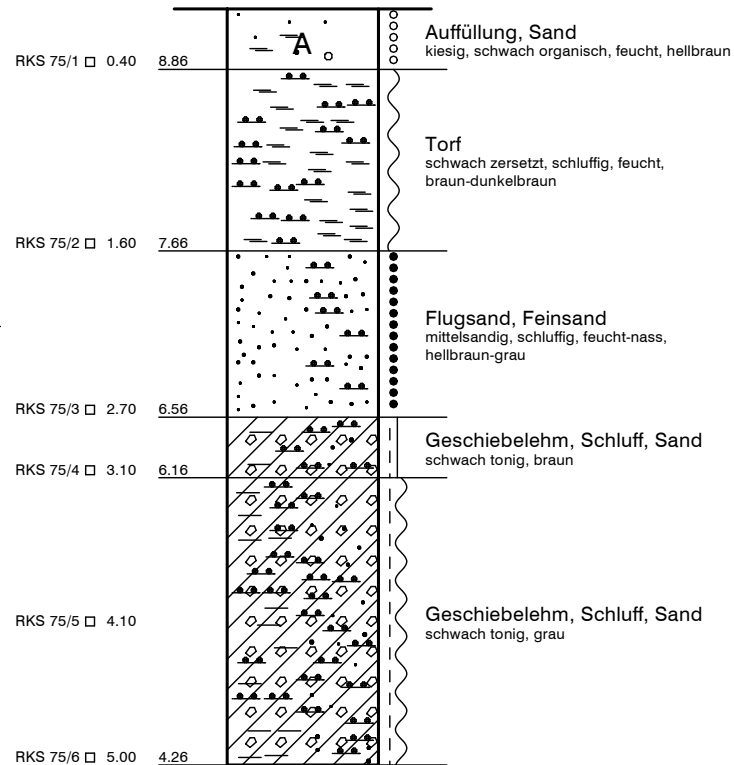
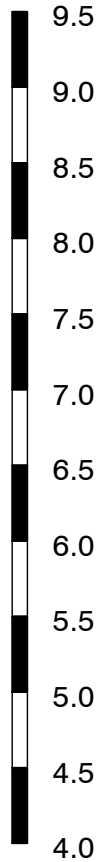
Bohrprofile der Rammkernsondierungen gemäß DIN 4023



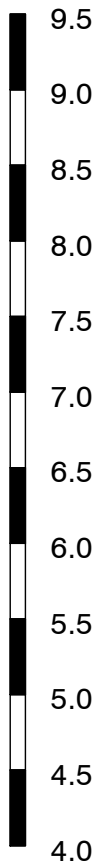
RKS 75

9,26 m NHN

m NHN

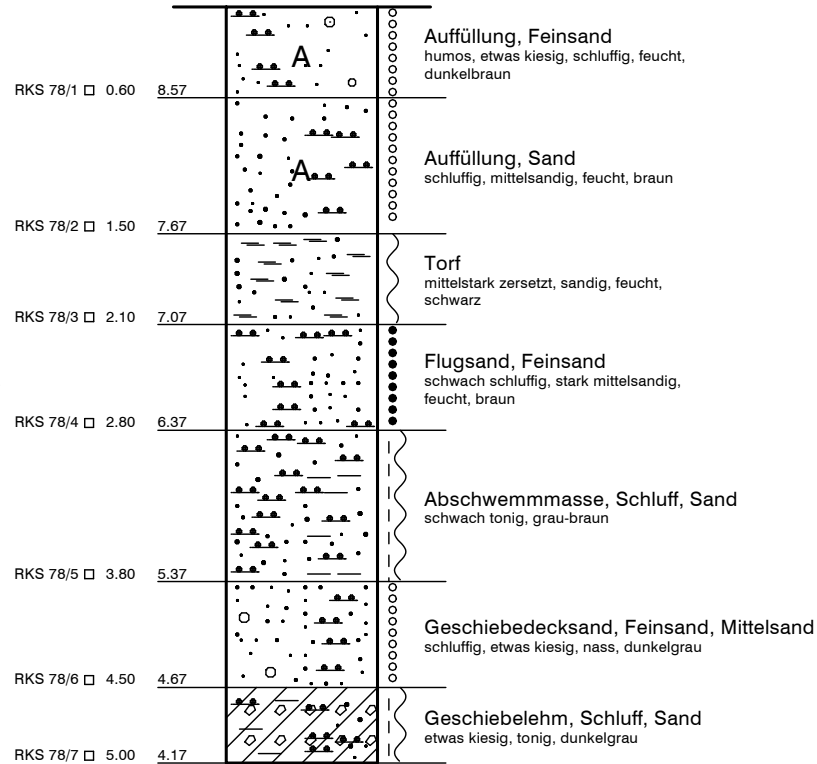


m NHN



RKS 78

9,17 m NHN



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

Bauvorhaben:

Orientierende Baugrunderkundung
Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven - Leer

Planbezeichnung:

Graphische Darstellung der
Bohrprofile gemäß DIN 4023

Projekt-Nr.: 06-5765

Anhang-Nr.: 2

Datum: 09.06.2022

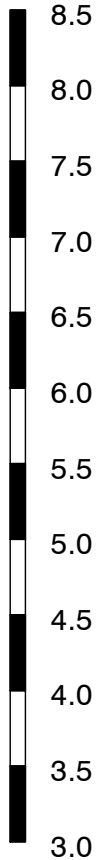
Maßstab: 1: 50

Bearbeiter: Herr Rapp

RKS 79

8,49 m NHN

m NHN



7.29
(9.6.22)

RKS 79/1 □ 0.80

7.69

RKS 79/2 □ 1.80

RKS 79/3 □ 2.90

5.59

RKS 79/4 □ 4.00

4.49

RKS 79/5 □ 5.00

3.49

Mutterboden, Sand
schluffig, stark humos, feucht, braun-dunkelbraun

Flugsand, Feinsand
schwach schluffig, stark mittelsandig,
feucht-nass, braun

Geschiebedecksand, Feinsand
mittelsandig, schwach schluffig, etwas
kiesig, nass, braun

Geschiebelehm, Schluff, Sand
schwach tonig, braun-grau



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: 09.06.2022

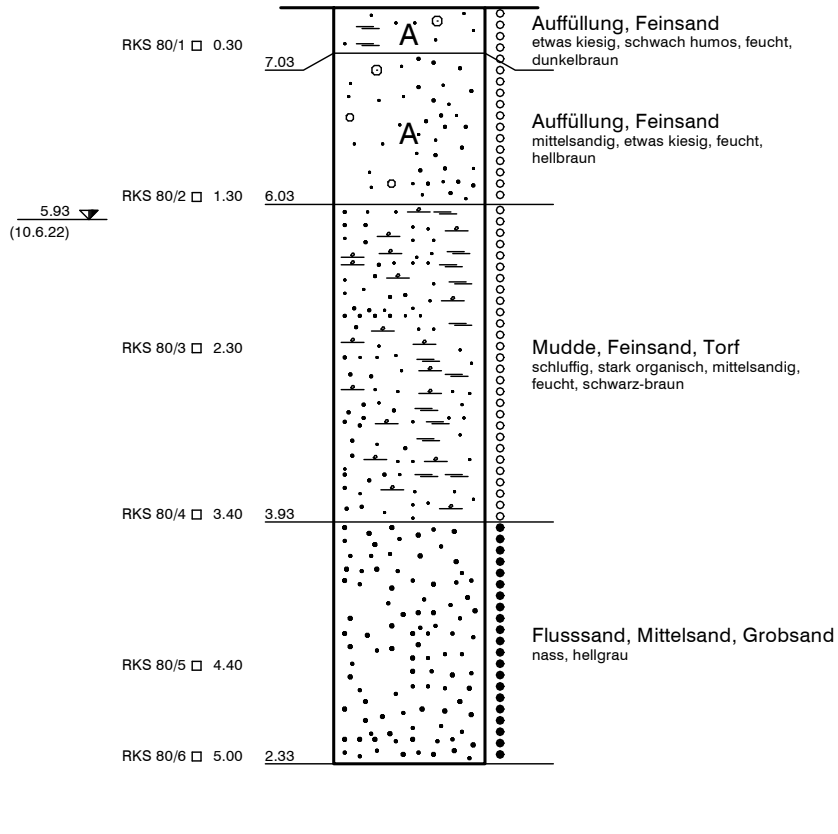
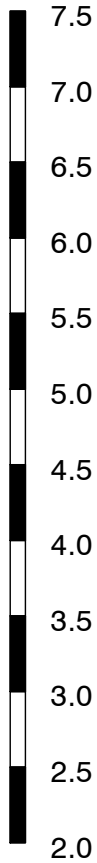
Maßstab: 1: 50

Bearbeiter: Herr Rapp

RKS 80

7,33 m NHN

m NHN



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

Bauvorhaben:

Orientierende Baugrunderkundung
Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven - Leer

Planbezeichnung:

Graphische Darstellung der
Bohrprofile gemäß DIN 4023

Projekt-Nr.: 06-5765

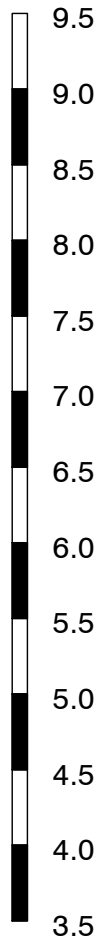
Anhang-Nr.: 2

Datum: 10.06.2022

Maßstab: 1: 50

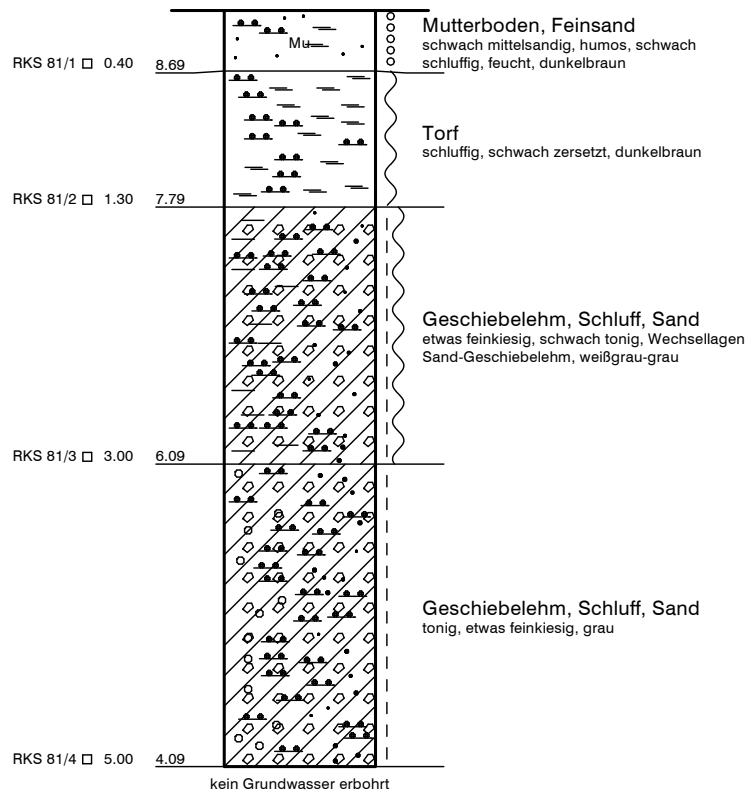
Bearbeiter: Herr Rapp

m NHN



RKS 81

9,09 m NHN



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

Bauvorhaben:

Orientierende Baugrunderkundung
Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven - Leer

Planbezeichnung:

Graphische Darstellung der
Bohrprofile gemäß DIN 4023

Projekt-Nr.: 06-5765

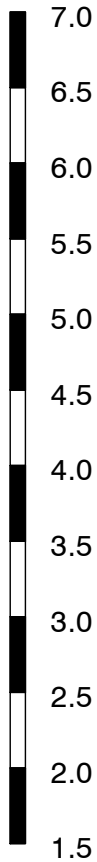
Anhang-Nr.: 2

Datum: 27.06.2022

Maßstab: 1: 50

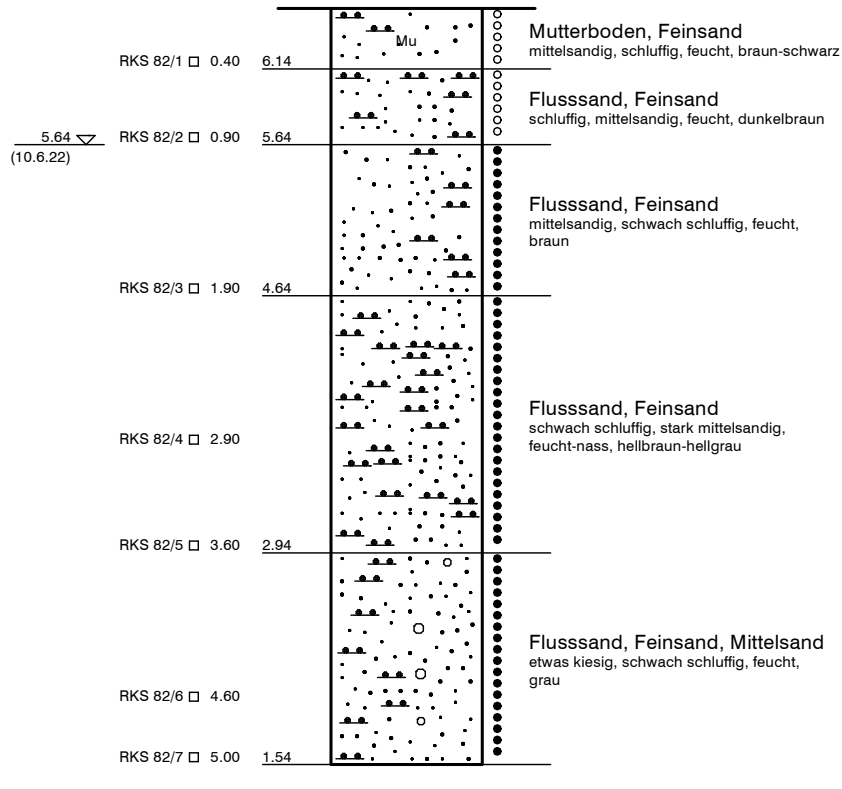
Bearbeiter: Herr Rapp

m NHN



RKS 82

6,54 m NHN



Bauvorhaben:

Orientierende Baugrunderkundung
Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven - Leer

Planbezeichnung:

Graphische Darstellung der
Bohrprofile gemäß DIN 4023

Projekt-Nr.: 06-5765

Anhang-Nr.: 2

Datum: 10.06.2022

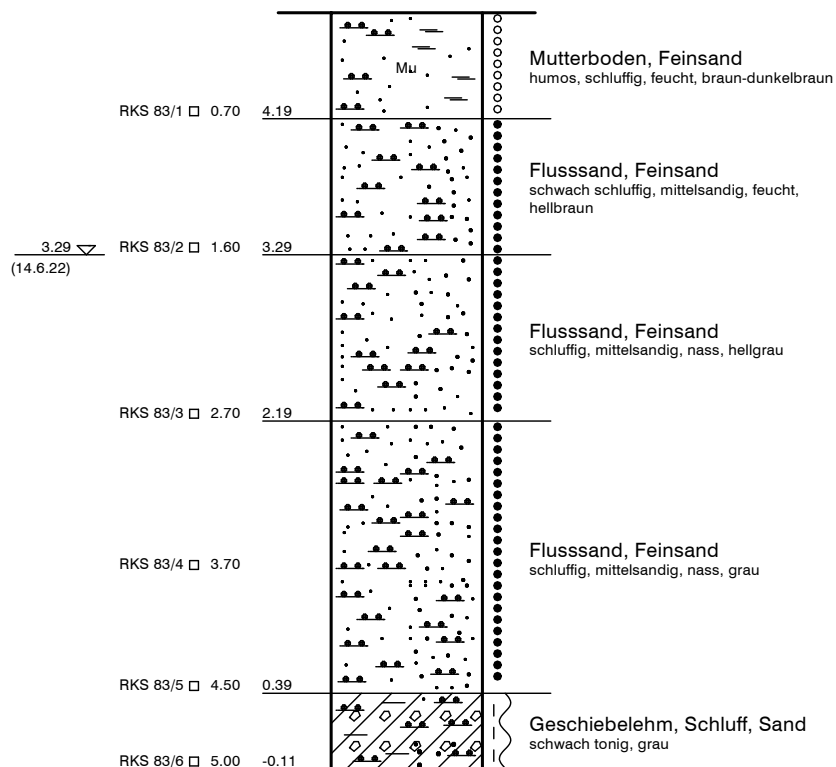
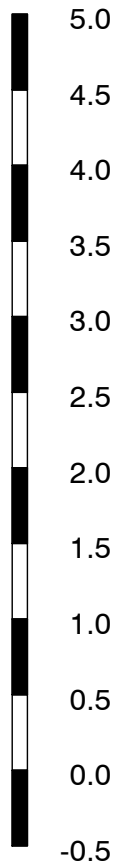
Maßstab: 1: 50

