



Füchteler Straße 29  
49377 Vechta

# GEOTECHNISCHER ENTWURFSBERICHT

PROJEKT:  
2024-0051

Windpark Berge  
Enercon E-175 EP5, 162 mNH

Auftraggeber:  
EFB Energie für Berge GmbH & Co. KG  
Fürstenauer Damm 3  
49626 Berge

25. September 2024

Baugrundkundung  
Gründungsgutachten  
Baugrundlabor  
Altlastenuntersuchung  
Gefährdungsabschätzung  
Sanierungskonzepte  
Hydrogeologie



Projektdaten:

Projekt: 2024-0051  
Windpark Berge  
Enercon E-175 EP5, 162 mNH

Auftraggeber: EFB Energie für Berge GmbH & Co. KG  
Herr Jürgen Holling  
Fürstenauer Damm 3  
49626 Berge

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

Projektbearbeiterin: Stefanie Engemann, M. Eng.

Exemplare: 1 Stück

Dieser Geotechnische Entwurfsbericht umfasst 15 Seiten, 10 Tabellen und 6 Anlagen.

Vechta, 25. September 2024

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



## INHALTSVERZEICHNIS

I. VERANLASSUNG UND BEAUFRAGUNG.....	5
1. Unterlagen.....	5
2. Angaben zum Bauwerk.....	5
II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN.....	6
III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE.....	7
1. Boden.....	7
2. Grundwasser.....	8
3. Bodenmechanische Laboranalysen.....	9
4. Erdbebenzone.....	9
5. Bodenklassifizierung nach DIN 18300/DIN 18196.....	9
6. Bodenkennwerte.....	10
IV. GRÜNDUNGEN.....	11
1. Geotechnische Kategorie.....	11
2. Auswertung und Bewertung.....	11
3. Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen.....	12
V. KRANSTELLFLÄCHEN.....	12
VI. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG.....	13
1. Baugrube, Böschungen.....	13
2. Wasserhaltung.....	13
3. Seitliche Fundamentauffüllungen, Fundamentüberdeckung, Wieder-verwendung Bodenaushub, Verdichtung.....	13
4. Frischbetoneigengewicht.....	14
5. Erdspezifischer elektrischer Widerstand.....	14
VI. SCHLUSSWORT.....	14



## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Charakteristische Lastfälle für Fundamente mit Flachgründung.....	6
Tabelle 2:	Anlagentyp, Koordinaten und ungefähre Geländehöhe..	6
Tabelle 3:	Korrelation Lagerungsdichte, Spitzenwiderstand und Reibungswinkel.....	7
Tabelle 4:	Bodenprofil an den Anlagenstandorten und Kranstellflächen.....	8
Tabelle 5:	Ergebnisse der Körnungsanalyse und kf-Wert.....	9
Tabelle 6:	Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18130.....	9
Tabelle 7:	Bodenklassifizierung nach DIN 18300 und DIN 18196....	10
Tabelle 8:	Bodenkennwerte in Anlehnung an TÜRKE (1998), EAU (2012), Grundbau Taschenbuch (5. Auflage), Ergebnissen der Drucksondierungen und eigenen Erfahrungswerten.....	10
Tabelle 9:	Setzungen, Setzungsdifferenzen und Grundbruchsicherheit, Drehfedersteifigkeit.....	12
Tabelle 10:	Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen.....	12

## ANLAGENVERZEICHNIS:

ANLAGE 1:	Lageplan
ANLAGE 2.1-2.2:	Bohrprofile nach DIN 4023, Drucksondierdiagramme nach DIN EN ISO 22476-1
ANLAGE 3:	Drucksondierprotokolle
ANLAGE 4:	Körnungslinien DIN EN ISO 17892-4
ANLAGE 5.1-5.3:	Setzungsberechnungen, Grundbruch, Drehfeder
ANLAGE 6:	Diagramm der Wenner Sondierungen



## I. VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG

Im Landkreis Osnabrück soll in der Samtgemeinde Fürstenau, Gemeinde Berge eine Windenergieanlage (WEA 1) vom Typ Enercon E-175 EP5 mit einer Nabenhöhe von 162 m errichtet werden.

Unser Büro wurde mit Schreiben vom 12.02.2024 von der EFB Energie für Berge GmbH & Co. KG, Herrn Jürgen Holling, beauftragt, die Baugrundverhältnisse am Anlagenstandort und der Kranstellfläche zu untersuchen und im Hinblick auf die Gründung in einem Geotechnischen Entwurfsbericht zu bewerten.

