



Füchteler Straße 29
49377 Vechta

GEOTECHNISCHER BERICHT

PROJEKT:
2024-0107

Windpark Grabsteder Feld
6 x Nordex N133-4.8, 125 mNH

Auftraggeber:
InnoVent GmbH & Co. KG
Oldenburger Straße 49
26316 Varel

02. September 2024

Baugrunderkundung
Gründungsgutachten
Baugrundlabor
Altlastenuntersuchung
Gefährdungsabschätzung
Sanierungskonzepte
Hydrogeologie



Projektdaten:

Projekt: 2024-0107
WP Grabsteder Feld
6 x Nordex N133-4.8, 125 mNH,

Auftraggeber: InnoVent GmbH & Co. KG
Herr Thorsten Walther
Oldenburger Straße 49
26316 Varel

Auftragnehmer: Ingenieurgeologie Dr. Lübke
GmbH & Co. KG
Füchteler Str. 29
49377 Vechta

Projektbearbeiterin: Dipl.-Geol. Petra Müller

Exemplare: 1 Stück

Dieser Geotechnische Bericht umfasst 23 Seiten, 11 Tabellen und 8 Anlagen.

Vechta, 02. September 2024

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



INHALTSVERZEICHNIS

I. VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG.....	5
1. Unterlagen.....	5
2. Angaben zu den Bauwerken.....	5
II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN.....	7
III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE.....	8
1. Boden.....	8
2. Grundwasser.....	11
3. Bodenmechanische Laboranalysen und Durchlässigkeiten.....	12
4. Erdbebenzone.....	13
5. Bodenklassifizierung nach DIN 18300/DIN 18196.....	13
6. Bodenkennwerte.....	14
IV. GRÜNDUNGEN.....	15
1. Geotechnische Kategorie.....	15
2. Auswertung und Bewertung.....	15
3. Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen.....	17
V. KRANAUFSTELLFLÄCHEN UND ZUWEGUNGEN.....	18
VI. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG.....	19
1. Baugrube, Böschungen.....	19
2. Wasserhaltung.....	19
3. Seitliche Fundamentanfüllungen, Fundamentüberdeckung, Wiederverwendung Bodenaushub, Verdichtung.....	20
4. Betonaggressivität des Grundwassers.....	21
5. Frischbetoneigengewicht.....	22
VII. SCHLUSSWORT.....	22



TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Charakteristische Lastfälle für Fundamente.....	6
Tabelle 2:	Anlagentyp, Koordinaten und ungefähre Geländehöhen.....	6
Tabelle 3:	Korrelation Lagerungsdichte, Spitzenwiderstand und Reibungswinkel.....	8
Tabelle 4.1-4.2:	Bodenprofil an den Anlagenstandorten und Kranstellflächen.....	9
Tabelle 5:	Ergebnisse der Körnungsanalysen und kf-Werte.....	12
Tabelle 6:	Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18130.....	13
Tabelle 7:	Bodenklassifizierung nach DIN 18300 und DIN 18196.....	14
Tabelle 8:	Bodenkennwerte in Anlehnung an TÜRKE (1998), EAU (2012), Grundbau Taschenbuch (5. Auflage), Ergebnissen der Drucksondierungen und eigenen Erfahrungswerten.....	15
Tabelle 9:	Setzungen, Setzungsdifferenzen, Grundbruchsicherheit.....	16
Tabelle 10:	Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen....	17
Tabelle 11.1-11.2:	Ergebnisse Grundwasseranalysen.....	21

ANLAGENVERZEICHNIS:

ANLAGE 1:	Lageplan
ANLAGE 2.1-2.14:	Bohrprofile nach DIN 4023, Drucksondierdiagramme nach DIN 4094 und Rammdiagramme nach DIN EN ISO 22476-2
ANLAGE 3:	Drucksondierprotokolle
ANLAGE 4:	Wassergehalte, DIN EN ISO 17892-1
ANLAGE 5:	Körnungslinien, DIN EN ISO 17892-4
ANLAGE 6:	Analysenergebnisse Grundwasser
ANLAGE 7.1-7.12:	Setzungsberechnungen, Grundbruch, Drehfeder
ANLAGE 8:	Hydraulische Berechnung



I. VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG

Im Landkreis Friesland sollen in der Gemeinde Bockhorn, südlich des Ortsteils Grabsteder Feld insgesamt sechs Windenergieanlagen (WEA 1 bis WEA 6) vom Typ Nordex N133-4.8 mit 125 m Nabenhöhe neu errichtet werden.

Mit Schreiben vom 29.02.2024 wurden wir von der InnoVent GmbH & Co. KG, Herrn Thorsten Walther, beauftragt, die Baugrundverhältnisse an den Anlagenstandorten, den Kranstellflächen und der Zuwegung zu erkunden und diese in einem Geotechnischen Bericht hinsichtlich der Gründung zu bewerten.

1. Unterlagen

Zur Durchführung der Untersuchungen erhielten wir folgende Unterlagen:

- Lageplan (Vorplanung) WP Grabsteder Feld, 23.01.2024, Maßstab 1 : 6000,
- Lageplan (Vorplanung), Erschließungsplan Windpark Grabsteder Feld, 18.12.2023, Maßstab 1 : 5.000,
- Allgemeine Dokumentation Fundamente Nordex N133/4.8, Stahlrohr-turm TS125-02, Rev. 03/22.06.2021,
- Fundament Schalplan, Fröhling & Rathjen GmbH & Co. KG, Fundament als Flachgründung mit Auftrieb, Delta 4000 TS 125-01 and TS 125, 12.10.2017.

2. Angaben zu den Bauwerken

Bei einer Flachgründung mit Auftrieb erfolgt die Gründung der Windenergieanlagen über Kreisfundamente mit einem Durchmesser von 26,60 m und einer Höhe von 3,15 m. Die Fundamentunterkante liegt bei 2,18 m unter Geländeoberkante. Die mittlere Sohlvertiefung mit einem Durchmesser von 6,00 m reicht noch 0,25 m tiefer.

Folgende Kantenpressungen treten auf:

- BSP, mittlere Kantenpressung: 155 kN/m²
- BSA: maximale Kantenpressung: 170 kN/m²

Für geotechnische Nachweise bzw. zum Grundbruchnachweis wurden den Planunterlagen folgende charakteristischen Lasten entnommen (Tabelle 1):



Grenz-zustand	Bemessungs-situation	Y	Vertikalkraft [kN]		Biegemoment [kNm]	Horizontalkraft [kNm]
			max	min		
ULS-STR	BS-P (N)	Inkl.	62963	26341	169719	1290
ULS-EQU	BS-P (N)	Inkl.	-	26341	169719	1290
ULS-GEO2	BS-P (N)	Inkl.	62963	30758	169719	1290
ULS-GEO3	BS-P (N)	Inkl.	46948	31977	169719	1290

Tabelle 1: Charakteristische Lastfälle für Fundamente.

Für die elastische Fundamenteinspannung zwischen Fundament und Baugrund ist eine Mindestdrehfedersteifigkeit des Gesamtsystems (*Turm und Gründung*) von $k_{\phi, \text{dyn}} = 275\,000 \text{ MNm/rad}$ bzw. $k_{\phi, \text{stat}} = 10\,000 \text{ MNm/rad}$ einzuhalten.

Für die maximale Schiefstellung infolge Baugrundsetzungen (*Setzungsdifferenzen*) wird bezogen auf den Außendurchmesser eine maximale Setzungsdifferenz von $\Delta s \leq 3 \text{ mm/m}$ angenommen. Bei einem Fundamentdurchmesser von 26,60 m entspricht dies $\Delta s \leq 7,98 \text{ cm}$.

Die UTM WGS 84-Koordinaten der Anlagenmittelpunkte wurden den Planunterlagen und die ungefähre Geländehöhe der amtlichen Topographischen Karte TK 50 wie folgt entnommen (*Tabelle 2*):

Standort	Anlagentyp	Rechtswert	Hochwert	Geländehöhe (mNHN)
WEA 1	Nordex N133-4.8 mit 125 m Nabenhöhe	432.234	5.911.202	11,9
WEA 2		432.476	5.910.863	13,2
WEA 3		431.893	5.910.499	12,7
WEA 4		432.326	5.910.574	13,2
WEA 5		432.188	5.910.289	13,1
WEA 6		431.722	5.910.212	13,0

Tabelle 2: Anlagentyp, Koordinaten und ungefähre Geländehöhen.



II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden am 14.05. bis 16.05.2024 an jedem Anlagenmittelpunkt eine Kleinbohrung/ Rammkernsondierung (*RKS 1 bis RKS 6*) bis in Tiefen von 10,00 m unter Geländeoberkante abgeteuft.

Durch die Thade Gerdes GmbH, Norden, wurden in einem Abstand von ca. 13,0 m vom Mittelpunkt entfernt und in etwa gleichmäßig um den Umfang verteilt je drei elektrische Drucksondierungen durchgeführt (*CPT 1-N bis CPT 6-SW*). Die Drucksondierungen wurden bis 21,00 m bzw. 30,00 m unter Geländeoberkante (GOK) oder bis zur Geräteauslastung gefahren. Bei geringeren als 30,00 m Aufschlusstiefe konnte wegen der in der jeweiligen Endteufe anstehenden dicht gelagerten Sande oder festen Tone kein weiterer Sondierfortschritt erreicht werden.

An den Kranstellflächen wurde je eine Rammkernsondierung bis 5,0 m (*RKS 1K bis RKS 6-K*) abgeteuft. An jeder Kranstellfläche wurde eine Drucksondierung am Mittelpunkt bis 10,0 m (*CPT 1K bis CPT 6K*) abgeteuft.

Entlang der geplanten Zuwegungen wurden sechs Rammkernsondierungen (*RKS Z1 bis RKS Z6*) sowie drei schwere Rammsondierungen (*DPH 1 bis DPH 3, gem. DIN EN ISO 22476-2*) bis 3,0 m unter Geländeoberkante ausgeführt.

Die Lage der Sondieransatzpunkte ist in Anlage 1 dargestellt. Die erbohrten Bodenprofile wurden entsprechend DIN 4022 ingenieurgeologisch vor Ort angesprochen und in Schichtenverzeichnissen aufgenommen. Die Ergebnisse sind in Anlage 2.1-2.14 als Bohrprofile nach DIN 4023 zusammen mit den Drucksondierdiagrammen und den Rammdiagrammen dargestellt. Die Drucksondierprotokolle liegen in Anlage 3 vor.

An insgesamt sieben exemplarisch ausgewählten Bodenproben wurden die Wassergehalte nach DIN EN ISO 17892-1 (*Anlage 4*) und an vier Bodenproben die Körnungsanalysen (*DIN EN ISO 17892-4*) nach nassem Abtrennen der Feinanteile bzw. durch kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse oder durch Sedimentation ermittelt (*Anlage 5*).

Die Bohrungen wurden zu temporären Grundwasserpegeln ausgebaut, Grundwasserproben entnommen und im Labor auf den chemischen Angriffsgrad nach DIN 4030 analysiert (*Anlage 6*).

Die Setzungsermittlungen und Drehfedersteifigkeiten sind in Anlage 7.1-7.12 beigelegt.

Die hydraulischen Berechnungen liegen in Anlage 8 vor.



III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

1. Boden

Das Gelände ist in etwa eben und flach. Die Geländehöhe liegt bei etwa 12,00 mNHN bis 13,00 mNHN.

Nach der Kartenserie Geologie vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Geologische Karte 1 : 50 000, stehen im Untersuchungsgebiet unter holozänen Torfabdeckungen Geschiebedecksand, Geschiebelehm oder glazifluviale Schmelzwasserablagerungen der Drenthe-Kaltzeit an.

Außerdem sind Beckentonablagerungen (*sogenannter Lauenburger Ton*) der Elster-Kaltzeit zu erwarten.

Das Gebiet befindet sich in der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest. Es handelt sich um eine eiszeitliche Aufschüttungslandschaft vorwiegend aus quartären Sanden über schluffigen Feinsanden des Tertiärs. Die genannten schluffig-tonigen elsterzeitlichen Lauenburger Schichten wurden als Rinnenfüllungen in größeren Mächtigkeiten von z. T. > 50 m und außerhalb von Rinnen und Senken in geringerer Mächtigkeit und z. T. flächenhaft abgelagert. Der Geschiebelehm- bzw. -mergel der Saale-Kaltzeit bildet den Abschluss der eiszeitlichen Abfolge. Im Holozän bildeten sich ausgedehnte Hoch- und Niedermoorflächen, außerdem wurden flächenhaft geringmächtige Flugsande abgelagert.

Wegen der Plastizität ist der Spitzenwiderstand in bindigen Böden (*hier: Geschiebelehm und Lauenburger Ton*) nur gering. Nach Grundbau Taschenbuch (5. Auflage, Teil 1) kennzeichnet bereits ein Spitzendruck von $q_c = 5 \text{ MN/m}^2$ eine feste Konsistenz. Bei Werten ab $q_c > 1,5 \text{ MN/m}^2$ kann auf eine steife bis sehr steife Konsistenz geschlossen werden. Der Geschiebelehm und der Lauenburger Ton sind geologisch vorbelastet.

Die Bewertung der Lagerungsdichte der anstehenden Schmelzwassersande kann in Anlehnung an DIN 4091-1, Anhang D, Bild D.1 wie folgt vorgenommen werden:

bezogene Lagerungsdichte	Spitzenwiderstand (q_c) (aus CPT) MN/m^2	Wirksamer Reibungswinkel (φ')
Sehr locker	0,0 bis 2,5	29 bis 32
locker	2,5 bis 7,5	32 bis 35
mitteldicht	7,5 bis 17,5	35 bis 37
dicht	17,5 bis 25,0	37 bis 40
sehr dicht	> 25,0	40 bis 42

Tabelle 3: Korrelation Lagerungsdichte, Spitzenwiderstand und Reibungswinkel.



Nach den vorliegenden Bohrprofilen und den Drucksondierdiagrammen kann die grundsätzliche Bodenschichtung an den geplanten Standorten und den Kranstellflächen wie folgt zusammengefasst werden (Tabelle 4.1-4.2):

WEA 1:

Tiefe (bis m u. GOK min./max.)	Mächtigkeit (m)	Bodenschicht (Spitzendruck qc in MN/m ²)	nicht bindig/ bindig	Baugrund- eigen- schaften
0,50-1,30	0,40	Torf, Oberboden, Sand (Tiefumbruch): Sand mit Torf und Oberboden vermischt, humos (-)	Nicht bindig	nicht geeignet
20,00	19,00	Fein- bis Mittelsand Überwiegend mitteldicht (5-15) Mit Ton-/Schluffzwischenlagen, steifplastisch (1-1,5)	Sand: nicht bindig Schluff- lagen: bindig	Sand = gut, Schluff/ Ton = mäßig geeignet
26,00	5,00	Lauenburger Ton: Ton, Schluff; steif bis halbfest; (4)	bindig	geeignet
> 30,00	> 3,00	Sand: Gut mitteldicht (15)	Nicht bindig	gut

Tabelle 4.1: Bodenprofil am Anlagenstandort und Kranstellfläche WEA 1.

An der WEA 1 stehen bis 20,00 m unter GOK überwiegend Sandböden mit Ton-/Schluffzwischenlagen an.



WEA 2 bis WEA 6:

Tiefe (bis m u. GOK min./max.)	Mächtigkeit (m)	Bodenschicht (Spitzendruck q_c in MN/m ²)	nicht bindig/ bindig	Baugrund- eigen- schaften
0,50-1,80	0,50-1,80	Torf, Oberboden, Sand (Tiefumbruch): Sand mit Torf und Oberboden vermischt, humos (-)	Nicht bindig	nicht geeignet
2,00	0,10-1,50	Decksand: Feinsand, mittelsandig; locker bis mitteldicht; (4-15)	Nicht bindig	geeignet
2,60/3,80	1,20-2,00	Geschiebelehm: Schluff, sandig, schwach tonig Konsistenz: Weich bis Steif (1,0-1,5)	bindig	mäßig geeignet
12,00/20,00	10,00-16,00	Lauenburger Ton: Ton, Schluff; Steif bis halbfest; (4)	bindig	geeignet
> 30,00	> 10,00	Tertiäre Sande und Schluff: Feinsand, mit Schlufflagen, mitteldicht bzw. halbfest $q_c = 5$ (Schluff) bis > 10 (Sand)	Nicht bindig mit bindigen Lagen	Geeignet bis gut

Tabelle 4.2: Bodenprofil an den Anlagenstandorten und Kranstellflächen WEA 2 bis WEA 6.

An den Standorten der WEA 2 bis WEA 6 stehen unter gering mächtigen sandigen Deckschichten überwiegend bindige Böden zunächst aus Geschiebelehm und ab ca. 3,00 m unter GOK aus Lauenburger Ton an.

Nach den vorliegenden Baugrunderkundungen wurden typische norddeutsche eiszeitliche Sedimente aus Decksand, Geschiebelehm und Lauenburger Ton angetroffen. In tieferen Profilbereichen (> 10,0 m) wurden keine unkonsolidierten Weichschichten wie Auesedimente oder humose Böden wie Torf bzw. Mudde erbohrt. Der tiefere Untergrund besteht aus konsolidierten Sanden oder Lauenburger Ton. Der Baugrund ist mit den vorliegenden Aufschlüssen ausreichend erkundet.

Zuwegung

Die erbohrten Bodenprofile und die schweren Rammsondierungen entlang der geplanten Zuwegung bis 3,00 m unter GOK über unbefestigtes Gelände können wie folgt beschrieben und bewertet werden:



Humose und organische Mischböden durch Tiefumbruch:

- Petrographie: Torf, sandig oder Sand mit Torflagen.
- Farbe: dunkelbraun, braun.
- bis Meter unter Gelände (min./max.): 0,60/2,10.
- Mächtigkeit: 0,60 m bis 2,10 m.
- Lagerungsdichte/Konsistenz: locker/weich oder weich bis steif.
- Baugrundeigenschaften: gering tragfähig.

Im Bereich der unbefestigten Flächen ist flächendeckend mit einem humosen Mischboden aus Torf und Sand zu rechnen.

Decksand:

- Petrographie: Feinsand, mittelsandig.
- Farbe: hellbraungrau.
- bis Meter unter Gelände (min./max.): 2,10/> maximale Aufschlusstiefe von 3,00 m.
- Mächtigkeit: 0,50 m bis > 2,00 m.
- Lagerungsdichte: mitteldicht.
- Baugrundeigenschaften: gut.

Geschiebelehm/Lauenburger Ton:

- Petrographie: Schluff, sandig, schwach kiesig oder Ton, schluffig.
- Farbe: dunkelgrau, grau.
- bis Meter unter Gelände (min./max.): > maximale Aufschlusstiefe von 3,0 m.
- Mächtigkeit: > 1,00 m.
- Konsistenz: steifplastisch.
- Baugrundeigenschaften: geeignet.

2. Grundwasser

Bei den Bohrarbeiten im Mai 2024 wurde Grundwasser vorwiegend als Staunässe in den oberen Sanden auf dem Geschiebelehm ab 0,70 bzw. ab 2,00 m unter GOK festgestellt. An der WEA 1 bildet das Grundwasser innerhalb der Sande einen ersten, oberen, zusammenhängenden Grundwasserkörper.

Bezogen auf mNHN entspricht dies Werten zwischen 11 mNHN und 12 mNHN.

Nach den hydrologischen Kartenunterlagen des NiBIS-Kartenservers ist die mittlere Grundwasserhöhe zwischen 10 mNHN und 12,5 mNHN zu erwarten. Die gemessenen Wasserstände stimmen somit gut mit den Angaben der Kartenunterlagen gut überein.



Die Höhenlage der Grundwasseroberfläche kann je nach Jahreszeit und vorausgegangenen Niederschlagsmengen schwanken. Langfristige Grundwasserstandsbeobachtungen liegen uns vom Untersuchungsgelände nicht vor. Das Jahr 2024 war bisher sehr niederschlagsreich. Die gemessenen Wasserstände stellen daher mindestens mittlere Wasserstände dar. Nach weiter anhaltenden Niederschlagsperioden muss mit einem Grundwasseranstieg um einige Dezimeter, in flacheren Geländebereichen auch bis zur Geländeoberkante, gerechnet werden.

Als Bemessungswasserstand ist die Geländeoberkante anzunehmen.

Die Gründungstiefe der Windenergieanlagen beträgt 2,18 m unter GOK. Die Fundamente stehen ständig unter Grundwasser- bzw. Stauwassereinfluss. Es ist daher eine auftriebssichere Fundamentvariante erforderlich.

3. Bodenmechanische Laboranalysen und Durchlässigkeiten

Zur Überprüfung der Bodenansprache am Bohrkern und zur Klassifizierung der anstehenden Bodenarten, wurden an insgesamt sieben exemplarisch ausgewählten Bodenproben die Wassergehalte nach DIN EN ISO 17892-1 und an vier Bodenproben die Körnungslinien nach DIN EN ISO 17892-4 (*Siebanalyse nach nassem Abtrennen der Feinanteile bzw. durch kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse oder Sedimentation*) ermittelt. Die kf-Werte wurden aus den Körnungslinien nach HAZEN abgeleitet. Falls sich kein Schnittpunkt mit dem 10 %-Massenanteil ergab, wurde der kf-Wert nach Erfahrungswerten abgeschätzt. Geschätzte Werte sind in Klammern gesetzt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Standort, Probenummer	Entnahmetiefe (m u. GOK)	Wassergehalt (M.-%)	Anteil <0,063 mm (M.-%)	Bodenart	kf-Wert/ HAZEN (m/s)
WEA 1, 1-3	2,30-4,60	18,6	1,3	Fein- bis Mittelsand	$1,1 \times 10^{-4}$
WEA 3, 3-3	1,60-3,60	25,3	60	Lauenburger Ton: Schluff, tonig, stark feinsandig	$(<1,0 \times 10^{-8})$
WEA 3, 3-4	3,60-5,40	28,2	n.e.	Lauenburger Ton	$(<1,0 \times 10^{-8})$
WEA 3, 3-5	5,40-8,00	28,0	n.e.	Lauenburger Ton	$(<1,0 \times 10^{-8})$
WEA 3, 3-6	8,00-10,00	29,9	n.e.	Lauenburger Ton	$(<1,0 \times 10^{-8})$
WEA 5, 5-3	1,60-3,60	12,1	34,0	Geschiebelehm: Sand, stark schluffig, tonig	$(<1,0 \times 10^{-8})$
WEA 6, 6-3	1,00-2,40	16,8	3,0	Feinsand, stark mittelsandig	$7,5 \times 10^{-5}$

Tabelle 5: Ergebnisse der Körnungsanalysen und kf-Werte.



Nach DIN 18130 werden in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) folgende Durchlässigkeitsbereiche unterschieden (*Tabelle 6*):

k_f -Wert (m/s)	Bereich
unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
10^{-8} bis 10^{-6}	schwach durchlässig
über 10^{-6} bis 10^{-4}	durchlässig
über 10^{-4} bis 10^{-2}	stark durchlässig
über 10^{-2}	sehr stark durchlässig

Tabelle 6: Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18130.

Die anstehenden Fein- bis Mittelsande oder mittelsandigen Feinsande sind mit $k_f = 7,5 \times 10^{-5}$ m/s bis $1,1 \times 10^{-4}$ m/s durchlässig bis stark durchlässig.

Der Geschiebelehm und der Lauenburger Ton sind mit $k_f = < 1,0 \times 10^{-8}$ m/s schwach durchlässig und wirken wasserstauend.

4. Erdbebenzone

Der Landkreis Friesland befindet sich nach DIN 4149 in keiner Erdbebenzone. Seismische Aktivitäten und daraus folgende Einwirkungen auf Bauwerke sind in diesem Bereich nicht zu erwarten und werden daher für die weiteren Ausführungen nicht berücksichtigt.

5. Bodenklassifizierung nach DIN 18300/DIN 18196

Für die Ausschreibung der Erdarbeiten können die angetroffenen Bodenarten wie folgt klassifiziert werden (*Tabelle 7*):



Homogenbereich		O1	B2	B3
Bezeichnung		Mutterboden/ Oberboden, Torf (Tiefum- bruch)	Decksand	Geschiebelehm/ Lauenburger Ton
Tiefenbereich bis m u. GOK		0,50/2,10	2,00/5,70	12,00
Korngrößen- verteilung	≤ 0,06 mm (%)	5-50*	2-5	30-60
	>0,06-2,0 mm (%)	20-95*	95-98	40-70
	>2,0-63 mm (%)	-	möglich	möglich
Massenanteil an Steinen/ Blöcken	>63-200 mm (%)	-	-	möglich
	>200-630 mm (%)	-	-	möglich
Dichte* (g/cm ³)		1,3-1,7	1,8-1,9	1,9-2,1
Undrainierte Scherfestigkeit* (kN/m ²)		-	-	30-100
Wassergehalt (%)		10-200	15-20	25-30
Lagerungsdichte (%)		15-25	30-50	
Organischer Anteil (%)		> 5-50*	< 2	<2
Bodengruppe, DIN 18196		OH, HN, HZ	SE	UM, UA, SU*, ST*
Altes System DIN 18300: 2002		1, 2	3	4

*Angaben nach Bodenansprache und Erfahrungswerten geschätzt.

GOK: Geländeoberkante.

Bezeichnung der Homogenbereiche in Anlehnung an ZTVE-STB 17.

Tabelle 7: Bodenklassifizierung nach DIN 18300 und DIN 18196.

6. Bodenkennwerte

Die Bodenkennwerte wurden nach der Bodenansprache und den durchgeführten klassifizierenden Laborversuchen (*Körnungsanalysen, Wassergehalte*) zugewiesen. Danach können in Anlehnung an TÜRKE (1998), EAU (2012) und eigenen Erfahrungswerten die in Tabelle 8 aufgeführten statischen und dynamischen Bodenkennwerte bei erdstatischen Berechnungen zugrunde gelegt werden.



Bezeichnung	Boden- gruppe DIN 18196	Lagerungs- dichte/ Konsistenz	Wichte erdfeucht/ u. Auftrieb γ / γ' [kN/m ³]	Rei- bungs- winkel ϕ' [°]	Kohäsion c' kN/m ²	Steifemodul statisch/ dynamisch E_s [MN/m ²]	Pois- sonzahl (-)
Oberboden, Mutterboden, humose Sande	OH	Locker/-	16/6	keine Angabe, da nicht gründungsrelevant			
Decksand: Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig	SE, SU	Locker bis mittel- dicht/ -	18/10	30-32,5	0	10-20/ 80-120	0,38
Geschiebelehm, Geschiebemergel: Schluff, sandig, tonig oder Sand, schluffig, tonig	SU*, ST*, UL	weich	19/9	27,5-30	0	9-15/ 72-105	0,38
		Steif- plastisch	20/10	30	0-10	30-50/ 150-200	0,35
		halbfest	21/11	30	10-25	30-80/ 150-240	0,35
Lauenburger Ton	UM, UA	Steif	18-19/ 9-10	22,5-26,5	20	5-10/ 60-80	0,40
		halbfest	19-20/ 10-11		40	10-20/ 80-120	0,38
Tertiäre Sande: Feinsand, schluffig	SU, SE	locker/-	18/10	32,5	0	20-40/ 110-160	0,35
		mittel- dicht/-	18-19/ 10-11	35	0	40-80/ 160-240	0,32
		dicht/-	19-20/ 11-12	35-37,5	0	80-150/ 240-300	0,30

Tabelle 8: Bodenkennwerte in Anlehnung an TÜRKE (1998), EAU (2012), Grundbau Taschenbuch (5. Auflage), Ergebnissen der Drucksondierungen und eigenen Erfahrungswerten.

Die dynamischen Bodenkennwerte für die Berechnung der Drehfedersteifigkeit des Baugrundes wurden nach den Ergebnissen der statischen Baugrunduntersuchung in Anlehnung an das Grundbau Taschenbuch abgeschätzt.

IV. GRÜNDUNGEN

1. Geotechnische Kategorie

Bei der Baugrunduntersuchung wurde unter holozänen Deckschichten eiszeitlicher Sand, Geschiebelehm und Lauenburger Ton angetroffen. Das Grundwasser steht oberhalb der Gründungssohle (*Geotechnische Kategorie GK 2 in Anlehnung an DIN 4020*).

Bei Windenergieanlagen handelt es sich um Bauwerke mit zyklischen Einwirkungen und hohen und dynamischen Lasten, hohem Sicherheitsanspruch und ungewöhnlichen Lastkombinationen (*Geotechnische Kategorie GK 3 in Anlehnung an DIN 4020*).

2. Auswertung und Bewertung

Die planmäßigen Gründungsebenen der geplanten Windenergieanlagen befinden sich gemäß den vorliegenden Unterlagen bei 2,18 m unter Geländeoberkante. Unter dem Fundament ist noch eine 0,10 m dicke Sauberkeitsschicht vorgesehen. Die planmäßige Aushubtiefe ergibt sich mit 2,28 m.



In diesen Tiefenlagen steht Sand (WEA 1) bzw. bindiger Boden aus Lauenburger Ton oder Geschiebelehm an (WEA 2 bis WEA 6) an.

Je nach Standort kann über die planmäßige Gründungsebene hinaus Mehraushub zum Entfernen von weichem Lehm erforderlich werden.

Geschiebelehm und Geschiebemergel bzw. Lauenburger Ton mit mindestens steifplastischer Konsistenz und mindestens mitteldicht gelagerte Sande sind ausreichend tragfähig.

Zur Lastverteilung ist in jedem Fall ein 0,50 m mächtiges Schotterpolster (Mineralgemisch 0/32 oder 0/45) unter dem Fundamenten vorsehen.

Zum Bodenaustausch sind grobkörnige, verdichtungsfähige Sande (SE, SW, gem. DIN 18196) oder Schotter (Mineralgemisch 0/32 oder 0/45) geeignet, die lagenweise gut und gleichmäßig auf mindestens 98 % der einfachen Proctordichte eingebaut werden (Verdichtungsnachweise vgl. Kap. VI.3).

Für eine Gründungsempfehlung ist entscheidend, ob die zulässigen Setzungen und Setzungsdifferenzen, die Grundbruchsicherheit und die Drehfedersteifigkeit eingehalten werden. Die Geotechnischen Nachweise liegen in Anlage 7.1-7.12 für die höchsten Lasten im Grenzzustand GEO-3, unter Auftrieb, vor. Dabei wurden folgende Bodenaustauschmaßnahmen (BA) bzw. ein 0,50 m mächtiges Lastverteilungspolster aus Schotter (STS) bereits berücksichtigt:

- WEA 1: 0,50 m STS
- WEA 2: BA aus Schotter bis 3,10 m unter GOK
- WEA 3: BA aus Schotter bis 3,00 m unter GOK
- WEA 4: BA aus Schotter bis 3,00 m unter GOK
- WEA 5: BA aus Schotter bis 3,60 m unter GOK
- WEA 6: BA aus Schotter bis 3,60 m unter GOK

Folgende Ergebnisse wurden ermittelt (Tabelle 9):

Standort	Last fall	Setzungen (cm)		Setzungsdifferenz (cm) soll: ≤ 7,98	Ausnutzung Grundbruchsicherheit (-) soll: < 1,00	Drehfeder (MNm/rad)	
		min	max			statisch soll: ≥27.500	dynamisch soll: ≥110.000
WEA 1	BS-P	0,1	3,5	3,4	0,170	113.199	635.492
WEA 2	BS-P	0,2	5,1	4,9	0,163	76.631	497.320
WEA 3	BS-P	0,2	5,6	5,4	0,179	71.133	479.913
WEA 4	BS-P	0,2	5,5	5,3	0,156	71.069	484.158
WEA 5	BS-P	0,2	5,2	5,0	0,145	75.526	511.506
WEA 6	BS-P	0,2	5,2	5,0	0,155	75.526	511.506

Tabelle 9: Setzungen, Setzungsdifferenzen, Grundbruchsicherheit und Drehfedersteifigkeit.



Unter Berücksichtigung der beschriebenen Baugrundverbesserung konnten rechnerisch an allen Standorten die Anforderung an die zulässigen Setzungen und Setzungsdifferenzen sowie der Grundbruchsicherheit nachgewiesen werden.

Der Baugrund ist an allen Standorten zur Aufnahme der mittleren Bodenpressung von 110 kN/m² bzw. der maximalen Kantenpressung von 170 kN/m² geeignet.

Die Lasten aus der Windenergieanlage und die Anforderungen an den Baugrund sind hier vergleichsweise moderat und durch die Einbindung von 2,18 m ist bereits eine hohe Standsicherheit gegeben. Bei einem Anlagentyp mit deutlich höheren Lasten wäre eine Flachgründung möglicherweise nicht an allen Standorten möglich.

Drehfedersteifigkeit:

Die Anforderung an die Drehfedersteifigkeit von mindestens $k_{phi,dyn} \geq 110.000 \text{ MNm/rad}$ und $k_{phi,stat} \geq 27.500 \text{ MNm/rad}$ wird ebenfalls erfüllt.

3. Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen

Die Gründungsempfehlungen können wie folgt zusammengefasst werden (Tabelle 10):

Standort	Anlagentyp	Gründungstiefe (m u. GOK)	Aushubtiefe (m u. GOK)	Gründungsempfehlung
WEA 1	Nordex N133 4.8, 125 mNH	2,18	2,78	FmA; 0,50 m STS, 0,10 m SBS
WEA 2		2,18	3,10	FmA + BA weicher Geschiebelehm gegen Schotter
WEA 3		2,18	3,00	FmA + BA weicher Ton gegen Schotter
WEA 4		2,18	3,00	FmA; BA Geschiebelehm gegen Schotter
WEA 5		2,18	3,60	FmA + BA weicher Geschiebelehm gegen Schotter
WEA 6		2,18	3,60	FmA + BA weicher Geschiebelehm gegen Schotter

*FmA = Flachgründung mit Auftrieb, STS = Schottertrag- oder -ausgleichsschicht, SBS = Sauberkeitsschicht, BA = Bodenaustausch

Tabelle 10: Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen.



Die angegebenen Aushubtiefen müssen im Zuge der Baugrubenabnahmen überprüft und ggf. angepasst werden.

V. KRANSTELLFLÄCHEN UND ZUWEGUNG

Der Herstellung der Kranstellflächen kommt auch aus sicherheitstechnischen Gründen besondere Bedeutung zu. Die zum Einsatz kommenden Kräne können eine Stützlast von ≥ 200 t aufweisen, die über Lastverteilerplatten auf die Kranstellfläche übertragen werden. Es resultieren Flächenpressungen für den Hauptkran von bis zu 350 kN/m^2 .

Die Kranaufstellflächen befinden sich auf bisher unbefestigter Fläche. Im Bereich der Kranstellflächen sind der Oberboden und humose Mischböden (*Tiefumbruch*) unter Berücksichtigung eines seitlichen Überstandes von 45° abzuschleifen. Dazu sind Aushubtiefen von $0,50$ m bis $1,70$ m unter GOK zu veranschlagen.

Falls z. B. tiefer reichende Torfböden oder humose Mischböden anstehen, kann entsprechender Mehraushub erforderlich werden.

Darunter stehen tragfähige, locker bis mitteldicht gelagerte Decksande oder sandiger Geschiebelehm an, auf denen der Aufbau der Kranstellflächen erfolgen kann.

Der Geschiebelehm und auch der Lauenburger Ton sind sehr frostempfindlich (*F3*) und der für eine Standardbemessung vorausgesetzte $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ wird nur bei trockener Witterung und bei mindestens steifplastischer Konsistenz von diesen bindigen Böden erreicht.

Der Geschiebelehm und der Ton sind außerdem wasser- und störungsempfindlich. Sie weichen bei Wasserzutritt und dynamischer Belastung schnell und tiefgründig auf. Das Planum sollte daher bei nasser Witterung nicht direkt befahren werden oder über längere Zeit offen liegen.

Eine Baugrundverbesserung kann über einen Bodenaustausch oder durch eine Bodenbehandlung (*Kalk, Zement, Mischbinder o. ä.*) erfolgen. Durch eine Bodenbehandlung kann die Tragfähigkeit ohne Bodenaustausch verbessert werden. Bei einer Bodenbehandlung ist eine Fräs-/Verbesserungstiefe von ca. $0,30$ m vorzusehen.

Ansonsten kann zur Befestigung für die unteren Lagen Füllsand (*SE, SW, gem. DIN 18196*) vorgesehen werden. Darauf erfolgt für die Befestigung der Kranstellflächen der Einbau einer mindestens $0,30$ m mächtigen Schottertragschicht ($E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$, $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,30$).

Auf bindigem Boden ist als unterste Lage ein kombiniertes Geogitter (z. B. *Naue Combigril, Beco Begrid TGV oder vergleichbare Produkte*) zu verlegen.

Unter den Aufstandsflächen des Krans sind ausreichend dimensionierte Lastverteilungsmatten auszulegen. Für einen abschließenden Gründungsvorschlag sind nach Vorliegen der Krandaten Grundbruchberechnungen erforderlich.



Im Bereich der neu anzulegenden Zuwegungen über unbefestigtes Gelände wurde eine Oberbodenmächtigkeit von 0,40 m bis 0,60 m festgestellt. Dieser ist auch im seitlichen Lastausbreitungsbereich von 45° abzuschleifen. Darunter sind noch bis 1,10 m bzw. 2,10 m unter GOK durch Tiefumbruch entstandene organisch-sandige Mischböden zu erwarten. Darunter stehen tragfähige Sande an. Ein Komplettaustausch der mäßig tragfähigen Mischböden ist voraussichtlich nicht wirtschaftlich.

