



**Ingenieurgeologie**  
**Dr. Lübke**

# GEOTECHNISCHER BERICHT

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

[www.ig-luebbe.de](http://www.ig-luebbe.de)  
[office@ig-luebbe.de](mailto:office@ig-luebbe.de)

PROJEKT:  
1075-16-1

WP Wapeldorf-Heubelt  
5 x WEA Enercon E-82, 108 mNH

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

27. Juli 2016

Baugrunderkundungen  
Gründungsgutachten  
Baugrundlabor  
Altlastenuntersuchungen  
Gefährdungsabschätzungen  
Sanierungskonzepte  
Hydrogeologie

In Kooperation mit der  
TERRA Umwelt Consulting GmbH





Projekt: 1075-16-1  
WP Wapeldorf-Heubelt  
5 x WEA Enercon E-82, 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 Geotechnische Bericht umfasst 22 Seiten, 10 Tabellen und 7 Anlagen.

Vechta, 27. Juli 2016

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

<b>I. VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG.....</b>	<b>5</b>
1. Unterlagen.....	5
2. Angaben zum Bauwerk.....	5
<b>II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>6</b>
<b>III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE.....</b>	<b>7</b>
1. Boden.....	7
2. Grundwasser.....	10
3. Erdbebenzone.....	10
4. Bodenmechanische Laborversuche.....	11
5. Bodenklassifizierung nach DIN 18300/DIN 18196.....	12
6. Bodenkennwerte.....	12
<b>IV. GRÜNDUNGEN.....</b>	<b>13</b>
1. Geotechnische Kategorie.....	13
2. Auswertung und Bewertung.....	13
3. Hinweise zur Pfahlgründung.....	16
<b>V. KRANAUFSTELLFLÄCHEN.....</b>	<b>17</b>
<b>VI. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG.....</b>	<b>18</b>
1. Baugrube, Böschungen.....	18
2. Wasserhaltung.....	19
3. Fundamentüberdeckung, Wiederverwendung Bodenaushub, Verdichtungsanforderungen.....	20
4. Betonaggressivität des Grundwassers.....	21
5. Frischbetoneigengewicht.....	21
<b>VII. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSWORT.....</b>	<b>21</b>



## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1.1:	Charakteristische Lastfälle für Fundamente mit Auftrieb...	5
Tabelle 1.2:	Pfahlvarianten und Bemessungspfahllasten.....	6
Tabelle 2:	Koordinaten und ungefähre Geländehöhe.....	6
Tabelle 3:	Generelle Bodenschichtung.....	8
Tabelle 4:	Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen und Körnungs- analysen.....	11
Tabelle 5:	Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18300.....	12
Tabelle 6:	Bodenklassifizierung nach DIN 18300: 2002/DIN 18196.....	12
Tabelle 7:	Bodenkennwerte in Anlehnung an TÜRKE (1998), EAU (2012), Grundbau Taschenbuch, Ergebnissen der Druck- sondierungen und eigenen Erfahrungswerten.....	13
Tabelle 8.1-8.5:	Rechnerisch ermittelte Pfahlabsetztiefen ( <i>m u. GOK</i> ).....	15- 16
Tabelle 9:	Maßnahmen zur Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes	21
Tabelle 10:	Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen.....	22

## ANLAGENVERZEICHNIS:

ANLAGE 1.1-1.2:	Lagepläne
ANLAGE 2.1-2.8:	Bohrprofile nach DIN 4023 und Drucksondierdiagramme nach DIN 4094
ANLAGE 3:	Drucksondierprotokolle
ANLAGE 4:	Wassergehalte, DIN 18121
ANLAGE 5.1-5.2:	Körnungslinien, DIN 18123
ANLAGE 6.1-6.15:	Nachweis äußere Pfahltragfähigkeit
ANLAGE 7:	Analysenergebnis Grundwasser





**I. VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG**

Im Landkreis Ammerland soll in der Gemeinde Rastede zwischen den Dörfern Wapeldorf im Westen und Heubült im Osten ein Windpark bestehend aus insgesamt fünf Windenergieanlagen vom Typ Enercon E-82 mit 108 m Nabenhöhe errichtet werden. Der Windpark ist zweigeteilt die Anlagen WEA 1 Nord und WEA 2 Nord befinden sich nördlich und die Anlagen WEA 1 Süd bis WEA 3 Süd südlich der Landstraße L 820.

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.

1. Unterlagen

Zur Durchführung der Untersuchungen erhielten wir folgende Unterlagen:

- Übersichtskarte, Lage der Windparks, Maßstab 1 : 50.000,
- Lageplan Wapeldorf Nord + Süd vom 30.05.2016, Maßstab 1 : 5 000.
- Fundamentdatenblatt E-82 E2/BF/107/23/01 + E-82 E3/BF/107/23/01, Flachgründung mit Auftrieb, vom 28.10.2010, Revision 1.0/28.10.2010.
- Fundamentdatenblatt E-82 E2/BF/107/23/01 + E-82 E3/BF/107/23/01, Tiefgründung mit Auftriebswirkung vom 13.01.2011, Revision 2.0/07.03.2011.

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/m<sup>2</sup> (*Fundamentvariante mit Auftrieb*) aufnehmen können.

Für geotechnische Nachweise sind im Datenblatt folgende charakteristischen Lastfälle angegeben (*Tabelle 1.1*):

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  $k_{phi,dyn} = 100\,000\text{ MNm/rad}$  bzw.  $k_{phi,stat} = 10\,000\text{ MNm/rad}$  einzuhalten. Der Ersatzradius für den gleich steifen Kreis ist mit  $r = 8,84\text{ m}$  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 $d = 51\text{ cm}$	30	2025	401
4	Ortbetonrammpfähle $d = 51\text{ cm}$	24	2517	487

Tabelle 1.2: Pfahlvarianten und Bemessungspfahllasten.

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

Die UTM-Koordinaten des Anlagenmittelpunktes wurden den Unterlagen und die ungefähre Geländehöhe der Topographischen Karte TK 50 wie folgt entnommen (*vgl. Tabelle 2*):

Anlagennummer	Rechtswert	Hochwert	Geländehöhe mNN
WEA 1, Nord	443044	5909888	0,5
WEA 2, Nord	443280	5909811	0,0
WEA 1, Süd	443562	5909175	1,5
WEA 2, Süd	443454	5908939	1,5
WEA 3, Süd	443517	5908707	2,0

Tabelle 2: Koordinaten und ungefähre Geländehöhe.

## II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Der Standortmittelpunkt wurde über den Auftraggeber eingemessen und ausgepflockt. Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde am 20.06.2016 an den Anlagenmittelpunkten jeweils eine Rammkernsondierung (*RKS 1 Nord bis RKS 3 Süd,  $\varnothing 80\text{ mm}/60\text{ mm}$* ) bis 10,00 m unter Gelände abgeteuft.

Durch die Fugro Consult GmbH, Lilienthal, wurden in einem Abstand von ca. 9,0 m vom Mittelpunkt entfernt und in etwa gleichmäßig um den Umfang verteilt drei elektrische Drucksondierungen bis 24,0 m bzw. 30,0 m unter Gelände durchgeführt (*CPT 1-1 (Nord) bis CPT 3-3 (Süd)*). Der im tieferen Untergrund anstehende Baugrund aus Sand wurde mit den Drucksondierungen ausreichend tief erkundet.





Für die Kranstellflächen (KAF) wurden jeweils zwei elektrische Drucksondierungen (CPT K 1-4 (Nord) bis CPT K 3-5 (Süd)) jeweils bis 10,0 m unter Ansatzpunkt abgeteuft.

Die Lage der Sondieransatzpunkte ist in den Anlage 1.1-1.2 dargestellt. Die Bodenprofile wurden entsprechend DIN EN ISO 14688-1/2 ingenieurgeologisch vor Ort angesprochen und in Schichtenverzeichnissen aufgenommen. Die Ergebnisse sind in Anlage 2.1-2.8 als Bohrprofile nach DIN 4023 und als Drucksondierdiagramme (CPT nach DIN 4094) dargestellt. Die Drucksondierprotokolle liegen in Anlage 3 vor.

An insgesamt 13 repräsentativ ausgewählten Bodenproben wurden die Wassergehalte nach DIN 18121 (Anlage 4) und an sieben Bodenproben die Körnungslinien nach DIN 18123 durch Siebanalyse nach nassem Abtrennen der Feianteile bzw. durch Sedimentation ermittelt (Anlage 5.1-5.2).

Die RKS 2 (WEA 1) wurde für den Bereich Süd 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 Analysenergebnisse liegen in Anlage 7 vor.

Da im Bereich „Nord“ der Wasserandrang im Bohrloch aus den bindigen Böden (Klei, Torfmudde) äußerst gering war, konnte hier keine Grundwasserprobe entnommen und analysiert werden.

Die Ermittlung der äußeren Pfahltragfähigkeit ist als Anlage 6.1-6.15 beigefügt.

### III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

#### 1. Boden

Nach der Kartenserie Geologie vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Maßstab 1 : 50 000, sind im nördlichen Untersuchungsgebiet unter holozänen Deckschichten aus Klei und Torf entweder Beckensedimente aus „Lauenburger Ton“ oder fluviatile Sande aus der Weichsel-Kaltzeit zu erwarten.

Im Südlichen Bereich stehen unter Torfabdeckungen glazifluviatile Sande aus der Drenthe-Kaltzeit an.

Das Gelände ist in etwa eben. Die Geländehöhen betragen etwa zwischen 0,0 mNN (WEA 2-Nord) und 2,0 mNN (WEA 3 Süd).

Nach den vorliegenden Bohrprofilen und den Drucksondierdiagrammen kann die grundsätzliche Bodenschichtung an den geplanten Anlagenstandorten wie folgt zusammengefasst werden (vgl. Tabelle 3.1-3.2):



## WEA 1 Nord und WEA 2 Nord:

Tiefe (bis m u. GOK min./max.)	Mächtigkeit (m)	Bodenschicht (Spitzendruck $q_c$ in MN/m <sup>2</sup> )	nicht bindig/ bindig	Baugrund- eigenschaften
0,20/0,25	0,20-0,25	Oberboden: Schluff, humos (-)	bindig	nicht geeignet
3,40/3,80	3,20-3,55	Torf, Klei und Torfmudde: Torf, Schluff, schwach tonig, Pflanzenreste oder Schluff, stark humos weich oder steifplastisch $q_c < 1,0$	bindig	nicht geeignet
6,50/8,50 (WEA 2, Nord)	3,10-5,10	Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig locker bis mitteldicht $q_c = 5-10$	nicht bindig	geeignet
16,0/17,0	9,50-14,0	Schluff, feinsandig, schwach tonig steifplastisch $q_c = 2-2,5$	bindig	mäßig tragfähig
> 30,0	> 22,0	Sand und Schluff mitteldicht/halbfest $q_c \geq 10$	nicht bindig/ bindig	gut

Tabelle 3.1: Generelle Bodenschichtung an den Standorten der WEA 1 Nord und WEA 2 Nord.

## WEA 1 Süd bis WEA 3 Süd:

Tiefe (bis m u. GOK min./max.)	Mächtigkeit (m)	Bodenschicht (Spitzendruck $q_c$ in MN/m <sup>2</sup> )	nicht bindig/ bindig	Baugrund- eigenschaften
0,40/0,50	0,40-0,50	Oberboden: Feinsand, schluffig, humos (-)	nicht bindig	nicht geeignet
1,20 WEA 3, Süd	0,60	Schluff: Schluff, feinsandig, Pflanzenreste weich $q_c = 2-3$	bindig	nicht geeignet
8,50/11,5	8,00-11,10	Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig; Muddezwichenlagen möglich locker $q_c = 5-7$ und WEA 2, Süd: Schluff, weich - steif, $q_c = 1-3$	nicht bindig/ bindig	mäßig geeignet
16,0/17,0	9,50-14,0	Schluff, feinsandig, schwach tonig steifplastisch $q_c = 2-2,5$	bindig	mäßig tragfähig
> 30,0	> 22,0	Sand und Schluff. mitteldicht/halbfest $q_c \geq 10-25$	nicht bindig/ bindig	gut

Tabelle 3.2: Generelle Bodenschichtung an den Standorten der WEA 1 Süd bis WEA 3 Süd.



Die Drucksondierungen reichen bis maximal 30,0 m unter GOK. In tieferen Profilabschnitten ( $> 10,0$  m unter GOK) wurden keine unkonsolidierten Weichschichten wie Auesedimente oder humose Böden wie Torf bzw. Mudde erbohrt. Der tiefere Baugrund besteht aus dicht gelagerten Sanden. Der Baugrund ist entsprechend Enercon-Spezifikation ausreichend tief erkundet.

### Kranstellfläche

Auf der Grundlage der durchgeführten Drucksondierungen bis 10,0 m unter Geländeoberkante (GOK) und der Bohrsondierungen an den Anlagenstandorten können die Bodenprofile an den Kranstellflächen wie folgt beschrieben und bewertet werden:

WEA 1 Nord und WEA 2 Nord:

*Oberboden/Mutterboden:*

- Petrographie: Schluff, humos.
- Farbe: braun.
- bis Meter unter Gelände (min./max.): 0,20.
- Mächtigkeit: 0,20 m.
- Konsistenz: weich.
- Baugrundeigenschaften: nicht geeignet.

*Klei, Torf, Torfmudde:*

- Petrographie: Schluff, feinsandig, schwach tonig, organisch oder Torf oder schluffig, stark humos/organisch.
- Farbe: braun, dunkelbraun.
- bis Meter unter Gelände (min./max.): 2,50/3,00.
- Mächtigkeit: 2,30 m bis 2,80 m.
- Konsistenz: weich bis steifplastisch.
- Baugrundeigenschaften: wenig geeignet.

*Sand und Schluff:*

- Petrographie: Schluff, feinsandig, schwach tonig in Wechsellagerung mit Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig.
- Farbe: braun.
- bis Meter unter Gelände (min./max.):  $>$  maximale Aufschlusstiefe von 10,0 m unter GOK.
- Mächtigkeit:  $> 7,00$  m.
- Lagerungsdichte/Konsistenz: locker bis knapp mitteldicht/steifplastisch.
- Baugrundeigenschaften: geeignet.



WEA 1 Süd bis WEA 3 Süd:

*Oberboden/Mutterboden:*

- Petrographie: Schluff oder Feinsand, humos.
- Farbe: braun.
- bis Meter unter Gelände (min./max.): 0,40/0,70.
- Mächtigkeit: 0,40 m bis 0,70 m.
- Konsistenz/Lagerungsdichte: weich/locker.
- Baugrundeigenschaften: nicht geeignet.

*Sand mit Schluffzwischenlagen:*

- Petrographie: Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig mit Schluffzwischenlagen.
- Farbe: braun.
- bis Meter unter Gelände (min./max.): > maximale Aufschlusstiefe von 10,0 m unter GOK.
- Mächtigkeit: > 9,00 m.
- Lagerungsdichte: bis 6,0 m bzw. 9,0 m unter GOK locker, dann knapp mitteldicht.
- Baugrundeigenschaften: geeignet.

## 2. Grundwasser

Nach Ende der Bohrarbeiten im Juni 2016 wurde Grundwasser bereits geländenahe ab 0,40 m bzw. 1,00 m unter Gelände gemessen.

Das erbohrte Grundwasser ist einem oberen, zusammenhängenden Grundwasserkörper zuzuordnen.

Die Wasserführung in den oberflächennahen Sanden kann jahreszeitlich und je nach den vorausgehenden Niederschlagsmengen schwanken. Nach ergiebigen Regenperioden muss mit einem deutlichen Anstieg gerechnet werden. In flachen Geländebereichen kann sich das Grundwasser auch als sogenannte „Blänken“ auf der Geländeoberfläche ausbreiten.

Die Gründungstiefe der geplanten WEA beträgt je nach Gründungsart 2,65 m bzw. 3,00 m unter Gelände. Die Fundamente stehen voraussichtlich ständig unter Grundwassereinfluss stehen. Daher ist die auftriebssichere Fundamentvariante erforderlich.

## 3. Erdbebenzone

Der Landkreis Ammerland (*Regierungsbezirk Weser-Ems*) befindet sich nach DIN 4149 in der Erdbebenzone A. 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 13 ausgewählten Bodenproben die Wassergehalte und an sieben Bodenproben die Körnungslinien nach nassem Abtrennen der Feinanteile bzw. durch Sedimentation bestimmt. Nach der Labormethode „Sieblinienauswertung“ wurden die  $k_f$ -Werte nach HAZEN ermittelt.

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse zusammengefasst:

Standort, Probenummer	Entnahmetiefe (m u. GOK)	Wassergehalt (M.-%)	Anteil < 0,063 mm	Bodenart	$k_f$ -Wert (HAZEN) (m/s)
WEA 1 Nord, B1	0,25-1,30	474,5	n. b.*	Torf	n. b.
WEA 1 Nord, B2	2,00-3,80	39,2	n. b.	Klei	n. b.
WEA 1 Nord, B3	4,00-4,80	36,5	ca. 70	Schluff, feinsandig, schwach tonig	$1,1 \times 10^{-7}$
WEA 1 Nord, B4	5,10-5,90	29,6	n. b.	Schluff	n. b.
WEA 1 Nord, B5	5,90-6,40	20,3	8,2	Feinsand, stark mittelsandig, schwach schluffig	$5,6 \times 10^{-5}$
WEA 1 Nord, B6	6,40-7,90	19,7	n. b.	Schluff	n. b.
WEA 1 Nord, B7	7,90-9,40	30,2	n. b.	Schluff	n. b.
WEA 1 Nord, B8	9,40-10,00	20,6	5,9	Feinsand, stark mittelsandig, schwach schluffig	$6,8 \times 10^{-5}$
WEA 1 Süd, B5	3,50-4,60	18,2	7,1	Feinsand, stark mittelsandig, schwach schluffig	$6,2 \times 10^{-5}$
WEA 1 Süd, B6	4,60-6,00	18,0	5,5	Feinsand, stark mittelsandig, schwach schluffig	$7,5 \times 10^{-5}$
WEA 2 Süd, B3	5,00-7,40	17,7	4,5	Feinsand, stark mittelsandig	$8,8 \times 10^{-5}$
WEA 3 Süd, B10	6,70-7,80	42,2	n. b.	Schluff, humos	n. b.
WEA 3 Süd, B12	8,40-10,00	21,3	6,2	Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig	$5,1 \times 10^{-5}$

\*n. b. = nicht bestimmt.

Tabelle 4: Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen und Körnungsanalysen.

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



k <sub>f</sub> -Wert (m/s)	Bereich
unter 10 <sup>-8</sup>	sehr schwach durchlässig
10 <sup>-8</sup> bis 10 <sup>-6</sup>	schwach durchlässig
über 10 <sup>-6</sup> bis 10 <sup>-4</sup>	durchlässig
über 10 <sup>-4</sup> bis 10 <sup>-2</sup>	stark durchlässig
über 10 <sup>-2</sup>	sehr stark durchlässig

Tabelle 5: Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18300.

Die anstehenden schwach schluffigen, mittelsandigen Feinsande sind mit k<sub>f</sub>-Werten von im Mittel  $6,7 \times 10^{-5}$  m/s durchlässig.

Die Schluffe sind mit  $k_f = 1,1 \times 10^{-7}$  m/s schwach durchlässig und wirken Wasser stauend.

#### 5. Bodenklassifizierung nach DIN 18300: 2002/DIN 18196

Für die Ausschreibung der Erdarbeiten können die angetroffenen Bodenarten wie folgt klassifiziert werden (vgl. *Tabelle 6*):

Bezeichnung	Bodenklasse nach DIN 18300: 2002	Bodengruppe nach DIN 18196
Mutterboden/Oberboden	1	OH
Torf, Torfmudde	2	HN, HZ
Klei, Schluff, schwach tonig, Pflanzenreste, organisch	4 bei starker Vernässung (I <sub>c</sub> < 0,5) und dynamischer Beanspruchung in Klasse 2 übergehend	UL, OU, OT
Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig	3	SE, SU
Schluff, feinsandig, schwach tonig	4 bei starker Vernässung (I <sub>c</sub> < 0,5) und dynamischer Beanspruchung in Klasse 2 übergehend	UL, UM

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

#### 6. Bodenkennwerte

Die Bodenkennwerte wurden nach der Bodenansprache und den durchgeführten klassifizierenden Laborversuchen (*Körnungsanalysen*) 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 cal $\gamma$ / cal $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungs- winkel  cal $\varphi$ [°]	Kohäsion  cal-c' kN/m <sup>2</sup>	Steifemodul statisch/ dynamisch  E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	Poisson zahl (-)  v
Oberboden, Mutterboden	OH	locker	16/6	keine Angaben, da bautechnisch nicht relevant			
Torf, Torfmudde	HN, HZ	-/ weich	11-13/1-3	15	5	0,4-1 4-8	-
Klei	UL, OU, OT	-/ weich	14/4	15	15	0,5-3 5-10	-
Schluff, feinsandig, schwach tonig	UL, UM	-/ steif	18/8	27,5	5-10	8-10	0,45
Sand	SE, SU	locker/-	17-18/9-10	32,5	0	20-40/ 110-160	0,35
		mitteldicht/-	18-19/10-11	32,5-35	0	40-60/ 160-210	0,32
		dicht/-	19-20/11	35-37,5	0	60-100/ 210-300	0,30

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. GRÜNDUNGEN

##### 1. Geotechnische Kategorie

Bei der Baugrunduntersuchung wurden durchschnittliche Baugrund- und Grundwasserhältnisse aus holozänen, organischen Deckschichten über eiszeitlichen Sanden und Schluffen angetroffen (*Geotechnische Kategorie GK 2 in Anlehnung an DIN 4020*).

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

##### 2. Auswertung und Bewertung

Die Gründungsebene der geplanten Windenergieanlagen befindet sich nach den vorliegenden Unterlagen bei einer Flachgründung in einer Tiefe von 2,65 m und bei einer Pfahlgründung bei 3,00 m unter Geländeoberkante (GOK).



#### WEA 1 Nord und WEA 2 Nord:

Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen stehen ab der Gründungssohle bis ca. 16,0 m bzw. 17,0 m mäßig tragfähige Schluffe an, die nicht in der Lage sind, die hohen und dynamischen Lasten der Windenergieanlage setzungsarm aufzunehmen.

Darunter stehen bis zur maximalen Aufschlusstiefe von 30,0 m unter GOK mitteldicht gelagerte, tragfähige Sande mit Schluffzwischenlagen an.

Für eine sichere und setzungsarme Gründung empfehlen wir eine Pfahlgründung bis in diese Sande.

Alternativ kann von einem Spezialtiefbauunternehmen die Möglichkeit einer Baugrundverbesserung mit Materialzugabe (*RSV, Impact*) geprüft werden.

#### WEA 1 Süd bis WEA 3 Süd:

Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen stehen ab der Gründungssohle bis ca. 6,50 m bzw. 11,50 m locker gelagerte Sande und z. T. mächtige Schlufflagen an. Bei der WEA 3 Süd sind in diese Sande noch in tieferen Bereichen organische Schluffe oder Torf eingelagerte (*vgl. CPT 3-1: 7,80 m bis 9,00 m u. GOK*) an, die für eine Flachgründung der Windenergieanlage nicht sicher ausreichend tragfähig sind. Darunter folgen bis zur maximalen Aufschlusstiefe von 30,0 m unter GOK gut tragfähige, überwiegend mitteldicht bis dicht gelagerte Sande an. Wir empfehlen daher auch für diese Standorte eine Pfahlgründung bis in die unteren Sande.

Alternativ kann auch hier eine Baugrundverbesserung von einem Spezialtiefbauunternehmen bemessen werden. Dabei sind insbesondere bei WEA 3 Süd die humosen Einlagerungen zu beachten, die eine Vermörtelung der Säulen erfordern.

Für eine Pfahlgründung sind laut Fundamentdatenblatt der E-82, 107 m, entweder Fertigbetonrammpfähle mit quadratischem Querschnitt und einer Seitenlänge von 40 cm bzw. 45 cm oder Ortbetonrammpfähle mit geradem Schaft und einem Durchmesser  $d = 51$  cm vorgesehen.

Der Nachweis erfolgt mit den nachfolgend angegebenen Bemessungswerte der Pfahllasten nach EA-Pfähle, 2012.

Unter Beachtung einer ausreichenden Einbindelänge, der Durchstanzsicherheit und der Teilsicherheitsbeiwerte ergeben für die unterschiedlichen Pfahlvarianten folgende Pfahlabsetztiefen (*Tabelle 8.1-8.5*):





## WEA 1 Nord:

Variante	Pfahltyp	Pfahlanzahl	Fd Druck(kN)	Fd (Zug)	Pfahlabsetztiefe (m u. GOK)
1	Fertigrammpfahl 40/40	54	1123	224	18,0
2	Fertigrammpfahl 45/45	36	1684	331	19,0
3	Fertigrammpfahl 45/45 oder	30	2025	401	26,0
	Ortbetonrammpfah l d = 51 cm				26,0
4	Ortbetonrammpfah l d = 51 cm	24	2517	487	29,0

Tabelle 8.1: Rechnerisch ermittelte Pfahlabsetztiefen WEA 1 Nord(m u. GOK).

## WEA 2 Nord:

Variante	Pfahltyp	Pfahlanzahl	Fd Druck(kN)	Fd (Zug)	Pfahlabsetztiefe (m u. GOK)
1	Fertigrammpfahl 40/40	54	1123	224	18,0
2	Fertigrammpfahl 45/45	36	1684	331	19,0
3	Fertigrammpfahl 45/45 oder	30	2025	401	20,0
	Ortbetonrammpfah l d = 51 cm				20,0
4	Ortbetonrammpfah l d = 51 cm	24	2517	487	23,0

Tabelle 8.2: Rechnerisch ermittelte Pfahlabsetztiefen WEA 2 Nord(m u. GOK).

## WEA 1 Süd:

Variante	Pfahltyp	Pfahlanzahl	Fd Druck(kN)	Fd (Zug)	Pfahlabsetztiefe (m u. GOK)
1	Fertigrammpfahl 40/40	54	1123	224	12,0
2	Fertigrammpfahl 45/45	36	1684	331	16,0
3	Fertigrammpfahl 45/45 oder	30	2025	401	21,0
	Ortbetonrammpfah l d = 51 cm				18,0
4	Ortbetonrammpfah l d = 51 cm	24	2517	487	27,0

Tabelle 8.3: Rechnerisch ermittelte Pfahlabsetztiefen WEA 1 Süd(m u. GOK).



## WEA 2 Süd:

Variante	Pfahltyp	Pfahlanzahl	Fd Druck(kN)	Fd (Zug)	Pfahlabsetztiefe (m u. GOK)
1	Fertigrammpfahl 40/40	54	1123	224	16,0
2	Fertigrammpfahl 45/45	36	1684	331	18,5
3	Fertigrammpfahl 45/45 oder	30	2025	401	22,0
	Ortbetonrammpfah l d = 51 cm				21,0
4	Ortbetonrammpfah l d = 51 cm	24	2517	487	26,0

Tabelle 8.4: Rechnerisch ermittelte Pfahlabsetztiefen WEA 2 Süd (m u. GOK).

## WEA 3 Süd:

Variante	Pfahltyp	Pfahlanzahl	Fd Druck(kN)	Fd (Zug)	Pfahlabsetztiefe (m u. GOK)
1	Fertigrammpfahl 40/40	54	1123	224	13,5
2	Fertigrammpfahl 45/45	36	1684	331	15,0
3	Fertigrammpfahl 45/45 oder	30	2025	401	17,0
	Ortbetonrammpfah l d = 51 cm				16,5
4	Ortbetonrammpfah l d = 51 cm	24	2517	487	20,0

Tabelle 8.5: Rechnerisch ermittelte Pfahlabsetztiefen WEA 3 Süd (m u. GOK).

Der rechnerische Nachweis der äußeren Pfahltragfähigkeit liegt als Anlage 6.1-6.15 bei.

### 3. Hinweise zur Pfahlgründung

Die genannten zulässigen Belastungen gelten für einfache Rammpfähle nach DIN 1054.

Nach den vorliegenden statischen Unterlagen liegt die Fundamentunterkante bei 3,00 m u. GOK. Die Pfahlköpfe binden in die Fundamentplatte ein. Außerdem werden die Pfähle unter einer Neigung eingebracht. Bei der Berechnung der zulässigen Pfahlbelastungen wurde die Pfahlfußtiefe angegeben. Für die tatsächlichen erforderlichen Pfahllängen ist die Tiefenlage der Fundamentunterkante, die Einbindelängen der Pfähle in die Fundamentplatte und die Neigung der Pfähle noch zu berücksichtigen. Die von uns angegebenen Absetztiefen beziehen sich auf



Geländeoberkante = Oberkante Drucksondierung.

Beim Rammen sind Rammprotokolle zu führen, die an den Bodengutachter zur Prüfung zu überstellen sind.

## V. KRANAUFSTELLFLÄCHEN

Der Herstellung der Kranstellflächen kommt auch aus sicherheitstechnischen Gründen besondere Bedeutung zu. Die zum Einsatz kommenden Kräne haben eine Stützlast bis ca. 180,0 t, die über Lastverteilerplatten auf die Kranstellfläche übertragen werden. Diese hohen Flächenpressungen erfordern einen tragfähigen Baugrund.

WEA 1 Nord und WEA 2 Nord:

Die Kranaufstellflächen befinden sich auf bisher unbefestigten Flächen. Die Mächtigkeit des oberen nicht tragfähigen Oberbodens, der Torfe, Torfmudde und des Kleis beträgt ca. 3,00 m.

Für eine standsichere Gründung sind diese Böden unter Berücksichtigung eines seitlichen Überstandes im Lastausbreitungsbereich von 45° restlos bis auf die darunter anstehenden Schluffe oder Sande abzuschleifen.

Für die Befestigung bzw. für den Bodenaustausch kann für die unteren Lagen verdichtet eingebauter Füllsand (*SE, SW, gem. DIN 18196*) und für die oberen Lagen eine 0,20 m bis 0,30 m mächtige Schottertragschicht ( $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ ,  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,30$ ) eingebaut werden.

Ein Bodenaustausch ist erfahrungsgemäß häufig nicht wirtschaftlich. Daher kann alternativ erwogen werden, nur die oberen, bis ca. 1,10 m bis 1,30 m mächtigen, deutlich torfig-humosen Böden (*Torf, Torfmudde*) bis auf den anstehenden Klei abzuschleifen. Die Befestigung kann darauf mit mehreren Schotter- und Geotextillagen z. B. wie folgt ausgeführt werden:

- Verlegen eines kombinierten Geogitters mit Geovlies (z. B. *Combigrid 60/60/R 156*) als Basisbewehrung,
- Einbringen einer ersten Schotterlage in einer Stärke von ca. 0,30 m (z. B. *Mineralgemisch oder güteüberwachtes Betonrecycling 0/45*),
- Einbau eines weiteren Geogitters (z. B. *Secugrid 30/30 Q1*) als Sekundärbewehrung,
- Einbau einer zweiten Schotterlage in einer Stärke von 0,30 m (z. B. *Mineralgemisch oder güteüberwachtes Betonrecycling 0/45*).

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

Wegen der verbleibenden Weichschichten besteht bei dieser Variante ein Restrisiko hinsichtlich unerwartet hoher oder ungleichmäßiger Setzungen. Unter



den Aufstandsflächen des Krans sind zusätzlich ausreichend dimensionierte Lastverteilungsmatten erforderlich.

Rammeebenen:

Um die Befahrbarkeit und eine stabile Aufstandsfläche für die Rammarbeiten zu gewährleisten sind auch zum Einbringen der Pfähle folgende Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich:

- Verlegen eines kombinierten Geogitters mit Geovlies (z. B. *Combigrid 40/40 Q6/R 151*) auf OK Gelände,
- Einbringen einer ca. 0,50 m mächtigen Lastverteilungsschicht aus Schotter (z. B. *Mineralgemisch oder güteüberwachtes Betonrecycling 0/45*) und gut verdichten.

Das Combigrid ist gemäß den Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen EB GEO zu verlegen.

WEA 1 Süd bis WEA 3 Süd:

An diesen Standorten ist der 0,40 m bis 0,50 m mächtige, humose Oberboden im Baufeld restlos bis auf die dann anstehenden graubraunen Sande abzuschleifen. Falls weitere humose oder weiche Böden angetroffen werden, so sind diese zusätzlich zu entfernen.

Für die Befestigung bzw. für den Bodenaustausch kann für die unteren Lagen verdichtet eingebauter Füllsand (*SE, SW, gem. DIN 18196*) und für die oberen Lagen eine 0,30 m mächtige Schottertragschicht ( $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ ,  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,30$ ) eingebaut werden.

Zusätzlich sind unter den Kranpratzen ausreichend dimensionierte Lastverteilungsmatten vorzusehen.

## VI. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG

### 1. Baugrube, Böschungen

Die planmäßige Gründungstiefe der Fundamente beträgt bei einer Pfahlgründung 3,00 m unter GOK. Unter Berücksichtigung der Sauberkeitsschicht ergibt sich eine Aushubtiefe bis ca. 3,10 m unter GOK.

Für den Aushub der Baugruben gilt DIN 4124. In den oberflächennah anstehenden Sanden und im Schluff können die Böschungen ohne besondere Nachweise mit maximal 45° geneigt hergestellt werden.



Werden Torfböden angeschnitten, ist die Standsicherheit der Böschung im Vorfeld nicht sicher abzuschätzen. Ggf. handelt es sich um fließende Böden, die beim Aushub nicht standsicher sind. Dann müssten die Böschungen deutlich abgeflacht werden, oder zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen (z. B. *Böschungsverbau*) können notwendig werden.

Die bereichsweise in der Baugrubensohle anstehenden Schluffe (*WEA 1 Nord und WEA 2 Nord*) sind wasser- und störungsempfindlich. Sie weichen bei Wasserzutritt und dynamischer Belastung schnell und tiefgründig auf. Ein direktes Befahren ist daher bei nasser Witterung unbedingt zu vermeiden. Aufgeweichte Böden können nicht in der Gründungsohle verbleiben, sondern sind ggf. per Hand abzuschälen und gegen grobkörnige Böden (*SE/SW, gem. DIN 18196*) zu ersetzen.

## 2. Wasserhaltung

Grundwasser wurde bereits geländenah ab 0,40 m bzw. 1,00 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 dimensionierten geschlossenen Wasserhaltung, z. B. durch eingefräste Horizontaldränage oder Vakuumfilter, möglich. Die Wasserabsenkung muss bis mindestens 0,50 m unter Aushubsohle reichen. Bei einer Baugrubentiefe bis ca. 3,10 m entspricht dies einer Absenktiefe bis mindestens 3,60 m unter GOK.

Am Standort der WEA 1 Nord weichen die Verhältnisse von den übrigen Standorten ab. In der Baugrubensohle sind überwiegend bindige, Wasser stauende Schluffe zu erwarten. Wasser führende Sandschichten wurden nur untergeordnet erkundet. Zur Trockenhaltung der Baugrube ist hier ggf. eine offene Wasserhaltung mit Ringdränage, Stichdräns und Pumpensumpf ausreichend.

Die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sind an den Standorten der WEA 2 Nord bis WEA 3 Süd vergleichbar

Nach den Körnungsanalysen kann für die Sande ein mittlerer  $k_f$ -Wert von  $6,7 \times 10^{-5}$  m/s angenommen werden. Die Sande sind damit durchlässig.

Falls statt einer Pfahlgründung eine Baugrundverbesserung mit Schottersäulen ausgeführt werden sollte, erhöht sich die Wasserdurchlässigkeit.



### 3. Fundamentüberdeckung, Wiederverwendung Bodenaushub, Verdichtungsanforderungen

Die Anfüllungen auf dem Fundamentsporn und die Arbeitsraumverfüllungen müssen eine Wichte von  $18 \text{ kN/m}^3$  im Trockenzustand erreichen bzw. überschreiten.

Die bei WEA 1 Nord und WEA 2 Nord anfallenden bindigen und organischen Böden aus Torf, Torfmudde und Klei sind nicht verdichtungsfähig und können daher für die Verfüllarbeiten nicht wieder verwendet werden. Entsprechende Austauschböden sind vorzuhalten.

An der WEA 1 Süd bis WEA 3 Süd sind die unterhalb des humosen Oberbodens anfallenden schwach schluffigen Sande (*SE, SU, gem. DIN 18196*) bei günstigen Wassergehalten, d. h. erdfeucht, verdichtungsfähig und können außerhalb der Kranstellfläche für Verfüllarbeiten wieder verwendet werden.

Für die Verfüllung des Arbeitsraumes in Bereich der Kranstellfläche sind grobkörnige, verdichtungsfähige Sande (*SE, SW, gem. DIN 18196*) vorzuhalten.

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

Für die Verdichtungsarbeiten gelten die Anforderungen der ZTVE-StB 2009. Die ausreichende Verdichtung der eingebrachten Böden (*Gründungspolster, Arbeitsraumverfüllungen, Bodenaustausch*) kann z. B. durch Rammsondierungen (z. B. *DPH, gem. DIN EN ISO 22476-2*) oder durch statische Lastplattendruckversuche (*LPD nach DIN 18134*) nachgewiesen werden. Dabei sind folgende Anforderungen zu erfüllen:

DPH ohne Grundwasser: mindestens 8 Schläge je 10 cm Eindringtiefe

DPH mit Grundwasser: mindestens 5 Schläge je 10 cm Eindringtiefe

LPD, auf Sand:  $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ ,  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,30$

Schottertragschichten im Bereich der Kranstellfläche (*Mineralgemisch 0/45*) sind mit einer Verdichtung auf mindestens 100 % der einfachen Proctordichte herzustellen. Zum Verdichtungsnachweis sind im statischen Lastplattendruckversuch (*DIN 18134*)

$E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  bei  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,20$  zu erreichen.