Außerdem sollte der spezifische Erdwiderstand nach der Wenner-Methode gemessen werden.

### 1. Unterlagen

Zur Durchführung der Untersuchungen erhielten wir folgende Unterlagen:

- Übersichtslageplan, WP Berge E-175 EP5, 162 m NH, Maßstab 1 : 1.000, Stand: 21.02.2024
- Übersichtszeichnung, E-175 EP5, 162 m NH, Maßstab 1 : 300, Stand: 17.07.2023
- Technisches Datenblatt Enercon Windenergieanlage E-175 EP5 HT-162-ES-C-01, D02766054/4.0-de,
- Technisches Beschreibung Turm und Fundament E-175 EP5 HT-162-ES-C-01, D02747200/5.0-de
- Technische Spezifikation Zuwegung und Baustellenflächen E-175 EP5 HT-162-ES-C-01, D02776932/4.0-de, Datum 07.09.2023
- Max Bögl, Fundamentdatenblatt E-175 EP5 HT-162-ES-C-01 Flachgründung, Projekt-Nr. 21683-E23, D00346347, Flachgründung mit Auftrieb, Revision 02 vom 13.07.2023

### 2. Angaben zum Bauwerk

Bei einer Flachgründung erfolgt die Gründung über Kreisfundamente mit einem Fundamentdurchmesser von 25,50 m und einer Fundamenthöhe von 2,90 m. Die Fundamentunterkante liegt bei 0,70 m unter Geländeoberkante. Das Fundament erhält eine bis 0,10 m unter Fundamentoberkante reichende allseitige Aufschüttung.

Der anstehende Baugrund muss eine maximale Randdruckspannung von  $\delta_{\max, \text{BS-P}} = 262 \text{ kN/m}^2$  bzw.  $\delta_{\max, \text{BS-A}} = 292 \text{ kN/m}^2$  aufnehmen können.

Für geotechnische Nachweise bzw. Ermittlung der maximalen Kantenpressungen wurden den Planunterlagen folgende charakteristischen Lasten (*mit Fundamenteigengewicht, ohne Bodenauflast und Auftrieb*) entnommen (*Tabelle 1*):



Lastfall (LF)	BS-P	BS-T	BS-A
Normalkraft, vertikal, $V_k$ [kN]	41.477	41.395	41.034
Querkraft, horizontal, $H_k$ [kN]	1.424	1.428	1.761
Biegemoment $M_{b,k}$ [kN]	219.556	188.499	242.010

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte ( $\gamma_F = 1,0$ ).

Tabelle 1: Charakteristische Lastfälle für Fundamente mit Flachgründung.

Erdüberschüttung und Auftrieb sind in den angegebenen Werten nicht enthalten und müssen entsprechend der Normalkraft addiert werden. Das Gewicht der Erdüberschüttung ergibt sich mit 10.056 kN. Bei Auftrieb ist eine Reduktion um 3.682 kN zu berücksichtigen.

Für die elastische Fundamenteinspannung zwischen Fundament und Baugrund ist eine Mindestdrehfedersteifigkeit des Gesamtsystems (*Turm und Gründung*) von  $k_{\phi,dyn} = 200\,000 \text{ MNm/rad}$  bzw.  $k_{\phi,stat} = 40\,000 \text{ MNm/rad}$  einzuhalten.

Für die maximale Schiefstellung infolge Baugrundsetzungen (*Setzungsdifferenzen*) gilt bezogen auf den Außendurchmesser eine maximale Setzungsdifferenz von  $\Delta s \leq 3 \text{ mm/m}$ . Bei einem Fundamentdurchmesser von 25,50 m entspricht dies  $\Delta s \leq 7,65 \text{ cm}$ .

Die UTM-Koordinaten (*UTM ETRS84 Zone 32*) des Anlagenmittelpunktes wurde den Planunterlagen und die Geländehöhen der topographischen Karte des Nibis-Kartenservers wie folgt entnommen (*Tabelle 2*):

Standort	Anlagentyp	Rechtswert	Hochwert	Geländehöhe (mNN)
WEA 1	E-175EP5, 160 mNH	414.985	5.828.616	61,9

Tabelle 2: Anlagentyp, Koordinaten und ungefähre Geländehöhen.

