



Ingenieurgeologie
Dr. Lübke

GEOTECHNISCHER BERICHT

1. Revision

Füchteler Straße 29
49377 Vechta
Telefon 0 44 41 – 979 75-0
Telefax 0 44 41 – 979 75-29

www.ig-luebbe.de
office@ig-luebbe.de

PROJEKT:
1075-16-3

WP Lehmdermoor-Delfshausen
2 x E-82 mit 108 mNH

Auftraggeber:
Windkonzept Projektentwicklungs
GmbH & Co. KG
Mansholter Straße 30
26215 Wiefelstede

08. Oktober 2019

Baugrunderkundungen
Gründungsgutachten
Baugrundlabor
Altlastenuntersuchungen
Gefährdungsabschätzungen
Sanierungskonzepte
Hydrogeologie

In Kooperation mit der
TERRA Umwelt Consulting GmbH



Projektdaten:

Projekt: 1075-16-3
WP Lehmdermoor-Delfshausen
2 x E-82 mit 108 mNH

Auftraggeber: Windkonzept Projektentwicklungs
GmbH & Co. KG
Mansholter Straße 30
26215 Wiefelstede

Auftragnehmer: Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
Füchteler Str. 29
49377 Vechta

Projektbearbeiterin: Dipl.-Geol. Petra Müller

Exemplare: 1 Stück

Dieser Bericht umfasst 17 Seiten, 9 Tabellen und 9 Anlagen.

Vechta, 08. Oktober 2019

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 zum Bauwerk.....	5
II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN.....	6
III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE.....	7
1. Boden.....	7
2. Grundwasser.....	9
3. Erdbebenzone.....	9
4. Bodenmechanische Laborversuche.....	10
5. Bodenklassifizierung nach DIN 18300: 2002/DIN 18196.....	10
6. Bodenkennwerte.....	11
IV. AUSWERTUNG UND BEWERTUNG, GRÜNDUNG.....	12
1. Geotechnische Kategorie.....	12
2. Auswertung und Bewertung.....	12
V. KRANAUFSTELLFLÄCHEN.....	14
VI. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG.....	14
1. Baugrube, Böschungen, Wasserhaltung	14
2. Fundamentüberdeckung, Wiederverwendung Bodenaushub, Verdichtungsanforderungen.....	15
3. Betonaggressivität des Grundwassers.....	16
4. Frischbetoneigengewicht.....	16
VII. SCHLUSSWORT.....	16



TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Charakteristische Lastfälle für Fundamente mit Auftrieb...	5
Tabelle 2:	Koordinaten und ungefähre Geländehöhen.....	6
Tabelle 3:	Bodenprofile an den Standorten.....	8
Tabelle 4:	Ergebnisse der Körnungsanalysen.....	10
Tabelle 5:	Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18300.....	10
Tabelle 6:	Bodenklassifizierung nach DIN 18300 2002/DIN 18196.....	11
Tabelle 7:	Bodenkennwerte in Anlehnung an TÜRKE (1998), EAU (2012), Ergebnissen der Drucksondierungen und eigenen Erfahrungswerten.....	11
Tabelle 8:	Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen.....	13
Tabelle 9:	Erforderliche Aushubtiefen für die Kranstellflächen.....	14

ANLAGENVERZEICHNIS:

ANLAGE 1:	Lageplan
ANLAGE 2.1-2.3:	Bohrprofile nach DIN 4023 und Drucksondierdiagramme nach DIN 4094
ANLAGE 3:	Drucksondierprotokolle
ANLAGE 4:	Wassergehalte, DIN 18121
ANLAGE 5:	Körnungslinien, DIN 18123
ANLAGE 6.1-6.4:	Setzungsberechnungen, Grundbruch
ANLAGE 7.1-7.2:	Nachweis Drehfedersteifigkeit
ANLAGE 8:	Analysenergebnis Grundwasser
ANLAGE 9:	Hydraulische Berechnung



I. VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG

Im Landkreis Ammerland soll in der Gemeinde Rastede, Ortsteile Lehmdermoor-Delfshausen, ein Windpark bestehend aus insgesamt zwei Windenergieanlagen vom Typ Enercon E-82 mit 108 m Nabenhöhe (WEA 1 und WEA 2) errichtet werden.

Unser Büro wurde mit Schreiben vom 20.05.2016 von der Windkonzept Projektentwicklungs GmbH & Co, KG, Frau Lydia Eilers-Schröder, beauftragt, auf der Grundlage unseres Angebotes vom 18.05.2016 den Baugrund an den geplanten Standorten und den Kranstellflächen zu untersuchen und für die Gründung zu beurteilen.

Einen ersten Bericht haben wir mit Datum vom 21.07.2016 vorgelegt. Zwischenzeitlich hat sich die Planung geändert. Die Anzahl der Windenergieanlagen wurde von den zunächst vorgesehenen fünf auf zwei reduziert und die Anlagen wurden neu nummeriert. Die Position der verbliebenen Standorte wurde aber nicht geändert. Daher waren keine neuen Untersuchungen notwendig.

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens wurde eine Pfahlgründung für die Anlagenstandorte gefordert.

1. Unterlagen

Zur Durchführung der Untersuchungen erhielten wir folgende Unterlagen:

- Übersichtskarte, Lage der Windparks, Maßstab 1 : 50.000,
- Lageplan Delfshausen vom 31.01.2018, Maßstab 1 : 5 000.
- Fundamentdatenblatt E-82 E2 & E3/BF/107/23/01, Flachgründung mit Auftrieb vom MJB/28.10.2010, Revision 1.0/28.10.2010.

2. Angaben zum Bauwerk

Der Fundamentdurchmesser beträgt bei einer Flachgründung mit Auftrieb 18,00 m. Die Fundamentunterkante liegt bei 2,65 m unter Gelände. Nach den vorliegenden statischen Unterlagen muss der Baugrund eine Mindestbodenpressung von 288 kN/m² aufnehmen können.

Für geotechnische Nachweise sind im Datenblatt folgende charakteristischen Lastfälle angegeben:

Lastfall	($\gamma_{aero}/\gamma_{masse}$)	Fxy [kN]	Fz [kN] ohne Auftrieb	Fz [kN] mit Auftrieb	Mxy [kNm]	Mz [kNm]
DLC 1.0	(1.00/1.00)	564	-24578	-17962	47567	-
DLC 6.2	(1.10/1.00)	974	-24466	-17850	84204	3120

Alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwert ($\gamma_F = 1,0$).

Tabelle 1.1: Charakteristische Lastfälle für Fundamente mit Auftrieb.



Für die elastische Fundamenteinspannung zwischen Fundament und Baugrund ist eine Mindestdrehfedersteifigkeit des Gesamtsystems (*Turm und Gründung*) von $k_{\phi, \text{dyn}} = 100\,000 \text{ MNm/rad}$ bzw. $k_{\phi, \text{stat}} = 10.000 \text{ MNm/rad}$ einzuhalten. Der Ersatzradius für den gleich steifen Kreis ist mit $r = 8,84$ (*mit Auftrieb*) angegeben.

Bei einer Pfahlgründung beträgt der Fundamentdurchmesser 17,00 m. Die Fundamentunterkante liegt bei 3,00 m unter Gelände. Es sind folgende Pfahlvarianten mit den entsprechenden Bemessungswerten der axialen Pfahllasten vorgesehen (*Tabelle 1.2*):

Variante	Pfahltyp	Anzahl Pfähle	Druck (kN)	Zug (kN)
1	Fertigrammpfähle 40/40 cm	54	1123	224
2	Fertigrammpfähle 45/45 cm	36	1684	331
3	Fertigrammpfähle 45/45 cm oder Ortbetonrammpfähle d = 51 cm	30	2025	401
4	Ortbetonrammpfähle d = 51 cm	24	2517	487

Tabelle 1.2: Pfahlvarianten und Bemessungspfahllasten.

Die maximal zulässige Schiefstellung infolge Baugrundsetzung in 20 Jahren bezogen auf den Außendurchmesser beträgt $\delta \leq 40,0 \text{ mm}$.

Die UTM-Koordinaten (*UTM 32*) der Anlagenmittelpunkte wurden den Planunterlagen und die ungefähren Geländehöhen der amtlichen topographischen Karte TK50 wie folgt entnommen (*vgl. Tabelle 2*):

Anlagennummer, Anlagentyp	Rechtswert	Hochwert	ca. Geländehöhe mNN
WEA 1	449299	5906148	0,00
WEA 2	449677	5906369	0,00

Tabelle 2: Koordinaten und ungefähre Geländehöhen.

II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde am 14.06.2016 jeweils am Mittelpunkt der Anlagenstandorte eine Rammkernsondierung bis 10,0 m unter Gelände abgeteuft ($\Phi 80/60 \text{ cm}$, *RKS 2 und RKS 3*).

Durch die Fugro GmbH, Lilienthal, wurden je Standort drei in etwa gleichmäßig um den Umfang verteilte, elektrische Drucksondierungen bis 30,0 m unter Gelände ausgeführt (*CPT 2-1 bis CPT 3-3, gem. DIN 4094*).

Je Kranauflastfläche (*KAF*) wurden zwei Drucksondierungen (*CPT K 2-4 bis CPT K 3-5, gem. DIN 4094*) jeweils bis 10,0 m unter Ansatzpunkt abgeteuft.

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 2.1-2.3 als Bohrprofile nach DIN 4023 zusammen mit den Drucksondierdiagrammen (*CPT nach DIN 4094*) dargestellt. Die Drucksondierprotokolle können der Anlage 3 entnommen werden.

An drei repräsentativ ausgewählten Bodenproben wurden die Wassergehalte nach DIN 18121 bestimmt und Körnungsanalysen nach DIN 18123 durchgeführt. Die Wassergehaltsbestimmungen liegen in Anlage 4 und die Körnungslinien in Anlage 5 vor.

Die RKS 2 (WEA 1) wurde exemplarisch zu einem provisorischen Grundwasserpegel ausgebaut, um eine Grundwasserprobe zu entnehmen und im Labor auf den chemischen Angriffsgrad nach DIN 4030 analysieren zu lassen. Die Analysergebnisse liegen in Anlage 8 vor.

Die rechnerischen Setzungsermittlungen sind in Anlage 6.1-6.4 und die Drehfedersteifigkeiten für eine Flachgründung in Anlage 7.1-7.2 beigelegt.

Eine exemplarische hydraulische Berechnung für die Standorte liegt in Anlage 9 bei.

III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

1. Boden

Nach den geologischen Kartenunterlagen des LBEG sind im Bereich des Windparks unter holozänen Klei- und Torfablagerungen fluviatile Sande aus der Weichselkaltzeit zu erwarten.

Das Gelände ist eben und hat eine mittlere Geländehöhe von ca. 0,00 mNN.

Die Bewertung der Lagerungsdichte der anstehenden Sande kann gem. Normen-Handbuch Eurocode 7, 2011, Band 2, Anhang D, Tabelle 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 5,0	32 bis 35
mitteldicht	5,0 bis 10,0	35 bis 37
dicht	10,0 bis 20,0	37 bis 40
sehr dicht	> 20,0	40 bis 42

Nach den vorliegenden Bohrprofilen und den Drucksondierdiagrammen kann die Bodenschichtung an den Standorten wie folgt zusammengefasst werden (vgl. Tabelle 3):



Tiefe (bis m u. GOK min./max.)	Mächtigkeit (m)	Bodenschicht (Spitzendruck q_c in MN/m ²)	nicht bindig/ bindig	Baugrundeigenschaften
0,25/0,50	0,25-0,50	Oberboden/Mutterboden, Schluff, humos (-)	-	nicht geeignet
2,60/4,00	2,20-3,75	Klei und Torf: Schluff, tonig, humos und Torf, schluffig, gepresst weich $q_c < 0,5$	bindig	nicht geeignet
6,0/9,0	10,0-23,0	Sand, mit Schluffzwischenlagen: locker bis mitteldicht oder weich bis steif Sand: $q_c = 5-15$ halbfest Schluff: $q_c = 0,5-1$	überwiegend nicht bindig	mäßig tragfähig bis tragfähig
> 30,0	> 9,0	Fein- bis Mittelsand, in den oberen Bereichen z. T. noch locker, ansonsten mitteldicht bis dicht gelagert; in tieferen Profilabschnitten > 27,0 m u. GOK auch Schluff, halbfest Sand: $q_c \geq 10-20$ Schluff in tieferen Schichten: $q_c = 3-5$	nicht bindig	gut

Tabelle 3: Bodenprofile an den Standorten der WEA 1 und WEA 2, Bodenaufschlüsse RKS 2 bis RKS 3 sowie CPT 2-1 bis CPT 3-3.

Nach den vorliegenden Baugrunderkundungen stehen zunächst holozäne, organische Deckschichten aus Klei und Torf an. Der Baugrund darunter besteht aus Sand. In den oberen Bereichen sind in diese Sande Schluffzwischenlagen eingeschaltet. Die Lagerungsdichte ist hier bereichsweise noch locker. Mit zunehmender Tiefe gehen die Sande in gut mitteldichte Lagerung über.

In tieferen Profilabschnitten (> 10,0 m unter GOK) wurden keine unkonsolidierten Weichschichten angetroffen. Der Baugrund ist entsprechend Enercon Spezifikation, Anforderungskatalog für die Durchführung von geotechnischen Untersuchungen und die Erstellung eines Geotechnischen Entwurfsberichts für ENERCON Windenergieanlagen Deutschland, Stand 02.08.2017, mit den vorliegenden Aufschlüssen grundsätzlich ausreichend tief erkundet.

Im Bereich der Kranstellflächen wurde vom Hangenden zum Liegenden bis zur maximalen Aufschlusstiefe von 5,0 m unter GOK folgende Schichtabfolge erkundet:

Mutterboden/Oberboden, Klei und Torf:

- Petrographie: Schluff, humos. Torf.
- Farbe: dunkelbraun.
- bis Meter unter Gelände (min./max.): 3,00/4,00.
- Mächtigkeit: 3,00 m bis 4,00 m.
- Konsistenz: weich.



- Baugrundeigenschaften: nicht geeignet.

Decksand:

- Petrographie: Feinsand, mittelsandig, schluffig.
- Farbe: hellbraun, braun.
- bis Meter unter Gelände (min./max.): 1,00/4,50.
- Mächtigkeit: 0,70 m bis 4,00 m.
- Lagerungsdichte: mitteldicht.
- Baugrundeigenschaften: gut.

Sand:

- Petrographie: Fein- bis Mittelsand mit Schluffzwischenlagen.
- Farbe: hellgrau, braun, braungrau.
- bis Meter unter Gelände (min./max.): > maximale Aufschlusstiefe von 10,0 m unter GOK.
- Mächtigkeit: > 10,0 m.
- Lagerungsdichte: mitteldicht.
- Baugrundeigenschaften: gut.

2. Grundwasser

Grundwasser wurde bei den Bohrarbeiten am 14.06.2016 bereits oberflächennah ab 0,70 m bzw. 0,80 m unter Geländeoberkante angetroffen. Bezogen auf mNN entspricht dies Grundwasserständen von etwa -0,70 mNN bzw. -0,80 mNN. Es handelt sich um einen zusammenhängenden, geschlossenen Grundwasserkörper.

In den hydrogeologischen Kartenunterlagen des LBEG wird die Höhe der mittleren Grundwasseroberfläche im Bereich des Windparks zwischen 0,00 mNN und -2,50 mNN angegeben. Die gemessenen Grundwasserspiegel korrespondieren ausreichend gut mit den Angaben der Kartenunterlagen.

Die Gründungstiefen der geplanten WEA betragen 2,65 m unter Gelände. Die Fundamente stehen ständig unter Grundwassereinfluss. Daher ist an beiden Standorten die auftriebssichere Fundamentvariante erforderlich.

3. Erdbebenzone

Der Landkreis Ammerland, Regierungsbezirk Weser-Ems, befindet sich nach DIN 4149 in keiner Erdbebenzone. Seismische Aktivitäten und daraus folgende Einwirkungen auf Gebäude sind in diesem Bereich nicht zu erwarten und werden daher für die weiteren Ausführungen nicht berücksichtigt.



4. Bodenmechanische Laborversuche

Zur Überprüfung der Bodenansprache am Bohrkern und zur Klassifizierung der anstehenden Bodenarten, wurden an drei ausgewählten Bodenproben die Wassergehalte und die Körnungslinien bestimmt. Nach der Labormethode „Sieblinienauswertung“ wurden die k_f -Werte für diese Sande nach HAZEN ermittelt. Falls sich wegen eines hohen Feinkornanteils $< 0,063$ mm kein Schnittpunkt mit dem 10 %-Massenanteil ergab, wurde der k_f -Wert nach Erfahrungswerten abgeschätzt. Entsprechende Werte sind in Klammern gesetzt.

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse zusammengefasst:

Standort, Probennummer	Entnahmetiefe (m u. GOK)	Wassergehalt (M.-%)	Anteil $< 0,063$ mm	Bodenart	k_f -Wert (HAZEN) (m/s)
WEA 1	3,30-5,40	18,5	2,6	Feinsand, stark mittelsandig	$7,3 \times 10^{-5}$
WEA 1	5,40-6,10	29,9	11,6	Feinsand, stark mittelsandig, schwach schluffig	$(1,0 \times 10^{-5})$
WEA 1	6,10-6,60	22,7	0,5	Mittelsand, stark feinsandig, schwach grobsandig	$1,6 \times 10^{-4}$

Tabelle 4: Ergebnisse der Körnungsanalysen.