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



#### 4. Betonaggressivität des Grundwassers

Aufgrund des geringen Grundwasserandrangs konnte im Bereich der WEA 1 Nord und WEA 2 Nord keine Wasserprobe entnommen und im Labor auf Beton aggressive Inhaltsstoffe untersucht werden.

Für die Bereich der WEA 1 Süd bis WEA 3 Süd wurde aus einem provisorischen Grundwasserpegel an der WEA 2 Süd eine Wasserprobe entnommen und im Labor auf ihren chemischen Angriffsgrad analysiert. Aufgrund des Gehaltes an Kalklösender Kohlensäure von 16 mg/l ist das Grundwasser der Expositions-klasse XA1 zuzuordnen. Das Grundwasser ist nach DIN 4030 als schwach Beton angreifend einzustufen. Die vollständigen Analysenergebnisse liegen in Anlage 7 bei.

Der Eisengehalt im Grundwasser wurde mit 5,6 mg/l ermittelt.

#### 5. Frischbetoneigengewicht

Für die Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes können folgende Empfehlungen gegeben werden (*Tabelle 9*):

Standort	Boden in Aushubsohle	Bewertung, Maßnahmen
WEA 1 Nord	Klei, steifplastisch	mäßig tragfähig; 0,20 m Stabilisierungsschicht aus Schotter, Betonieren in Abschnitten
WEA 2 Nord	Klei, steifplastisch	mäßig tragfähig; geringfügiger Bodenaustausch bis auf die Sande bei 3,40 m u. GOK; dann geeignet zur Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes
WEA 1 Süd	Sand	ausreichend tragfähig zur Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes
WEA 2 Süd		
WEA 3 Süd	Sand und humose Schluffe	mäßig tragfähig; 0,20 m Stabilisierungsschicht aus Schotter, Betonieren in Abschnitten

Tabelle 9: Maßnahmen zur Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes.

### VII. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSWORT

Die Gründungsempfehlung für die Standorte können wie folgt zusammengefasst werden (*Tabelle 10*):



Standort, Anlagentyp	Gründungstiefe (m u. GOK)	Aushubtiefe (m u. GOK)	Gründungsempfehlung
WEA1 Nord, E-82, 108 mNH	3,00	3,30	Pfahlgründung; offene Wasserhaltung; Stabilisierung Baugrubensohle mit 0,20 m STS; Betonieren in Abschnitten
WEA 2 Nord, E-82, 108 mNH	3,00	3,40	Pfahlgründung; geschlossene Wasserhaltung; BA Klei bis 3,40 m
WEA 1 Süd, E-82, 108 mNH	3,00	3,10	Pfahlgründung; geschlossene Wasserhaltung;
WEA 2 Süd, E-82, 108 mNH	3,00	3,10	Pfahlgründung; geschlossene Wasserhaltung;
WEA 3 Süd, E-82, 108 mNH	3,00	3,30	Pfahlgründung; geschlossene Wasserhaltung; Stabilisierung Baugrubensohle mit 0,20 m STS; Betonieren in Abschnitten

\* GOK = Geländeoberkante, STS = Schottertrag- oder -gleichsschicht, BA = Bodenaustausch

Tabelle 10: Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen.

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 dieser Beurteilung 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 Baugrubenabnahmen zu benachrichtigen.

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

Vechta, den 27. Juli 2016

Dipl.-Geol. Dr. Joachim Lübbecke

Dipl.-Geol. Petra Müller

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

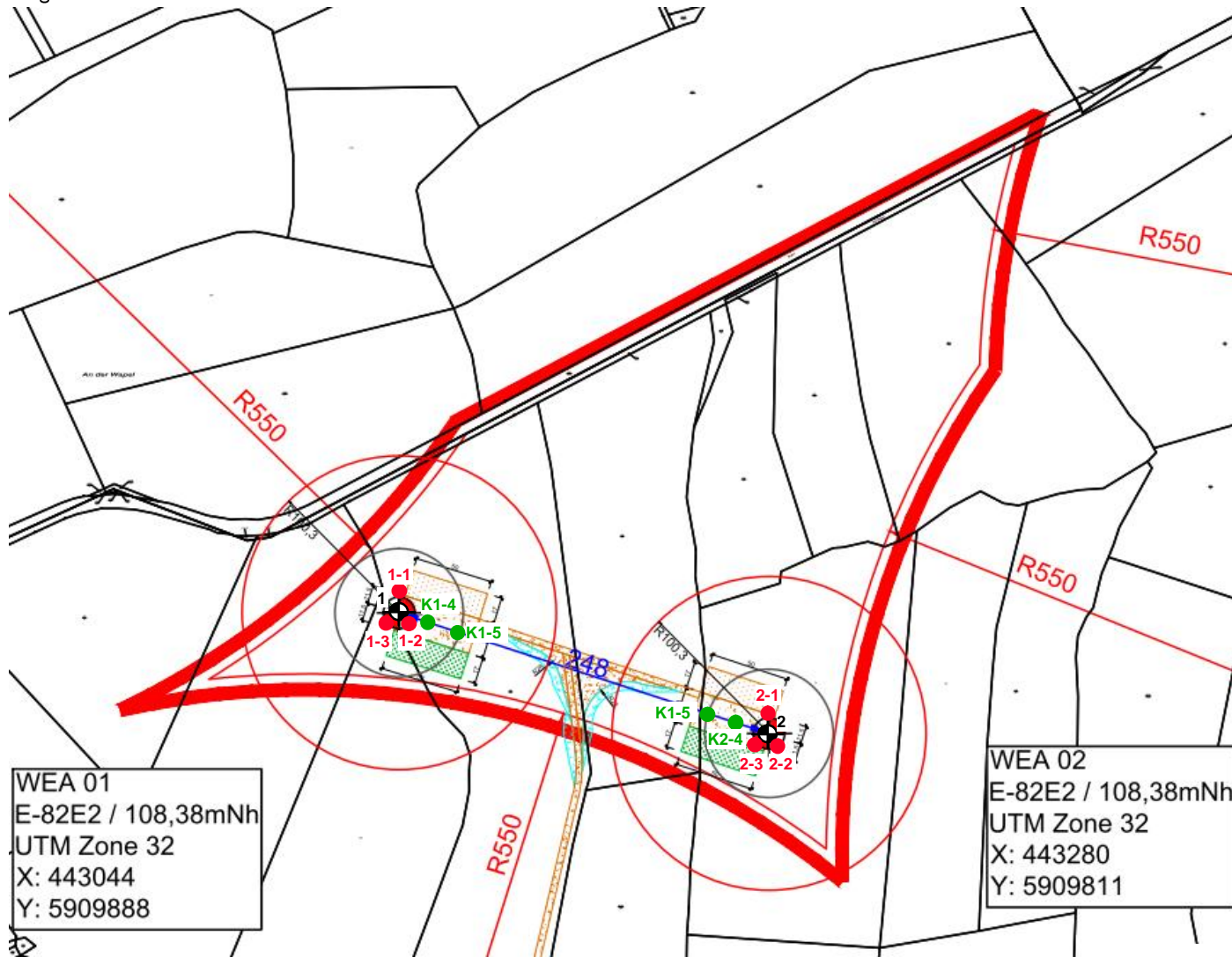
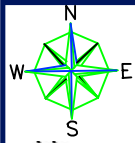
Die EDV-Version ist nur in Verbindung mit einer original unterschriebenen Druckversion in Papierform gültig.





ANLAGE 1.1-1.2  
Lagepläne





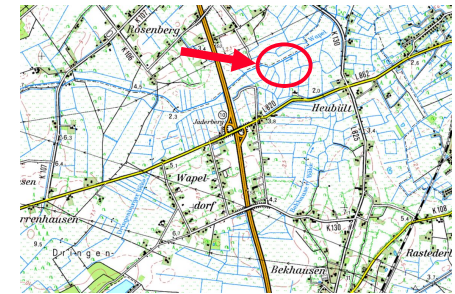
WEA 01  
E-82E2 / 108,38mNh  
UTM Zone 32  
X: 443044  
Y: 5909888

WEA 02  
E-82E2 / 108,38mNh  
UTM Zone 32  
X: 443280  
Y: 5909811

### LEGENDE

- 1 Rammkernsondierung WEA
- 1-1 Drucksondierung WEA
- K1-4 Drucksondierung Kranstellfläche

### ÜBERSICHTSPLAN:



Projekt: 1075-16-1  
Windpark Wapeldorf-Heubüttel Nord

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

Titel: **Lageplan**

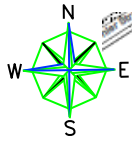
gez.: M. Hörmeyer      gepr.: Dipl.-Geol. P. Müller

Maßstab:

Datum: 04.07.2016

ANLAGE: 1.1



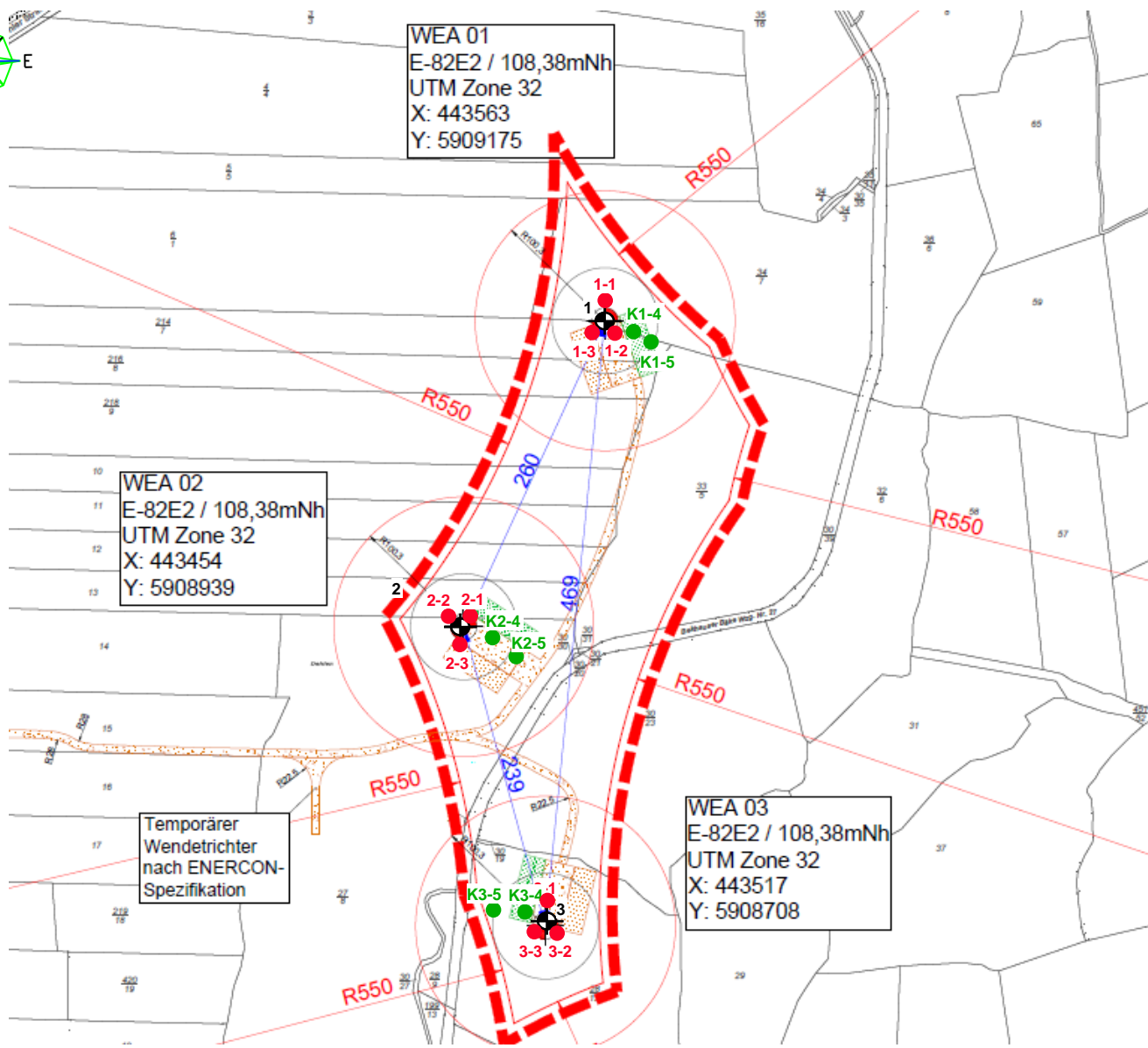


WEA 01  
E-82E2 / 108,38mNh  
UTM Zone 32  
X: 443563  
Y: 5909175

WEA 02  
E-82E2 / 108,38mNh  
UTM Zone 32  
X: 443454  
Y: 5908939

Temporärer  
Wendetrichter  
nach ENERCON-  
Spezifikation

WEA 03  
E-82E2 / 108,38mNh  
UTM Zone 32  
X: 443517  
Y: 5908708



### LEGENDE

- 1 Rammkernsondierung WEA
- 1-1 Drucksondierung WEA
- K1-4 Drucksondierung Kranaufstellfläche

### ÜBERSICHTSPLAN:



Projekt: 1075-16-1  
Windpark Wapeldorf-Heubüelt  
Süd

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

Titel: **Lageplan**

gez.: M. Hörmeier      gepr.: Dipl.-Geol. P. Müller

Maßstab:

Datum: 04.07.2016

ANLAGE: 1.2





## ANLAGE 2.1-2.8

Bohrprofile nach DIN 4023 und Drucksondierdiagramme nach DIN 4094

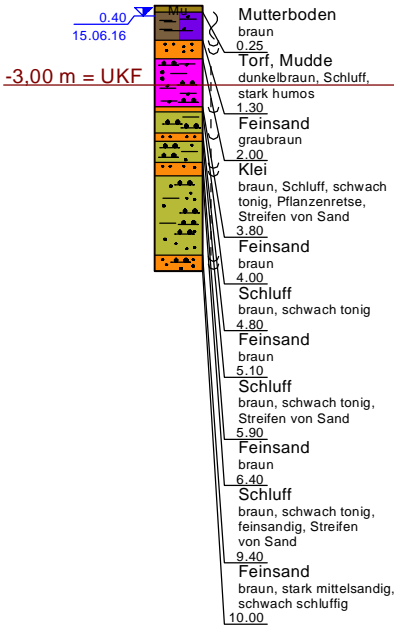




# WEA 1, Nord

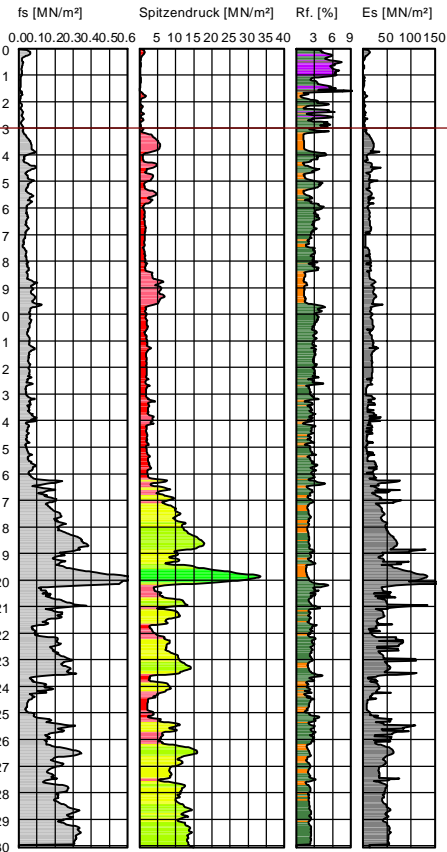
RKS 1 (Nord)

0.00 m



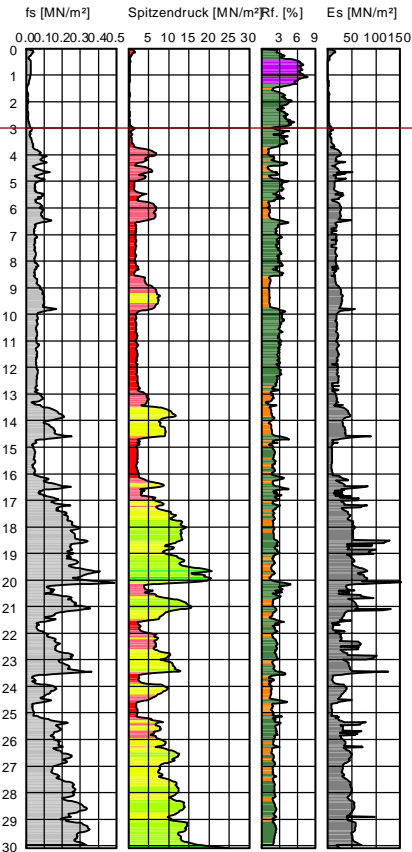
CPT 1-1 N (Nord)

0.00 m



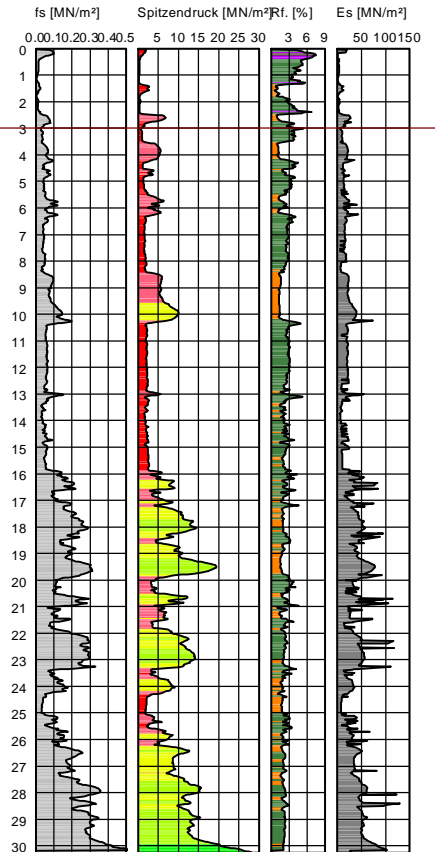
CPT 1-2 SO (Nord)

0.00 m



CPT 1-3 SW (Nord)

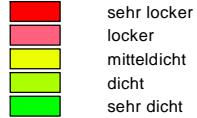
0.00 m



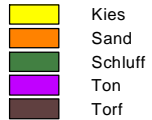
Konsistenzen



Legende Spitzendruck



Legende Reibungsverhältnis



## LEGENDE:

RKS: Rammkernsondierung WEA  
 CPT: Drucksondierung  
 UKF: Unterkante Fundament

0.40 ▼ Grundwasser m u.GOK  
 15.06.16 Datum

Projekt: 1075-16-1  
 WP Wapeldorf-Heubelt  
 WEA 1, Nord

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

Bearbeiter: Dipl.-Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 200



Ingenieurgeologie  
 Dr. Lübbe

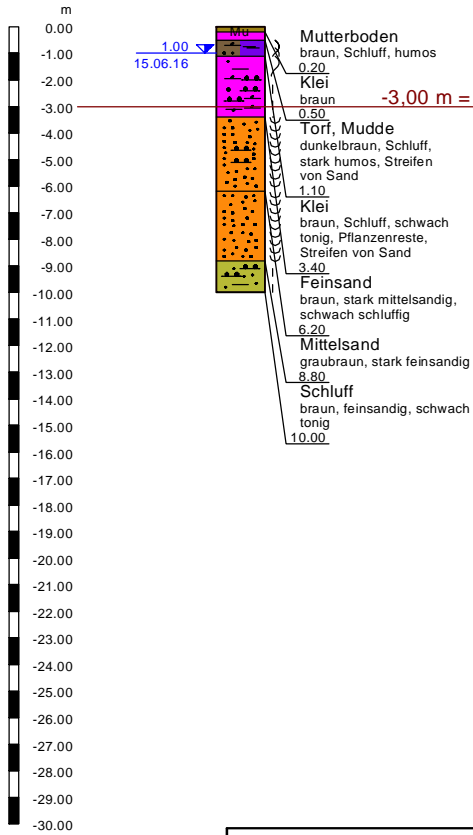
Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und Drucksondierdiagramme nach DIN EN ISO 22476-1

Anlage: 2.1

# WEA 2, Nord

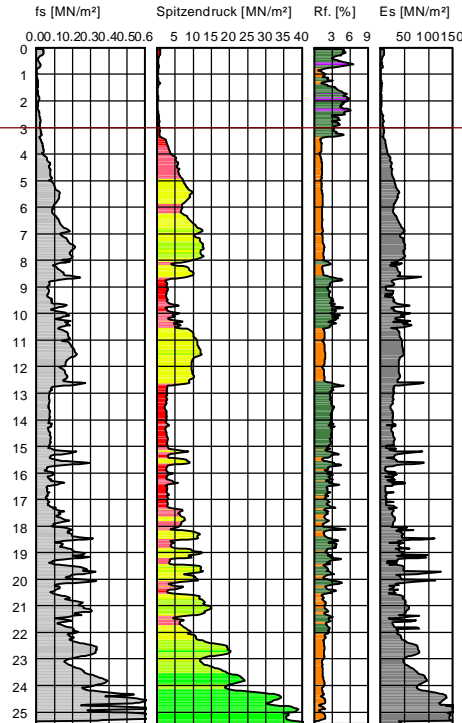
RKS 2 (Nord)

0.00 m



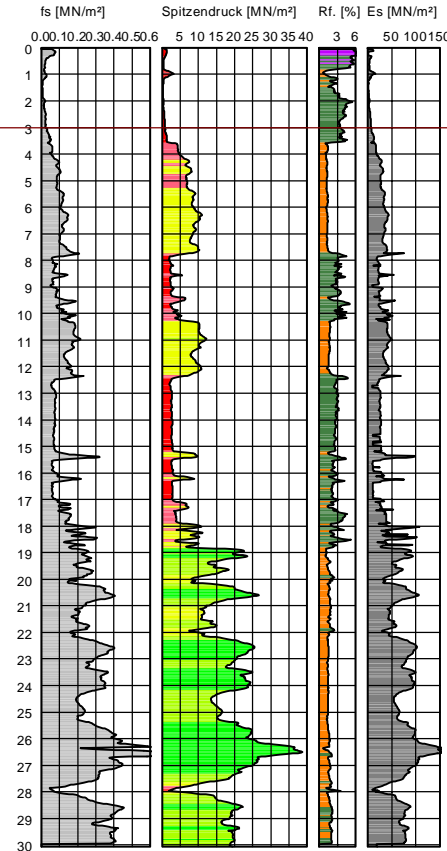
CPT 2-1 N (Nord)

0.00 m



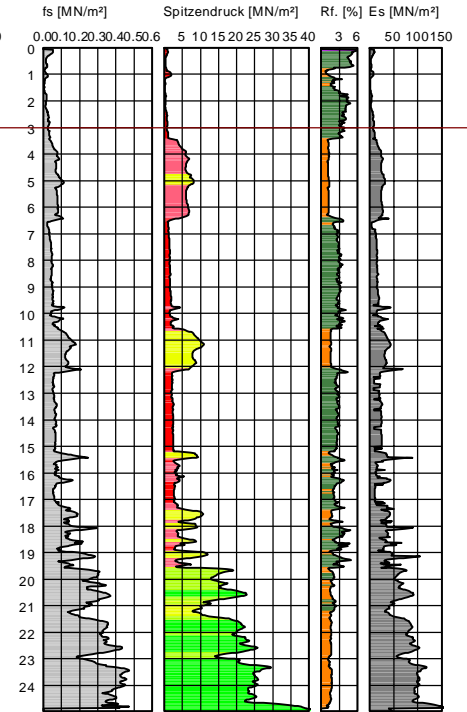
CPT 2-2 SO (Nord)

0.00 m

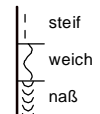


CPT 2-3 SW (Nord)

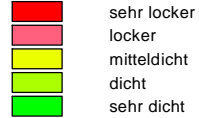
0.00 m



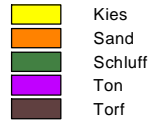
## Konsistenzen



## Legende Spitzendruck



## Legende Reibungsverhältnis



## LEGENDE:

RKS: Rammkernsondierung WEA  
CPT: Drucksondierung  
UKF: Unterkante Fundament

1.00 ▾ Grundwasser m u.GOK  
15.06.16 Datum

Projekt: 1075-16-1  
WP Wapeldorf-Heubuell  
WEA 2, Nord

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

Bearbeiter: Dipl.-Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 200



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

Anlage: 2.2

# Kranaufstellflächen

## WEA 1, Nord

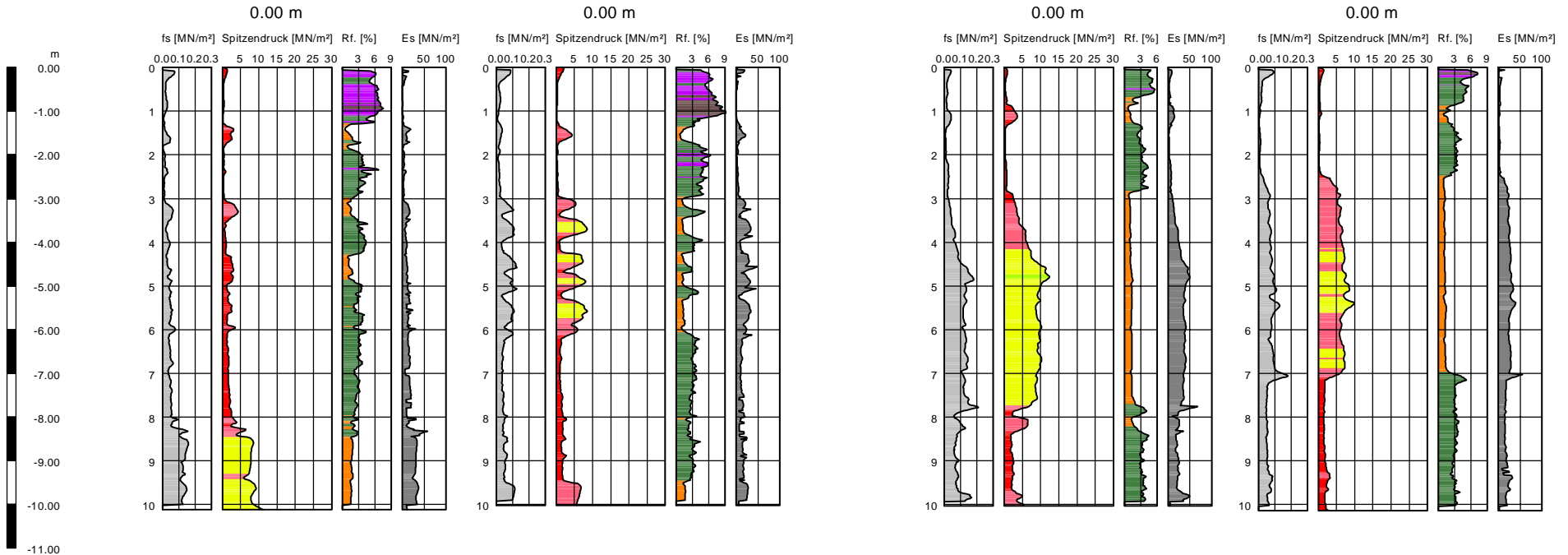
## WEA 2, Nord

CPT K 1-4 (Nord)

CPT K 1-5 (Nord)

CPT K 2-4 (Nord)

CPT K 2-5 (Nord)



Legende Spitzendruck	
<span style="color: red;">■</span>	sehr locker
<span style="color: pink;">■</span>	locker
<span style="color: yellow;">■</span>	mitteldicht
<span style="color: lightgreen;">■</span>	dicht
<span style="color: green;">■</span>	sehr dicht
Legende Reibungsverhältnis	
<span style="color: yellow;">■</span>	Kies
<span style="color: orange;">■</span>	Sand
<span style="color: green;">■</span>	Schluff
<span style="color: purple;">■</span>	Ton
<span style="color: brown;">■</span>	Torf

LEGENDE:

CPT:    Drucksondierung

Projekt:    1075-16-1  
 WP Wapeldorf-Heubuelt  
 Kranaufstellflächen, Nord

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

Bearbeiter:    Dipl.-Geol. P. Müller

Maßstab:        Höhe: 1 : 100



**Ingenieurgeologie**  
**Dr. Lübbe**

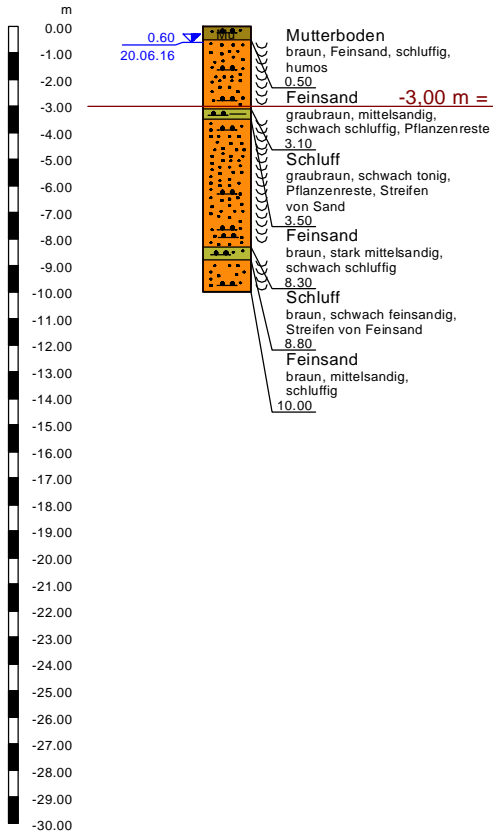
Titel:  
 Drucksondierdiagramme nach DIN EN ISO 22476-1

Anlage: 2.3

# WEA 1, Süd

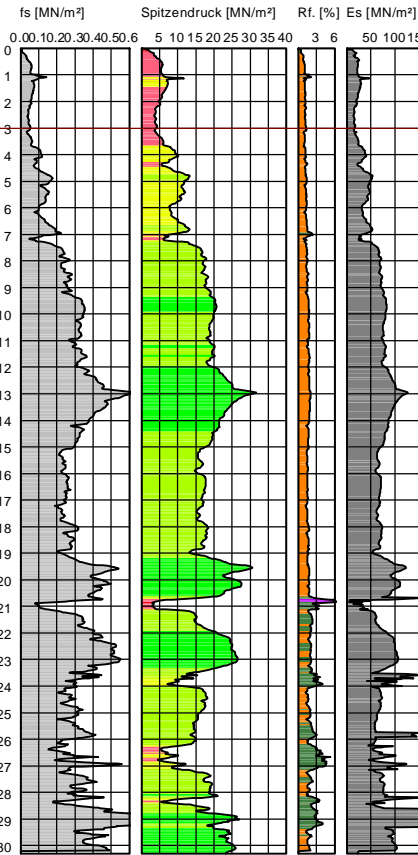
RKS 1 (Süd)

0.00 m



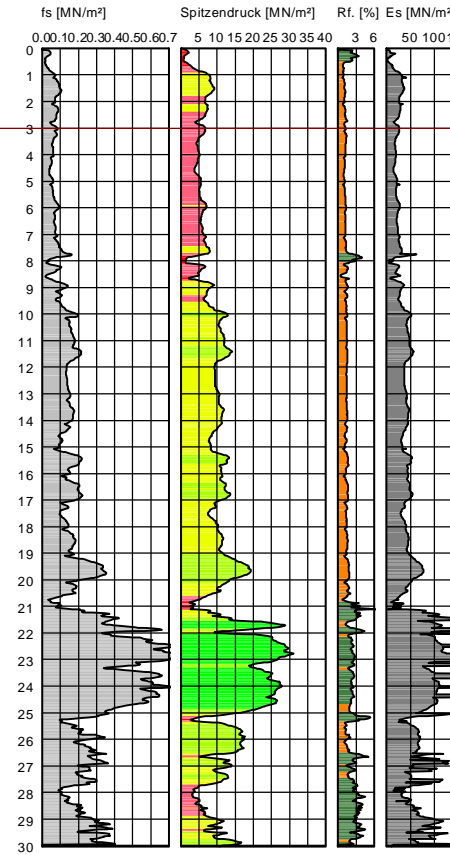
CPT 1-1 N (Süd)

0.00 m



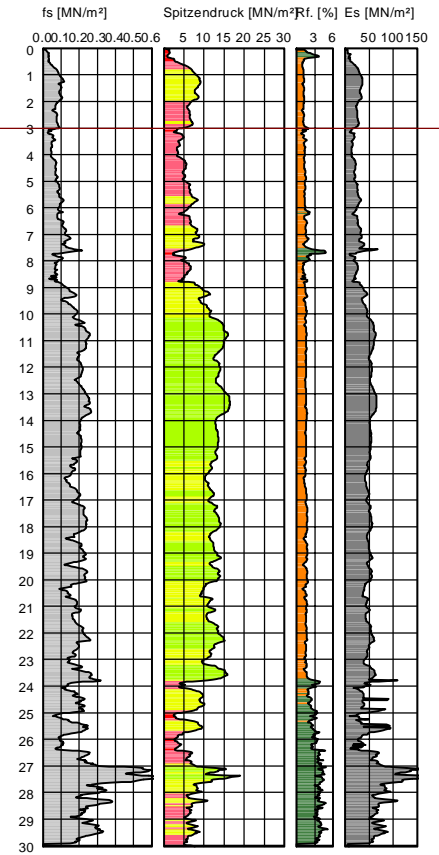
CPT 1-2 SO (Süd)

0.00 m

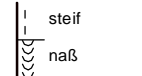


CPT 1-3 SW (Süd)

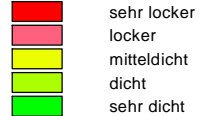
0.00 m



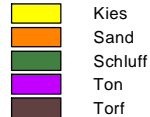
Konsistenzen



Legende Spitzendruck



Legende Reibungsverhältnis



## LEGENDE:

RKS: Rammkernsondierung WEA  
 CPT: Drucksondierung  
 UKF: Unterkante Fundament

0.60 ▾ Grundwasser m u.GOK  
 20.06.16 Datum

Projekt: 1075-16-1  
 WP Wapeldorf-Heubuelt  
 WEA 1, Süd

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

Bearbeiter: Dipl.-Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 200



Ingenieurgeologie  
 Dr. Lübbe

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

Anlage: 2.4

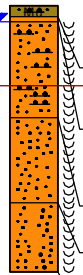
# WEA 2, Süd

RKS 2 (Süd)

0.00 m



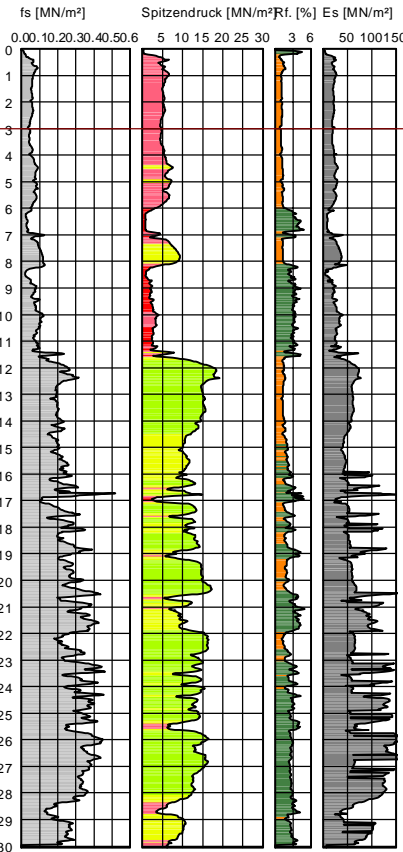
0.60  
20.06.16



Mutterboden  
braun, Feinsand, schluffig,  
humos  
0.40  
Mittelsand -3.00 m = UKF  
hellbraun, feinsandig,  
Pflanzenreste  
0.60  
Feinsand  
braun, schwach schluffig,  
schwach mittelsandig,  
Pflanzenreste  
4.20  
Feinsand  
braun, stark mittelsandig  
7.40  
Mittelsand  
grau, feinsandig, schwach  
grobsandig  
10.00

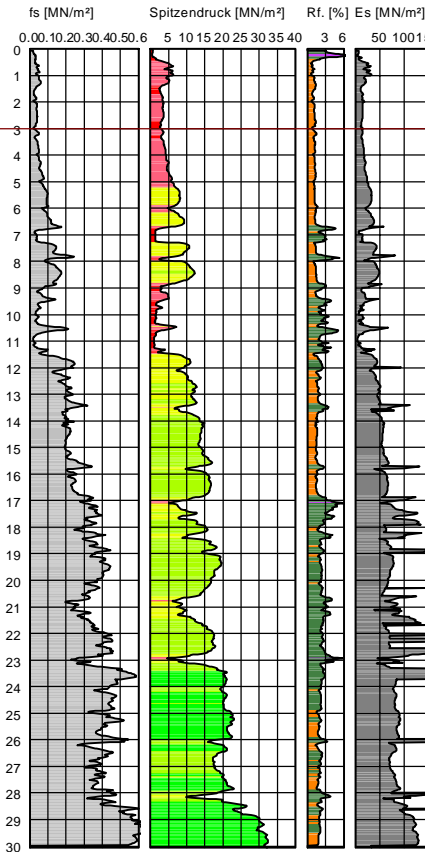
CPT 2-1 NO (Süd)