## II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde am 30.07.2024 am Anlagenstandort zwei Kleinbohrungen/Rammkernsondierungen (*RKS 1* und *RKS 2*) bis 10,00 m unter Geländeoberkante abgeteuft.

Durch die Fugro Consult GmbH, Lilienthal, wurden in einem Abstand von ca. 13,0 m vom Mittelpunkt entfernt und in etwa gleichmäßig um den Umfang verteilt vier elektrische Drucksondierungen bis 17,0 m bzw. 30,0 m unter Gelände durchgeführt (*CPT N bis CPT W*). Bei geringeren Aufschlussstufen als 30,00 m wurden die Drucksondierungen wegen Geräteauslastung in den dicht gelagerten Sanden abgebrochen. Die Drucksondierungen wurden bis in ausreichend tragfähigen Baugrund aus dicht gelagerten Sanden oder halbfesten Schluffen gefahren.



Der Baugrund an der Kranstellfläche (KSF) wurde durch eine Drucksondierung (CPT WEA-KSF bis 10,0 m unter Ansatzpunkt und eine Rammkernsondierung (RKS 3-K) bis 5,00 m unter GOK untersucht.

Die Lage der Sondieransatzpunkte ist in Anlage 1 dargestellt. Die erbohrten Bodenprofile wurde entsprechend DIN 4022 ingenieurgeologisch vor Ort ange- sprochen und in ein Schichtenverzeichnis aufgenommen. Die Ergebnisse sind in Anlage 2.1-2.2 als Bohrprofile nach DIN 4023 zusammen mit den Drucksondier- diagrammen dargestellt. Die Drucksondierprotokolle liegen in Anlage 3 vor.

An zwei exemplarisch ausgewählten Bodenproben wurde die Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-04 nach nassem Abtrennen der Feinanteile ermittelt (Anla- ge 4).

Bis zu den maximalen Aufschlussstufen wurde kein Grundwasser angetroffen. Daher entfallen Analysen auf den chemischen Angriffsgrad nach DIN 4030.

Die Setzungs- und Grundbruchermittlungen sowie die Berechnungen der Dreh- federsteifigkeiten für eine Flachgründung sind als Anlage 5.1-5.3 beigefügt.

In Anlage 6 ist das Protokoll der Wenner-Sondierungen mit Messung des spezifi- schen Erdwiderstandes aufgeführt.

### III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

#### 1. Boden

Nach der Kartenserie Geologie vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geolo- gie (LBEG), Geologische Karte 1 : 50 000, stehen im Untersuchungsgebiet wechselzeitliche Geschiebedecksande über drenthezeitlichen glaziofluviatilen Schmelzwassersanden an. Im tieferen Untergrund sind tertiäre Tone und Schluf- fe zu erwarten.

Das Gelände am Anlagenstandort ist in etwa eben.

Die Bewertung der Lagerungsdichte der anstehenden Sande kann gem. Normen- Handbuch Eurocode 7, 2011, Band 2, Anhang D, Tabelle D.1 wie folgt vorge- nommen werden:

Lagerungsdichte	Spitzenwiderstand (qc) (aus CPT) MN/m <sup>2</sup>	Wirksamer Reibungswinkel ( $\phi'$ )
Sehr locker	0,0 bis 5	29 bis 32
locker	2,5 bis 7,5	32 bis 35
mitteldicht	7,5 bis 15,0	35 bis 37
dicht	15,0 bis 20,0	37 bis 40
sehr dicht	> 20,0	40 bis 42

Tabelle 3: Korrelation Lagerungsdichte, Spitzenwiderstand und Reibungswinkel.

Nach den vorliegenden Bohrprofilen und den Drucksondierdiagrammen kann die grundsätzliche Bodenschichtung am geplanten Standort und der Kran- stellfläche wie folgt zusammengefasst werden (vgl. Tabelle 4):



Tiefe (bis m u. GOK min./max.)	Mächtigkeit (m)	Bodenschicht (Spitzendruck $q_c$ in MN/m <sup>2</sup> )	nicht bindig/ bindig	Baugrund- eigen- schaften
0,55/0,60	0,50-0,55	Mutterboden, Sand, humos (-)	-	nicht geeignet
3,5/6,0	3,0-5,50	Decksande, Fein- bis Mittelsande oder Mittel- bis Grobsand, z. T. schwach kiesig locker bis mitteldicht ( $q_c = 2-10$ )	Nicht bindig	Mäßig tragfähig
15,0/23,0	9,0-16,5	Schmelzwassersande, Fein- bis Mittelsand Überwiegend mitteldicht bis dicht; ( $q_c = 10->25$ ), Auflockerungszonen möglich: ( $q_c = 5$ )	nicht bindig	Geeignet bis sehr gut
> 30,0	> 10,0	Tertiärer Ton/Schluff Halbfest bis fest ( $q_c = 5-10$ )	bindig	gut geeignet

Tabelle 4: Bodenprofil am Anlagenstandort und Kranstellfläche.