Bearbeiter: Herr Rapp

RKS 83

4,89 m NHN

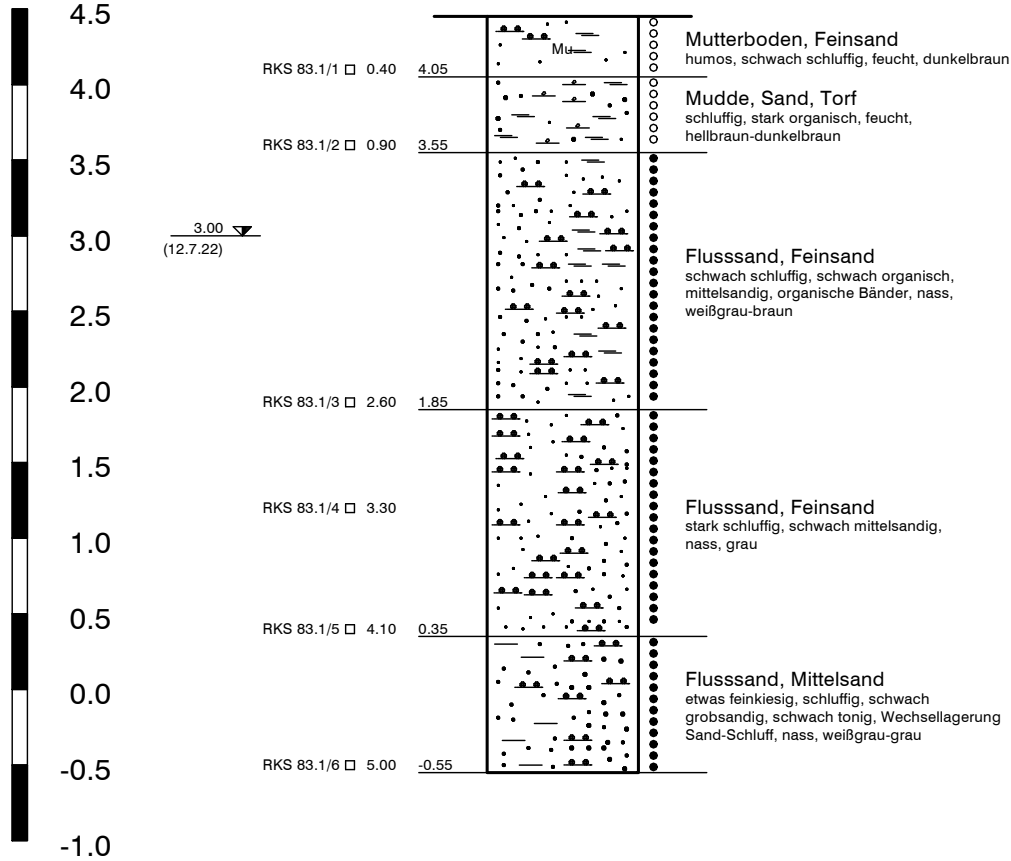
m NHN



RKS 83.1

4,45 m NHN

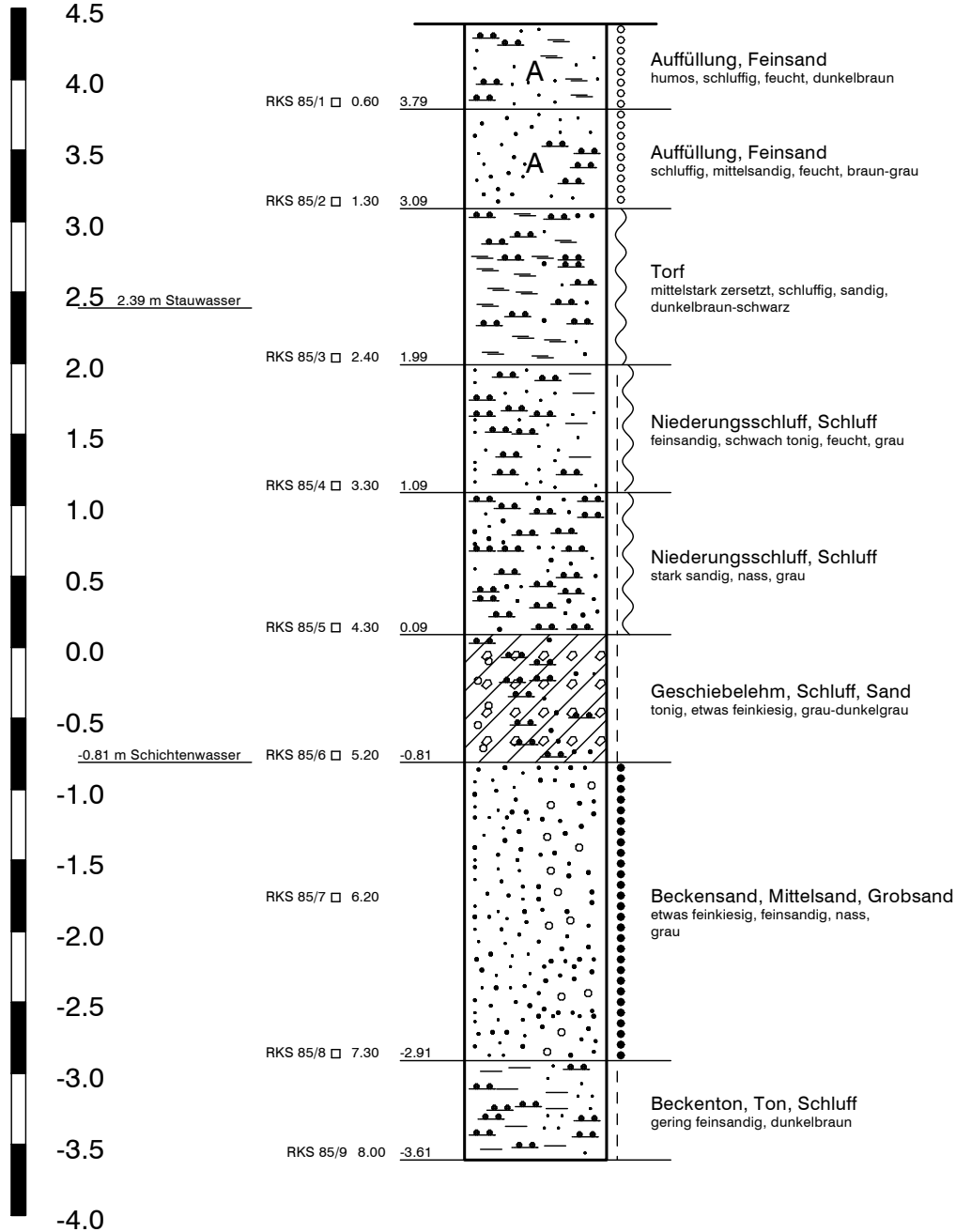
m NHN



RKS 85

4,39 m NHN

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: 14.06.2022

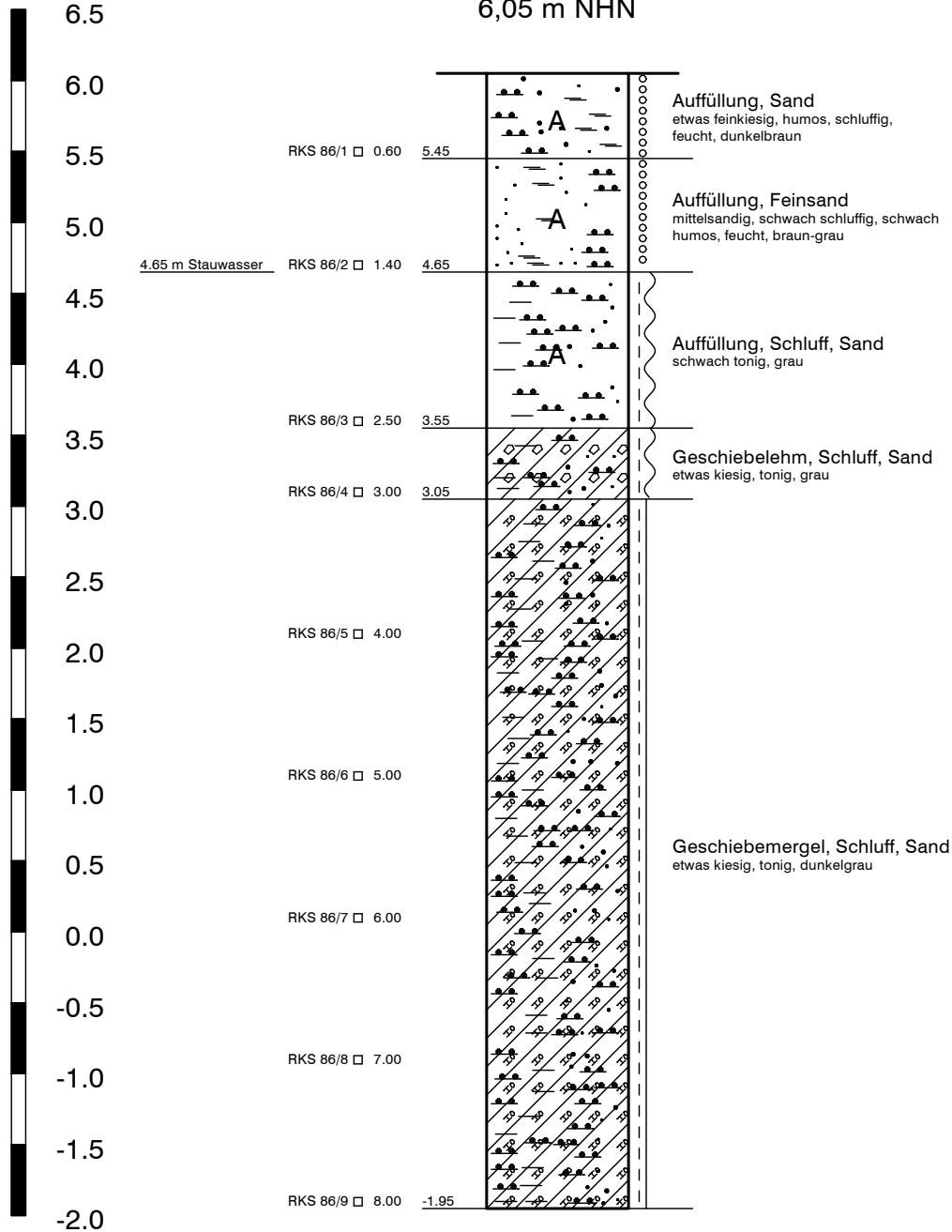
Maßstab: 1: 50

Bearbeiter: Herr Rapp

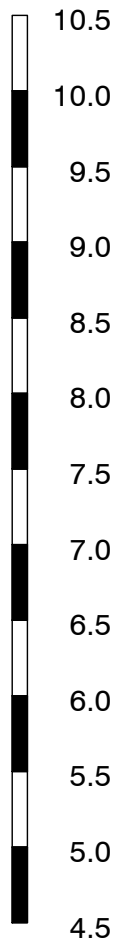
m NHN

RKS 86

6,05 m NHN

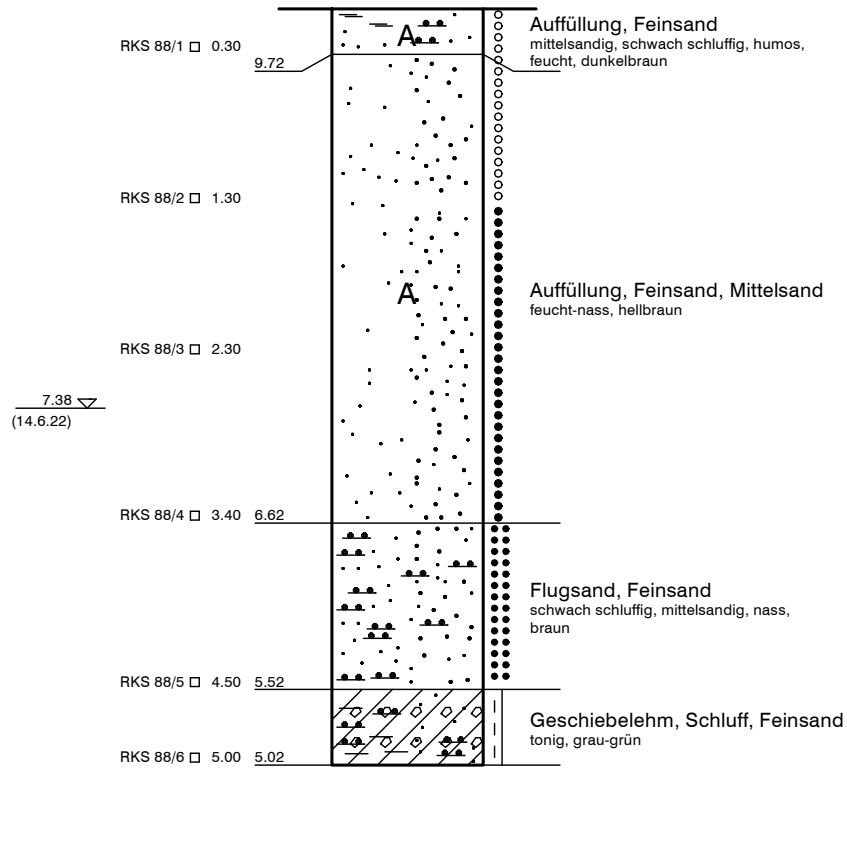


m NHN



RKS 88

10,02 m NHN

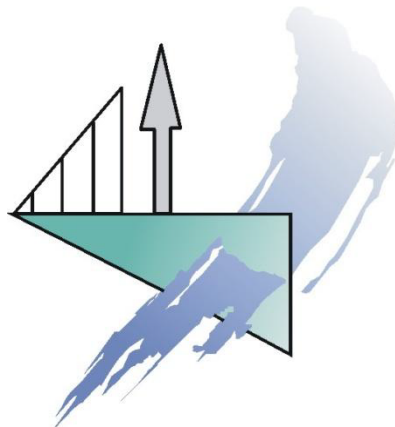


Anhang 2

Ergebnisse der Feldarbeiten

Anhang 2.2

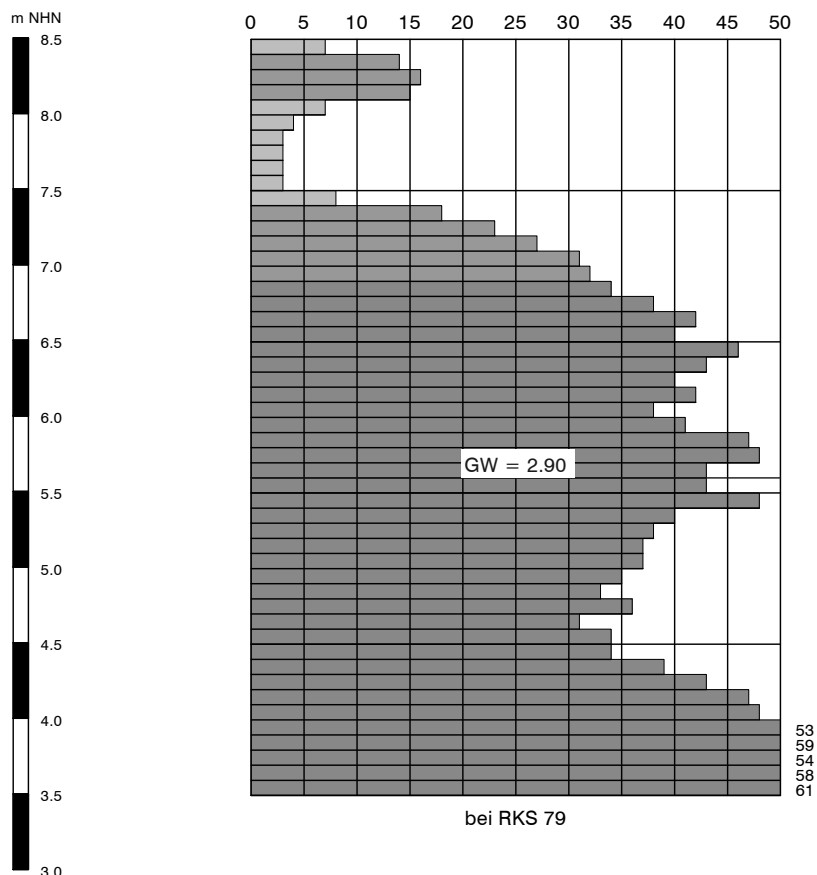
Rammdiagramme der leichten und schweren Rammsondierungen gemäß DIN EN ISO 22476-2



DPL 79

8,49 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm



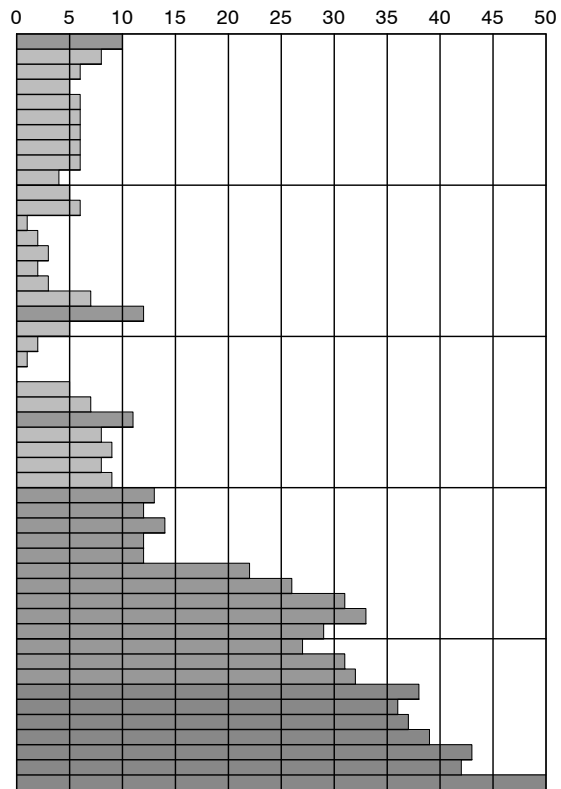
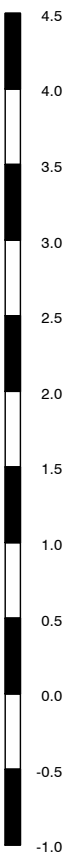
Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	7
0.20	14
0.30	16
0.40	15
0.50	7
0.60	4
0.70	3
0.80	3
0.90	3
1.00	3
1.10	8
1.20	18
1.30	23
1.40	27
1.50	31
1.60	32
1.70	34
1.80	38
1.90	42
2.00	40
2.10	46
2.20	43
2.30	40
2.40	42
2.50	38
2.60	41
2.70	47
2.80	48
2.90	43