0.00 m



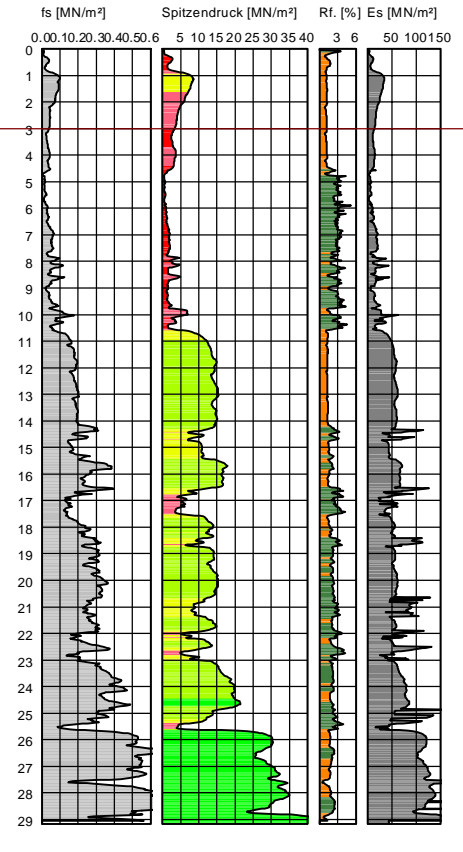
CPT 2-2 NW (Süd)

0.00 m



CPT 2-3 S (Süd)

0.00 m



Konsistenzen



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

0.60 ▼ Grundwasser m u.GOK  
20.06.16 Datum

Projekt: 1075-16-1  
WP Wapeldorf-Heubuelt  
WEA 2, Süd

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

Bearbeiter: Dipl.-Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 200



Ingenieurgeologie  
Dr. Lübbe

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

Anlage: 2.5

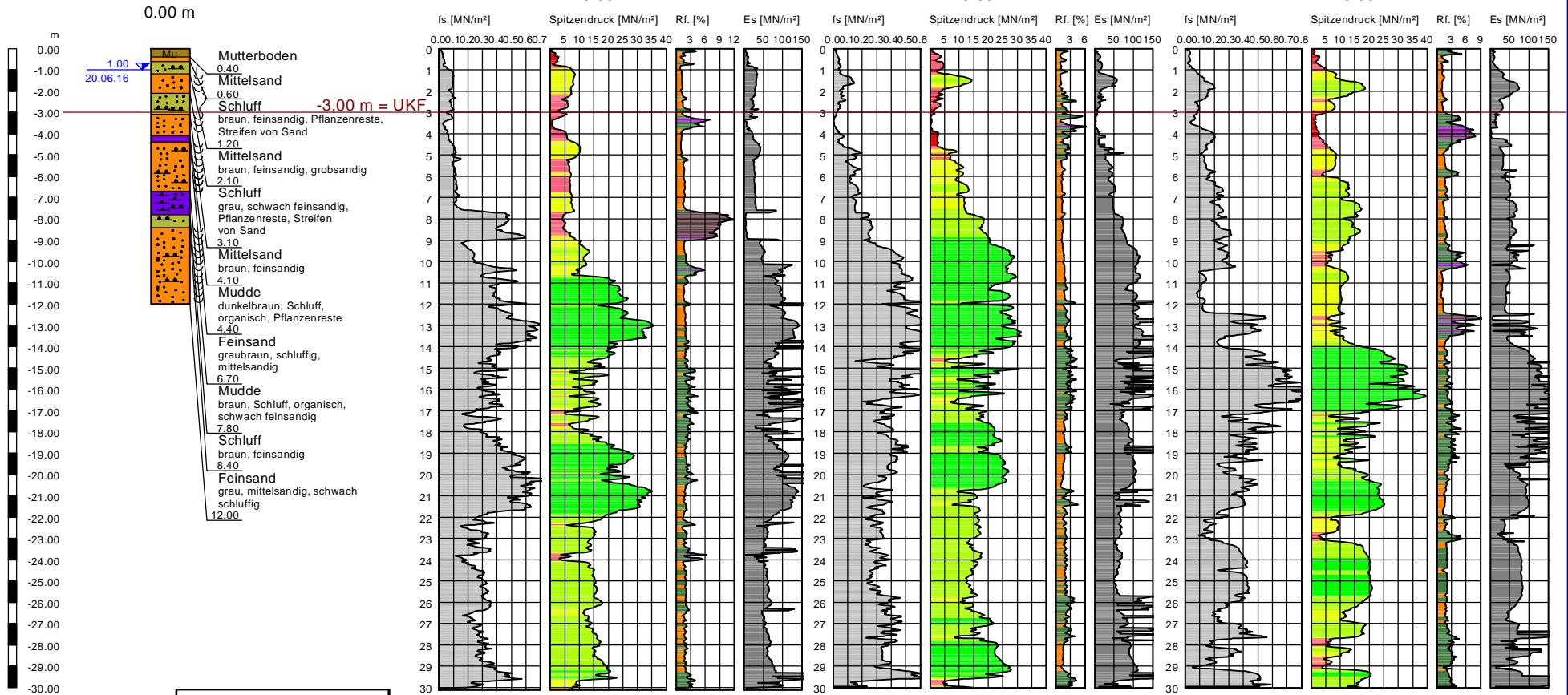
# WEA 3, Süd

RKS 3 (Süd)

CPT 3-1 N (Süd)

CPT 3-2 SO (Süd)

CPT 3-3 SW (Süd)



- Mutterboden 0.40
- Mittelsand 0.60
- Schluff 1.20  
braun, feinsandig, Pflanzenreste, Streifen von Sand
- Mittelsand 2.10  
braun, feinsandig, grobsandig
- Schluff 3.10  
grau, schwach feinsandig, Pflanzenreste, Streifen von Sand
- Mittelsand 4.10  
braun, feinsandig
- Mudde 4.40  
dunkelbraun, Schluff, organisch, Pflanzenreste
- Feinsand 6.70  
graubraun, schluffig, mittelsandig
- Mudde 7.80  
braun, Schluff, organisch, schwach feinsandig
- Schluff 8.40  
braun, feinsandig
- Feinsand 12.00  
grau, mittelsandig, schwach schluffig

**Legende Spitzendruck**

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

**Legende Reibungsverhältnis**

- Kies
- Sand
- Schluff
- Ton
- Torf

**Konsistenzen**

- steif
- weich - steif
- naß

**LEGENDE:**

RKS: Rammkernsondierung WEA  
 CPT: Drucksondierung  
 UKF: Unterkante Fundament

1.00 ▾ Grundwasser m u.GOK  
 20.06.16 Datum

Projekt: 1075-16-1  
 WP Wapeldorf-Heubuelt  
 WEA 3, Süd

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

Bearbeiter: Dipl.-Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 200



**Ingenieurgeologie  
 Dr. Lübbe**

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

Anlage: 2.6

# Kranaufstellflächen

## WEA 1, Süd

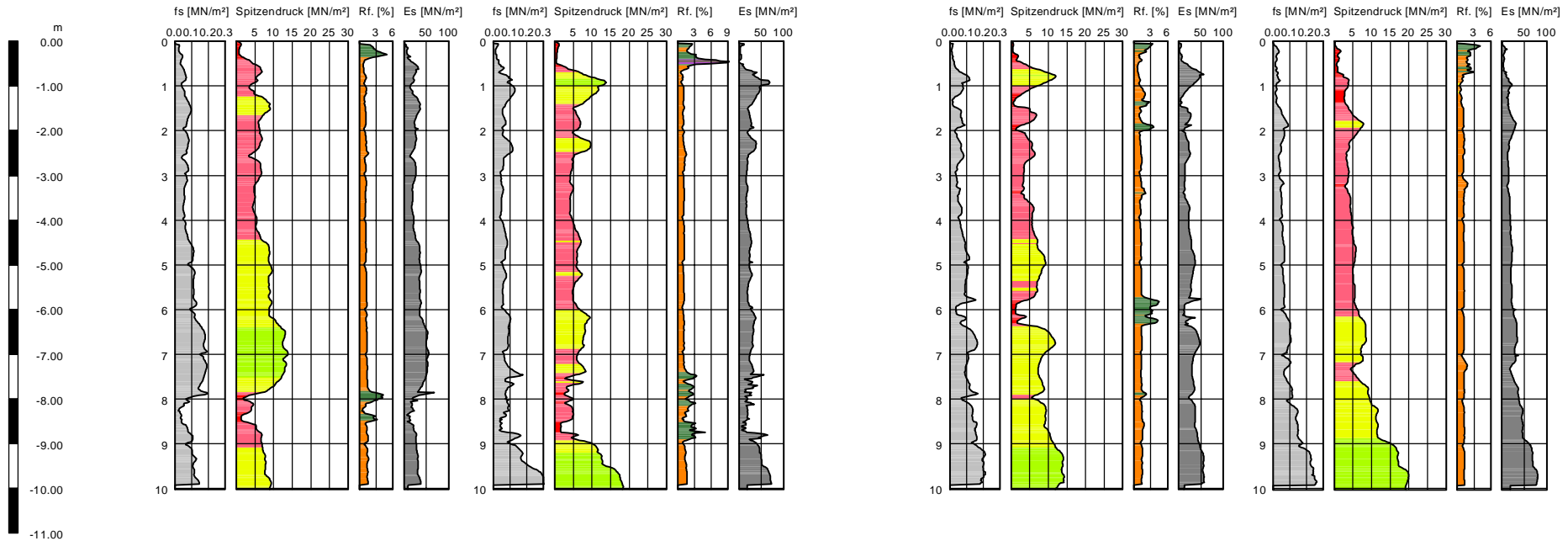
## WEA 2, Süd

CPT K 1-4 (Süd)  
0.00 m

CPT K 1-5 (Süd)  
0.00 m

CPT K 2-4 (Süd)  
0.00 m

CPT K 2-5 (Süd)  
0.00 m



Legende Spitzendruck	
<span style="color: red;">■</span>	sehr locker
<span style="color: pink;">■</span>	locker
<span style="color: yellow;">■</span>	mitteldicht
<span style="color: lightgreen;">■</span>	dicht
<span style="color: green;">■</span>	sehr dicht
Legende Reibungsverhältnis	
<span style="color: yellow;">■</span>	Kies
<span style="color: orange;">■</span>	Sand
<span style="color: green;">■</span>	Schluff
<span style="color: purple;">■</span>	Ton
<span style="color: brown;">■</span>	Torf

<h3>LEGENDE:</h3> <p>CPT:    Drucksondierung</p>
--

Projekt:	1075-16-1 WP Wapeldorf-Heubuelt Kranaufstellflächen, Süd
Auftraggeber:	Windkonzept Projektenwicklungs GmbH & Co. KG Mansholter Straße 30 26215 Wiefelstede
Bearbeiter:	Dipl.-Geol. P. Müller
Maßstab:	Höhe: 1 : 100

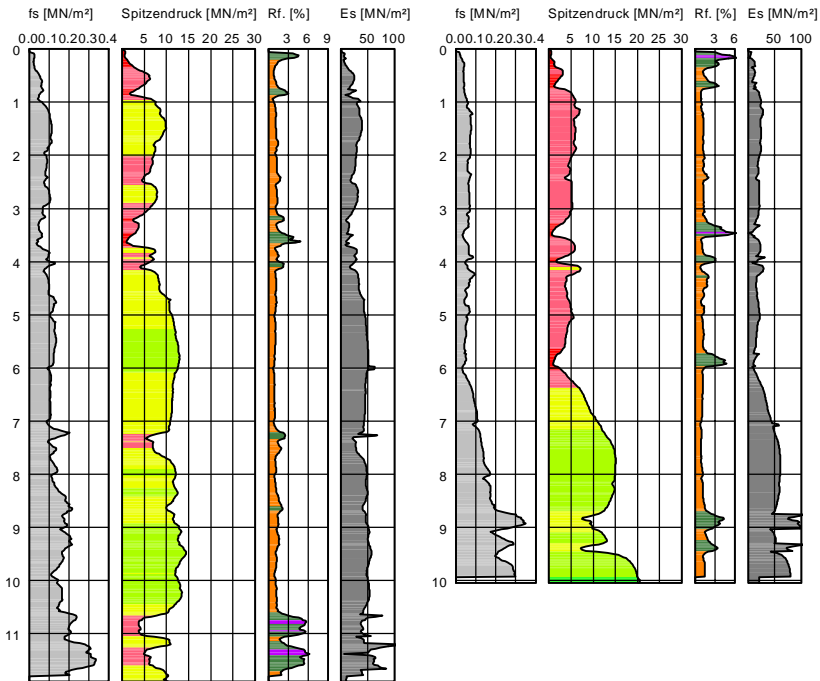
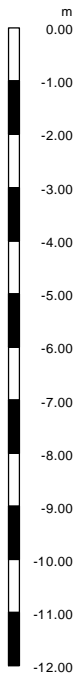
 <b>Ingenieurgeologie Dr. Lübbe</b>	
Titel: Drucksondierdiagramme nach DIN EN ISO 22476-1	
Anlage: 2.7	

# Kranaufstellflächen

## WEA 3, Süd

CPT K 3-4 (Süd)  
0.00 m

CPT K 3-5 (Süd)  
0.00 m



Legende Spitzendruck	
<span style="color: red;">■</span>	sehr locker
<span style="color: pink;">■</span>	locker
<span style="color: yellow;">■</span>	mitteldicht
<span style="color: lightgreen;">■</span>	dicht
<span style="color: green;">■</span>	sehr dicht
Legende Reibungsverhältnis	
<span style="color: yellow;">■</span>	Kies
<span style="color: orange;">■</span>	Sand
<span style="color: green;">■</span>	Schluff
<span style="color: purple;">■</span>	Ton
<span style="color: brown;">■</span>	Torf

<p>LEGENDE:</p> <p>CPT: Drucksondierung</p>
---

Projekt:	1075-16-1 WP Wapeldorf-Heubuelt Kranaufstellflächen, Süd
Auftraggeber:	Windkonzept Projektenwicklungs GmbH & Co. KG Mansholter Straße 30 26215 Wiefelstede
Bearbeiter:	Dipl.-Geol. P. Müller
Maßstab:	Höhe: 1 : 100

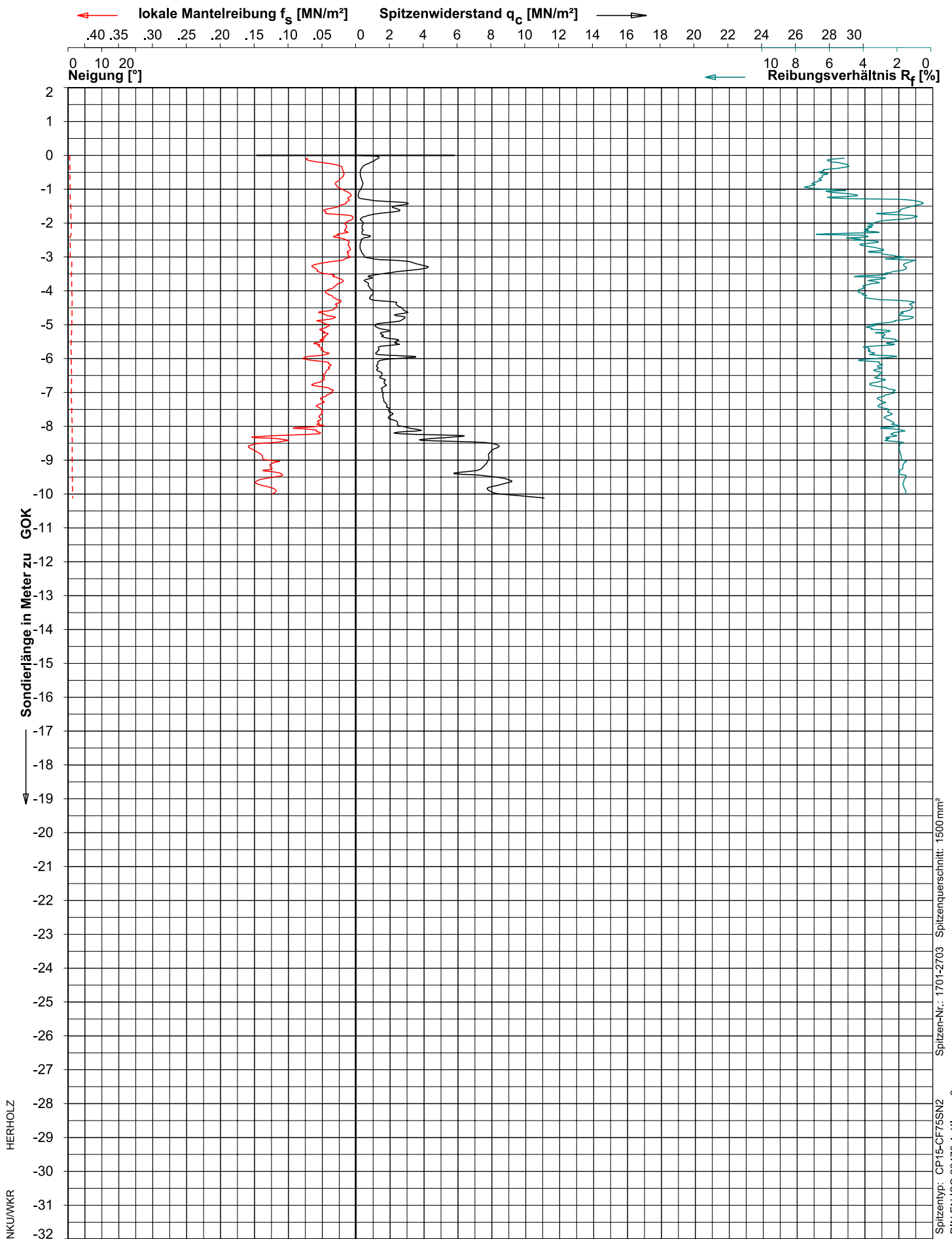
 <p><b>Ingenieurgeologie</b> <b>Dr. Lübbe</b></p>
<p>Titel: Drucksondierdiagramme nach DIN EN ISO 22476-1</p>
<p>Anlage: 2.8</p>





ANLAGE 3  
Drucksondierprotokolle





ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt

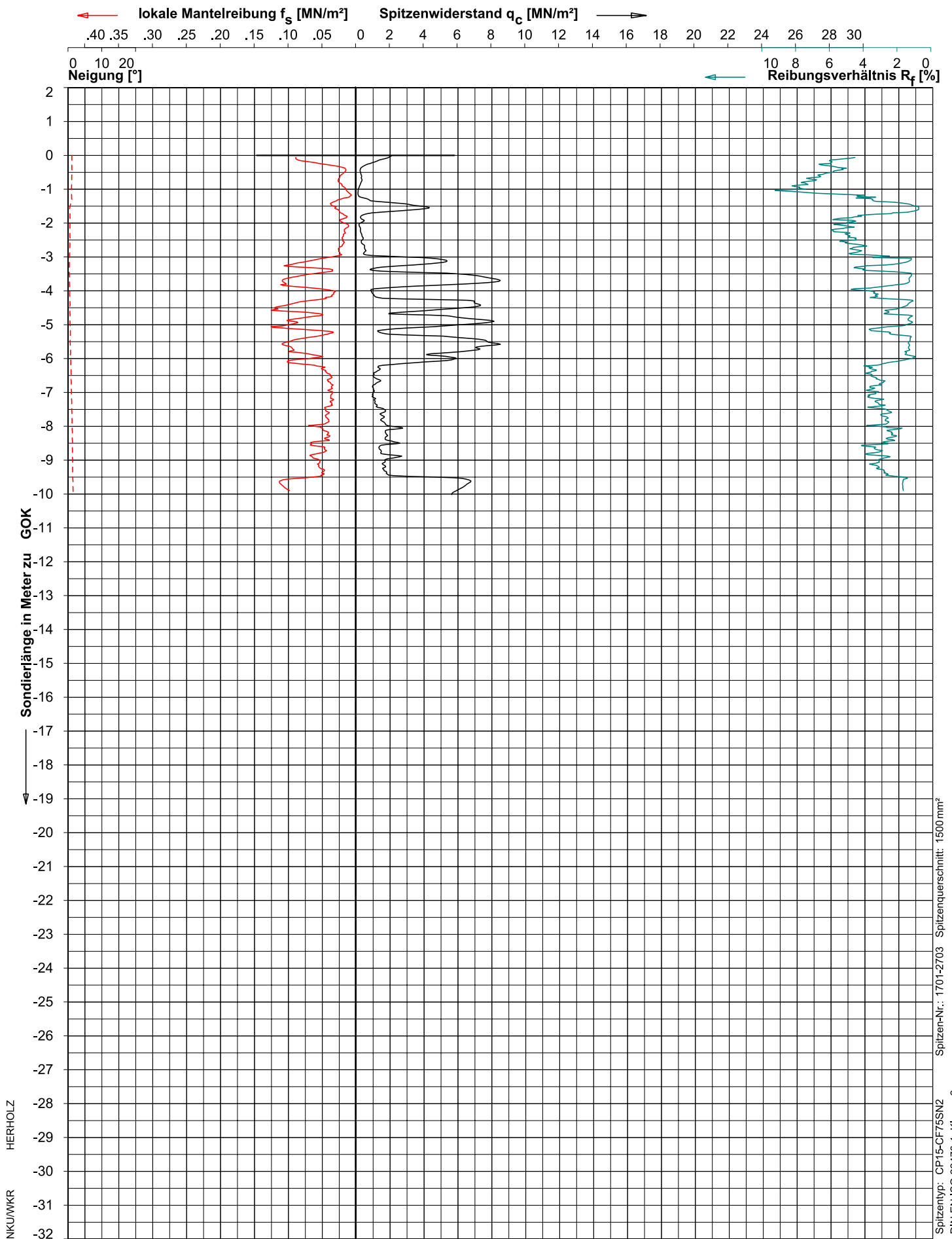


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 23-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0.00 m zu GOK  
 Endteufe : -10.12 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-1-K1



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt



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

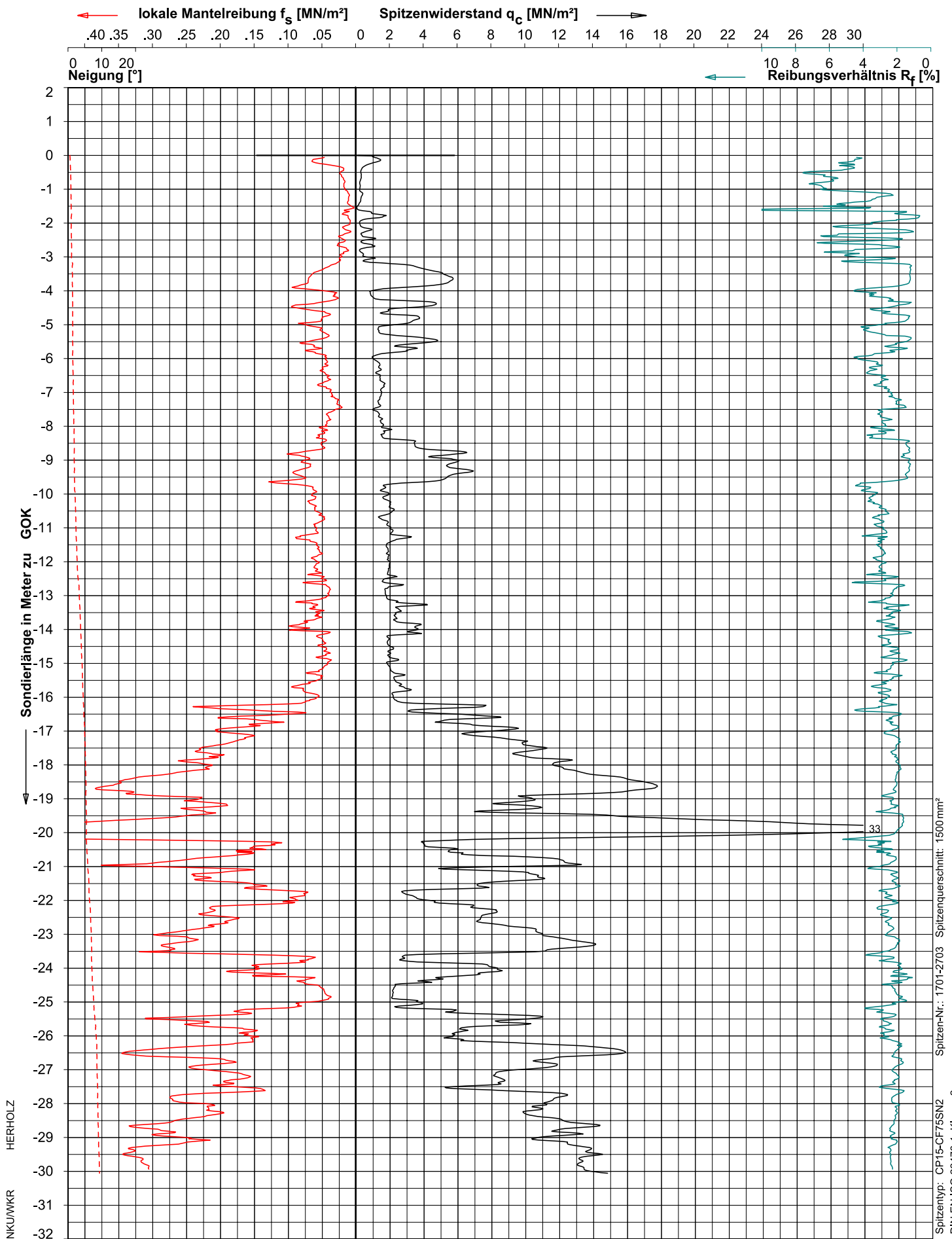
Datum : 23-Jun-2016  
Sondierende : Vorgabe  
Gelände : 0,00 m zu GOK  
Endteufe : -10,02 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
Sondierung : WEA-1-K2

DIN ISO 9001

NKUWKR  
HERHOLZ

Spitzen-Nr.: 1701-2703 Spitzenquerschnitt: 1500 mm<sup>2</sup>  
Spitzen-Nr.: CP15-CF75SN2  
DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2



Spitzentyp: CP15-CF75SN2  
 Spitzen-Nr.: 1701-2703  
 Spitzentransversal: 1500 mm²  
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

**ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG**

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
 Windpark Wapeldorf - Heubuelt

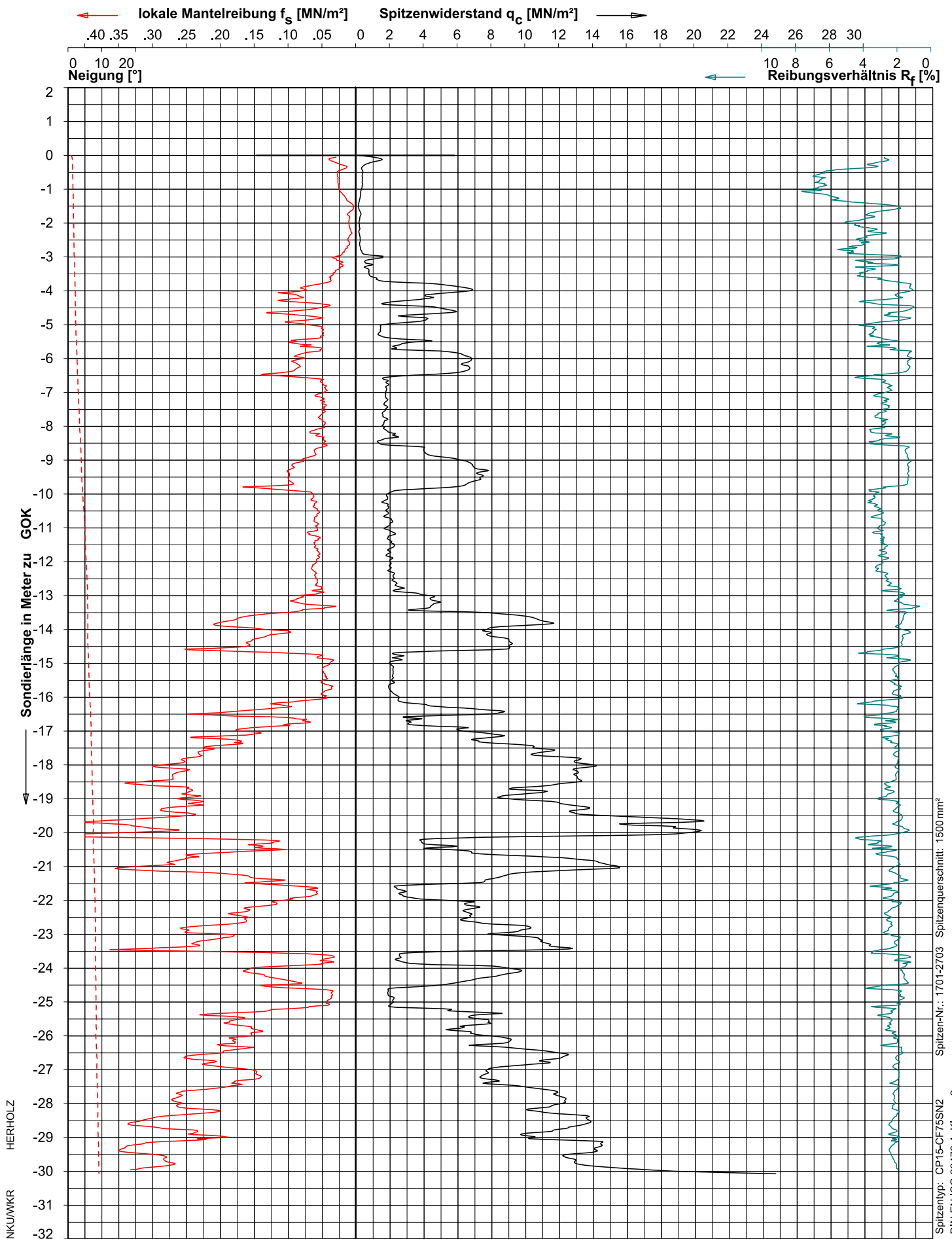


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 23-Jun-2016  
 Sondierende: Vorgabe  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -30,06 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-1-N



Spitzentyp: CP15-CF75SN2  
 Spitzen-Nr.: 1701-2703    Spitzenquerschnitt: 1500 mm<sup>2</sup>  
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe  
Windpark Wapeldorf - Heubelt

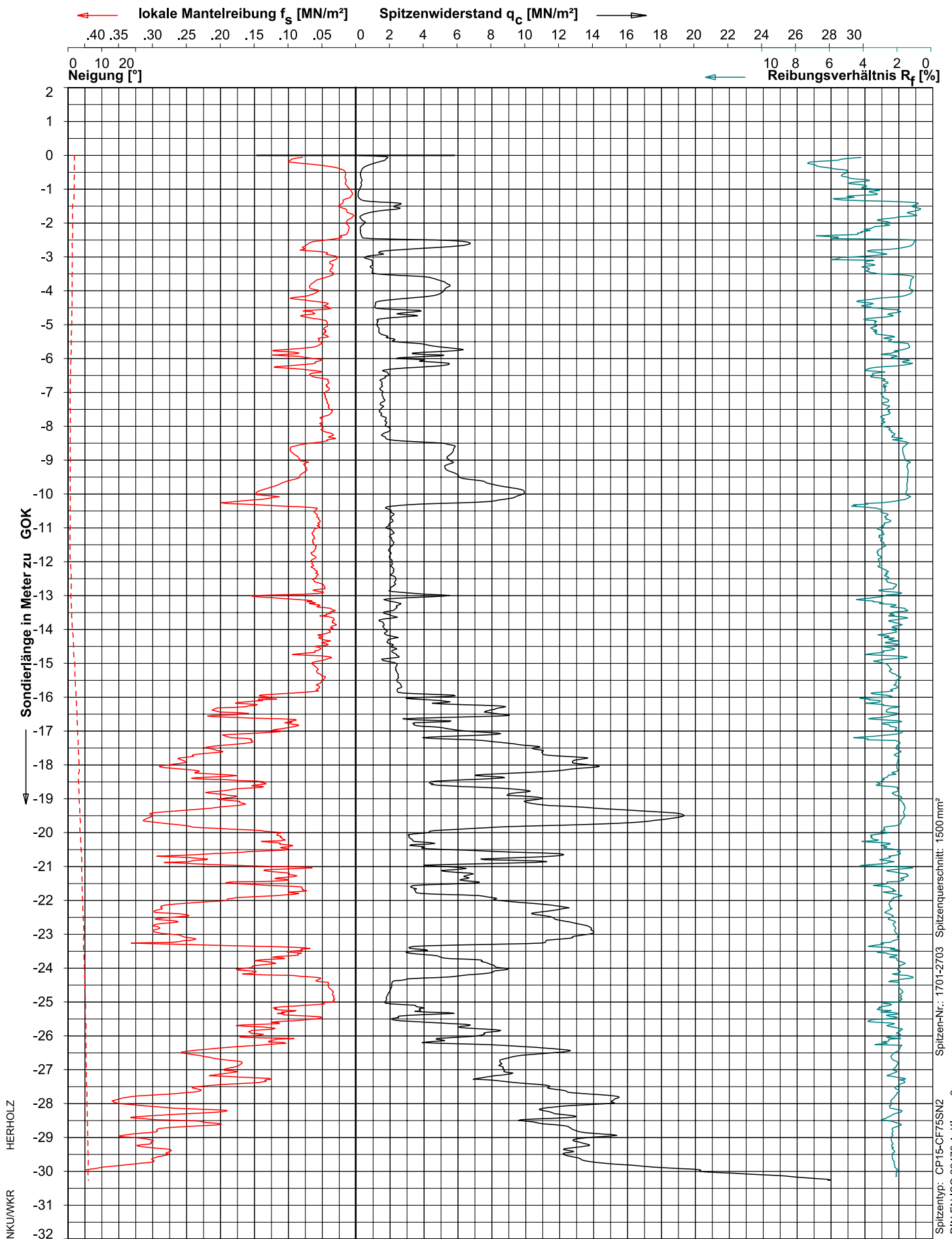


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 23-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -30,08 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-1-SO



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt

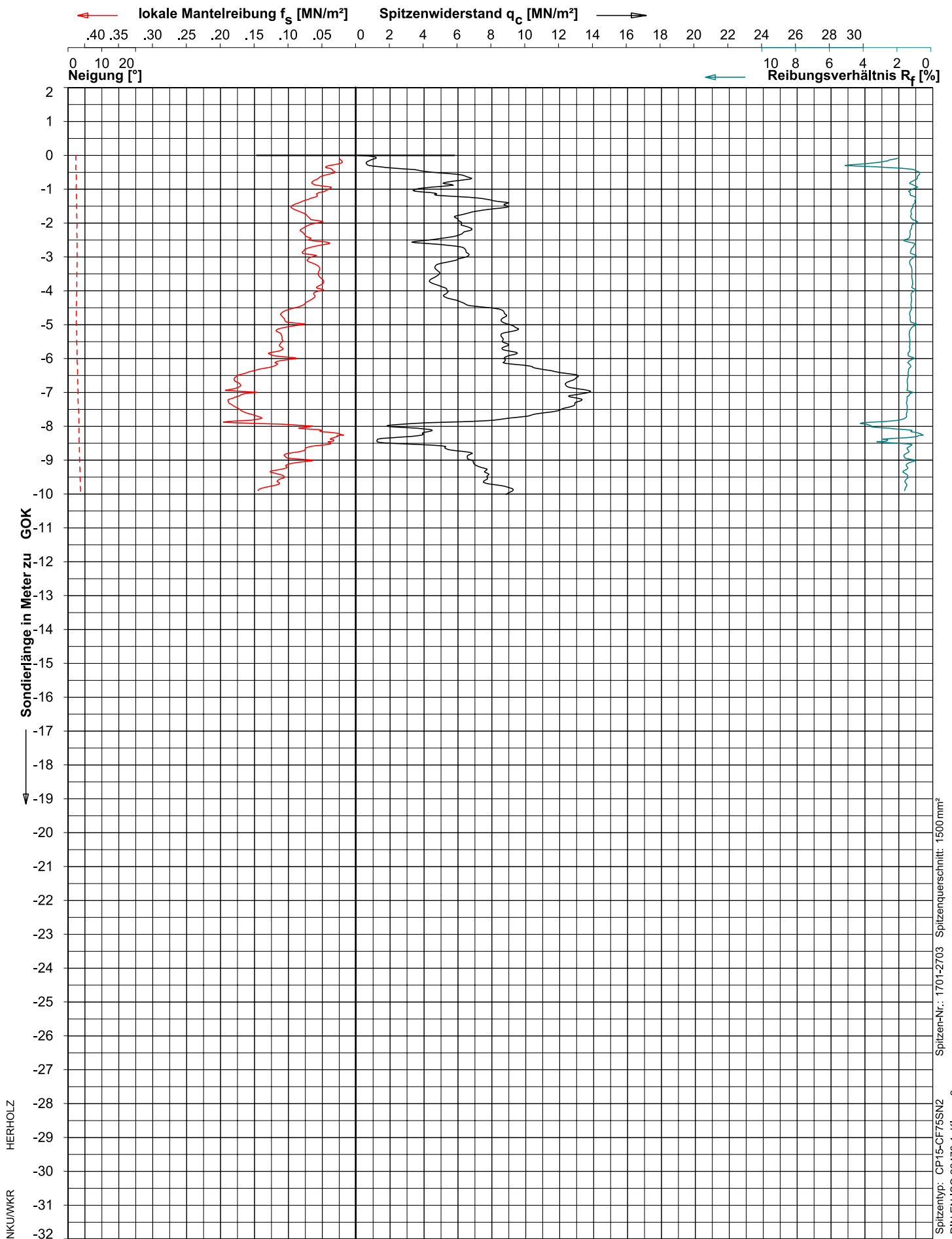


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 23-Jun-2016  
 Sondierende: Vorgabe  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -30,27 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-1-SW