Nach DIN 18130 werden in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) folgende Durchlässigkeitsbereiche unterschieden (Tabelle 5):

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 5: Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18300.

Die anstehenden Fein- bis Mittelsande oder schwach schluffigen, mittelsandigen Feinsande sind mit k_f -Werten von im Mittel $1,0 \times 10^{-5}$ m/s bis $1,6 \times 10^{-4}$ m/s durchlässig bis gut durchlässig.

5. Bodenklassifizierung nach DIN 18300: 2002/DIN 18196

Für die Ausschreibung der Erdarbeiten können die angetroffenen Bodenarten aufgrund ihrer bautechnischen Eigenschaften wie folgt klassifiziert werden (vgl. Tabelle 6):



Bezeichnung	Bodenklasse nach DIN 18300	Bodengruppe nach DIN 18196
Oberboden, Mutterboden, Schluff, humos	1	OH
Klei, Schluff, tonig, organisch	4 bei starker Vernässung ($I_c < 0,5$) und dynamischer Beanspruchung in Klasse 2 übergehend	OU, OT
Torf, gepresst, schluffig	2	HN, HZ
Fein- bis Mittelsand oder Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig	3	SE, SU

Tabelle 6: Bodenklassifizierung nach DIN 18300: 2002/DIN 18196.

6. Bodenkennwerte

Die Bodenkennwerte wurden nach der Bodenansprache und den bautechnischen Eigenschaften zugewiesen. Danach können in Anlehnung an TÜRKE (1998), EAU (2012) und eigenen Erfahrungswerten die in Tabelle 7 aufgeführten statischen und dynamischen Bodenkennwerte bei erdstatischen Berechnungen zugrunde gelegt werden.

Bezeichnung	Boden- gruppe DIN 18196	Lagerungs- dichte/ Konsistenz	Wichte erdfeucht/ unter Auf- trieb $\text{cal } \gamma / \text{cal } \gamma'$ [kN/m ³]	Reibungs- winkel $\text{cal } \phi$ [°]	Kohäsion $\text{cal-c}'$ kN/m ²	Steife- modul statisch/ dynamisch E_s [MN/m ²]	Poisson- zahl (-)
Oberboden, Schluff, humos	OH	locker/-	16/16	keine Angabe, da bautechnisch nicht relevant			
Klei und Torf	OU, OT, HN, HZ	-/weich	11-14/1-4	15	0-5	0,4-1/ 5-10	-
Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig	SE, SU	locker/-	17-18/9-10	32,5	0	25/ 120	0,35- 0,38
		mitteldicht /	18-19/10-11	35	0	30-80/ 150-240	0,32- 0,35
Schluff, Zwischenlagen im Sand	UL	-/steif	18-20/8-10	30	2-3	8-10/ 70-80	0,40

Tabelle 7: Bodenkennwerte in Anlehnung an TÜRKE (1998), EAU (2012), Grundbau Taschenbuch, 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. AUSWERTUNG UND BEWERTUNG, GRÜNDUNG

1. Geotechnische Kategorie

Nach der Baugrunduntersuchung wurden unter organischen Deckschichten fluviatile Sande angetroffen. Die freie Grundwasseroberfläche liegt oberhalb der Bauwerkssohle. Die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse können in die Geotechnische Kategorie GK 2 in Anlehnung an DIN 4020 eingeordnet werden.

Gemäß DIBT-Richtlinie (2004-03) sind Gründungen von Windenergieanlagen nach DIN 1054 in die geotechnische Kategorie 3 (GK 3 in Anlehnung an DIN 4020) einzuordnen.

2. Auswertung und Bewertung

Die Gründungsebenen der geplanten Windenergieanlagen befinden sich gemäß typisierter Gründung in einer Tiefe von 2,65 m unter Geländeoberkante (GOK). Unter Berücksichtigung einer 0,10 m mächtigen Sauberkeitsschicht ergibt sich eine planmäßige Aushubtiefe von 2,75 m unter GOK.

An beiden Standorten stehen in der planmäßigen Gründungstiefe noch organische Schluffe oder Torfböden an, die für die Gründung der Windenergieanlagen nicht ausreichend tragfähig sind und im Gründungsbereich unter Berücksichtigung eines seitlichen Überstandes im Lastausbreitungsbereich von 45° ausgekoffert werden müssen.

Zum Bodenaustausch eignen sich grobkörnige, verdichtungsfähige Böden (SE, SW, oder GE, GW, gem. DIN 18196). Verdichtungsanforderungen siehe Kapitel VI.2.

Entscheidend für die Gründungsempfehlung ist die Einhaltung der maximalen Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen von $\Delta s = 4,0 \text{ cm}$ sowie die Drehfedersteifigkeit von $k_{\phi, \text{dyn}} = 100\,000 \text{ MNm/rad}$ bzw. $k_{\phi, \text{stat}} = 10\,000 \text{ MNm/rad}$.

Die Fundamente stehen unter Grundwassereinfluss stehen, daher ist die Fundamentvariante mit Auftrieb erforderlich.

Der Fundamentdurchmesser beträgt 18,00 m (mit Auftrieb). Die Setzungsabschätzungen erfolgten mit den im Fundamentdatenblatt angegebenen charakteristischen Lasten.

WEA 1:

Unter Berücksichtigung eines Bodenaustausches bis 4,00 m unter GOK, gegen Sand und oberer 0,50 m mächtiger Schotterausgleichsschicht wurden folgende Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen ermittelt (Anlage 6.1-6.2):

DLC 1.0: $s = 0,9 \text{ cm}$ bis $3,5 \text{ cm}$, $\Delta s = 2,5 \text{ cm} = 25 \text{ mm}$.

DLC 6.2: $s = 0,3 \text{ cm}$ bis $4,6 \text{ cm}$, $\Delta s = 4,3 \text{ cm} = 43 \text{ mm}$.

Die zulässige maximale Schiefstellung von $\Delta s = 40 \text{ mm}$ wird knapp überschritten.



Die Grundbruchsicherheit ist mit einem Ausnutzungsgrad $\mu = 0,211 \ll 1,00$ gegeben.

Die Anforderung an die dynamische Drehfedersteifigkeit von mindestens $k_{\text{phi,dyn}} \geq 100\,000 \text{ MNm/rad}$ und $k_{\text{phi,stat}} \geq 10\,000 \text{ MNm/rad}$ wird von den locker gelagerten Sanden mit Schluffzwischenlagen bis ca. 8,0 m unter GOK knapp erfüllt (vgl. Anlage 7.1).

Alternativ zu einer Flachgründung kann die WEA 1 über Pfähle gegründet werden.

WEA 2:

Unter Berücksichtigung eines Bodenaustausches gegen Sand bis 4,00 m unter GOK wurden folgende Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen ermittelt (Anlage 6.3-6.4):

DLC 1.0: $s = 0,6 \text{ cm bis } 2,4 \text{ cm}$, $\Delta s = 1,8 \text{ cm} = 18 \text{ mm}$.

DLC 6.2: $s = 0,2 \text{ cm bis } 3,1 \text{ cm}$, $\Delta s = 2,9 \text{ cm} = 29 \text{ mm}$.

Die zulässige maximale Schiefstellung von $\Delta s = 40 \text{ mm}$ eingehalten.

Die Grundbruchsicherheit ist mit einem Ausnutzungsgrad $\mu = 0,167 \ll 1,00$ gegeben.

Die Anforderung an die dynamische Drehfedersteifigkeit von mindestens $k_{\text{phi,dyn}} \geq 100\,000 \text{ MNm/rad}$ und $k_{\text{phi,stat}} \geq 10\,000 \text{ MNm/rad}$ wird erfüllt (vgl. Anlage 7.2).

Die WEA 2 kann unter Berücksichtigung eines Bodenaustausches bis 4,0 m unter GOK flach gegründet werden.

Alternativ wäre auch am Standort der WEA 2 eine Pfahlgründung möglich.

Die Gründungsempfehlungen für die Standorte können wie folgt zusammengefasst werden (Tabelle 8):

Standort	Anlagentyp	Gründungstiefe (m u. GOK)	Aushubtiefe (m u. GOK)	Gründungsempfehlung
WEA 1	E-82, 108 mNH	2,65	4,00	FmA*, BA bis 4,0 m unter GOK gegen Sand, obere 0,50 m STS; zusätzlich RSV bis 8,0 m unter GOK; <u>Alternativ:</u> Pfahlgründung
WEA 2	E-82, 108 mNH	2,65	4,00	FmA*, BA bis 4,0 m unter GOK gegen Sand; <u>Alternativ:</u> Pfahlgründung

FmA = Flachgründung mit Auftrieb, STS = Schottertrag- bzw. ausgleichsschicht, RSV = Rüttelstopfverdichtung.

Tabelle 8: Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen.



V. KRANAUFSTELLFLÄCHEN

Die Kranaufstellflächen befinden sich auf bisher unbefestigten Flächen mit 3,00 m bzw. 4,00 m mächtiger Auflage aus weichem Klei und Torf. Darunter stehen tragfähige Sandböden an.

Für die Befestigung der Kranstellflächen sind die oberen humosen und gering tragfähigen Schichten (*Oberboden, Klei, Torf*) unter Berücksichtigung eines seitlichen Überstandes von 45° restlos abzuschieben. Falls weitere humose Böden oder weiche Schichten in der Aushubebene angetroffen werden, sind diese ebenfalls abzuschieben.

Ein Aufbau auf der Geländeoberkante z. B. mit einem mit Geogittern verstärktem Schotterpolster ist wegen der weichen Beschaffenheit des Untergrundes nicht ratsam.

Für die Befestigung bzw. den Bodenaustausch kann für die unteren Lagen Füllsand (*SE, SW, gem. DIN 18196*) verwendet werden. Darauf ist in Anlehnung an die Enercon Spezifikation „Zuwegungen und Kranstellflächen E-82“ der Einbau einer ca. 0,30 m mächtige Schottertragschicht (*Mineralgemisch 0/32*) vorzusehen.

Zur Lastverteilung sind ausreichend dimensionierte Lastverteilungsplatten unter den Kranpratzen bzw. der Kettenfahrwerke erforderlich.

Folgende Aushubtiefen sind an den Standorten für die Kranstellflächen voraussichtlich erforderlich (*Tabelle 9*):

Standort	erforderliche Aushubtiefe (m u. GOK)	Aufbau
WEA 1	3,00-3,20	untere Lagen Sand, darauf 0,30 m STS; Lastverteilungsmatten
WEA 2	3,80-4,00	untere Lagen Sand, darauf 0,30 m STS; Lastverteilungsmatten

Tabelle 9: Erforderliche Aushubtiefen für die Kranstellflächen.

VI. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG

1. Baugrube, Böschungen, Wasserhaltung

Für den Aushub der Baugruben gilt DIN 4124. In den anstehenden Sanden und steifplastischen Schluffen können die Böschungen mit 45° geneigt hergestellt werden.

Grundwasser wurde bereits geländenah ab 0,70 m bzw. 0,80 m unter GOK angetroffen. Die Torfe und die Sande neigen beim Anschnitt im Wasser gesättigten Zustand zum Fließen. Ein Bodenaushub ist daher nur im Schutze einer ausreichend dimensionierte geschlossene Wasserhaltung, z. B. durch eingefräste Horizontaldränage oder Vakuumfilter, möglich. Die Wasserabsenkung muss bis mindestens 0,50 m unter Aushubsohle reichen. Bei einer Baugrubentiefe für den



Bodenaustausch bis ca. 4,00 m entspricht dies einer Absenktiefe bis mindestens 4,50 m unter GOK.

Nach den Körnungsanalysen kann der kf-Wert für die unteren Sande mit $1,6 \times 10^{-4}$ m/s angenommen werden. Die Sande sind damit gut durchlässig. Es muss mit einem ständigen Wasserandrang gerechnet werden.

Die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sind an beiden Standorten vergleichbar. Eine exemplarische hydraulische Berechnung zur Abschätzung der zufließenden Wassermengen mittels Vakuumfilter („worst-case“) liegt in Anlage 9 bei.

Für eine Wasserhaltung über Vakuumfilter ($d = 0,05$ m) wurde die zu fördernde Wassermenge mit $46,0 \text{ m}^3/\text{h} = 1101 \text{ m}^3/\text{Tag}$ ermittelt. Die Reichweite beträgt $R = 144$ m.

Das natürliche Fließverhalten des Grundwassers kann mit Modell-artig angesetzten Kennwerten nicht immer zuverlässig dargestellt werden. Daher sind zwischen den rechnerisch ermittelten und den tatsächlich anfallenden Wassermengen auch deutliche Abweichungen nach oben oder unten möglich. Bei einer Entwässerung mittels Tiefendränage können die Wassermengen voraussichtlich reduziert werden.

Für die Grundwasserabsenkung ist eine wasserrechtliche Erlaubnis bei der zuständigen unteren Wasserbehörde erforderlich. Mit der Behörde sind die notwendigen Grundwasseranalysen abzustimmen. Für eine geeignete Vorflut ist zu sorgen.

2. Fundamentüberdeckung, Wiederverwendung Bodenaushub, Verdichtungsanforderungen

Die Anfüllungen auf dem Fundamentsporn und die Arbeitsraumverfüllungen müssen eine Wichte von 18 kN/m^3 im Trockenzustand erreichen bzw. überschreiten. Die beim Fundamentaushub bis 3,0 m bzw. 4,0 m unter GOK anfallenden humosen Böden (*Oberboden, Klei, Torf*) sind nicht verdichtungsfähig und können nicht wieder verwendet werden. Entsprechende Austauschböden sind vorzuhalten. Zur Entsorgung des Aushubbodens sind ggf. weitergehende Analysen auf potentiell sulfatsaure Böden zu empfehlen.

Um die geforderte Wichte zu erreichen, sind die Anfüllungen auf dem Fundamentsporn, die Arbeitsraumverfüllungen und der erforderliche Bodenaustausch lagenweise ($d = \text{max. } 0,30$ m) mit einem mindestens mittelschweren Flächenrüttler und mindestens drei bis acht Übergängen je Lage gleichmäßig verdichtet einzubauen.

Für die Verdichtungsarbeiten gelten die Anforderungen der ZTVE-StB 2009. Die ausreichende Verdichtung der eingebrachten Anfüllungen (*Arbeitsraumverfüllungen*) kann z. B. Rammsondierungen (z. B. DPH, gem. DIN EN ISO 22476-2) nachgewiesen werden. Dabei sind folgende Anforderungen zu erfüllen:



ohne Grundwasser: mindestens 5 Schläge je 10 cm Eindringtiefe

mit Grundwasser: mindestens 3 Schläge je 10 cm Eindringtiefe

Bodenaustausch (*Sand*) ist mit einer Verdichtung auf mindestens 100 % der einfachen Proctordichte herzustellen. Zum Verdichtungsnachweis sind im statischen Lastplattendruckversuch (*DIN 18134*) $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ bei $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,50$ zu erreichen.

Für Schottertragschichten gelten folgende Verdichtungsanforderungen: $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bei $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,30$.

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

3. Betonaggressivität des Grundwassers

Aus einem provisorischen Grundwasserpegel an der WEA 1 wurde eine Wasserprobe entnommen und im Labor auf ihren chemischen Angriffsgrad analysiert. Alle Parameter unterschreiten die Grenzwerte für die Expositionsklasse XA1. Das Grundwasser ist als nicht Beton angreifend einzustufen. Die vollständigen Analyseergebnisse liegen in Anlage 8 bei.

Der Eisengehalt im Grundwasser wurde mit 0,0095 mg/l ermittelt.

4. Frischbetoneigengewicht

Die im Gründungsbereich bei einem Bodenaustausch einzubauenden Sande sind in der Lage das Frischbetoneigengewicht aufzunehmen.

Die anstehenden Torfböden sind nicht in der Lage das Frischbetoneigengewicht aufzunehmen und müssten im Falle einer Pfahlgründung gegen Sand ausgetauscht werden.

VII. SCHLUSSWORT

Die vorliegende Baugrund- und Gründungsbeurteilung beschreibt 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.

Falls sich Fragen ergeben, die im vorliegenden Bericht nicht oder abweichend erörtert wurden, ist der Baugrundgutachter zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern. Unser Büro ist für Baugrubenabnahmen rechtzeitig zu bestellen.