Bei einem Verbleib der Mischböden im Untergrund sind jedoch Sackungen und Spurrillen zu erwarten, die baubegleitend ausgebessert werden müssten.

Ansonsten erfolgt der Aufbau der Zuwegung analog zu den Kranstellflächen. Als unterste Lage ist ein kombiniertes Geogitter zu empfehlen. Je nach erforderlichem Höhenangleich erfolgt der Einbau in den unteren Lagen mit Sand und als obere Lage mit 0,30 m mächtiger Schottertragschicht.

Die einzelnen Einbaulagen sind bis auf mitteldichte Lagerung zu verdichten. Die Verdichtung kann durch Lastplattendruckversuche überprüft werden (*Verdichtungsanforderungen vgl. Kap. VI.3*).

VI. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG

1. Baugrube, Böschungen

Für den Aushub von Baugruben gilt DIN 4124. Die Fundamentunterkante ist bei 2,18 m unter GOK vorgesehen. Unter Berücksichtigung einer 0,10 m mächtigen Sauberkeitsschicht ergibt sich eine planmäßige Aushubebene von 2,29 m. Mehraushub bis 2,78 m ist am Standorte der WEA 1 für den Einbau einer 0,50 m mächtigen Schotterausgleichsschicht und an der WEA 2 bis WEA 6 ist ein Bodenaustausch bis 3,00 m bzw. 3,60 m unter GOK erforderlich.

In den anstehenden Sanden können die Böschungen mit maximal 45° und im Lehm und Ton bis 60° geneigt hergestellt werden.

Wie bereits oben erwähnt sind Baugrubensohlen im Lehm und im Ton wasser- und störungsempfindlich. Sie sollten nicht über längere Zeit offen liegen, sondern sind durch den raschen Einbau der Schotterausgleichsschicht zu schützen. Bei stärkerer Vernässung kann auch hier durch Einfräsen von Kalk eine Verbesserung und Stabilisierung erreicht werden.

2. Wasserhaltung

Grundwasser wurde ab 0,70 m bzw. 2,00 m unter GOK angetroffen. Dabei handelt es sich überwiegend um Stauwasser aus den oberen Sanden, das an der WEA 2 bis WEA 6 mittels offener Wasserhaltung mit Ringdränage, Stichdräns und Pumpensumpf abgeführt werden kann.



An der WEA 1 gründet die Baugrubensohle innerhalb der wasserführenden Sande. Die anstehenden Sande neigen beim Anschnitt im wassergesättigten Zustand zum Fließen. Ein Bodenaushub unterhalb des Grundwasserspiegels ist hier nur im Schutze einer geschlossenen Wasserhaltung über Vakuumfilter, Brunnen oder Tiefendränage möglich. Die anstehenden Sande sind gut wasserdurchlässig und es ist mit einem ständigen und ergiebigen Wasserandrang zu rechnen.

In Anlage 8 ist eine hydraulische Berechnung für Vakuumfilter beigefügt. Folgende Ergebnisse wurden ermittelt:

Zu fördernde Wassermenge : $Q = 26,3 \text{ m}^3/\text{h}$

Wirksame Reichweite der Absenkung: $R_w = 60 \text{ m}$

Die angegebenen Wassermengen dienen der ersten Kalkulation. Die tatsächlich anfallenden Wassermengen können aufgrund der abweichenden natürlichen Verhältnisse von den mit vereinfachten Modellannahmen rechnerisch ermittelten Werten deutlich nach oben oder unten abweichen. Der Nachweis der Reichweite und der Wassermengen ist nicht als Ausführungsanleitung für die Wasserhaltung zu verstehen.

Zur Aufnahme der anfallenden Wassermengen ist für eine geeignete Vorflut und für eine Einleitgenehmigung bei den zuständigen Behörden zu sorgen.

Wir empfehlen, vor Beginn der Erdarbeiten Probeschürfe auszuführen um die aktuellen Grundwasserstände zu erkunden und die erforderlichen Maßnahmen zur Wasserhaltung abzustimmen.

3. Seitliche Fundamentanfüllung, Fundamentüberdeckung, Wiederverwendung Bodenaushub, Verdichtung

Für den Bodenaustausch im Fundamentbereich und der Kranstellflächen und Wege kann grobkörniger, verdichtungsfähiger Sand vorgesehen werden. Für Schotterausgleichsschichten ist Mineralgemisch der Körnung 0/32 oder 0/45 zu verwenden.

Um eine ausreichende Dichte zu erreichen ist der Bodenaustausch lagenweise ($d = \text{max. } 0,30 \text{ m}$) mit einem mindestens mittelschweren Flächenrüttler je Lage gut und gleichmäßig auf 98 % (WEA-Standorte) bzw. 100 % (Kranstellflächen und Wege) Proctordichte einzubauen.

Beim Bodenaushub fallen überwiegend humoser Oberboden und bindige Boden aus Geschiebelehm an.

Der Lehm ist nur bei günstigen Wassergehalten, d. h. maximal erdfeucht, auf die erforderlich Wichte von $\gamma = 19 \text{ kN/m}^2$ verdichtungsfähig und kann zur Arbeitsraumverfüllung außerhalb des Kranbereiches und zum Fundamentanfüllung wieder verwendet werden.

Falls hellbraune oder beige, nicht humose, verdichtungsfähige Sande beim Aushub gefördert werden, können diese für Anfüllungen im Baufeld wieder verwendet werden.



Der Oberboden und die humosen Mischböden sind nicht verdichtungsfähig und kann nur zum finalen Abdecken der Anfüllungen benutzt werden.

Für die Verdichtungsarbeiten gelten die Anforderungen der ZTVE-StB 17. Die ausreichende Verdichtung der eingebrachten Anfüllungen kann z. B. durch Rammsondierungen (z. B. DPH, gem. DIN EN ISO 22476-2) oder Lastplattendruckversuche (DIN 18134) nachgewiesen werden.

Für den Bodenaustausch aus Sand im Lastplattendruckversuch folgende Werte anzustreben:

Fundamentbereich $E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$

Kranstellflächen und Wege $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$.

Schotterausgleichsschichten im Bereich der Kranstellfläche (*Mineralgemisch 0/45 oder 0/32*) sind mit einer Verdichtung auf mindestens 103 % der einfachen Proctordichte herzustellen. Zum Verdichtungsnachweis sind im statischen Lastplattendruckversuch (DIN 18134) $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,30$ zu erreichen.

Der Verdichtungserfolg ist durch den ausführenden Unternehmer im Rahmen der Erdbaukontrollprüfungen nachzuweisen und durch die Auftraggeberseite zu kontrollieren.

4. Betonaggressivität des Grundwassers

An jedem Standort wurde eine Grundwasserprobe entnommen und im Labor auf ihren Betonangriffsgrad analysiert (Tabelle 11.1-11.2):

Parameter	Analyseergebnis			Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030/Expositionsklasse		
	WEA 1	WEA 2	WEA 3	schwach angreifend/ XA 1	mäßig angreifend/ XA 2	stark angreifend/ XA 3
pH-Wert	5,3	6,1	6,5	6,5 bis 5,5	< 5,5 bis 4,5	< 4,5
CO ₂ -kalklösend (mg/l)	32	54	22	15 bis 40	> 40 bis 100	> 100
Sulfat (mg/l)	110	82	79	200 bis 600	> 600 bis 3000	> 3000
Ammonium (mg/l)	1,6	1,2	1,2	15 bis 30	> 30 bis 60	> 60
Magnesium (mg/l)	9,55	14,2	15,3	300 bis 1000	> 1000 bis 3000	> 3000
Bewertung	XA1	XA2	XA1			
Eisen, gesamt	17,3	6,25	18,5	-	-	-

Tabelle 11.1: Ergebnisse Grundwasseranalysen.



Parameter	Analyseergebnis			Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030/Expositionsklasse		
	WEA 4	WEA 5	WEA 6	schwach angreifend/ XA 1	mäßig angreifend/ XA 2	stark angreifend/ XA 3
pH-Wert	4,8	6,6	6,1	6,5 bis 5,5	< 5,5 bis 4,5	< 4,5
CO ₂ -kalklösend (mg/l)	52	110	59	15 bis 40	> 40 bis 100	> 100
Sulfat (mg/l)	110	81	3,5	200 bis 600	> 600 bis 3000	> 3000
Ammonium (mg/l)	1,6	1,4	7,5	15 bis 30	> 30 bis 60	> 60
Magnesium (mg/l)	9,53	14,4	3,25	300 bis 1000	> 1000 bis 3000	> 3000
Bewertung	XA2	XA3	XA2			
Eisen, gesamt	10,9	6,09	44,5	-	-	-

Tabelle 11.2: Ergebnisse Grundwasseranalysen.

Die vollständigen Analyseergebnisse liegen in Anlage 6 vor.

An der WEA 5 wurde abweichend von allen übrigen Standorten aufgrund des Gehaltes an kalklösender Kohlensäure von 110 mg/l die Expositionsklasse XA 3 ermittelt. Danach wären z. B. neben einer Betongüte XA2 noch Schutzschichten wie z. B. ein Bitumenanstrich oder eine konstruktive Erhöhung der Betondeckung auf z. B. 10 cm erforderlich.

5. Frischbetoneigengewicht

Der im Gründungsbereich anstehende Geschiebelehm, der Lauenburger Ton, gewachsener Sand oder Austauschböden aus Sand sind in der Lage das Frischbetoneigengewicht aufzunehmen.

VII. SCHLUSSWORT

Die vorliegende Baugrund- und Gründungsbeurteilung beschreibt auf der Grundlage der uns zur Verfügung gestellten Unterlagen die in unmittelbarer Umgebung der punktuellen Bodenaufschlüsse festgestellten Baugrundverhältnisse in geologischer, bodenmechanischer und hydrogeologischer Hinsicht und ist nur für diese gültig. Interpolationen zwischen den Aufschlusspunkten sind nicht statthaft. Die bautechnischen Aussagen beziehen sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes bekannten Planungsstand und auf die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen. Bei einer wesentlichen Planungsänderung, wie z. B. veränderte Höhenlage des Bauwerkes, oder von den vorstehenden Angaben abweichend festgestellte Baugrundverhältnisse, sollten die getroffenen Aussagen und Empfehlungen überprüft und ggf. an die geänderten Randbedingungen angepasst werden.



Sämtliche Aussagen, Bewertungen und Empfehlungen basieren auf dem im Bericht beschriebenen Erkundungsrahmen und erheben keinen Anspruch auf eine vollständige repräsentative Beurteilung der Fläche.

Unser Büro ist rechtzeitig für die Baugrubenabnahmen zu benachrichtigen.

Falls sich Fragen ergeben, die im vorliegenden Bericht nicht oder abweichend erörtert wurden, ist der Baugrundgutachter zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Vechta, den 02. September 2024

P. Müller

DocuSigned by:
J. Lübke
F849DD3E849D4AD...

Dipl.-Geol. Petra Müller

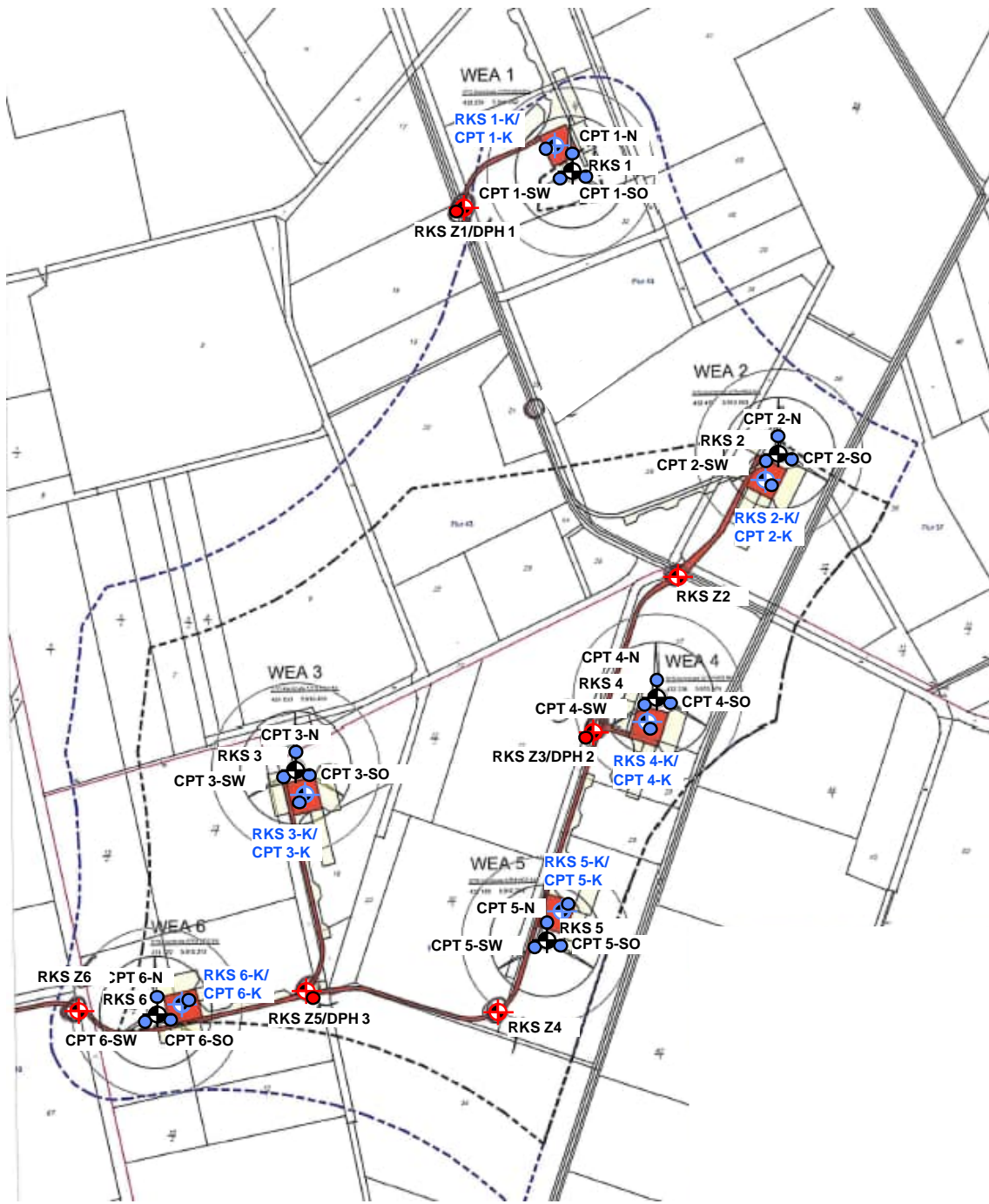
Dr. Joachim Lübke

02. September 2024 | 11:28 MESZ



ANLAGE 1

Lageplan



LEGENDE

- RKS 10 Rammkernsondierung WEA
- CPT 10-N Drucksondierung
- RKS 1-K Rammkernsondierung KSF
- RKS Z1 Rammkernsondierung Zuwegung
- DPH 1 Schwere Rammsondierung Zuwegung



INGENIEURGEOLOGIE
DR. LÜBBE
GMBH & CO. KG

2024-0107
Windpark Grabsteder Feld

Auftraggeber:
innoVent Planungs GmbH & Co. KG
Oldenburger Straße 49
26316 Varel

Lageplan

gez.: N. Willers	gepr.: Dipl.-Geol. P. Müller
------------------	------------------------------

Datum: 21.06.2024	Anlage: 1
-------------------	-----------



ANLAGE 2.1-2.14

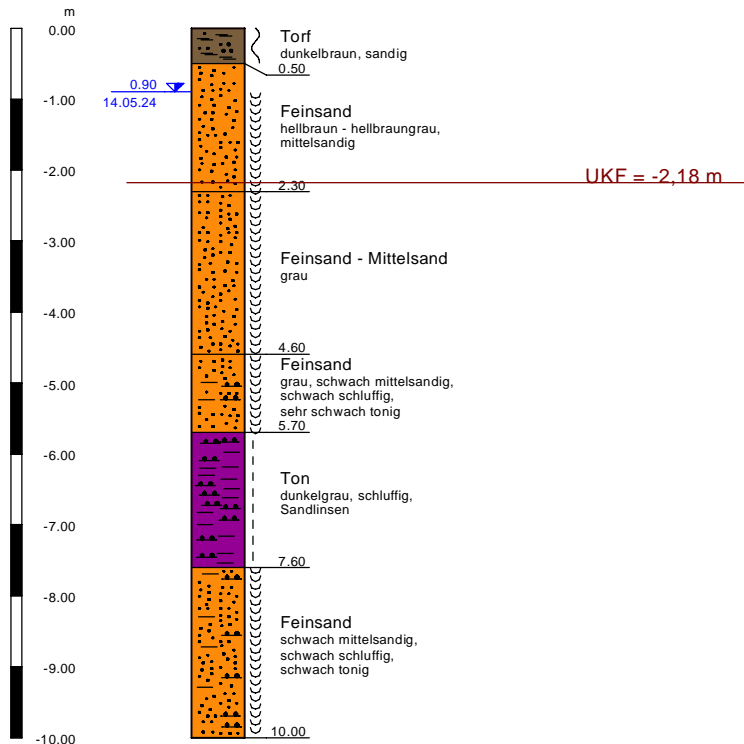
Bohrprofile nach DIN 4023 und
Drucksondierdiagramme nach DIN 4094 und Rammdiagramme
nach DIN EN ISO 22476-2

WEA 1

KAF

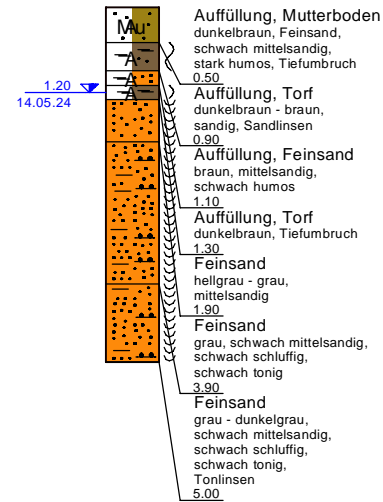
RKS 1

0.00 m



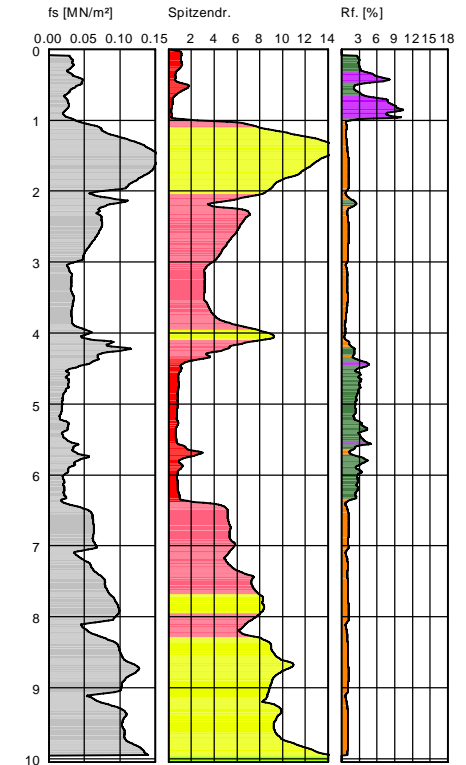
RKS 1-K

0.00 m

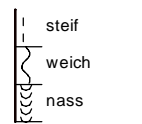


CPT 1-K

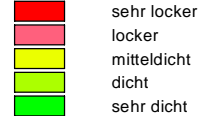
0,00 m



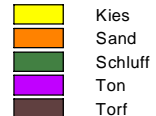
Konsistenzen



Legende Spitzendruck



Legende Reibungsverhältnis



LEGENDE:

RKS: Rammkernsondierung
 CPT: Drucksondierung
 UKF: Unterkante Fundament

0,90 Grundwasser m u.GOK
 14.05.24 Datum

Projekt: 2024-0107
 WP Grabsteder Feld

Auftraggeber: innoVent
 Planungs GmbH & Co. KG
 Oldenburger Straße 49
 26316 Varell

Bearbeiter: Dipl. -Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 75



INGENIEURGEOLOGIE
DR. LÜBBE
 GMBH & CO. KG

Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und
 Drucksondierdiagramm nach DIN 4094

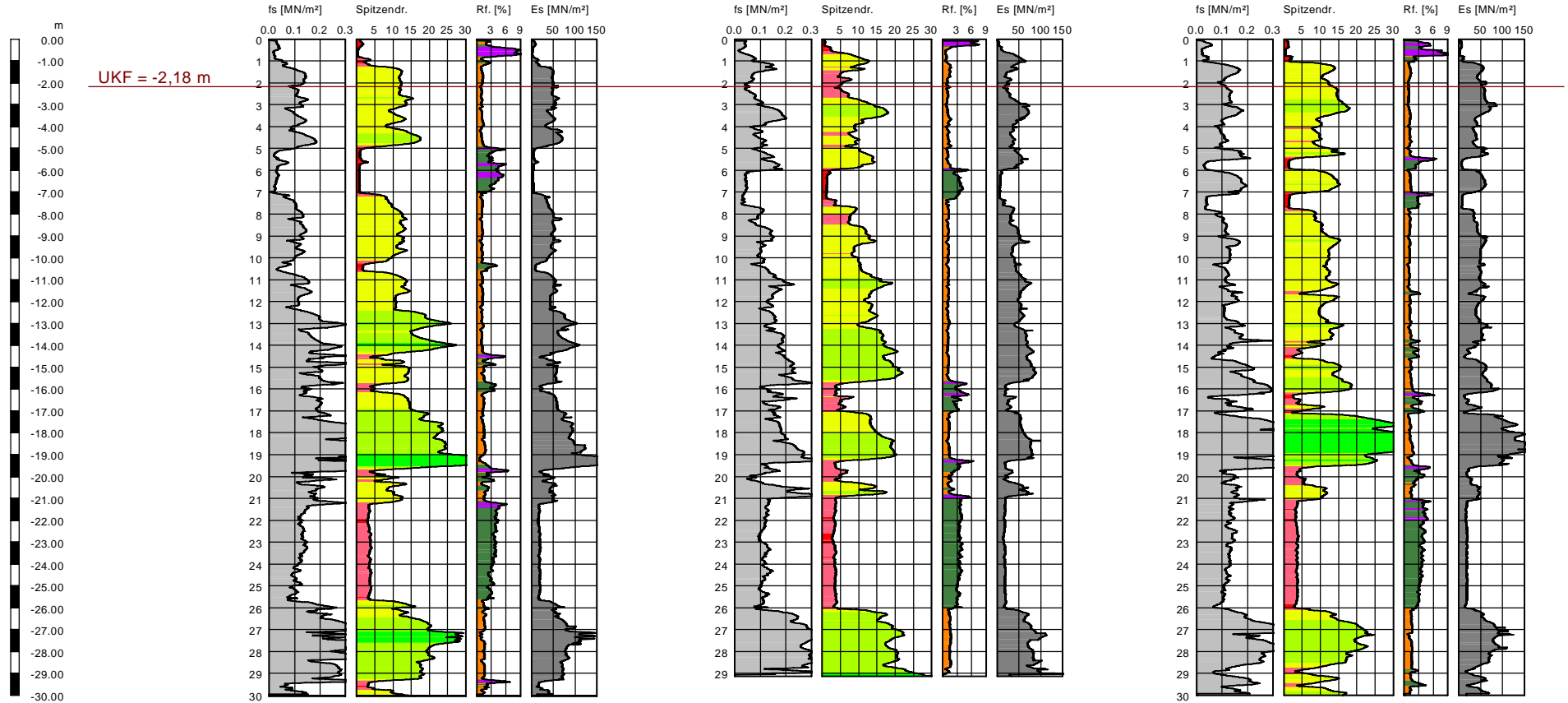
Anlage: 2.1

WEA 1

CPT 1-N
0,00 m

CPT 1-SO
0,00 m

CPT 1-SW
0,00 m



Legende Spitzendruck	
■	sehr locker
■	locker
■	mitteldicht
■	dicht
■	sehr dicht
Legende Reibungsverhältnis	
■	Kies
■	Sand
■	Schluff
■	Ton
■	Torf

LEGENDE:

CPT: Drucksondierung

UKF: Unterkante Fundament

Projekt: 2024-0107
 WP Grabsteder Feld

Auftraggeber: innoVent
 Planungs GmbH & co. KG
 Oldenburger Straße 49
 26316 Varell

Bearbeiter: Dipl. -Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 200

INGENIEURGEODIE
DR. LÜBBE
GMBH & CO. KG

Titel:
Drucksondierdiagramme nach DIN 4094

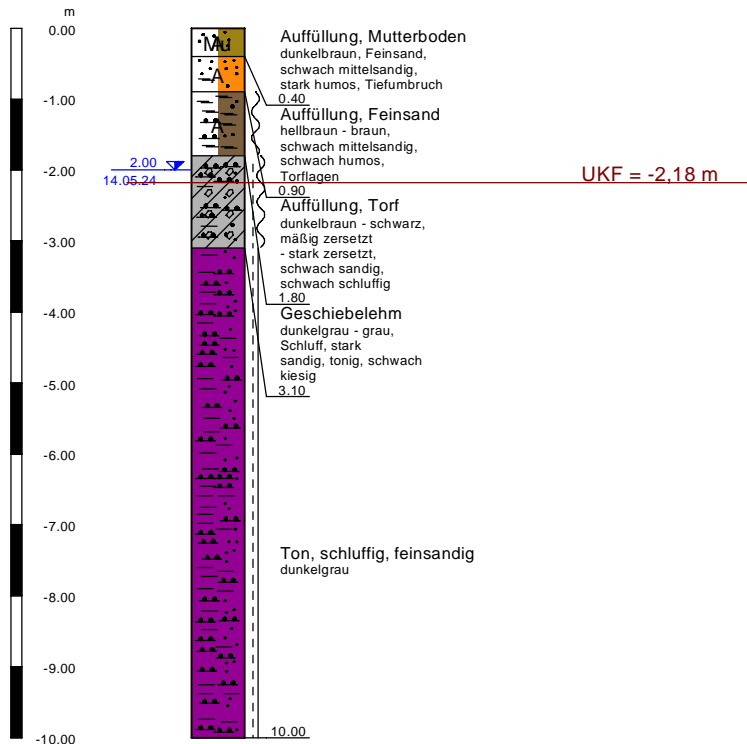
Anlage: 2.2

WEA 2

KAF

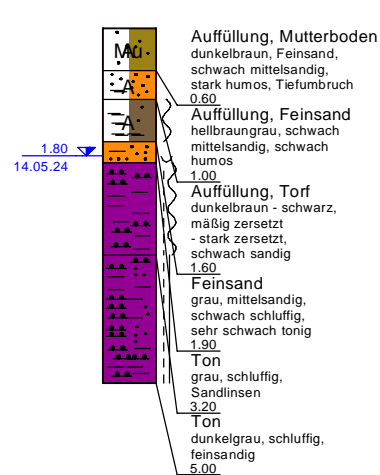
RKS 2

0,00 m



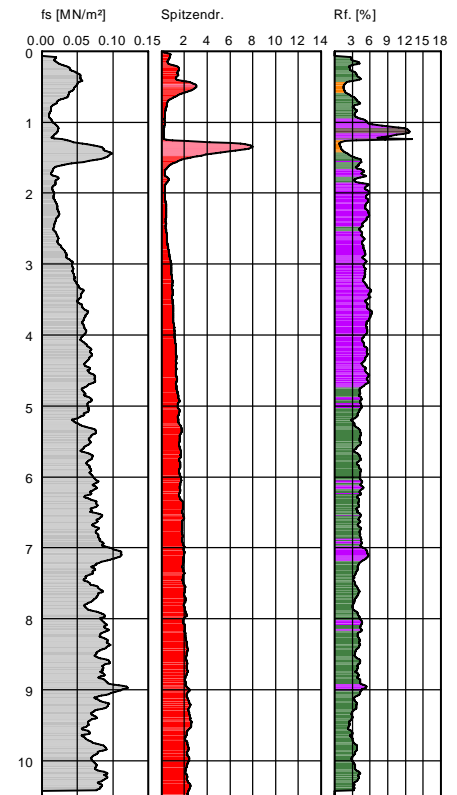
RKS 2-K

0,00 m



CPT 2-K

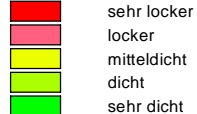
0,00 m



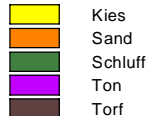
Konsistenzen



Legende Spitzendruck



Legende Reibungsverhältnis



LEGENDE:

RKS: Rammkernsondierung
CPT: Drucksondierung
UKF: Unterkante Fundament
GW: Grundwasser

Projekt: 2024-0107
WP Grabsteder Feld

Auftraggeber: innoVent
Planungs GmbH & Co. KG
Oldenburger Straße 49
26316 Vareł

Bearbeiter: Dipl. -Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 75



INGENIEURGEOLOGIE
DR. LÜBBE
GMBH & CO. KG

Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und
Drucksondierdiagramm nach DIN 4094

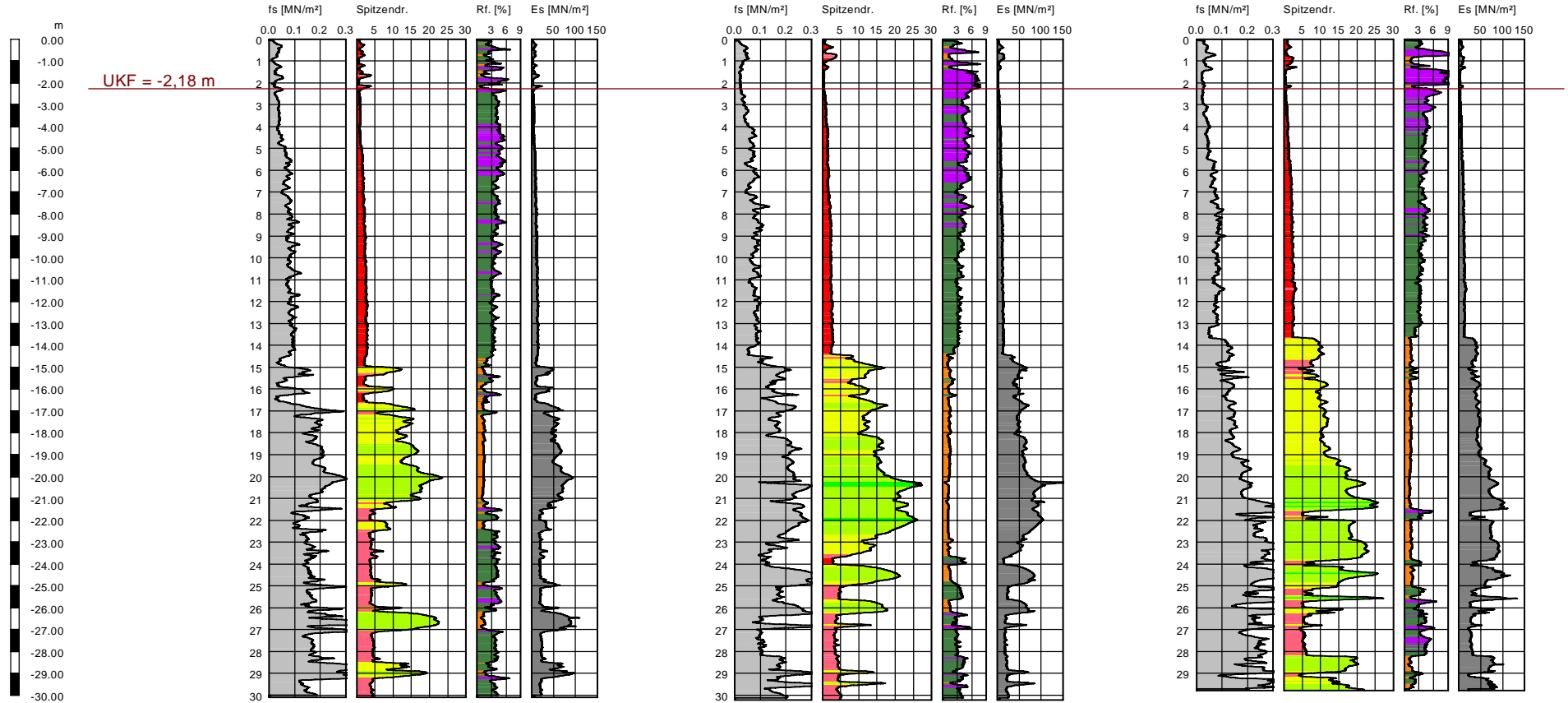
Anlage: 2.3

WEA 2

CPT 2-N
0,00 m

CPT 2-SO
0,00 m

CPT 2-SW
0,00 m



Legende Spitzendruck

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

Legende Reibungsverhältnis

- Kies
- Sand
- Schluff
- Ton
- Torf

LEGENDE:

CPT: Drucksondierung
 UKF: Unterkante Fundament

Projekt: 2024-0107
 WP Grabsteder Feld

Auftraggeber: innoVent
 Planungs GmbH & co. KG
 Oldenburger Straße 49
 26316 Varell

Bearbeiter: Dipl. -Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 200



INGENIEURGEODÄDIE
DR. LÜBBE
GMBH & CO. KG

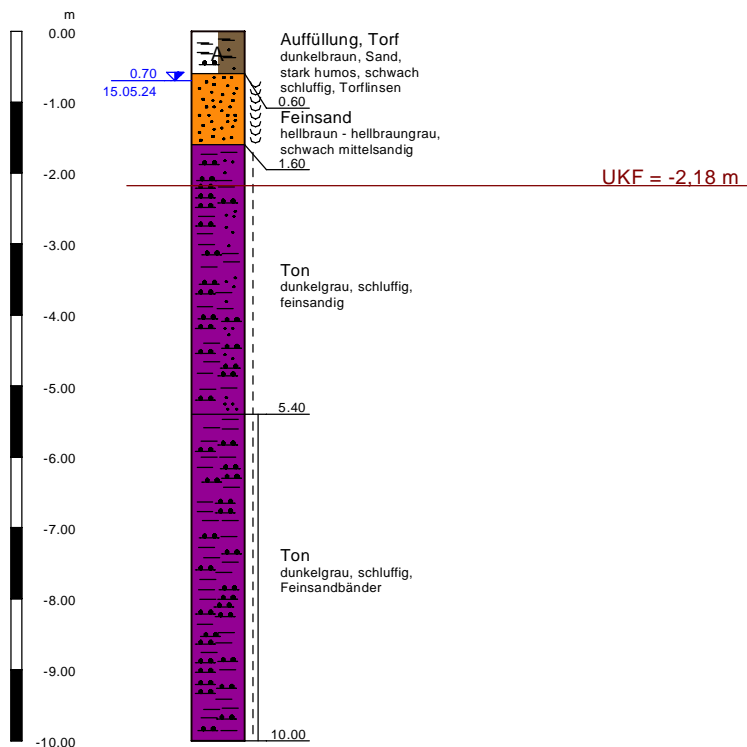
Titel: Drucksondierdiagramme nach DIN 4094

Anlage: 2.4

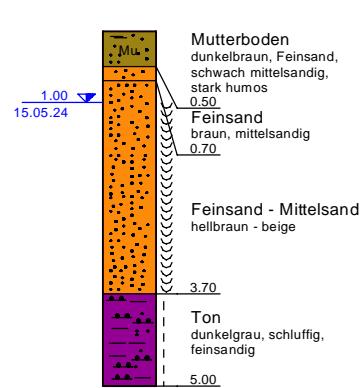
WEA 3

KAF

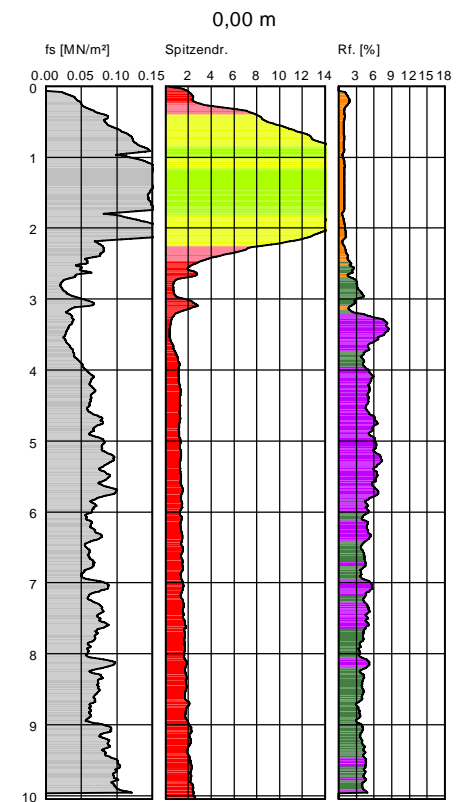
RKS 3



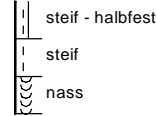
RKS 3-K



CPT 3-K



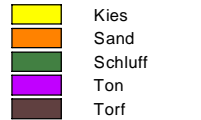
Konsistenzen



Legende Spitzendruck



Legende Reibungsverhältnis



LEGENDE:

RKS: Rammkernsondierung
CPT: Drucksondierung
UKF: Unterkante Fundament

0.70
15.05.24 Grundwasser m u.GOK
Datum

Projekt: 2024-0107
WP Grabsteder Feld

Auftraggeber: innoVent
Planungs GmbH & Co. KG
Oldenburger Straße 49
26316 Varel

Bearbeiter: Dipl. -Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 75



INGENIEURGEOLOGIE
DR. LÜBBE
GMBH & CO. KG

Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und
Drucksondierdiagramm nach DIN 4094