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt



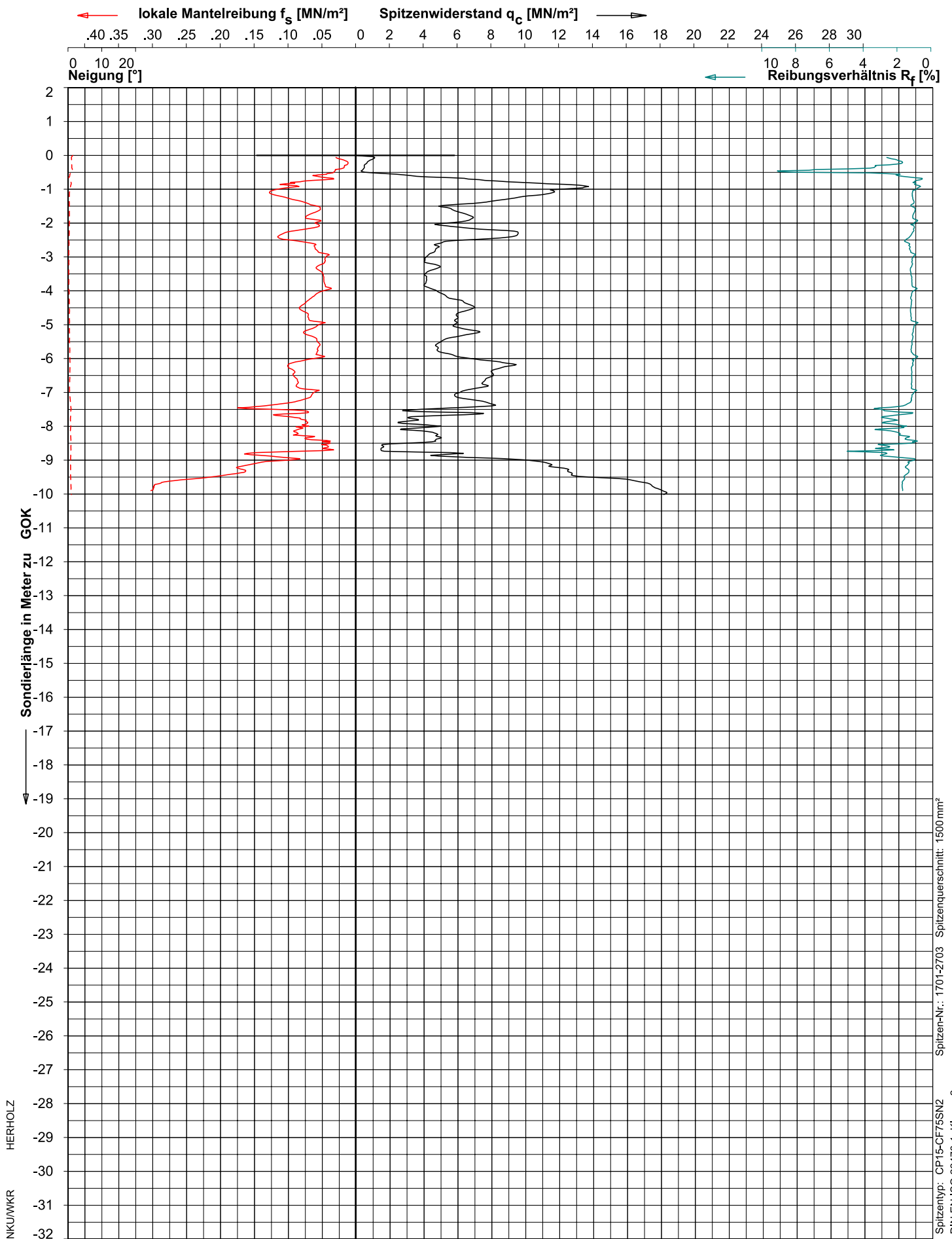
**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 23-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -10,03 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-1S-K1

DIN ISO 9001





ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt

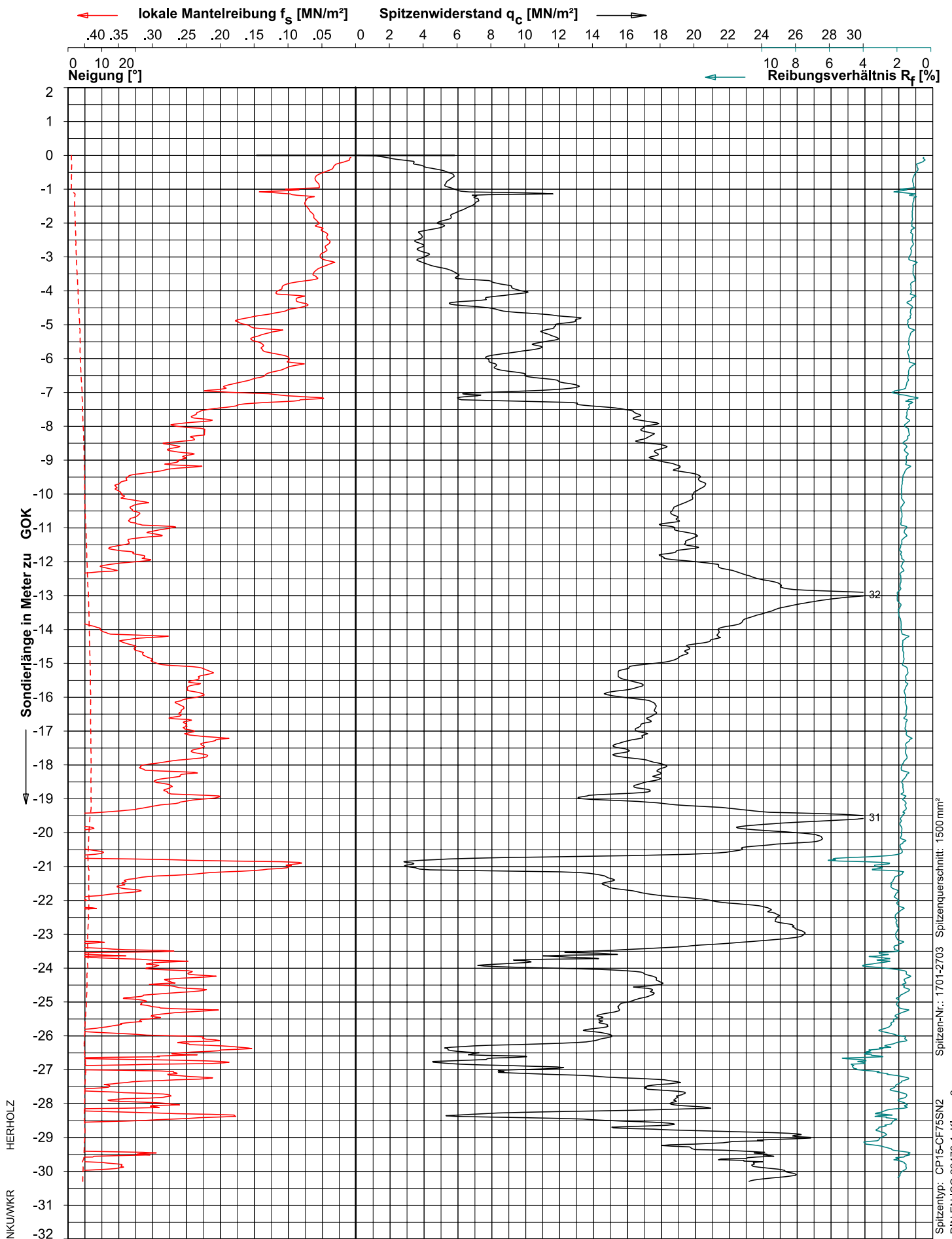


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 23-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -10,02 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-1S-K2



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe  
 Windpark Wapeldorf - Heubuelt



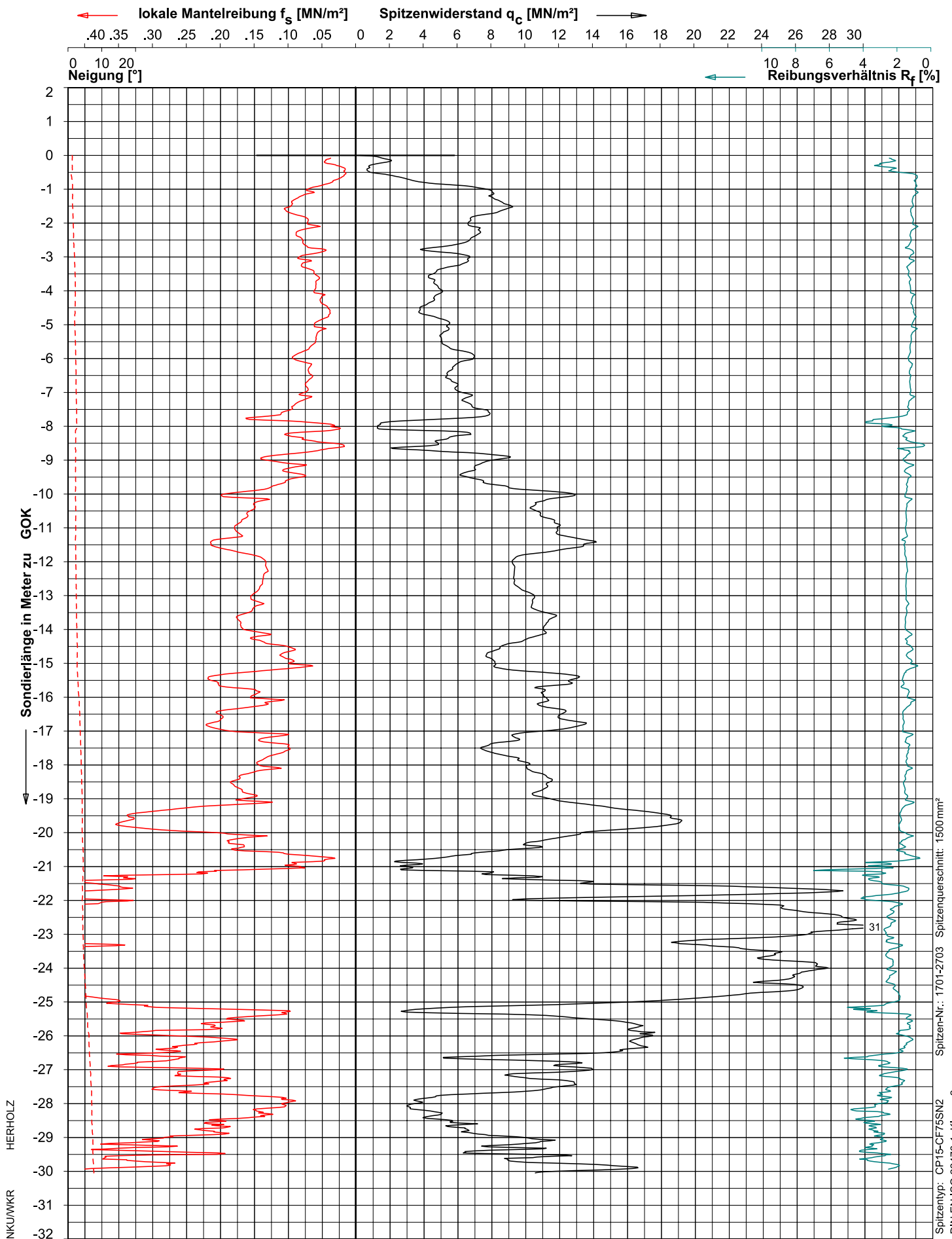
**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 24-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -30.31 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L

Sondierung : WEA-1S-N



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt



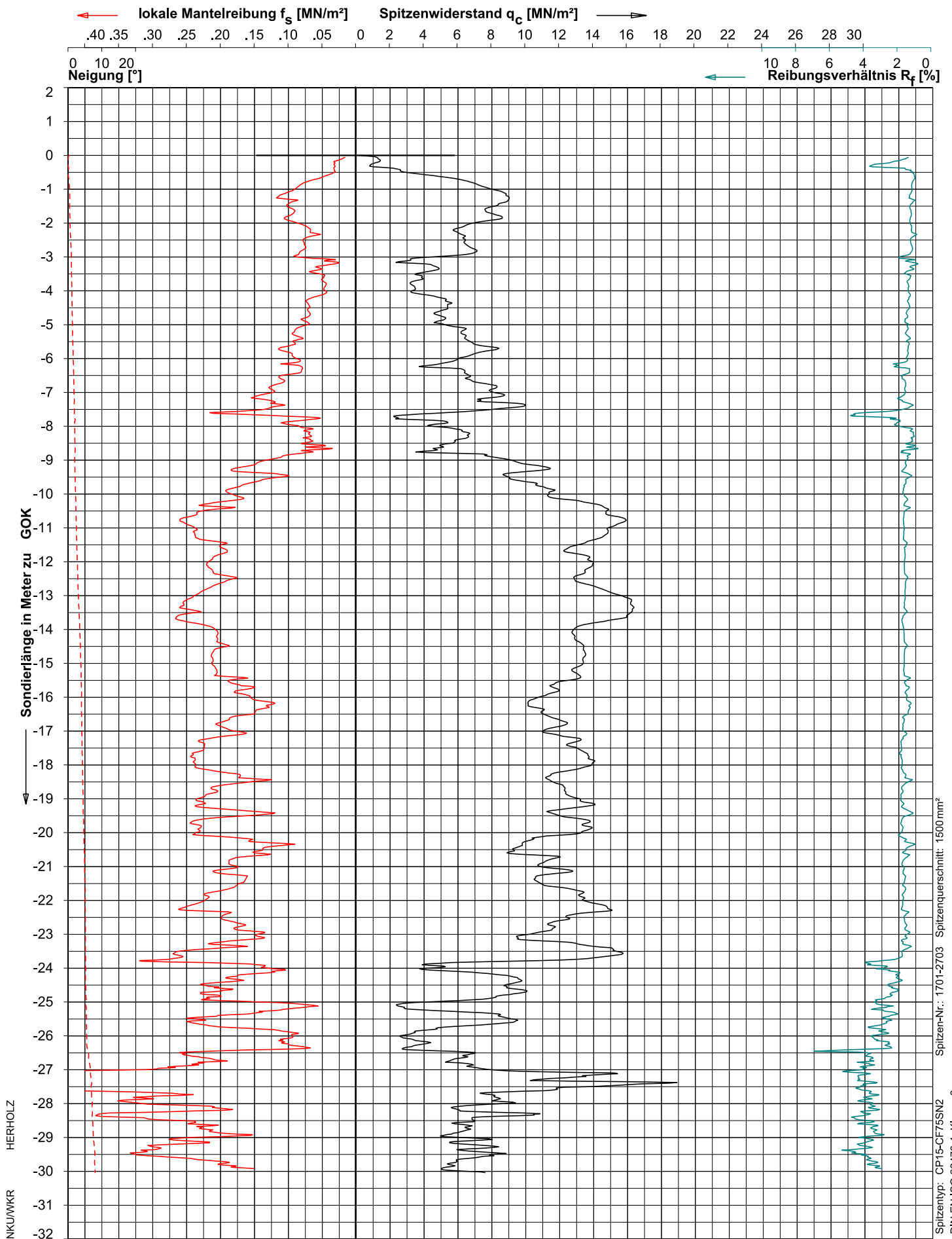
**Fugro Consult GmbH**  
Abteilung GeoTechnologies  
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 23-Jun-2016  
Sondierende : Vorgabe  
Gelände : 0,00 m zu GOK  
Endteufe : -30,05 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L

Sondierung : WEA-1S-SO



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt



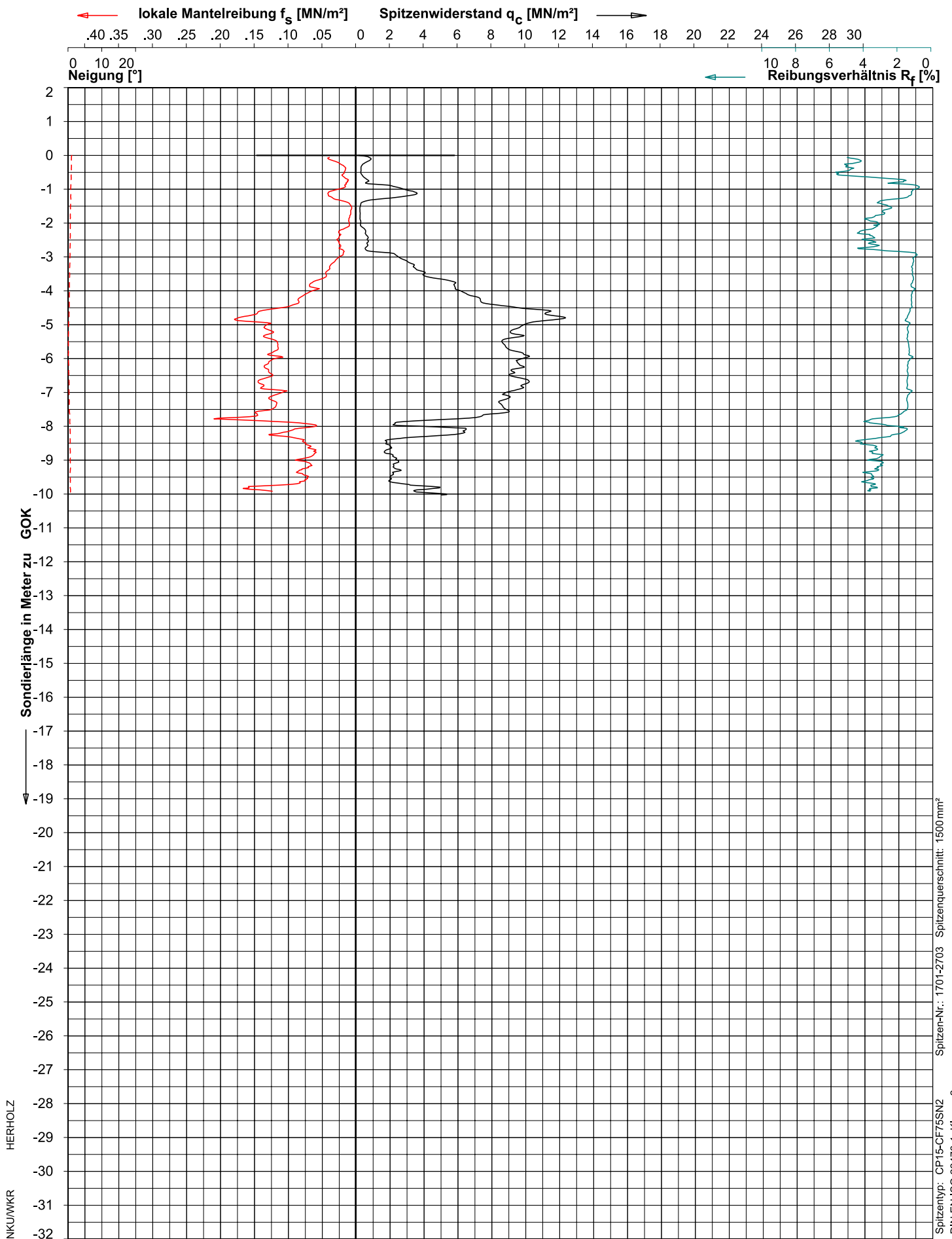
**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 23-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0.00 m zu GOK  
 Endteufe : -30.04 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L

Sondierung : WEA-1S-SW



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt



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

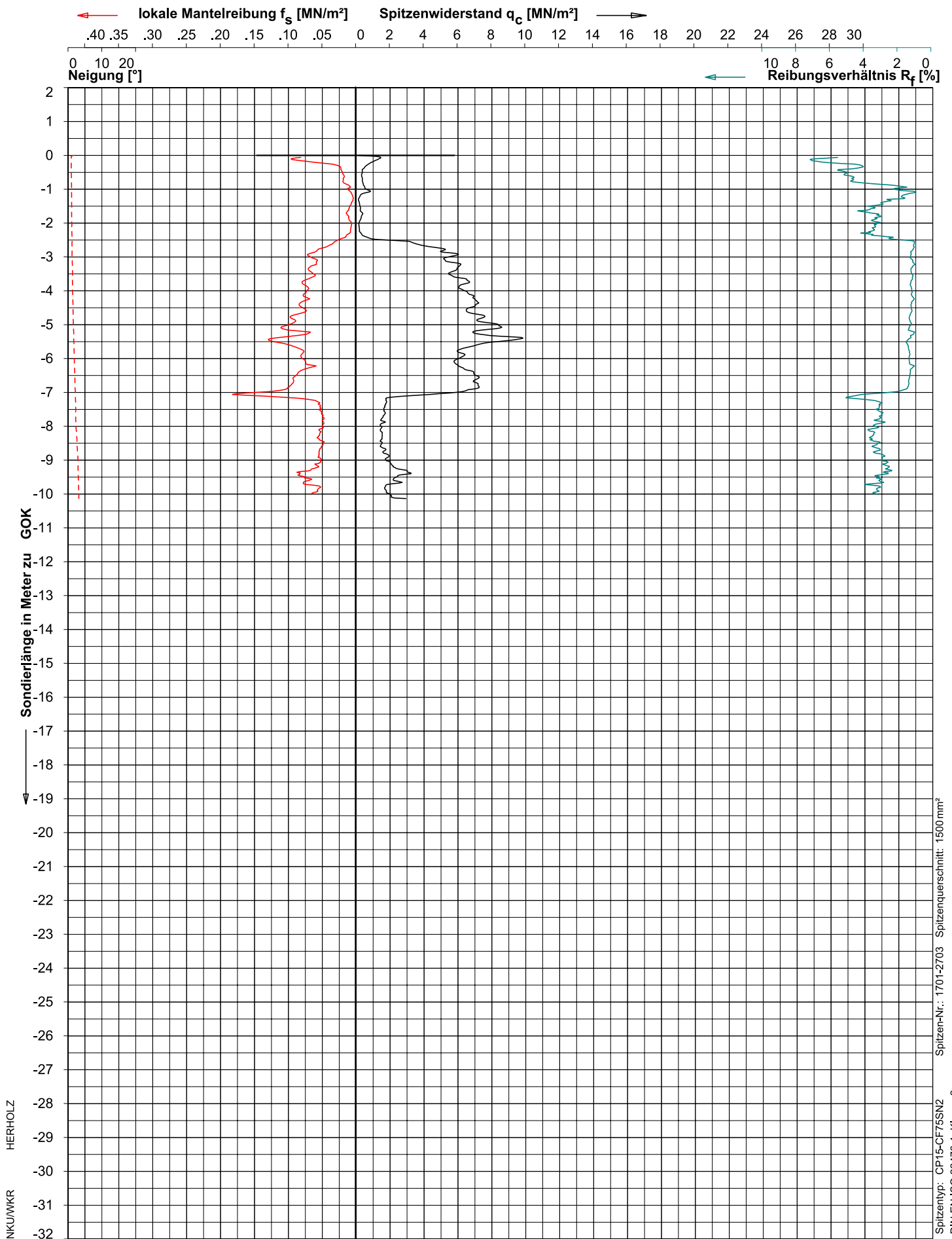
Datum : 23-Jun-2016  
Sondierende : Vorgabe  
Gelände : 0,00 m zu GOK  
Endteufe : -10,03 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
Sondierung : WEA-2-K1

DIN ISO 9001

NKUWKR  
HERHOLZ

Spitzen-Nr.: 1701-2703 Spitzentyp: CP15-CF75SN2  
Spitzenquerschnitt: 1500 mm<sup>2</sup>  
DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2



NKUWKR  
HERHOLZ

Spitzen-Nr.: 1701-2703 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²  
 Spitzentyp: CP15-CF75SN2  
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
 Windpark Wapeldorf - Heubuelt

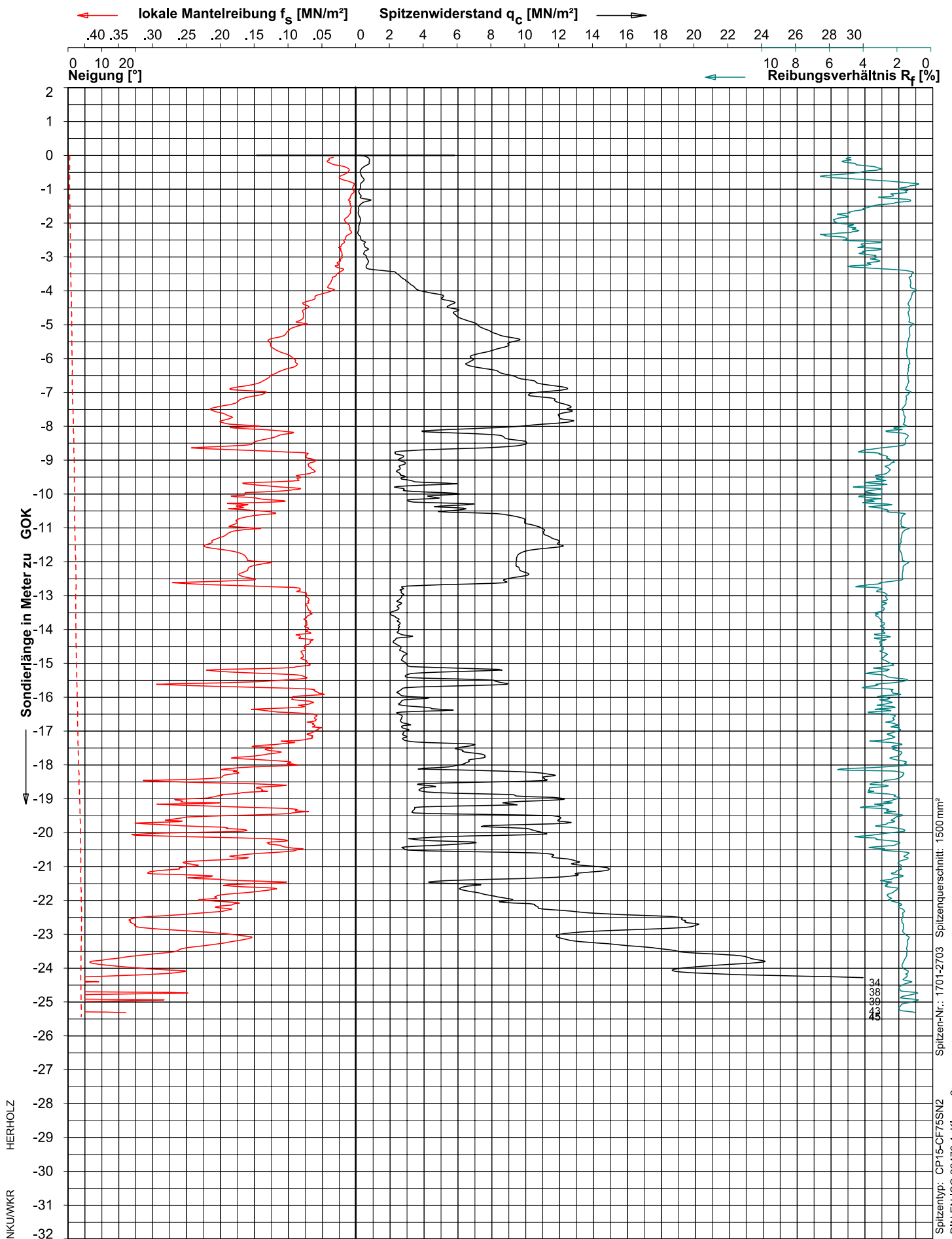


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 23-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0.00 m zu GOK  
 Endteufe : -10.14 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-2-K2



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt

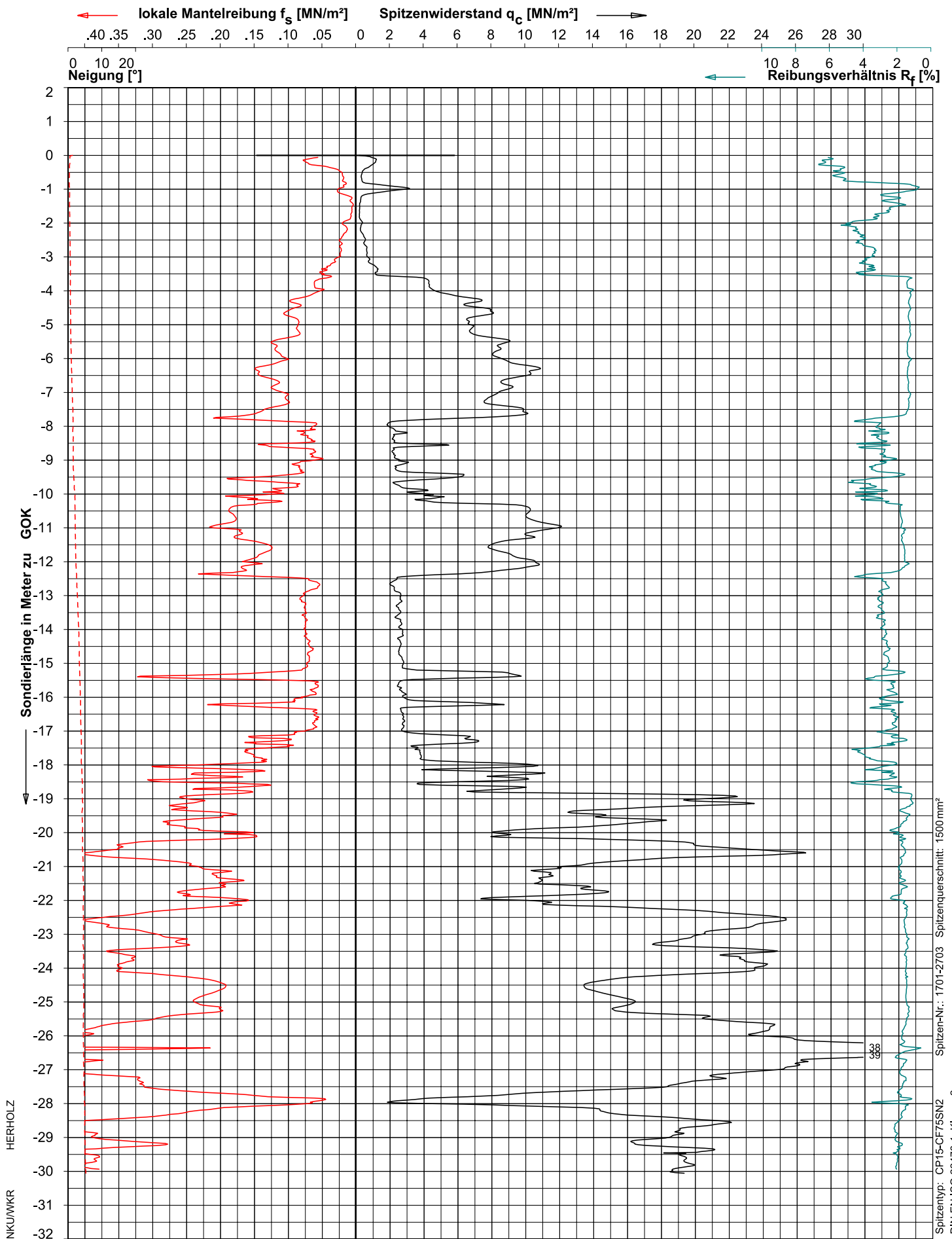


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 23-Jun-2016  
 Sondierende : Auslastung  
 Gelände : 0.00 m zu GOK  
 Endteufe : -25.44 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-2-N



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt



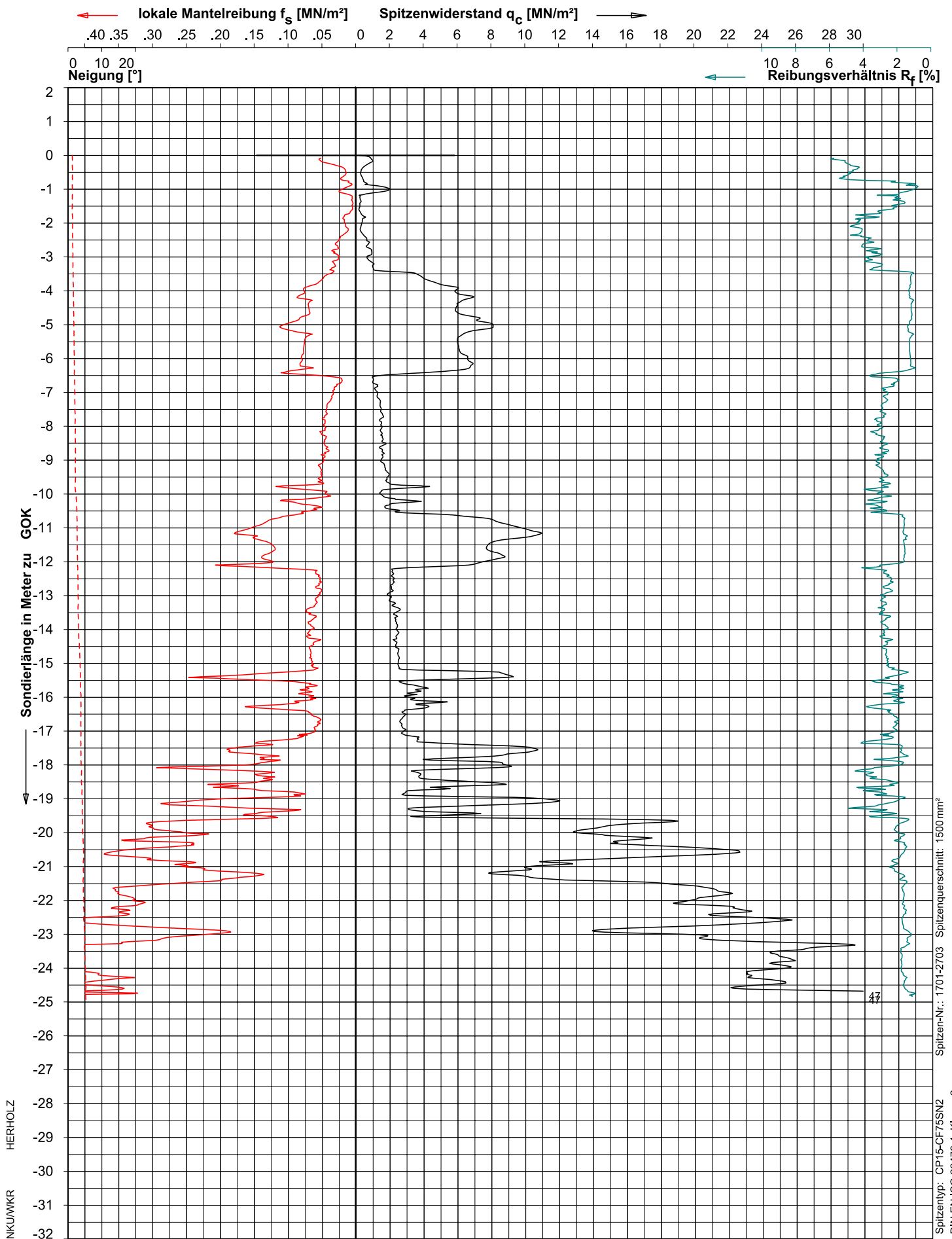
**Fugro Consult GmbH**  
Abteilung GeoTechnologies  
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 23-Jun-2016  
Sondierende : Vorgabe  
Gelände : 0,00 m zu GOK  
Endteufe : -30,06 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
Sondierung : WEA-2-SW





Spitzentyp: CP15-CF75SN2  
 Spitzentransversal: 1500 mm<sup>2</sup>  
 Spitzen-Nr.: 1701-2703  
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

NKUWKR  
 HERHOLZ

**ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG**

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
 Windpark Wapeldorf - Heubuelt