Vechta, den 08. Oktober 2019

Dipl.-Geol. Dr. Joachim Lübke

Dipl.-Geol. Petra Müller

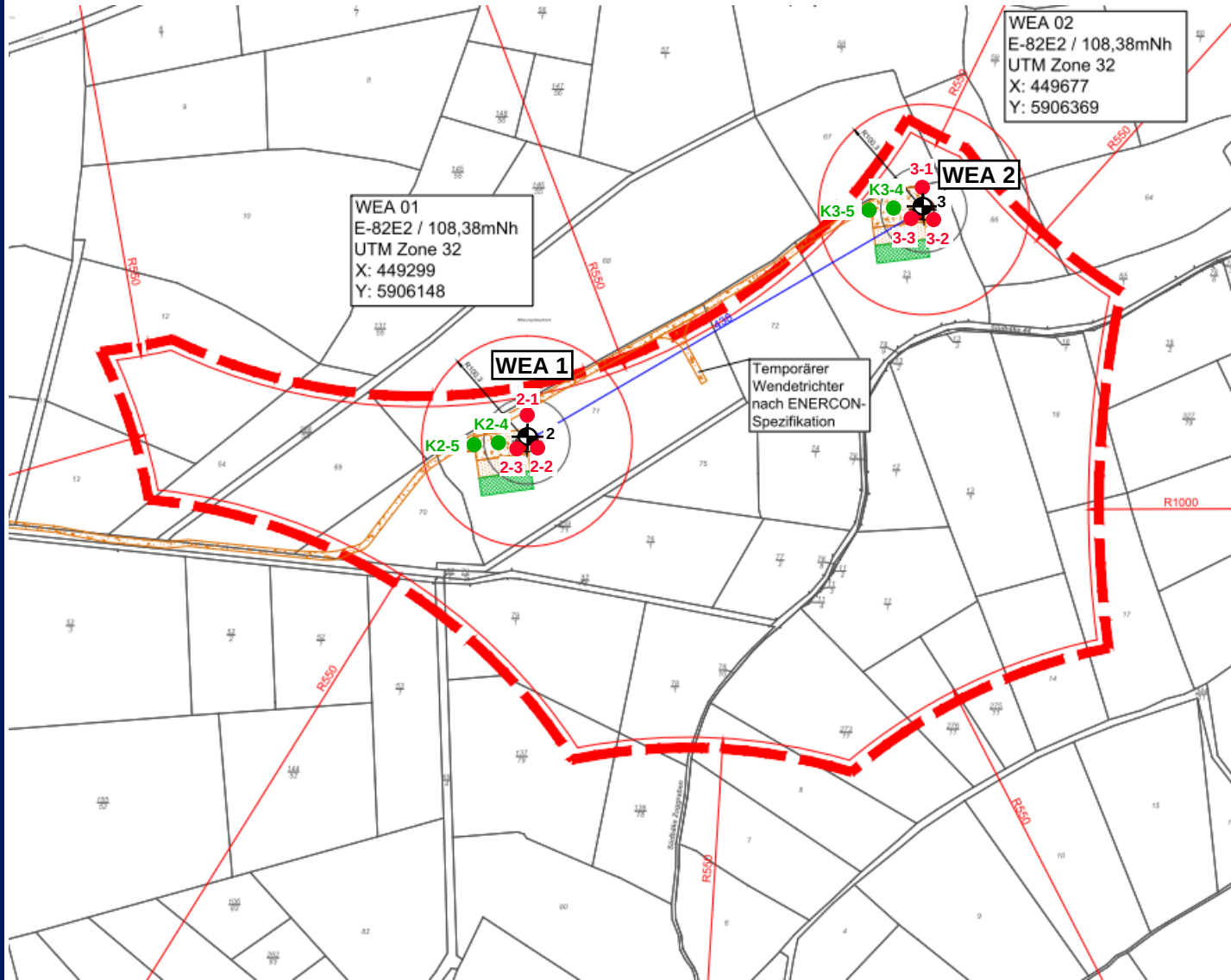
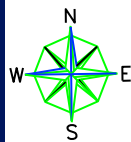
Der Bericht wird dem Auftraggeber auch im pdf-Format zur Verfügung gestellt.

Die EDV-Version ist nur in Verbindung mit einer original unterschriebenen Druckversion in Papierform gültig.



ANLAGE 1

Lageplan



LEGENDE



Rammkernsondierung WEA



Drucksondierung WEA



Drucksondierung
Krafteinstellfläche

ÜBERSICHTSPLAN:



Ingenieurgeologie
Dr. Lübke

Projekt: 1075-16-3
Windpark Lehmdermoor-Delfshausen

Auftraggeber:
Windkonzept Projektentwicklungs
GmbH & Co. KG
Mansholter Straße 30
26215 Wiefelstede

Titel: **Lageplan**

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

Maßstab: 1 : 5.000

Datum: 08.10.2019

ANLAGE: 1



ANLAGE 2.1 - 2.3

Bohrprofile nach DIN 4023 und
Drucksondierdiagramme nach DIN 4094

WEA 1

RKS 2

0.00 m

CPT 2-1 N

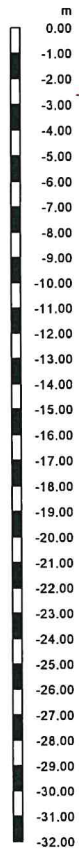
0.00 m

CPT 2-2 SO

0.00 m

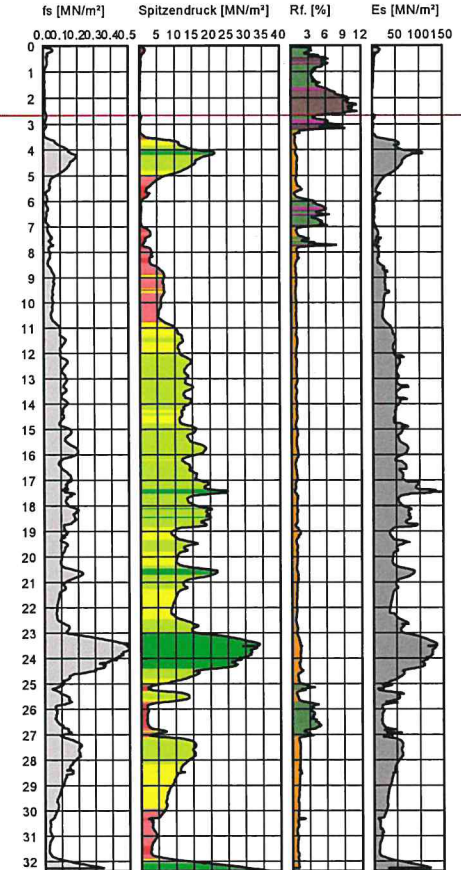
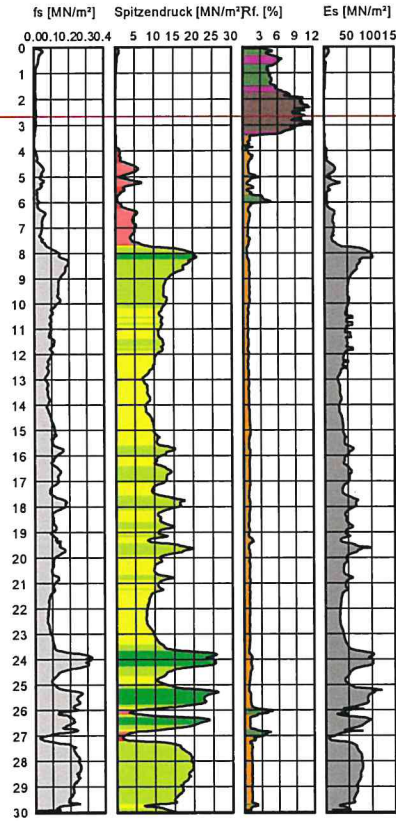
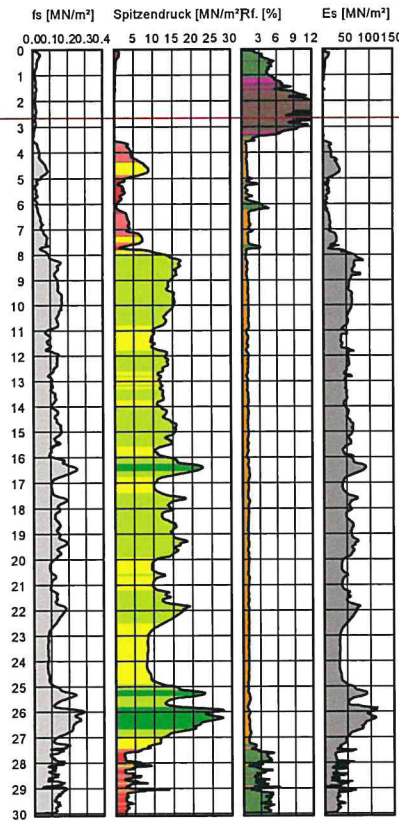
CPT 2-3 SW

0.00 m



0.80
14.06.16
-2.65 m = UKF

Mutterboden
braun, Schluff, humos
0.50
Torf - Mudde
dunkelbraun, Schluff,
stark humos
3.30
Feinsand
hellgrau, schwach schluffig
5.40
Schluff, Feinsand
braun, leichte Pflanzenreste
6.10
Feinsand
braun, schwach schluffig,
schwach mittelsandig
6.60
Feinsand
graubraun, schwach schluffig
7.80
Mittelsand
hellgrau, feinsandig
10.00



Konsistenzen

steif
weich - steif
weich
nass

Legende Spitzendruck

sehr locker
locker
mitteldicht
dicht
sehr dicht

Legende Reibungsverhältnis

Kies
Sand
Schluff
Ton
Torf

LEGENDE:

RKS: Rammkernsondierung WEA
CPT: Drucksondierung
UKF: Unterkante Fundament

0.90 Grundwasser m u.GOK
14.06.16 Datum

Projekt: 1075-16-3
WP Lehmdermoor-Delfshausen
WEA 1

Auftraggeber: Windkonzept Projektentwicklungs
GmbH & Co. KG
Mansholter Straße 30
26215 Wiefelstede

Bearbeiter: Dipl.-Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 200



Ingenieurgeologie
Dr. Lübke

Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und Druckson-
dierdiagramme nach DIN EN ISO 22476-1

Anlage: 2.1

WEA 2

RKS 3

0.00 m

CPT 3-1 N

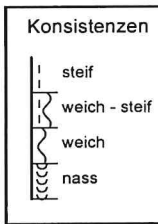
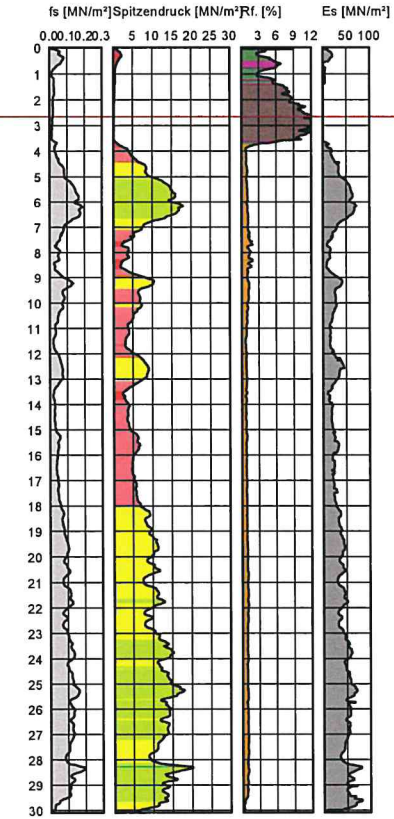
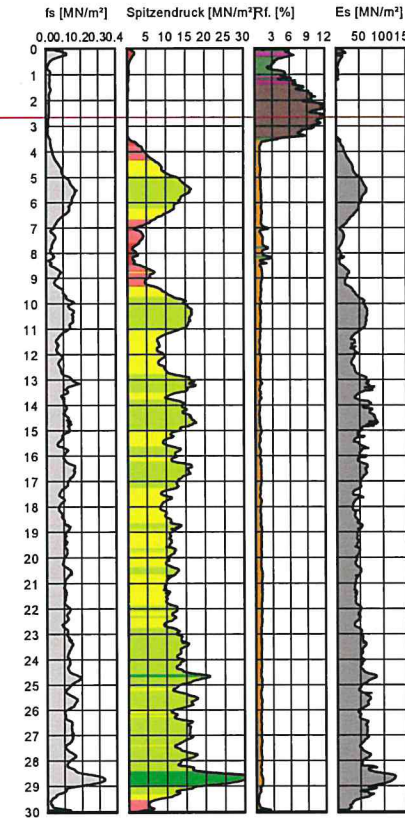
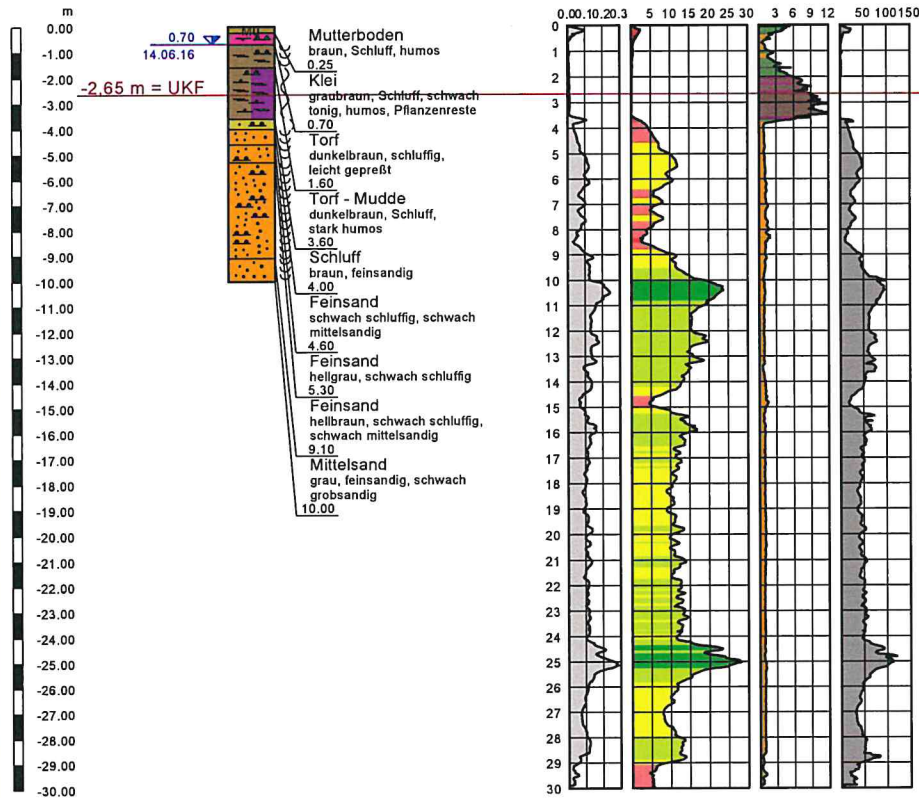
0.00 m

CPT 3-2 SO

0.00 m

CPT 3-3 SW

0.00 m



LEGENDE:

RKS: Rammkernsondierung WEA
CPT: Drucksondierung
UKF: Unterkannte Fundament

0.70 Grundwasser m u.GOK
14.06.16 Datum

Projekt: 1075-16-3
WP Lehmdermoor-Delfshausen
WEA 2

Auftraggeber: Windkonzept Projektentwicklungs
GmbH & Co. KG
Mansholter Straße 30
26215 Wiefelstede

Bearbeiter: Dipl.-Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 200

Ingenieur geologie
Dr. Lübke

Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und Druckson-
dierdiagramme nach DIN EN ISO 22476-1