3.00	43
3.10	48
3.20	40
3.30	38
3.40	37
3.50	37
3.60	35
3.70	33
3.80	36
3.90	31
4.00	34
4.10	34
4.20	39
4.30	43
4.40	47
4.50	48
4.60	53
4.70	59
4.80	54
4.90	58
5.00	61

DPL 85

4,39 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm

m NHN



bei RKS 85

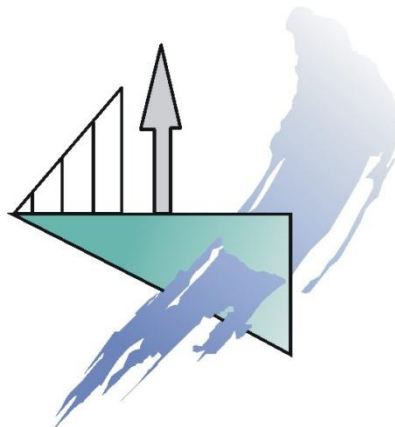
Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	10
0.20	8
0.30	6
0.40	5
0.50	6
0.60	6
0.70	6
0.80	6
0.90	6
1.00	4
1.10	5
1.20	6
1.30	1
1.40	2
1.50	3
1.60	2
1.70	3
1.80	7
1.90	12
2.00	5
2.10	2
2.20	1
2.30	0
2.40	5
2.50	7
2.60	11
2.70	8
2.80	9
2.90	8
3.00	9
3.10	13
3.20	12
3.30	14
3.40	12
3.50	12
3.60	22
3.70	26
3.80	31
3.90	33
4.00	29
4.10	27
4.20	31
4.30	32
4.40	38
4.50	36
4.60	37
4.70	39
4.80	43
4.90	42
5.00	55

Anhang 2

Ergebnisse der Feldarbeiten

Anhang 2.3

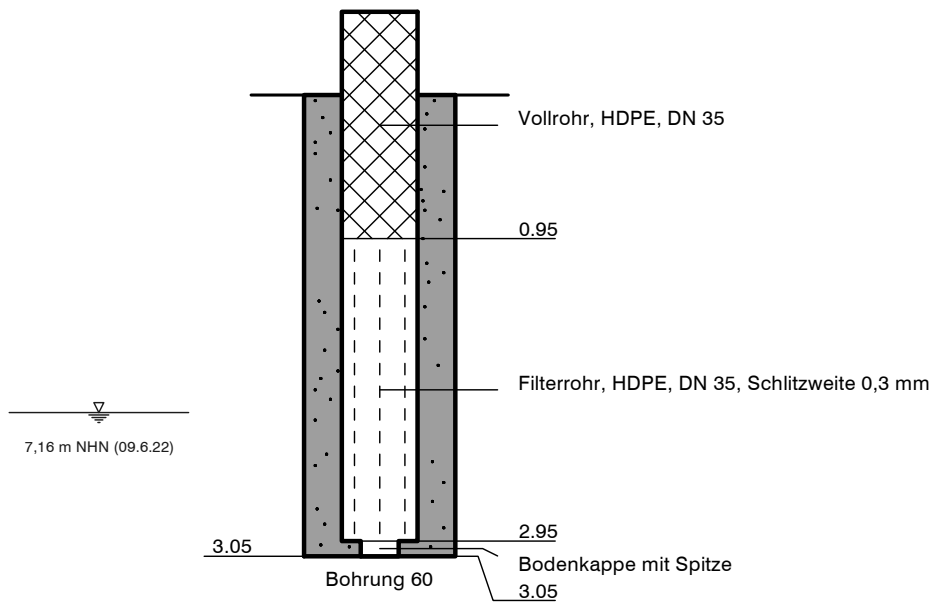
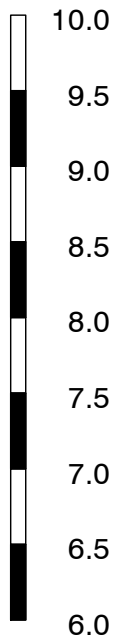
Graphische Darstellung des Ausbaus der Messstellen



RP 75

9,81 m NHN (POK)
9,26 m NHN (GOK)

m NHN

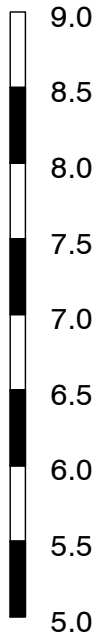


RP 79

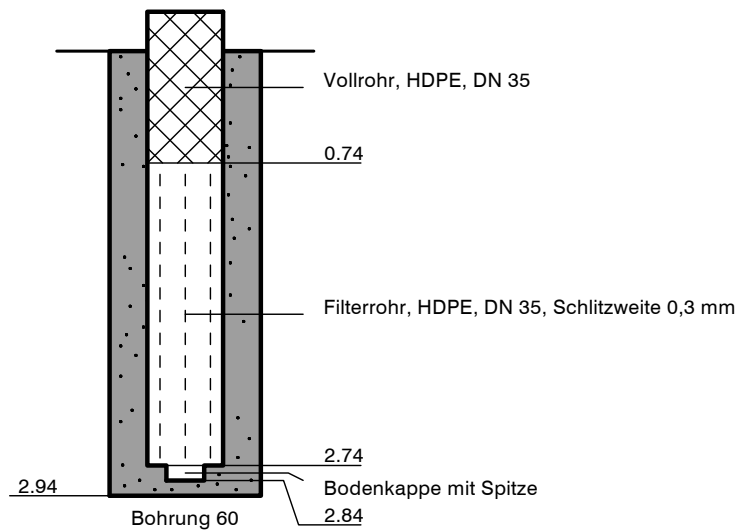
8,75 m NHN (POK)

8,49 m NHN (GOK)

m NHN



7,29 m NHN (09.6.22)