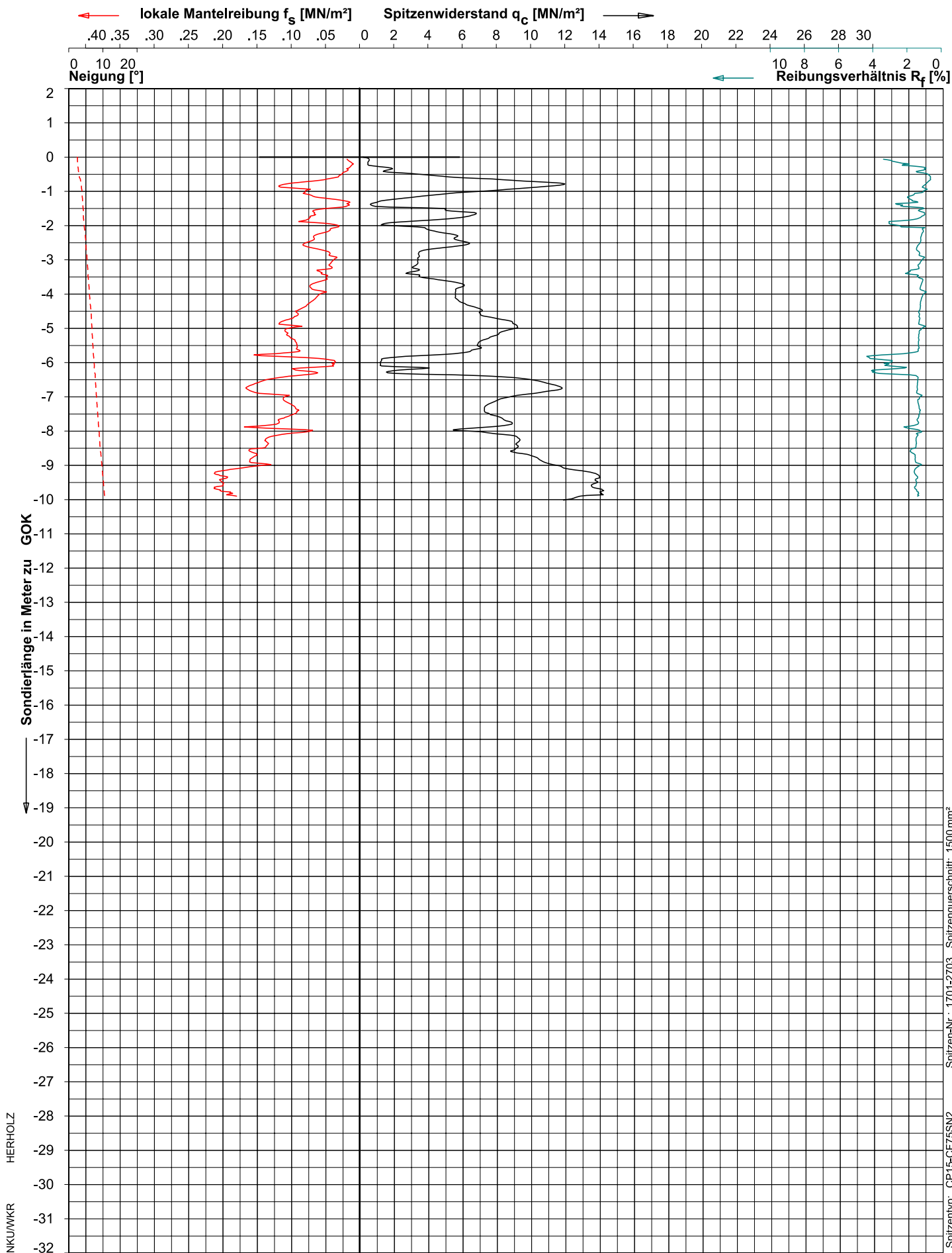


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 23-Jun-2016  
 Sondierende : Auslastung  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -24,95 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-2-SO



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt

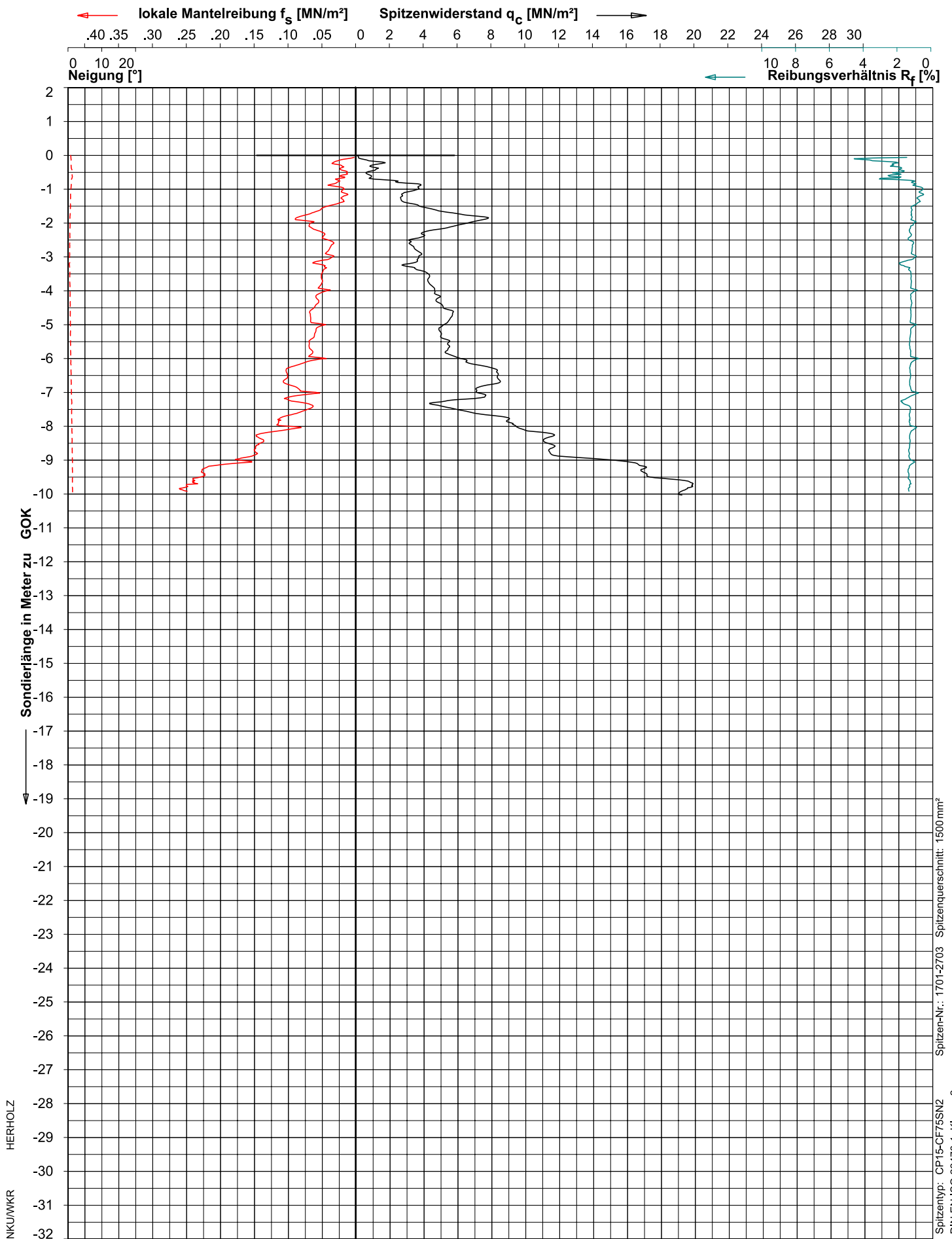


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 24-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -10,02 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-2S-K1



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt

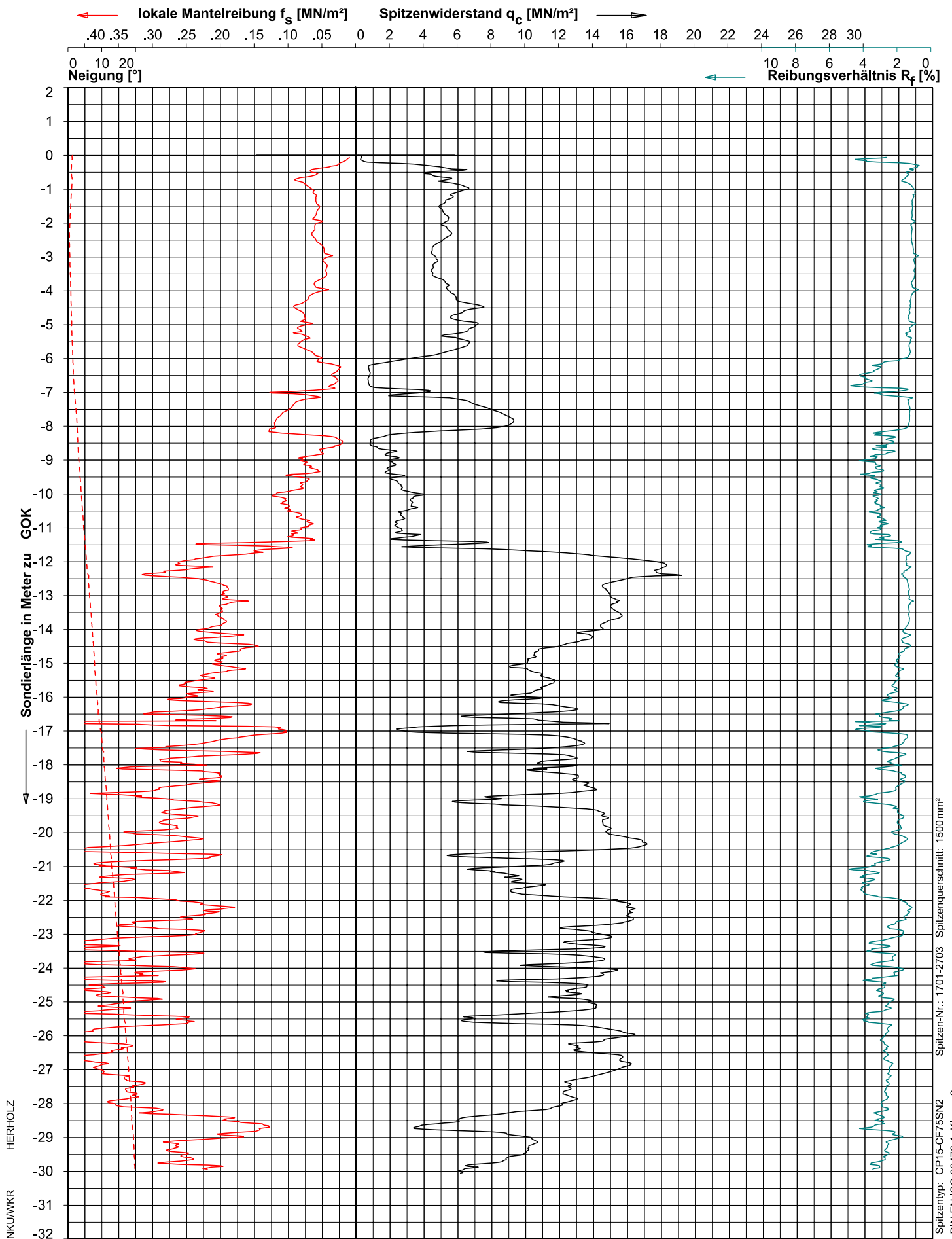


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 24-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0.00 m zu GOK  
 Endteufe : -10.03 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-2S-K2



Spitzentyp: CP15-CF75SN2  
 Spitzen-Nr.: 1701-2703    Spitzenquerschnitt: 1500 mm<sup>2</sup>  
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

**ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG**

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe  
 Windpark Wapeldorf - Heubelt

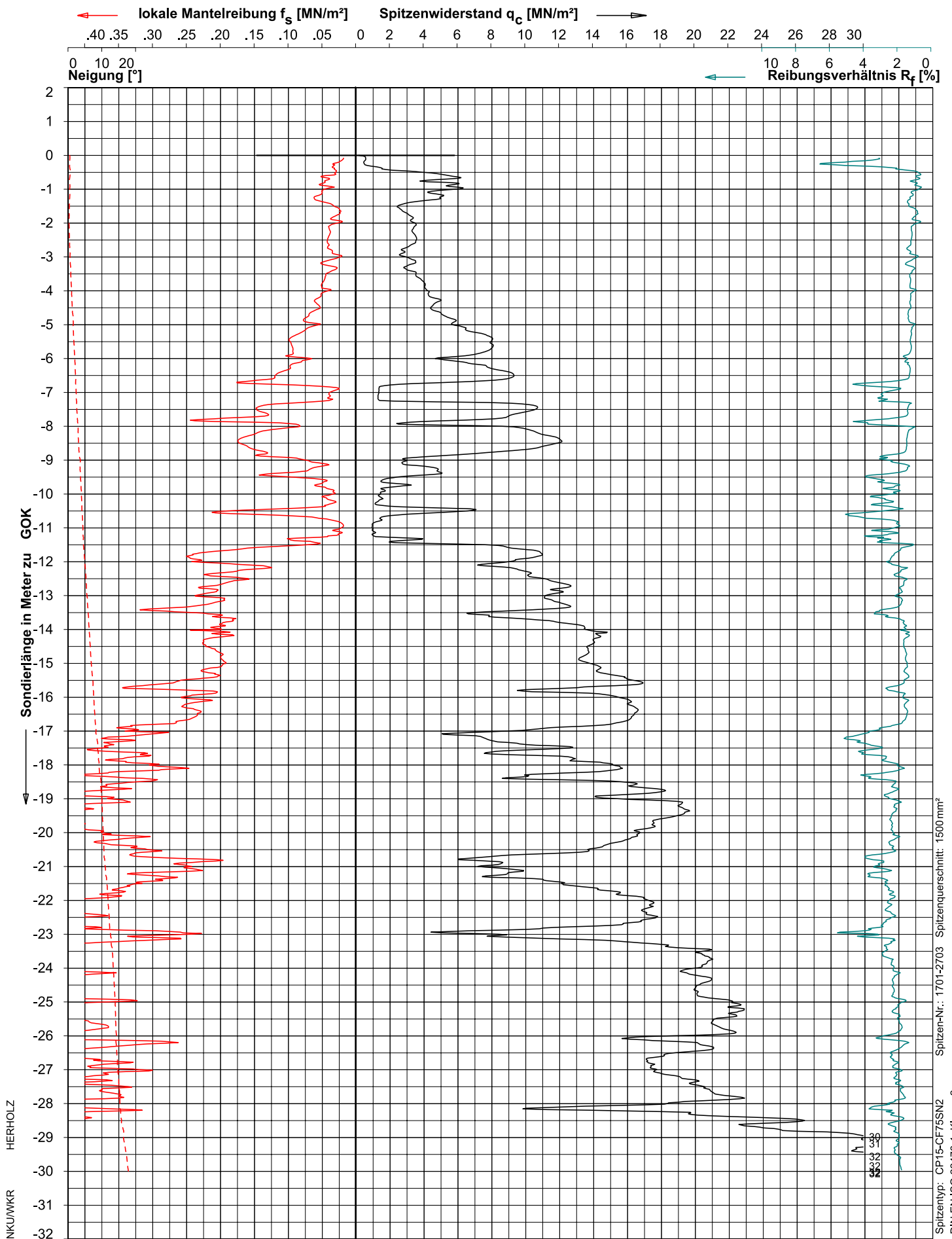


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 24-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -30,06 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-2S-NO



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt



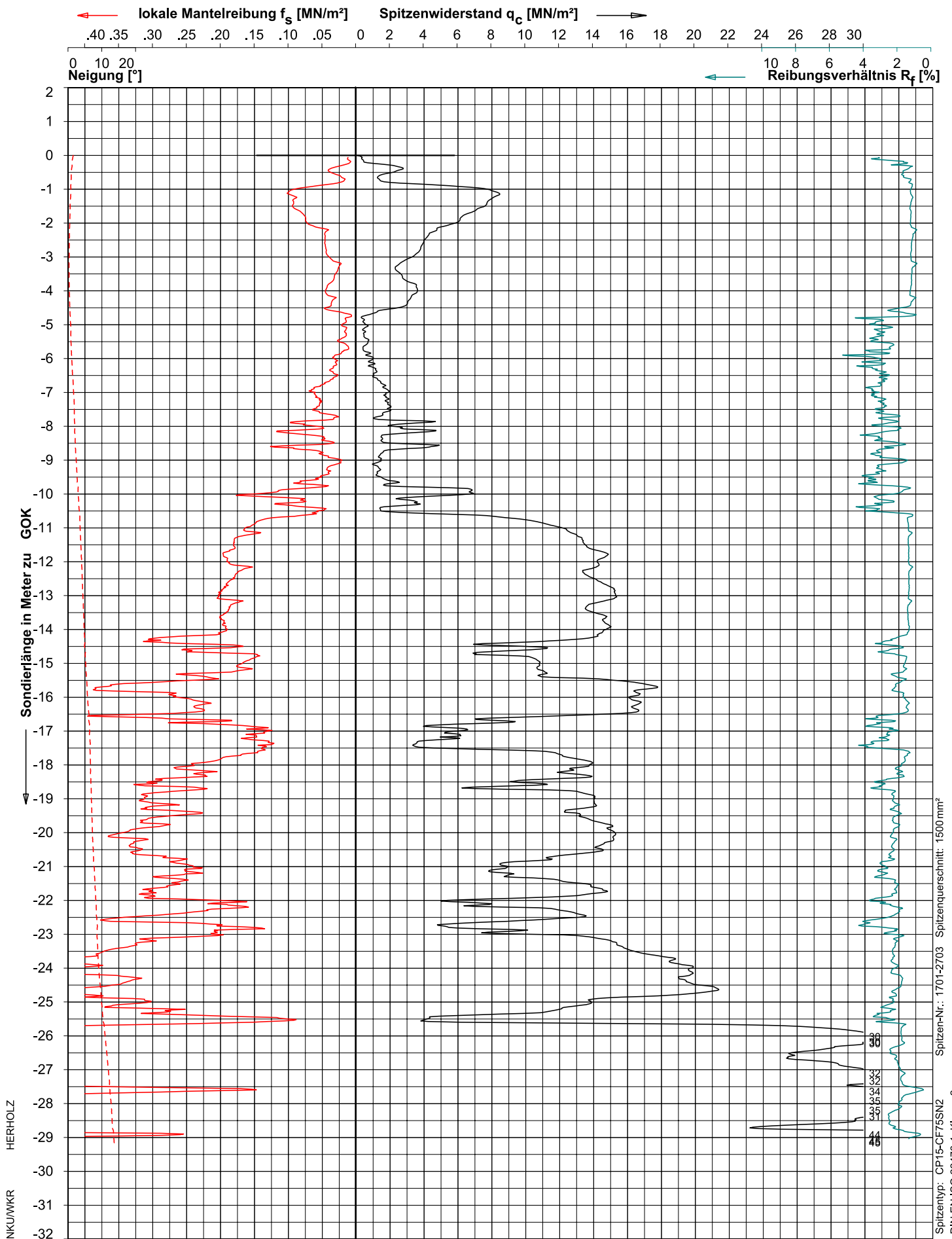
**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 24-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -30,07 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L

Sondierung : WEA-2S-NW



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
 Windpark Wapeldorf - Heubuelt

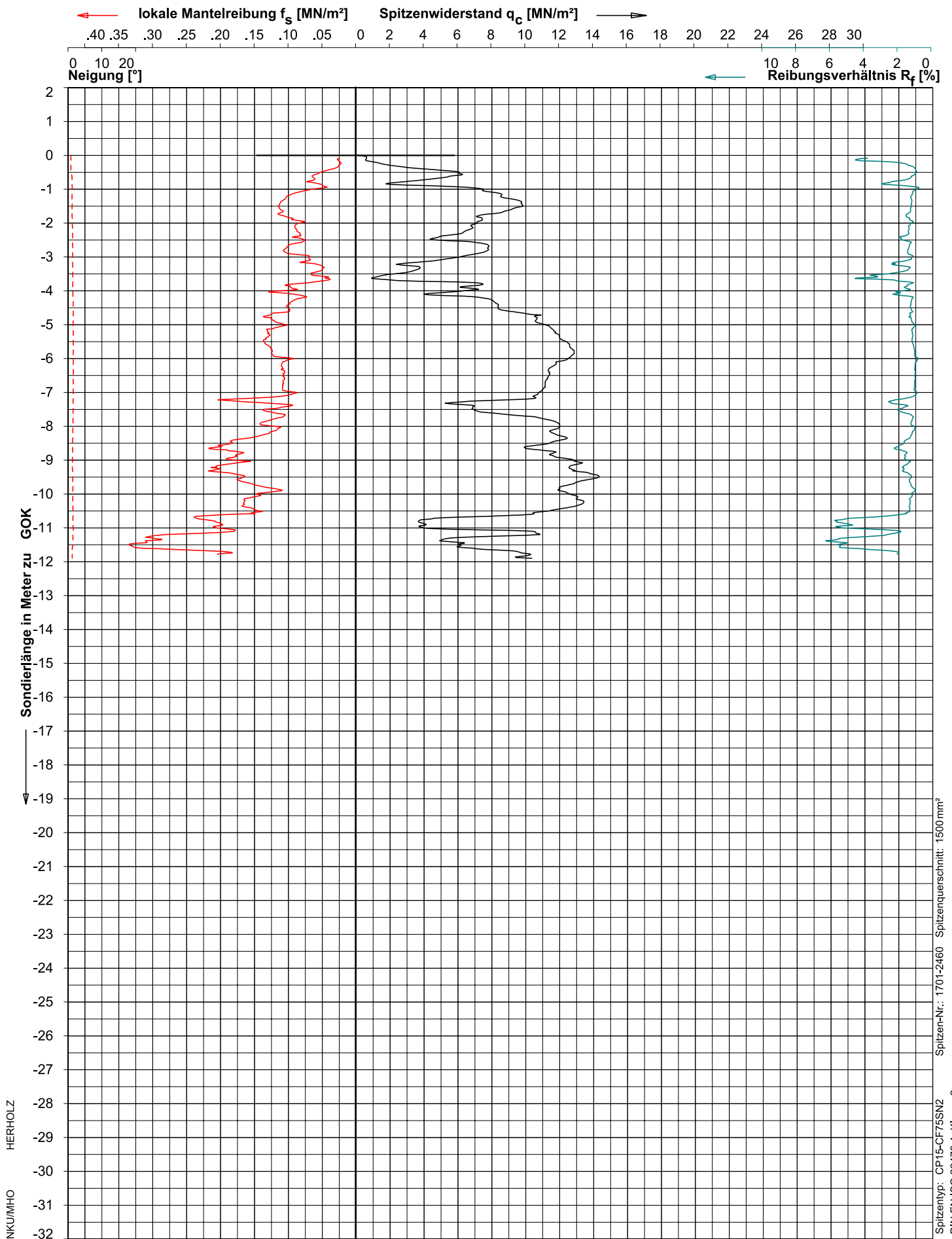


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 24-Jun-2016  
 Sondierende : Auslastung  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -29,16 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-2S-S



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt

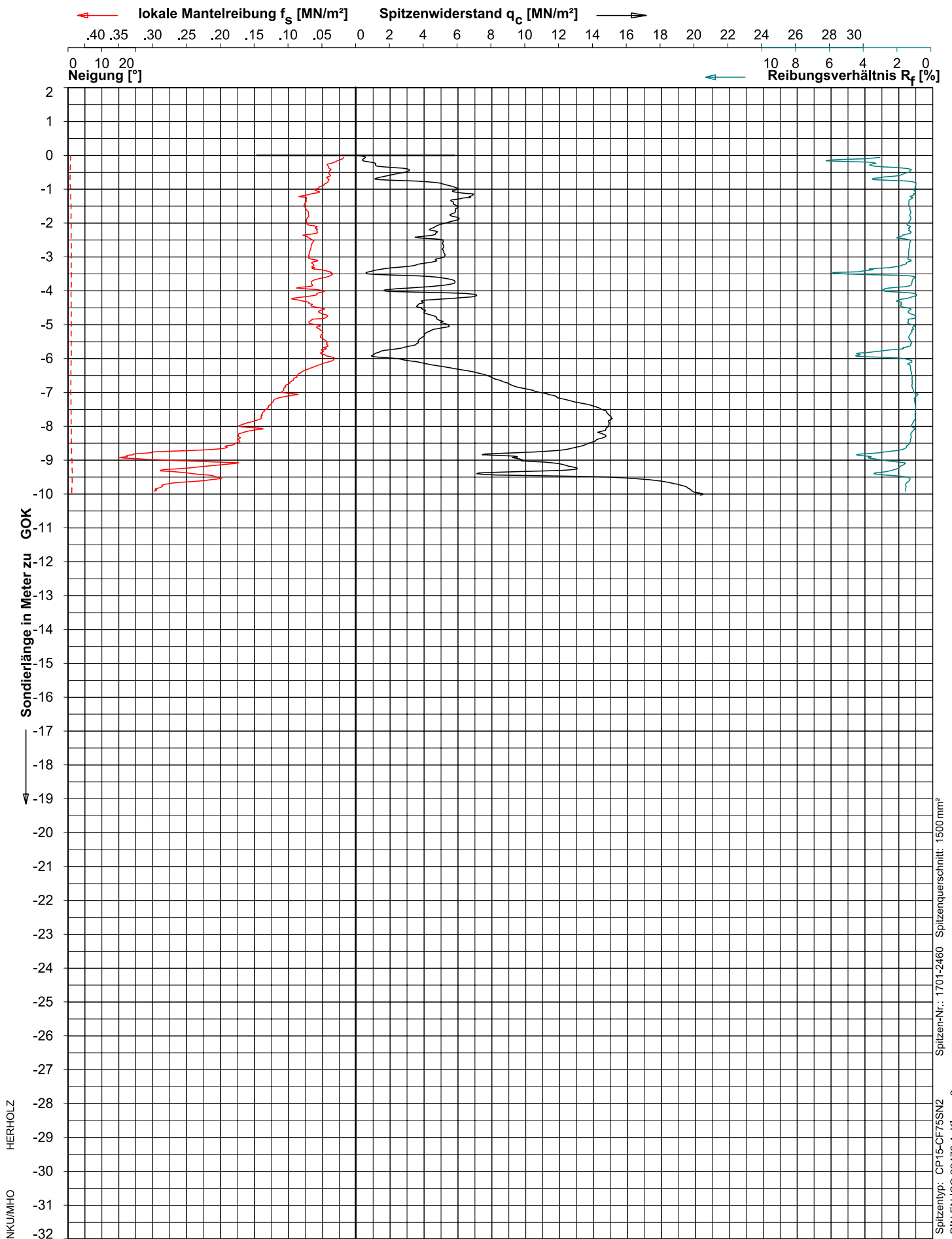


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 30-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -11,90 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-3S-K1

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt



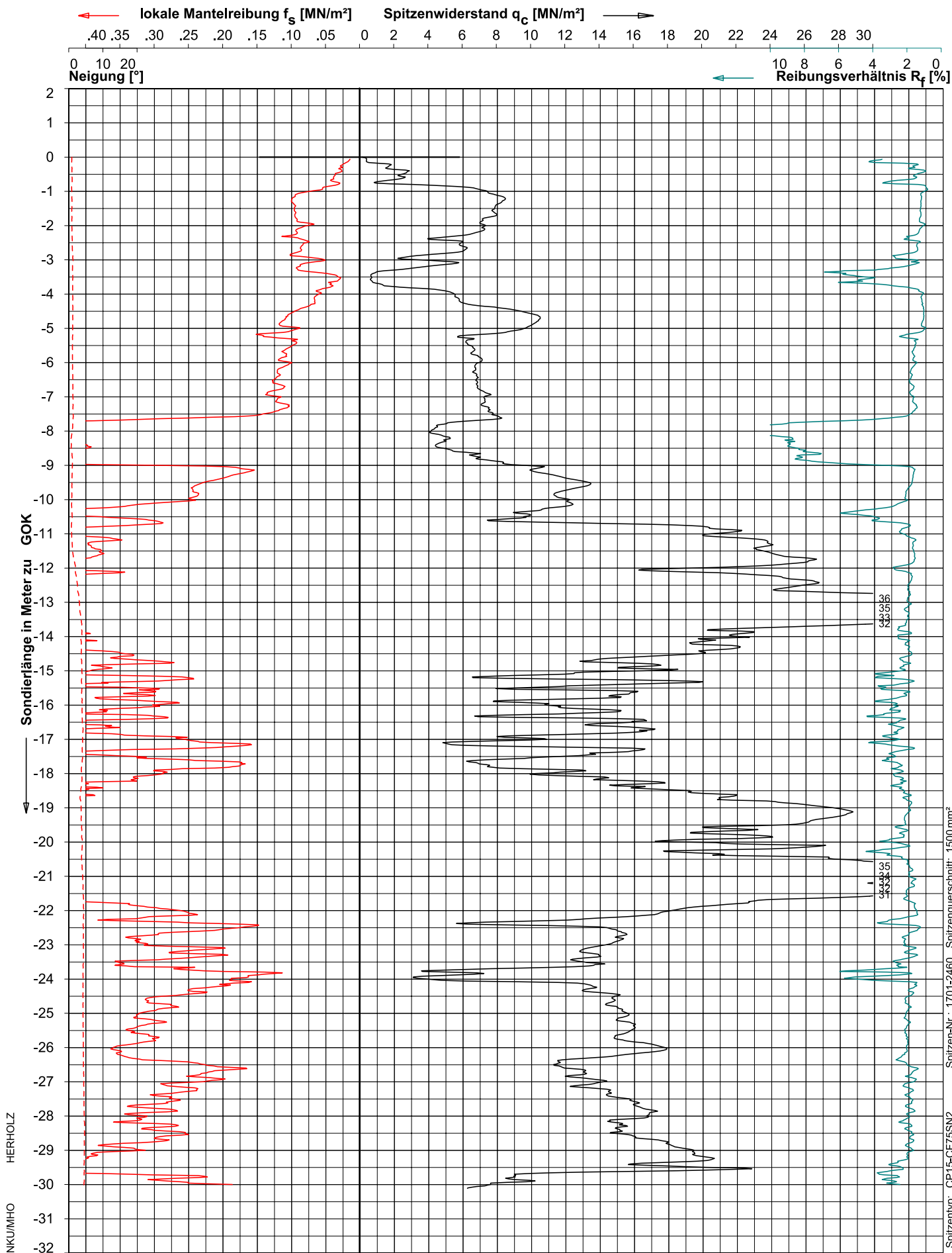
**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 30-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -10,04 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-3S-K2

DIN ISO 9001





ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt

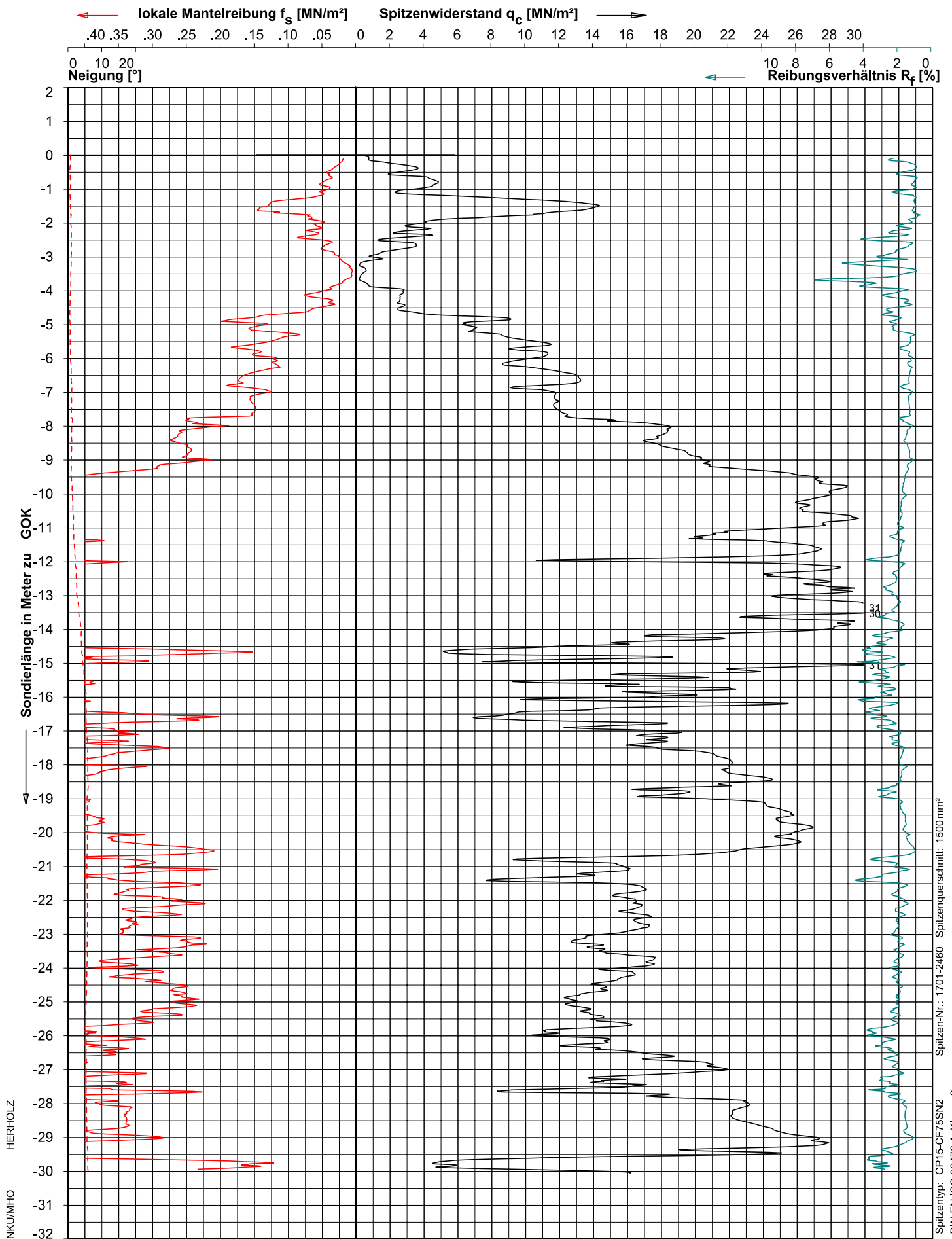


**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 30-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0.00 m zu GOK  
 Endteufe : -30.11 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-3S-N



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe  
Windpark Wapeldorf - Heubuelt



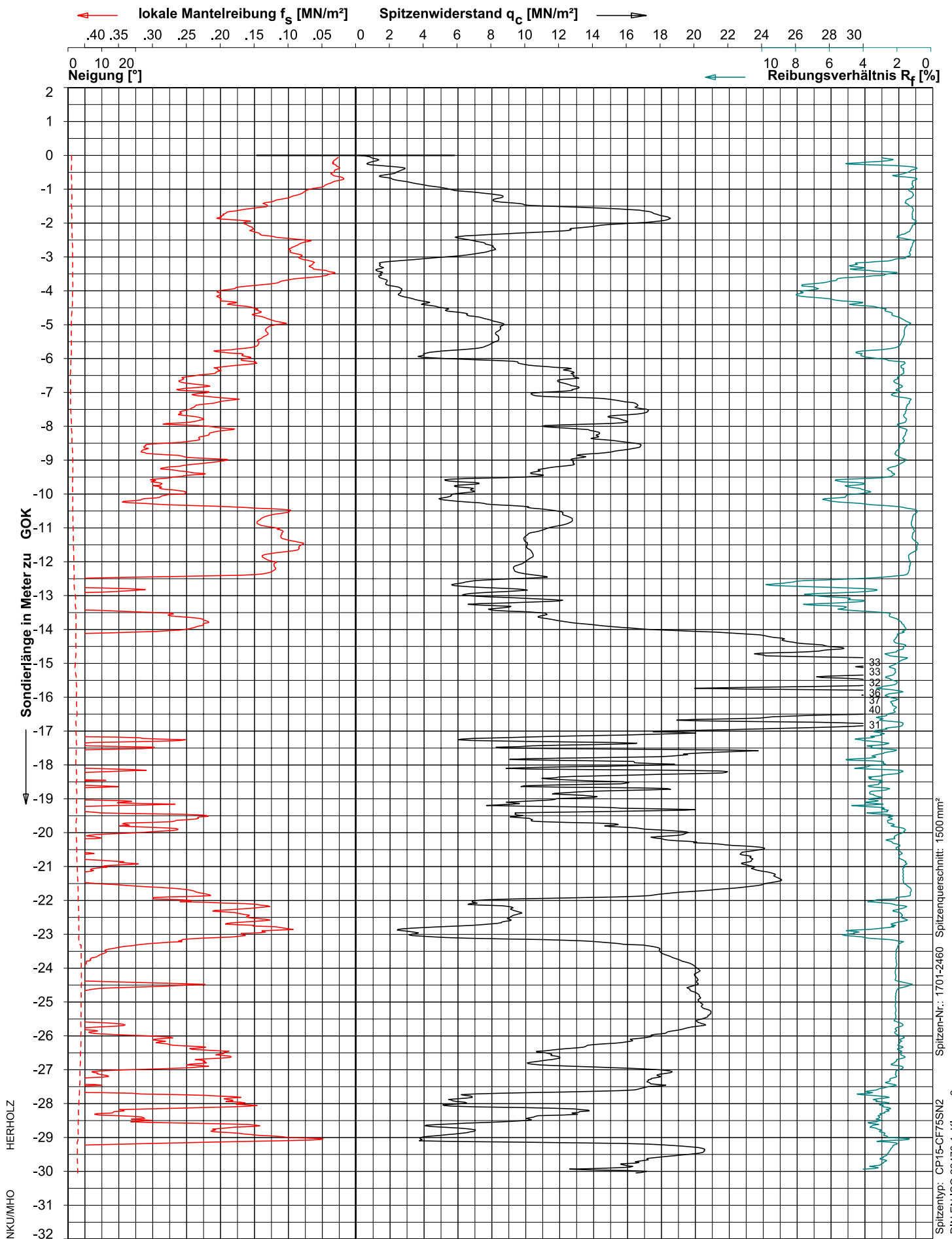
**Fugro Consult GmbH**  
 Abteilung GeoTechnologies  
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal  
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

DIN ISO 9001

Datum : 30-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -30,05 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L