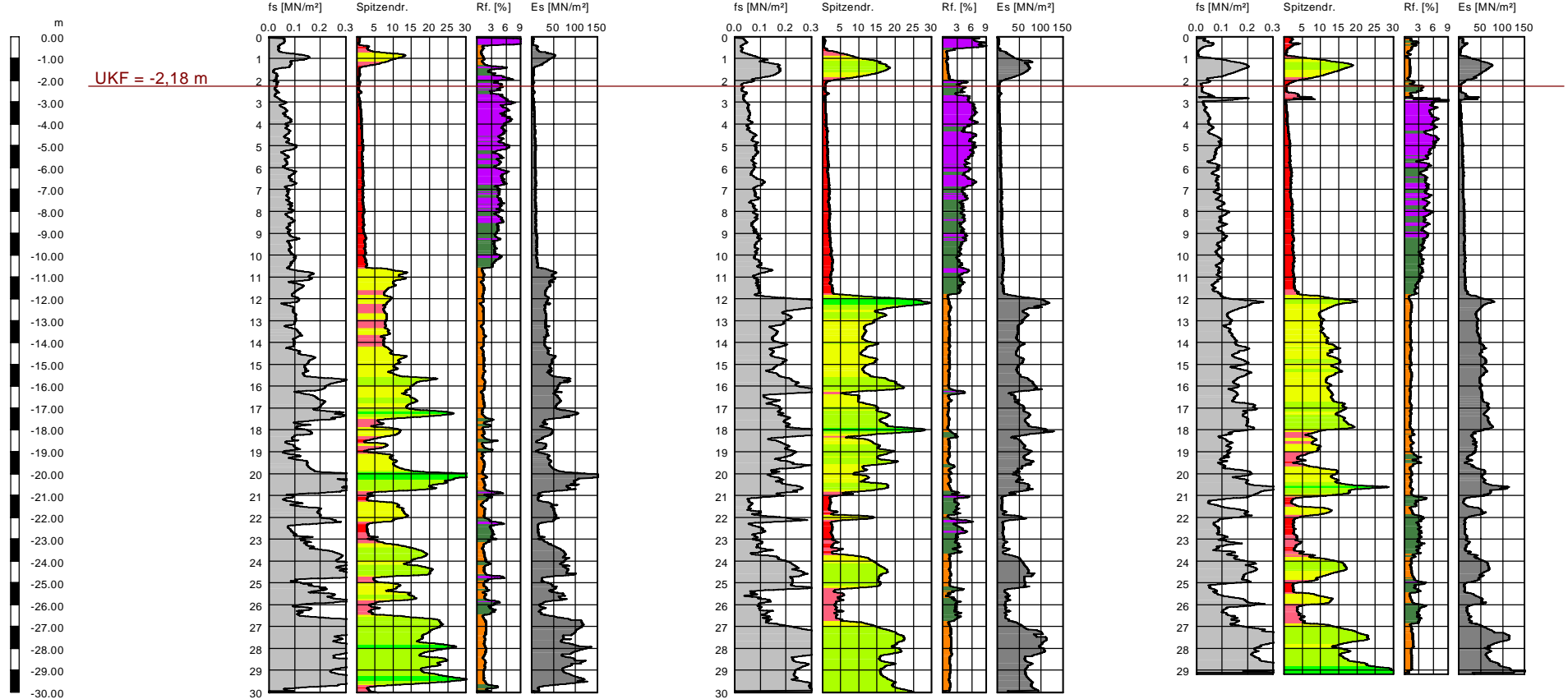
Anlage: 2.5

WEA 3

CPT 3-N
0,00 m

CPT 3-SO
0,00 m

CPT 3-SW
0,00 m



Legende Spitzendruck

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

Legende Reibungsverhältnis

- Kies
- Sand
- Schluff
- Ton
- Torf

LEGENDE:

CPT: Drucksondierung
 UKF: Unterkante Fundament

Projekt: 2024-0107
 WP Grabsteder Feld

Auftraggeber: innoVent
 Planungs GmbH & co. KG
 Oldenburger Straße 49
 26316 Varel

Bearbeiter: Dipl. -Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 200



INGENIEURGEODIE
DR. LÜBBE
GMBH & CO. KG

Titel: Drucksondierdiagramme nach DIN 4094

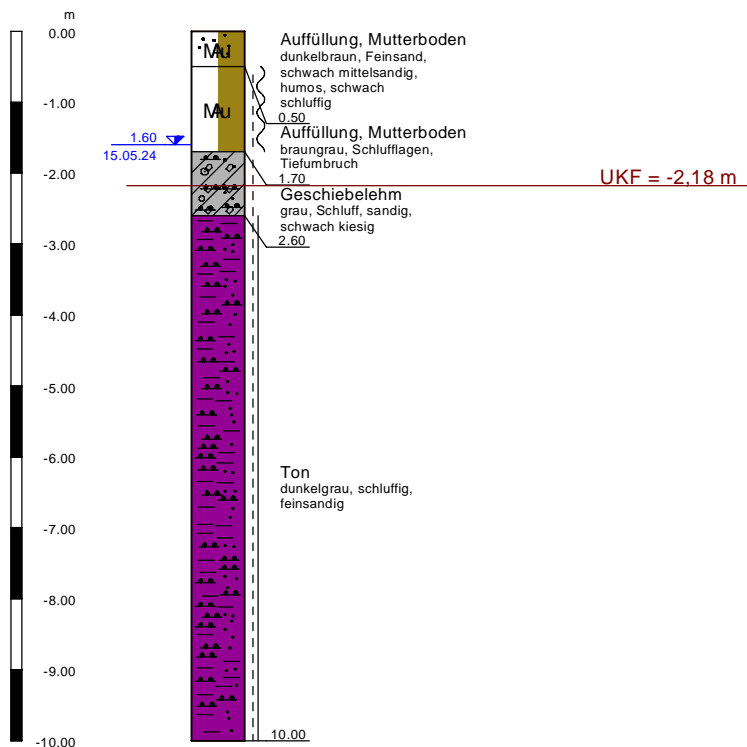
Anlage: 2.6

WEA 4

KAF

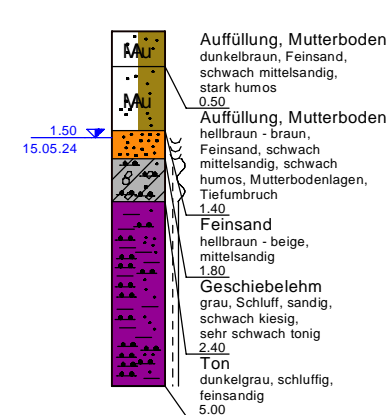
RKS 4

0.00 m



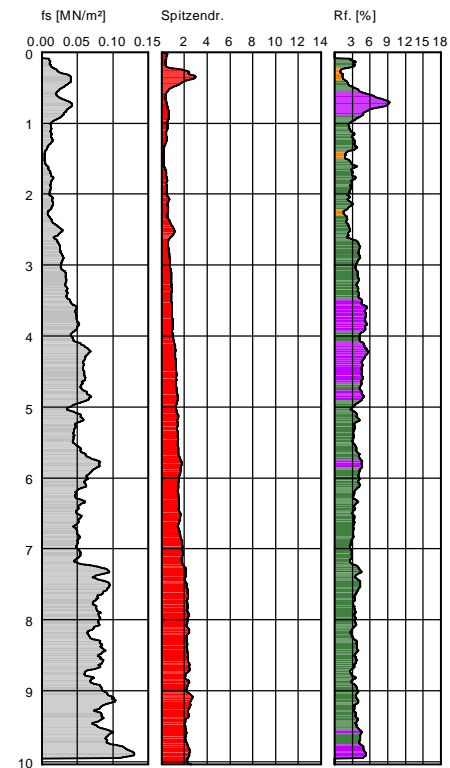
RKS 4-K

0.00 m

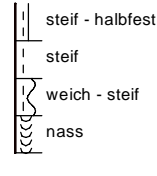


CPT 4-K

0,00 m



Konsistenzen



Legende Spitzendruck



Legende Reibungsverhältnis



LEGENDE:

- RKS: Rammkernsondierung
- CPT: Drucksondierung
- UKF: Unterkante Fundament
- GW: Grundwasser

Projekt: 2024-0107
WP Grabsteder Feld

Auftraggeber: innoVent
Planungs GmbH & Co. KG
Oldenburger Straße 49
26316 Varell

Bearbeiter: Dipl. -Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 75



INGENIEURGEOLOGIE
DR. LÜBBE
GMBH & CO. KG

Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und
Drucksondierdiagramm nach DIN 4094

Anlage: 2.7

WEA 4

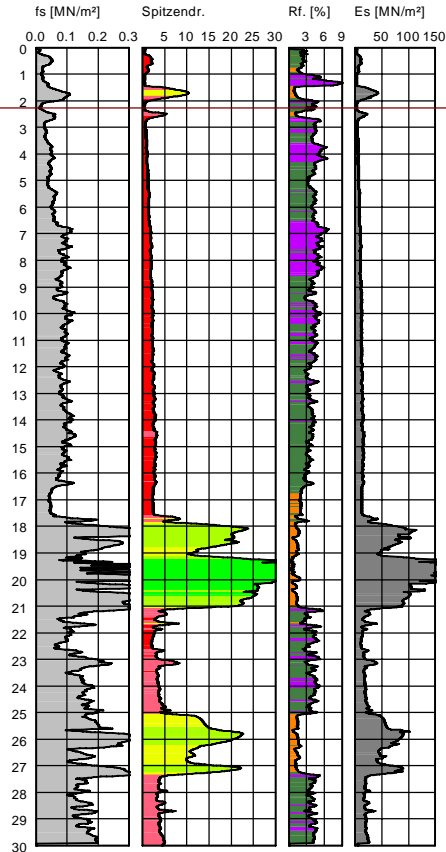
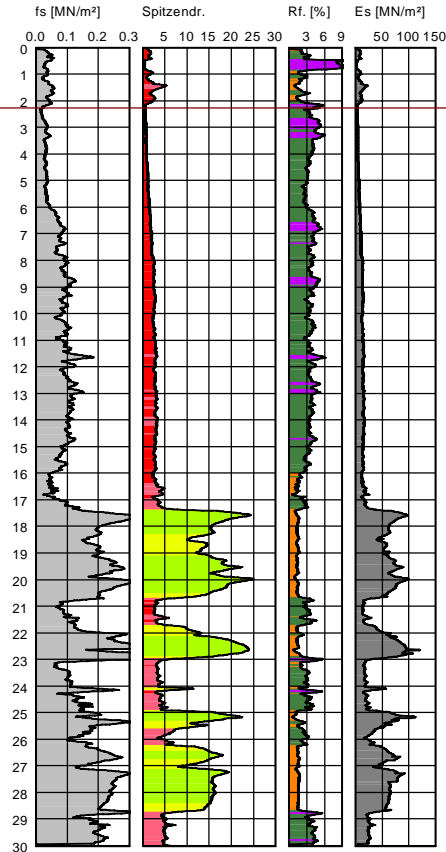
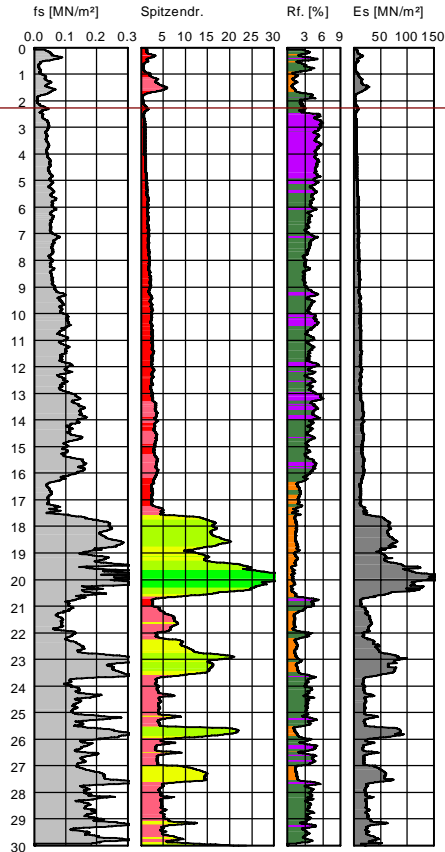
CPT 4-N
0,00 m

CPT 4-SO
0,00 m

CPT 4-SW
0,00 m



UKF = -2,18 m



Legende Spitzendruck	
■	sehr locker
■	locker
■	mitteldicht
■	dicht
■	sehr dicht
Legende Reibungsverhältnis	
■	Kies
■	Sand
■	Schluff
■	Ton
■	Torf

<h2>LEGENDE:</h2>	
CPT:	Drucksondierung
UKF:	Unterkante Fundament

Projekt:	2024-0107 WP Grabsteder Feld
Auftraggeber:	innoVent Planungs GmbH & co. KG Oldenburger Straße 49 26316 Varel
Bearbeiter:	Dipl. -Geol. P. Müller
Maßstab:	Höhe: 1 : 200

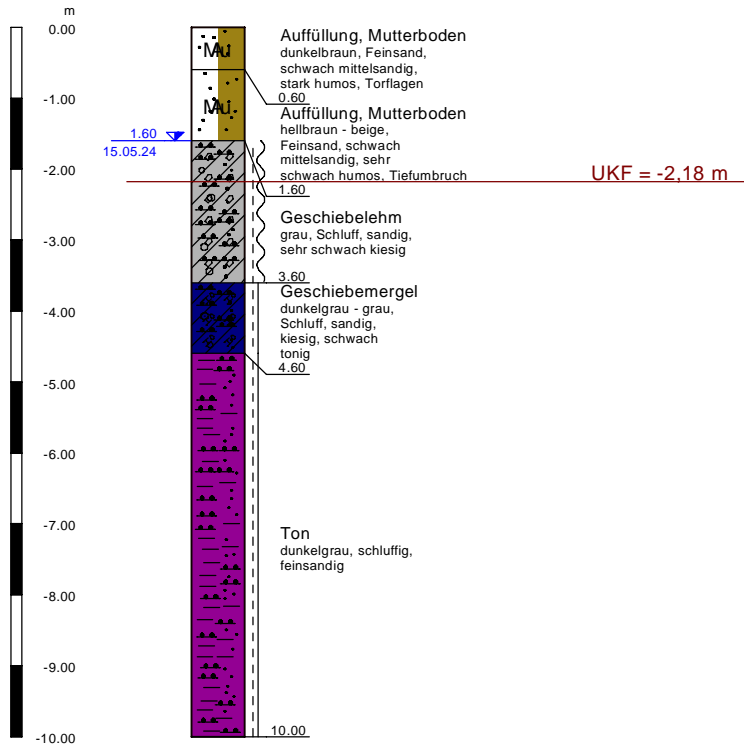
	INGENIEURGEOLOGIE DR. LÜBBE GMBH & CO. KG
	Titel: Drucksondierdiagramme nach DIN 4094
Anlage: 2.8	

WEA 5

KAF

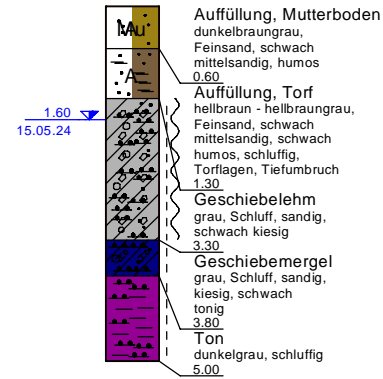
RKS 5

0.00 m



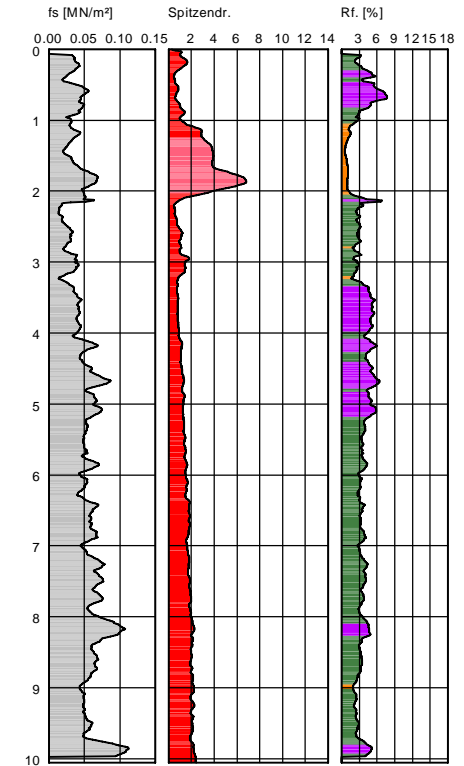
RKS 5-K

0.00 m

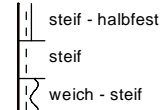


CPT 5-K

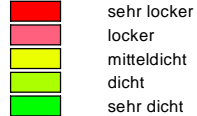
0,00 m



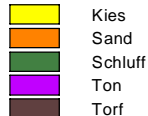
Konsistenzen



Legende Spitzendruck



Legende Reibungsverhältnis



LEGENDE:

RKS: Rammkernsondierung
 CPT: Drucksondierung
 UKF: Unterkante Fundament
 GW: Grundwasser

Projekt: 2024-0107
 WP Grabsteder Feld

Auftraggeber: innoVent
 Planungs GmbH & Co. KG
 Oldenburger Straße 49
 26316 Varell

Bearbeiter: Dipl. -Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 75



INGENIEURGEOLOGIE
DR. LÜBBE
 GMBH & CO. KG

Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und
 Drucksondierdiagramm nach DIN 4094

Anlage: 2.9

WEA 5

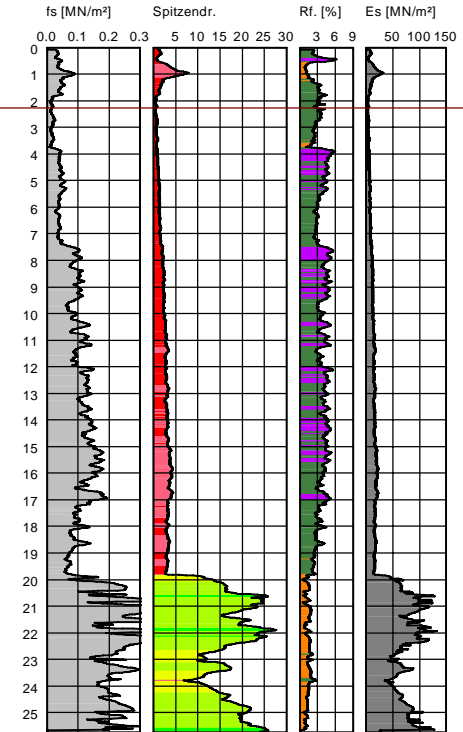
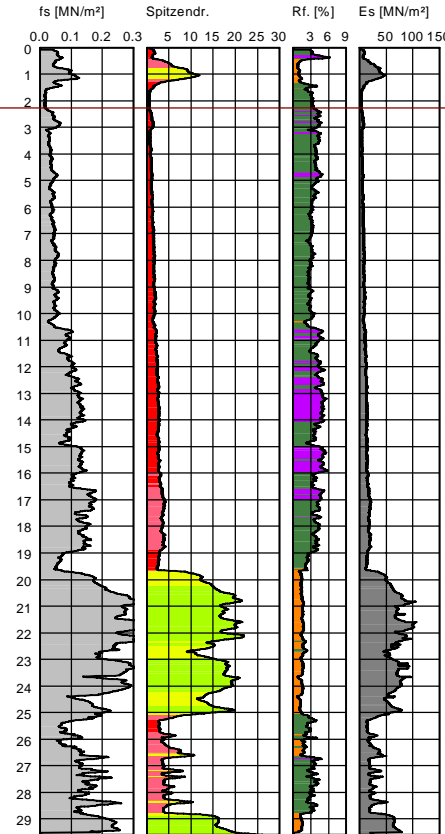
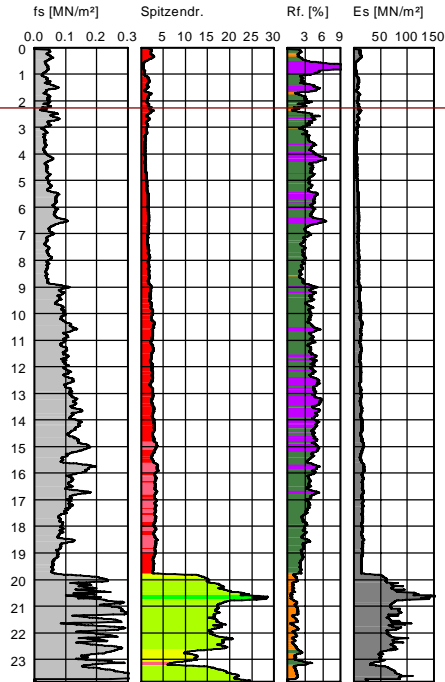
CPT 5-N
0,00 m

CPT 5-SO
0,00 m

CPT 5-SW
0,00 m



UKF = -2,18 m



Legende Spitzendruck	
■	sehr locker
■	locker
■	mitteldicht
■	dicht
■	sehr dicht
Legende Reibungsverhältnis	
■	Kies
■	Sand
■	Schluff
■	Ton
■	Torf

<h2>LEGENDE:</h2>	
CPT:	Drucksondierung
UKF:	Unterkante Fundament

Projekt:	2024-0107 WP Grabsteder Feld
Auftraggeber:	innoVent Planungs GmbH & co. KG Oldenburger Straße 49 26316 Varell
Bearbeiter:	Dipl. -Geol. P. Müller
Maßstab:	Höhe: 1 : 200

	INGENIEURGEOLOGIE DR. LÜBBE GMBH & CO. KG
	Titel: Drucksondierdiagramme nach DIN 4094
Anlage: 2.10	

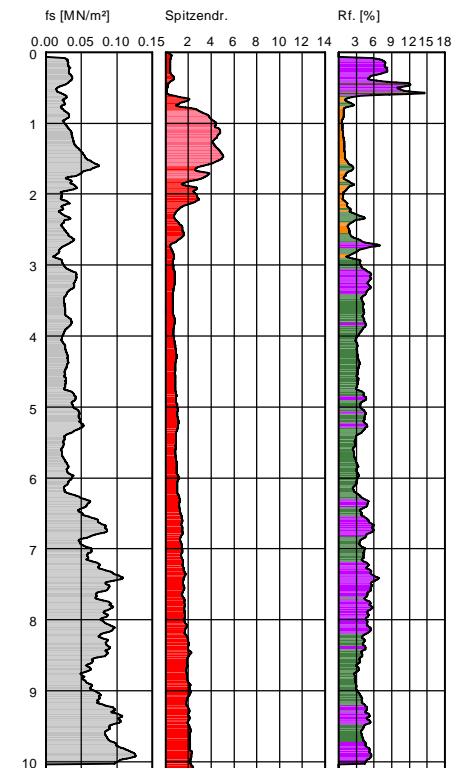
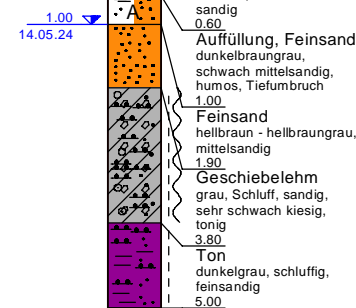
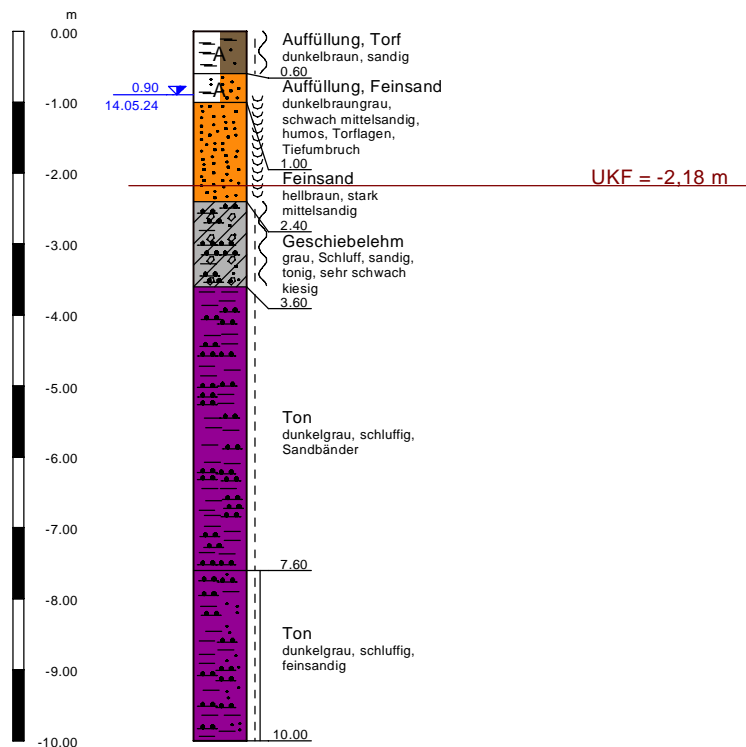
WEA 6

KAF

RKS 6

RKS 6-K

CPT 6-K



Konsistenzen

- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- nass

Legende Spitzendruck

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

Legende Reibungsverhältnis

- Kies
- Sand
- Schluff
- Ton
- Torf

LEGENDE:

- RKS: Rammkernsondierung
- CPT: Drucksondierung
- UKF: Unterkante Fundament

0.90
14.05.24 Grundwasser m u.GOK
Datum

Projekt: 2024-0107
WP Grabsteder Feld

Auftraggeber: innoVent
Planungs GmbH & Co. KG
Oldenburger Straße 49
26316 Varell

Bearbeiter: Dipl. -Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 75



INGENIEURGEOLOGIE
DR. LÜTKE
GMBH & CO. KG

Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und
Drucksondierdiagramm nach DIN 4094

Anlage: 2.11

WEA 6

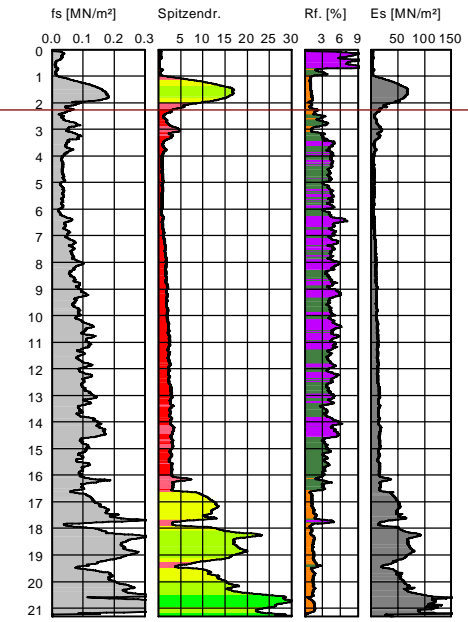
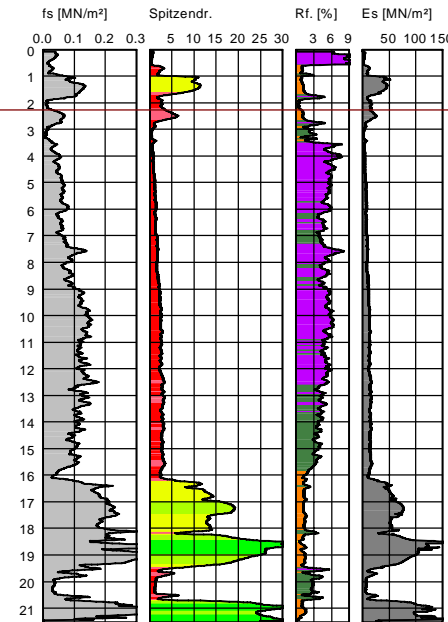
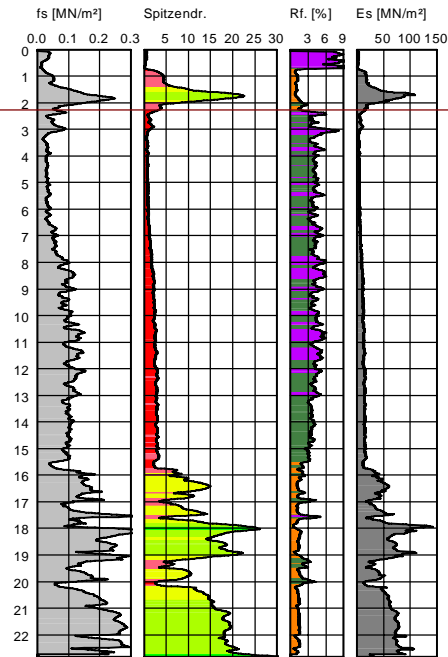
CPT 6-N
0,00 m

CPT 6-SO
0,00 m

CPT 6-SW
0,00 m



UKF = -2,18 m



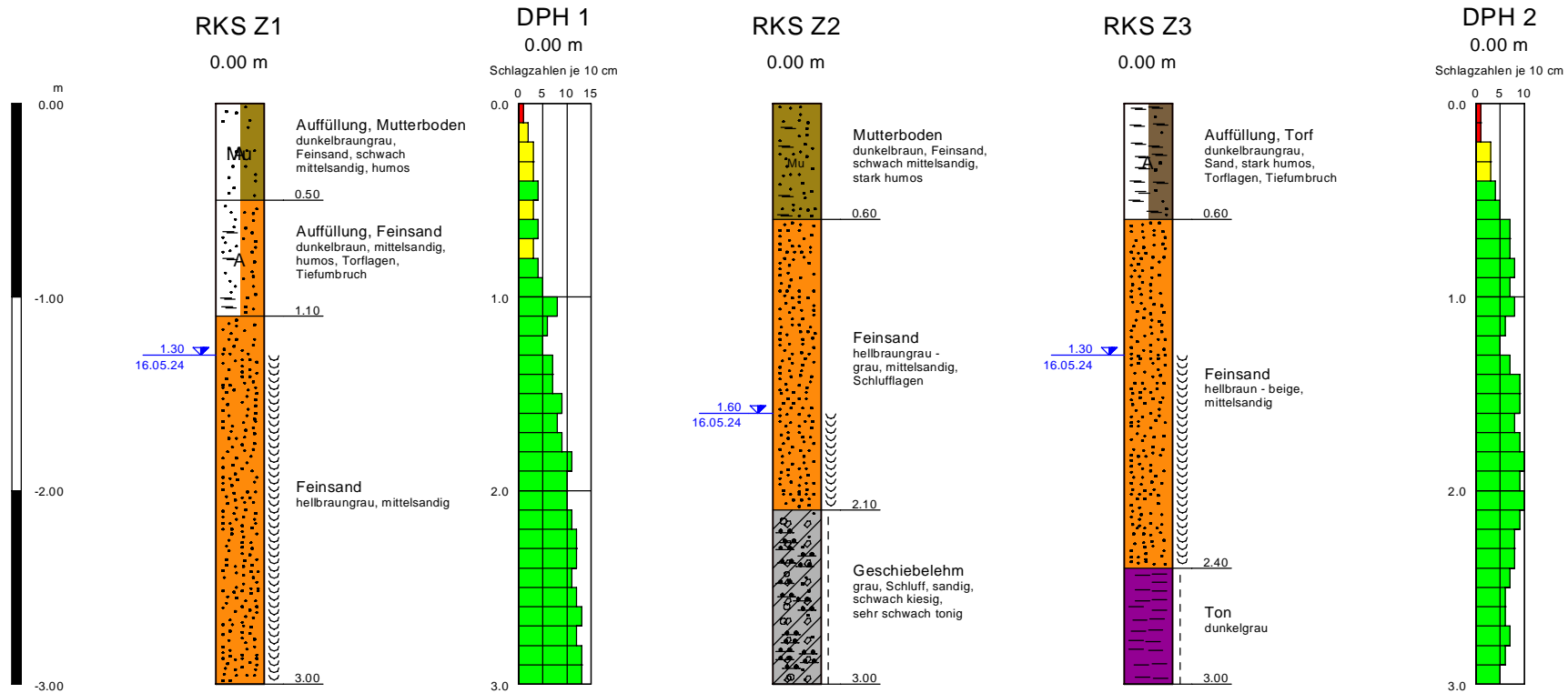
Legende Spitzendruck	
■	sehr locker
■	locker
■	mitteldicht
■	dicht
■	sehr dicht
Legende Reibungsverhältnis	
■	Kies
■	Sand
■	Schluff
■	Ton
■	Torf

<h2>LEGENDE:</h2>	
CPT:	Drucksondierung
UKF:	Unterkante Fundament

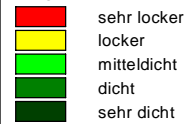
Projekt:	2024-0107 WP Grabsteder Feld
Auftraggeber:	innoVent Planungs GmbH & co. KG Oldenburger Straße 49 26316 Varel
Bearbeiter:	Dipl. -Geol. P. Müller
Maßstab:	Höhe: 1 : 200

	INGENIEURGEOLOGIE DR. LÜBBE GMBH & CO. KG
	Titel: Drucksondierdiagramme nach DIN 4094
Anlage: 2.12	

Zuwegung



Legende DPH



Konsistenzen



LEGENDE:

RKS: Rammkernsondierung
DPH: Schwere Rammsondierung
GW: Grundwasser

1.30 16.05.24 Grundwasser m u.GOK Datum

Projekt: 2024-0107
WP Grabsteder Feld

Auftraggeber: innoVent
Planungs GmbH & Co. KG
Oldenburger Straße 49
26316 Varel

Bearbeiter: Dipl. -Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 25

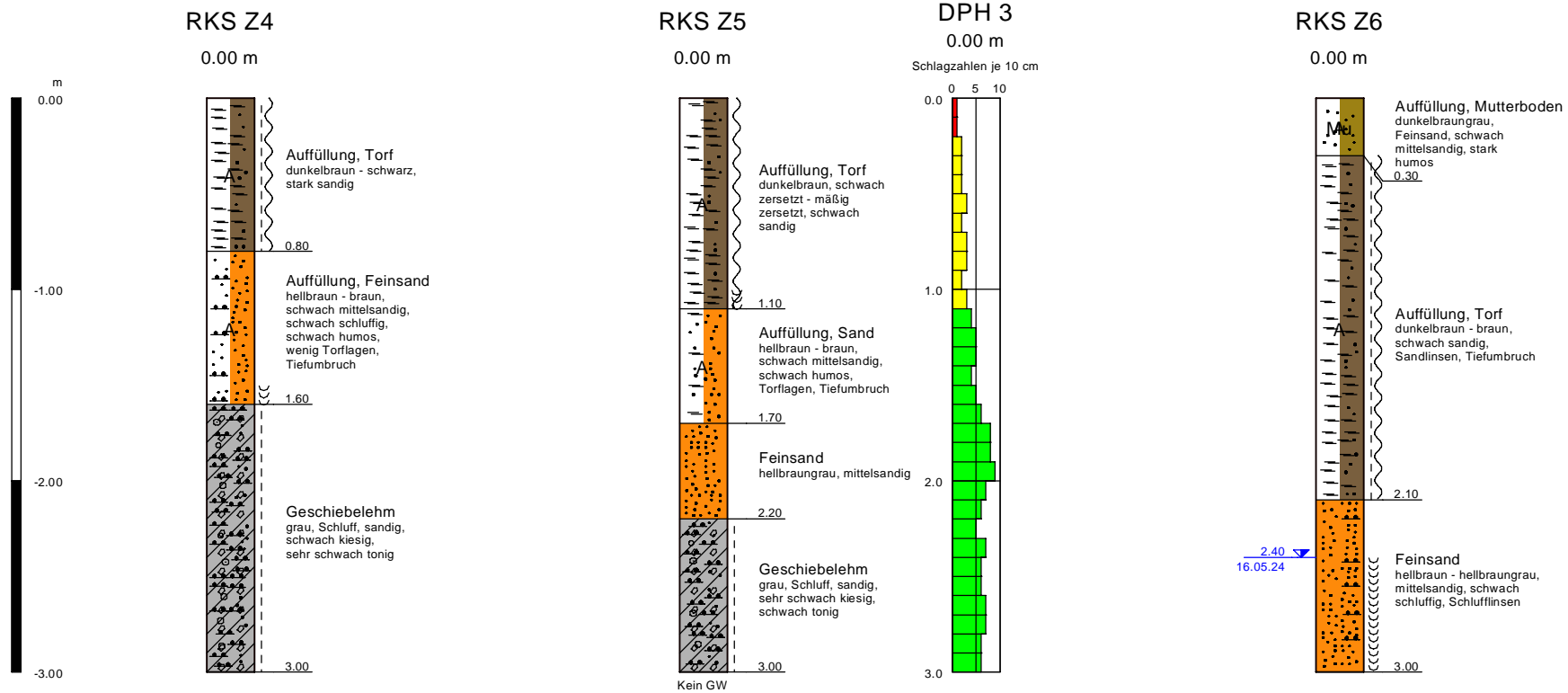


INGENIEURGEOLOGIE
DR. LÜBBE
GMBH & CO. KG

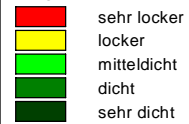
Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und
Drucksondierdiagramm nach DIN 4094

Anlage: 2.13

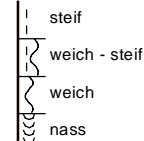
Zuwegung



Legende DPH



Konsistenzen



LEGENDE:

RKS: Rammkernsondierung
DPH: Schwere Rammsondierung
GW: Grundwasser

2.40
16.05.24 Grundwasser m u.GOK
Datum

Projekt: 2024-0107
WP Grabsteder Feld

Auftraggeber: innoVent
Planungs GmbH & Co. KG
Oldenburger Straße 49
26316 Varel

Bearbeiter: Dipl. -Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 25



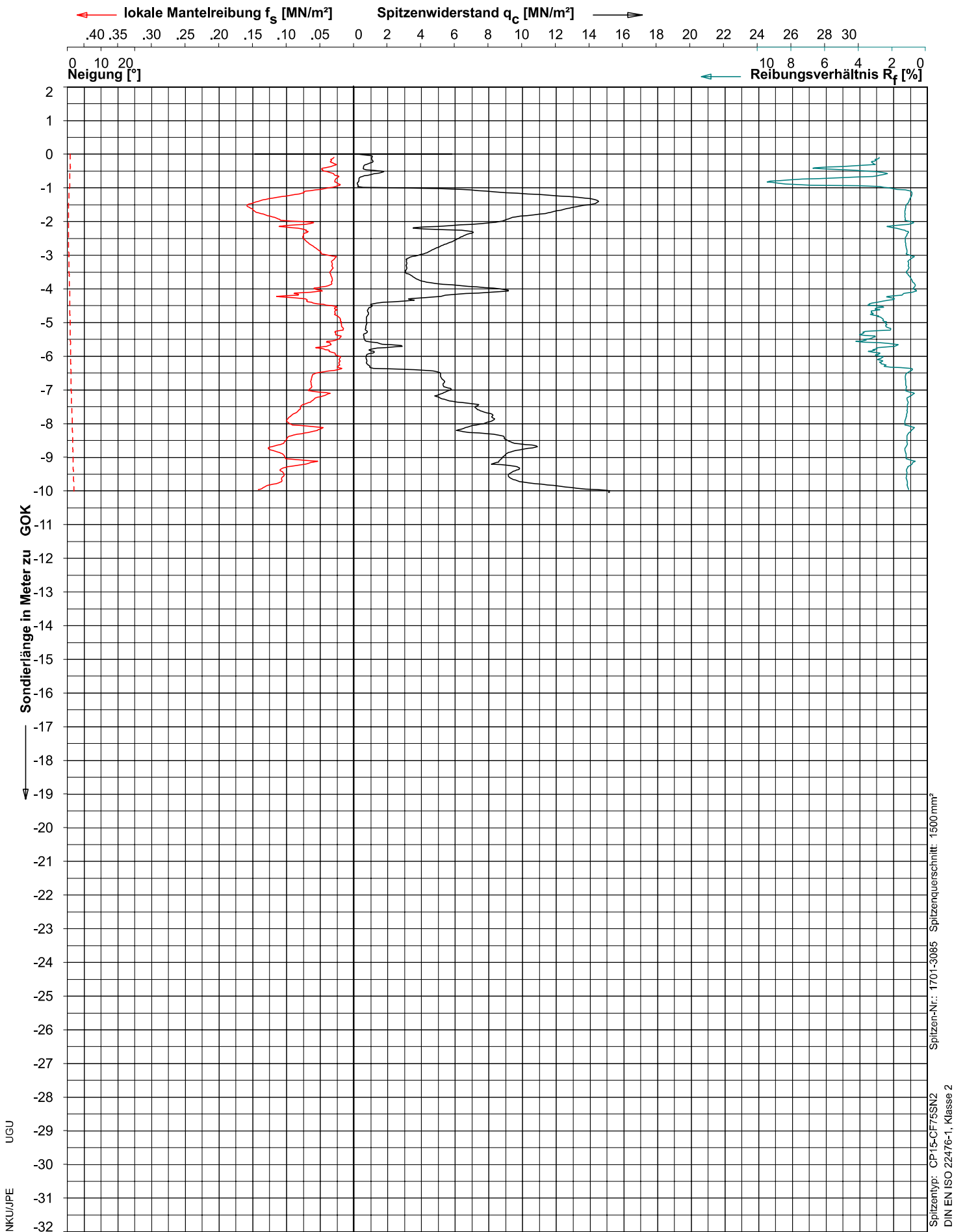
INGENIEURGEOLOGIE
DR. LÜTKE
GMBH & CO. KG

Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und
Drucksondierdiagramm nach DIN 4094

Anlage: 2.14



ANLAGE 3
Drucksondierprotokolle



Spitzentyp: CP15-CF75SN2
 Spitzennr.: 1701-3085
 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld



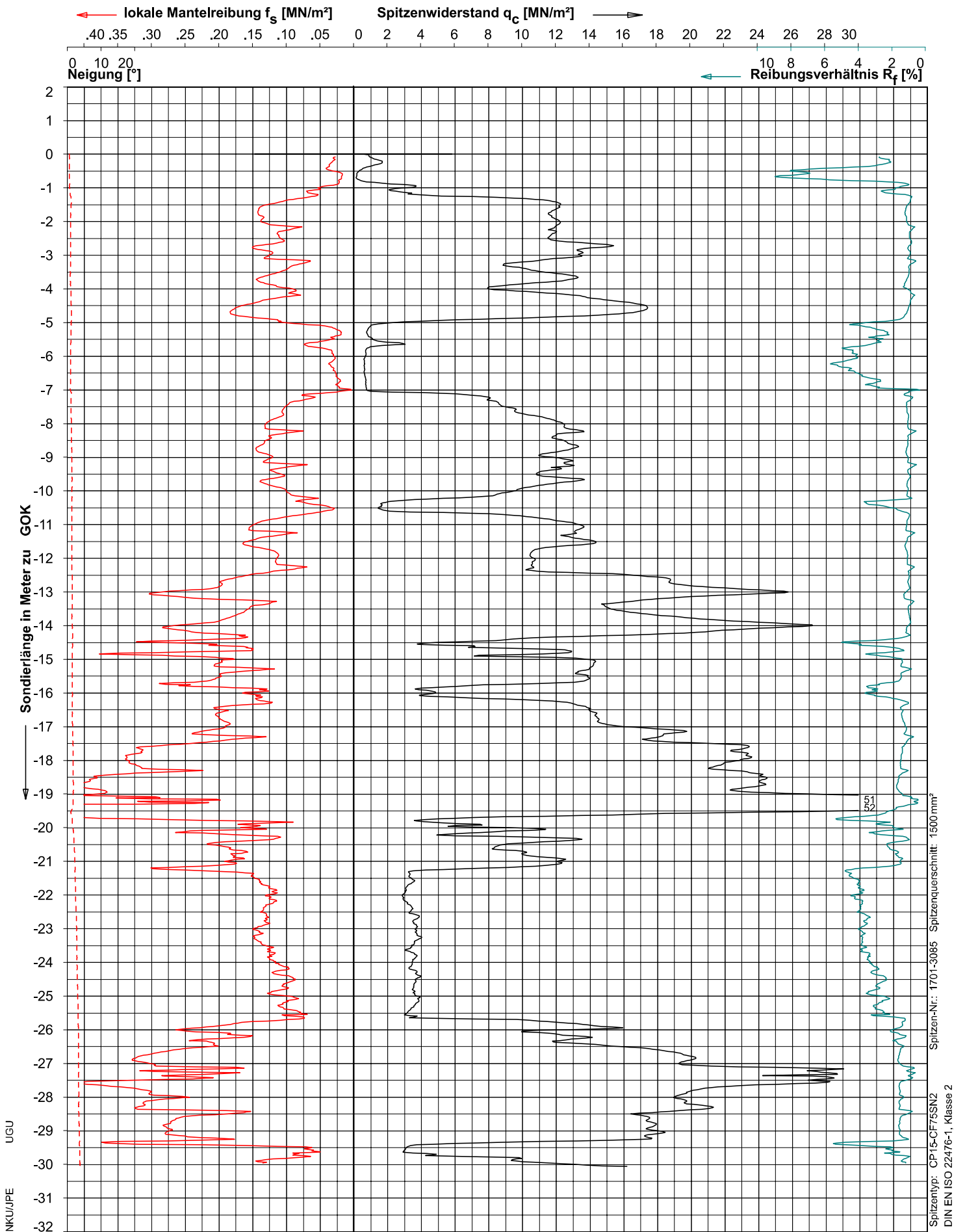
Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 16-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -10.05 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L

Sondierung : WEA01-KSF

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

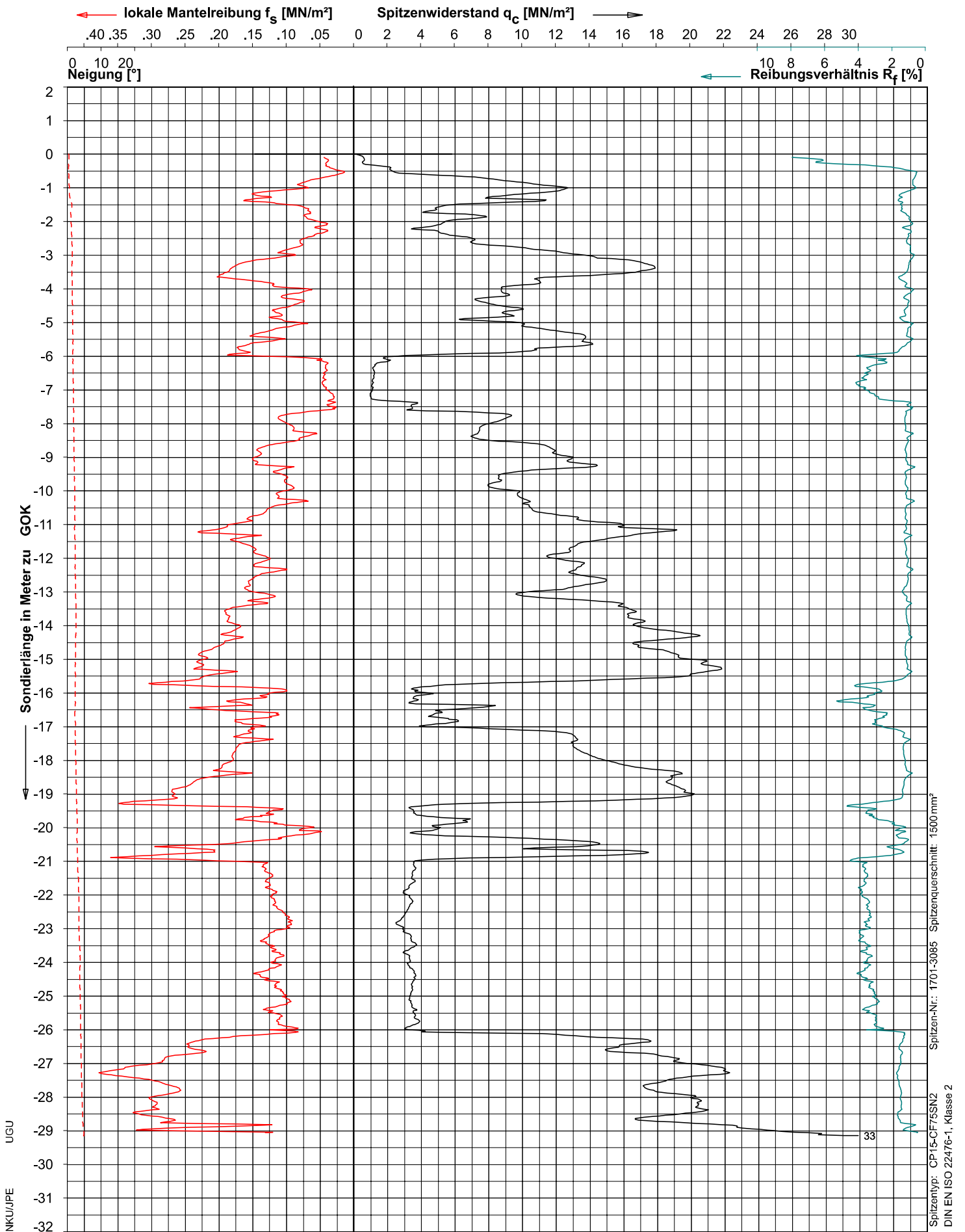


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 17-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0,00 m zu GOK
 Endteufe : -30,06 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA01-N

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

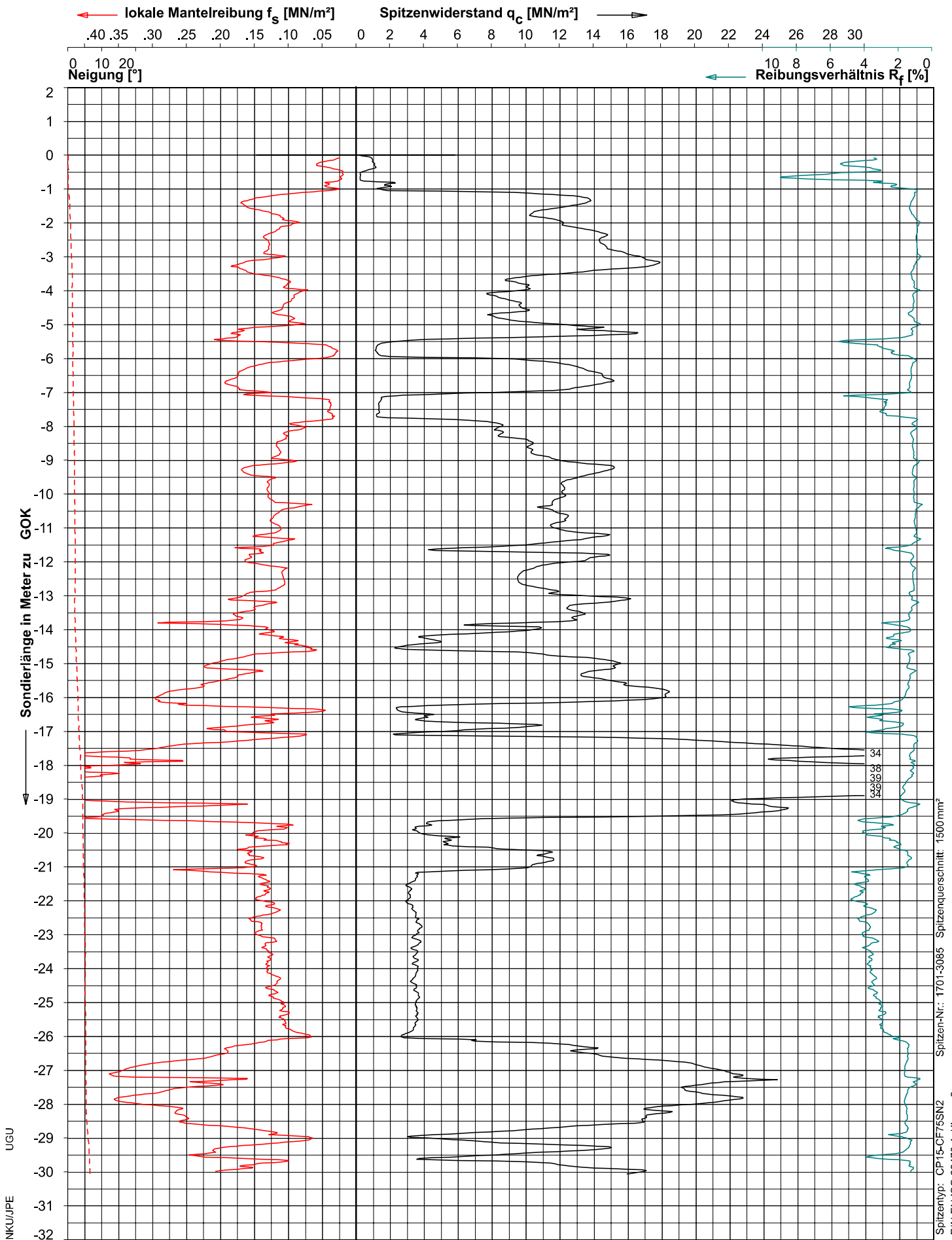


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 17-05-2024
 Sondierende : Auslastung
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -29.16 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA01-SO

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
WP Grabstedefeld

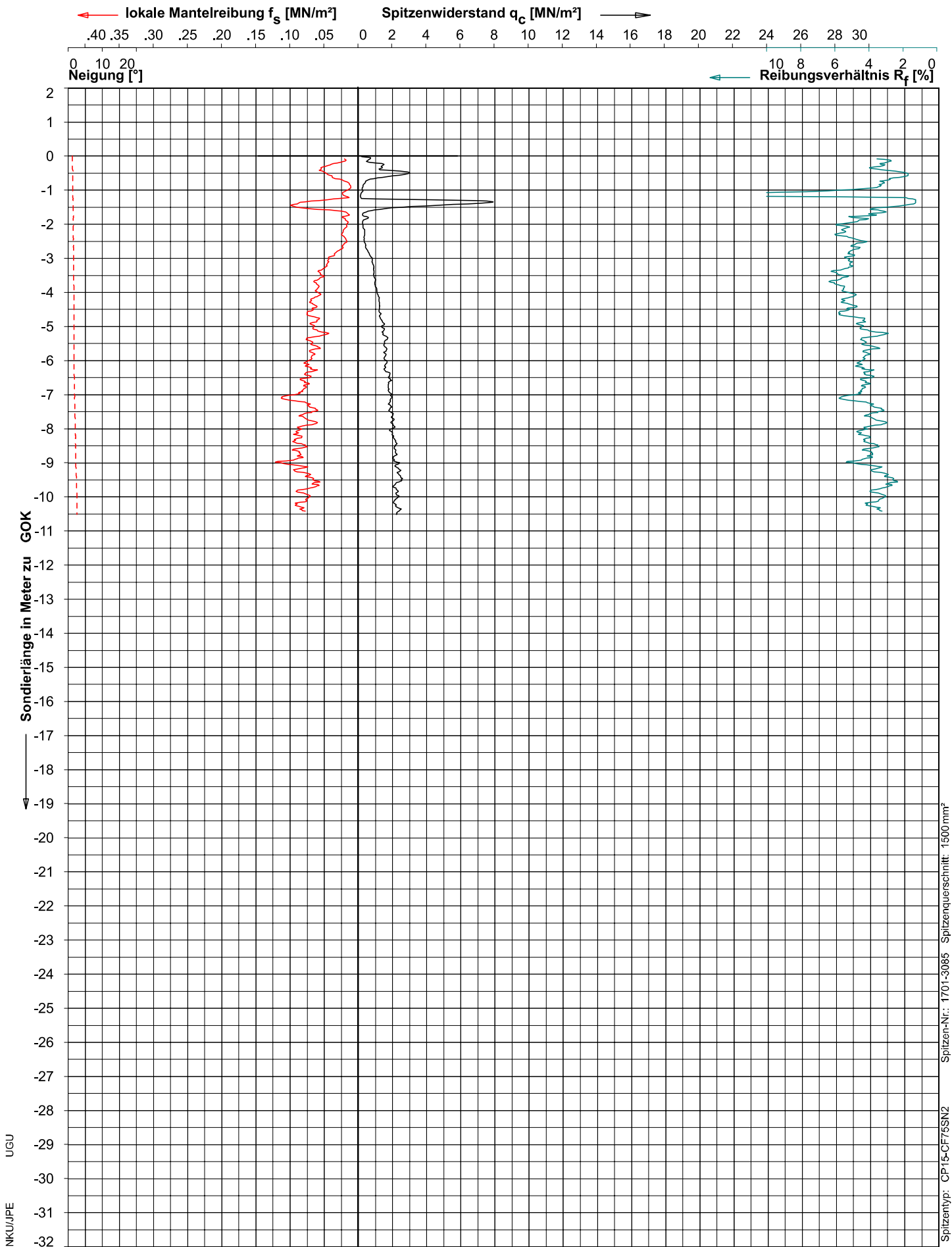


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 17-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0,00 m zu GOK
 Endteufe : -30,07 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA01-SW

DIN ISO 9001



Spitzentyp: CP15-CF75SN2
 Spitzen-Nr.: 1701-3085
 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

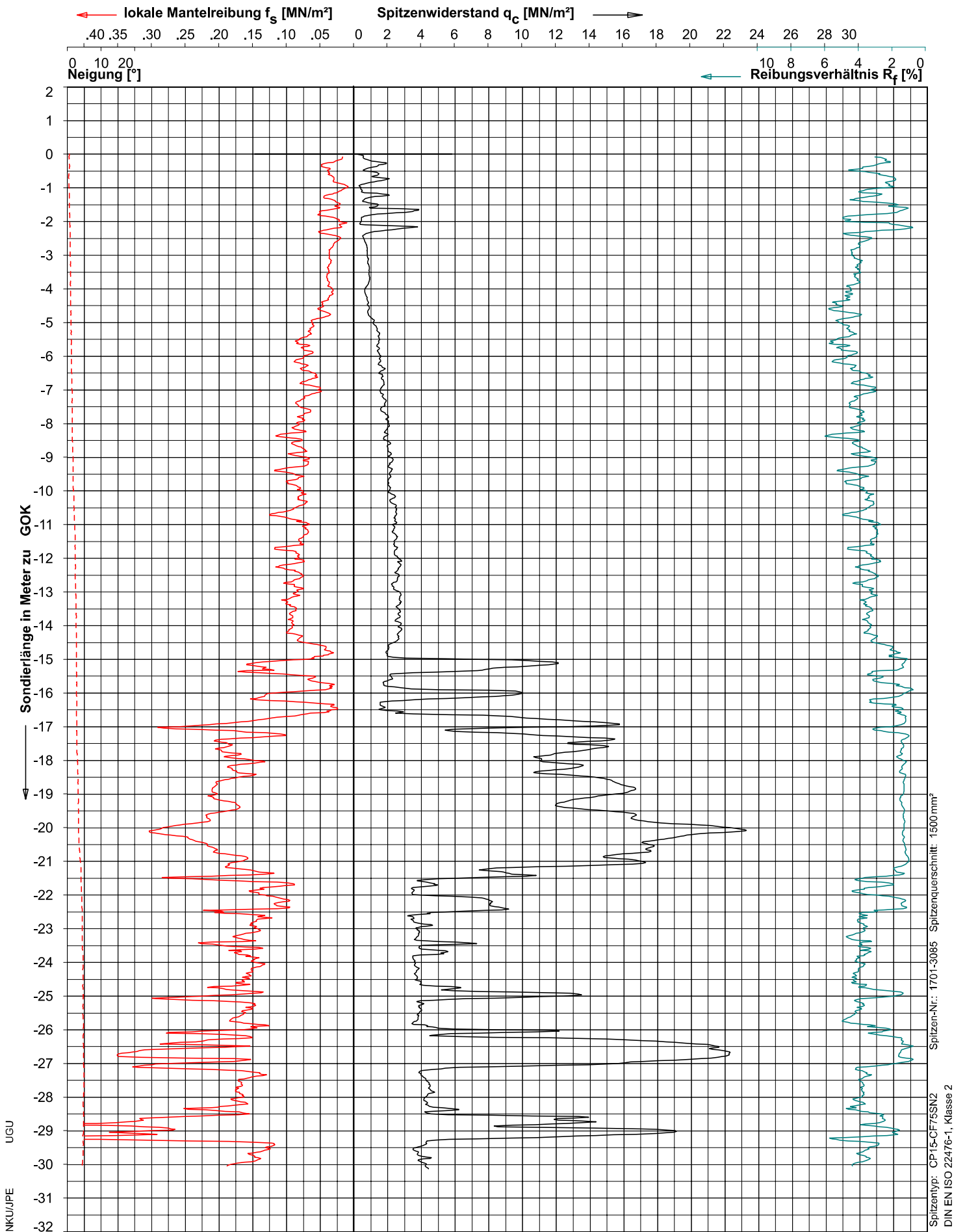


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 16-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -10.52 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA02-KSF

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

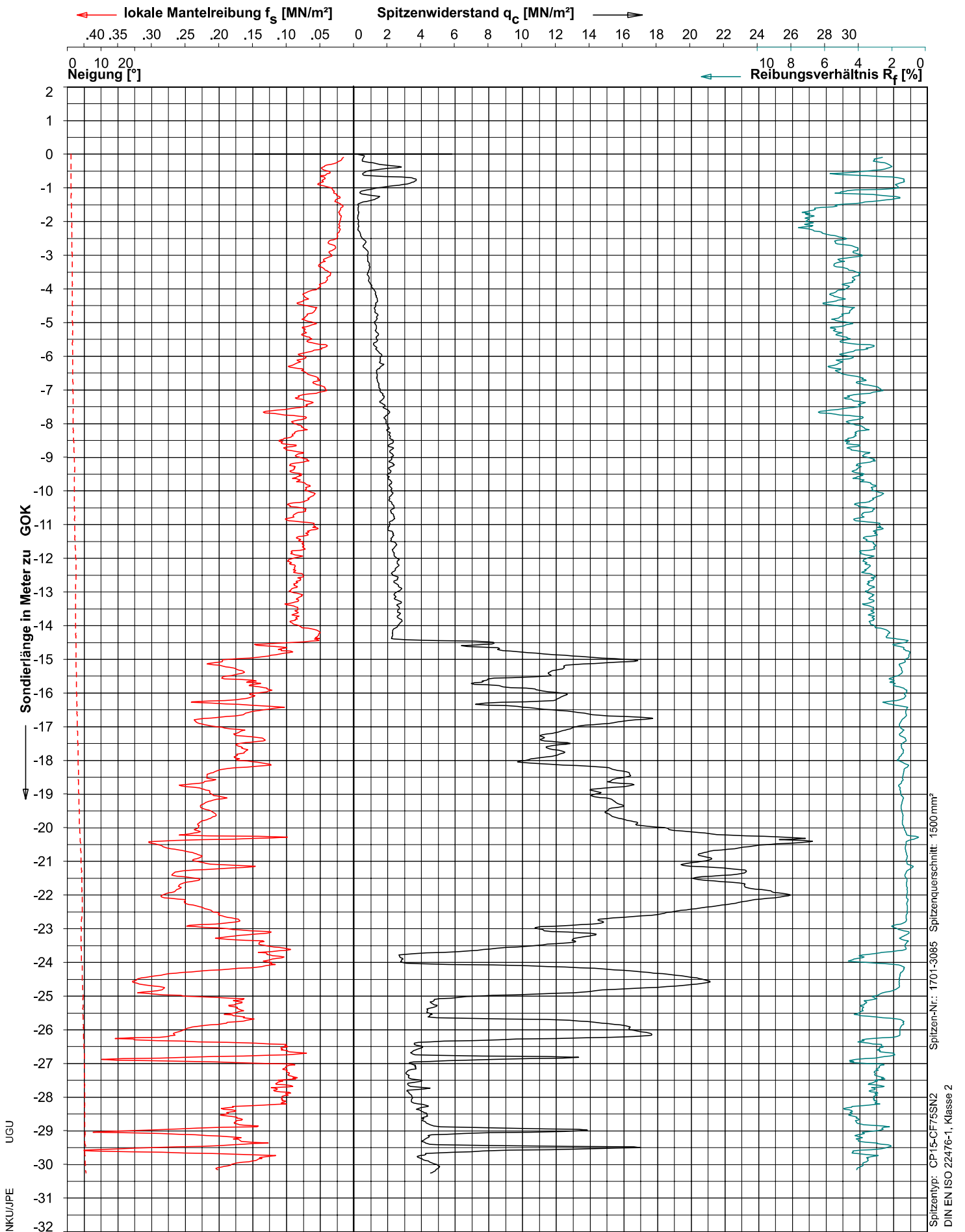
Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

FUGRO Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 16-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -30.13 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA02-N

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
WP Grabstedefeld

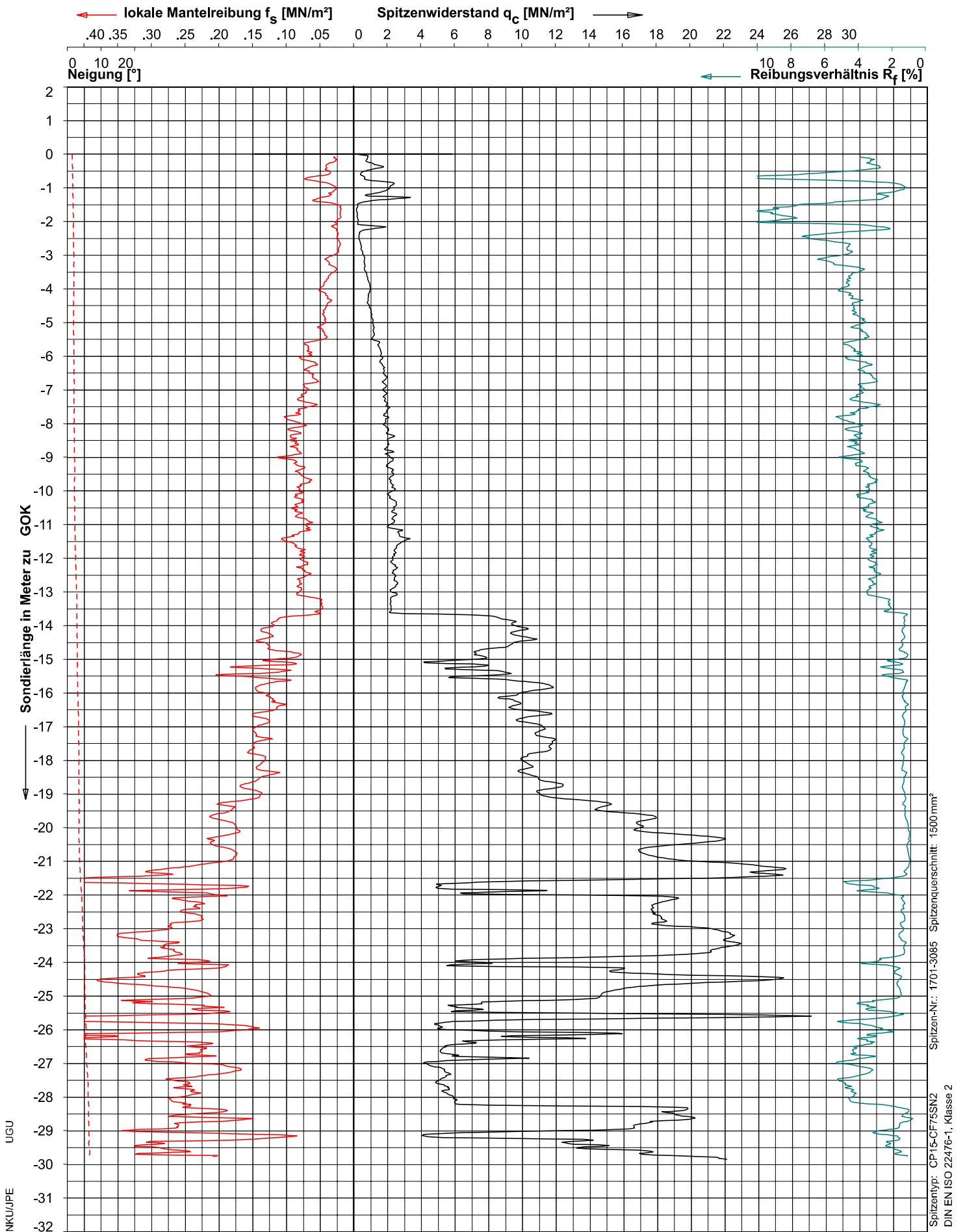


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 16-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -30.26 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA02-SO

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

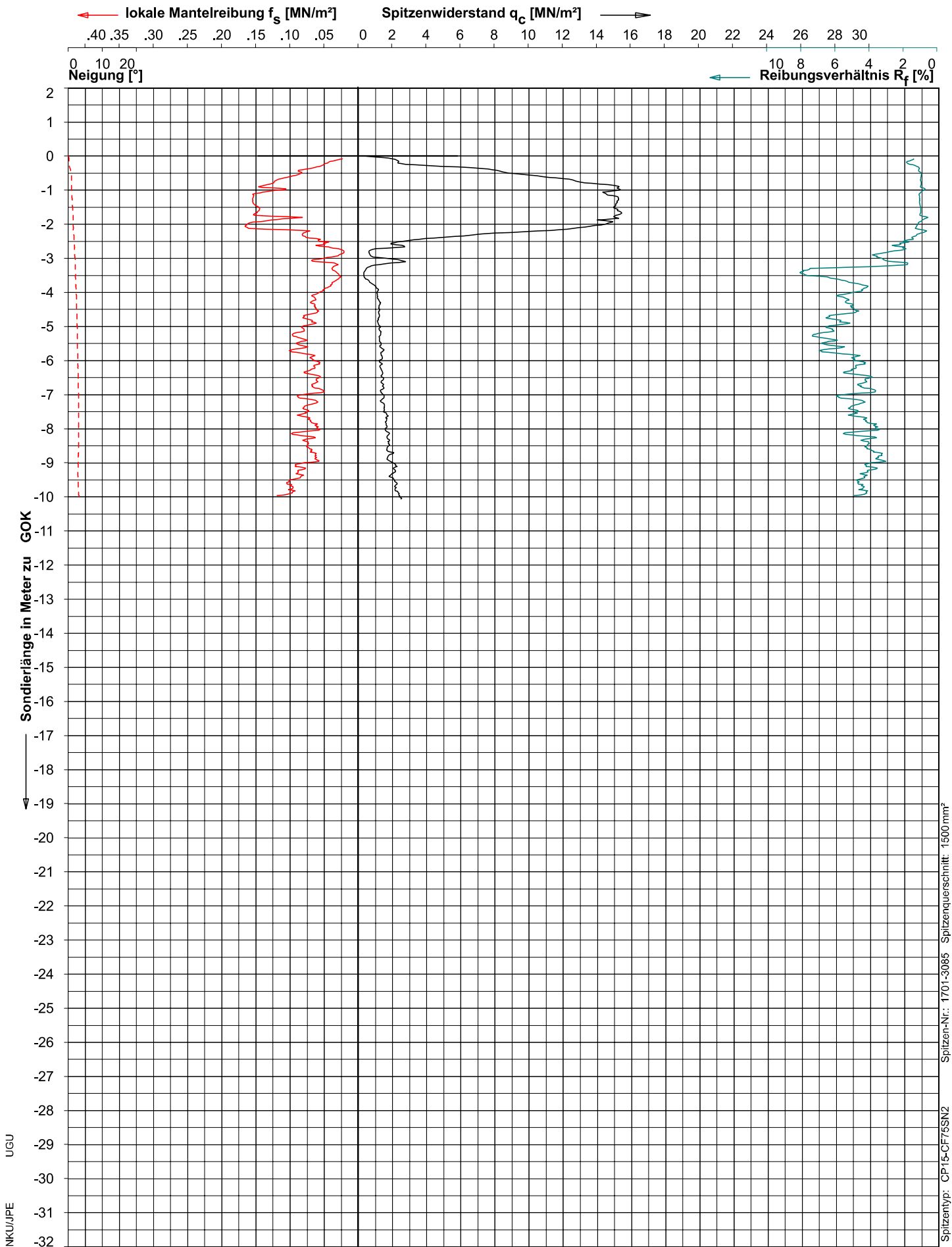


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 16-05-2024
 Sondierende : Auslastung
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -29.85 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA02-SW

DIN ISO 9001



Spitzen-Nr.: 1701-3085 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²
 Spitzentyp: CP15-CF75SN2
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

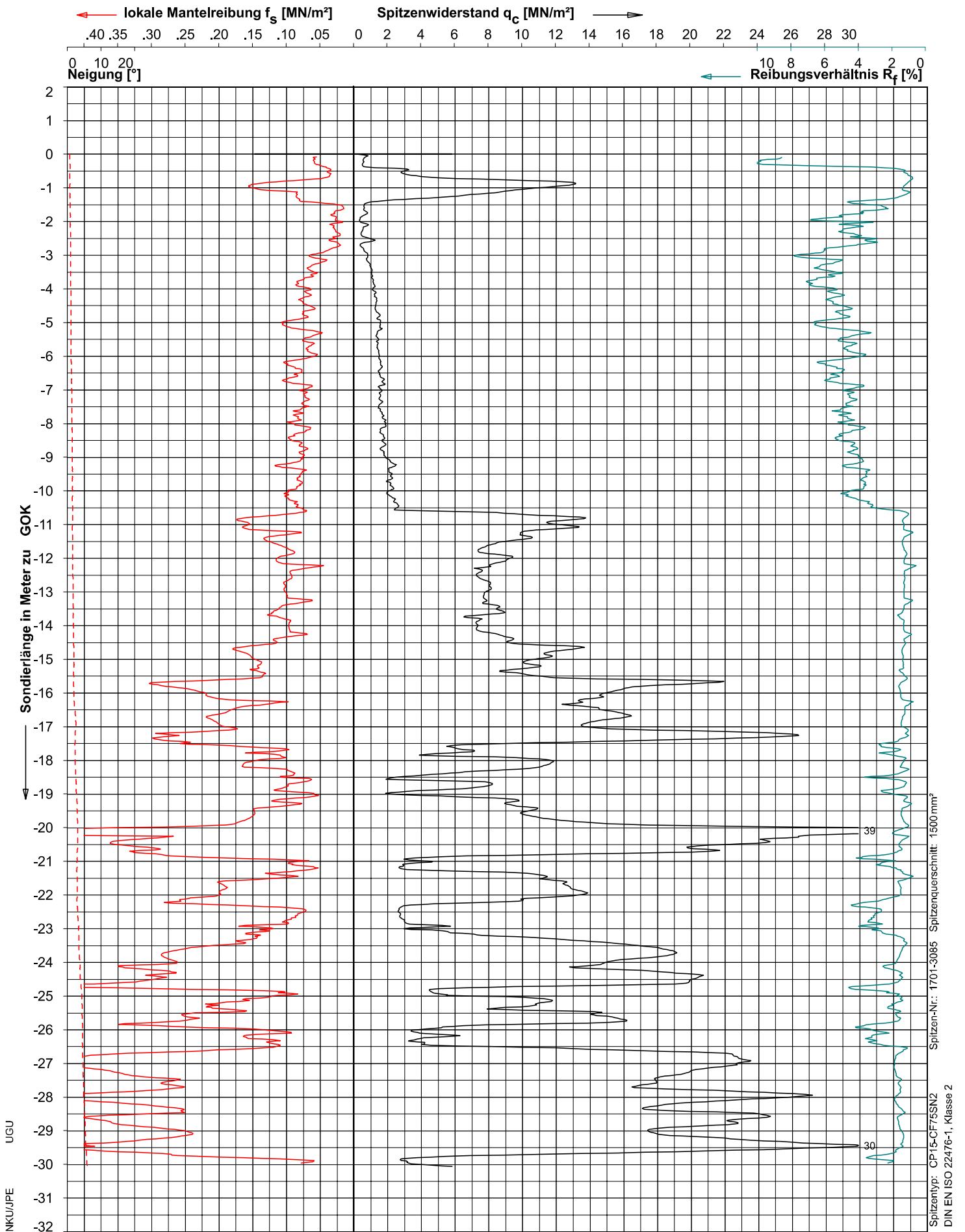
Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