Anlage: 2.2

Kraufstellflächen

WEA 1

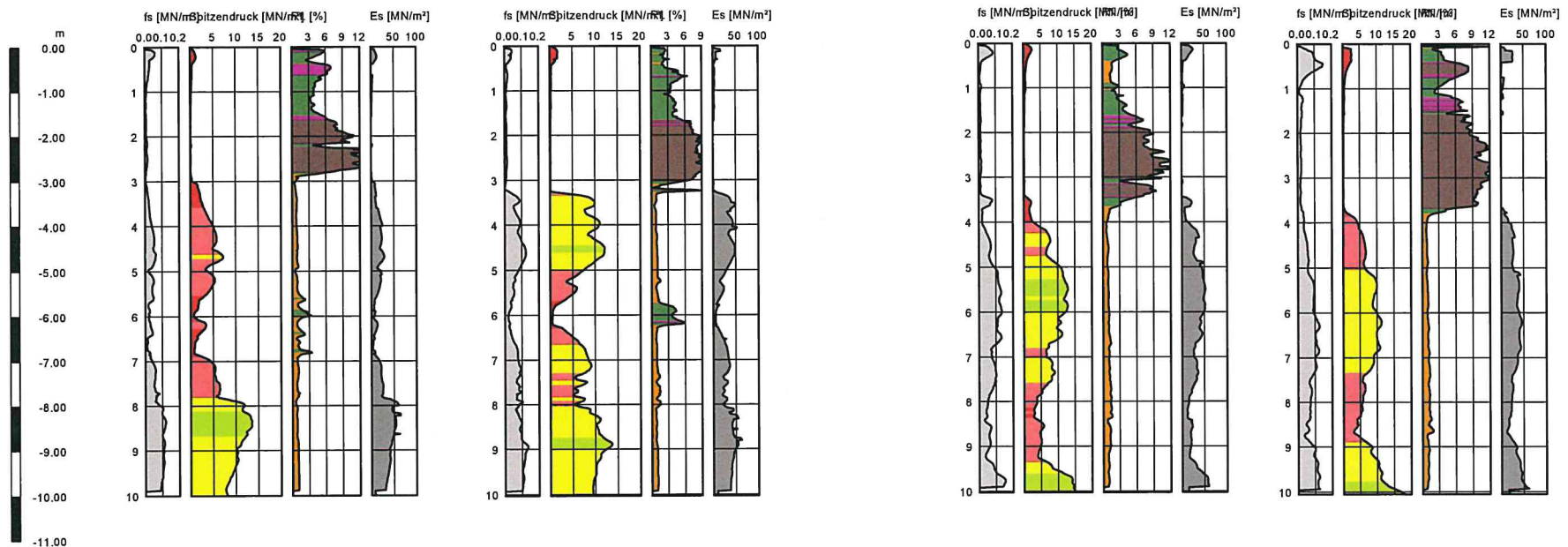
WEA 2

CPT K 2-4
0.00 m

CPT K 2-5
0.00 m

CPT K 3-4
0.00 m

CPT K 3-5
0.00 m



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

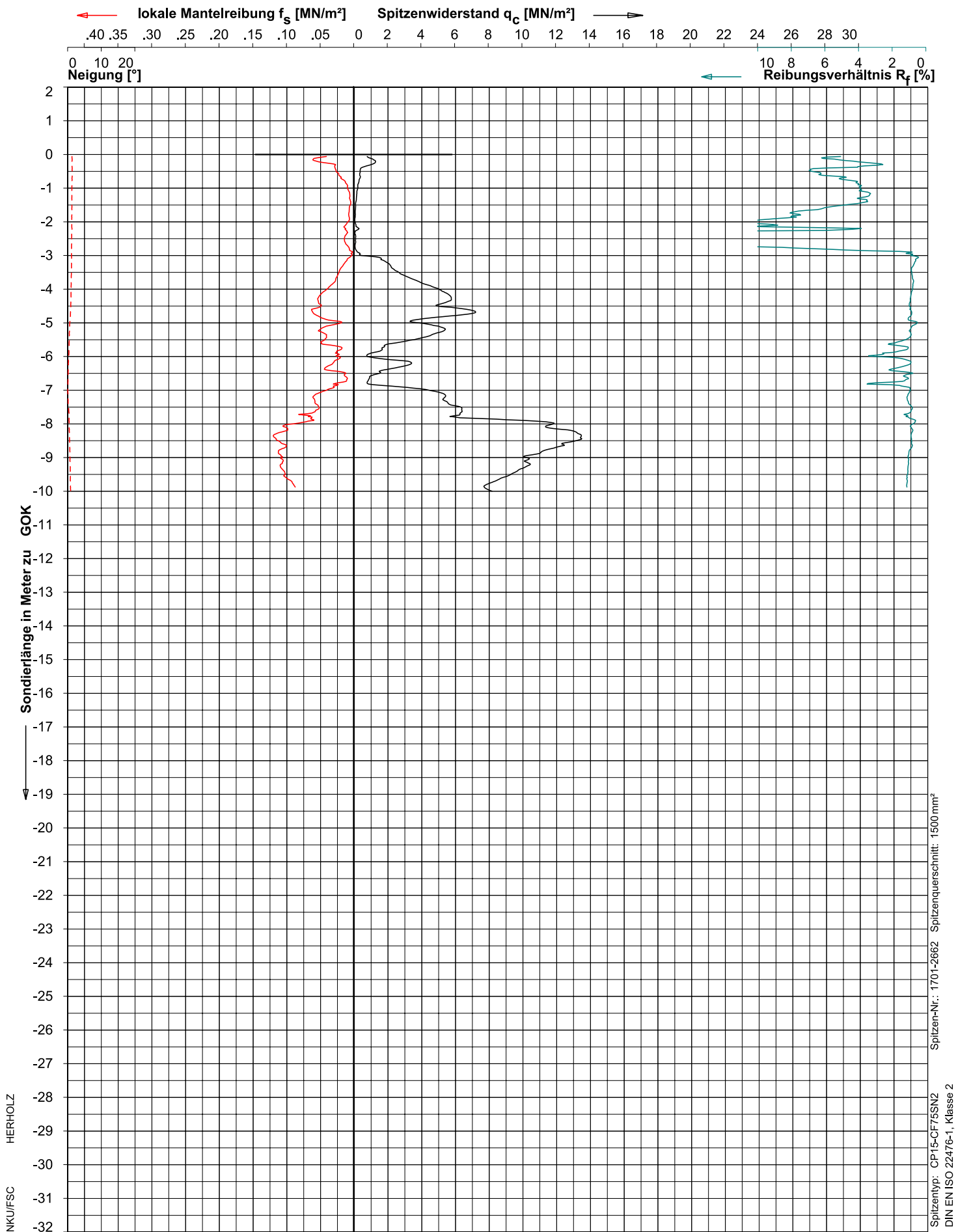
LEGENDE:
CPT: Drucksondierung

Projekt:	1075-16-3 WP Lehmdermoor-Delfshausen Kraufstellflächen WEA 1 + WEA 2
Auftraggeber:	Windkonzept Projektenwicklungs GmbH & Co. KG Mansholter Straße 30 26215 Wiefelstede
Bearbeiter:	Dipl.-Geol. P. Müller
Maßstab:	Höhe: 1 : 100

 Ingenieurgeologie Dr. Lübke	
Titel: Drucksondierdiagramme nach DIN EN ISO 22476-1	
Anlage: 2.3	



ANLAGE 3
Drucksondierprotokolle



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke
WP Lehmdermoor-Delfshausen

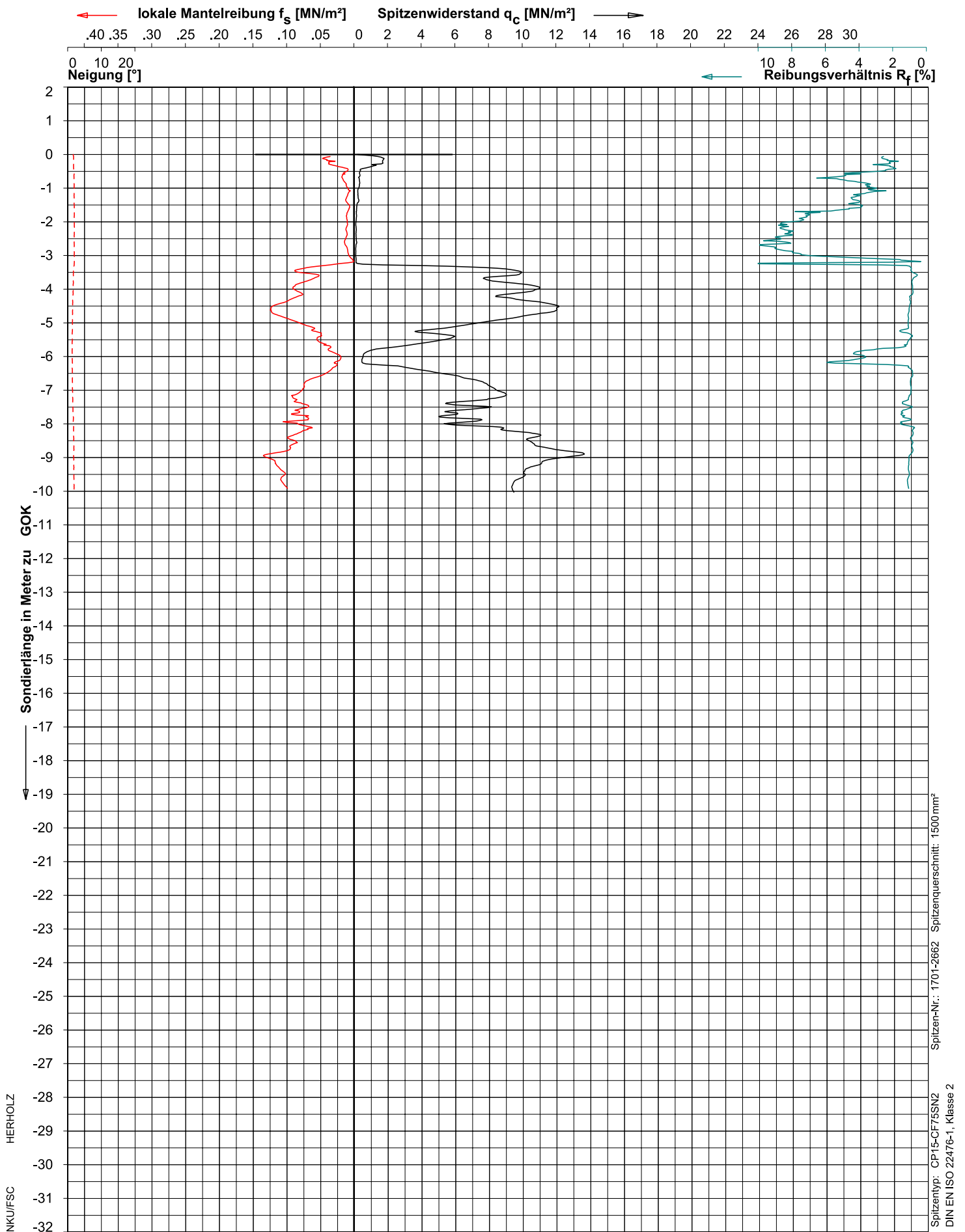


DIN ISO 9001

Fugro Consult GmbH
Abteilung GeoTechnologies
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -10.01 m zu GOK

Projekt: 620-16-0427-L
Sondierung : WEA-2-K1



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke
WP Lehmdermoor-Delfshausen

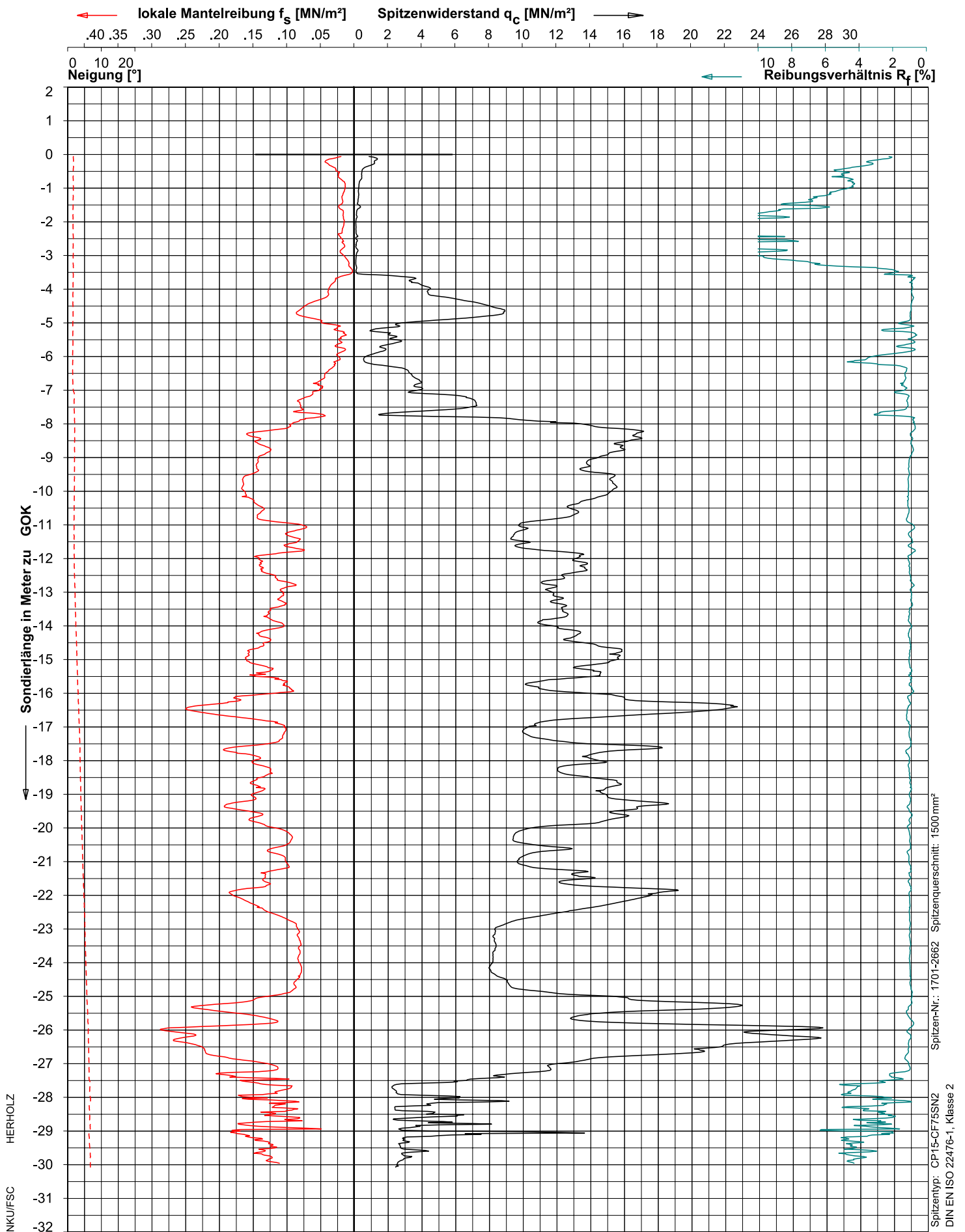


DIN ISO 9001

Fugro Consult GmbH
Abteilung GeoTechnologies
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -10.03 m zu GOK

Projekt: 620-16-0427-L
Sondierung : WEA-2-K2



DIN ISO 9001

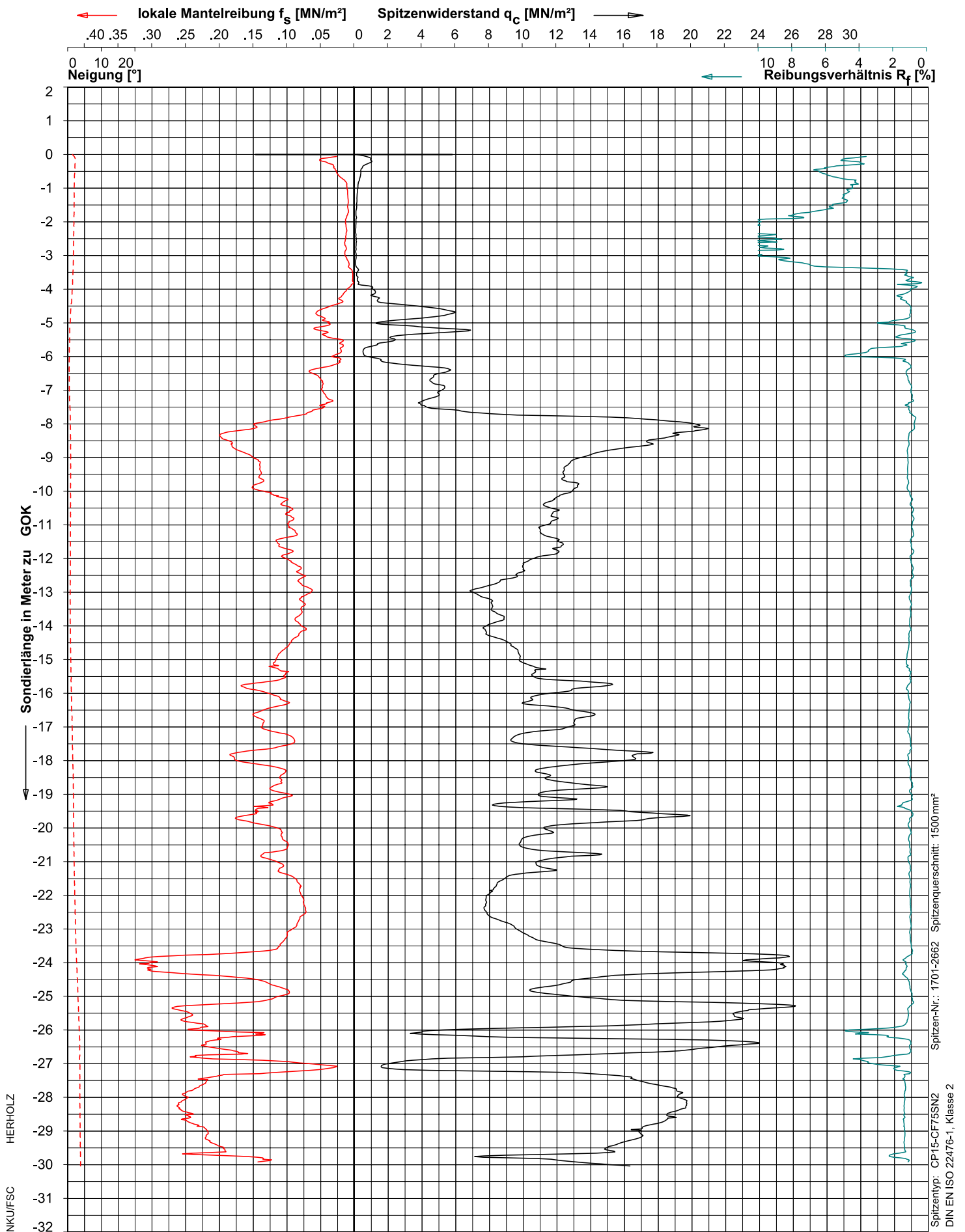
Fugro Consult GmbH

Abteilung GeoTechnologies
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 14-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0,00 m zu GOK
Endteufe : -30,08 m zu GOK