Sondierung : WEA-3S-SO



Spitzentyp: CP15-CF75SN2  
 Spitzen-Nr.: 1701-2460  
 Spitzentransverschnitt: 1500 mm²  
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

**ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG**

Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
 Windpark Wapeldorf - Heubuelt



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

DIN ISO 9001

Datum : 30-Jun-2016  
 Sondierende : Vorgabe  
 Gelände : 0,00 m zu GOK  
 Endteufe : -30,05 m zu GOK

Projekt: 620-16-0425-L  
 Sondierung : WEA-3S-SW

NKU/MHO  
 HERHOLZ





ANLAGE 4  
Wassergehalte, DIN 18121











ANLAGE 5.1-5.2  
Körnungslinien, DIN 18123



Ingenieurgeologie Dr. Lübbe

Füchteler Straße 29

49377 Vechta

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

Bearbeiter: Müller

Datum: 21.07.2016

# Körnungslinie

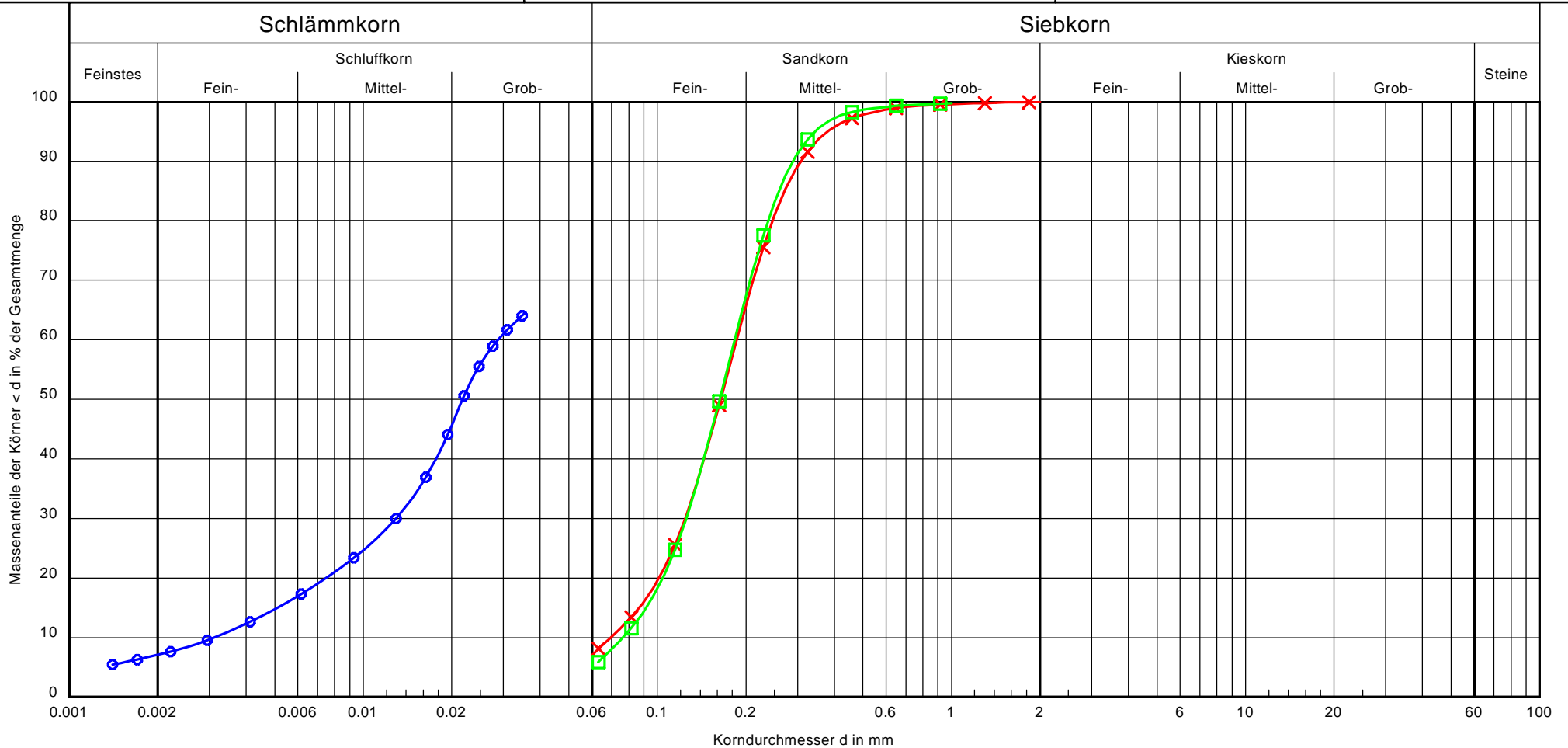
WP Wapeldorf-Heubült, Nord

Prüfungsnummer: 1075-16-1

Probe entnommen am: 20.06.2016

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: DIN 18123, nass, Sediment



Bezeichnung:				Bemerkungen:	Bericht: 1075-16-1 Anlage: 5.1
Bodenart:	U, r, fs	fS, mS, u'	fS, mS, u'		
Tiefe:	4,00-4,80 m	5,90-6,40 m	9,40-10,00 m		
U/Cc	9.2/1.9	2.7/1.2	2.4/1.1		
Entnahmestelle:	WEA 1 Nord, B3	WEA 1 Nord, B5	WEA 1 Nord, B8		
kf (Hazen)	$1.1 \cdot 10^{-7}$	$5.6 \cdot 10^{-5}$	$6.8 \cdot 10^{-5}$		
T/U/S/G [%]:	7.1/92.9/ - / -	- /8.2/91.8/ -	- /5.9/94.1/ -		



Ingenieurgeologie Dr. Lübbe

Füchteler Straße 29

49377 Vechta

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

Bearbeiter: Müller

Datum: 21.07.2016

# Körnungslinie

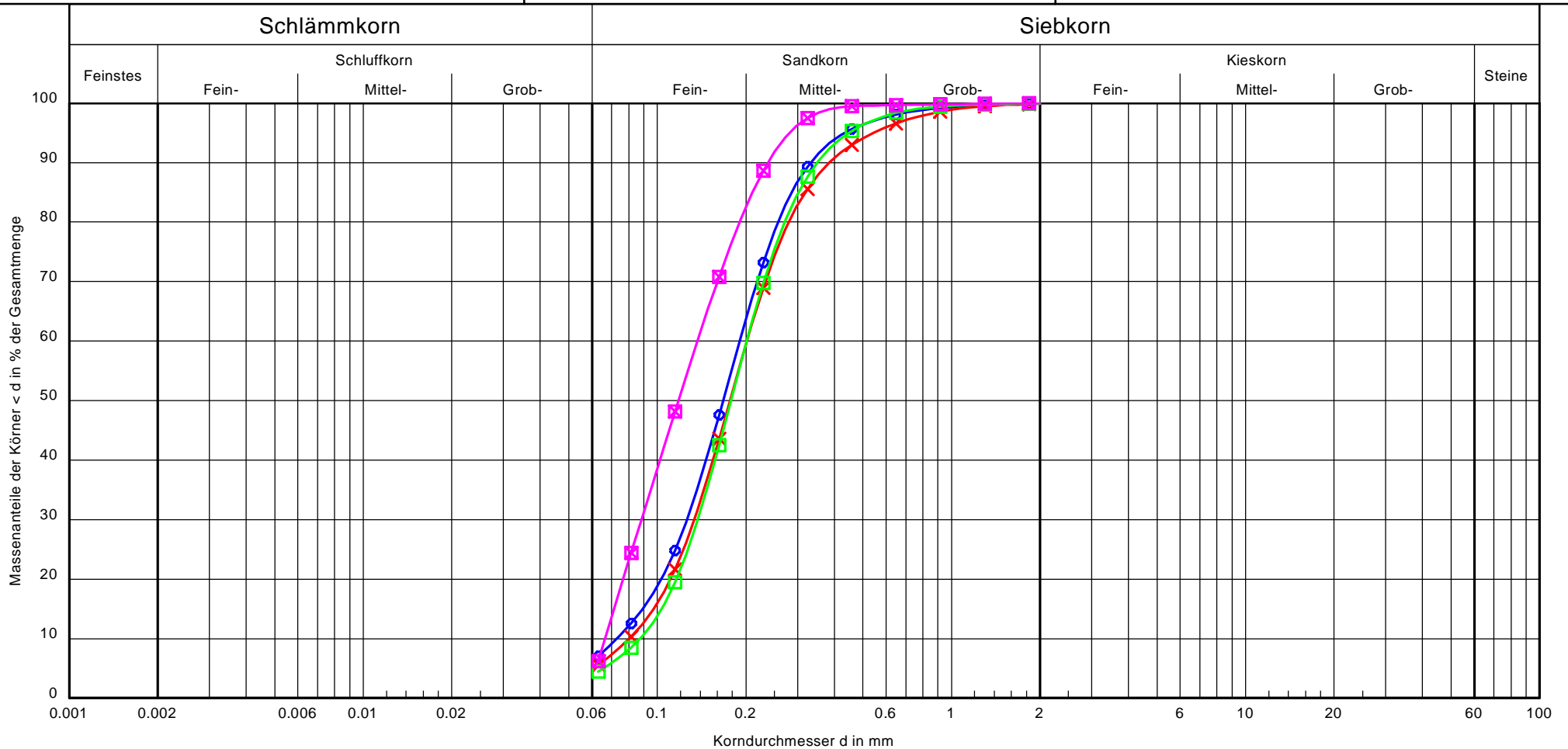
WP Wapeldorf-Heubült, Süd

Prüfungsnummer: 1075-16-1

Probe entnommen am: 20.06.2016

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: DIN 18123, nass



Bezeichnung:				
Bodenart:	fS, mS, u'	fS, mS, u'	fS, mS	fS, ms, u'
Tiefe:	3,50-4,60 m	4,60-6,00 m	5,00-7,40 m	8,40-12,00 m
U/Cc	2.6/1.1	2.5/1.1	2.3/1.1	2.1/0.9
Entnahmestelle:	WEA 1 Süd, B5	WEA 1 Süd, B6	WEA 2 Süd, B3	WEA 3 Süd, B12
kf (Hazen)	$6.2 \cdot 10^{-5}$	$7.5 \cdot 10^{-5}$	$8.8 \cdot 10^{-5}$	$5.1 \cdot 10^{-5}$
T/U/S/G [%]:	- /7.1/92.9/ -	- /5.5/94.5/ -	- /4.5/95.5/ -	- /6.2/93.8/ -

Bemerkungen:

Bericht: 1075-16-1  
 Anlage: 5.2



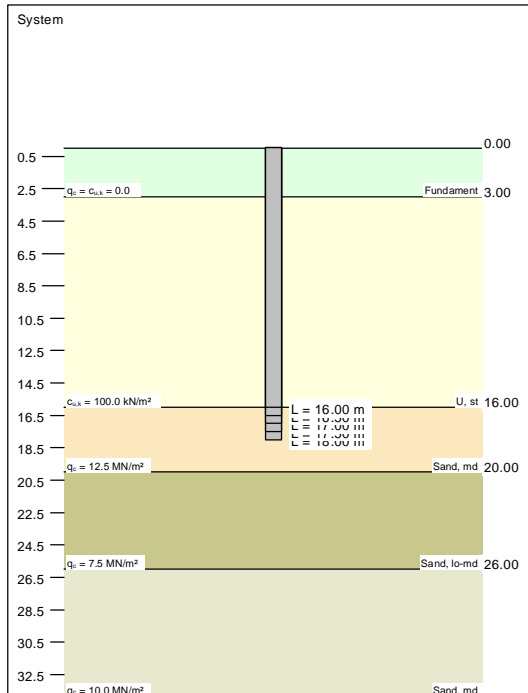


ANLAGE 6.1-6.15

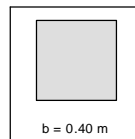
Nachweis äußere Pfahltragfähigkeit





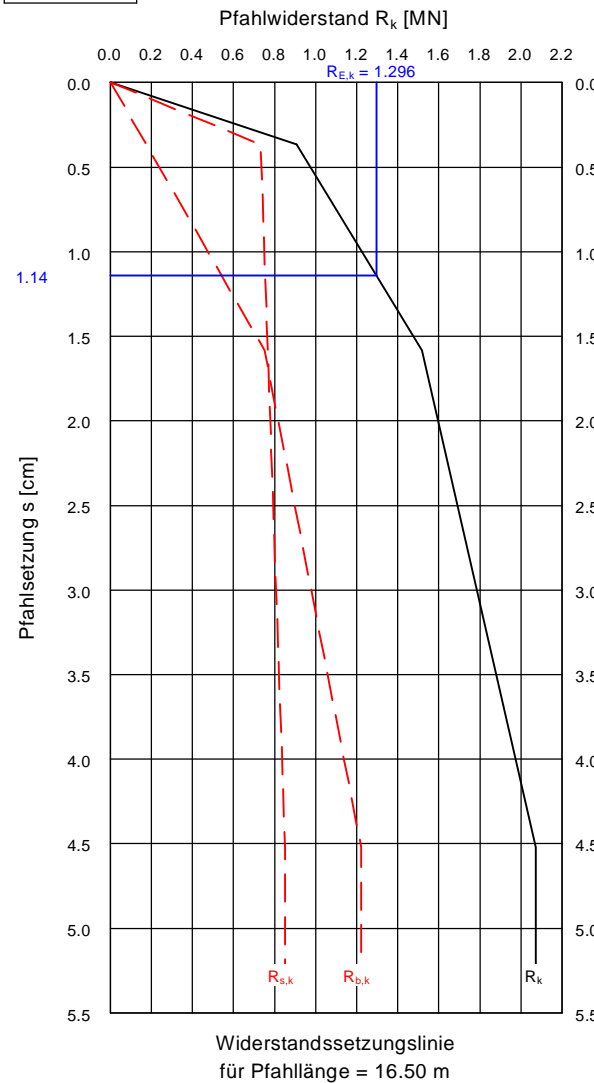


Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	0.0	100.0	0.400	0.675	0.0328	0.0375	U, st
	12.5	0.0	4.700	7.633	0.0633	0.0900	Sand, md
	7.5	0.0	3.600	5.100	0.0350	0.0500	Sand, lo-md
	10.0	0.0	4.150	6.367	0.0492	0.0700	Sand, md



Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 1 Nord  
 Fertigrampfpfahl  
 Stahlbeton und Spannbeton  
 Verhältniswert (min, max) = 0.50  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5$  MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60$  kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 Pfahlbreite = 0.400 m  
 $\gamma_P = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$

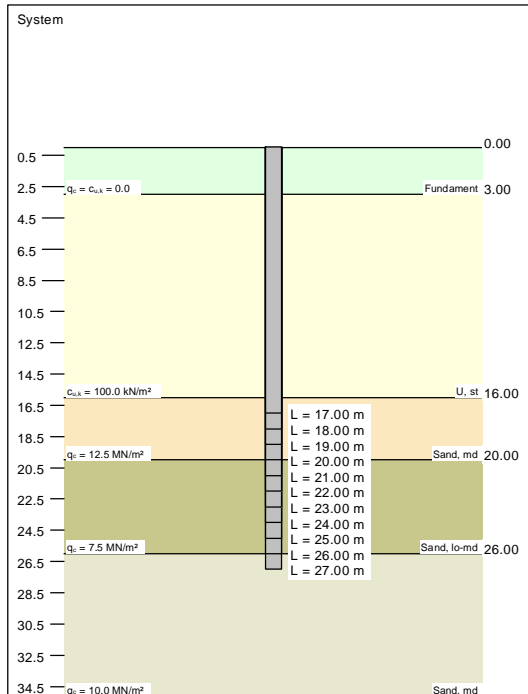
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$



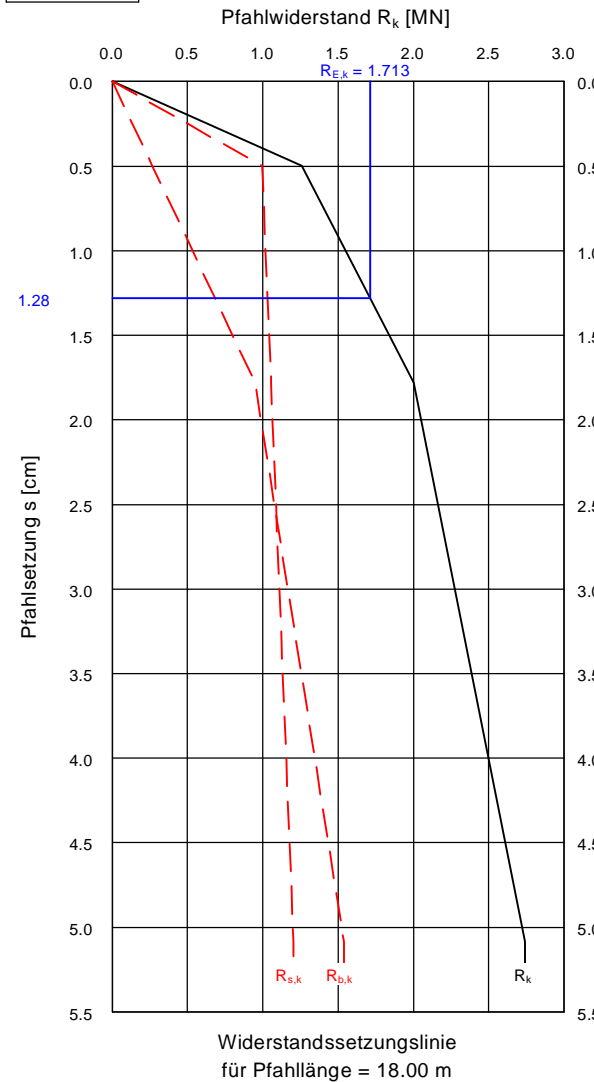
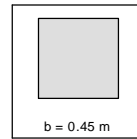
b [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.400	16.00	Bindige und nichtbindige Böden im Einflussbereich des Spitzendrucks				
0.400	16.50	2.073	1.296	1.296	1.296	1.14
0.400	17.00	2.145	1.341	1.341	1.341	1.12
0.400	17.50	2.217	1.386	1.386	1.386	1.10
0.400	18.00	2.289	1.431	1.431	1.431	1.09

$zul V = R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.60$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$ ]

Widerstandssetzungslinie  
für Pfahlänge = 16.50 m



Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{sd(eg^*),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	0.0	100.0	0.400	0.675	0.0328	0.0375	U, st
	12.5	0.0	4.700	7.633	0.0633	0.0900	Sand, md
	7.5	0.0	3.600	5.100	0.0350	0.0500	Sand, lo-md
	10.0	0.0	4.150	6.367	0.0492	0.0700	Sand, md

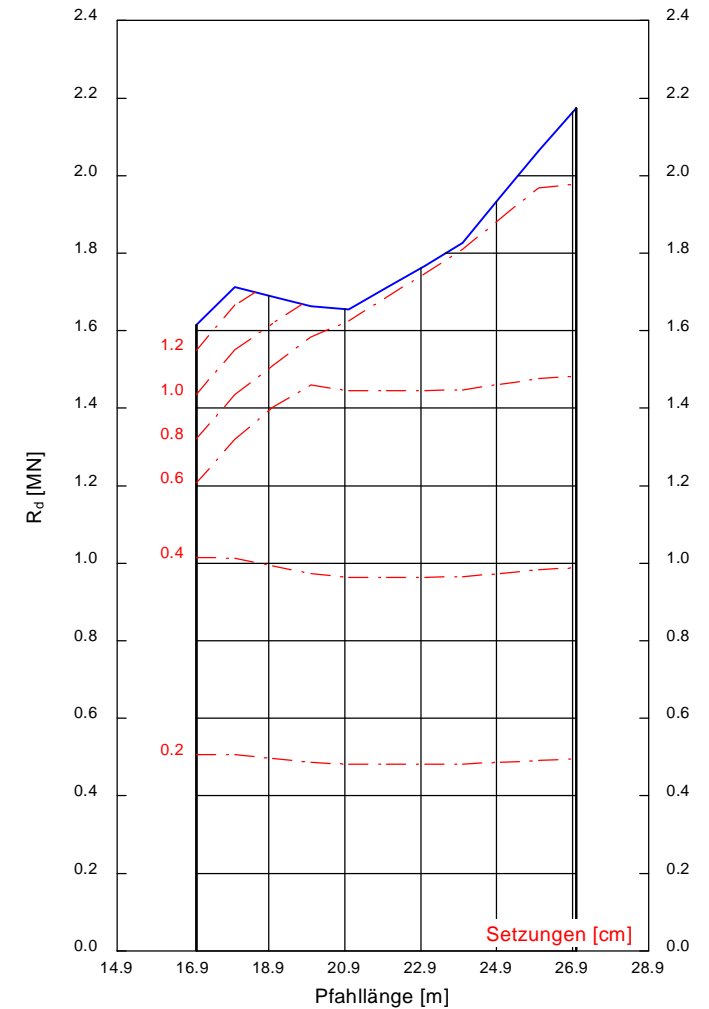


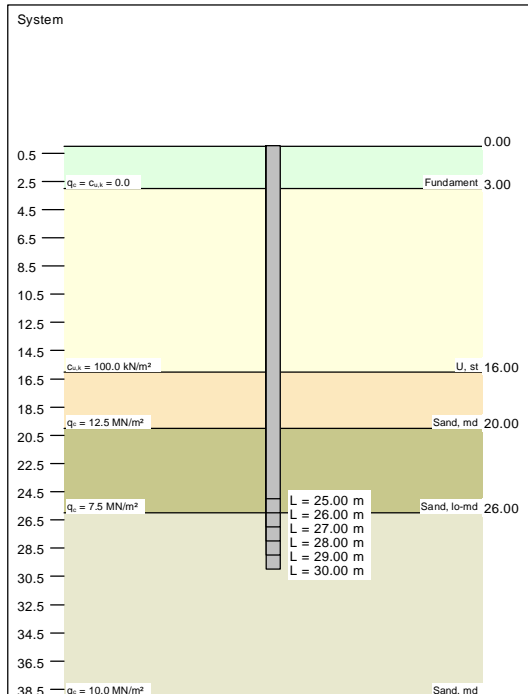
b [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.450	17.00	2.585	1.616	1.616	1.616	1.32
0.450	18.00	2.740	1.713	1.713	1.713	1.28
0.450	19.00	2.701	1.688	1.688	1.688	1.13
0.450	20.00	2.661	1.663	1.663	1.663	0.96
0.450	21.00	2.648	1.655	1.655	1.655	0.86
0.450	22.00	2.738	1.711	1.711	1.711	0.85
0.450	23.00	2.828	1.768	1.768	1.768	0.84
0.450	24.00	2.922	1.826	1.826	1.826	0.83
0.450	25.00	3.113	1.945	1.945	1.945	0.90
0.450	26.00	3.303	2.065	2.065	2.065	0.97
0.450	27.00	3.481	2.175	2.175	2.175	0.99

$zul V = R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.600 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.000]$

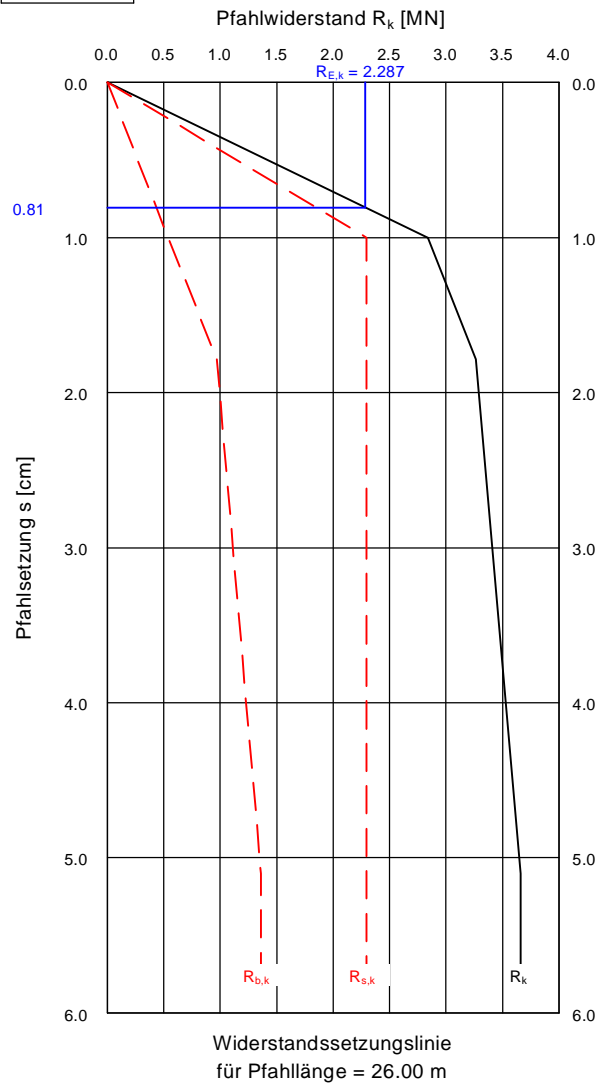
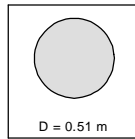
Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 1 Nord  
 Fertigrammpfahl  
 Stahlbeton und Spannbeton  
 Verhältniswert (min, max) = 0.50  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5 \text{ MN/m}^2$  aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60 \text{ kN/m}^2$  deaktiviert  
 Pfahlbreite = 0.450 m  
 $\gamma_P = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$

Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$   
 —  $R_d$   
 - - - - - Setzung





Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg^*),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	0.0	100.0	0.000	0.000	0.0468	0.0468	U. st
	12.5	0.0	5.350	8.217	0.1071	0.1071	Sand, md
	7.5	0.0	4.300	5.550	0.0663	0.0663	Sand, lo-md
	10.0	0.0	4.825	6.883	0.0867	0.0867	Sand, md

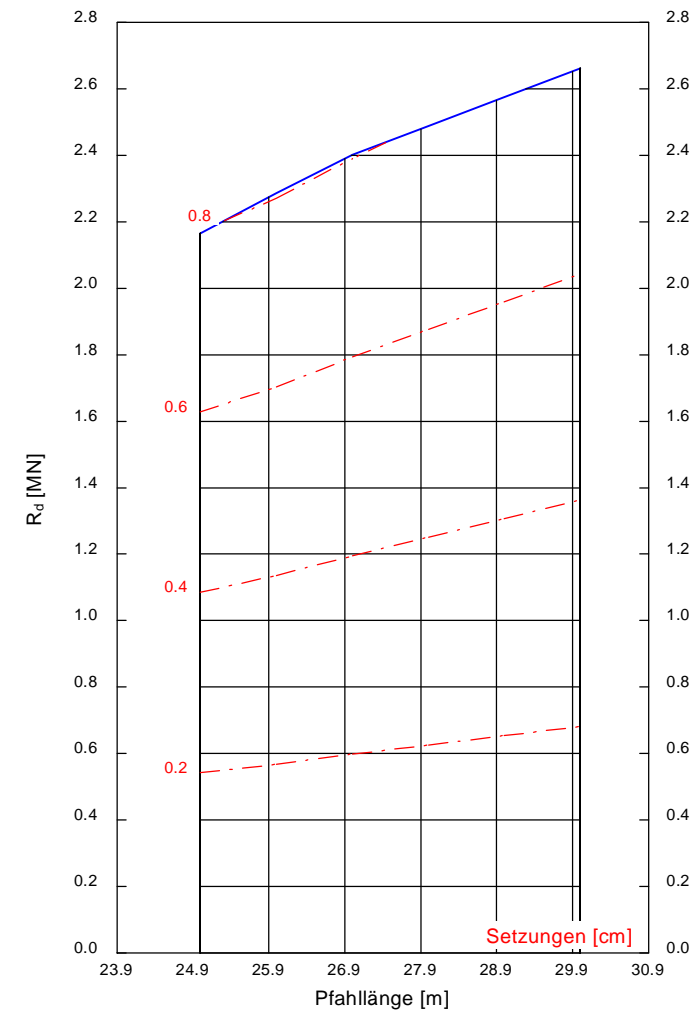


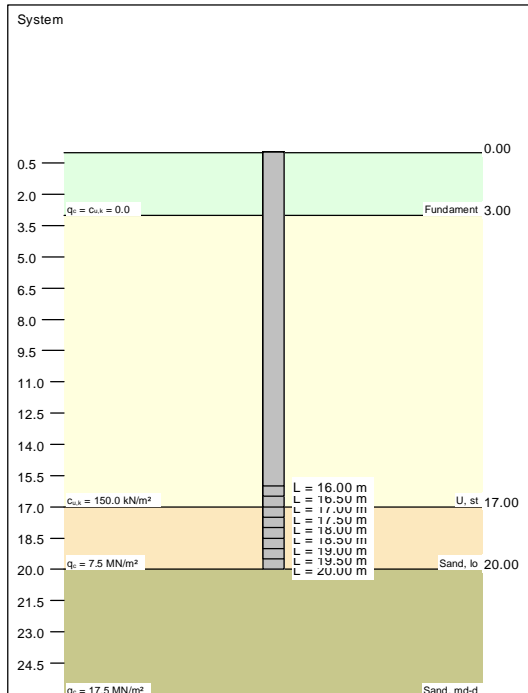
D [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.510	25.00	3.464	2.165	2.165	2.165	0.80
0.510	26.00	3.659	2.287	2.287	2.287	0.81
0.510	27.00	3.843	2.402	2.402	2.402	0.80
0.510	28.00	3.982	2.489	2.489	2.489	0.80
0.510	29.00	4.121	2.575	2.575	2.575	0.79
0.510	30.00	4.260	2.662	2.662	2.662	0.78

$zul V = R_{E,k} = R_k / (\gamma_p \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.60$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$ ]

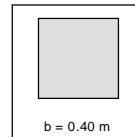
Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 1 Nord  
 Simplexpfahl  
 Verhältniswert (min, max) = 0.75  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5$  MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60$  kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 Pfahldurchmesser = 0.510 m  
 $\gamma_p = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_G + (1 - 0.500) \cdot \gamma_Q$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$



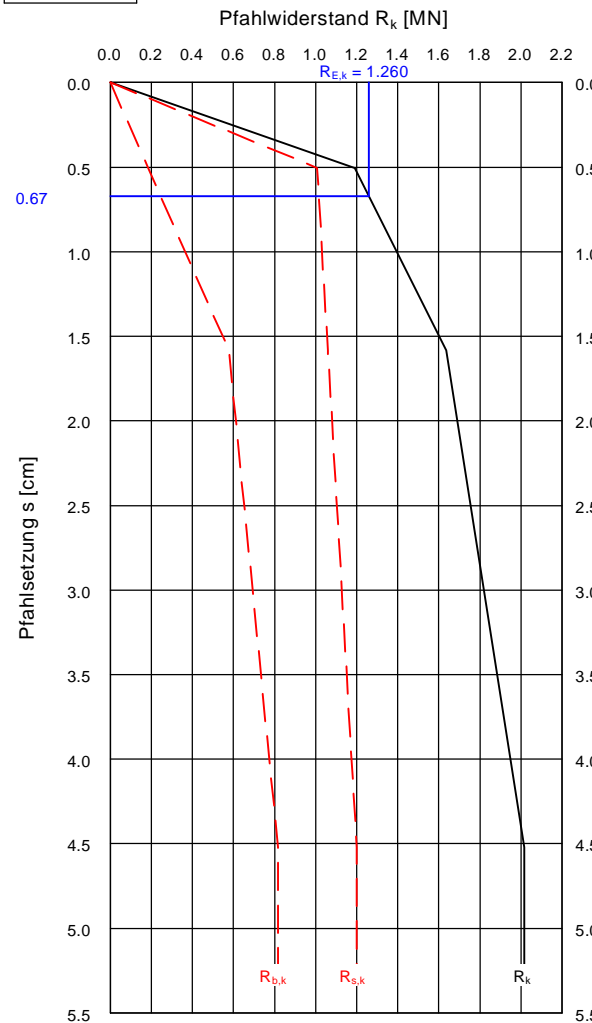


Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	0.0	150.0	0.625	0.975	0.0425	0.0500	U, st
	7.5	0.0	3.600	5.100	0.0350	0.0500	Sand, lo
	17.5	0.0	5.438	9.206	0.0838	0.1181	Sand, md-d



Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 2 Nord  
 Fertigrampfpfahl  
 Stahlbeton und Spannbeton  
 Verhältniswert (min, max) = 0.50  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5$  MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60$  kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 Pfahlbreite = 0.400 m  
 $\gamma_P = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$

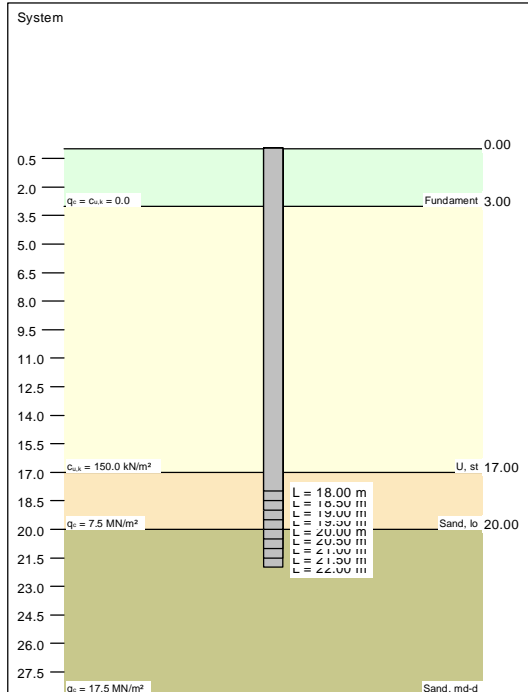
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$



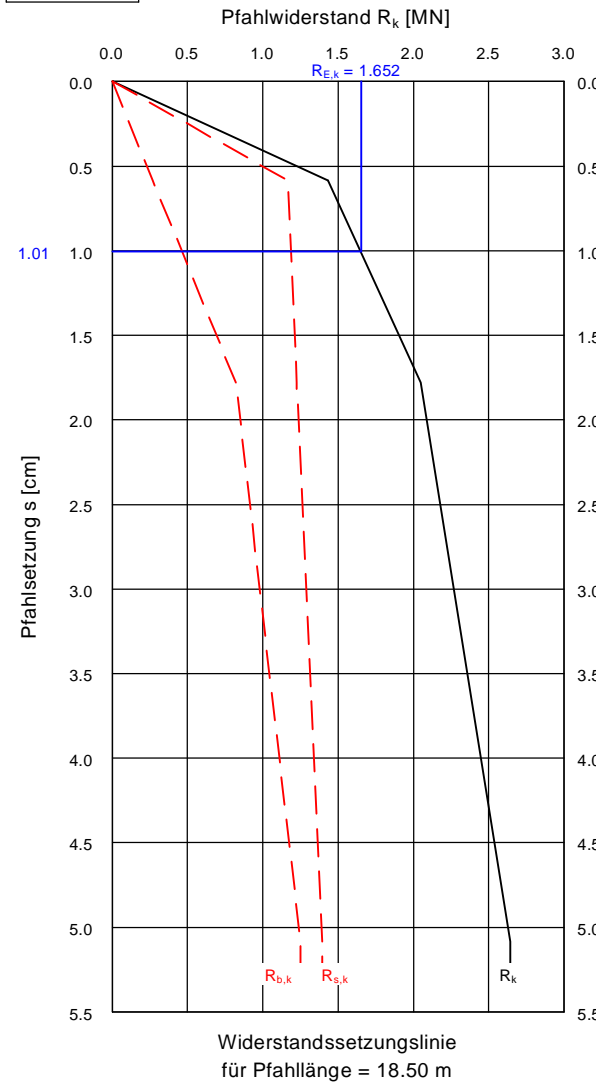
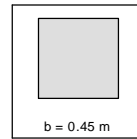
b [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.400	16.00	Bindige und nichtbindige Böden im Einflussbereich des Spitzendrucks				
0.400	16.50	Bindige und nichtbindige Böden im Einflussbereich des Spitzendrucks				
0.400	17.00	Bindige und nichtbindige Böden im Einflussbereich des Spitzendrucks				
0.400	17.50	1.976	1.235	1.235	1.235	0.68
0.400	18.00	2.016	1.260	1.260	1.260	0.67
0.400	18.50	2.166	1.354	1.354	1.354	0.77
0.400	19.00	2.386	1.491	1.491	1.491	0.92
0.400	19.50	2.605	1.628	1.628	1.628	1.03
0.400	20.00	2.794	1.746	1.746	1.746	1.11

zul V =  $R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.60$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$ ]

Widerstandssetzungslinie  
für Pfahlänge = 18.00 m



Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s(eg^*),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	0.0	150.0	0.625	0.975	0.0425	0.0500	U, st
	7.5	0.0	3.600	5.100	0.0350	0.0500	Sand, lo
	17.5	0.0	5.438	9.206	0.0838	0.1181	Sand, md-d