FUGRO Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 16-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -10.06 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA03-KSF

NKU/JPE UGU



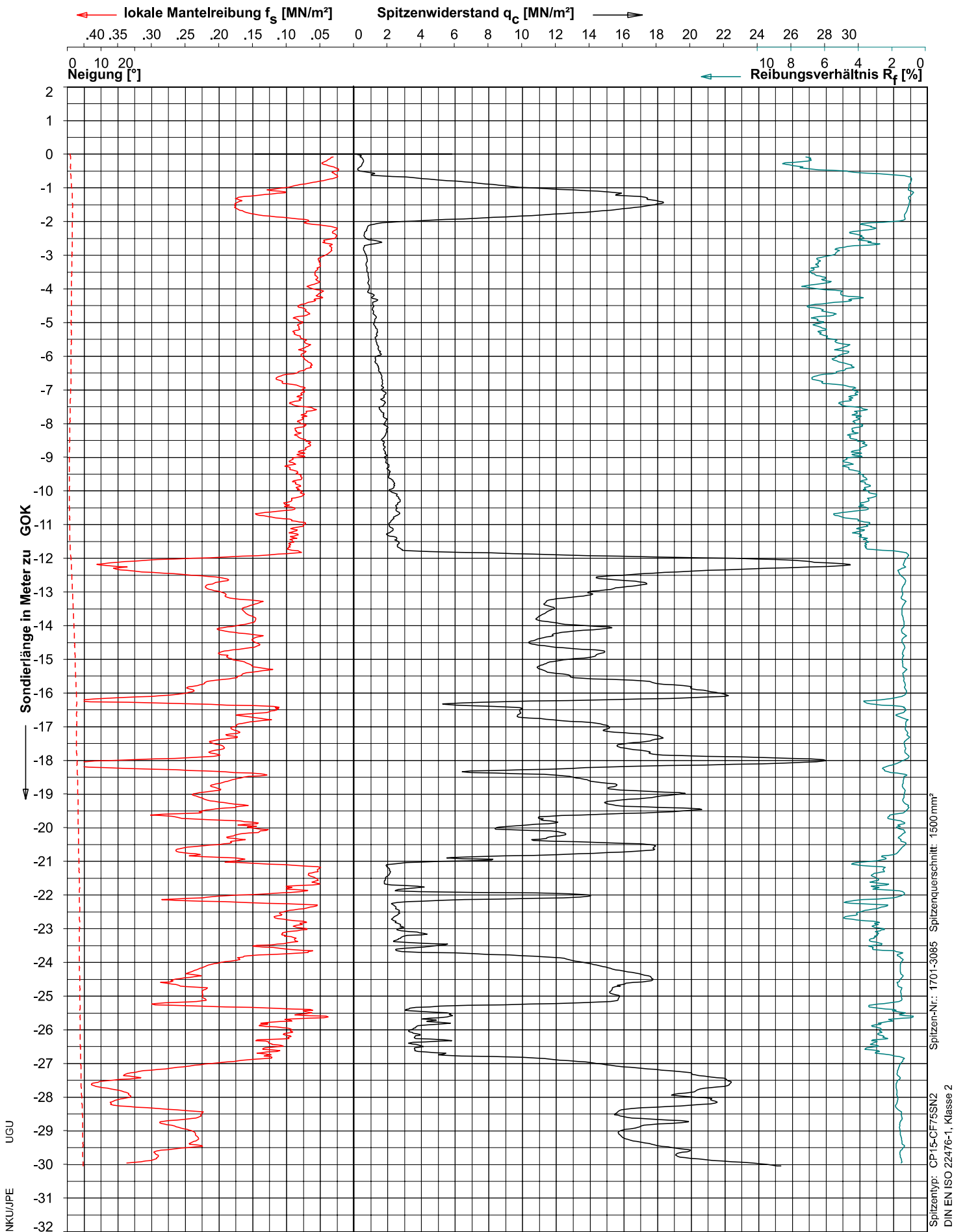
ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

FUGRO Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220
 DIN ISO 9001

Datum : 16-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0,00 m zu GOK
 Endteufe : -30,06 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA03-N



Spitzentyp: CP15-CF75SN2
 Spitzennr.: 1701-3085
 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

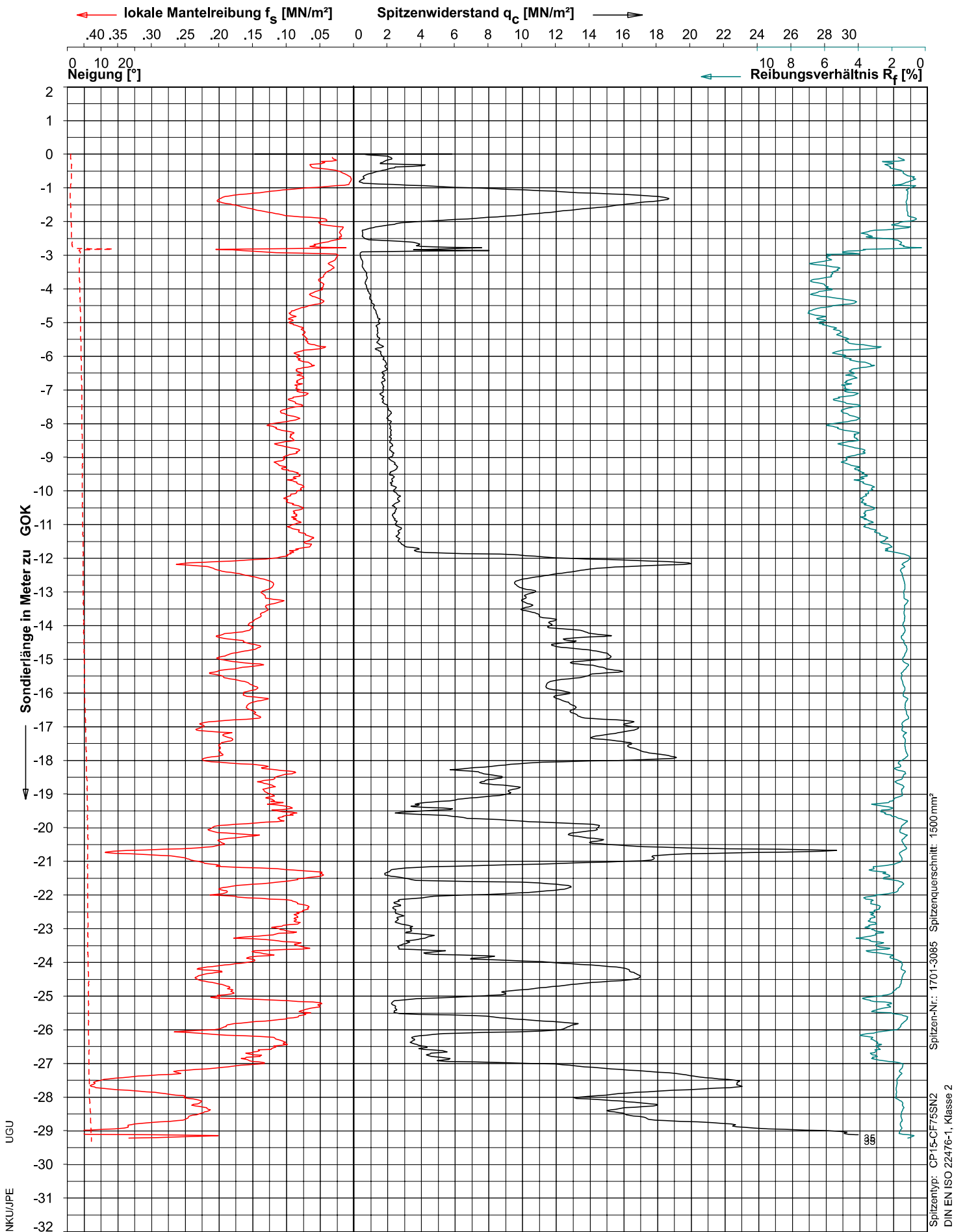


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 16-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -30.05 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA03-SO

DIN ISO 9001



Spitzentyp: CP15-CF75SN2
 Spitzennr.: 1701-3085
 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

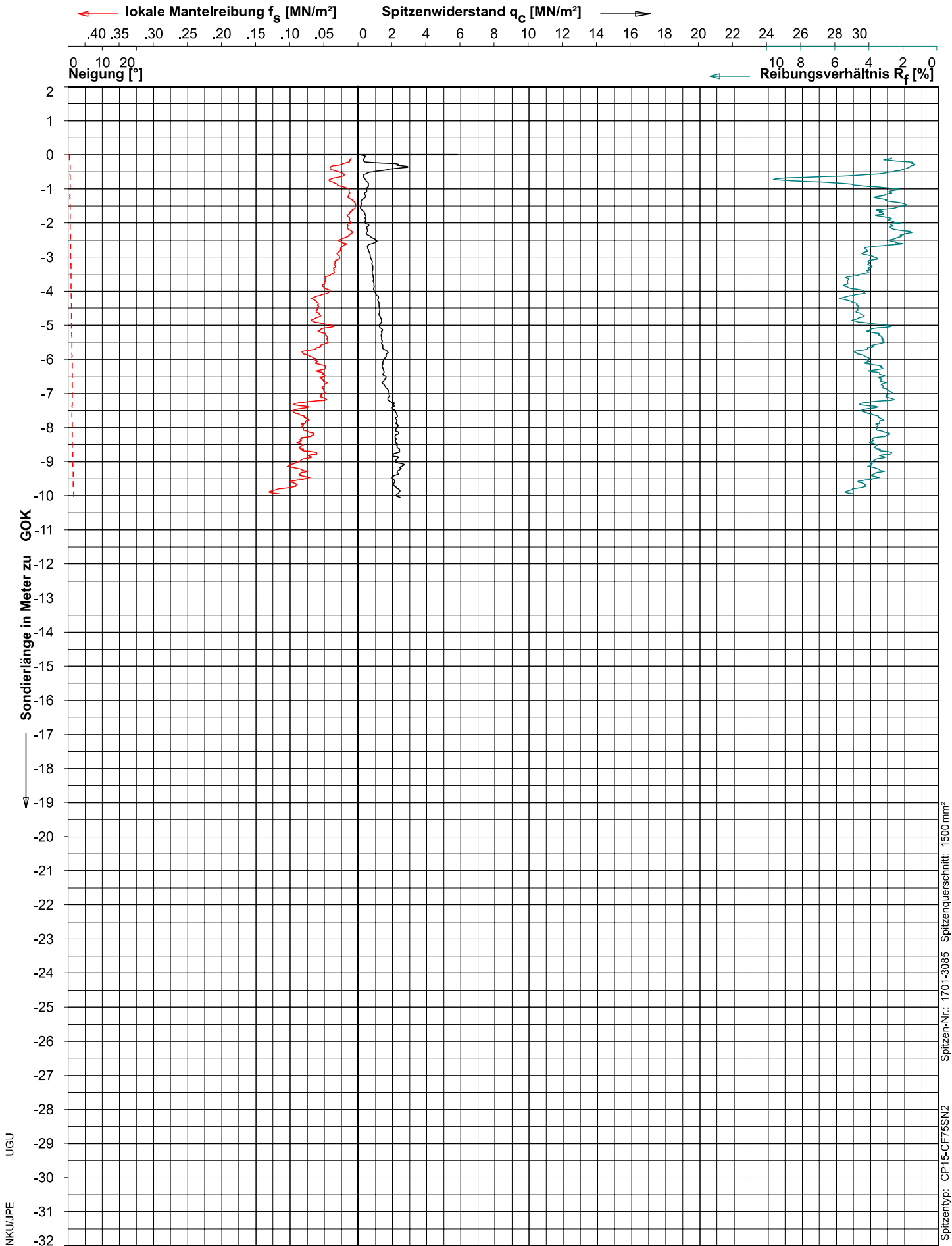


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 16-05-2024
 Sondierende : Auslastung
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -29.31 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA03-SW

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

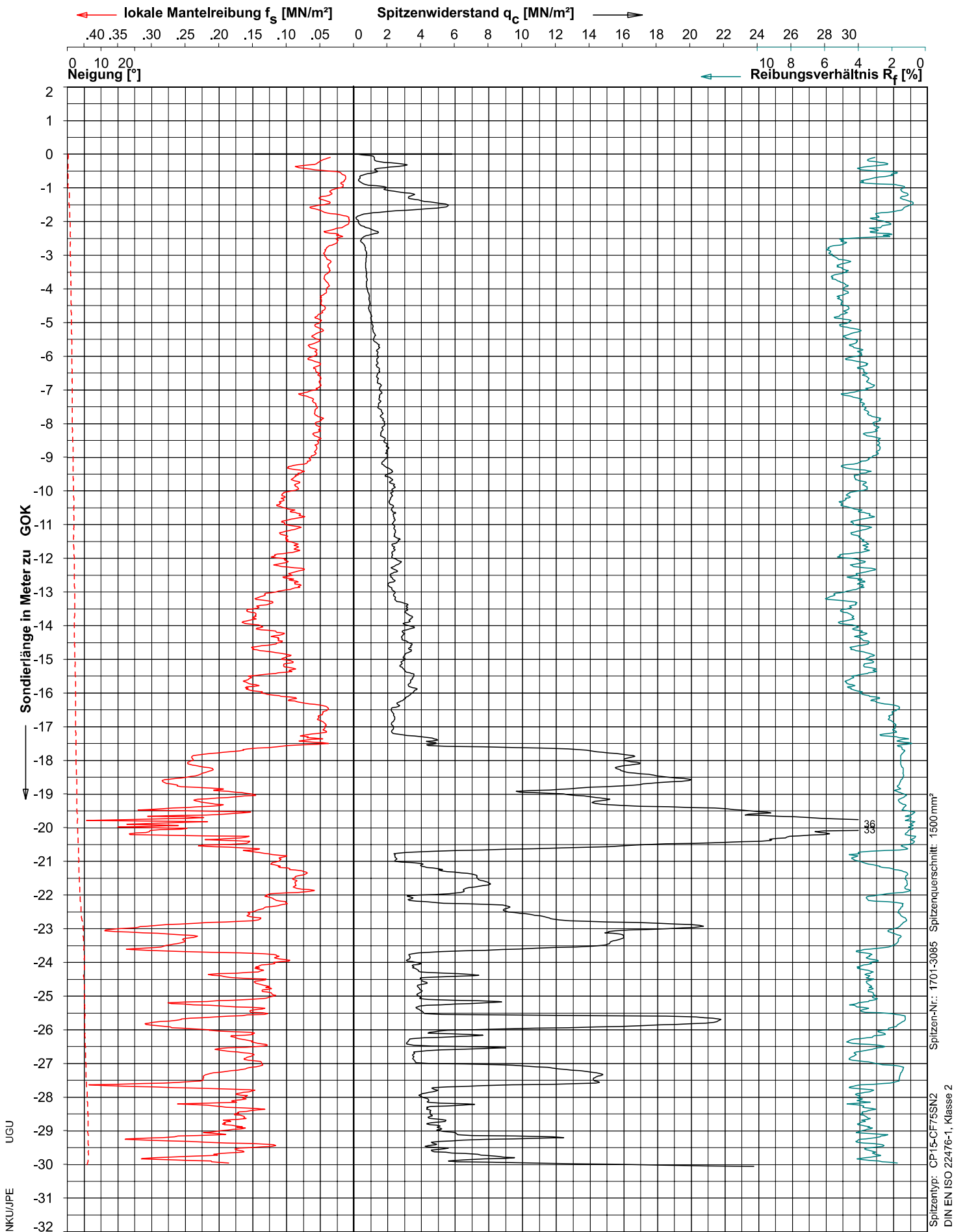


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -10.04 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA04-KSF

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

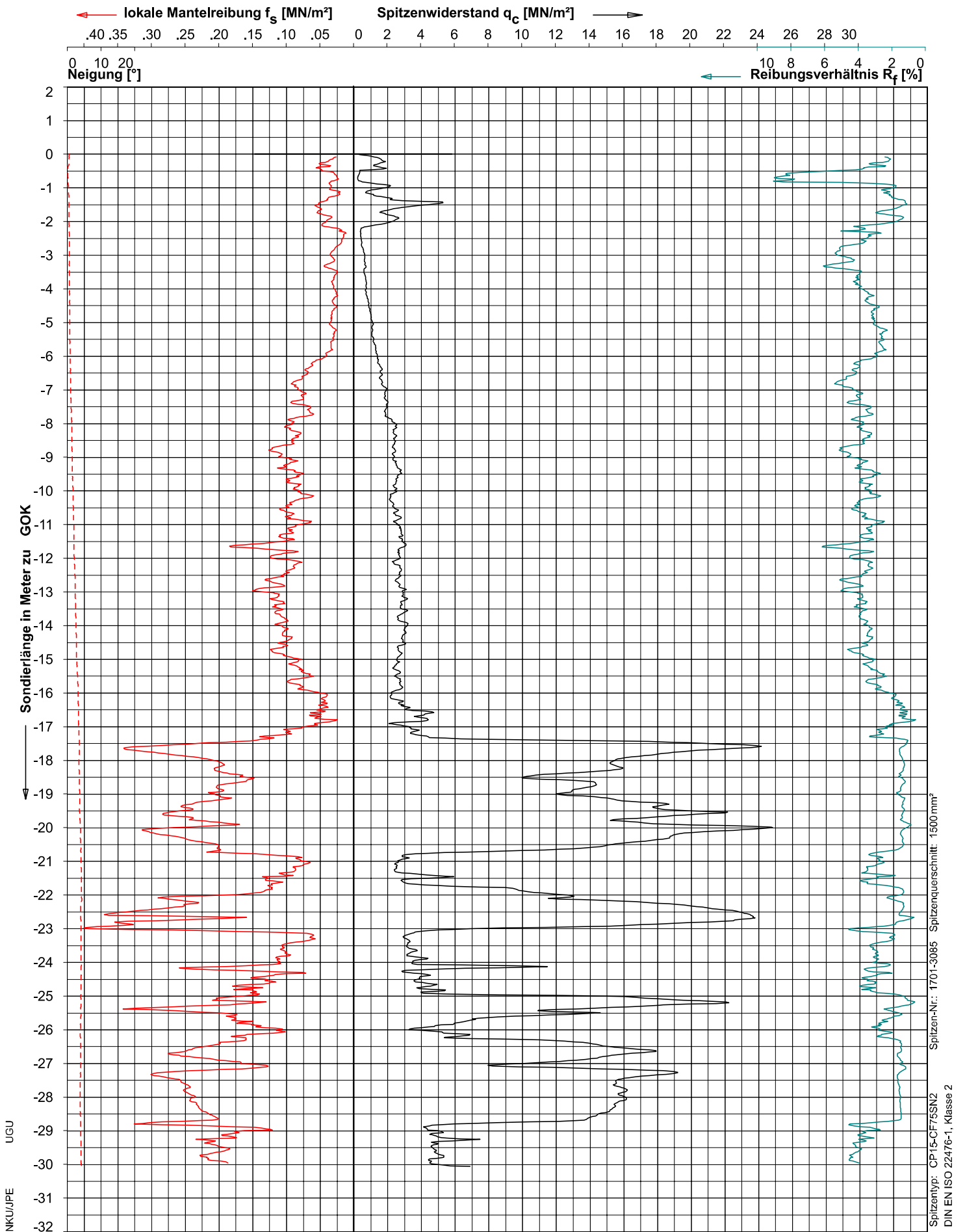


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -30.06 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA04-N

DIN ISO 9001



Spitzentyp: CP15-CF75SN2
 Spitzen-Nr.: 1701-3085
 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

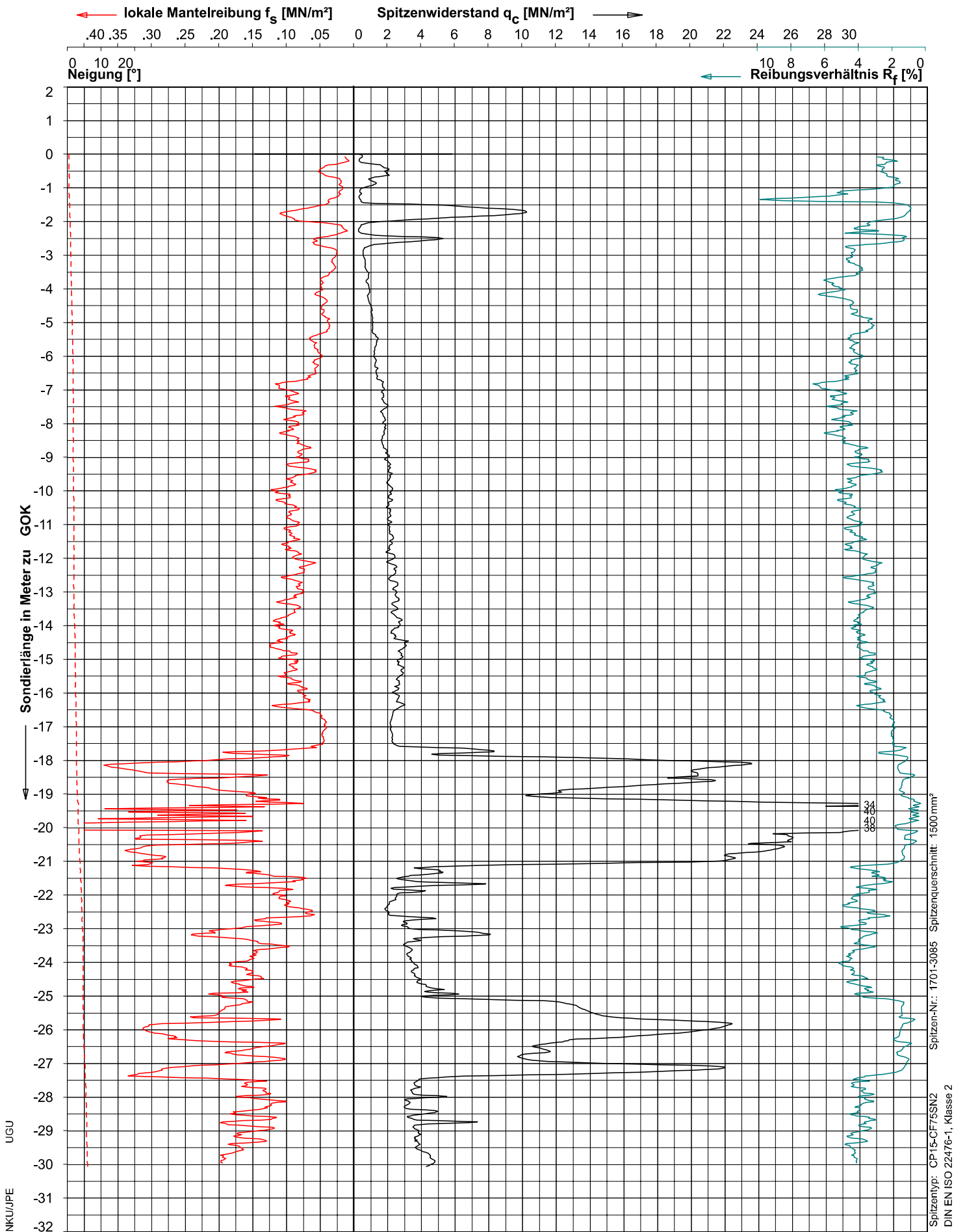


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -30.06 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA04-SO

DIN ISO 9001



Spitzentyp: CP15-CF75SN2
 Spitzen-Nr.: 1701-3085
 Spitzentransmitter: 1500 mm²
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

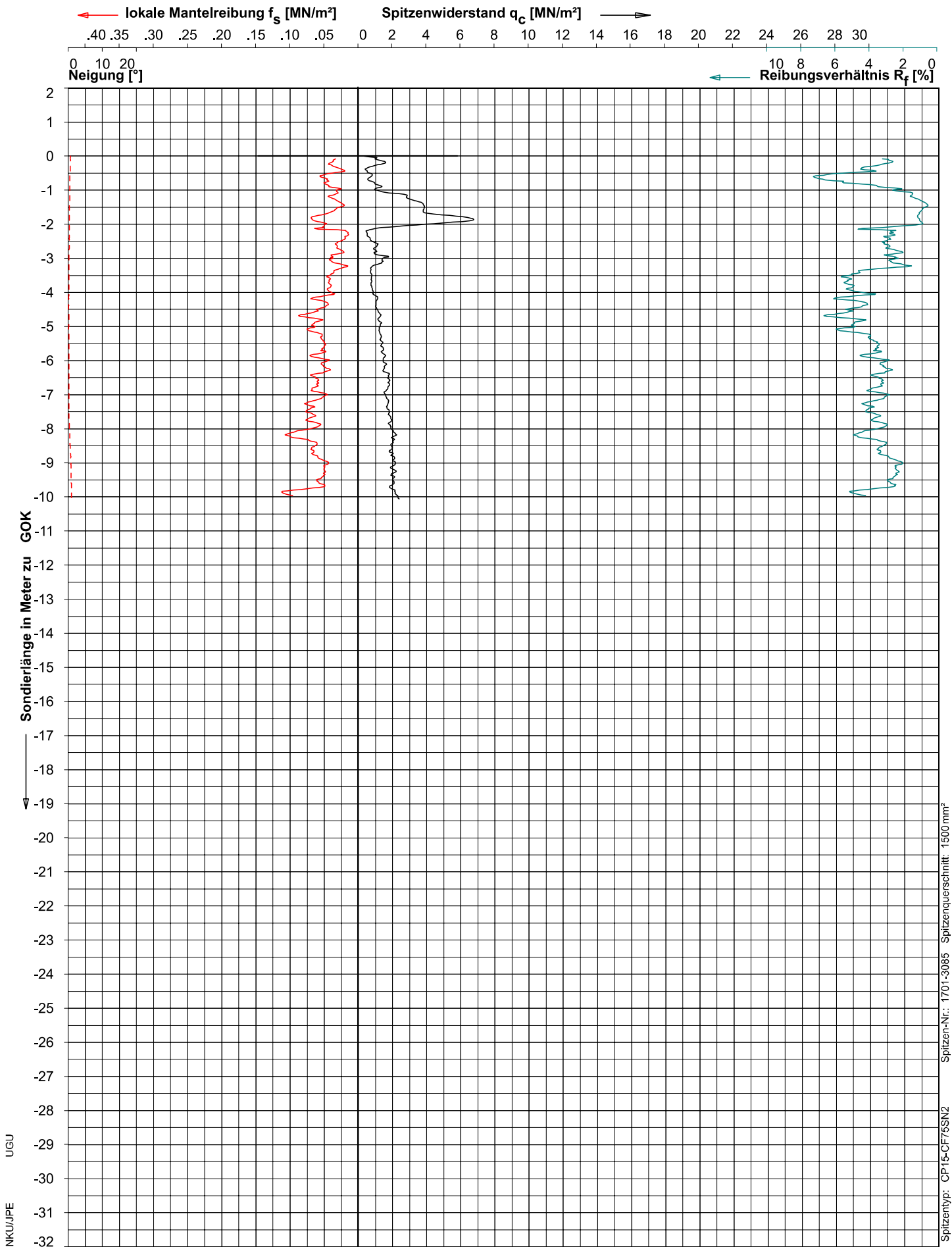
Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

FUGRO Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -30.05 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA04-SW

NKU/JPE
 UGU



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

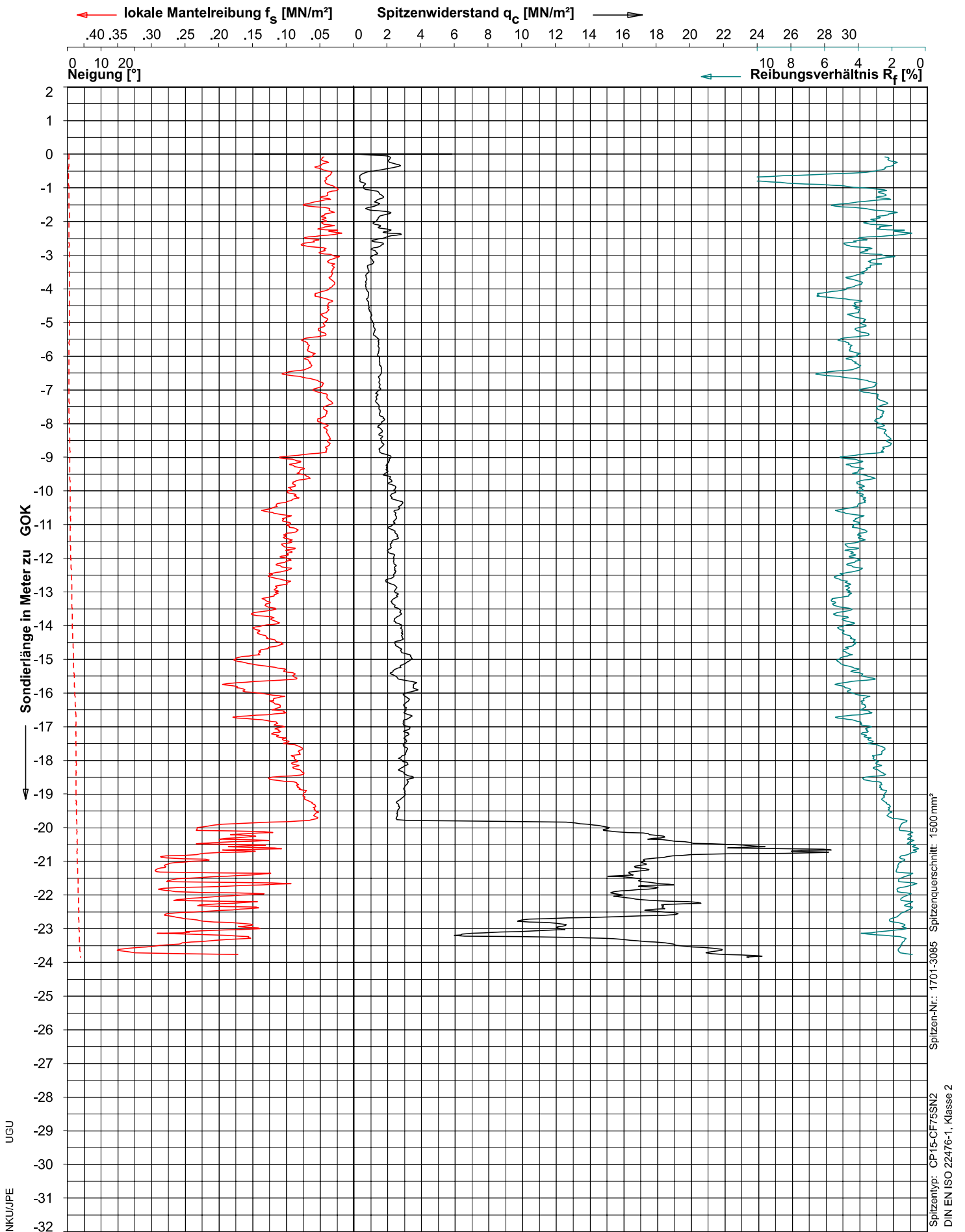


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -10.06 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA05-KSF

DIN ISO 9001



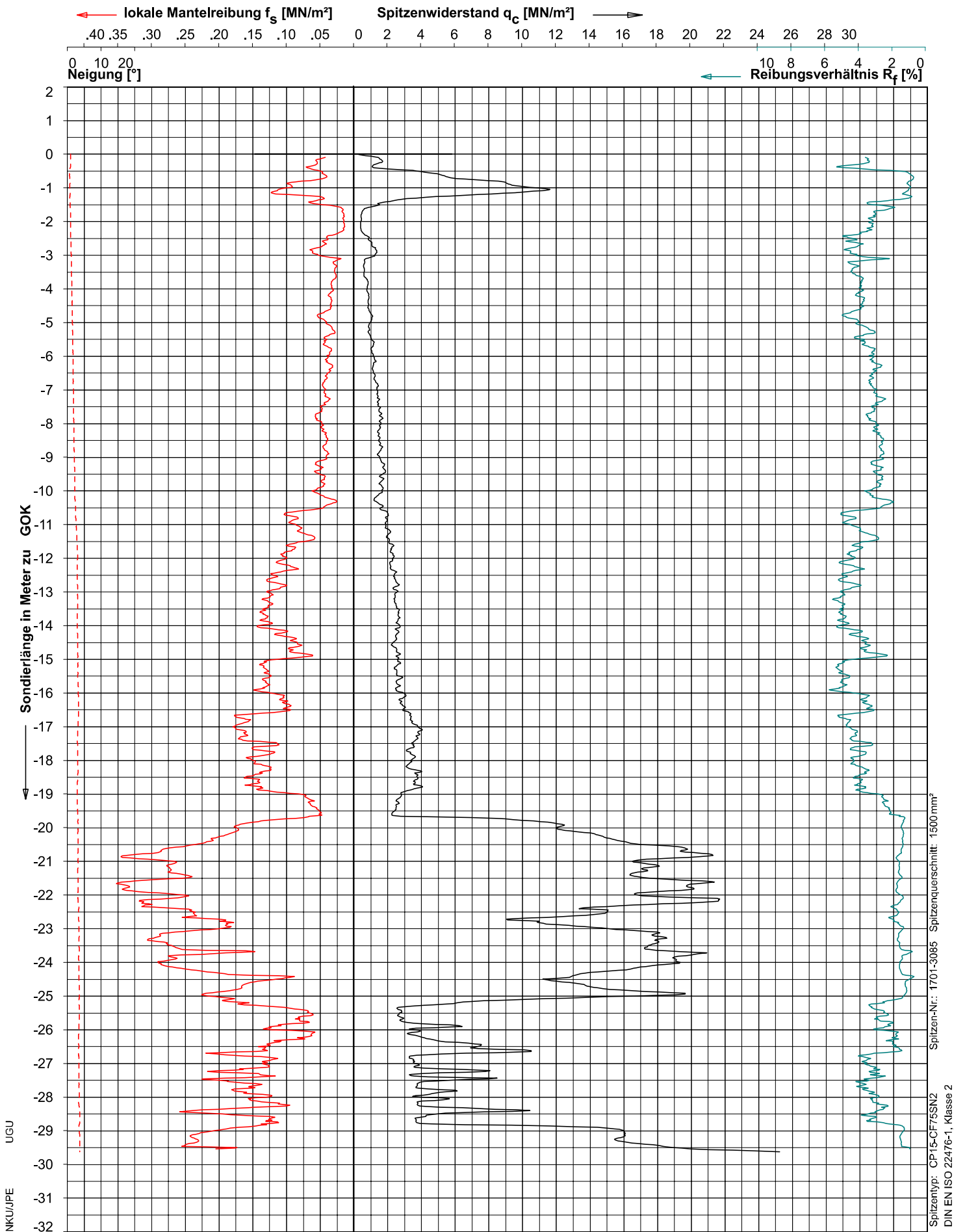
ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

FUGRO Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220
 DIN ISO 9001

Datum : 15-05-2024
 Sondierende : Auslastung
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -23.85 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA05-N



Spitzen-Nr.: 1701-3085 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²
Spitzen-Nr.: CP15-CF75SN2
DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
WP Grabstedefeld