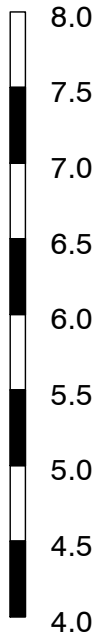


RP 80

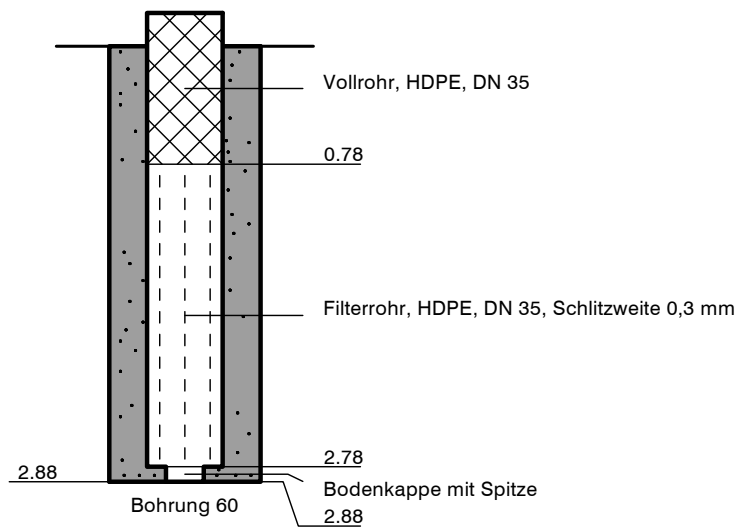
7,55 m NHN (POK)

7,33 m NHN (GOK)

m NHN



5,93 m NHN (10.6.22)



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.: 06-5765

Anhang-Nr.: 2

Datum: 10.06.2022

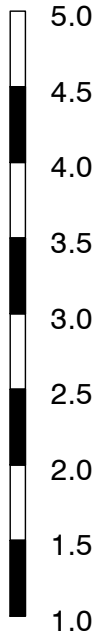
Maßstab: 1:50

Bearbeiter: Herr Rapp

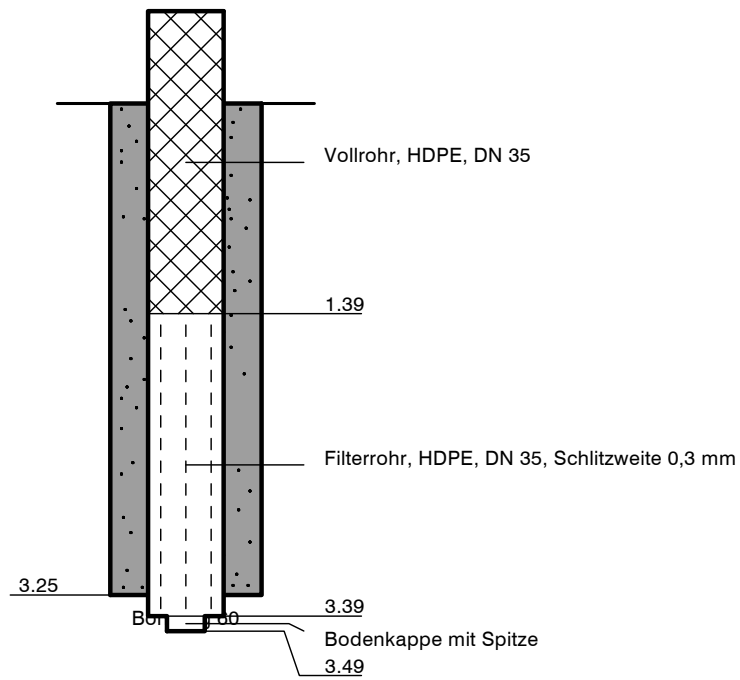
RP 85

5,00 m NHN (POK)
4,39 m NHN (GOK)

m NHN



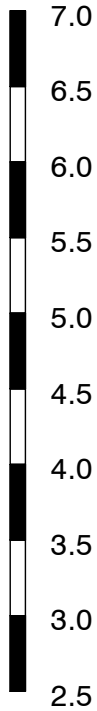
2,39 m NHN (14.6.22)



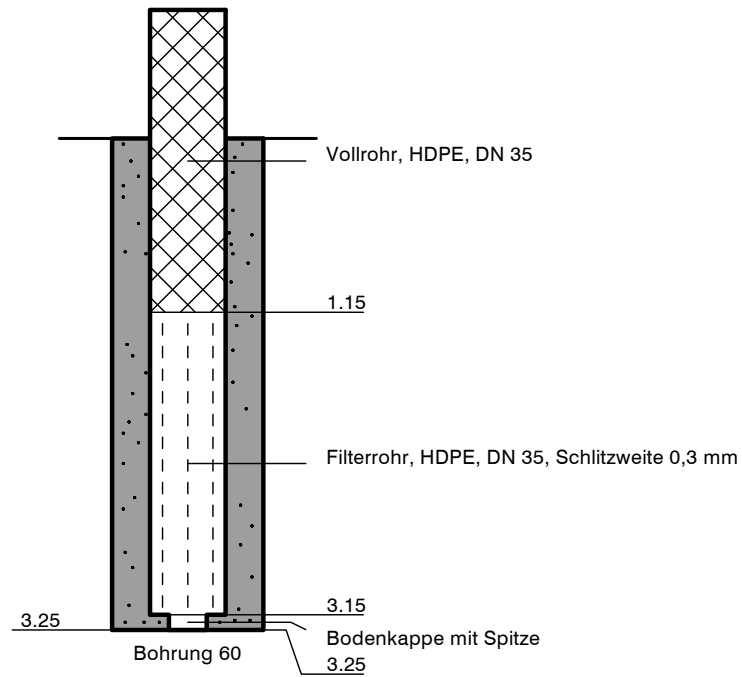
RP 86

6,90 m NHN (POK)
6,05 m NHN (GOK)

m NHN



4,65 m NHN (10.6.22)

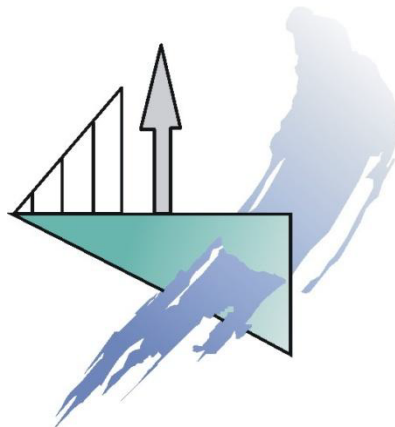


Anhang 2

Ergebnisse der Feldarbeiten

Anhang 2.4

Grundwasserprobenahmeprotokolle



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 75	Eigentümer			
Entnahmestelle	RP 75	Rechtswert		Hochwert	
Datum	09.06.22	Uhrzeit			
Art der Entnahmestelle	Rammpegel				
Rohr-/Schachtdurchmesser	DN35				
Filterlage von	1,50	bis	3,50	m unter Pegeloberkante (POK)	
Wasserspiegel unter POK	2,60	vorher	2,70	nachher	
Entnahmetiefe	3	m unter POK			
Art der Probenahme	SP	mit			
Schüttung/ Förderstrom		Gesamtvol.			
Wahrnehmungen am geförderten Grundwasser					
Färbung	hellbraun	Trübung	sehr stark		
Bodensatz	viel	Geruch	---		
Messungen Vorort					
Lufttemperatur °C	19,2	Wassertemperatur °C	13,92		
pH-Wert	6,27	Redox-Spannung mV			
Leitfähigkeit ohne TK µS/cm		Leitfähigkeit mit TK µS/cm	543		
Sauerstoffgehalt mg/l	3,22	Kohlensäure mg/l			
Konservierungsmaßnahmen					
Probenehmer	Geotec				
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 79	Eigentümer			
Entnahmestelle	RP 79	Rechtswert		Hochwert	
Datum	10.06.22	Uhrzeit			
Art der Entnahmestelle	Rammpegel				
Rohr-/Schachtdurchmesser	DN35				
Filterlage von	1,00	bis	3,00	m unter Pegeloberkante (POK)	
Wasserspiegel unter POK	1,45	vorher	1,50	nachher	
Entnahmetiefe	2,8	m unter POK			
Art der Probenahme	SP	mit			
Schüttung/ Förderstrom		Gesamtvol.	1,1		
Wahrnehmungen am geförderten Grundwasser					
Färbung	braun	Trübung	sehr stark		
Bodensatz	viel	Geruch	---		
Messungen Vorort					
Lufttemperatur °C	21,06	Wassertemperatur °C	16,29		
pH-Wert	5,5	Redox-Spannung mV			
Leitfähigkeit ohne TK µS/cm		Leitfähigkeit mit TK µS/cm	333		
Sauerstoffgehalt mg/l	0,13	Kohlensäure mg/l			
Konservierungsmaßnahmen					
Probenehmer	Geotec				
Unterschrift					
Bemerkungen					

Ingenieur- und Sachverständigenbüro Rubach und Partner RP Geolabor und Umweltservice GmbH			Probenahmeprotokoll DIN 38402/13		
Projektnummer: 06-5765			Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer		
Probenkennzeichnung	RKS 80	Eigentümer			
Entnahmestelle	RP 80	Rechtswert		Hochwert	
Datum	10.06.22	Uhrzeit			
Art der Entnahmestelle	Rammpegel				
Rohr-/Schachtdurchmesser	DN35				
Filterlage von	1,00	bis	3,00	m unter Pegeloberkante (POK)	
Wasserspiegel unter POK	2,60	vorher	3,30	nachher	
Entnahmetiefe	3,5	m unter POK			
Art der Probenahme	SP	mit			
Schüttung/ Förderstrom		Gesamtvol.	1		
Wahrnehmungen am geförderten Grundwasser					
Färbung	dunkelbraun	Trübung	sehr stark		
Bodensatz	viel	Geruch	---		
Messungen Vorort					
Lufttemperatur °C	16,63	Wassertemperatur °C	15,52		
pH-Wert	5,78	Redox-Spannung mV			
Leitfähigkeit ohne TK µS/cm		Leitfähigkeit mit TK µS/cm	536		
Sauerstoffgehalt mg/l	4,96	Kohlensäure mg/l			
Konservierungsmaßnahmen					
Probenehmer	Geotec				
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 85	Eigentümer			
Entnahmestelle	RP 85	Rechtswert		Hochwert	
Datum	14.06.22	Uhrzeit			
Art der Entnahmestelle	Rammpegel				
Rohr-/Schachtdurchmesser	DN35				
Filterlage von	2,00	bis	4,00	m unter Pegeloberkante (POK)	
Wasserspiegel unter POK	3,85	vorher	3,95	nachher	
Entnahmetiefe	2,4	m unter POK			
Art der Probenahme	SP	mit			
Schüttung/ Förderstrom		Gesamtvol.	4 l		
Wahrnehmungen am geförderten Grundwasser					
Färbung	dunkelbraun	Trübung	sehr stark		
Bodensatz	stark	Geruch	kein		
Messungen Vorort					
Lufttemperatur °C	16,8	Wassertemperatur °C	13,55		
pH-Wert	7,84	Redox-Spannung mV			
Leitfähigkeit ohne TK µS/cm		Leitfähigkeit mit TK µS/cm	626		
Sauerstoffgehalt mg/l	3,33	Kohlensäure mg/l			
Konservierungsmaßnahmen					
Probenehmer	Geotec				
Unterschrift					
Bemerkungen					