Unterhalb des Oberbodens stehen bis etwa 15,0 m bzw. 23,0 m unter GOK fluviatile und glaziofluviatile Sande an. Darunter folgen bis zur maximalen Aufschlussstufe der Drucksondierungen von 30,0 m unter GOK tertiäre schluffig-tonige Schichten bei denen es sich um Beckenschluffe handelt.

Nach den vorliegenden Baugrundkundungen wurden typische norddeutsche Sedimente angetroffen. Der tiefere Untergrund besteht grundsätzlich aus dicht gelagerten Sanden und gut vorkonsolidiertem Beckenschluffen. Der Baugrund ist gemäß Enercon-Spezifikation ausreichend erkundet.

## 2. Grundwasser

Bei den Sondierungen im Juli 2024 wurde bis zur Sondierendteufe von 10,0 m kein Grundwasser erbohrt.

Aus den hydrogeologischen Kartenunterlagen des LBEG, Hannover, Maßstab 1 : 50 000, kann die mittlere, entspannte Grundwasseroberfläche mit Werten zwischen 40,0 mNHN und 42,5 mNHN abgeleitet werden. Bezogen auf eine Geländehöhe von 61,9 m NHN wäre der mittlere Grundwasserstand ab 9,4 m unter Gelände zu erwarten.

Das Fundament der geplanten WEA wird bei 0,70 m unter Geländeoberkante gegründet. Es stehen gut durchlässige Sande an, in denen Oberflächenwasser ohne Aufstau versickert. Das Fundament steht somit nicht unter Grundwassereinfluss.



### 3. Bodenmechanische Laboranalysen

Zur Überprüfung der Bodenansprache am Bohrkern und zur Klassifizierung der anstehenden Bodenarten, wurde an zwei exemplarisch ausgewählten Bodenproben die Körnungslinie (*DIN EN ISO 17892-4, Siebanalyse nach nassem Abtrennen der Feinanteile*) ermittelt. Der  $k_f$ -Wert wurden aus der Körnungslinien nach HAZEN ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Standort, Probenummer	Entnahmetiefe (m u. GOK)	Anteil <0,063 mm (M.-%)	Bodenart	$k_f$ -Wert (m/s)
WEA 1, RKS 1-2	0,55-1,40	2,3	Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig, schwach feinsandig	$3,7 \times 10^{-4}$
WEA 1, RKS 1-3	1,40-4,60	2,2	Fein- bis Mittelsand	$1,1 \times 10^{-4}$

Tabelle 5: Ergebnisse der Körnungsanalyse und  $k_f$ -Werte.

Nach DIN 18130 werden in Abhängigkeit vom Durchlässigskeitsbeiwert ( $k_f$ -Wert) folgende Durchlässigungsbereiche unterschieden (Tabelle 6):

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

Tabelle 6: Durchlässigungsbereiche nach DIN 18130.

Die anstehenden Sande sind mit einem mittleren Durchlässigskeitsbeiwert von  $k_f = 2,4 \times 10^{-4}$  m/s durchlässig bis stark durchlässig.

### 4. Erdbebenzone

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

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

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



Homogenbereich		O1	B1
Bezeichnung		Mutterboden/ Oberboden	Sand
Tiefenbereich m u. GOK		bis 0,55/0,60	Bis $\geq 15,0$
Korngrößen- verteilung	$\leq 0,06 \text{ mm } (\%)$	1-10*	0-5*
	>0,06-2,0 mm (%)	90-99*	90-98*
	>2,0-63 mm (%)	möglich	0-10*
Massenanteil an Steinen/ Blöcken	>63-200 mm (%)	-	-
	>200-630 mm (%)	-	-
Dichte* (g/cm <sup>3</sup> )		1,6-1,7	1,8-1,9
Undrainierte Scherfestigkeit* (kN/m <sup>2</sup> )		-	-
Wassergehalt (%)		10-15*	5-15*
Lagerungsdichte (%)		15-25	30-50
Organischer Anteil (%)		> 5*	< 2
Bodengruppe, DIN 18196		OH	SE

\*Angaben nach Bodenansprache und Erfahrungswerten geschätzt.