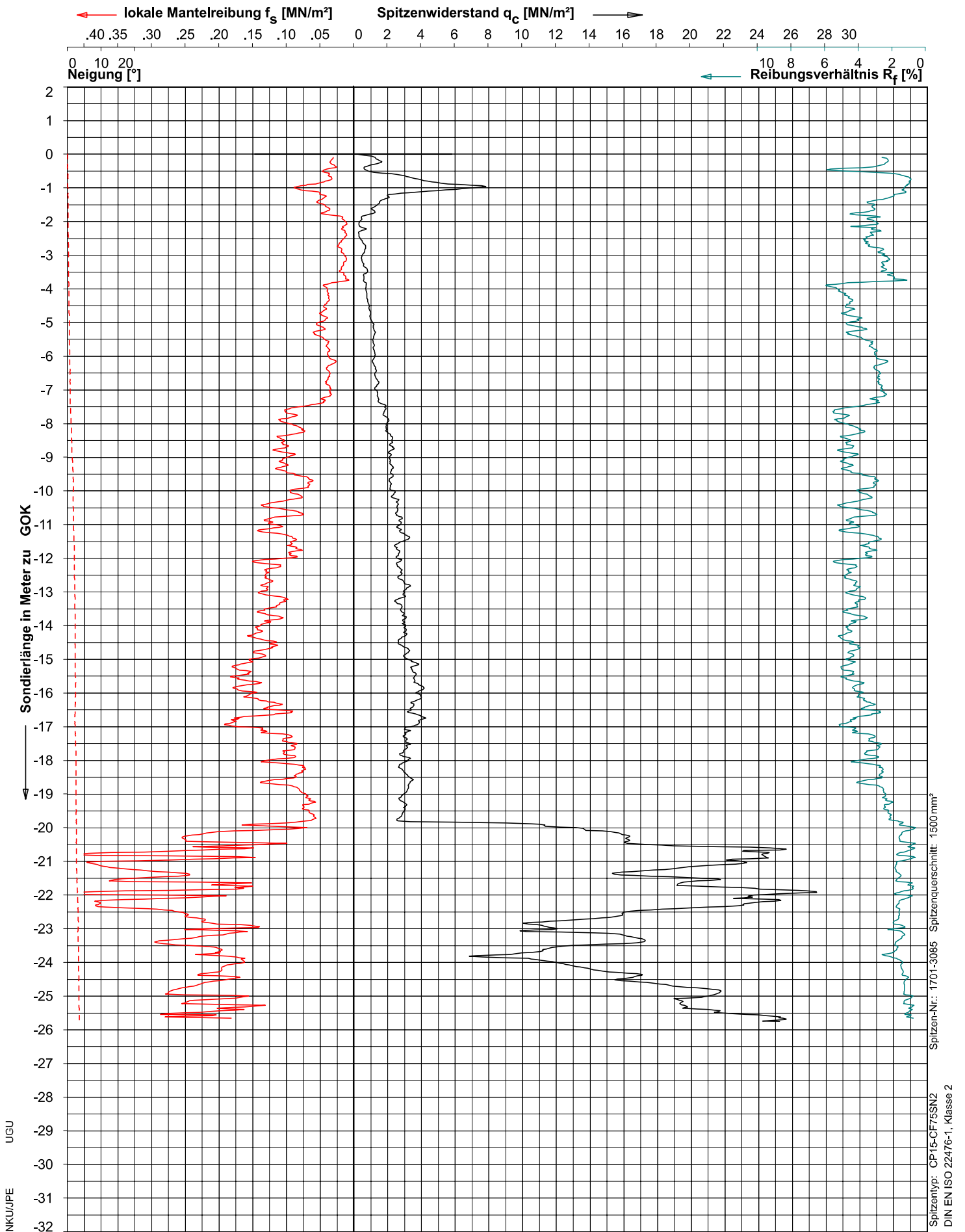


Fugro Germany Land GmbH
Land Site Characterisation CPT
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-05-2024
Sondierende : Auslastung
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -29.63 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
Sondierung : WEA05-SO

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

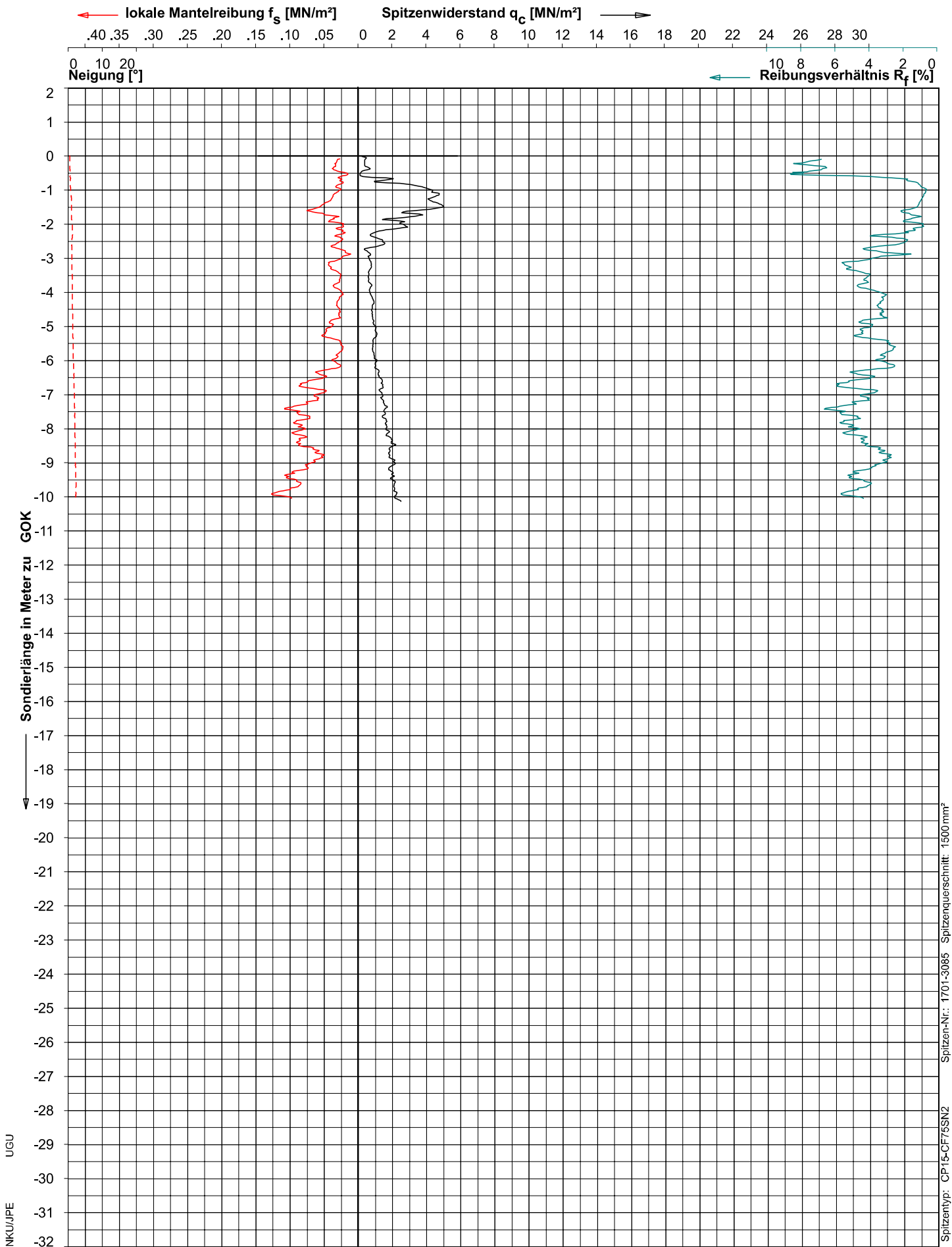


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-05-2024
 Sondierende : Auslastung
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -25.76 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA05-SW

DIN ISO 9001



Spitzentyp: CP15-CF75SN2
 Spitzennr.: 1701-3085
 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

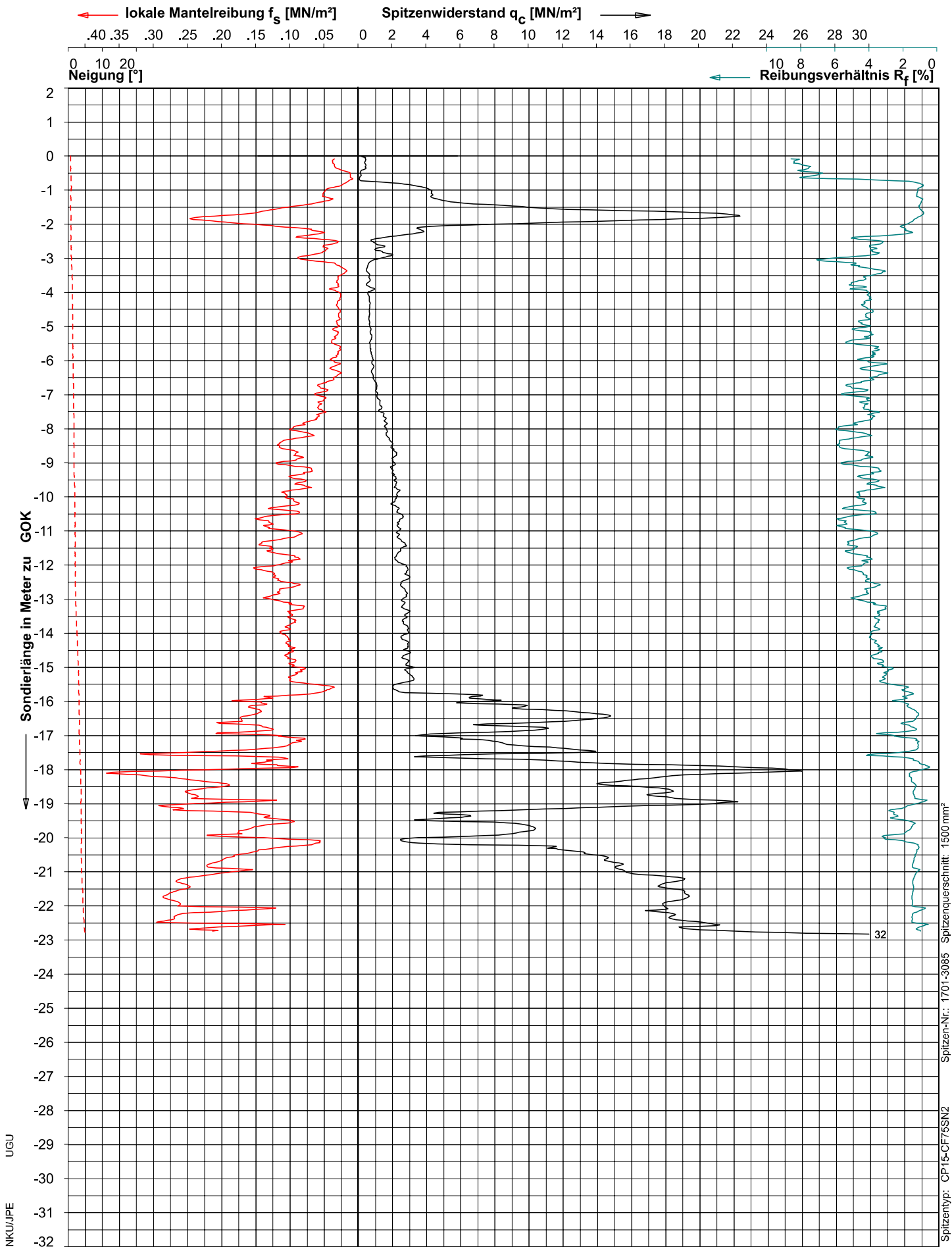
Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

FUGRO Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 16-05-2024
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -10.13 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA06-KSF

DIN ISO 9001



Spitzen-Nr.: 1701-3085 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²
Spitzen-Nr.: CP/15-CF/5SN2
DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

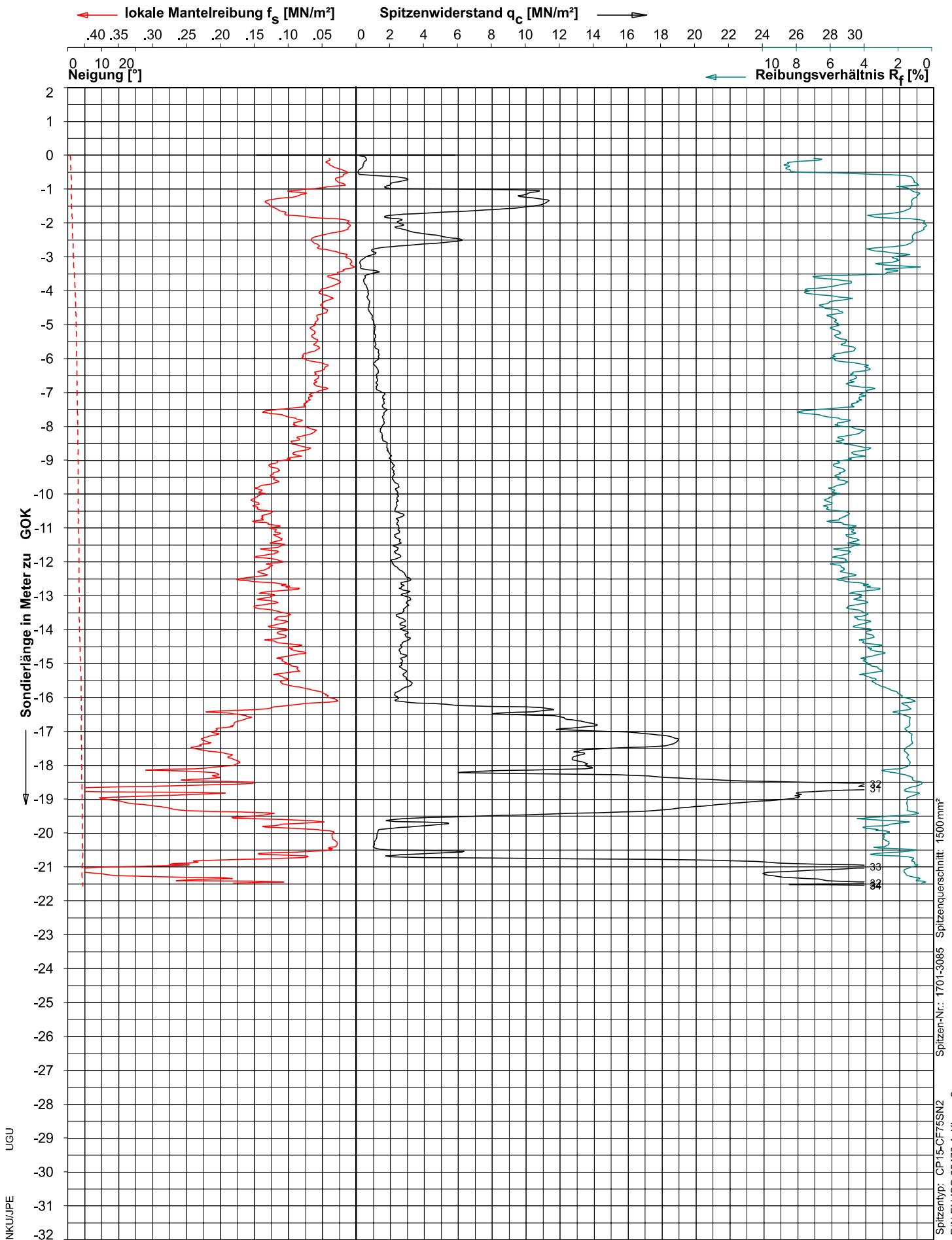
Ing.-Geologie Dr. Lübke
WP Grabstedefeld

FUGRO Fugro Germany Land GmbH
Land Site Characterisation CPT
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 16-05-2024
Sondierende : Auslastung
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -22.84 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
Sondierung : WEA06-N

NKU/JPE UGU



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
 WP Grabstedefeld

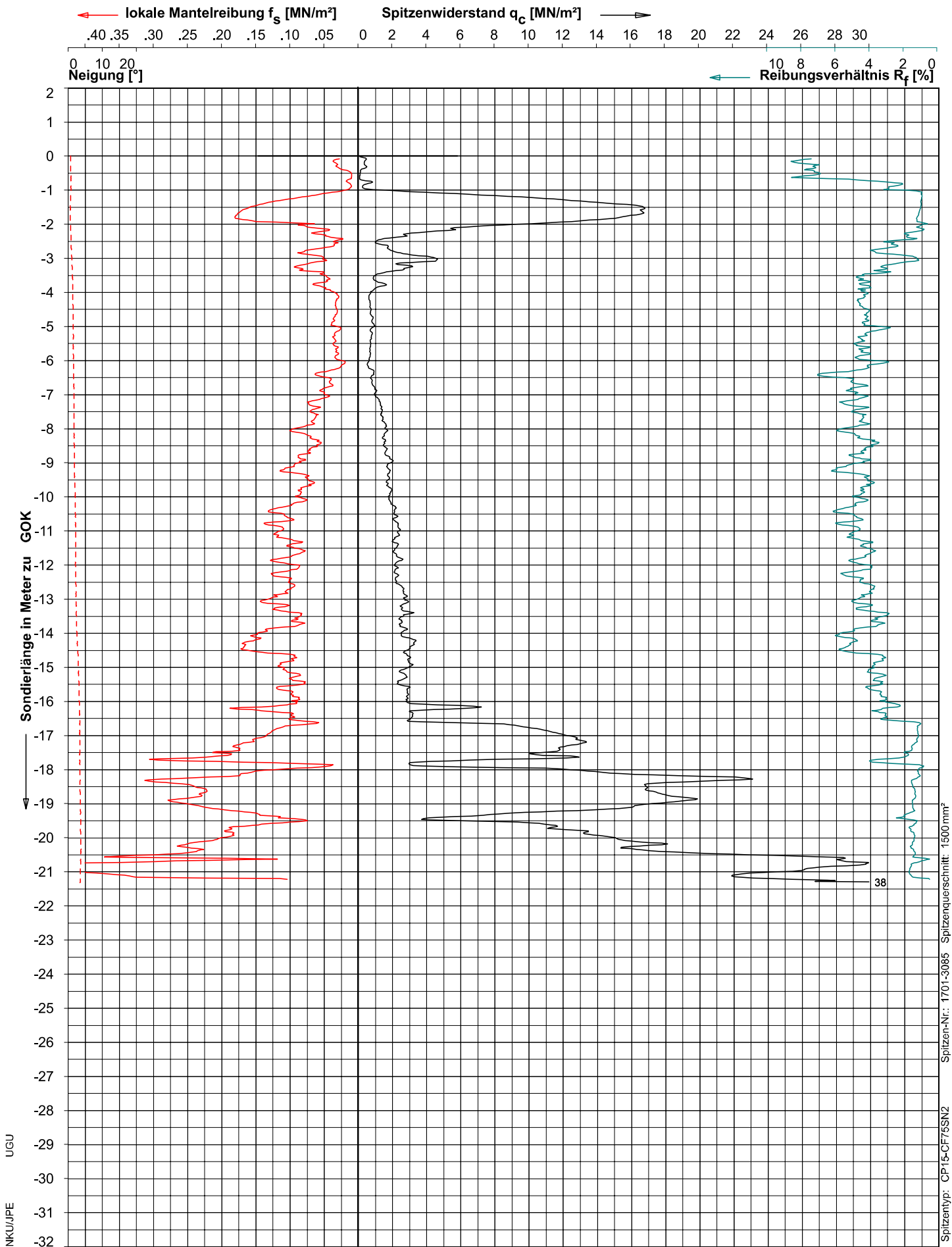


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 16-05-2024
 Sondierende : Auslastung
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -21.57 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
 Sondierung : WEA06-SO

DIN ISO 9001



Spitzen-Nr.: 1701-3085 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²

Spitzen-Nr.: CP/15-CF/5SN2
DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ing.-Geologie Dr. Lübke
WP Grabstedefeld

FUGRO Fugro Germany Land GmbH
Land Site Characterisation CPT
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 16-05-2024
Sondierende : Auslastung
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -21.33 m zu GOK

Projekt: 280-24-0115-L
Sondierung : WEA06-SW

NKU/JPE UGU



ANLAGE 4

Wassergehalte, DIN EN ISO 17892-1

BESTIMMUNG DES WASSERGEHALTES

nach DIN EN ISO 17892-1

Bauvorhaben:	WP Grabsteder Feld	Kontr.-Nr.:	2024-0107
		Anlage:	4
		EDV-Nr.:	
Probe entnommen von:	Ulpts	am:	14.05.2024
Analysen durchgeführt von:	Langfermann	am:	21.06.2024

Nr.	Probenbezeichnung	Gewicht des Behälters [g]	Gewicht der Probe + Behälter		Wassergehalt [%]
			feucht [g]	trocken [g]	
1	WEA 1, 1-3: 2,30-4,60 m	15,06	269,94	229,89	18,6
2	WEA 3, 3-3: 1,60-3,60 m	3,37	54,86	44,45	25,3
3	WEA 3, 3-4: 3,60-5,40 m	3,32	51,66	41,04	28,2
4	WEA 3, 3-5: 5,40-8,00 m	3,37	53,30	42,39	28,0
5	WEA 3, 3-6: 8,00-10,00 m	3,34	56,09	43,96	29,9
6	WEA 5, 5-3: 1,60-3,60 m	3,31	60,88	54,65	12,1
7	WEA 6, 6-3: 1,00-2,40 m	15,06	268,93	232,45	16,8
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					



ANLAGE 5

Körnungslinien, DIN EN ISO 17892-4



INGENIEURGEOLOGIE
DR. LÜBBE
GMBH & CO. KG

Bearbeiter: Langfermann

Datum: 21.06.2024

Körnungslinie

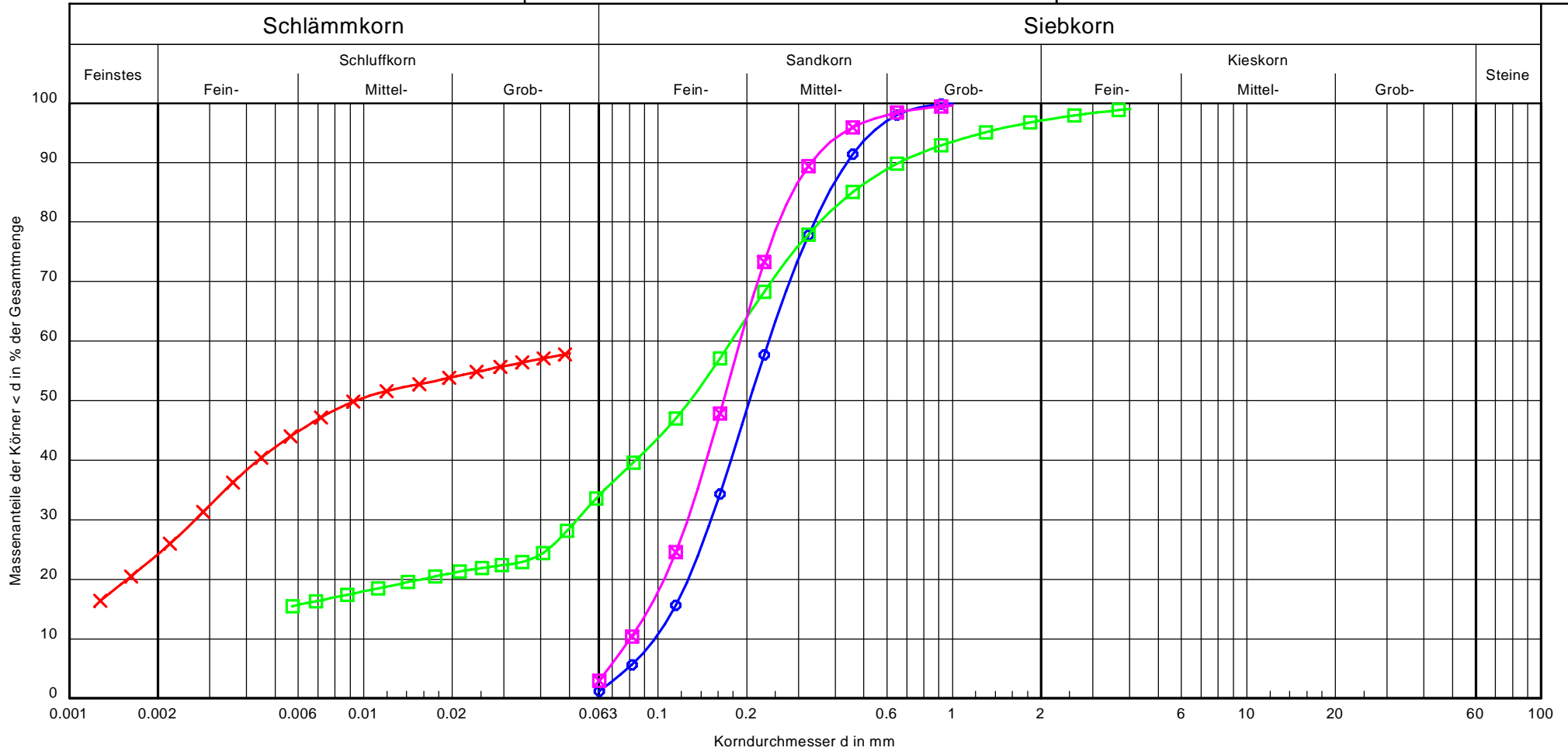
WP Grabsteder Feld

Prüfungsnummer: 2024-0107

Probe entnommen am: 14.06.2024

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: DIN EN ISO 17892-4



Bezeichnung:	Blue Circles	Red Crosses	Green Squares	Pink Squares
Bodenart:	fS, mS	U, t	S, ū	fS, mS
Tiefe:	2,30-4,60 m	1,60-3,60 m	1,60-3,60 m	1,00-2,40 m
U/Cc	2,4/1,0	-/-	-/-	2,4/1,0
Entnahmestelle:	RKS 1-3	RKS 3-3	RKS 5-3	RKS 6-3
kf (HAZEN):	$1.1 \cdot 10^{-4}$	-	-	$7.5 \cdot 10^{-5}$
T/U/S/G [%]:	-/1.2/98.8/-	24.2/75.8/-/-	-/34.0/63.0/3.0	-/3.0/97.0/-
Frostsicherheit:	F1	-	F3	F1

Bemerkungen:

Bericht: 2024-0107
 Anlage: 5



ANLAGE 6
Analysenergebnisse Grundwasser

Eurofins Umwelt Nord GmbH - Mellumstraße 3a - 26125 Oldenburg

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
Füchteler Straße 29
49377 Vechta

Titel: **Prüfbericht zu Auftrag 32416519**Prüfberichtsnummer: **AR-24-DX-003167-01**Auftragsbezeichnung: **WP Grabstедerfeld**Anzahl Proben: **6**Probenart: **Grundwasser**Probenehmer: **keine Angabe, Probe(n) wurde(n) an das Labor ausgehändigt**Probeneingangsdatum: **21.05.2024**Prüfzeitraum: **21.05.2024 - 31.05.2024**

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Anhänge:*XML_Export_AR-24-DX-003167-01.xml*

Imke Wulff

Prüfleitung

+49 441 218300

Digital signiert, 31.05.2024

Franziska Thomas

Prüfleitung

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		WEA 1	WEA 2	WEA 3
				BG	Einheit	324075349	324075350	324075351
Physikalisch-chemische Kenngrößen								
Färbung qualit.	AN/u	L8	DIN EN ISO 7887 (C1): 2012-04			leicht gelb	leicht gelb	leicht gelb
Trübung (qualitativ)	AN/f		qualitativ			ohne	ohne	ohne
Geruch (qualitativ)	AN/u	L8	DEV B 1/2: 1971			ohne	ohne	ohne
Geruch, angesäuert (qualitativ)	AN/f	L8	DEV B 1/2: 1971			ohne	ohne	ohne
pH-Wert	AN/u	L8	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			5,3 ¹⁾	6,1 ¹⁾	6,5 ¹⁾
Temperatur pH-Wert	AN/u	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	25,8	25,9	25,3
Anorganische Summenparameter								
Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	AN/u	L8	DIN 38409-7 (H7-2): 2005-12	0,1	mmol/l	0,2	0,7	0,7
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	AN/u	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	25,8	25,9	25,3
Säurekapazität nach CaCO ₃ -Zugabe	AN/f	L8	DIN 38404-10 (C10): 2012-12	0,1	mmol/l	1,7	3,2	1,7
Kalkaggressives Kohlendioxid	AN/f		DIN 38404-10 (C10): 2012-12	5,0	mg/l	32	54	22
Anionen								
Sulfat (SO ₄)	AN/f	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	110	82	79
Kationen								
Ammonium	AN/f	L8	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	1,6	1,2	1,2
Ammonium-Stickstoff	AN/f	L8	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,05	mg/l	1,3	0,97	0,91
Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV								
Eisen (Fe)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	17,3	6,25	18,5
Elemente aus der filtrierten Probe								
Magnesium (Mg)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	9,55	14,2	15,3

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		WEA 4	WEA 5	WEA 6
				BG	Einheit	324075352	324075353	324075354

Physikalisch-chemische Kenngrößen

Färbung qualit.	AN/u	L8	DIN EN ISO 7887 (C1): 2012-04			leicht gelb	leicht gelb	leicht gelb
Trübung (qualitativ)	AN/f		qualitativ			ohne	ohne	ohne
Geruch (qualitativ)	AN/u	L8	DEV B 1/2: 1971			ohne	ohne	ohne
Geruch, angesäuert (qualitativ)	AN/f	L8	DEV B 1/2: 1971			ohne	ohne	ohne
pH-Wert	AN/u	L8	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			4,8 ¹⁾	6,6 ¹⁾	6,1 ¹⁾
Temperatur pH-Wert	AN/u	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	25,8	25,3	25,6

Anorganische Summenparameter

Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	AN/u	L8	DIN 38409-7 (H7-2): 2005-12	0,1	mmol/l	0,1	2,2	1,1
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	AN/u	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	25,8	25,3	25,6
Säurekapazität nach CaCO ₃ -Zugabe	AN/f	L8	DIN 38404-10 (C10): 2012-12	0,1	mmol/l	2,5	7,0	3,8
Kalkaggressives Kohlendioxid	AN/f		DIN 38404-10 (C10): 2012-12	5,0	mg/l	52	110	59

Anionen

Sulfat (SO ₄)	AN/f	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	110	81	3,5
---------------------------	------	----	--------------------------------------	-----	------	-----	----	-----

Kationen

Ammonium	AN/f	L8	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	1,6	1,4	7,5
Ammonium-Stickstoff	AN/f	L8	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,05	mg/l	1,3	1,1	5,8

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Eisen (Fe)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	10,9	6,09	44,5
------------	------	----	--------------------------------------	-------	------	------	------	------

Elemente aus der filtrierten Probe

Magnesium (Mg)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	9,53	14,4	3,25
----------------	------	----	--------------------------------------	------	------	------	------	------

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akkr. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ Die Analyse erfolgte nach Probentransport ins Labor. Das Ergebnis kann aufgrund einer erhöhten Messunsicherheit von dem gegebenenfalls bei der Probenahme ermittelten Wert abweichen.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Vorgebirgsstrasse 20, Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit L8 gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

/u - Die Analyse des Parameters erfolgte in Untervergabe.

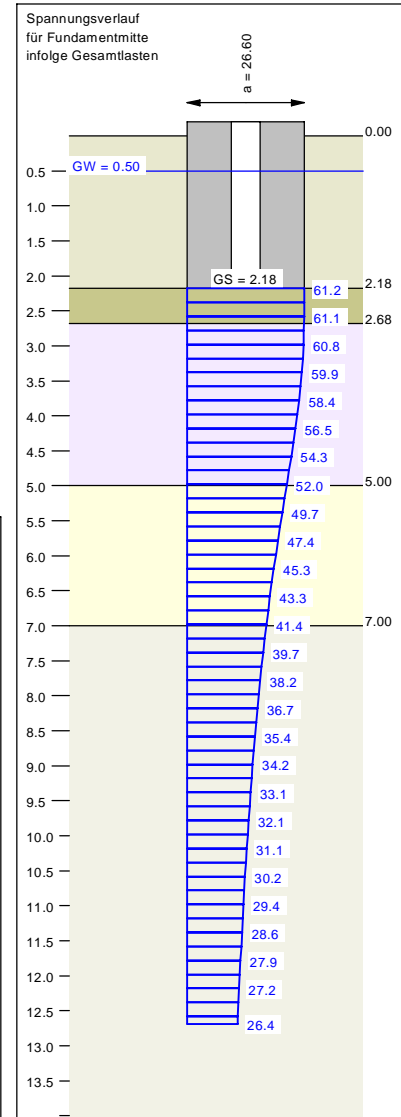
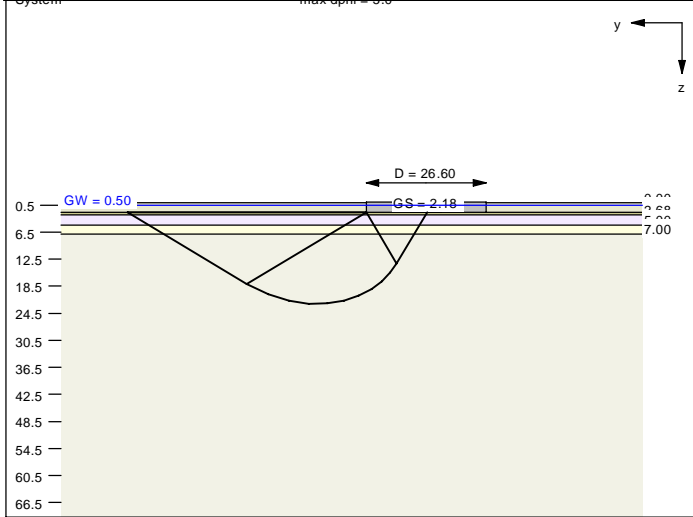
/f - Die Analyse des Parameters erfolgte in Fremdvergabe.