Projekt: 620-16-0427-L

Sondierung : WEA-2-N



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke
WP Lehmdermoor-Delfshausen

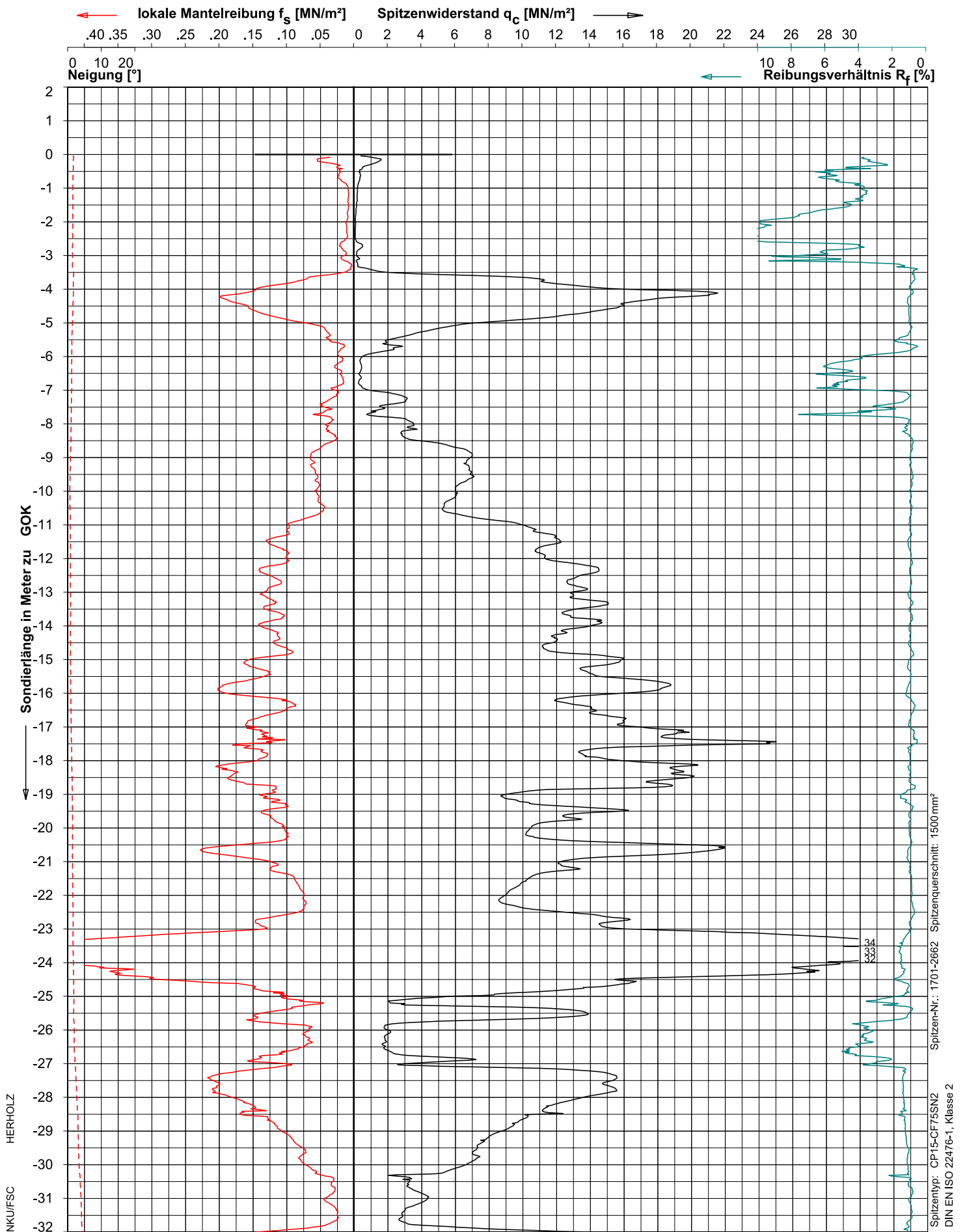


DIN ISO 9001

Fugro Consult GmbH
Abteilung GeoTechnologies
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

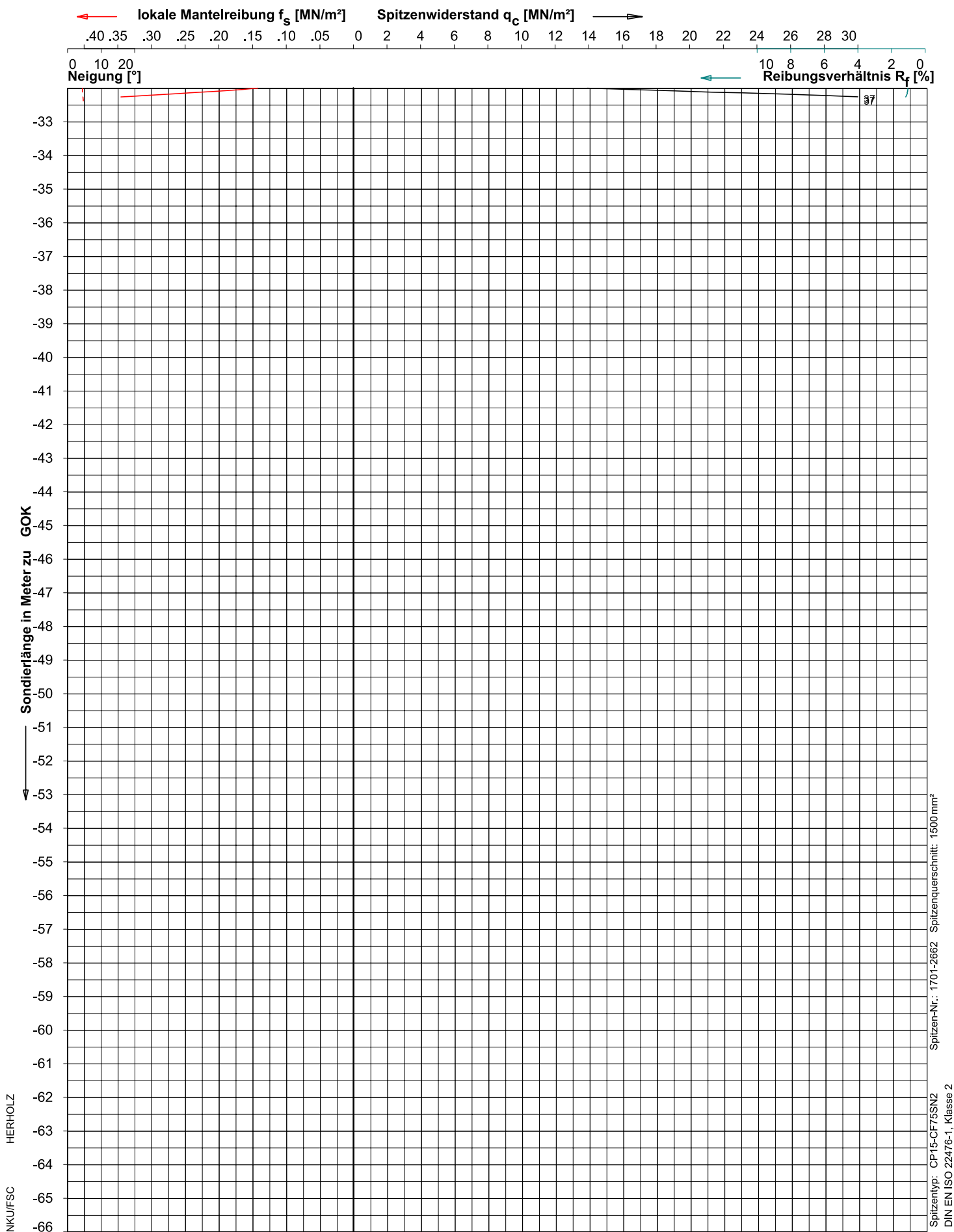
Datum : 15-Jun-2016
Sondierende: Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -30.04 m zu GOK

Projekt: 620-16-0427-L
Sondierung : WEA-2-SO



DIN ISO 9001

Fugro Consult GmbH
Abteilung GeoTechnologies
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke
WP Lehmdermoor-Delfshausen

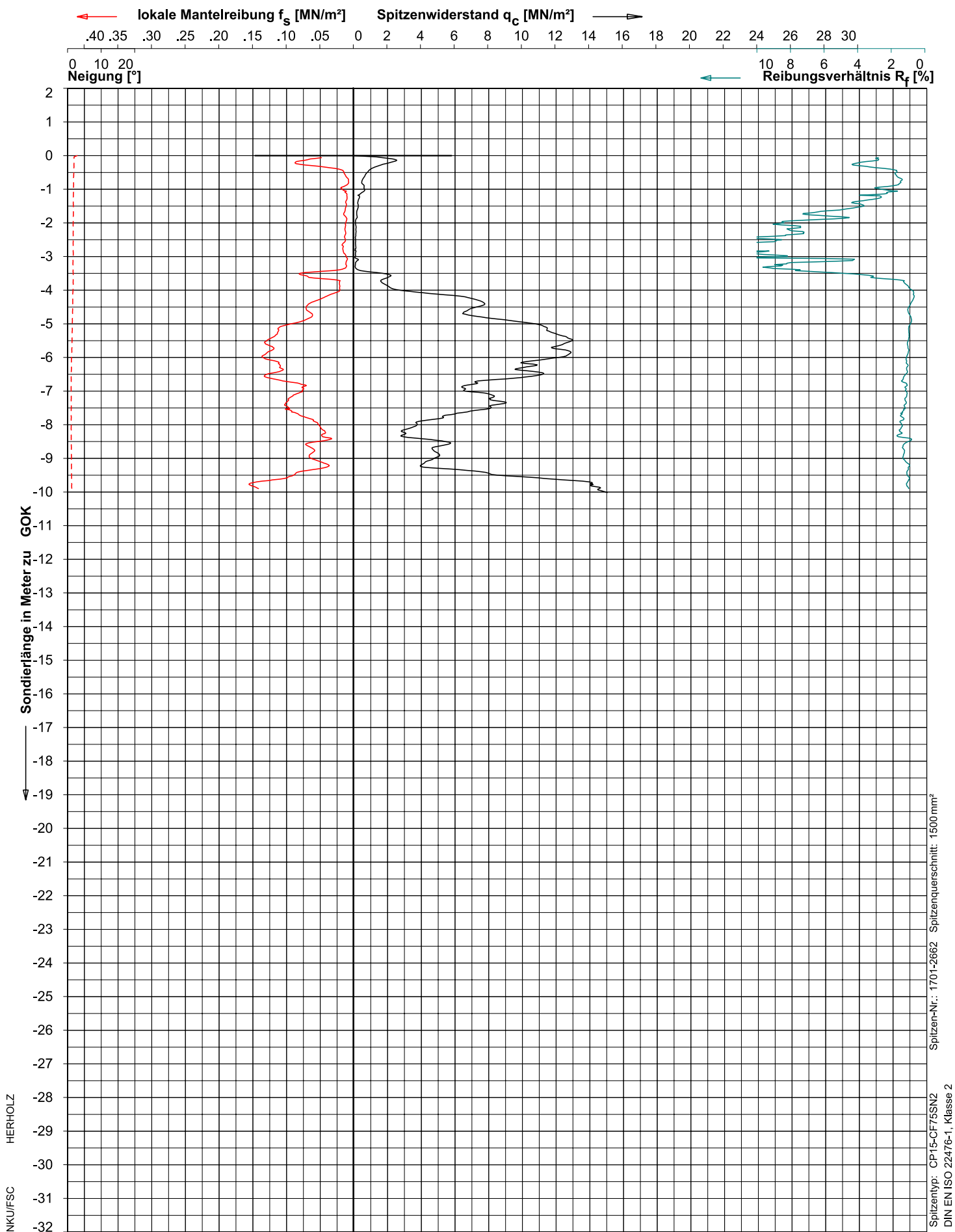


DIN ISO 9001

Fugro Consult GmbH
Abteilung GeoTechnologies
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-Jun-2016
Sondierende : Auslastung
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -32.39 m zu GOK

Projekt: 620-16-0427-L
Sondierung : WEA-2-SW



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke
WP Lehmdermoor-Delfshausen

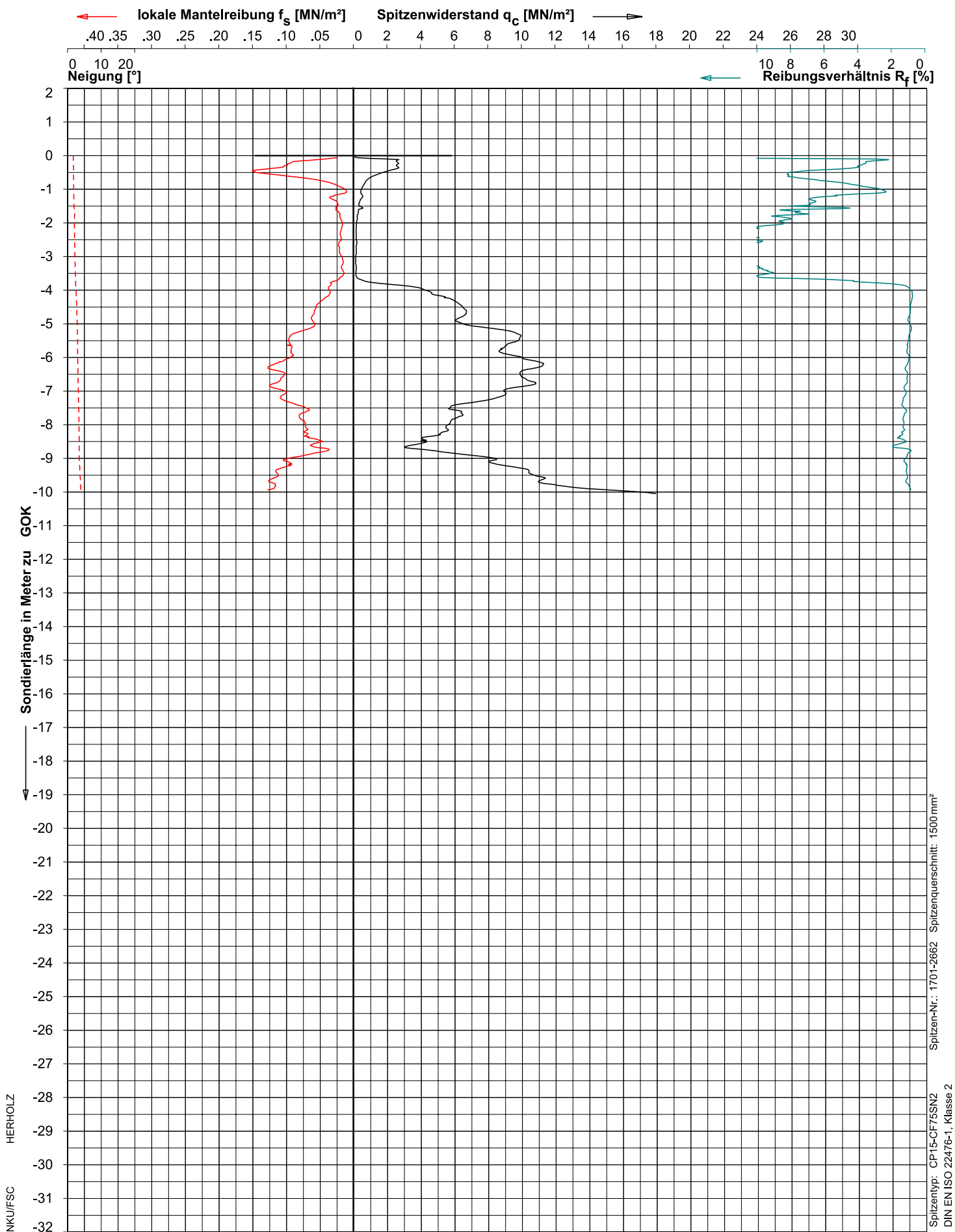


DIN ISO 9001

Fugro Consult GmbH
Abteilung GeoTechnologies
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0,00 m zu GOK
Endteufe : -10,02 m zu GOK

Projekt: 620-16-0427-L
Sondierung : WEA-3-K1



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke
WP Lehmdermoor-Delfshausen