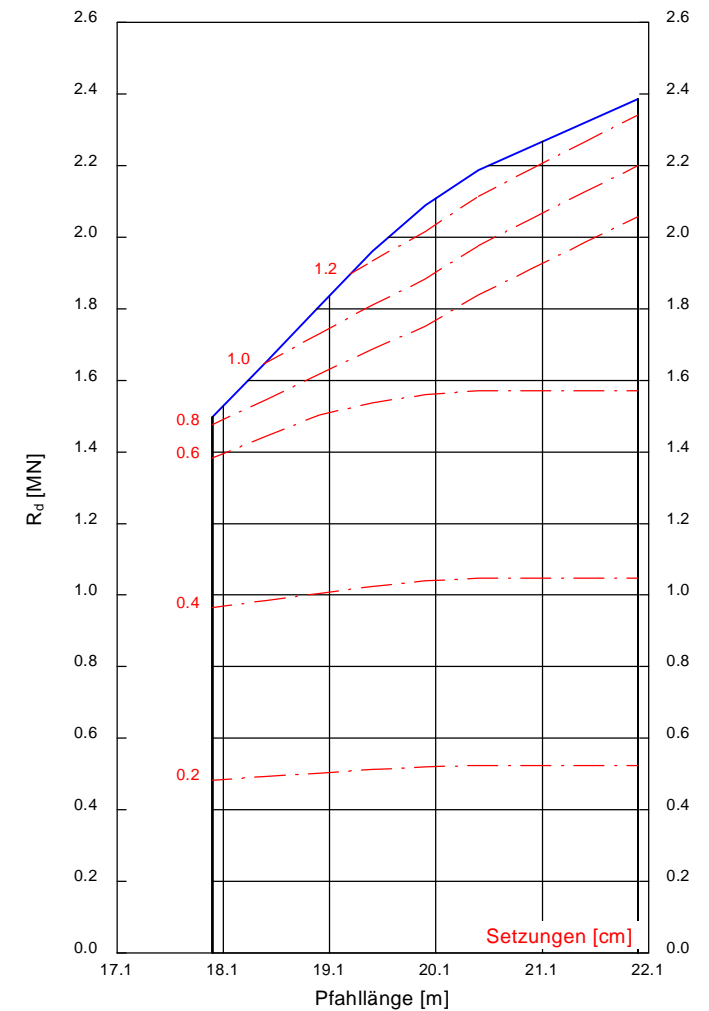
b [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.450	18.00	2.396	1.498	1.498	1.498	0.85
0.450	18.50	2.643	1.652	1.652	1.652	1.01
0.450	19.00	2.890	1.806	1.806	1.806	1.13
0.450	19.50	3.137	1.960	1.960	1.960	1.24
0.450	20.00	3.345	2.090	2.090	2.090	1.31
0.450	20.50	3.500	2.187	2.187	2.187	1.31
0.450	21.00	3.607	2.254	2.254	2.254	1.29
0.450	21.50	3.713	2.321	2.321	2.321	1.28
0.450	22.00	3.820	2.387	2.387	2.387	1.26

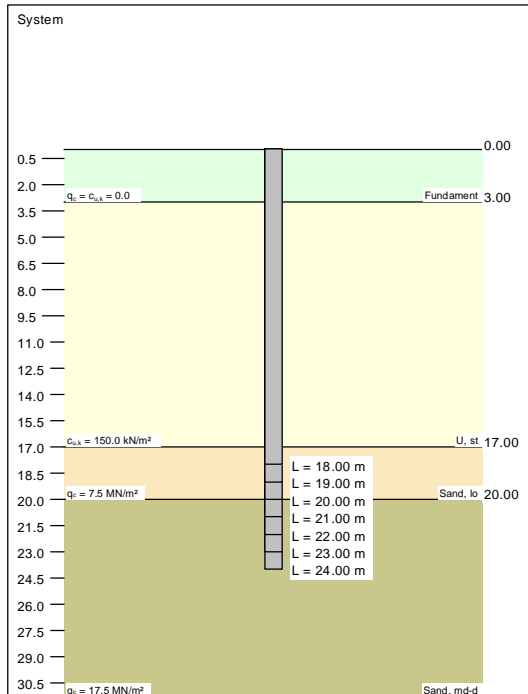
zul V =  $R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.60$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$ ]

Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 2 Nord  
 Fertiggrampfahl  
 Stahlbeton und Spannbeton  
 Verhältniswert (min, max) = 0.50  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5$  MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60$  kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 Pfahlbreite = 0.450 m  
 $\gamma_P = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$

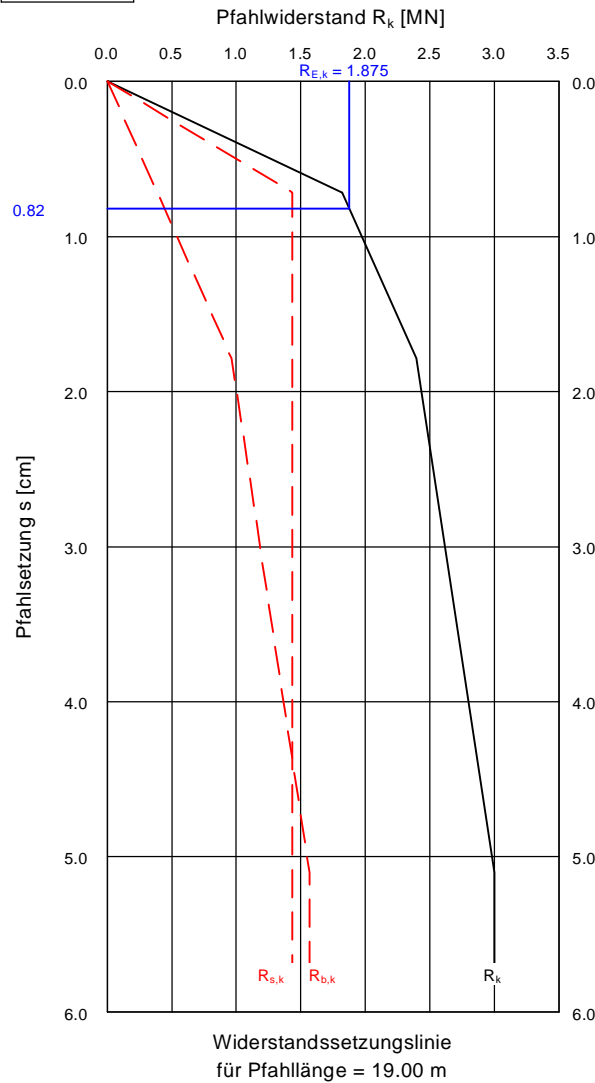
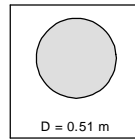
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$

$R_d$  (blue line)  
 Setzung (red dashed line)





Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	0.0	150.0	0.000	0.000	0.0550	0.0550	U, st
	7.5	0.0	3.600	5.100	0.0625	0.0625	Sand, lo
	17.5	0.0	5.438	9.206	0.1269	0.1269	Sand, md-d

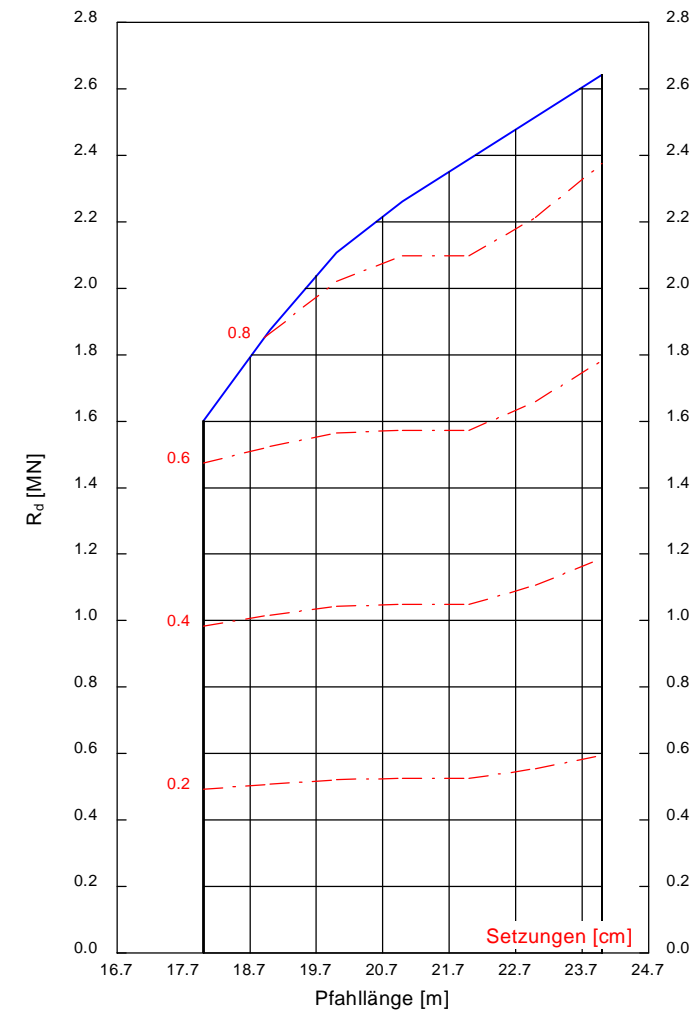


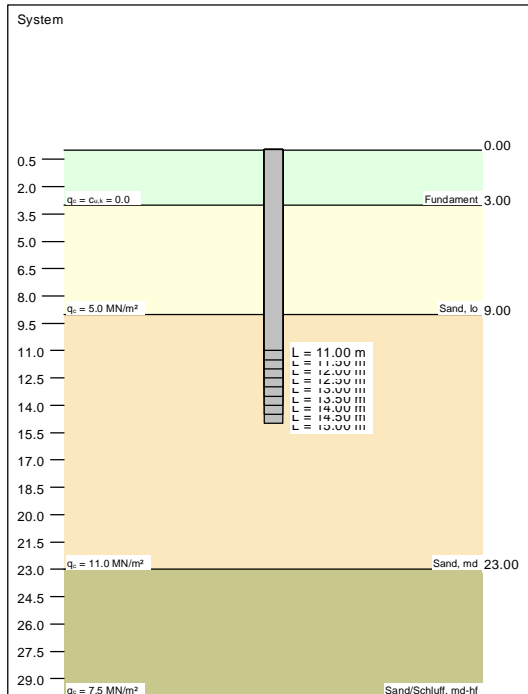
D [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.510	18.00	2.562	1.601	1.601	1.601	0.65
0.510	19.00	3.000	1.875	1.875	1.875	0.82
0.510	20.00	3.373	2.108	2.108	2.108	0.94
0.510	21.00	3.618	2.261	2.261	2.261	0.86
0.510	22.00	3.821	2.388	2.388	2.388	0.91
0.510	23.00	4.025	2.515	2.515	2.515	0.91
0.510	24.00	4.228	2.642	2.642	2.642	0.89

$zul V = R_{E,k} = R_k / (\gamma_p \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.60$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$ ]

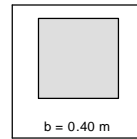
Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 2 Nord  
 Simplexpfahl  
 Verhältniswert (min, max) = 0.50  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5$  MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60$  kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 Pfahldurchmesser = 0.510 m  
 $\gamma_p = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$





Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg^*),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	5.0	0.0	0.000	0.000	0.0233	0.0333	Sand, lo
	11.0	0.0	4.370	6.873	0.0548	0.0780	Sand, md
	7.5	0.0	3.600	5.100	0.0350	0.0500	Sand/Schluff, md-hf

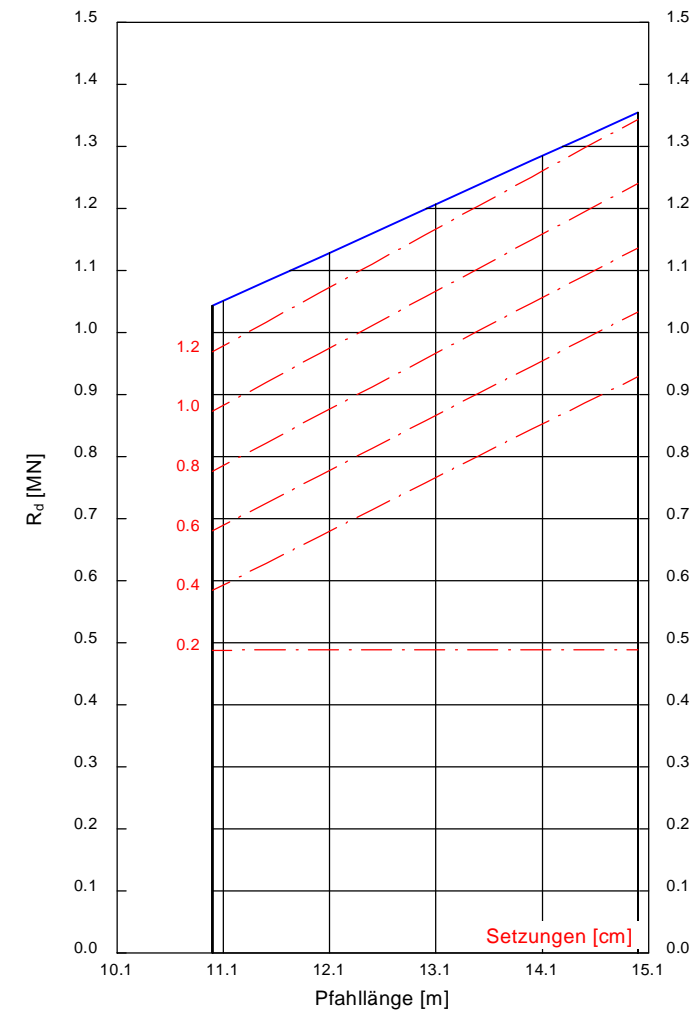
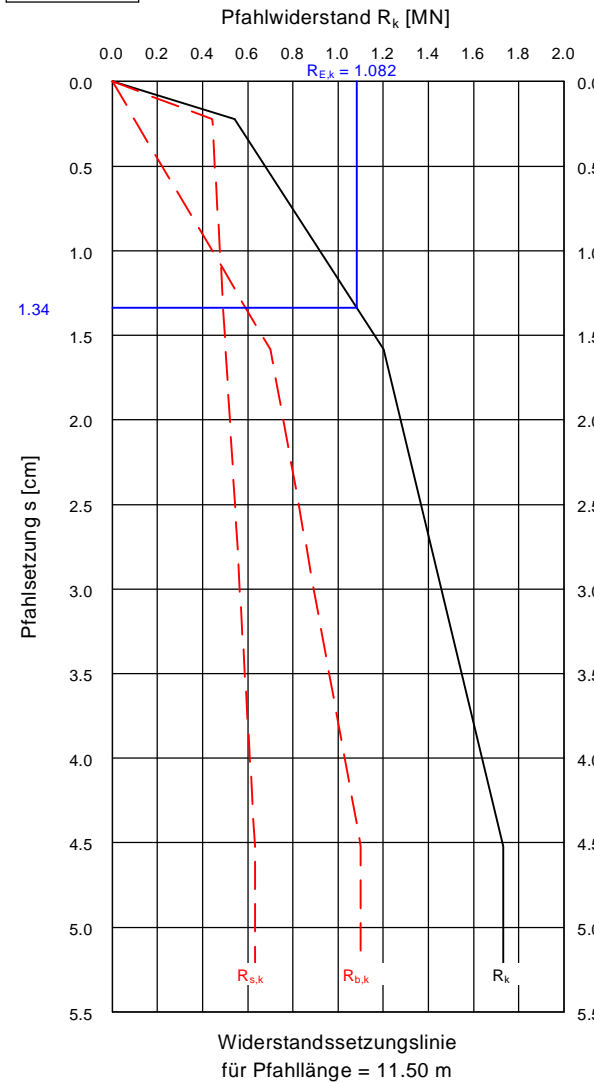


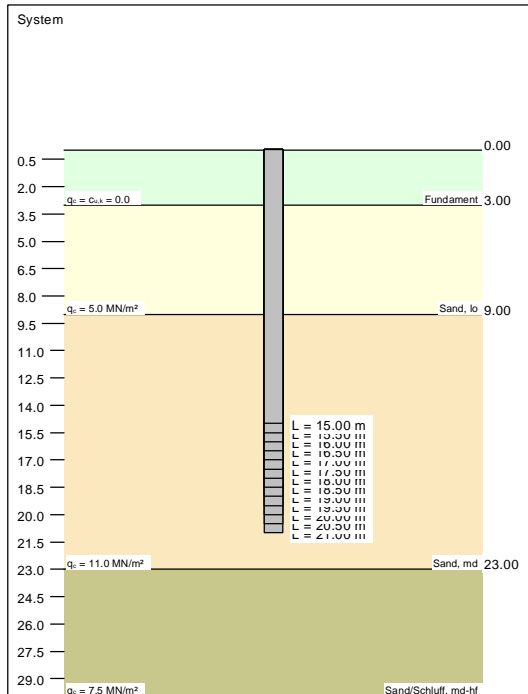
Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 1 Süd  
 Fertigrammpfahl  
 Stahlbeton und Spannbeton  
 Verhältniswert (min, max) = 0.50  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5$  MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60$  kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 Pfahlbreite = 0.400 m  
 $\gamma_P = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$

Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$   
 ———  $R_d$   
 - - - - -  $Setzung$

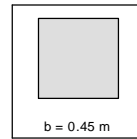
b [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.400	11.00	1.669	1.043	1.043	1.043	1.35
0.400	11.50	1.732	1.082	1.082	1.082	1.34
0.400	12.00	1.794	1.121	1.121	1.121	1.32
0.400	12.50	1.857	1.160	1.160	1.160	1.30
0.400	13.00	1.919	1.199	1.199	1.199	1.28
0.400	13.50	1.981	1.238	1.238	1.238	1.27
0.400	14.00	2.044	1.277	1.277	1.277	1.25
0.400	14.50	2.106	1.316	1.316	1.316	1.24
0.400	15.00	2.169	1.355	1.355	1.355	1.22

zul V =  $R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.60$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$ ]



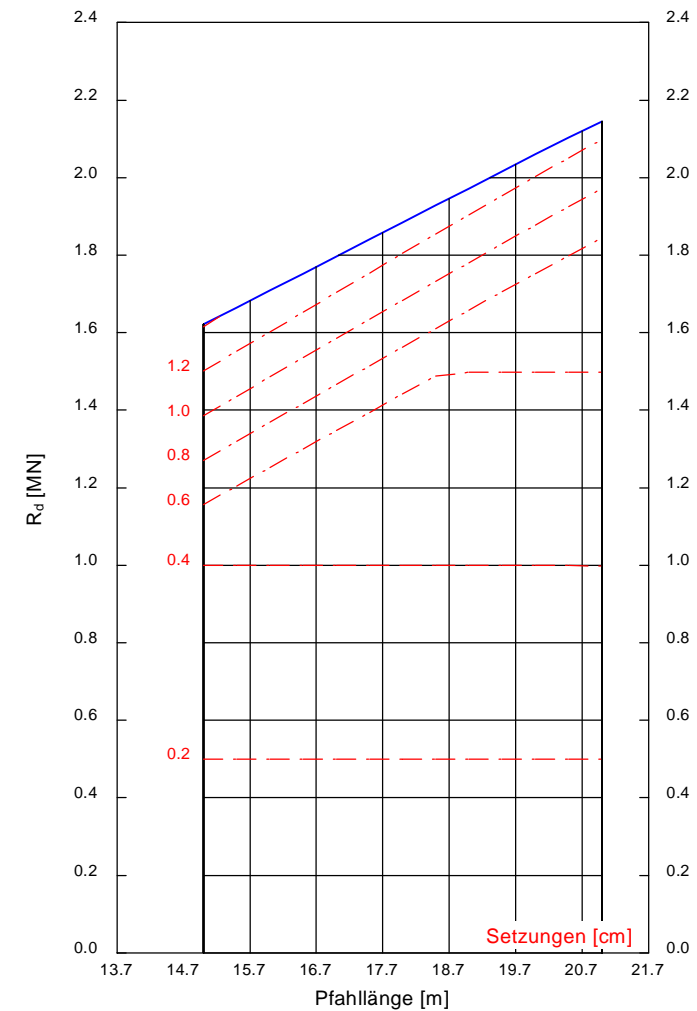
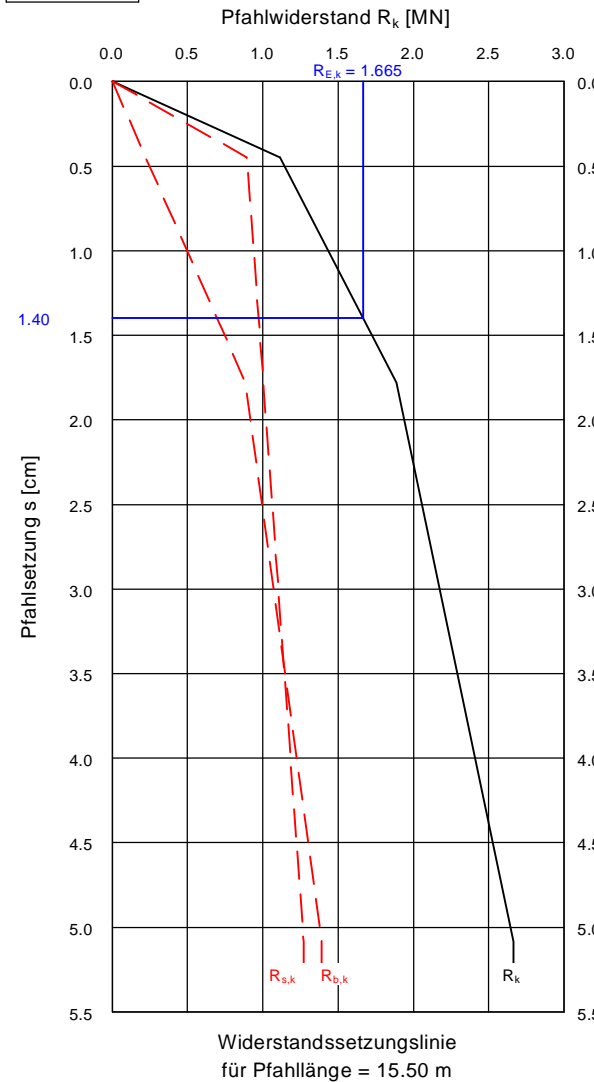


Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k,35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k,10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg^*),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	5.0	0.0	0.000	0.000	0.0233	0.0333	Sand, lo
	11.0	0.0	4.370	6.873	0.0548	0.0780	Sand, md
	7.5	0.0	3.600	5.100	0.0350	0.0500	Sand/Schluff, md-hf



Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 1 Süd  
 Fertigrammpfahl  
 Stahlbeton und Spannbeton  
 Verhältniswert (min, max) = 0.50  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5$  MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60$  kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 Pfahlbreite = 0.450 m  
 $\gamma_P = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$

Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_G + (1 - 0.500) \cdot \gamma_Q$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$   
 ———  $R_d$   
 - - - - -  $Setzung$

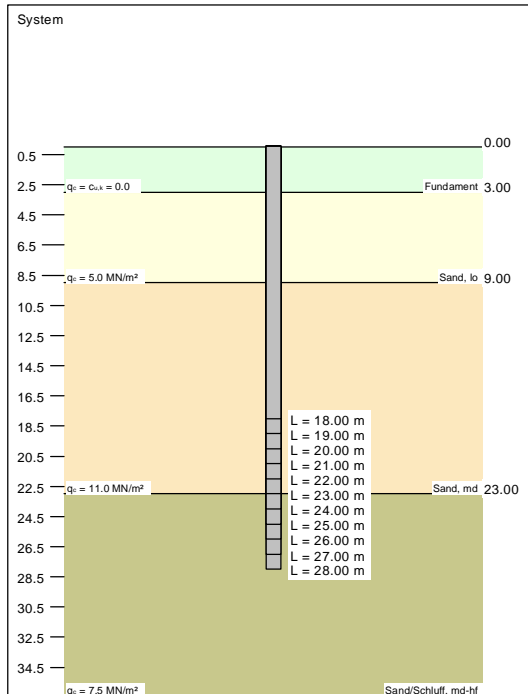


b [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.450	15.00	2.594	1.621	1.621	1.621	1.41
0.450	15.50	2.664	1.665	1.665	1.665	1.40
0.450	16.00	2.735	1.709	1.709	1.709	1.38
0.450	16.50	2.805	1.753	1.753	1.753	1.37
0.450	17.00	2.875	1.797	1.797	1.797	1.36
0.450	17.50	2.945	1.841	1.841	1.841	1.34
0.450	18.00	3.015	1.885	1.885	1.885	1.33
0.450	18.50	3.086	1.929	1.929	1.929	1.32
0.450	19.00	3.156	1.972	1.972	1.972	1.31
0.450	19.50	3.226	2.016	2.016	2.016	1.30
0.450	20.00	3.296	2.060	2.060	2.060	1.29
0.450	20.50	3.366	2.104	2.104	2.104	1.28
0.450	21.00	3.432	2.145	2.145	2.145	1.27

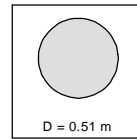
zul V =  $R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.60$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$ ]

Widerstandssetzungslinie  
für Pfahlänge = 15.50 m



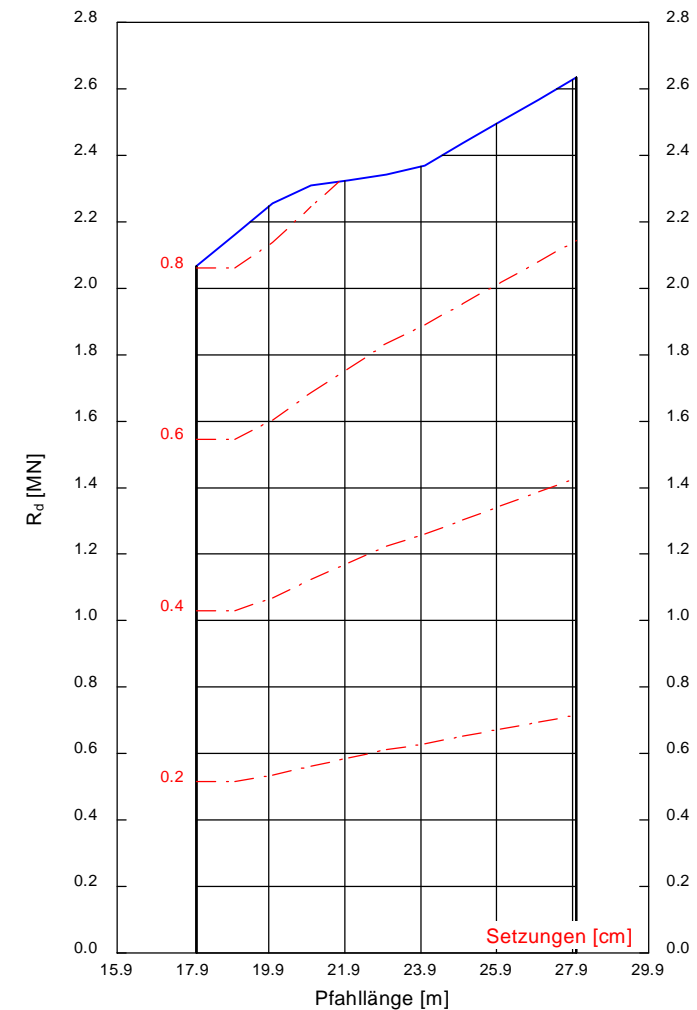
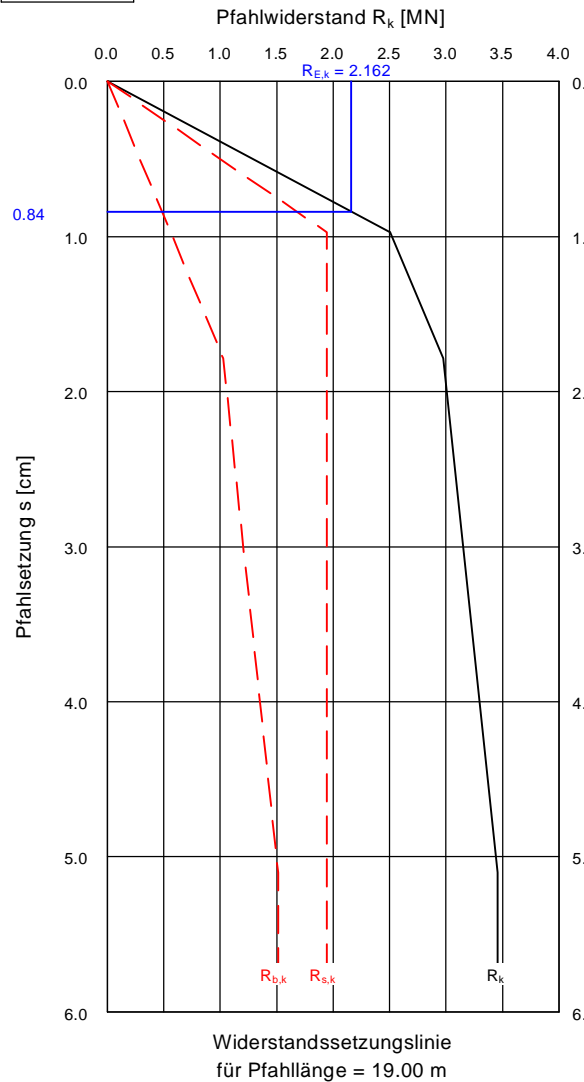


Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s(eg^*),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	5.0	0.0	0.000	0.000	0.0442	0.0442	Sand, lo
	11.0	0.0	5.035	7.417	0.0948	0.0948	Sand, md
	7.5	0.0	4.300	5.550	0.0663	0.0663	Sand/Schluff, md-hf



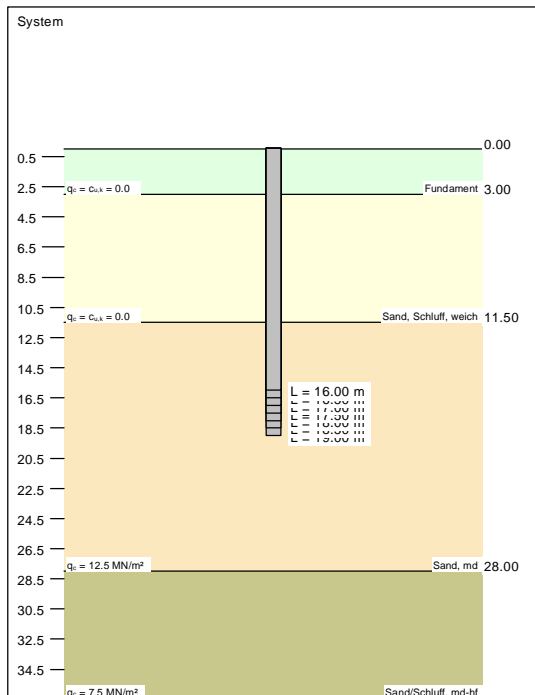
Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 1 Süd  
 Simplexpfahl  
 Verhältniswert (min, max) = 0.75  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5 \text{ MN/m}^2$  aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60 \text{ kN/m}^2$  deaktiviert  
 Pfahldurchmesser = 0.510 m  
 $\gamma_p = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$   
 ———  $R_d$   
 - - - - - **Setzung**

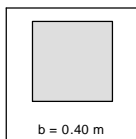


D [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.510	18.00	3.307	2.067	2.067	2.067	0.80
0.510	19.00	3.459	2.162	2.162	2.162	0.84
0.510	20.00	3.611	2.257	2.257	2.257	0.84
0.510	21.00	3.694	2.309	2.309	2.309	0.82
0.510	22.00	3.722	2.326	2.326	2.326	0.79
0.510	23.00	3.749	2.343	2.343	2.343	0.77
0.510	24.00	3.792	2.370	2.370	2.370	0.75
0.510	25.00	3.898	2.436	2.436	2.436	0.75
0.510	26.00	4.004	2.502	2.502	2.502	0.74
0.510	27.00	4.110	2.569	2.569	2.569	0.74
0.510	28.00	4.216	2.635	2.635	2.635	0.74

$zul V = R_{E,k} = R_k / (\gamma_p \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.60 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.000]$

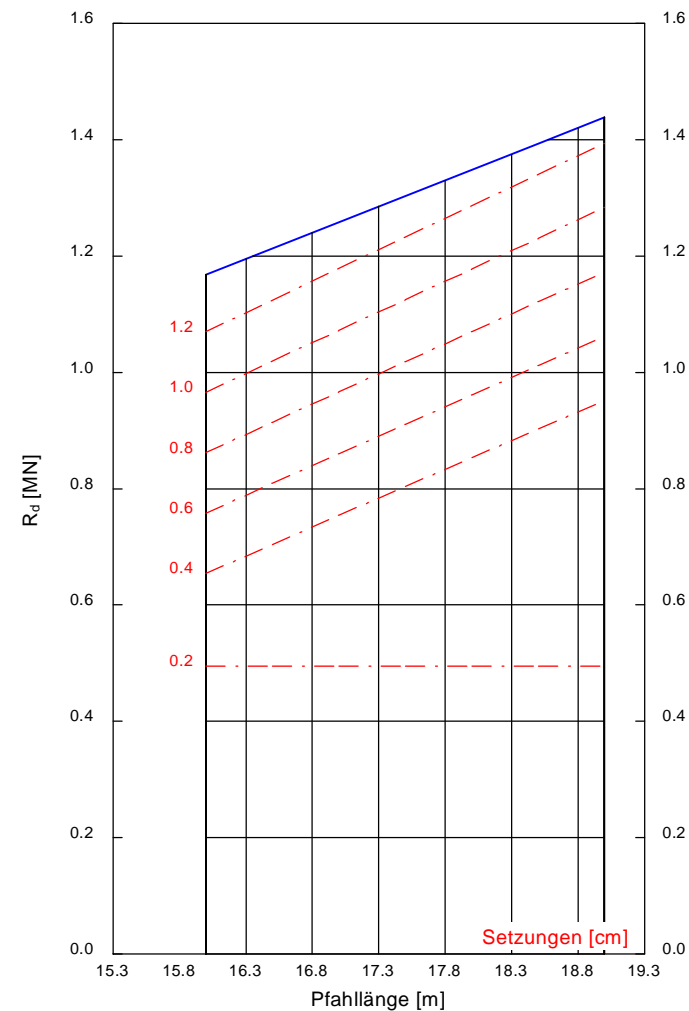
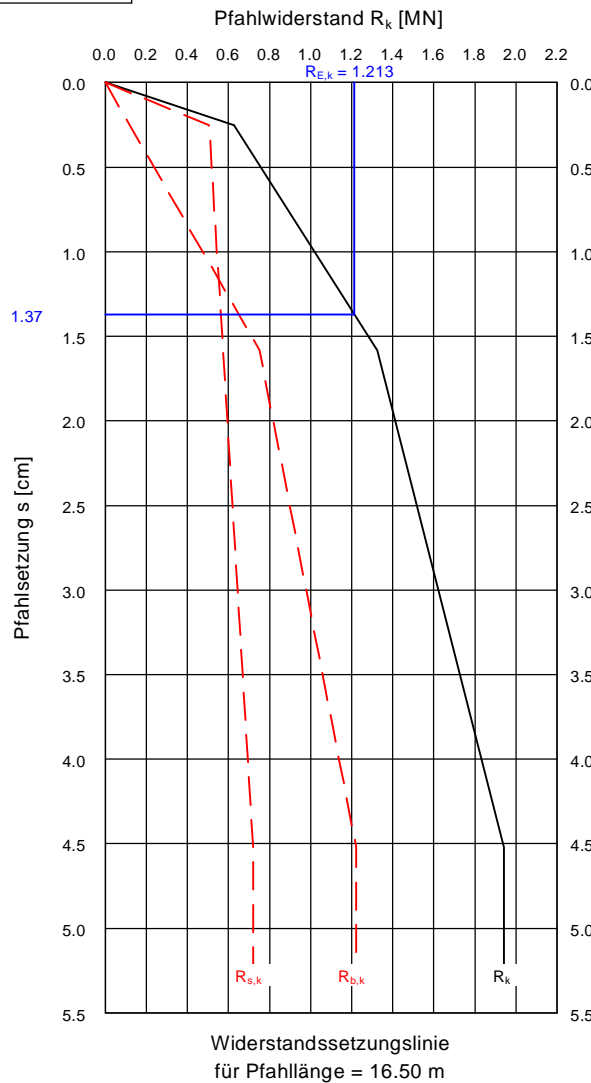


Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s(eg^*),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Sand, Schluff, weich
	12.5	0.0	4.700	7.633	0.0633	0.0900	Sand, md
	7.5	0.0	3.600	5.100	0.0350	0.0500	Sand/Schluff, md-hf



Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 2 Süd  
 Fertigrammpfahl  
 Stahlbeton und Spannbeton  
 Verhältniswert (min, max) = 0.50  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5$  MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60$  kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 Pfahlbreite = 0.400 m  
 $\gamma_P = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$

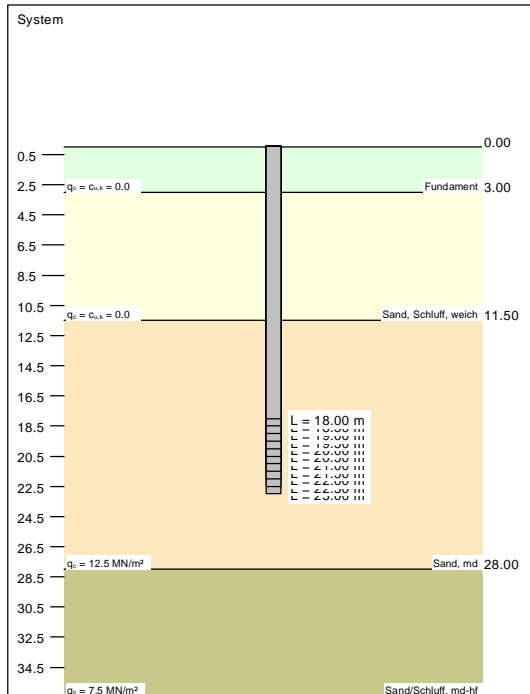
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$   
 ———  $R_d$   
 - - - - -  $Setzung$