GOK: Geländeoberkante.

Bezeichnung der Homogenbereiche in Anlehnung an ZTVE-STB 17.

Tabelle 7: Bodenklassifizierung nach DIN 18300 und DIN 18196.

Es wurden Sandböden (*leicht lösbare Bodenart*) angetroffen.

## 6. Bodenkennwerte

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

Bezeichnung	Boden- gruppe  DIN 18196	Lagerungs- dichte/ Konsis- tenz	Wichte erdfeucht/ u. Auftrieb  cal $\gamma$ / cal $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungs- winkel  cal $\phi$ [°]	Kohäsion  cal-c' kN/m <sup>2</sup>	Steifemodul statisch/ dynamisch  $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Poisson- zahl (-)
Oberboden, Mutterboden, humose Sande	OH	locker/-	16/6	keine Angabe, da nicht gründungsrelevant			
Fluviatile und Glaziofluviatile Sande	SE	locker/ -	18/10	32,5	0	20-30/ 120-150	0,35
		mitteldicht/ -	19/11	32,5-35	0	40-60/ 160-210	0,32
		dicht/ -	19/11	35-37,5	0	60-80/ 210-240	0,30
Tieferer Unter- grund: Beckenschluff	-	Halbfest bis fest/-	19-20/9-10	27,5-30	20-40	25-50/ 140-200	0,30

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

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



## IV. GRÜNDUNGEN

### 1. Geotechnische Kategorie

Bei der Baugrunduntersuchung wurden überwiegend einfache Baugrund- und Grundwasserverhältnisse aus typischen norddeutschen eiszeitlichen Sanden angetroffen (*Geotechnische Kategorie GK 1-2 in Anlehnung an DIN 4020*). Grundwasser befindet sich unterhalb der Gründungssohle.

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

### 2. Auswertung und Bewertung

Die planmäßige Gründungsebene der Windenergieanlagen befindet sich gemäß den vorliegenden Unterlagen bei 0,70 m unter Geländeoberkante. Der humose Oberboden ist unter Berücksichtigung eines Lastausbreitungswinkels von 45° aus dem Gründungsbereich restlos abzuschieben. Dazu sind Aushubtiefen von 0,60 m zu veranschlagen. Darunter stehen überwiegend locker gelagerte Sande an. Diese gehen zwischen 4,50 m und 6,00 m in mitteldicht bis dicht gelagerte Sande über. Darunter folgen ab 15,00 m bzw. 23,00 m unter GOK halbfeste bis feste Beckenschliffe.

Zum Ausgleich von unterschiedlichen Lagerungsdichten und zur Lastverteilung ist das Planum sorgfältig nachzuverdichten und unter dem Fundament eine Schotterausgleichsschicht (*Mineralgemisch 0/32*) in einer Stärke von 0,50 m vorzusehen. Verdichtungsanforderungen siehe Kapitel VI.3.

Entscheidend für die Gründungsempfehlung ist, ob die zulässigen Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen von  $\Delta s = 7,65 \text{ cm}$ , die Grundbruchsicherheit  $\mu < 1,00$  sowie die Drehfedersteifigkeit von  $k_{\phi,\text{dyn}} \geq 200\,000 \text{ MNm/rad}$  und  $k_{\phi,\text{stat}} \geq 40\,000 \text{ MNm/rad}$  eingehalten werden. Die Setzungs- und Grundbruchberechnungen sowie die Ermittlung der Drehfedersteifigkeiten liegen Anlage 5.1-5.3 vor.

Mit dem im Fundamentdatenblatt angegebenen charakteristischen Lasten für die Lastfälle BS-P und BS-A wurden folgende Setzungen, Setzungsdifferenzen und Grundbruchsicherheiten ermittelt (*Tabelle 9*):



Standort	Last fall	Setzungen (cm)		Setzungs-differenz (cm) Soll: <7,65	Ausnutzung Grundbruch-sicherheit (-) Soll: < 1,00	Drehfeder (MNm/rad)	
		min	max			statisch soll: $\geq 40.000$	dynamisch soll: $\geq 200.000$
WEA 1	BS-P	0,3	4,2	3,9	0,166	121.011	530.058
	BS-A	0,2	4,4	4,2	0,187		

Tabelle 9: Setzungen, Setzungsdifferenzen und Grundbruchsicherheit, Drehfedersteifigkeit.