ANLAGE 7.1-7.12

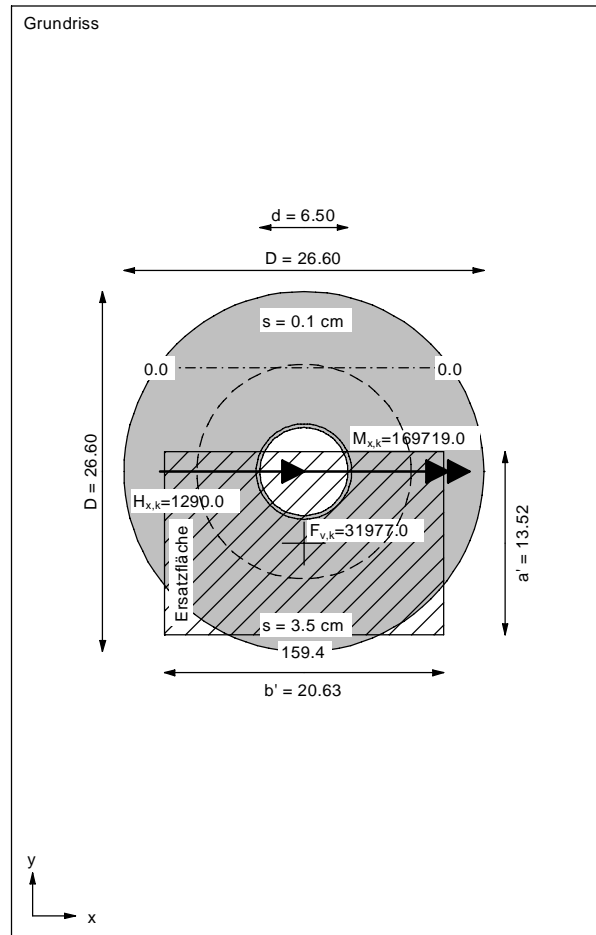
Setzungsberechnungen, Grundbuch, Drehfeder

Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E_s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	30.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	42.0	0.0	0.00	100.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	35.0	0.0	0.00	50.0	1.000	Sand, md
	18.0/10.0	27.0	10.0	0.00	10.0	1.000	Lauenb. Ton
	19.0/10.0	35.0	0.0	0.00	50.0	1.000	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 WP Grabsteder Feld, WEA 1, BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma(G) = 1.10$
 Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungssohle = 2.18 m
 Grundwasser = 0.50 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 Teilsicherheitskonzept
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 31977.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1290.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 169719.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser $D = 26.600$ m
 Durchmesser (innen) $d = 6.500$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m

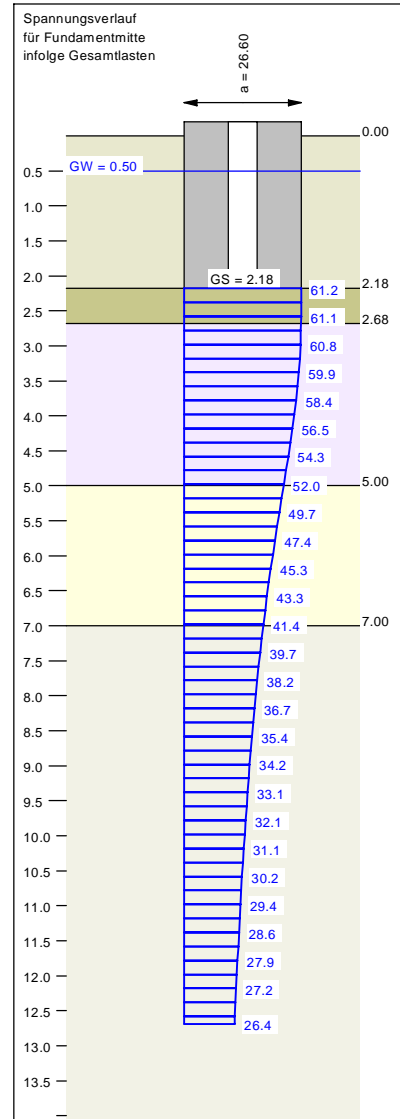
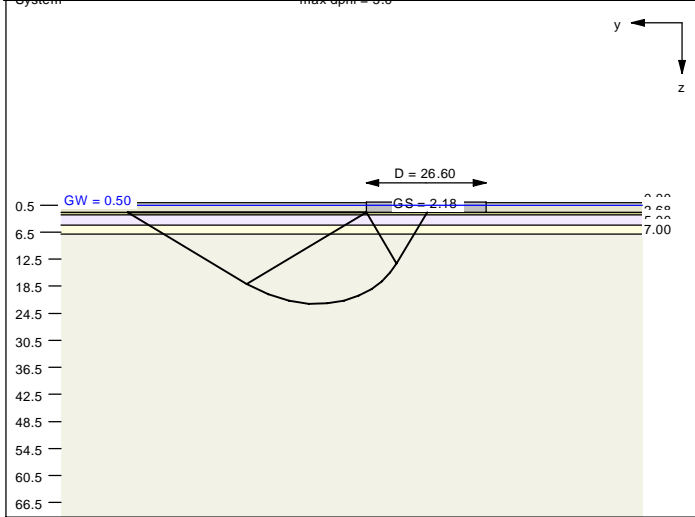
$\text{cal } \varphi = 28.3^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\text{cal } c = 0.77$ kN/m²
 $\text{cal } \gamma_2 = 10.08$ kN/m³
 $\text{cal } \sigma_{\bar{u}} = 25.80$ kN/m²
 UK log. Spirale = 22.40 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 81.01 m
 Fläche log. Spirale = 850.79 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 26.40$; $N_{d0} = 15.22$; $N_{b0} = 7.66$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.333$; $v_d = 1.311$; $v_b = 0.803$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.906$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 31977.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 16783.57$ kN
 $T_d = 1741.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.104$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.69$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.78 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.09 cm
 unten = 3.46 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 667.0
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 113199.5$ MN-m/rad

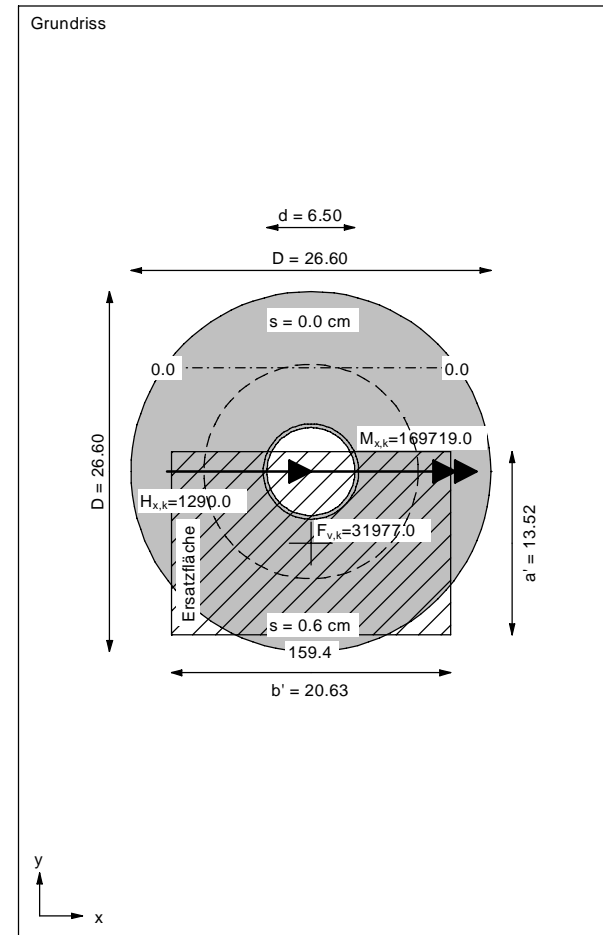
Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1270.8 / 907.74$ kN/m²
 $R_{n,k} = 354614.57$ kN
 $R_{n,d} = 253296.12$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 31977.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 43168.95$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.170

Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	150.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	42.0	0.0	0.00	300.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	35.0	0.0	0.00	200.0	1.000	Sand, md
	18.0/10.0	27.0	10.0	0.00	80.0	1.000	Lauenb. Ton
	19.0/10.0	35.0	0.0	0.00	200.0	1.000	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 WP Grabsteder Feld, WEA 1, dynamisch
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma(GI) = 1.10$
 Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungssohle = 2.18 m
 Grundwasser = 0.50 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 ----- 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 31977.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1290.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 169719.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser D = 26.600 m
 Durchmesser (innen) d = 6.500 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m

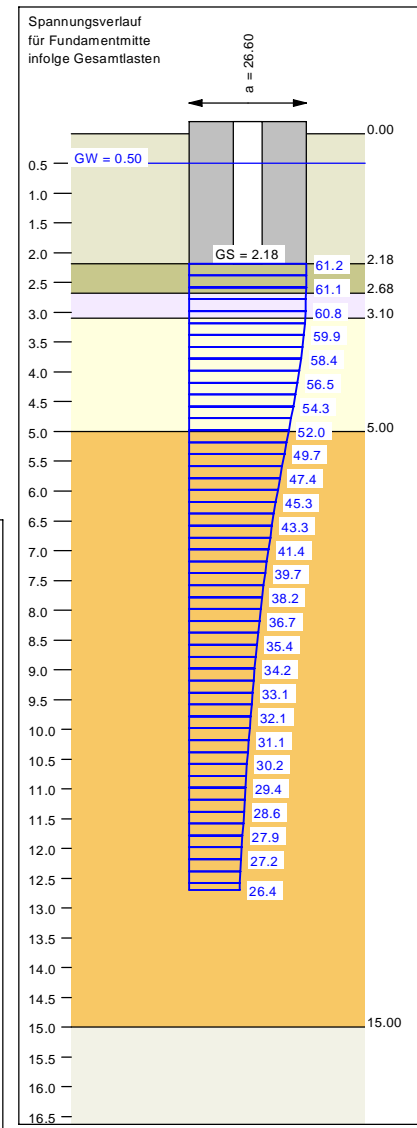
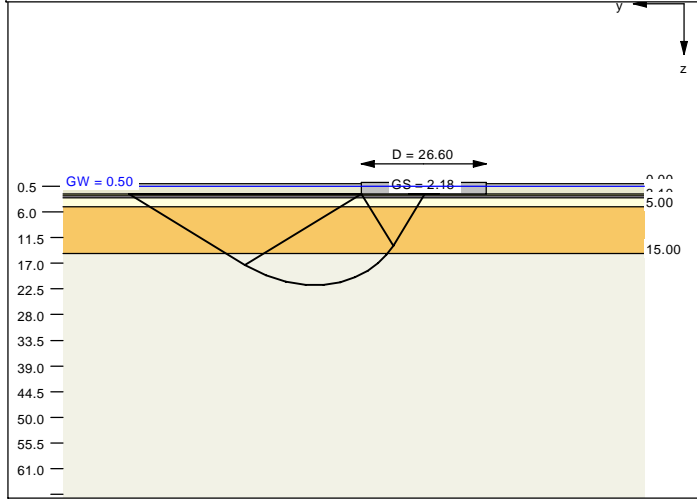
cal $\varphi = 28.3^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 0.77 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.08$ kN/m³
 cal $\sigma_{\bar{u}} = 25.80$ kN/m²
 UK log. Spirale = 22.40 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 81.01 m
 Fläche log. Spirale = 850.79 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 26.40$; $N_{d0} = 15.22$; $N_{b0} = 7.66$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.333$; $v_d = 1.311$; $v_b = 0.803$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.906$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 31977.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 16783.57$ kN
 $T_d = 1741.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.104$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.69$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.32 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.02 cm
 unten = 0.62 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 3744.4
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 635492.4$ MN-m/rad

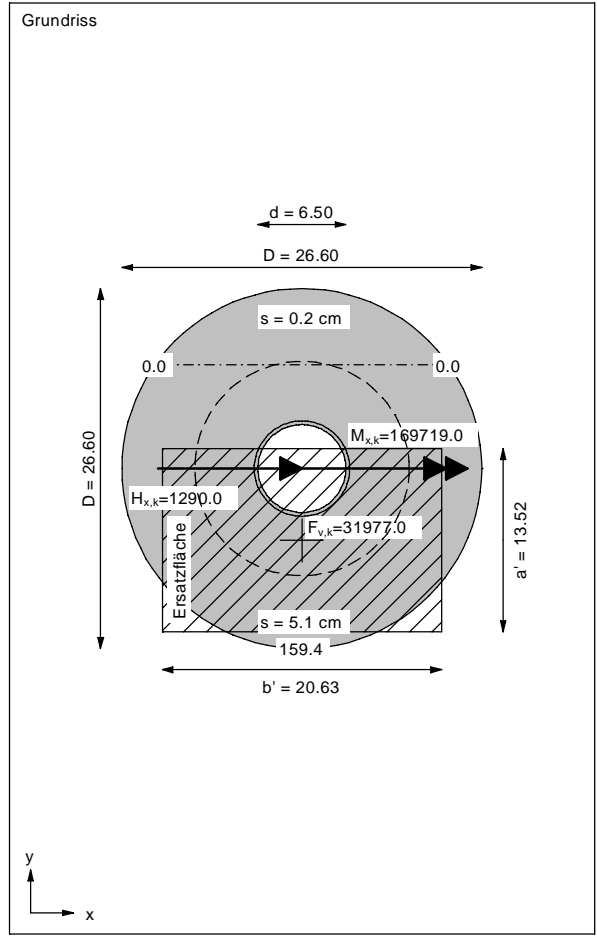
Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1270.8 / 907.74$ kN/m²
 $R_{n,k} = 354614.57$ kN
 $R_{n,d} = 253296.12$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 31977.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 43168.95$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.170

Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E_s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	30.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	42.0	0.0	0.00	100.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	35.0	0.0	0.00	50.0	1.000	BA, Sand, md
	18.0/10.0	27.0	10.0	0.00	12.0	1.000	Lauenb. Ton
	18.0/10.0	27.0	20.0	0.00	20.0	1.000	Lauenb. Ton
	19.0/10.0	35.0	0.0	0.00	50.0	1.000	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 WP Grabsteder Feld, WEA 2, BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma(G) = 1.10$
 Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungssohle = 2.18 m
 Grundwasser = 0.50 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 Teilsicherheitskonzept
 - - - - 1. Kernweite
 - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 31977.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1290.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 169719.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser $D = 26.600$ m
 Durchmesser (innen) $d = 6.500$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m

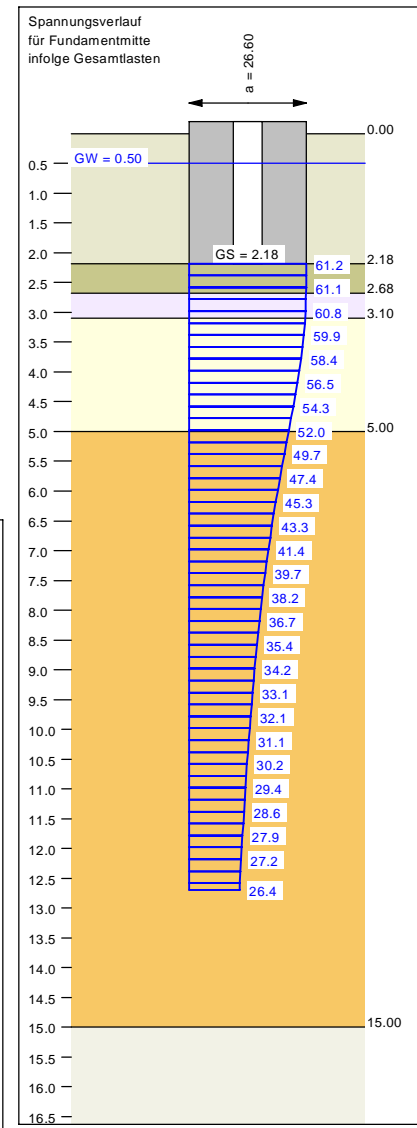
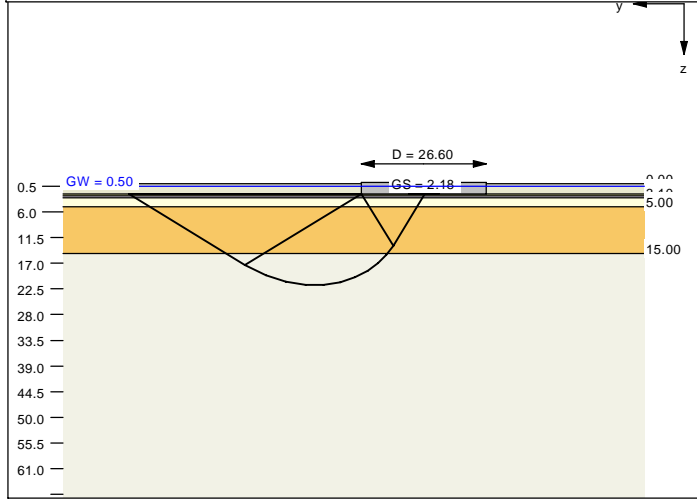
$\text{cal } \varphi = 27.2^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\text{cal } c = 8.77$ kN/m²
 $\text{cal } \gamma_2 = 10.08$ kN/m³
 $\text{cal } \sigma_{\bar{u}} = 25.80$ kN/m²
 UK log. Spirale = 21.67 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 77.46 m
 Fläche log. Spirale = 782.66 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 24.32$; $N_{d0} = 13.50$; $N_{b0} = 6.43$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.324$; $v_d = 1.300$; $v_b = 0.803$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.906$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 31977.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 16783.57$ kN
 $T_d = 1741.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.104$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.69$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.65 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.16 cm
 unten = 5.14 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 451.5
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 76631.7$ MN-m/rad

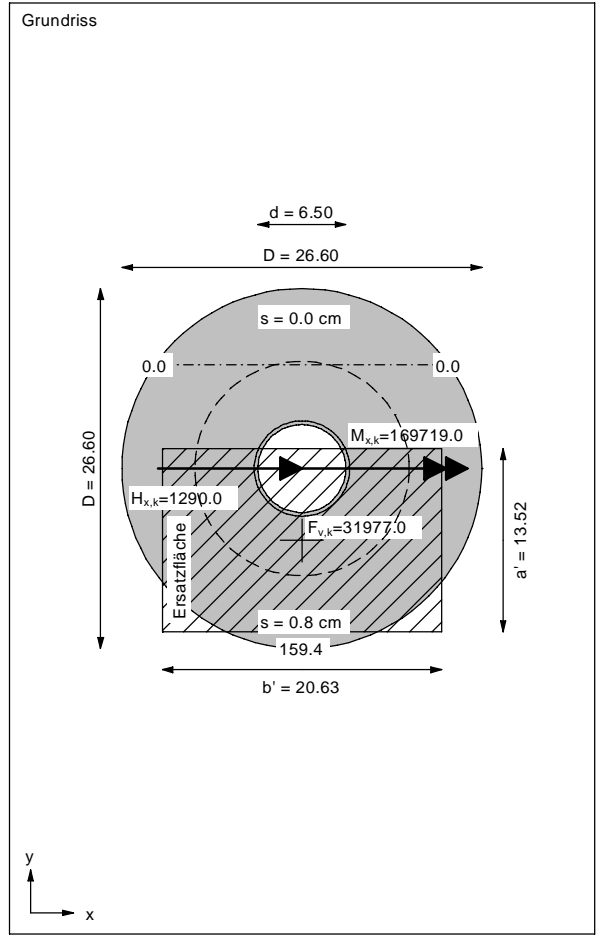
Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1330.5 / 950.36$ kN/m²
 $R_{n,k} = 371264.66$ kN
 $R_{n,d} = 265189.04$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 31977.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 43168.95$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.163

Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	150.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	42.0	0.0	0.00	300.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	35.0	0.0	0.00	200.0	1.000	BA, Sand, md
	18.0/10.0	27.0	10.0	0.00	96.0	1.000	Lauenb. Ton
	18.0/10.0	27.0	20.0	0.00	120.0	1.000	Lauenb. Ton
	19.0/10.0	35.0	0.0	0.00	200.0	1.000	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 WP Grabsteden Feld, WEA 2, dynamisch
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma(G) = 1.10$
 Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungssohle = 2.18 m
 Grundwasser = 0.50 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 ----- 1. Kernweite
 ----- 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 31977.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1290.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 169719.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser D = 26.600 m
 Durchmesser (innen) d = 6.500 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m

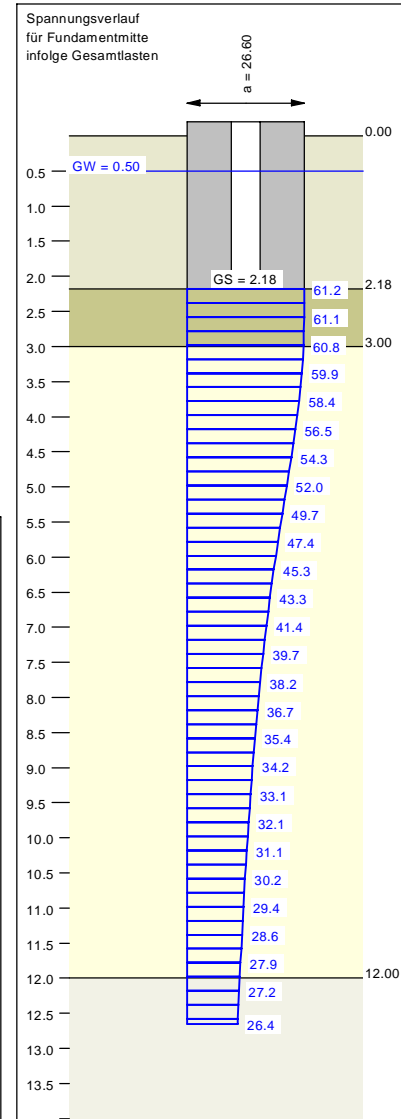
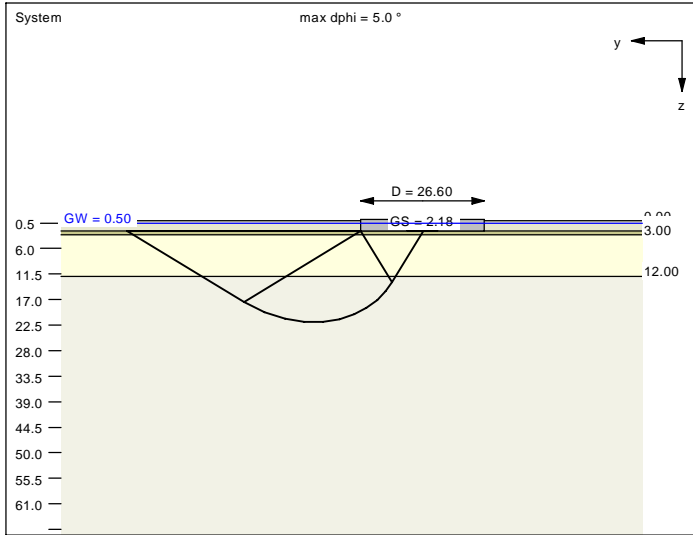
cal $\varphi = 27.2^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 8.77 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.08$ kN/m³
 cal $\sigma_{\bar{u}} = 25.80$ kN/m²
 UK log. Spirale = 21.67 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 77.46 m
 Fläche log. Spirale = 782.66 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 24.32$; $N_{d0} = 13.50$; $N_{b0} = 6.43$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.324$; $v_d = 1.300$; $v_b = 0.803$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.906$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 31977.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 16783.57$ kN
 $T_d = 1741.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.104$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.69$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.41 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.03 cm
 unten = 0.79 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 2930.3
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 497320.7$ MN-m/rad

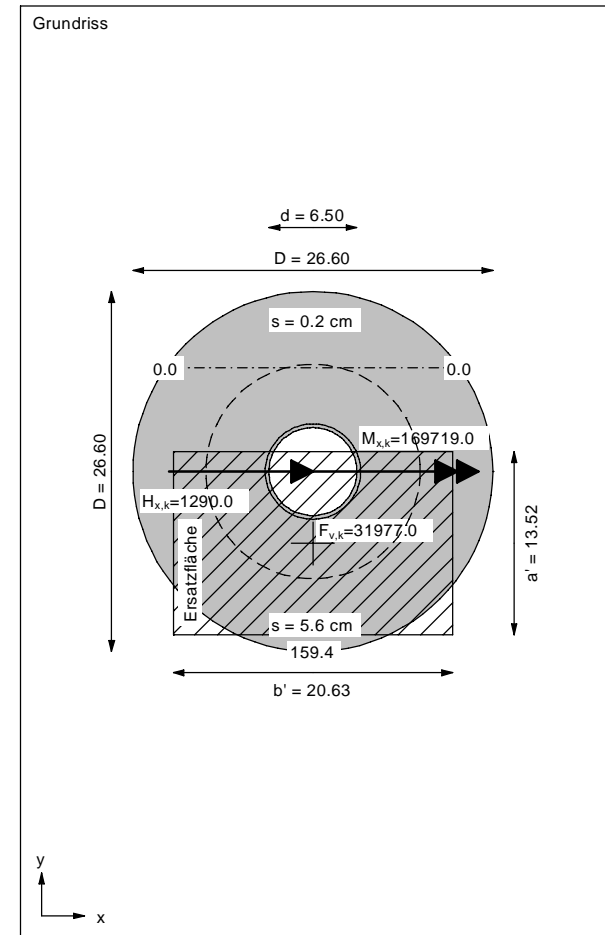
Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1330.5 / 950.36$ kN/m²
 $R_{n,k} = 371264.66$ kN
 $R_{n,d} = 265189.04$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 31977.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 43168.95$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.163

Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	30.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	42.0	0.0	0.00	100.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	27.0	10.0	0.00	15.0	1.000	Lauenb. Ton
	19.0/10.0	35.0	0.0	0.00	50.0	1.000	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 WP Grabsteden Feld, WEA 3, BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma(G) = 1.10$
 Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungssohle = 2.18 m
 Grundwasser = 0.50 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 Teilsicherheitskonzept
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 31977.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1290.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 169719.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser D = 26.600 m
 Durchmesser (innen) d = 6.500 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m

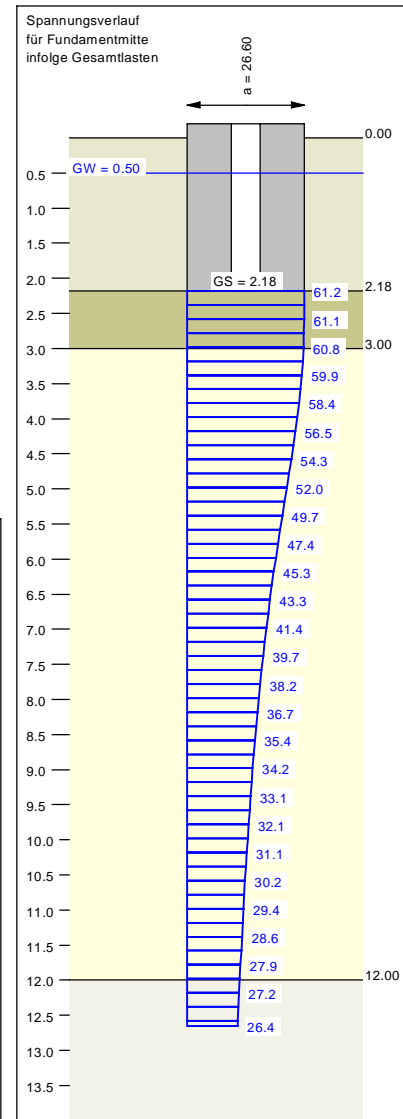
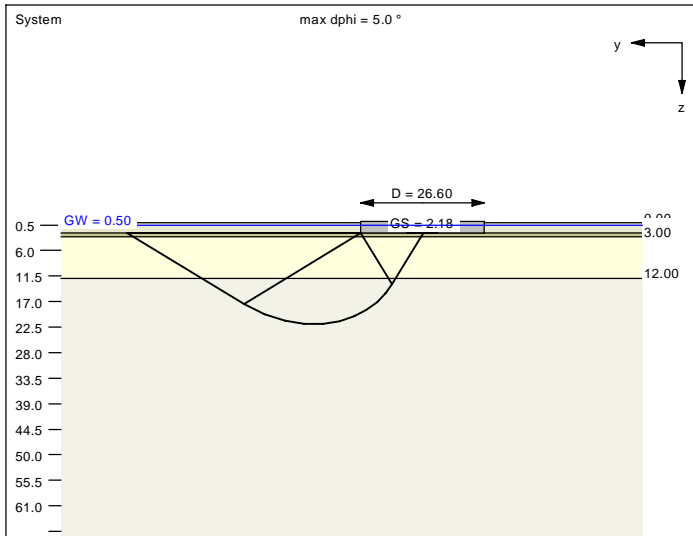
cal $\varphi = 27.4^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 3.57 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.13$ kN/m³
 cal $\sigma_{\bar{u}} = 25.80$ kN/m²
 UK log. Spirale = 21.81 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 78.15 m
 Fläche log. Spirale = 795.79 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 24.72$; $N_{d0} = 13.83$; $N_{b0} = 6.66$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.325$; $v_d = 1.302$; $v_b = 0.803$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.906$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 31977.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 16783.57$ kN
 $T_d = 1741.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.104$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.66$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.87 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.19 cm
 unten = 5.56 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 419.1
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 71133.5$ MN-m/rad

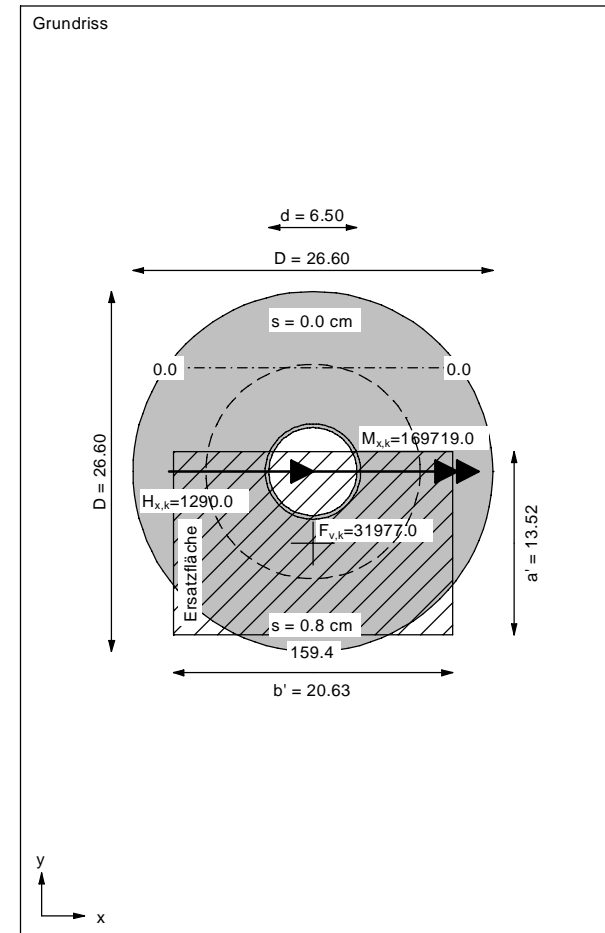
Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1212.1 / 865.80$ kN/m²
 $R_{n,k} = 338229.14$ kN
 $R_{n,d} = 241592.24$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 31977.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 43168.95$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.179

Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	150.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	42.0	0.0	0.00	300.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	27.0	10.0	0.00	105.0	1.000	Lauenb. Ton
	19.0/10.0	35.0	0.0	0.00	200.0	1.000	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 WP Grabsteden Feld, WEA 3, dynamisch
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma(GI) = 1.10$
 Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungssohle = 2.18 m
 Grundwasser = 0.50 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 ----- 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 31977.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1290.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 169719.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser D = 26.600 m
 Durchmesser (innen) d = 6.500 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m

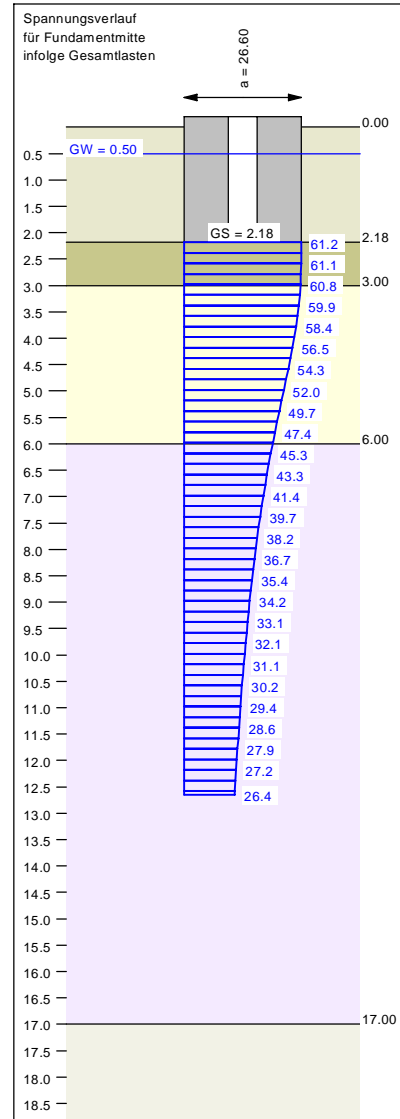
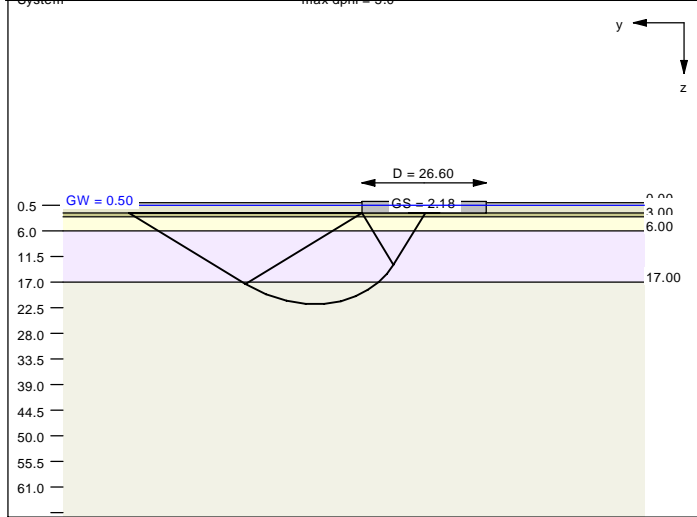
$\text{cal } \varphi = 27.4^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\text{cal } c = 3.57$ kN/m²
 $\text{cal } \gamma_2 = 10.13$ kN/m³
 $\text{cal } \sigma_{\bar{u}} = 25.80$ kN/m²
 UK log. Spirale = 21.81 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 78.15 m
 Fläche log. Spirale = 795.79 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 24.72$; $N_{d0} = 13.83$; $N_{b0} = 6.66$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.325$; $v_d = 1.302$; $v_b = 0.803$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.906$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 31977.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 16783.57$ kN
 $T_d = 1741.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.104$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.66$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.43 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.03 cm
 unten = 0.82 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 2827.7
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 479913.7$ MN-m/rad

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1212.1 / 865.80$ kN/m²
 $R_{n,k} = 338229.14$ kN
 $R_{n,d} = 241592.24$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 31977.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 43168.95$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.179

Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	30.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	42.0	0.0	0.00	100.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	27.0	10.0	0.00	12.0	1.000	Lauenb. Ton, st
	18.0/10.0	27.0	20.0	0.00	20.0	1.000	Lauenb. Ton, hf
	19.0/10.0	35.0	0.0	0.00	50.0	1.000	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 WP Grabsteden Feld, WEA 4, BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma(GI) = 1.10$
 Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungssohle = 2.18 m
 Grundwasser = 0.50 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 Teilsicherheitskonzept
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

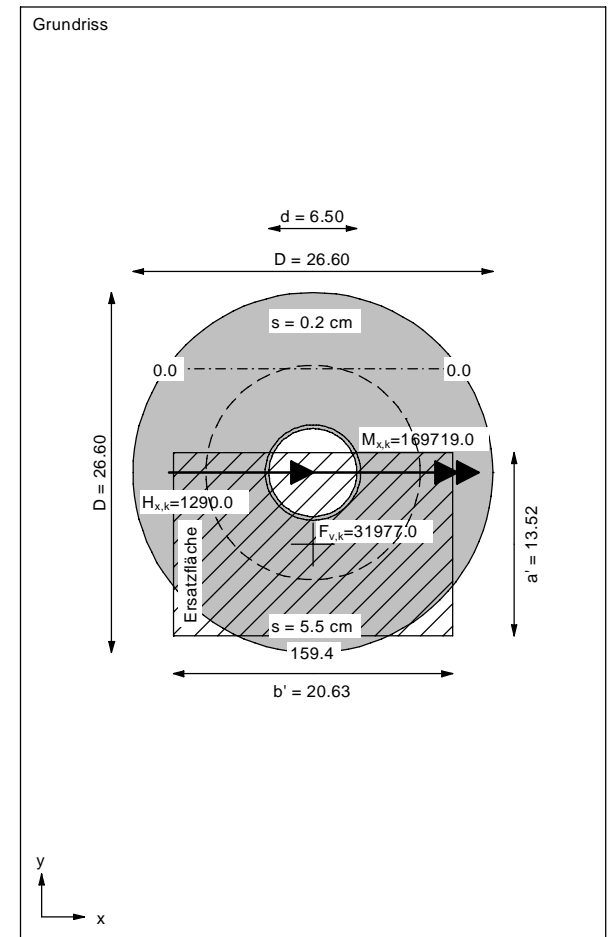
Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 31977.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1290.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 169719.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser D = 26.600 m
 Durchmesser (innen) d = 6.500 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1390.1 / 992.94$ kN/m²
 $R_{n,k} = 387898.28$ kN
 $R_{n,d} = 277070.20$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 31977.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 43168.95$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.156

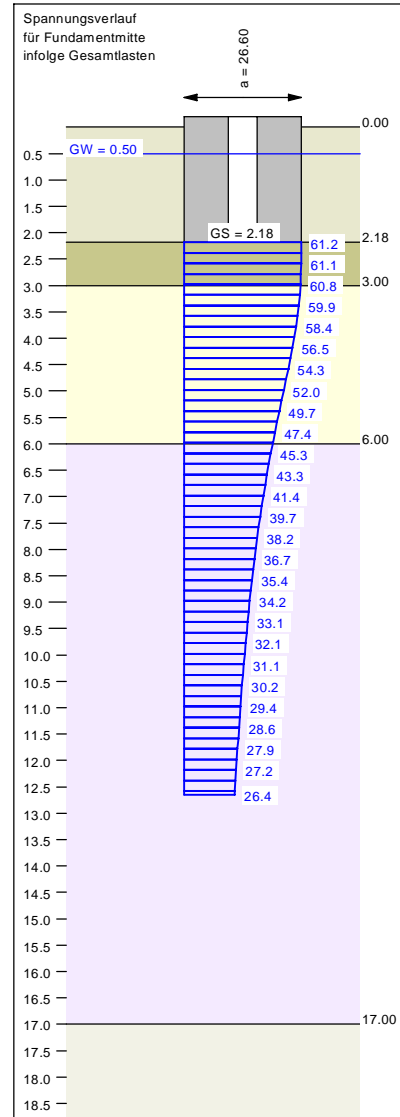
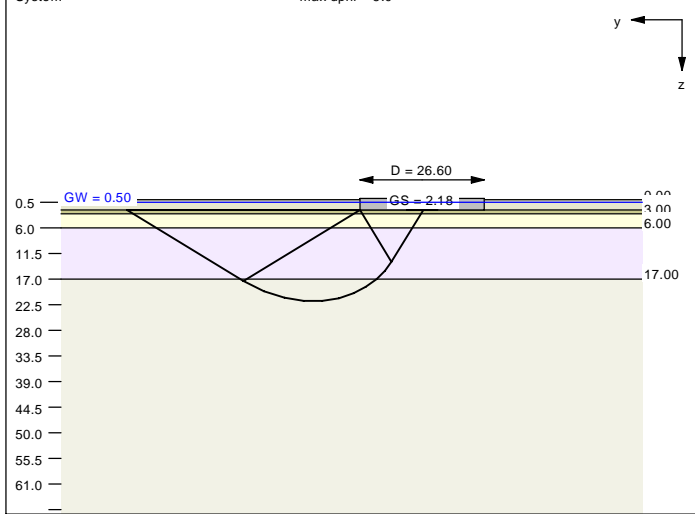
cal $\varphi = 27.3^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 10.09 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.13$ kN/m³
 cal $\sigma_{\bar{u}} = 25.80$ kN/m²
 UK log. Spirale = 21.73 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 77.75 m
 Fläche log. Spirale = 788.25 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 24.49$; $N_{d0} = 13.64$; $N_{b0} = 6.52$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.324$; $v_d = 1.301$; $v_b = 0.803$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.906$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 31977.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 16783.57$ kN
 $T_d = 1741.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.104$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.66$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.85 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.17 cm
 unten = 5.53 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 418.7
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 71069.7$ MN-m/rad