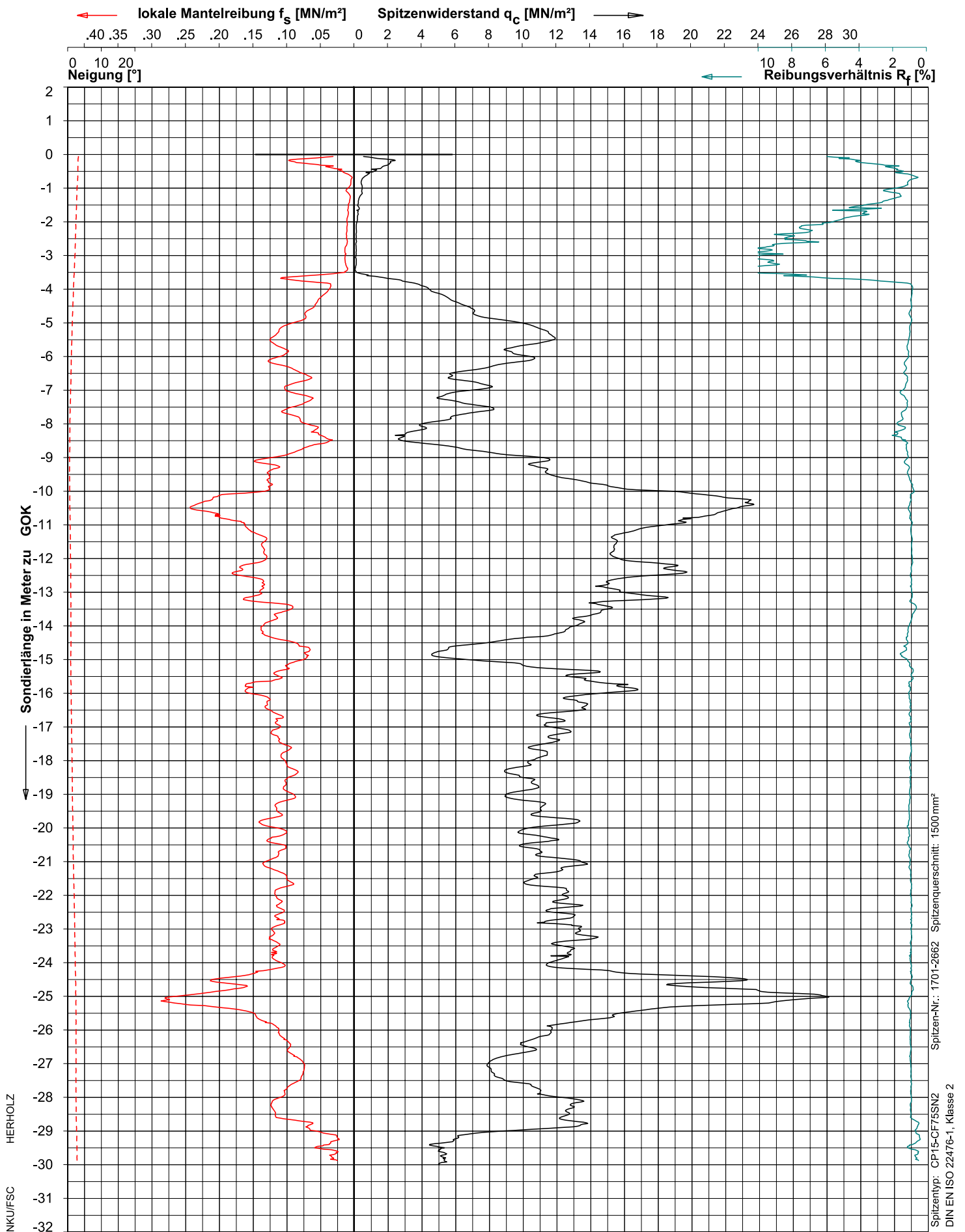


DIN ISO 9001

Fugro Consult GmbH
Abteilung GeoTechnologies
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -10.05 m zu GOK

Projekt: 620-16-0427-L
Sondierung : WEA-3-K2



DIN ISO 9001

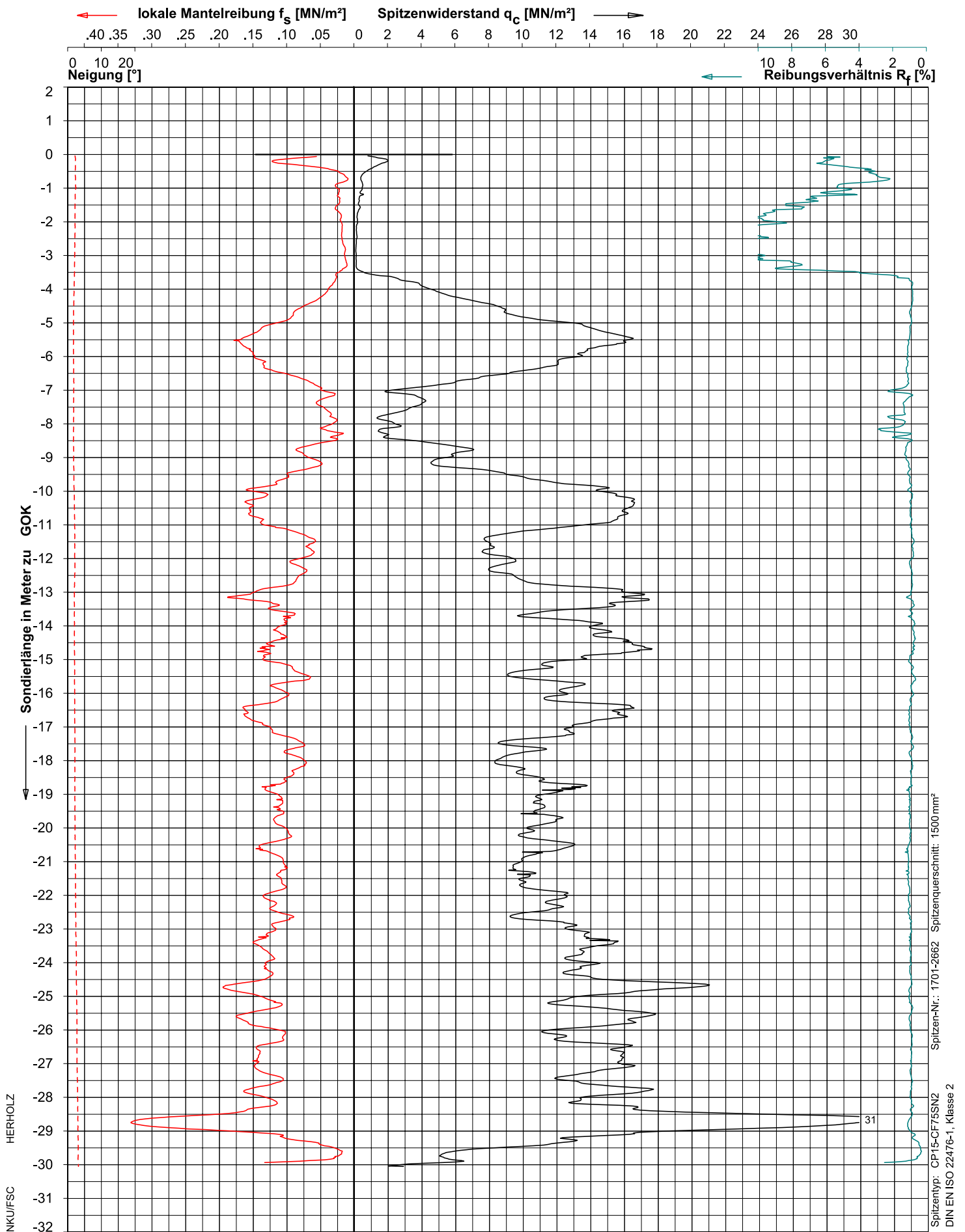
Fugro Consult GmbH

Abteilung GeoTechnologies
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -30.02 m zu GOK

Projekt: 620-16-0427-L

Sondierung : WEA-3-N



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke
WP Lehmdermoor-Delfshausen

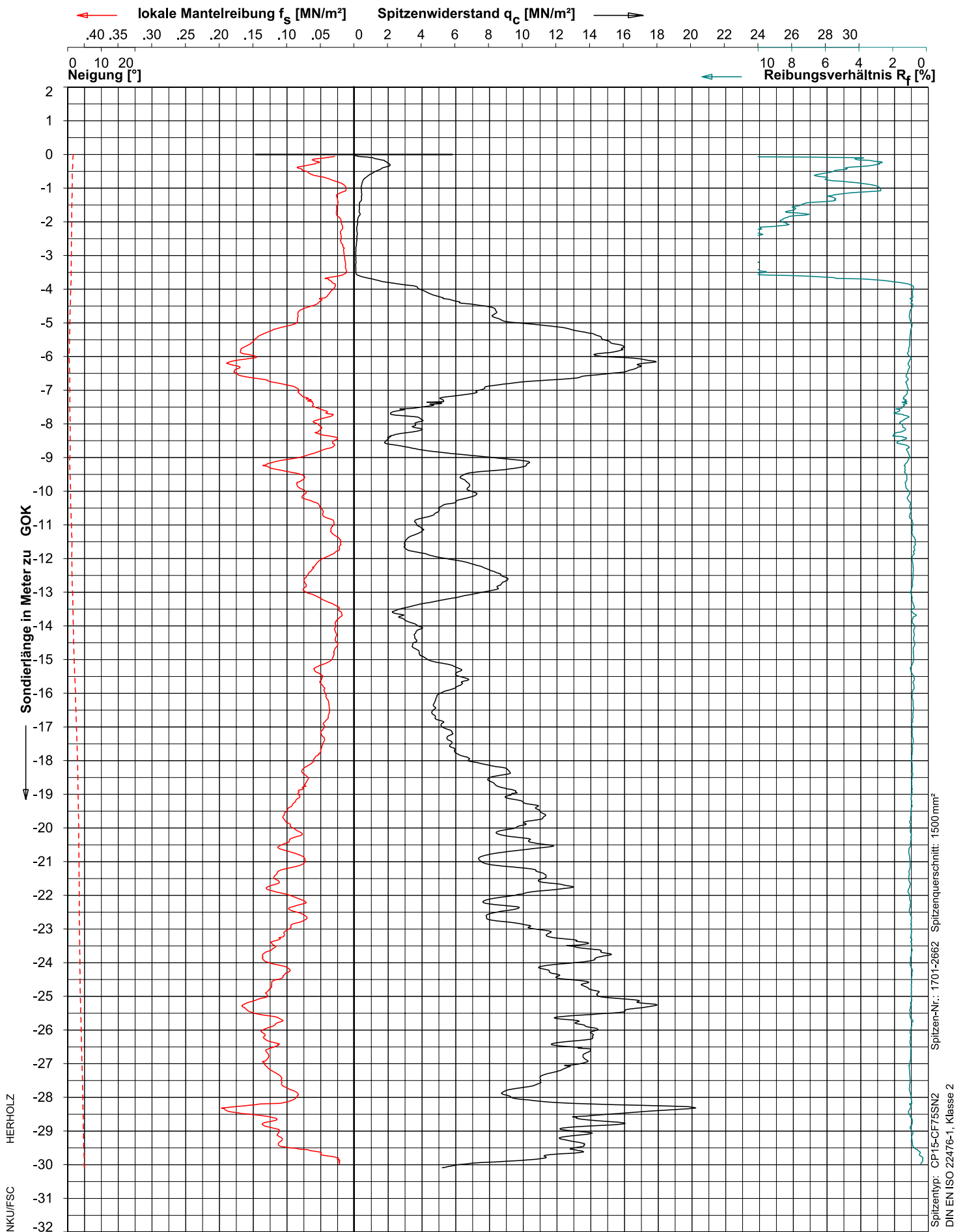


DIN ISO 9001

Fugro Consult GmbH
Abteilung GeoTechnologies
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -30.05 m zu GOK

Projekt: 620-16-0427-L
Sondierung : WEA-3-SO



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke
 WP Lehmdermoor-Delfshausen



DIN ISO 9001

Fugro Consult GmbH
Abteilung GeoTechnologies
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 15-Jun-2016
 Sondierende: Vorgabe
 Gelände : 0,00 m zu GOK
 Endteufe : -30,09 m zu GOK

Projekt: 620-16-0427-L
 Sondierung : WEA-3-SW



ANLAGE 4
Wassergehalte, DIN 18121

[illegible]



ANLAGE 5
Körnungslinien, DIN 18123

Ingenieurgeologie Dr. Lübke

Füchteler Straße 29

49377 Vechta

Tel.: 04441-97975-0 Fax.: 04441-97975-29

Bearbeiter: Müller

Datum: 30.06.2016

Körnungslinie

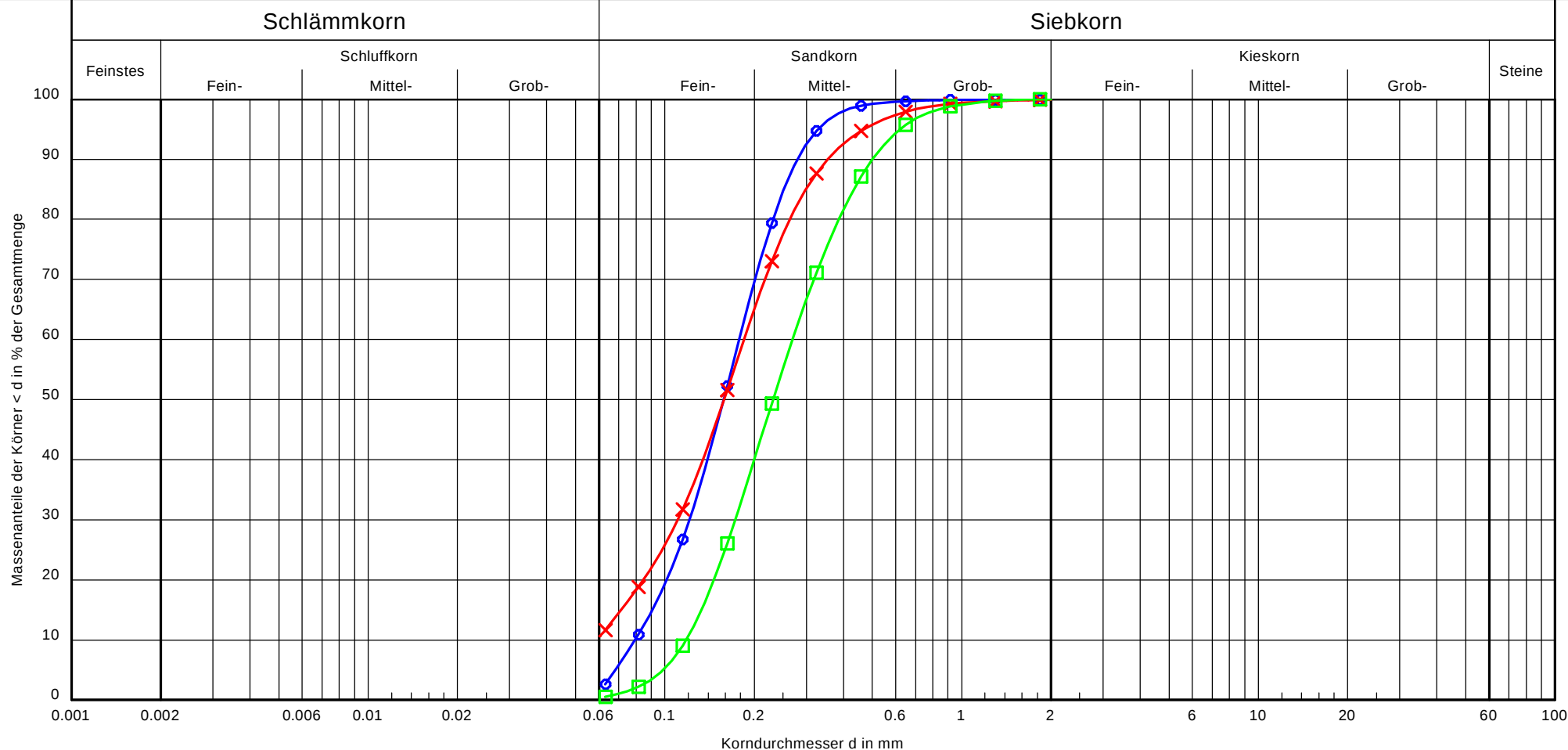
WP Lehmdermoor-Delfshausen

Prüfungsnummer: 1075-16-3

Probe entnommen am: 14.06.2016

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: DIN 18123



Bezeichnung:			
Bodenart:	fS, mS	fS, mS, u'	mS, fS, gs'
Tiefe:	3,30-5,40 m	5,40-6,10 m	6,10-6,60 m
U/Cc	2.2/1.0	-/-	2.3/0.9
Entnahmestelle:	WEA 1	WEA 1	WEA 1
kf (Hazen)	$7.3 \cdot 10^{-5}$	-	$1.6 \cdot 10^{-4}$
T/U/S/G [%]:	- /2.6/97.4/ -	- /11.6/88.4/ -	- /0.5/99.5/ -

Bemerkungen:

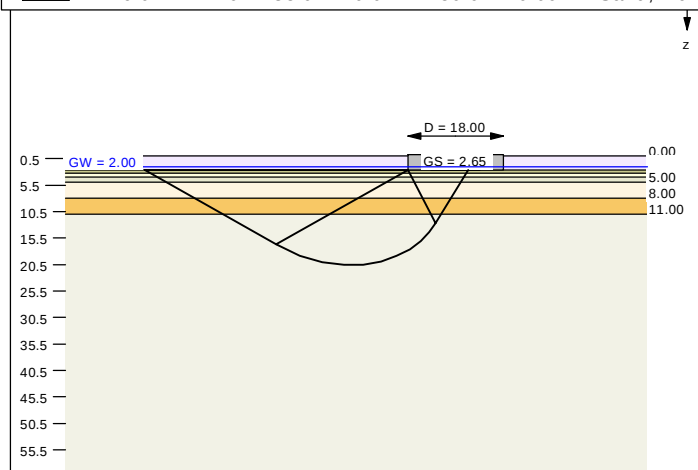
Bericht:
1075-16-3
Anlage:
5



ANLAGE 6.1 - 6.4

Setzungsberechnungen, Grundbruch

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	18.0	10.0	32.5	0.0	30.0	0.00	Seitl. A
	21.0	11.0	42.0	0.0	100.0	0.00	STS
	18.0	10.0	35.0	0.0	40.0	0.00	BA, Sand, md
	19.0	11.0	35.0	0.0	40.0	0.00	Sand, md
	18.0	10.0	30.0	0.0	15.0	0.00	Sand, lo, U,
	18.0	10.0	32.5	0.0	30.0	0.00	Sand, lo
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand, md