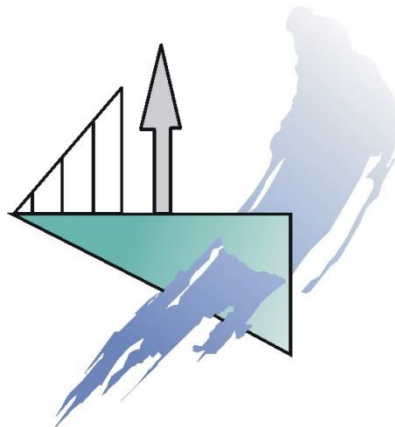
Ingenieur- und Sachverständigenbüro Rubach und Partner <i>RP</i> Geolabor und Umweltservice GmbH			Probenahmeprotokoll DIN 38402/13		
Projektnummer: 06-5765			Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer		
Probenkennzeichnung	RKS 86	Eigentümer			
Entnahmestelle	RP 86	Rechtswert		Hochwert	
Datum	10.06.22	Uhrzeit			
Art der Entnahmestelle	Rammpegel				
Rohr-/Schachtdurchmesser	DN35				
Filterlage von	2,00	bis	4,00	m unter Pegeloberkante (POK)	
Wasserspiegel unter POK	2,15	vorher	3,06	nachher	
Entnahmetiefe	3,5	m unter POK			
Art der Probenahme	SP	mit			
Schüttung/ Förderstrom		Gesamtvol.	0,8		
Wahrnehmungen am geförderten Grundwasser					
Färbung	braun	Trübung	sehr stark		
Bodensatz	sehr viel	Geruch	---		
Messungen Vorort					
Lufttemperatur °C	18,74	Wassertemperatur °C	15,45		
pH-Wert	6,76	Redox-Spannung mV			
Leitfähigkeit ohne TK µS/cm		Leitfähigkeit mit TK µS/cm	1688		
Sauerstoffgehalt mg/l	4,42	Kohlensäure mg/l			
Konservierungsmaßnahmen					
Probenehmer	Geotec				
Unterschrift					
Bemerkungen					

Anhang 3

Protokolle der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

Anhang 3.1

Kornverteilungen

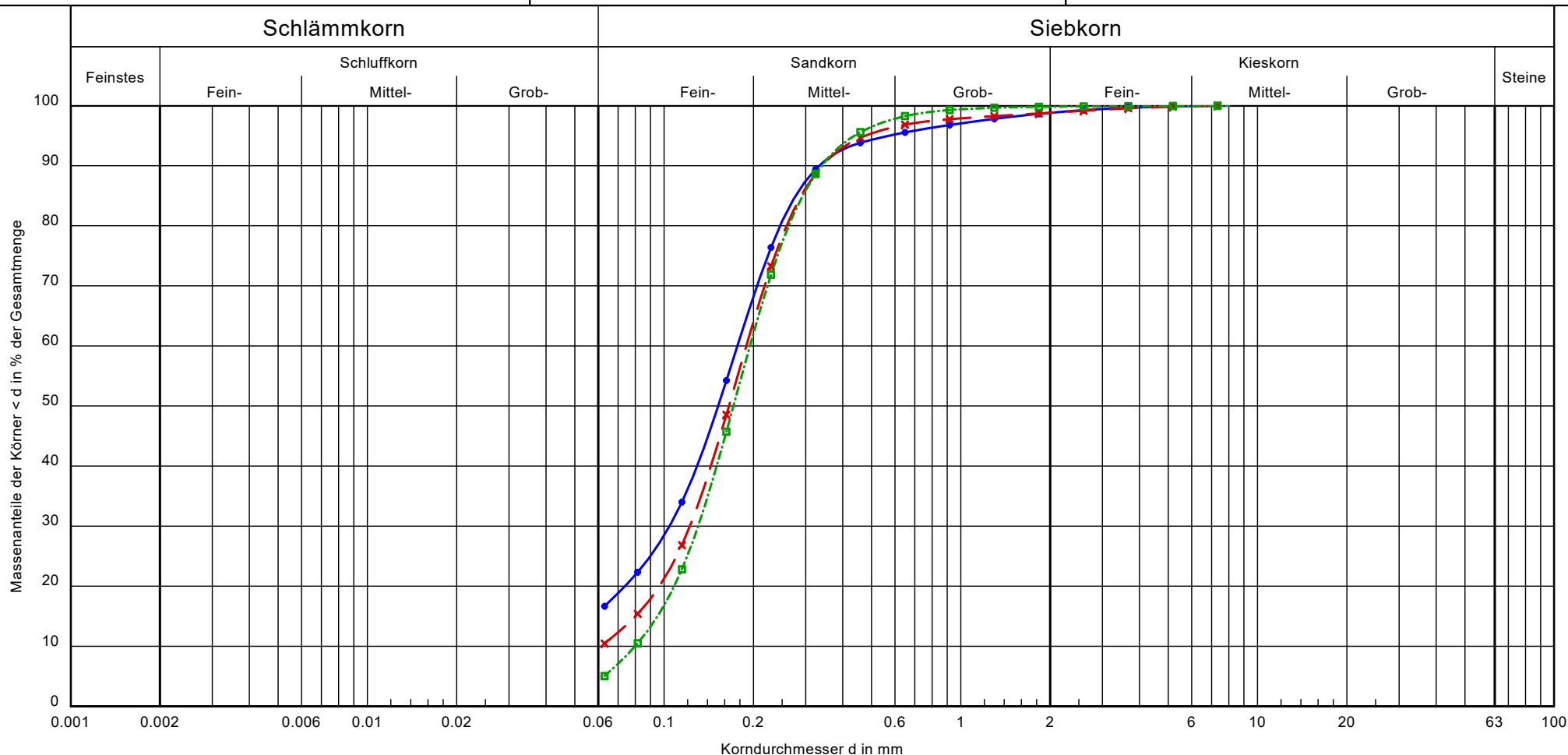


Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

4. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
Probe entnommen am: 07.06.-12.07.2022
Art der Entnahme: gestört
Datum: / Bearbeiter: 11.-19.07.2022 / Reinke



Probenbezeichnung:	RKS 75/3	RKS 78/4	RKS 79/2
Tiefe:	1,6-2,7m	2,1-2,8m	0,8-1,8m
Bodenart:	fS, u, ms	fS, ms, u'	fS, ms, u'
Bodengruppe:	SU*	SU	SU
k (m/s) (Hazen):	-	$\sim 4,2 \times 10^{-5}$	$7,4 \times 10^{-5}$
U/Cc	-/-	-/-	2,4/1,1
Signatur:	—•—•—	✕—✕	□—□
Kornkennzahl	0280	0190	0190
Anteile:	- /16.7/82.1/1.2	- /10.5/88.3/1.2	- /5.1/94.8/0.2

Bemerkungen:
Nassabtrennungen

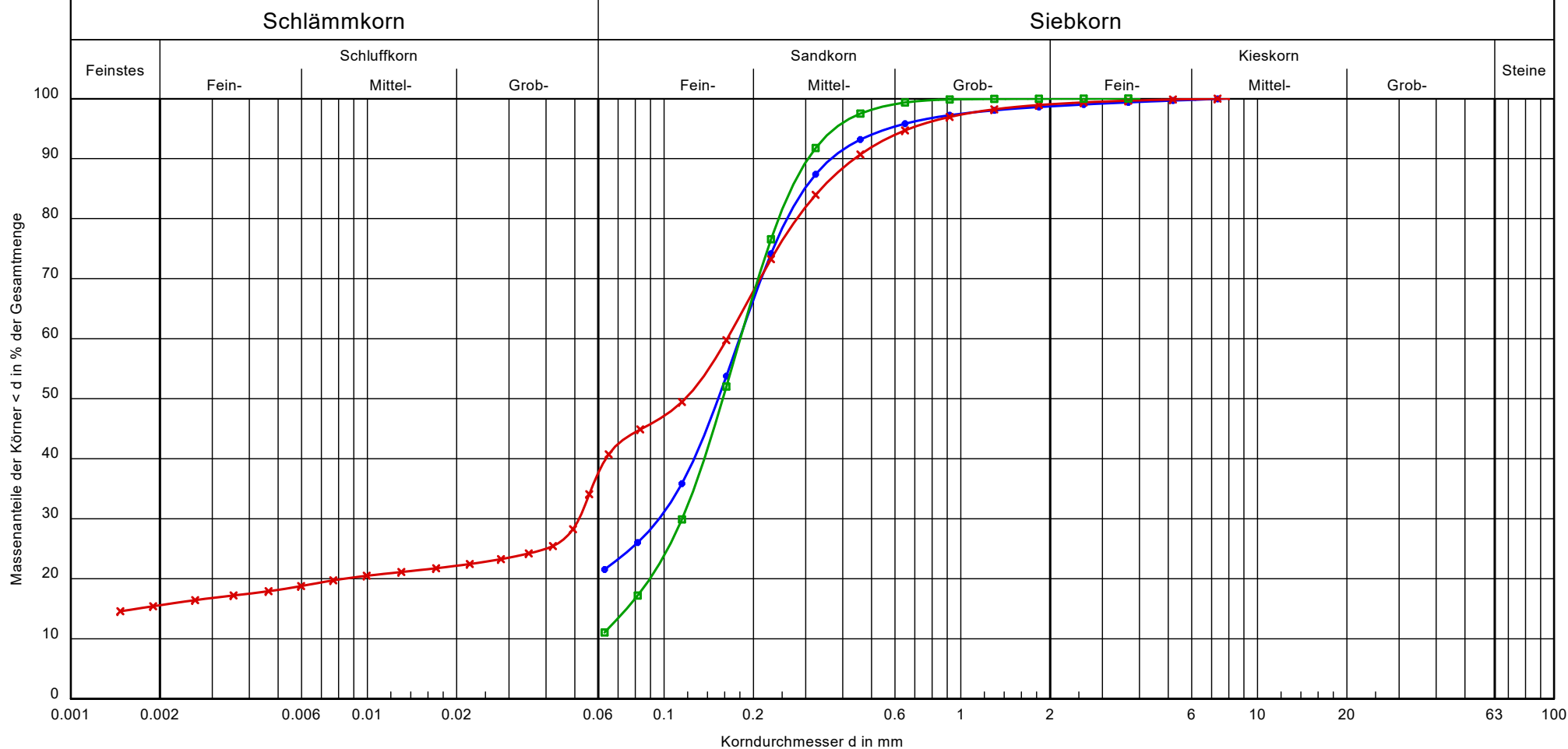
Projekt-Nr.:
06-5765
Anhang:
3

Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

4. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
 Probe entnommen am: 07.06.-12.07.2022
 Art der Entnahme: gestört
 Datum: / Bearbeiter: 11.-19.07.2022 / Reinke