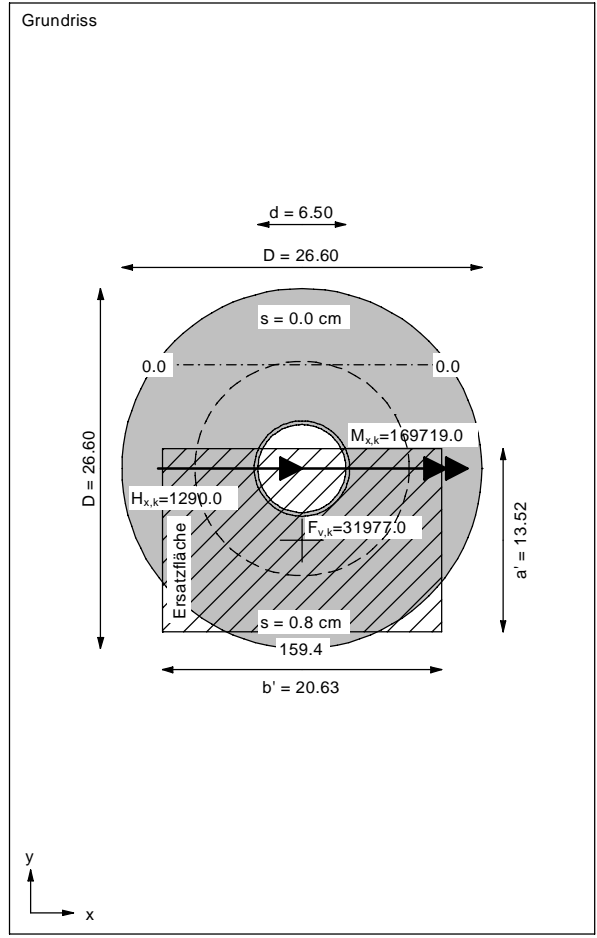


Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	150.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	42.0	0.0	0.00	300.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	27.0	10.0	0.00	96.0	1.000	Lauenb. Ton, st
	18.0/10.0	27.0	20.0	0.00	120.0	1.000	Lauenb. Ton, hf
	19.0/10.0	35.0	0.0	0.00	200.0	1.000	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 WP Grabsteden Feld, WEA 4, dynamisch
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma(GI) = 1.10$
 Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungssohle = 2.18 m
 Grundwasser = 0.50 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 ----- 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 31977.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1290.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 169719.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser D = 26.600 m
 Durchmesser (innen) d = 6.500 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m

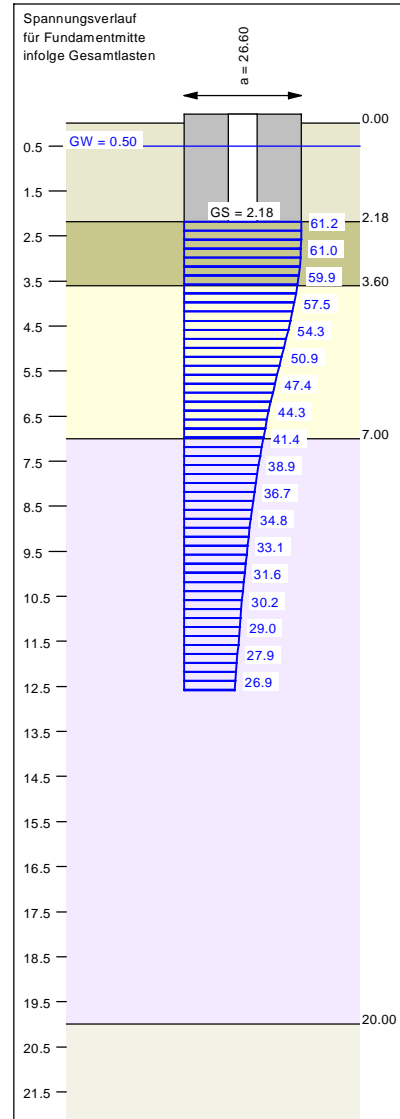
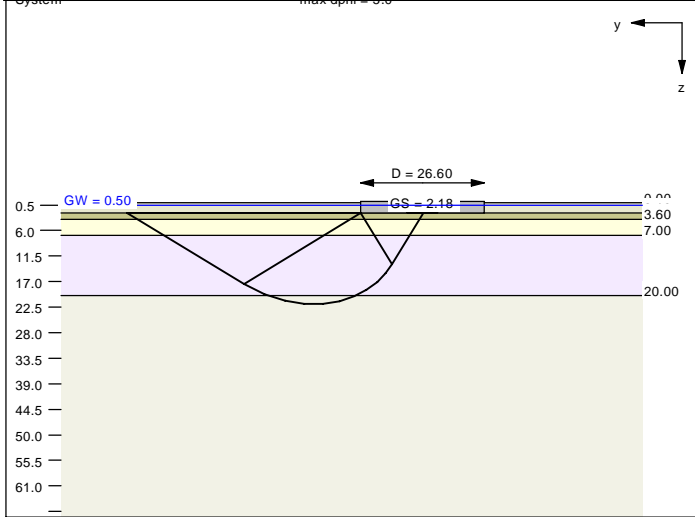
$\text{cal } \varphi = 27.3^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\text{cal } c = 10.09$ kN/m²
 $\text{cal } \gamma_2 = 10.13$ kN/m³
 $\text{cal } \sigma_{\bar{u}} = 25.80$ kN/m²
 UK log. Spirale = 21.73 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 77.75 m
 Fläche log. Spirale = 788.25 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 24.49$; $N_{d0} = 13.64$; $N_{b0} = 6.52$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.324$; $v_d = 1.301$; $v_b = 0.803$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.906$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 31977.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 16783.57$ kN
 $T_d = 1741.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.104$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.66$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.42 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.03 cm
 unten = 0.82 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 2852.7
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 484158.0$ MN-m/rad

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1390.1 / 992.94$ kN/m²
 $R_{n,k} = 387898.28$ kN
 $R_{n,d} = 277070.20$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 31977.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 43168.95$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.156

Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	30.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	42.0	0.0	0.00	100.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	27.0	10.0	0.00	12.0	1.000	Lauenb. Ton, st
	18.0/10.0	27.0	20.0	0.00	20.0	1.000	Lauenb. Ton, hf
	19.0/10.0	35.0	0.0	0.00	50.0	1.000	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 WP Grabsteder Feld, WEA 5, BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma(GI) = 1.10$
 Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungssohle = 2.18 m
 Grundwasser = 0.50 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 Teilsicherheitskonzept
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

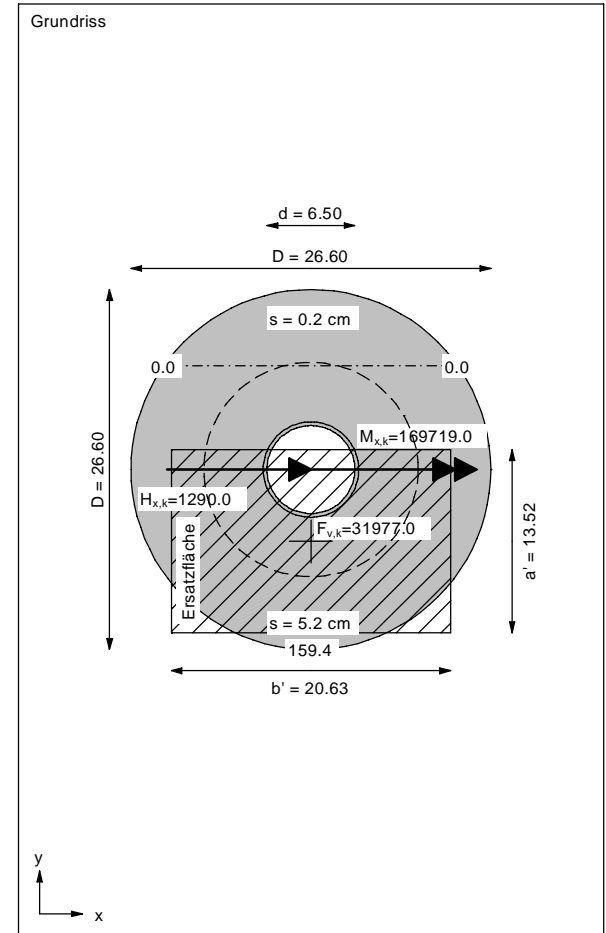
Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 31977.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1290.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 169719.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser D = 26.600 m
 Durchmesser (innen) d = 6.500 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1494.1 / 1067.23$ kN/m²
 $R_{n,k} = 416917.33$ kN
 $R_{n,d} = 297798.09$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 31977.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 43168.95$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.145

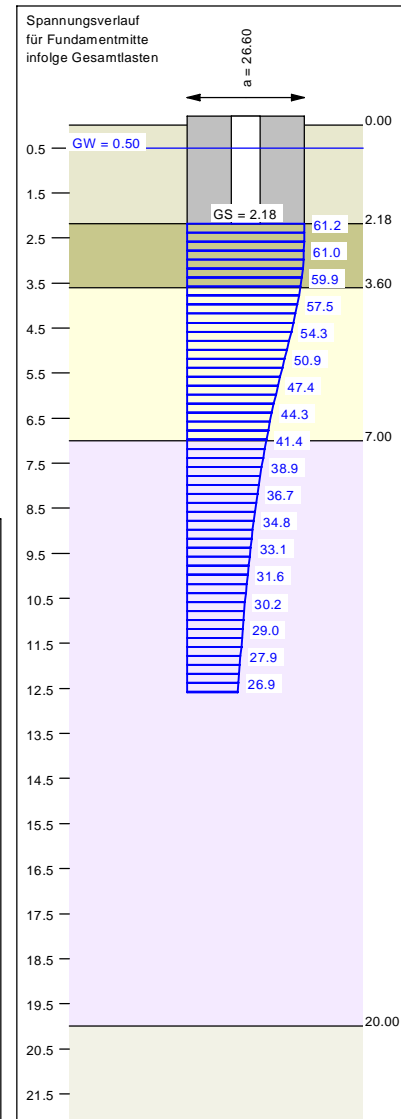
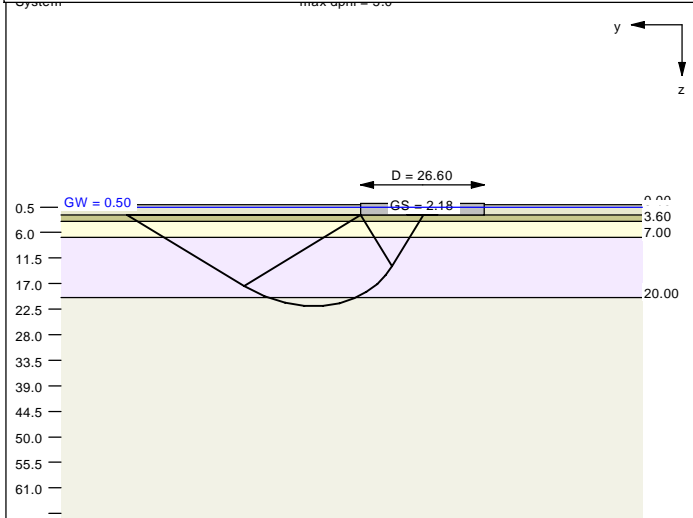
cal $\varphi = 27.4^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 12.59 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.22$ kN/m³
 cal $\sigma_{\bar{u}} = 25.80$ kN/m²
 UK log. Spirale = 21.81 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 78.13 m
 Fläche log. Spirale = 795.30 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 24.70$; $N_{d0} = 13.81$; $N_{b0} = 6.65$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.325$; $v_d = 1.302$; $v_b = 0.803$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.906$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 31977.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 16783.57$ kN
 $T_d = 1741.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.104$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.59$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.70 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.17 cm
 unten = 5.22 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 445.0
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 75526.0$ MN-m/rad

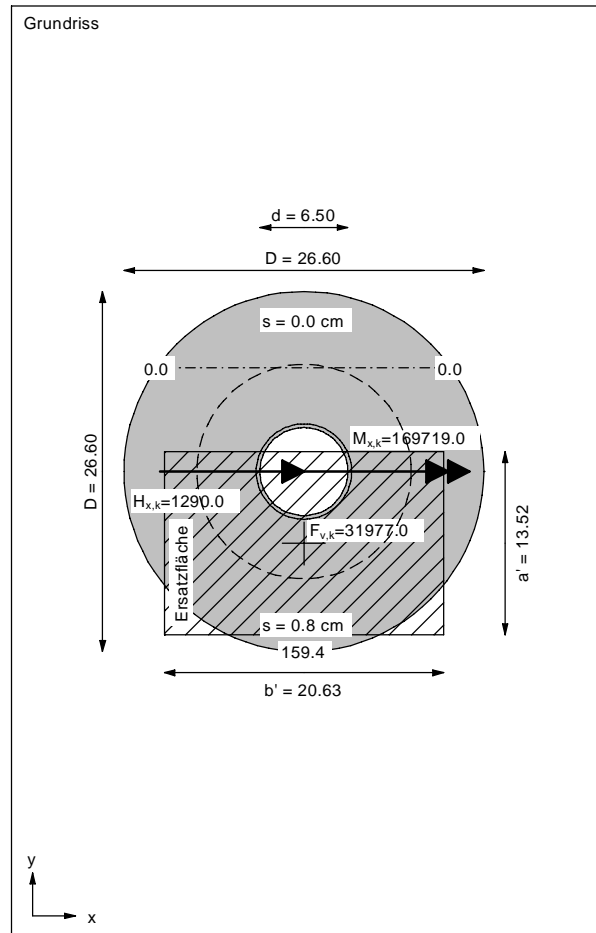


Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	150.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	42.0	0.0	0.00	300.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	27.0	10.0	0.00	96.0	1.000	Lauenb. Ton, st
	18.0/10.0	27.0	20.0	0.00	120.0	1.000	Lauenb. Ton, hf
	19.0/10.0	35.0	0.0	0.00	200.0	1.000	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 WP Grabsteden Feld, WEA 5, dynamisch
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_{(G)} = 1.50$
 Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungssohle = 2.18 m
 Grundwasser = 0.50 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 ----- 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 31977.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1290.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 169719.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser D = 26.600 m
 Durchmesser (innen) d = 6.500 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m

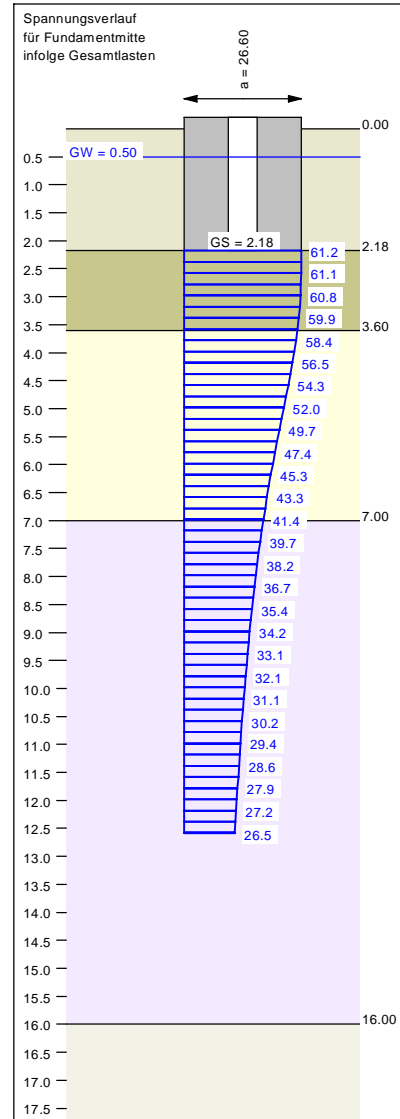
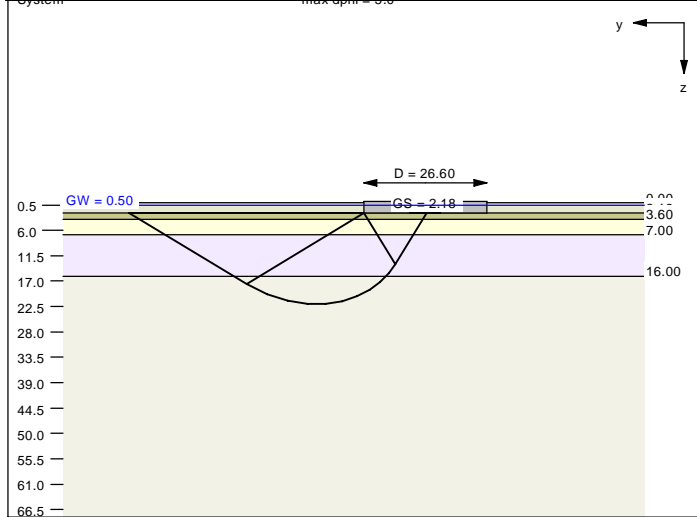
Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1494.1 / 1067.23$ kN/m²
 $R_{n,k} = 416917.33$ kN
 $R_{n,d} = 297798.09$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 31977.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 43168.95$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.145

cal $\varphi = 27.4^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 12.59 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.22$ kN/m³
 cal $\sigma_{\bar{u}} = 25.80$ kN/m²
 UK log. Spirale = 21.81 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 78.13 m
 Fläche log. Spirale = 795.30 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 24.70$; $N_{d0} = 13.81$; $N_{b0} = 6.65$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.325$; $v_d = 1.302$; $v_b = 0.803$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.906$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 31977.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 16783.57$ kN
 $T_d = 1741.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.104$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.59$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.40 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.03 cm
 unten = 0.77 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 3013.8
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 511506.8$ MN-m/rad

Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	30.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	42.0	0.0	0.00	100.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	27.0	10.0	0.00	12.0	1.000	Lauenb. Ton, st
	18.0/10.0	27.0	20.0	0.00	20.0	1.000	Lauenb. Ton, hf
	19.0/10.0	35.0	0.0	0.00	50.0	1.000	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 WP Grabsteder Feld, WEA 6, BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma(GI) = 1.10$
 Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungssohle = 2.18 m
 Grundwasser = 0.50 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 Teilsicherheitskonzept
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

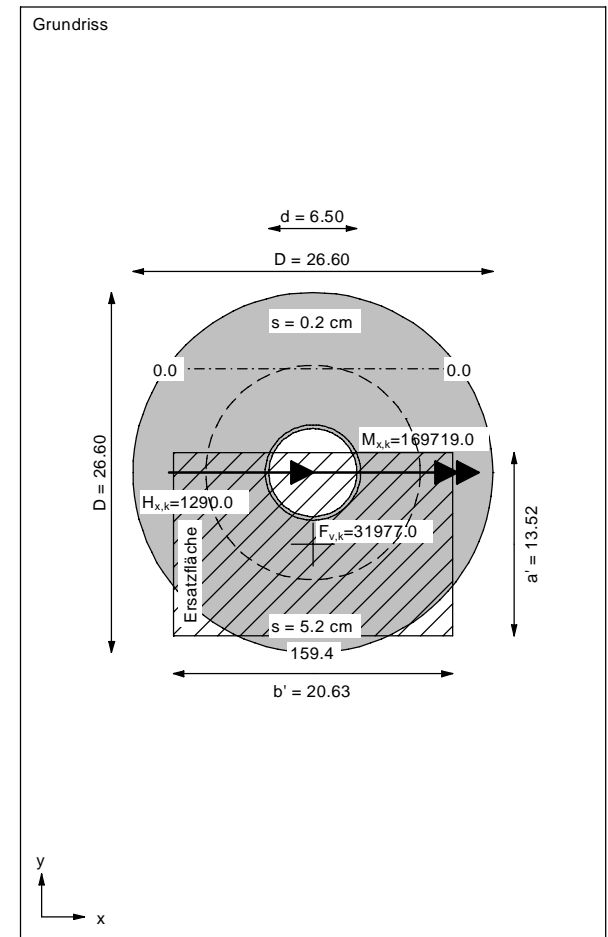
Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 31977.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1290.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 169719.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser D = 26.600 m
 Durchmesser (innen) d = 6.500 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1401.3 / 1000.93$ kN/m²
 $R_{n,k} = 391018.30$ kN
 $R_{n,d} = 279298.78$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 31977.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 43168.95$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.155

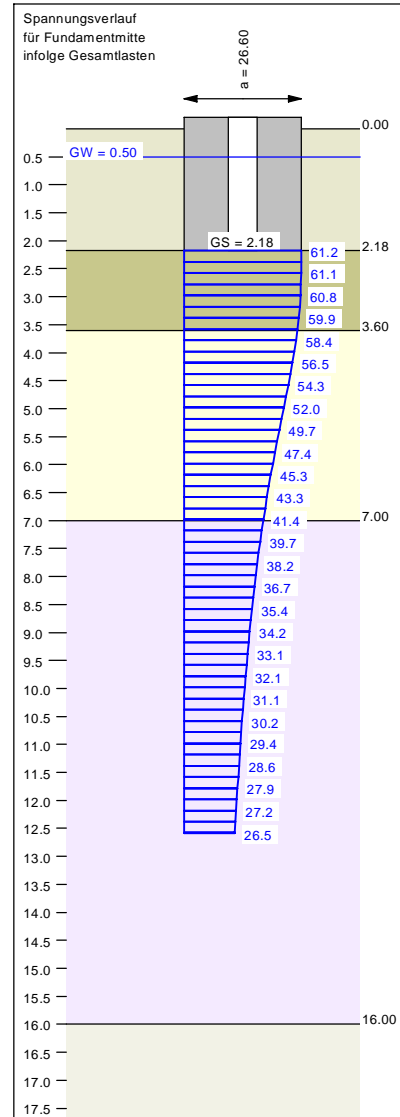
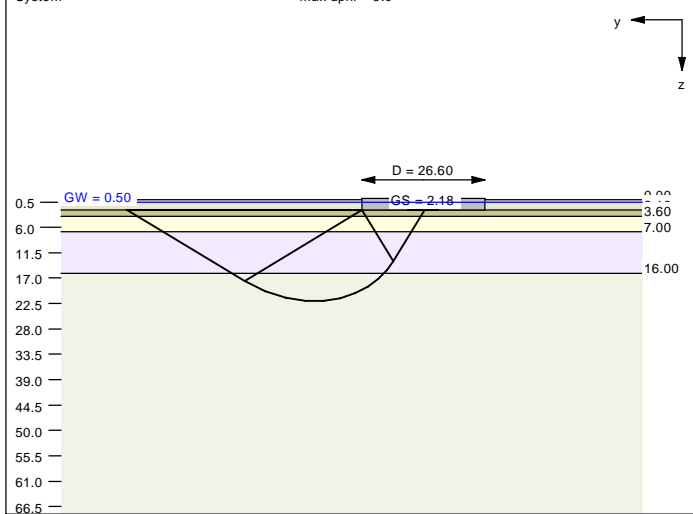
cal $\varphi = 27.6^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 8.50 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.22$ kN/m³
 cal $\sigma_{\bar{u}} = 25.80$ kN/m²
 UK log. Spirale = 21.93 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 78.71 m
 Fläche log. Spirale = 806.40 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 25.04$; $N_{d0} = 14.09$; $N_{b0} = 6.84$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.327$; $v_d = 1.304$; $v_b = 0.803$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.906$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 31977.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 16783.57$ kN
 $T_d = 1741.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.104$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.59$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.70 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.17 cm
 unten = 5.22 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 445.0
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 75526.0$ MN-m/rad



Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	150.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	42.0	0.0	0.00	300.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	27.0	10.0	0.00	96.0	1.000	Lauenb. Ton, st
	18.0/10.0	27.0	20.0	0.00	120.0	1.000	Lauenb. Ton, hf
	19.0/10.0	35.0	0.0	0.00	200.0	1.000	Sand



Berechnungsgrundlagen:
 WP Grabsteder Feld, WEA 6, dynamisch
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma(GI) = 1.10$
 Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungssohle = 2.18 m
 Grundwasser = 0.50 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 ----- 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

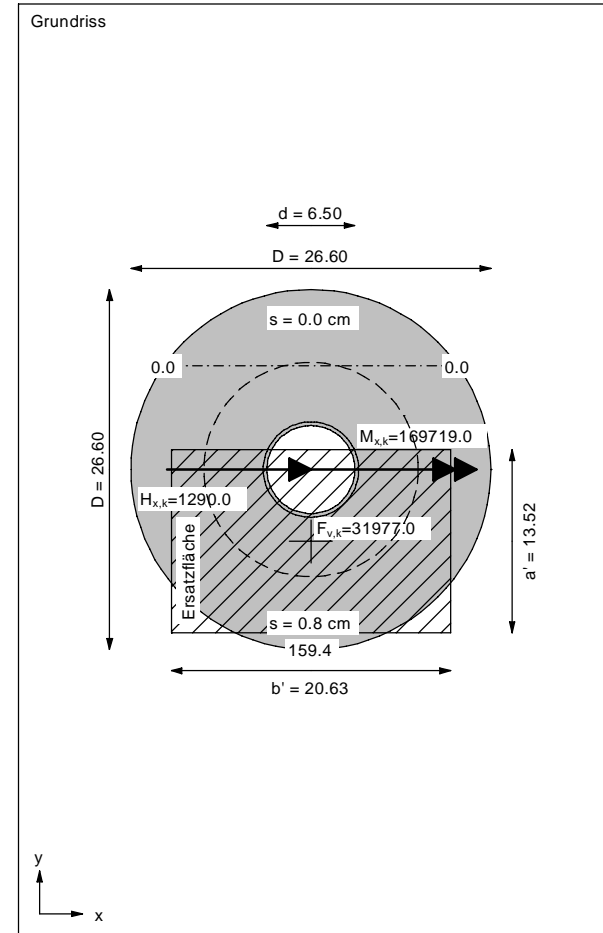
Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 31977.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1290.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 169719.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser D = 26.600 m
 Durchmesser (innen) d = 6.500 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -5.308$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.922 m)
 $a' = 13.523$ m
 $b' = 20.634$ m

cal $\varphi = 27.6^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 8.50 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 10.22$ kN/m³
 cal $\sigma_{\bar{u}} = 25.80$ kN/m²
 UK log. Spirale = 21.93 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 78.71 m
 Fläche log. Spirale = 806.40 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 25.04$; $N_{d0} = 14.09$; $N_{b0} = 6.84$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.327$; $v_d = 1.304$; $v_b = 0.803$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.940$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.906$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 31977.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 16783.57$ kN
 $T_d = 1741.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.104$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.59$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.40 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.03 cm
 unten = 0.77 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 3013.8
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 511506.8$ MN-m/rad

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1401.3 / 1000.93$ kN/m²
 $R_{n,k} = 391018.30$ kN
 $R_{n,d} = 279298.78$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 31977.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 43168.95$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.155





ANLAGE 8
Hydraulische Berechnung

Hydraulische Berechnung

Aufsteller			
Antragsteller			
Baugrundstück	Flurstück	WP Grabsteder Feld, WEA 1	
	Flur	BA bis 2,80 m	
	Gemarkung		
Absenkverfahren	Filter, d = 0,05 m		
1.00	Technische Daten (freier Grundwasserspiegel)		
1.01	Geländehöhe	0,00 m	u.GOK
	Grundwasserspiegel in Ruhe		
1.02	geschätzt	0,00 m	u.GOK
1.03	niedrigster Grundwasserspiegel	-0,90 m	u.GOK
1.04	Bodenart	Mittelsand	
1.05	Durchlässigkeitsbeiwert	kf 1,10E-04 m/s	
1.06	Konstruktionsunterkante ((KUK)	-2,80 m	u.GOK
1.07	Baugrubensohle (BGS)	-2,80 m	u.GOK
1.08	Absenkziel Mitte BGS	-3,30 m	u.GOK
1.09	Absenkziel in Absenkanlage	-3,30 m	u.GOK
1.10	Unterkante Filterstrecke	-6,00 m	u.GOK
1.11	Oberkante Wasserstauer	-6,00 m	u.GOK
1.12	Länge Filterstrecke	1,00 m	
1.13	Absenktiefe (Differenz 1.02-1.08)	(S) 3,30 m	
	wirksame Absenktiefe (Differenz		
1.14	1.03-1.07)	(sw) 1,90 m	
	Eintauchtiefe bei GW in Ruhe		
1.15	(Differenz 1.02-1.10)	(H) 6,00 m	
	Eintauchtiefe bei Absenkung		
1.16	(Differenz 1.08-1.10)	(h) 2,70 m	
1.17	Baugrube: Länge	(L1) m	
	Durchmesser: Fundament + AR +		
	Böschung	(L2) 35,60 m	
	Fläche	(F) 995,38 m ²	
1.18	Brunnendurchmesser	2r 0,050 m	
	Zuschlag für unvollkommenen		
1.19	Brunnen (30 %)	30 %	
2.00	Grundwasserabsenkung für Baugruben		
2.01	Reichweite der Absenkung (nach Sichardt)		
	$R = 3000 \times s \times \sqrt{kf}$	R 104 m	
	wirksame Reichweite	Rw 60 m	
	$Rw = 3000 \times sw \times \sqrt{kf}$		
2.02	Radius der Baugruben	RA 17,80 m	
2.03	Zuflusswassermenge bei Baugruben (Dupuit-Thiem)		
	$Q = \pi \times kf \times (H^2 - h^2) / \ln R - \ln RA$	Q = 0,005626 m ³ /s	20,3 m ³ /h
	bei unvollkommenen Brunnen	+ 30 %	0,007313 m ³ /s
			26,3 m ³ /h
Fassungsvermögen eines Brunnens/Saugfilters			
	$q = 2/15 \times \pi \times r \times h \times \sqrt{kf}$	q = 0,000297 m ³ /s	1,1 m ³ /h
überschlägige Anzahl der Brunnen/Filter:			
		Q/q	30 Stück



Ingenieurgeologie Dr. Lübbe GmbH & Co. KG • Füchteler Straße 29 • 49377 Vechta

Innovent Planungs GmbH & Co. KG
Herr Thorsten Walther
Oldenburger Straße 49

Petra Müller, Dipl.-Geol.
☎ 04441/97975-13

26316 Varel

27. Januar 2025

BV WP Grabsteder Feld, Errichtung von 6 x Windenergieanlagen (WEA 1 bis WEA 6), Kurzstellungnahme zur Grundwassersituation; ergänzende Stellungnahme zu unserem Geotechnischen Bericht vom 02.09.2024;

Projekt-Nr. 2024-0107

Sehr geehrter Herr Walther,

mit Datum vom 10.01.2025 erhielten wir von Ihnen das Schreiben des Landkreis Friesland vom 12.12.2024 mit Stellungnahmen nach §4 Abs. 1 BauGB zum BPlan Nr. 83 „Windpark Grabstederfeld“. Sie baten uns um eine allgemeine Stellungnahme zu der Grundwassersituation im Bereich des Windparks.

Zur Erkundung der Boden- und Grundwasserverhältnisse wurden an jedem WEA-Standort Kleinbohrungen und Drucksondierungen durchgeführt. Danach ergibt sich eine Zweiteilung der hydrogeologischen Situation:

WEA 1:

Unter dem Tiefumbruchboden stehen bis ca. 20,00 m unter GOK Grundwasser führende Sande an. Eine ca. 2,00 m mächtige Tonzwischenlage in einer Tiefe ab 5,00 m bzw. 6,00 m bis 7,00 m bzw. 8,00 m unter GOK sowie weitere gering mächtige Schluff- und Tonlagen unterteilen die oberen Sande in einzelne Stockwerke.

Ab 20,00 m bzw. 21,00 m unter GOK folgt bis 26,00 m unter GOK eine 5,00 m bis 6,00 m mächtige Schluffschicht, die eine durchgehende Deck- und Schutzschicht für die ab 26,00 m unter GOK anstehenden unteren Sande darstellt.



Das Naturschutzgebiet „Bockhorner Moor“ ist ca. 800 m in südliche Richtung von Standort der WEA 1 entfernt.

Die WEA 1 liegt außerhalb des Wassergewinnungsgebietes „Westerstede“. Dieses beginnt ca. 580 m südlich bzw. westlich der WEA 1.

Die WEA 1 liegt auch außerhalb des ca. 500 m südlich beginnenden Gebietes des Moorschutzprogrammes „Jürdener Moor“.

Grundwasser wurde im Mai 2024 bei 0,90 m unter GOK festgestellt, was etwa einem mittleren Grundwasserstand entspricht. Es bildet einen oberen, zusammenhängenden Grundwasserkörper.

Die Fundamentunterkante ist bei 2,18 m unter GOK vorgesehen. Zur Herstellung der Baugrube ist eine geschlossene Wasserhaltung erforderlich. Die dabei anfallende Wassermenge wurde mit $26,3 \text{ m}^3/\text{h}$, die Reichweite mit $R = 104 \text{ m}$ und die wirksame Reichweite mit $R_w = 60 \text{ m}$ rechnerisch ermittelt.

Die Wasserhaltung wird sich somit nicht auf das Wassergewinnungsgebiet oder auf das Naturschutzgebiet „Bockhorner Moor“ auswirken.

WEA 2 bis WEA 6:

An diesen Standorten stehen unter dem Tiefumbruchboden nur gering mächtige Decksande an. Ab ca. 2,00 m unter GOK folgt bindiger, wasserstauer Geschiebelehm und ab 2,60 m bzw. 3,80 m unter GOK Lauenburger Ton. Der Lauenburger Ton reicht bis etwa 12,00 m bzw. 20,00 m unter GOK. Er stellt eine effektive Deck- und Schutzschicht für die darunter anstehenden, wasserführenden Sande dar.

Das für die Baumaßnahme relevante Grundwasser stellte sich als Staunässe in den oberen Decksanden ab 0,70 m bzw. 1,80 m unter GOK ein. Zum Trockenhalten der Baugrube ist bauzeitlich hier wahrscheinlich eine offene Wasserhaltung mit Ringdränage, Stichdräns und Pumpensumpf ausreichend.

Da die Decksande voraussichtlich rasch ausbluten, sind die anfallenden Wassermengen gering. Die Reichweite der Absenkung ist bei einer offenen Wasserhaltung somit auf den Nahbereich der Baugrube beschränkt.

Auswirkungen auf geschützte Bereiche sind wegen der geringen Mächtigkeit der zu entwässernden Decksande nicht zu befürchten. Wegen der mächtigen Deckschicht aus Lauenburger Ton, kann sich die Wasserhaltung an der WEA 2 bis WEA 6 nicht auf die Wasserförderung des Wasserwerkes auswirken.



Hinweise:

Die veranschlagten Reichweiten können z. B. durch ein Grundwassermonitoring während der Bauphase überwacht werden. Falls wider Erwarten Auswirkungen auf geschützte Bereiche zu befürchten wären, könnten Gegenmaßnahmen (z. B. *Wiedervernässung, Versickerung des geförderten Wassers*) veranlasst werden.

Mit freundlichen Grüßen

A handwritten signature in black ink that reads 'P. Müller'. The letters are cursive and fluid.

Petra Müller, Dipl.-Geol.



Ingenieurgeologie Dr. Lübke GmbH & Co. KG • Führteler Straße 29 • 49377 Vechta

Innovent Planungs GmbH & Co. KG
Herr Thorsten Walther
Oldenburger Straße 49

Petra Müller, Dipl.-Geol.
☎ 04441/97975-13

26316 Varel

21. Januar 2025

BV WP Grabsteder Feld, Moor- bzw. Torfabbau; ergänzende Stellungnahme
zu unserem Geotechnischen Bericht vom 02.09.2024;

Projekt-Nr. 2024-0107

Sehr geehrter Herr Walther,

mit Datum vom 10.01.2025 erhielten wir von Ihnen das Schreiben des Landkreis Friesland vom 12.12.2024 mit Stellungnahmen nach §4 Abs. 1 BauGB zum BPlan Nr. 83 „Windpark Grabstederfeld“. Sie baten uns um eine Stellungnahme zu den im Bereich des Windparks vorhandenen Böden insbesondere im Hinblick auf vorhandene Torfböden.

Die Geologische Karte 1 : 25 000 des LBEG weist für das Gelände des Windparks holozäne Hochmoorablagerungen aus Schwarztorf oder Weißtorf aus.

Nach der Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50 000 ist im Bereich des Windparks ein tiefes Erdhochmoor mit umliegendem mittleren bis sehr tiefen Tiefumbruchboden aus Hochmoor ausgewiesen. Die Nutzung erfolgt nach Angaben der Kartenunterlagen als Grünland. Der mittlere jährliche höchste Grundwasserstand (MHGW) wurde für die Bewirtschaftung abgesenkt.

Für die Baugrunduntersuchungen wurden an jedem Standort Kleinbohrungen und Drucksondierungen durchgeführt. Im Untersuchungsgebiet befinden sich Acker-, Weide- und Grünlandflächen sowie kleine Waldflächen. Der erbohrte Oberboden kann wie folgt charakterisiert werden:



WEA 1:

Bis 0,50 m unter GOK sandige Torfreste in RKS 1. Ansonsten Tiefumbruchboden aus humosem Sand und Sand mit Torf bis ca. 1,30 m unter Geländeoberkante (GOK).

WEA 2:

Tiefumbruchboden aus humosem Oberboden und Sand oder Sand mit Torf bis 1,60 m bzw. 1,80 m unter GOK.

WEA 3:

Humoser, sandiger Oberboden bis 0,50 m oder umgebrochener sandiger Torf bis 0,60 m unter GOK.

WEA 4:

Tiefumbruchboden aus humosem Oberboden und Sand oder Sand mit Torf bis 1,40 m bzw. 1,70 m unter GOK.

WEA 5:

Tiefumbruchboden aus humosem Oberboden und Sand oder Sand mit Torf bis 1,30 m bzw. 1,60 m unter GOK.

WEA 6:

Tiefumbruchboden aus Sand mit Torf und humosem Oberboden und Sand bis 1,00 m unter GOK.

WEA 1 bis WEA 6:

Nach unseren Bohrungen wurde an allen Standorten umgelagerter Torfboden bzw. Tiefumbruchboden angetroffen.

Ein natürlicher Torfverband ist entgegen der Angaben der geologischen Karte bzw. der Bodenkarte an keinem Anlagenstandort mehr vorhanden.

Mit freundlichen Grüßen

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'P. Müller'.

Petra Müller, Dipl.-Geol.