Ergebnisse Einzelfundament:

Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k} = 24578.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 564.00 / 0.00$ kN
Moment $M_{x,k} = 47567.00 / 0.00$ kN·m
Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
Durchmesser $D = 18.000$ m
Durchmesser (innen) $d = 9.200$ m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = -1.935$ m
Resultierende im 1. Kern (= 2.838 m)
 $a' = 11.372$ m
 $b' = 14.149$ m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = -1.935$ m
Resultierende im 1. Kern (= 2.838 m)
 $a' = 11.372$ m
 $b' = 14.149$ m

Grundbruch:

Durchstanzen untersucht,
aber nicht maßgebend.
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{01,k} / \sigma_{01,d} = 2207.5 / 1576.78$ kN/m²
 $R_{n,k} = 355193.75$ kN
 $R_{n,d} = 253709.82$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 24578.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 33180.30$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.131
cal $\phi = 31.0^\circ$
 ϕ wegen 5° Bedingung abgemindert
cal $c = 0.00$ kN/m²

cal $\gamma_2 = 10.52$ kN/m³
cal $\sigma_0 = 42.50$ kN/m²
UK log. Spirale = 20.59 m u. GOK
Länge log. Spirale = 73.79 m
Fläche log. Spirale = 691.93 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 32.69$; $N_{d0} = 20.65$; $N_{b0} = 11.81$
Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.435$; $v_d = 1.414$; $v_b = 0.759$
Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.963$; $i_d = 0.965$; $i_b = 0.942$

Gleitwiderstand:

Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\phi) / \gamma_{R,h} = 24578.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\phi) / \gamma_{R,h} = 12900.10$ kN
 $T_d = 761.40$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.059$

Setzung infolge Gesamtlasten:

Grenztiefe $t_g = 13.37$ m u. GOK
Vorbelastung = 26.5 kN/m²
Setzung (Mittel aller KPs) = 2.20 cm
Setzungen der KPs:

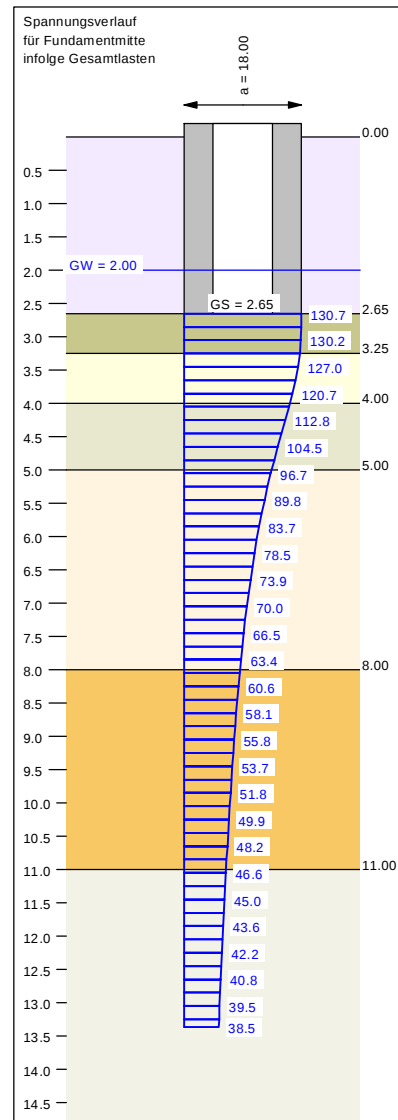
oben = 0.86 cm
unten = 3.54 cm
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 566.1

Drehfedersteifigkeit:

$k_{\phi,x} = 26925.6$ MN·m/rad

Nachweis EQU:

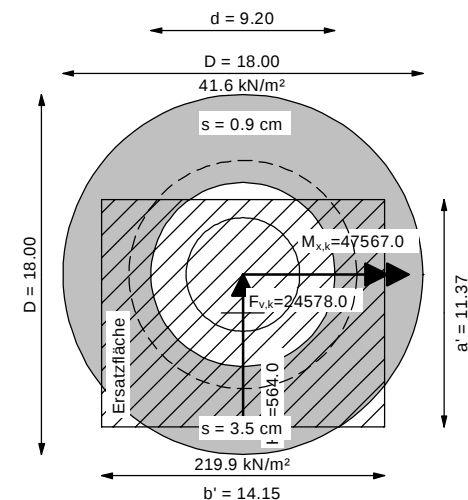
$M_{stb} = 24578.0 \cdot 18.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 199081.8$
 $M_{dst} = 47567.0 \cdot 1.10 = 52323.7$
 $\mu_{EQU} = 52323.7 / 199081.8 = 0.263$



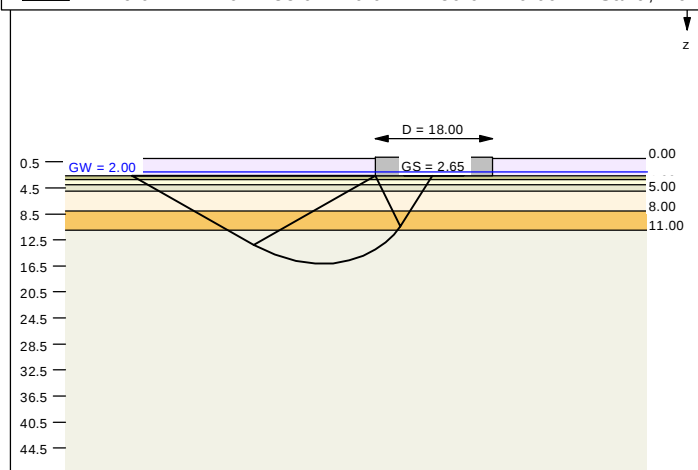
Berechnungsgrundlagen:
WP Delfshausen, WEA 1, DLC 1.0
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$
Gleitsicherheit mit $\phi = 30.00^\circ$

Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
Gründungssohle = 2.65 m
Grundwasser = 2.00 m
Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
—— 1. Kernweite
- - - - 2. Kernweite

Grundriss



Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	18.0	10.0	32.5	0.0	30.0	0.00	Seitl. A
	21.0	11.0	42.0	0.0	100.0	0.00	STS
	18.0	10.0	35.0	0.0	40.0	0.00	BA, Sand, md
	19.0	11.0	35.0	0.0	40.0	0.00	Sand, md
	18.0	10.0	30.0	0.0	15.0	0.00	Sand, lo, U,
	18.0	10.0	32.5	0.0	30.0	0.00	Sand, lo
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand, md



Ergebnisse Einzelfundament:

Lasten = ständig / veränderlich

Vertikallast $F_{v,k} = 24466.00 / 0.00$ kN

Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN

Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 974.00 / 0.00$ kN

Moment $M_{x,k} = 84204.00 / 0.00$ kN·m

Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m

Durchmesser D = 18.000 m

Durchmesser (innen) d = 9.200 m

Unter ständigen Lasten:

Exzentrizität $e_x = 0.000$ m

Exzentrizität $e_y = -3.442$ m

Resultierende im 2. Kern (= 5.701 m)

$a' = 8.807$ m

$b' = 13.176$ m

Unter Gesamtlasten:

Exzentrizität $e_x = 0.000$ m

Exzentrizität $e_y = -3.442$ m

Resultierende im 2. Kern (= 5.701 m)

$a' = 8.807$ m

$b' = 13.176$ m

Grundbruch:

Durchstanzen untersucht,
aber nicht maßgebend.

Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$

$\sigma_{01,k} / \sigma_{01,d} = 1885.2 / 1346.58$ kN/m²

$R_{n,k} = 218756.13$ kN

$R_{n,d} = 156254.38$ kN

$V_d = 1.35 \cdot 24466.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN

$V_d = 33029.10$ kN

μ (parallel zu y) = 0.211

cal $\phi = 31.0^\circ$

ϕ wegen 5° Bedingung abgemindert

cal c = 0.00 kN/m²

cal $\gamma_2 = 10.41$ kN/m³

cal $\sigma_0 = 42.50$ kN/m²

UK log. Spirale = 16.12 m u. GOK

Länge log. Spirale = 55.57 m

Fläche log. Spirale = 391.56 m²

Tragfähigkeitsbeiwerte (y):

$N_{c0} = 32.70$; $N_{d0} = 20.66$; $N_{b0} = 11.82$

Formbeiwerte (y):

$v_c = 1.362$; $v_d = 1.344$; $v_b = 0.799$

Neigungsbeiwerte (y):

$i_c = 0.934$; $i_d = 0.937$; $i_b = 0.900$

Gleitwiderstand:

Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$

$N_k \cdot \tan(\phi) / \gamma_{R,h} = 24466.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$

$R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\phi) / \gamma_{R,h} = 12841.32$ kN

$T_d = 1314.90$ kN

$\mu = T_d / R_{t,d} = 0.102$

Setzung infolge Gesamtlasten:

Grenztiefe $t_g = 13.33$ m u. GOK

Vorbelastung = 26.5 kN/m²

Setzung (Mittel aller KPs) = 2.42 cm

Setzungen der KPs:

oben = 0.26 cm

unten = 4.58 cm

Verdrehung(x) (KP) = 1 : 351.9

Drehfedersteifigkeit:

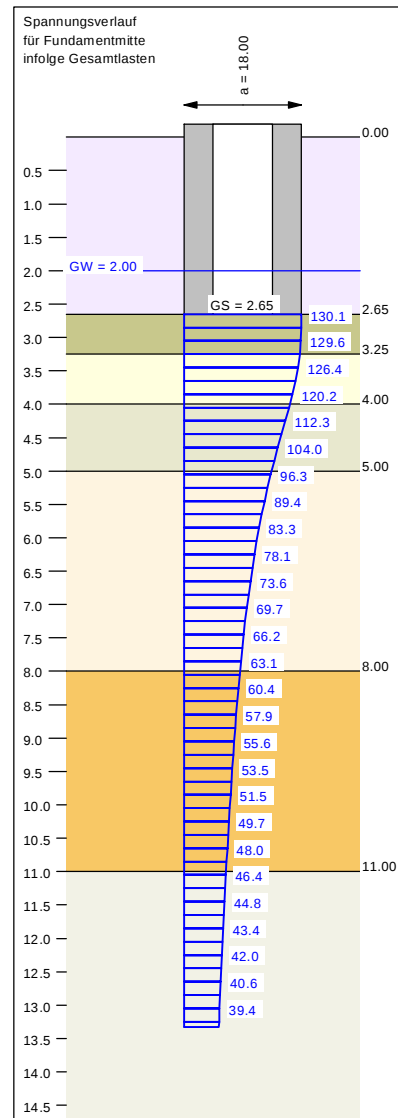
$k_{p,x} = 29632.0$ MN·m/rad

Nachweis EQU:

$M_{stb} = 24466.0 \cdot 18.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 198174.6$

$M_{dst} = 84204.0 \cdot 1.10 = 92624.4$

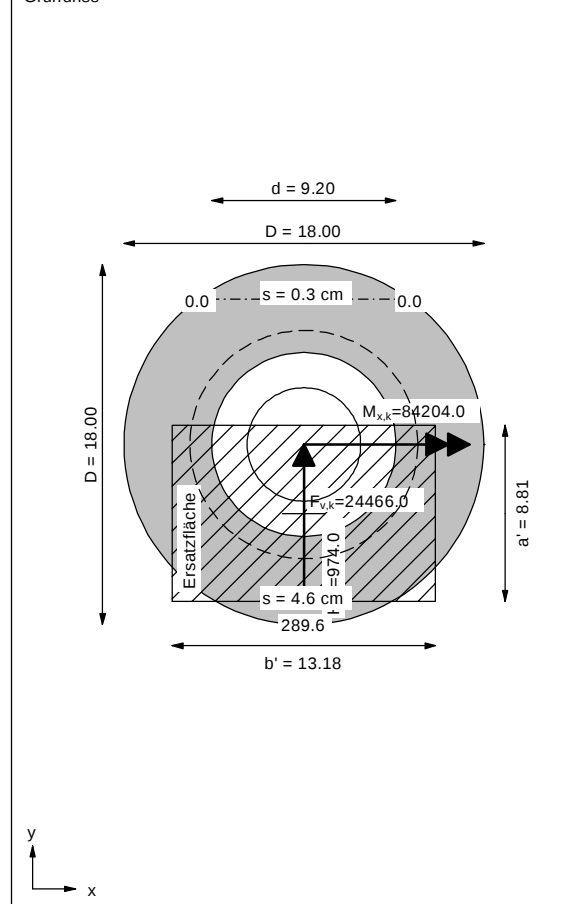
$\mu_{EQU} = 92624.4 / 198174.6 = 0.467$



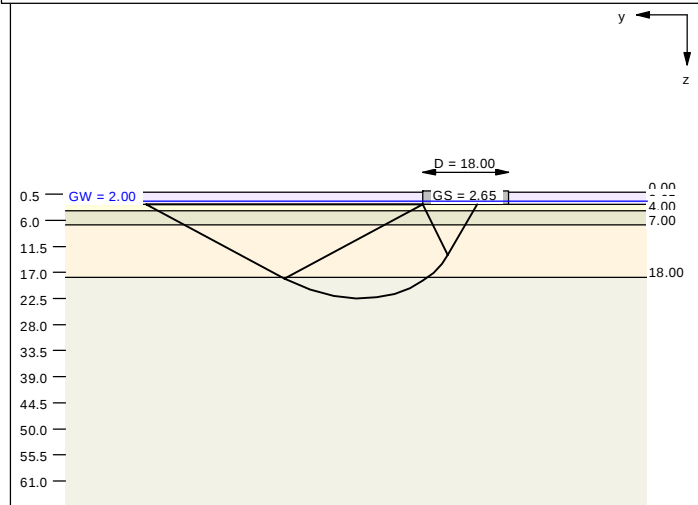
Berechnungsgrundlagen:
WP Delfshausen, WEA 1, DLC 6.2
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$
Gleitsicherheit mit $\phi = 30.00^\circ$

Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
Gründungssohle = 2.65 m
Grundwasser = 2.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
—— 1. Kernweite
- - - - 2. Kernweite

Grundriss



Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	18.0	10.0	32.5	0.0	30.0	0.00	Seitl. A
	18.0	10.0	35.0	0.0	40.0	0.00	BA, Sand, md
	19.0	11.0	35.0	0.0	60.0	0.00	Sand, md
	18.0	10.0	32.0	0.0	30.0	0.00	Sand, lo
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand, md



Ergebnisse Einzelfundament:

Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k} = 24578.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 564.00 / 0.00$ kN
Moment $M_{x,k} = 47567.00 / 0.00$ kN·m
Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
Durchmesser D = 18.000 m
Durchmesser (innen) d = 9.200 m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = -1.935$ m
Resultierende im 1. Kern (= 2.838 m)
 $a' = 11.372$ m
 $b' = 14.149$ m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = -1.935$ m
Resultierende im 1. Kern (= 2.838 m)
 $a' = 11.372$ m
 $b' = 14.149$ m

Grundbruch:

Durchstanzen untersucht,
aber nicht maßgebend.
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{01,k} / \sigma_{01,d} = 3215.0 / 2296.46$ kN/m²
 $R_{n,k} = 517314.04$ kN
 $R_{n,d} = 369510.03$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 24578.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 33180.30$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.090
cal $\phi = 33.7^\circ$
cal c = 0.00 kN/m²
cal $\gamma_2 = 10.32$ kN/m³

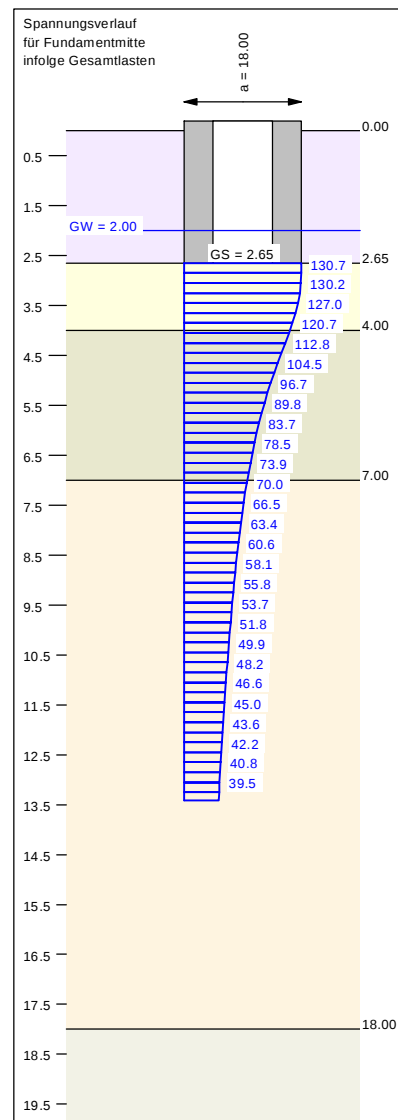
cal $\sigma_0 = 42.50$ kN/m²
UK log. Spirale = 22.48 m u. GOK
Länge log. Spirale = 83.61 m
Fläche log. Spirale = 872.12 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 41.06$; $N_{d0} = 28.38$; $N_{b0} = 18.26$
Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.462$; $v_d = 1.446$; $v_b = 0.759$
Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.963$; $i_d = 0.965$; $i_b = 0.942$