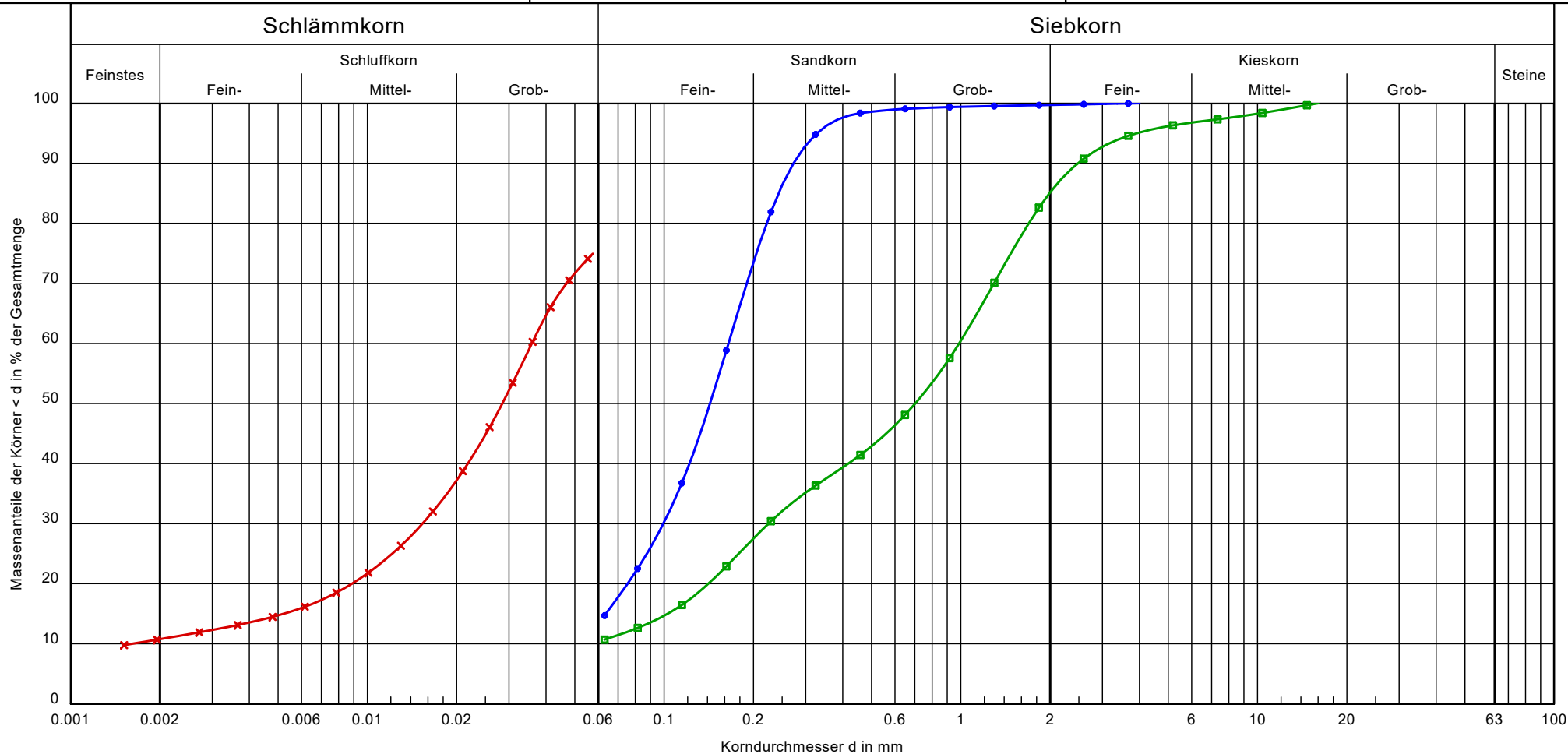
Probenbezeichnung:	RKS 80/3	RKS 81/3	RKS 82/3	Bemerkungen: Nassabtrennungen	Projekt-Nr.: 06-5765 Anhang: 3
Tiefe:	1,3-2,3m	1,3-3,0m	0,9-1,9m		
Bodenart:	fS, u, ms	S, t, u	fS, mS, u'		
Bodengruppe:	SU*	SU*	SU		
k (m/s) (Hazen):	-	-	~4,2x10 ⁻⁵		
U/Cc	-/-	-/-	-/-		
Signatur:					
Kornkennzahl	0280	2260	0190		
Anteile:	- /21.6/77.1/1.3	15.6/24.0/59.4/1.0	- /11.1/88.9/0.0		

Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

4. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
 Probe entnommen am: 07.06.-12.07.2022
 Art der Entnahme: gestört
 Datum: / Bearbeiter: 11.-19.07.2022 / Reinke



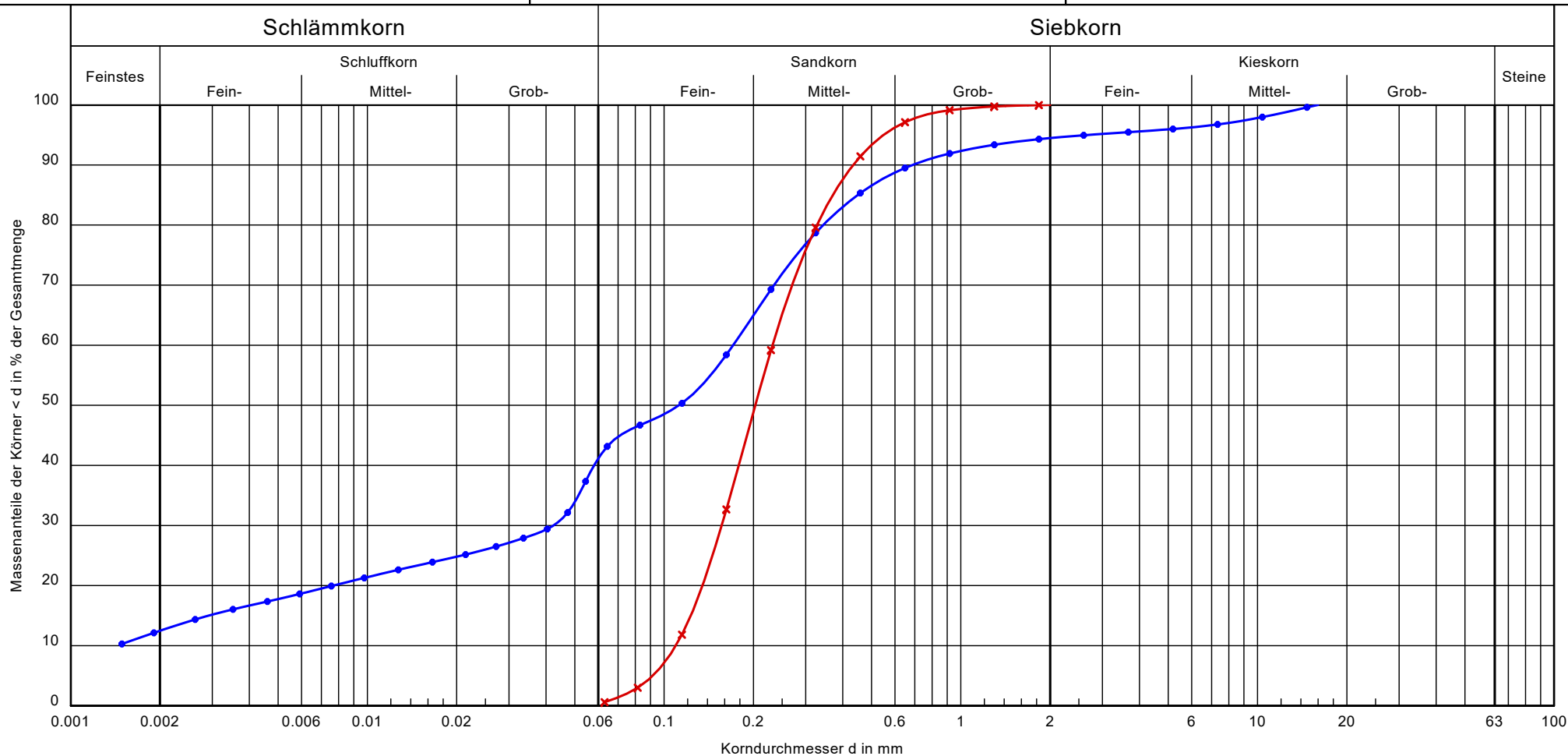
Probenbezeichnung:	RKS 83.1/3	RKS 85/4	RKS 85/8	Bemerkungen: Nassabtrennungen	Projekt-Nr.: 06-5765 Anhang: 3
Tiefe:	0,9-2,6m	2,4-3,3m	6,2-7,3m		
Bodenart:	fS, ms, u'	U, t'	S, u', fg'		
Bodengruppe:	SU		SU		
k (m/s) (Hazen):	$\sim 3,5 \times 10^{-5}$	$3,0 \times 10^{-8}$	$\sim 4,2 \times 10^{-5}$		
U/Cc	-/-	22.2/4.1	-/-		
Signatur:	—●—	—x—	—■—		
Kornkennzahl	0190	1900	0171		
Anteile:	- /14.7/85.0/0.3	10.8/89.2/ - / -	- /10.7/74.5/14.8		

Körnungslinie

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer

4. Abschnitt

Projekt-Nr.: 06-5765
 Probe entnommen am: 07.06.-12.07.2022
 Art der Entnahme: gestört
 Datum: / Bearbeiter: 11.-19.07.2022 / Reinke