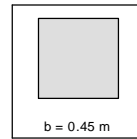
b [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.400	16.00	1.869	1.168	1.168	1.168	1.39
0.400	16.50	1.941	1.213	1.213	1.213	1.37
0.400	17.00	2.013	1.258	1.258	1.258	1.35
0.400	17.50	2.085	1.303	1.303	1.303	1.33
0.400	18.00	2.157	1.348	1.348	1.348	1.31
0.400	18.50	2.229	1.393	1.393	1.393	1.30
0.400	19.00	2.301	1.438	1.438	1.438	1.28

zul V =  $R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.60$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$ ]

Widerstandssetzungslinie  
für Pfahllänge = 16.50 m

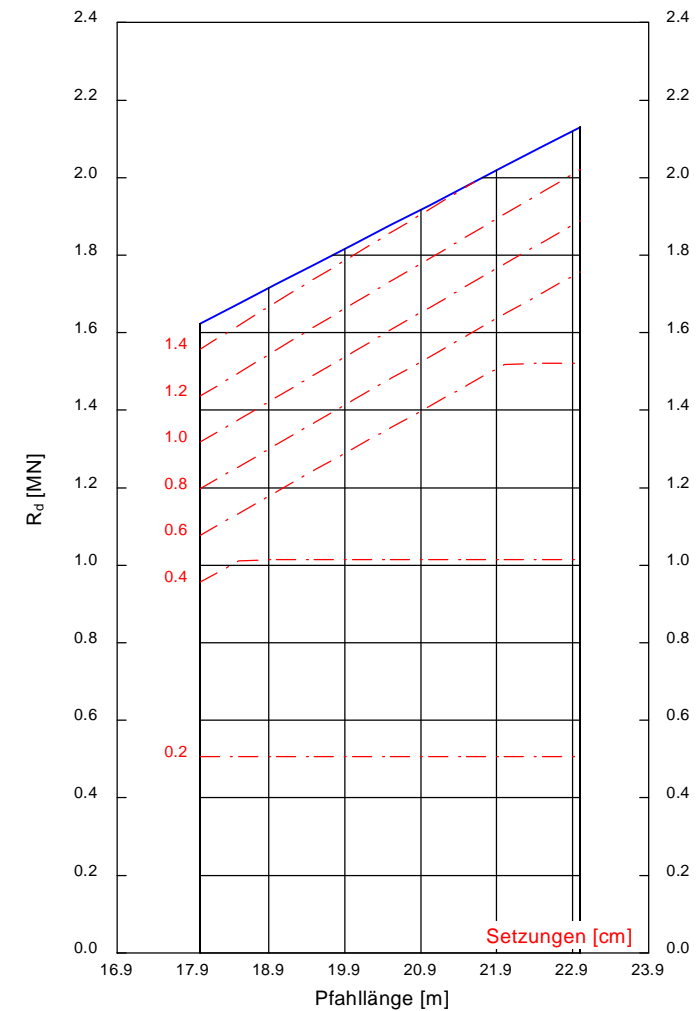
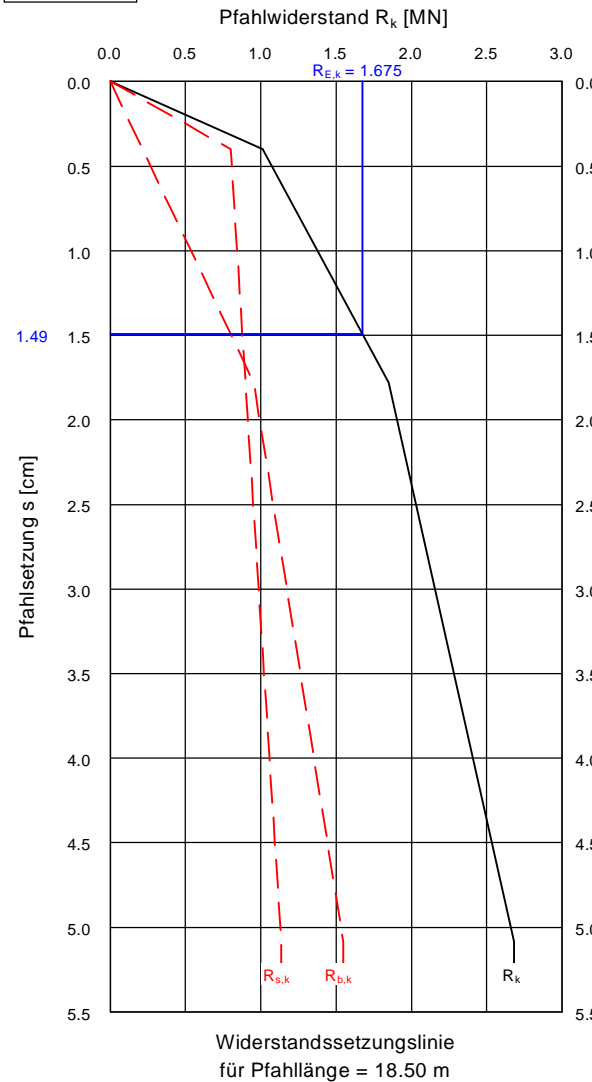


Boden	q <sub>c</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	c <sub>u,k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>b,k35</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>b,k10</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>d(eg<sup>*</sup>),k</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>d(eg),k</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Sand, Schluff, weich
	12.5	0.0	4.700	7.633	0.0633	0.0900	Sand, md
	7.5	0.0	3.600	5.100	0.0350	0.0500	Sand/Schluff, md-hf



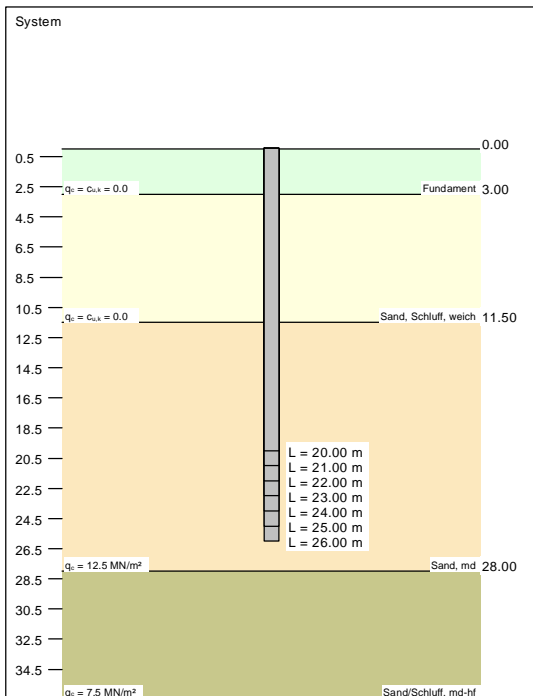
Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 2 Süd  
 Fertigrammpfahl  
 Stahlbeton und Spannbeton  
 Verhältniswert (min, max) = 0.50  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei q<sub>c</sub> < 7.5 MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei c<sub>u,k</sub> < 60 kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 Pfahlbreite = 0.450 m  
 γ<sub>P</sub> = 1.60  
 γ<sub>G</sub> = 1.00  
 γ<sub>Q</sub> = 1.00

Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 γ<sub>(G,Q)</sub> = 0.500 · γ<sub>Q</sub> + (1 - 0.500) · γ<sub>G</sub>  
 γ<sub>(G,Q)</sub> = 1.000  
 R<sub>d</sub> (blue line)  
 Setzung (red dashed line)

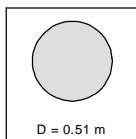


b [m]	Länge [m]	R <sub>k</sub> [MN]	R <sub>d</sub> [MN]	R <sub>E,k</sub> [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.450	18.00	2.599	1.624	1.624	1.624	1.51
0.450	18.50	2.680	1.675	1.675	1.675	1.49
0.450	19.00	2.761	1.725	1.725	1.725	1.48
0.450	19.50	2.842	1.776	1.776	1.776	1.46
0.450	20.00	2.923	1.827	1.827	1.827	1.44
0.450	20.50	3.004	1.877	1.877	1.877	1.43
0.450	21.00	3.085	1.928	1.928	1.928	1.42
0.450	21.50	3.166	1.979	1.979	1.979	1.40
0.450	22.00	3.247	2.029	2.029	2.029	1.39
0.450	22.50	3.328	2.080	2.080	2.080	1.38
0.450	23.00	3.409	2.130	2.130	2.130	1.37

zul V = R<sub>E,k</sub> = R<sub>k</sub> / (γ<sub>P</sub> · γ<sub>(G,Q)</sub>) = R<sub>k</sub> / (1.600 · 1.000) = R<sub>k</sub> / 1.60 [γ<sub>(G,Q)</sub> = 1.000]



Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s(eg^*),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Sand, Schluff, weich
	12.5	0.0	5.350	8.217	0.1071	0.1071	Sand, md
	7.5	0.0	4.300	5.550	0.0663	0.0663	Sand/Schluff, md-hf

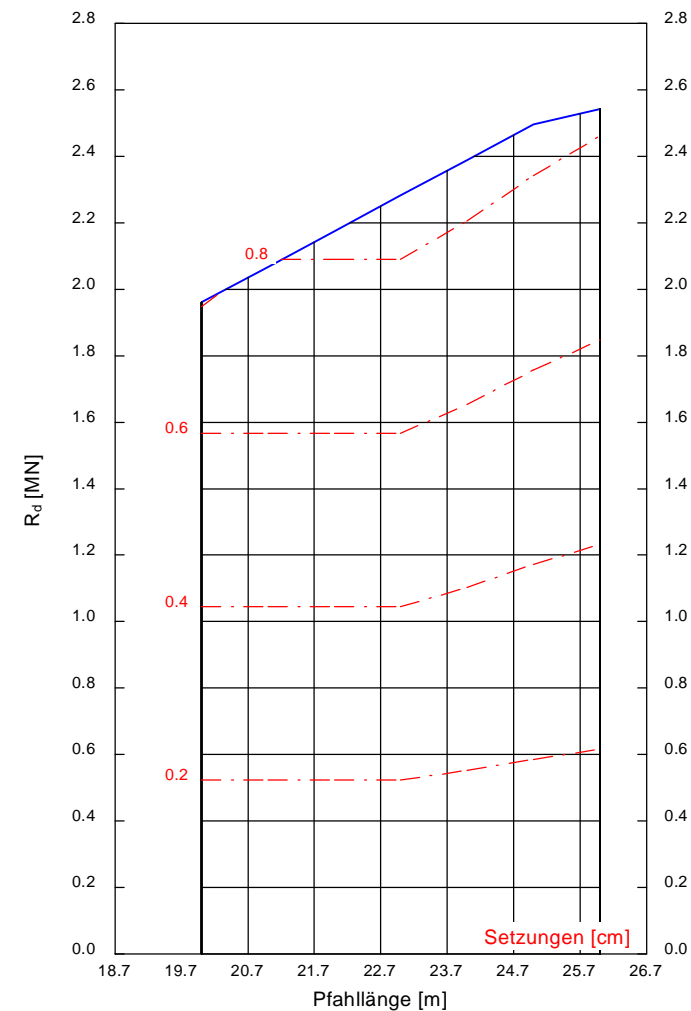
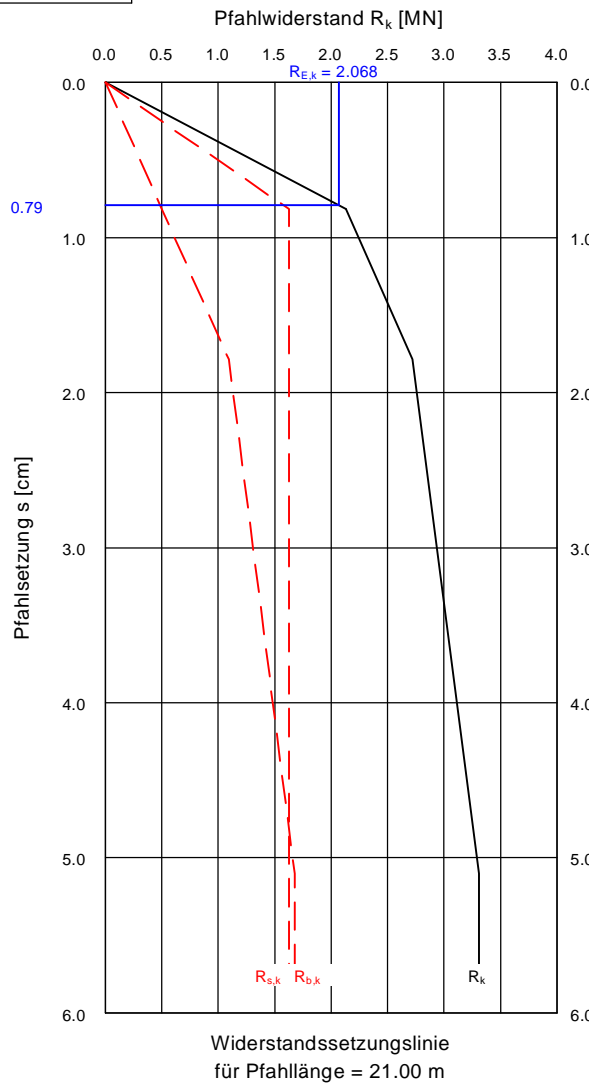


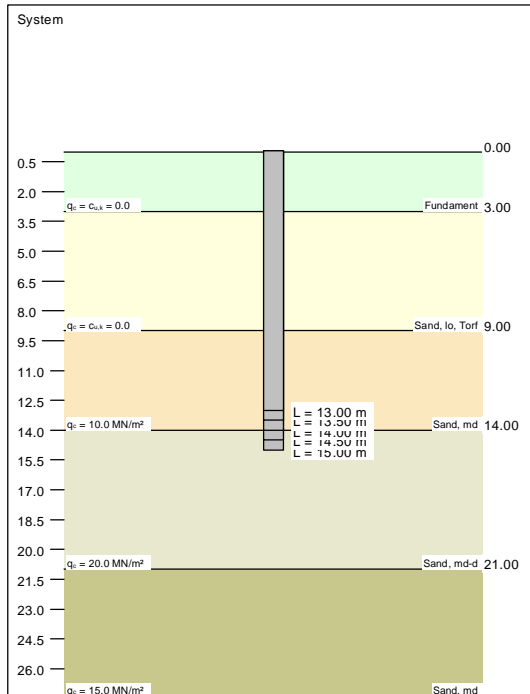
Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 2 Süd  
 Simplexpfahl  
 Verhältniswert (min, max) = 0.75  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5$  MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60$  kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 Pfahldurchmesser = 0.510 m  
 $\gamma_p = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$   
 ———  $R_d$   
 - - - - - **Setzung**

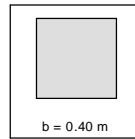
D [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.510	20.00	3.137	1.961	1.961	1.961	0.82
0.510	21.00	3.308	2.068	2.068	2.068	0.79
0.510	22.00	3.480	2.175	2.175	2.175	0.83
0.510	23.00	3.652	2.282	2.282	2.282	0.87
0.510	24.00	3.823	2.389	2.389	2.389	0.87
0.510	25.00	3.995	2.497	2.497	2.497	0.85
0.510	26.00	4.068	2.543	2.543	2.543	0.83

$zul V = R_{E,k} = R_k / (\gamma_p \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.60$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$ ]

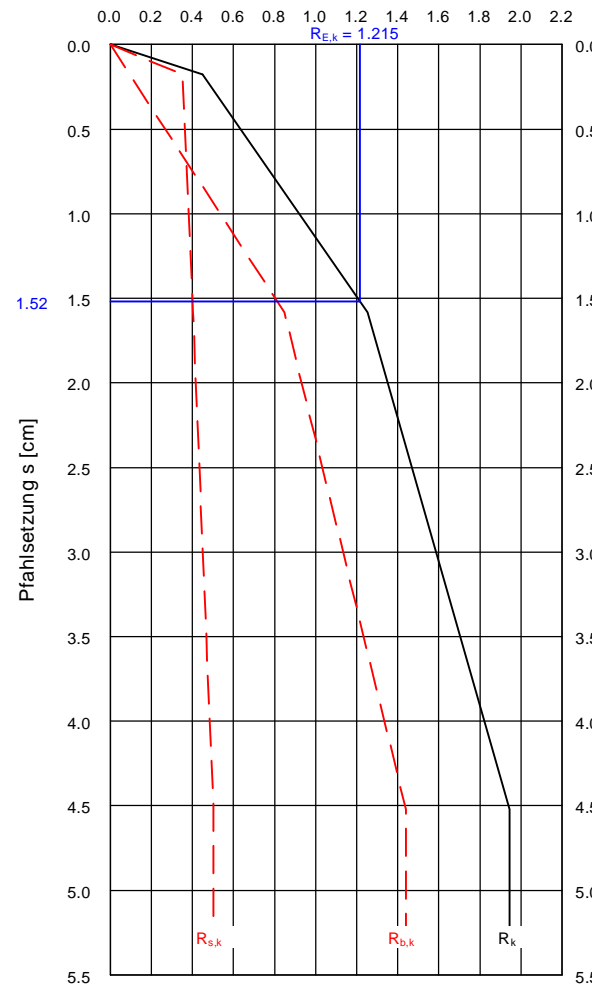




Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg^*),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Sand, lo, Torf
	10.0	0.0	4.150	6.367	0.0492	0.0700	Sand, md
	20.0	0.0	5.625	9.512	0.0900	0.1263	Sand, md-d
	15.0	0.0	5.250	8.900	0.0775	0.1100	Sand, md



Pfahlwiderstand  $R_k$  [MN]



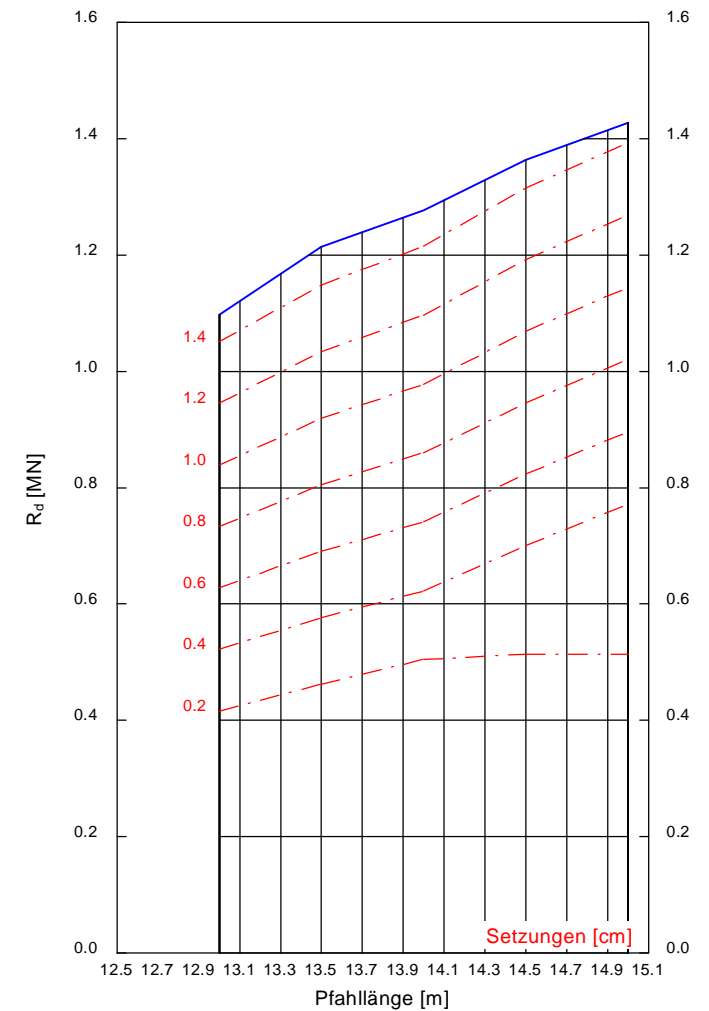
Widerstandssetzungslinie  
 für Pfahlänge = 13.50 m

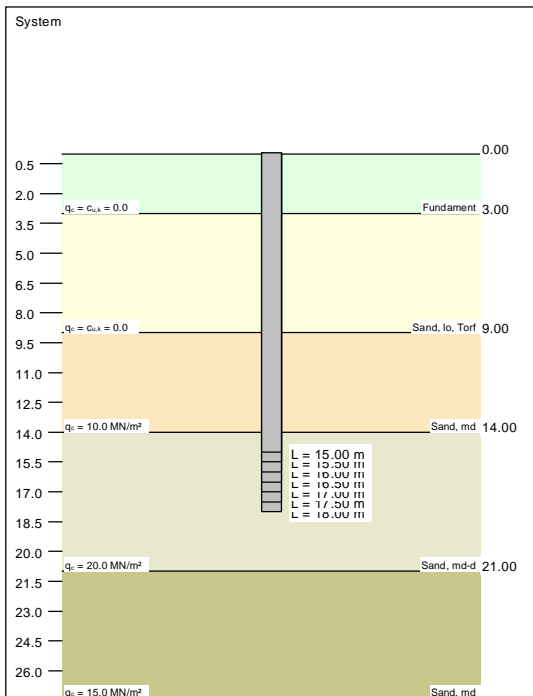
b [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.400	13.00	1.756	1.098	1.098	1.098	1.49
0.400	13.50	1.943	1.215	1.215	1.215	1.52
0.400	14.00	2.043	1.277	1.277	1.277	1.50
0.400	14.50	2.183	1.364	1.364	1.364	1.48
0.400	15.00	2.284	1.427	1.427	1.427	1.45

$zul V = R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.60$   $[\gamma_{(G,Q)} = 1.000]$

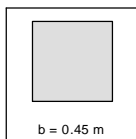
Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 3 Süd  
 Fertigrammpfahl  
 Stahlbeton und Spannbeton  
 Verhältniswert (min, max) = 0.50  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5$  MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60$  kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 Pfahlbreite = 0.400 m  
 $\gamma_P = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$

Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$   
 $R_d$   
 - - - - -  $R_{s,k}$  - - - - -  $R_{d,k}$



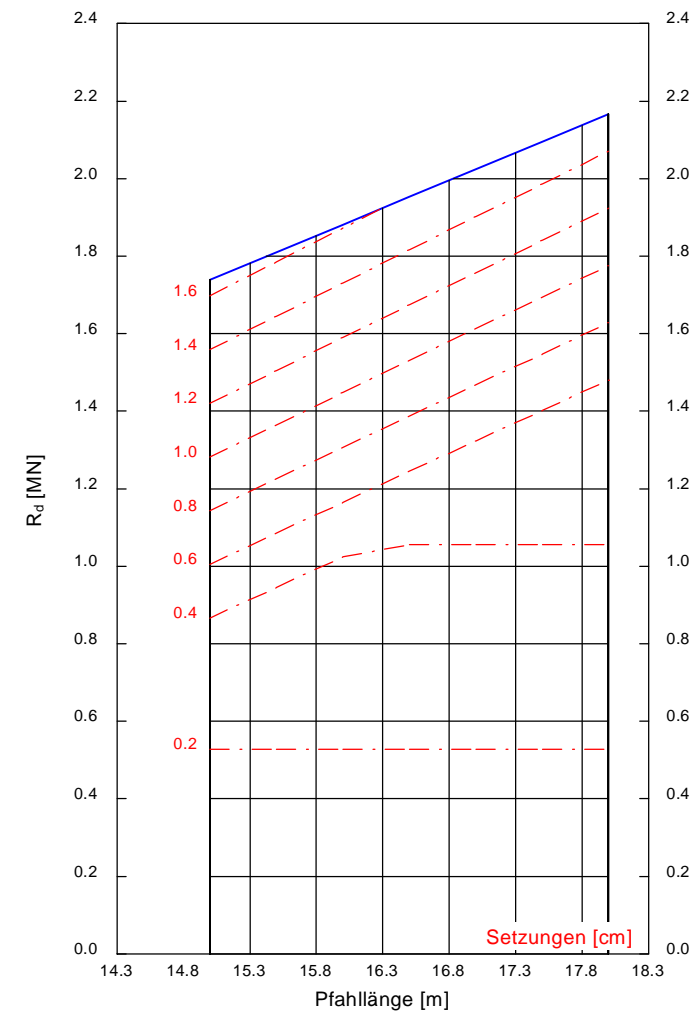
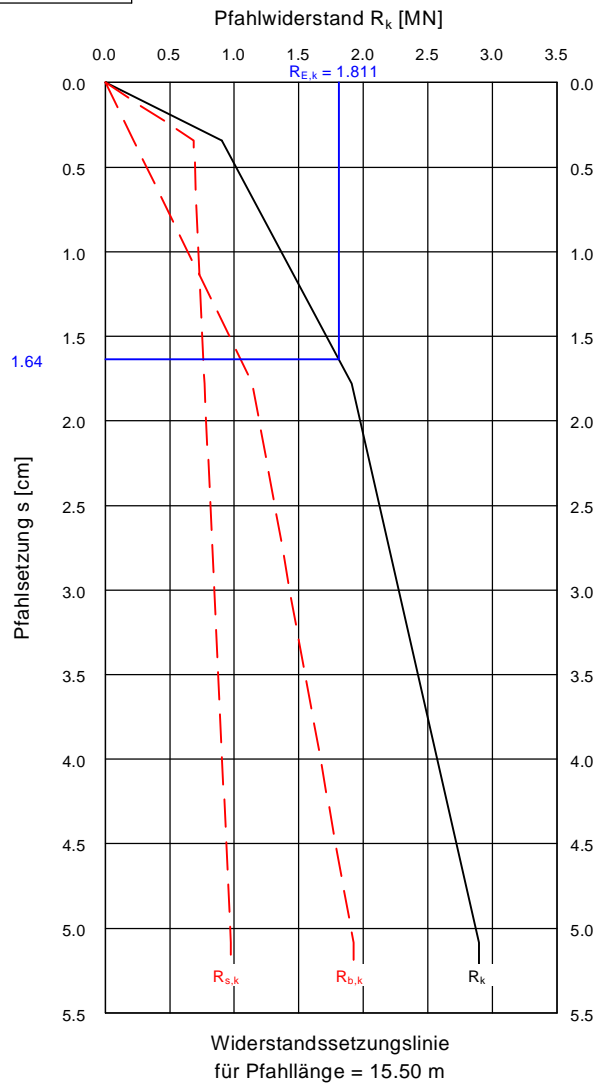


Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg^*),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Sand, lo, Torf
	10.0	0.0	4.150	6.367	0.0492	0.0700	Sand, md
	20.0	0.0	5.625	9.512	0.0900	0.1263	Sand, md-d
	15.0	0.0	5.250	8.900	0.0775	0.1100	Sand, md



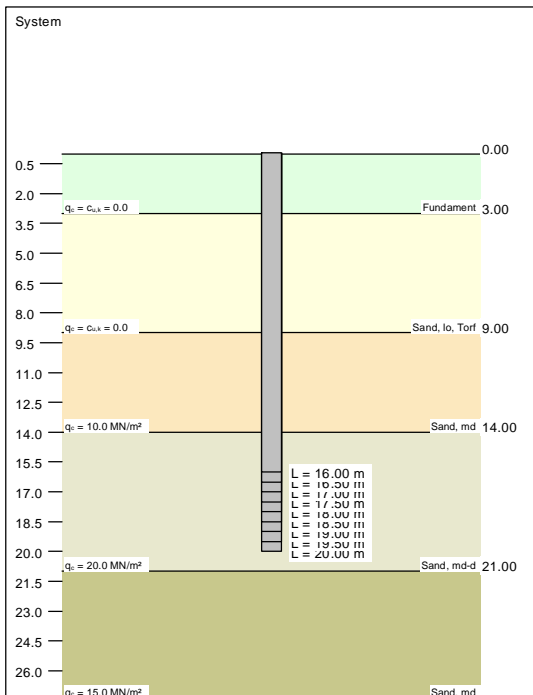
Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 3 Süd  
 Fertigrammpfahl  
 Stahlbeton und Spannbeton  
 Verhältniswert (min, max) = 0.50  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5$  MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60$  kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 Pfahlbreite = 0.450 m  
 $\gamma_P = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$

Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$   
 —  $R_d$   
 - - - - -  $R_k$   
 - - - - -  $R_{s,k}$

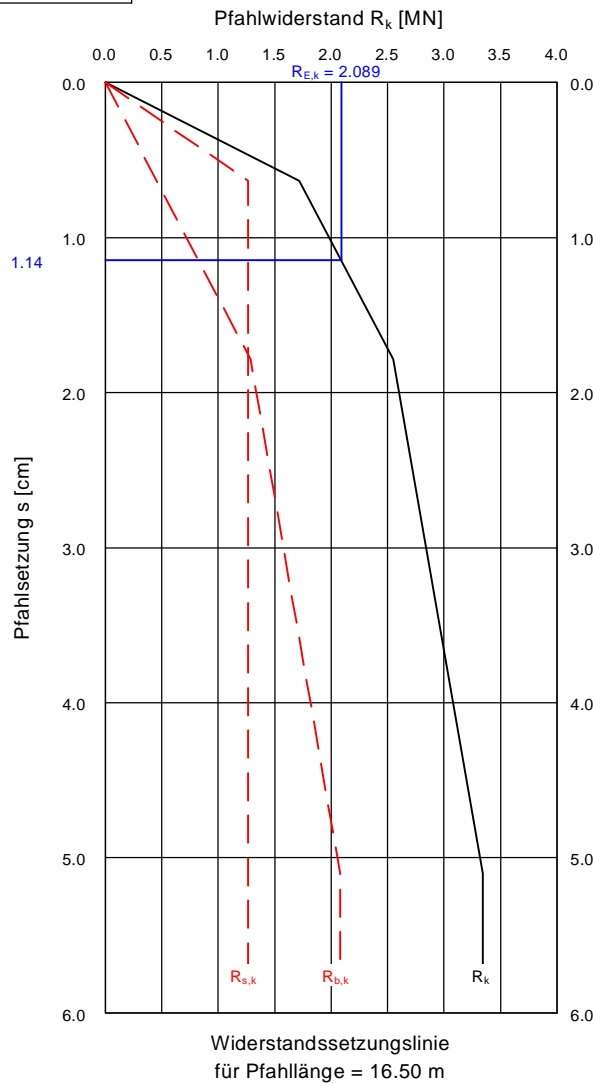
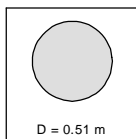


b [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.450	15.00	2.784	1.740	1.740	1.740	1.66
0.450	15.50	2.897	1.811	1.811	1.811	1.64
0.450	16.00	3.011	1.882	1.882	1.882	1.61
0.450	16.50	3.124	1.953	1.953	1.953	1.59
0.450	17.00	3.238	2.024	2.024	2.024	1.57
0.450	17.50	3.352	2.095	2.095	2.095	1.55
0.450	18.00	3.465	2.166	2.166	2.166	1.53

zul V =  $R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.60$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$ ]



Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg^*),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{d(eg),k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Fundament
	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Sand, lo, Torf
	10.0	0.0	4.825	6.883	0.0867	0.0867	Sand, md
	20.0	0.0	6.313	10.181	0.1419	0.1419	Sand, md-d
	15.0	0.0	5.875	9.550	0.1275	0.1275	Sand, md

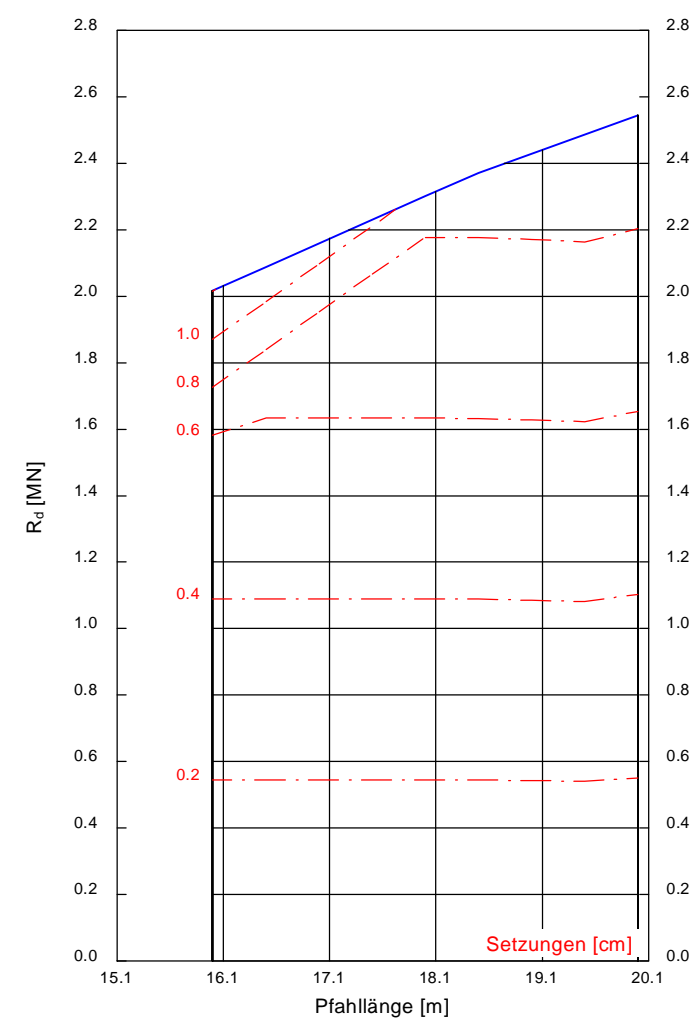


D [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.510	16.00	3.229	2.018	2.018	2.018	1.20
0.510	16.50	3.342	2.089	2.089	2.089	1.14
0.510	17.00	3.456	2.160	2.160	2.160	1.08
0.510	17.50	3.570	2.231	2.231	2.231	1.03
0.510	18.00	3.683	2.302	2.302	2.302	0.97
0.510	18.50	3.795	2.372	2.372	2.372	0.91
0.510	19.00	3.888	2.430	2.430	2.430	0.90
0.510	19.50	3.980	2.488	2.488	2.488	0.92
0.510	20.00	4.073	2.545	2.545	2.545	0.92

$zul V = R_{E,k} = R_k / (\gamma_p \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.600 \cdot 1.000) = R_k / 1.60$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$ ]

Berechnungsgrundlagen  
 WP Wapeldorf, WEA 3 Süd  
 Simplexpfahl  
 Verhältniswert (min, max) = 0.75  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5$  MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60$  kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 Pfahldurchmesser = 0.510 m  
 $\gamma_p = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_Q = 1.00$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$









ANLAGE 7  
Analysenergebnis Grundwasser



GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH · Flensburger Str. 15 · 25421 Pinneberg

Uwe Markert - Baugrund  
Baugrunduntersuchungen - Altlastenerkundung  
Markert



Fischerkoppel 11

**24340 Eckernförde**

**Prüfbericht-Nr.: 2016P509059 / 1**

<b>Auftraggeber</b>	Uwe Markert - Baugrund Baugrunduntersuchungen - Altlastenerkundung
<b>Eingangsdatum</b>	22.06.2016
<b>Projekt</b>	Wapeldorf - Süd
<b>Material</b>	Wasser
<b>Kennzeichnung</b>	BS 21 Pumpbrunnen Tiefe: 2,0 - 3,0 m
<b>Auftrag</b>	Analytik gem. Vorgabe des Auftraggebers
<b>Verpackung</b>	Glas- und PE-Flaschen
<b>Probenmenge</b>	ca. 1,5 L
<b>Auftragsnummer</b>	16506201
<b>Probenahme</b>	durch den Auftraggeber
<b>Probentransport</b>	Auftraggeber
<b>Labor</b>	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
<b>Analysenbeginn / -ende</b>	22.06.2016 - 28.06.2016
<b>Methoden</b>	siehe letzte Seite
<b>Unteraufträge</b>	
<b>Bemerkung</b>	
<b>Probenaufbewahrung</b>	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 28.06.2016



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.: 2016P509059 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2016P509059 / 1

Wapeldorf - Süd

Auftrag		16506201
Probe-Nr.		001
Material		Wasser
Probenbezeichnung		<b>BS 21 Pumpbrunnen Tiefe: 2,0 - 3,0 m</b>
Probemenge		ca. 1,5 L
Probenahme		22.06.2016
Probeneingang		22.06.2016
<b>Analysenergebnisse</b>	<b>Einheit</b>	
Betonaggressivität		
pH-Wert		6,5
Geruch		unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO <sub>4</sub> /L	23
Gesamthärte	°dH	3,0
Härtehydrogencarbonat	°dH	5,0
Nichtcarbonathärte	°dH	0,0
Magnesium	mg/L	5,0
Ammonium	mg/L	<0,20
Sulfat	mg/L	43
Chlorid	mg/L	92
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	16
Eisen, ges.	mg/L	5,6

Prüfbericht-Nr.: 2016P509059 / 1

Wapeldorf - Süd

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen

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

Die mit <sup>a</sup> gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen können matrixbedingt variieren.

## Anlage zu Prüfbericht 2016P509059

Probe-Nr.: 16506201 / 001

Probenbezeichnung: BS 21 Pumpbrunnen Tiefe: 2,0 - 3,0 m

**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	6,5		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	16	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	<0,20	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 -100
Magnesium	5,0	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	43	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	92	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	3,0	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	5,0	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	23	mg KMnO4/L	---	---	---

**Kurzbeurteilung:** Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.