Gleitwiderstand:

Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\phi) / \gamma_{R,h} = 24578.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\phi) / \gamma_{R,h} = 12900.10$ kN
 $T_d = 761.40$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.059$

Setzung infolge Gesamtlasten:

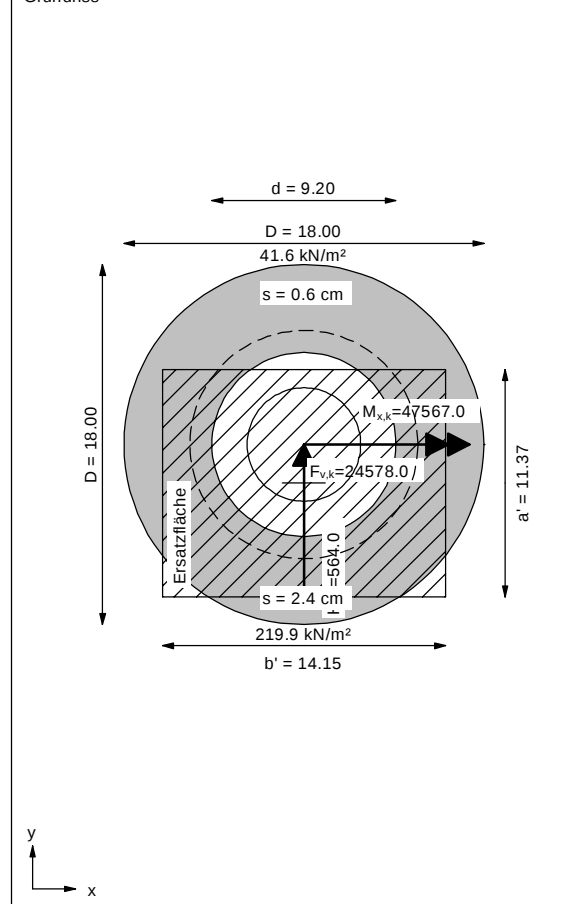
Grenztiefe $t_0 = 13.41$ m u. GOK
Vorbelastung = 26.5 kN/m²
Setzung (Mittel aller KPs) = 1.51 cm
Setzungen der KPs:
oben = 0.62 cm
unten = 2.39 cm
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 857.3
Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\phi,x} = 40777.7$ MN·m/rad
Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 24578.0 \cdot 18.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 199081.8$
 $M_{dst} = 47567.0 \cdot 1.10 = 52323.7$
 $\mu_{EQU} = 52323.7 / 199081.8 = 0.263$



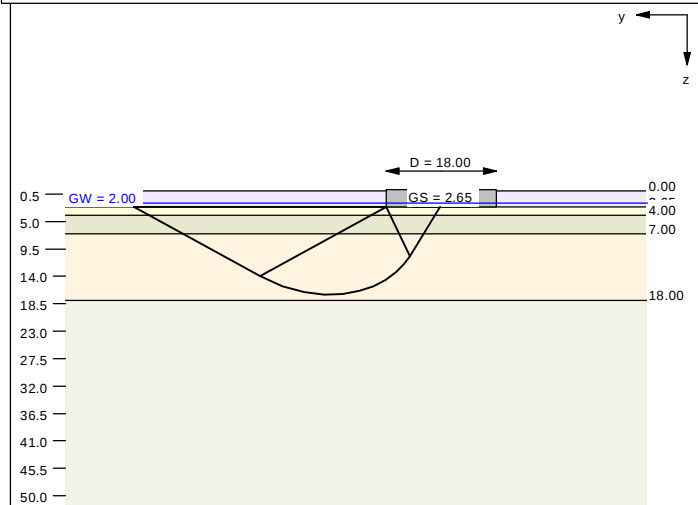
Berechnungsgrundlagen:
WP Delfshausen, WEA 2, DLC 1.0
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$
Gleitsicherheit mit $\phi = 30.00^\circ$

Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
Gründungssohle = 2.65 m
Grundwasser = 2.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
—— 1. Kernweite
- - - - 2. Kernweite

Grundriss



Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	18.0	10.0	32.5	0.0	30.0	0.00	Seitl. A
	18.0	10.0	35.0	0.0	40.0	0.00	BA, Sand, md
	19.0	11.0	35.0	0.0	60.0	0.00	Sand, md
	18.0	10.0	32.0	0.0	30.0	0.00	Sand, lo
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand, md



Ergebnisse Einzelfundament:

Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k} = 24466.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 974.00 / 0.00$ kN
Moment $M_{x,k} = 84204.00 / 0.00$ kN·m
Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
Durchmesser D = 18.000 m
Durchmesser (innen) d = 9.200 m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = -3.442$ m
Resultierende im 2. Kern (= 5.701 m)
 $a' = 8.807$ m
 $b' = 13.176$ m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = -3.442$ m
Resultierende im 2. Kern (= 5.701 m)
 $a' = 8.807$ m
 $b' = 13.176$ m

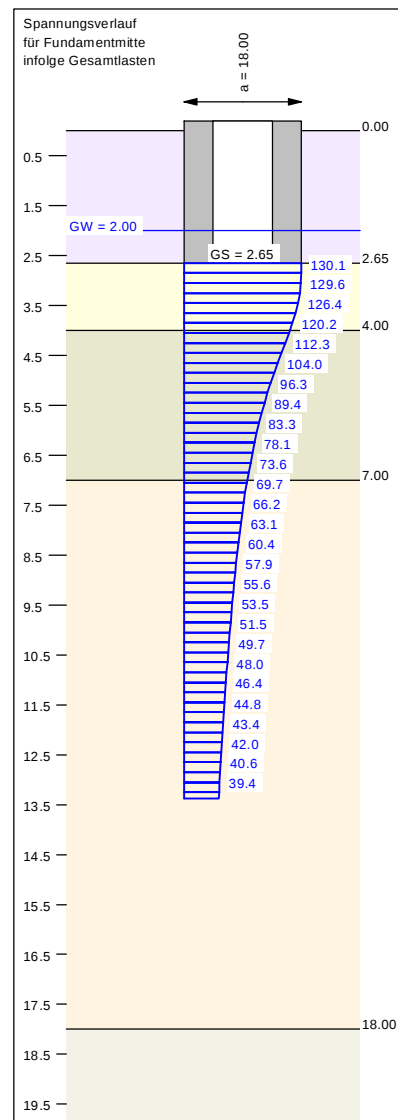
Grundbruch:

Durchstanzen untersucht,
aber nicht maßgebend.
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{01,k} / \sigma_{01,d} = 2385.1 / 1703.66$ kN/m²
 $R_{n,k} = 276765.56$ kN
 $R_{n,d} = 197689.68$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 24466.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 33029.10$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.167
cal $\phi = 32.7^\circ$
cal c = 0.00 kN/m²
cal $\gamma_2 = 10.29$ kN/m³

cal $\sigma_0 = 42.50$ kN/m²
UK log. Spirale = 17.01 m u. GOK
Länge log. Spirale = 60.16 m
Fläche log. Spirale = 453.60 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 37.74$; $N_{d0} = 25.26$; $N_{b0} = 15.59$
Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.376$; $v_d = 1.361$; $v_b = 0.799$
Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.934$; $i_d = 0.937$; $i_b = 0.900$
Gleitwiderstand:
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\phi) / \gamma_{R,h} = 24466.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\phi) / \gamma_{R,h} = 12841.32$ kN
 $T_d = 1314.90$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.102$

Setzung infolge Gesamtlasten:

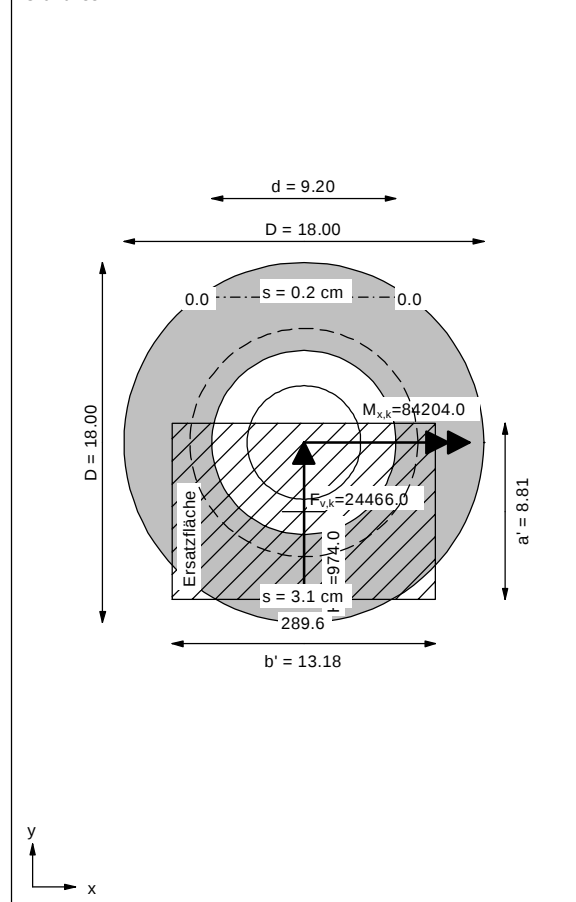
Grenztiefe $t_0 = 13.37$ m u. GOK
Vorbelastung = 26.5 kN/m²
Setzung (Mittel aller KPs) = 1.65 cm
Setzungen der KPs:
oben = 0.22 cm
unten = 3.08 cm
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 533.3
Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\phi,x} = 44907.4$ MN·m/rad
Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 24466.0 \cdot 18.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 198174.6$
 $M_{dst} = 84204.0 \cdot 1.10 = 92624.4$
 $\mu_{EQU} = 92624.4 / 198174.6 = 0.467$



Berechnungsgrundlagen:
WP Delfshausen, WEA 2, DLC 6.2
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$
Gleitsicherheit mit $\phi = 30.00^\circ$

Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
Gründungssohle = 2.65 m
Grundwasser = 2.00 m
Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
—— 1. Kernweite
----- 2. Kernweite

Grundriss





ANLAGE 7.1-7.2

Nachweis Drehfedersteifigkeit

WP Lehmdermoor-Delfshausen

Drehfedersteifigkeit

Standort	WEA 1
Bohrloch	CPT s

Sollwerte :	10.000	100.000
Fundament- radius (m)	Kappa phi, stat (MNm/rad)	Kappa phi, dyn (MNm/rad)

[illegible]

7.2
1075-16-3

Standort	WP Lehmdermoor-Delfshausen	
Datum	20.07.2016	
Turmtyp	E-82, 108 mNH	
Gründungsart	FmA	

Drehfedersteifigkeit

Standort	WEA 2
Bohrloch	CPT s

[illegible]



ANLAGE 8

Analysenergebnis Grundwasser

Uwe Markert - Baugrund
Baugrunduntersuchungen - Altlastenerkundung
Markert



Fischerkoppel 11

24340 Eckernförde

Prüfbericht-Nr.: 2016P508900 / 1

Auftraggeber	Uwe Markert - Baugrund Baugrunduntersuchungen - Altlastenerkundung
Eingangsdatum	17.06.2016
Projekt	WP Delfshausen
Material	Wasser
Kennzeichnung	BS 11 Pumpbrunnen Tiefe: 0,90 m 17.06.2016
Auftrag	Analytik gem. Vorgabe des Auftraggebers
Verpackung	Glas- und PE-Flaschen
Probenmenge	ca. 1,5 L
Auftragsnummer	16506093
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	Auftraggeber
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Analysenbeginn / -ende	17.06.2016 - 25.06.2016
Methoden	siehe letzte Seite
Unteraufträge	
Bemerkung	
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 25.06.2016



I. A. Gesine Blinde

Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2016P508900 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2016P508900 / 1

WP Delfshausen

Auftrag		16506093
Probe-Nr.		001
Material		Wasser
Probenbezeichnung		BS 11 Pumpbrunne n Tiefe: 0,90 m 17.06.2016
Probemenge		ca. 1,5 L
Probeneingang		17.06.2016
Analysenergebnisse	Einheit	
Betonaggressivität		
pH-Wert		8,8
Geruch		unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	15
Gesamthärte	°dH	7,4
Härtehydrogencarbonat	°dH	3,3
Nichtcarbonathärte	°dH	4,1
Magnesium	mg/L	14
Ammonium	mg/L	<0,20
Sulfat	mg/L	1,2
Chlorid	mg/L	13
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	<5,0
Eisen, ges.	mg/L	0,0095

Prüfbericht-Nr.: 2016P508900 / 1

WP Delfshausen

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen

Parameter	Bestimmungs- grenze	Einheit	Methode
Betonaggressivität			DIN EN 16502
pH-Wert			DIN EN ISO 10523 ^a
Geruch			DEV-B1/2 ^a
Permanganat-Verbrauch	2,0	mg KMnO ₄ /L	DIN EN ISO 8467 ^a
Gesamthärte		°dH	DIN 38409-H6/ DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^a
Härtehydrogencarbonat		°dH	DIN 38 405-D8 ^a
Nichtcarbonathärte		°dH	berechnet
Magnesium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22) ^a
Ammonium	0,20	mg/L	DIN EN ISO 11732 (E23) ^a
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Kohlendioxid, kalklösend	5,0	mg/L	DIN 4030 (Heyer) ^a
Eisen, ges.	0,0050	mg/L	DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^a

Die mit ^a gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen können matrixbedingt variieren.

Anlage zu Prüfbericht 2016P508900

Probe-Nr.: 16506093 / 001

Probenbezeichnung: BS 11 PumpbrunnenTiefe: 0,90 m 17.06.2016

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	8,8		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	<5,0	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	<0,20	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 -100
Magnesium	14	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	1,2	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	13	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,4	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	3,3	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	15	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Gemäß DIN 4030 Teil 2 sind bei der hier untersuchten Wasserprobe keine Maßnahmen nach DIN 1045 erforderlich. Das Wasser ist nicht Beton angreifend.



ANLAGE 9

Hydraulische Berechnung

Hydraulische Berechnung

Aufsteller
Antragsteller
Baugrundstück

Flurstück
Flur
Gemarkung
Absenkverfahren Filter, d = 0,05 m

WP Delfshausen
WEA 1 und WEA 2

1.00	Technische Daten (freier Grundwasserspiegel)			
1.01	Geländehöhe		0,00 m	üNN
	Grundwasserspiegel in Ruhe			
1.02	Datum: Juni 2016		-0,70 m	üNN
	niedrigster Grundwasserspiegel,			
1.03	geschätzt		-1,00 m	üNN
1.04	Bodenart	Fein- Mittelsand		
1.05	Durchlässigkeitsbeiwert	kf	1,60E-04 m/s	
1.06	Konstruktionsunterkante ((KUK)		m	üNN
1.07	Baugrubensohle (BGS)		-4,00 m	üNN
1.08	Absenkziel Mitte BGS		-4,50 m	üNN
1.09	Absenkziel in Absenkanlage		-4,50 m	üNN
1.10	Unterkannte Filterstrecke		-9,00 m	üNN
1.11	Oberkannte Wasserstauer		m	üNN
1.12	Länge Filterstrecke		1,00 m	
1.13	Absenktiefe (Differenz 1.02-1.08)	(S)	3,80 m	
	wirksame Absenktiefe (Differenz			
1.14	1.03-1.07)	(sw)	3,00 m	
	Eintauchtiefe bei GW in Ruhe			
1.15	(Differenz 1.02-1.10)	(H)	8,30 m	
	Eintauchtiefe bei Absenkung			
1.16	(Differenz 1.08-1.10)	(h)	4,50 m	
1.17	Baugrube: Länge	(L1)	m	
	Durchmesser, i. M. (Fundament +			
	Arbeitsraum + Böschung)	(L2)	24,00 m	
	Fläche	(F)	452,39 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	144,20 m	
	wirksame Reichweite	Rw	113,84 m	
	$Rw = 3000 \times sw \times \sqrt{kf}$			
2.02	Radius der Baugruben	RA	12,00 m	
2.03	Zuflusswassermenge bei Baugruben (Dupuit-Thiem)			
	$Q = \pi \times kf \times (H^2 - h^2) / \ln R - \ln RA$	Q =	0,009834 m ³ /s	35,4 m ³ /h
	bei unvollkommenen Brunnen	+ 30 %	0,012784 m ³ /s	46,0 m ³ /h
	Fassungsvermögen eines Brunnens/Saugfilters			
	$q = 2/15 \times \pi \times r \times h \times \sqrt{kf}$	q =	0,000596 m ³ /s	
	überschlägige Anzahl der Brunnen/Filter:			
		Q/q	21 Stück	