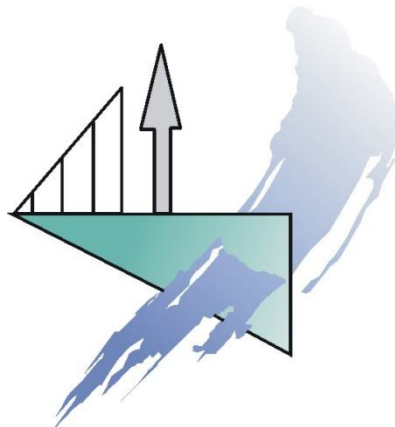
Probenbezeichnung:	RKS 86/7	RKS 88/3	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 06-5765 Anhang: 3
Tiefe:	5,0-6,0m	1,3-2,3m		
Bodenart:	S, u, t', g'	fS, mS		
Bodengruppe:		SE		
k (m/s) (Hazen):	-	$1.4 \cdot 10^{-4}$		
U/Cc	-/-	2.1/1.0		
Signatur:	—•—•—	—x—x—		
Kornkennzahl	1351	00100		
Anteile:	12.5/30.1/51.9/5.5	- /0.6/99.4/ -		

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: 11.-19.07.2022
Ausgeführt: Reinke

Art der Entnahme: gestört
Entnahme am: 07.06.-12.07.2022

Bezeichnung der Probe	RKS 80/3 1,3-2,3m		RKS 81/3 1,3-3,0m	
Behälter Nr.	2	6	203	74
Feuchte Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	43,526	45,535	21,824	21,521
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	39,128	40,864	19,260	19,135
Behälter m_B [g]	19,606	20,021	1,178	1,194
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_W$ [g]	4,398	4,671	2,564	2,386
Trockene Probe m_d [g]	19,522	20,843	18,082	17,941
Wassergehalt $w = m_W / m_d * 100$ %	22,528	22,410	14,180	13,299
	22,469		13,739	



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

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer
4. Abschnitt

Bestimmung des **Wassergehaltes**

durch Ofentrocknung nach DIN 18121, Teil 1

Anhang: 3

Projekt-Nr.: 06-5765

Datum: 11.-19.07.2022

Ausgeführt: Reinke

Art der Entnahme: gestört

Entnahme am: 07.06.-12.07.2022

Bezeichnung der Probe	RKS 83.1/3 0,9-2,6m		RKS 85/4 2,4-3,3m	
Behälter Nr.	0	14	38	104
Feuchte Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	43,383	50,654	21,698	21,464
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	38,828	45,798	18,200	17,669
Behälter m_B [g]	19,607	25,934	1,183	1,178
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_W$ [g]	4,555	4,856	3,498	3,795
Trockene Probe m_d [g]	19,221	19,864	17,017	16,491
Wassergehalt $w = m_W / m_d * 100 \%$	23,698	24,446	20,556	23,013
	24,072		21,784	

**RP****Geolabor und Umweltservice GmbH**

Niedriger Weg 47, 49661 Cloppenburg

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

BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer**4. Abschnitt****Bestimmung des Wassergehaltes**

durch Ofentrocknung nach DIN 18121, Teil 1

Anhang:

3

Projekt-Nr.: 06-5765

Datum: 11.-19.07.2022

Ausgeführt: Reinke

Art der Entnahme: gestört

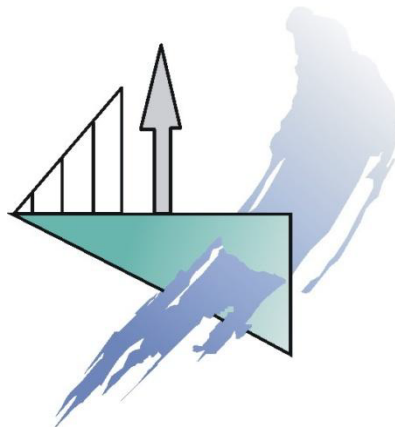
Entnahme am: 07.06.-12.07.2022

Bezeichnung der Probe	RKS 86/7 5,0-6,0m			
Behälter Nr.	18	15		
Feuchte Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	21,433	21,421		
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	19,445	19,453		
Behälter m_B [g]	1,196	1,177		
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_W$ [g]	1,988	1,968		
Trockene Probe m_d [g]	18,249	18,276		
Wassergehalt $w = m_W / m_d * 100 \%$	10,894	10,768		
	10,831			

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
4. Abschnitt

Bestimmung des Glühverlustes

nach DIN 18128

Anhang: 3

Projekt-Nr.: 06-5765

Datum: 11.-19.07.2022

Ausgeführt: Reinke

Art der Entnahme: gestört

Entnahme am: 07.06.-12.07.2022

Bezeichnung der Probe	RKS 80/3 1,3-2,3m		RKS 83.1/3 0,9-2,6m	
Behälter Nr.	2	6	0	14
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	39,128	40,864	38,828	45,798
Geglühte Probe + Behälter $m_{Gl} + m_B$ [g]	37,435	39,196	38,496	45,149
Behälter m_B [g]	19,606	20,021	19,607	25,934
Massenverlust $\Delta m_{Gl} = m_d - m_{Gl}$ [g]	1,693	1,668	0,332	0,649
Trockene Probe m_d [g]	19,522	20,843	19,221	19,864
Glühverlust $v_{Gl} = \Delta m_{Gl} / m_d \cdot 100$ [%]	8,67	8,00	1,73	3,27
	8,34		2,50	

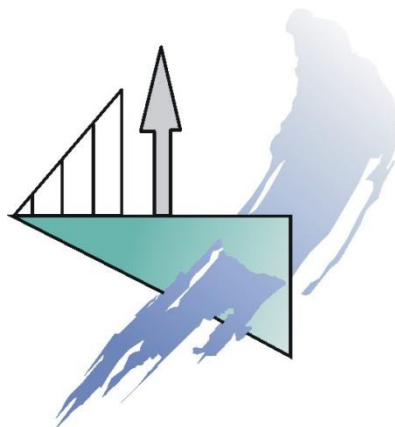
Bemerkungen:

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

29. Juni 2022

PRÜFBERICHT 210622017-2

Auftragsnr. Auftraggeber: 06-5765
Projektbezeichnung: BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven-Leer
Probenahme: durch Auftraggeber vom 13.-15.06.2022
Probentransport: durch Auftraggeber am 21.06.2022
Probeneingang: 21.06.2022
Prüfzeitraum: 21.06.2022 – 29.06.2022
Probennummer: 137273 / 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: Eisen
Eisen (II)
CSB
Huminsäuren

DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
DIN 38406-E1: 1983-05
DIN ISO 15705 (H 45): 2003-01
photometrisch

Labornummer		137273	
Probenbezeichnung		85	
Dimension		[µg/L]	
Eisen, gesamt		660	
Eisen (II)		200	
CSB [mg/L O ₂]		30.000	
Huminsäuren [mg/L]		15	

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 21 28357 Bremen

RP Geolabor und Umweltservice
Niedriger Weg 47

49661 CLOPPENBURG

28. Juni 2022

PRÜFBERICHT 170622022

Auftragsnr. Auftraggeber: 06-5765
Projektbezeichnung: BG Hochdruck-Gasleitung Wilhelmshaven - Leer
Probenahme: durch Auftraggeber vom 07.-10.06.2022
Probentransport: durch Auftraggeber am 16.06.2022
Probeneingang: 16.06.2022
Prüfzeitraum: 17.06.2022 – 28.06.2022
Probennummer: 136585 - 136588 / 22
Probenmaterial: Wasser
Verpackung: diverse Gefäße
Bemerkungen: -
Sonstiges:
Analysenbefunde: Seite 3
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)

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
	CSB	DIN ISO 15705 (H 45): 2003-01
	Huminsäuren	photometrisch

Labornummer	136585	136586	136587	136588
Probenbezeichnung	75	79	80	86
Dimension	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
Eisen, gesamt	320	1.000	990	920
Eisen (II)	90	310	80	60
CSB [mg/L O ₂]	5.900	5.000	10.000	8.100
Huminsäuren [mg/L]	6,4	19	27	5,9

Labornummer				136588
Probenbezeichnung				86
Dimension				[mg/L]
pH-Wert bei 20 °C				6,8
Säurekapazität [mmol/L]				1,6
Chlorid				44
Sulfat				56
Kalzium				80

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.

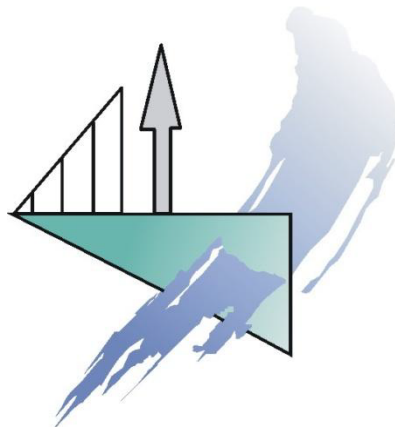
Im Unterwasserbereich ist für die Probe **86** (Labornummer 136588) eine geringe Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion gegeben.

An der Wasser/Luft-Grenze ist für die Probe **86** (Labornummer 136588) eine geringe Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion gegeben.

Anhang 5

Setzungsberechnungen gem. DB Ril 836

ANHANG





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

Bestimmung der Setzungen

Gem. DB Ril 836

Projekt Nr.: 06-5765

GWL Baulos 2; 4. 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 [-]:

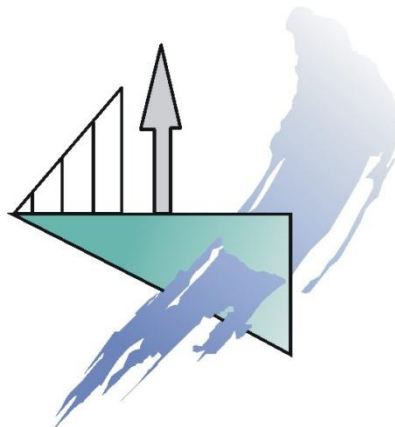
Bodenart	Lagerungs- dichte	Bodenkenn- ziffer B_k	Bodenart	Konsistenz	Bodenkenn- ziffer B_k
nicht bindige Böden	sehr dicht	1,5	bindige Böden	fest	2
	dicht	2		steif	3
	locker	3		weich	4
	sehr locker	4		breiig	6
Berechnung				Sand	bindige Böden
Bodenkennziffer B_k				2,5	3,5
Bohrdurchmesser D_a [m]				0,61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

Bemerkungen:

Anhang 6

Glossar sowie Regelwerke und Normen (Auswahl)

ANHANG



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

I Allgemeines

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

II Grenzzustände

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

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

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

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

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