Die zulässigen Setzungen und Setzungsdifferenzen werden eingehalten und die Anforderungen an die Drehfedersteifigkeit werden erfüllt. Die Grundbruchsicherheit ist gegeben.

Die WEA 1 kann flach gegründet werden.

### 3. Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen

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

Standort	Anlagentyp	Gründungstiefe (m u. GOK)	Aushubtiefe (m u. GOK)	Gründungsempfehlung
WEA 1	E-175 EP5, 162 mNH	0,70	1,30	Flachgründung + 0,50 m STS + 0,10 m SBS

\*STS = Schottertrag- bzw. -ausgleichsschicht, SBS = Sauberkeitsschicht.

Tabelle 10: Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen.

## V. KRANSTELLFLÄCHEN

Der Herstellung der Kranstellfläche kommt auch aus sicherheitstechnischen Gründen besondere Bedeutung zu. Die zum Einsatz kommenden Kräne können eine Stützlast von  $\geq 300$  t aufweisen, die über Lastverteilerplatten auf die Kranstellfläche übertragen werden.

Die Kranaufstellflächen befinden sich auf bisher unbefestigter Fläche. Der bis 0,60 m mächtige Oberboden ist unter Berücksichtigung eines seitlichen Überstandes von  $45^\circ$  abzuschieben.

Falls es Hinweise auf Tiefumbruch der Flächen gibt, kann entsprechender Mehr-aushub erforderlich werden.

Unter dem Oberboden stehen tragfähige, locker bis mitteldicht gelagerte Sande an. Die Aushubsohle ist nachzuverdichten.

Grundsätzlich kann der Aufbau flach auf den Kranstellflächen mit einem Standardaufbau erfolgen.



Zur Befestigung kann für die unteren Lagen Füllsand (*SE, SW, gem. DIN EN ISO 17892-4*) vorgesehen werden. Darauf erfolgt für die Befestigung der Kranstellenflächen der Einbau einer mindestens 0,30 m mächtigen Schottertragschicht ( $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ ,  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,30$ ).

Zusätzlich sind unter den Aufstandsflächen des Krans ausreichend dimensionierte Lastverteilungsmatten erforderlich.

## VI. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG

### 1. Baugrube, Böschungen

Für den Aushub der Baugruben gilt DIN 4124. In den oberflächennah anstehenden Sanden kann die Böschung mit 45° geneigt hergestellt werden.

Die planmäßige Gründungstiefe der Fundamente ist bei 0,70 m unter Geländeoberkante. Unter Berücksichtigung einer 0,10 m starken Sauberkeitsschicht und 0,50 m Schotterausgleichsschicht ergibt sich eine Aushubtiefe von 1,30 m unter GOK.

### 2. Wasserhaltung

Bei den Bohrarbeiten im Juli 2024 wurde kein Grundwasser festgestellt. Dieses ist erst in Tiefen von ca. 10,00 m unter GOK zu erwarten. Bei den vorgesehenen Aushubtiefen bis ca. 1,30 m unter GOK ist voraussichtlich keine Grundwasserhaltung erforderlich.

### 3. Seitliche Fundamentanfüllung, Fundamentüberdeckung, Wiederverwendung Bodenaushub, Verdichtung

Für das Lastverteilungspolster im Fundamentbereich ist ein Mineralgemisch, Schotter Körnung 0/45 oder 0/32, vorzusehen.

Um eine ausreichende Dichte zu erreichen ist der Bodenaustausch lagenweise ( $d = \text{max. } 0,30 \text{ m}$ ) mit einem mindestens mittelschweren Flächenrüttler und mindestens drei bis fünf Übergängen je Lage gleichmäßig verdichtet auf 100 % Proctordichte einzubauen.

Der beim Bodenaushub anfallende humose Oberboden ist nicht verdichtungsfähig und kann im Gründungsbereich nicht wieder verwendet werden. Entsprechende Ersatzböden z. B. aus Füllsand (*SE, SU, SW, gem. DIN EN ISO 17892-4 oder vergleichbare Bodenarten*) sind zum Verfüllen der Fundamentseitenräume und zur Fundamentüberschüttung vorzuhalten. Für eine gleichmäßige Verdichtung muss das Erdbaumaterial einen günstigen Wassergehalt aufweisen. Im Allgemeinen ist dieser im erdfeuchten Zustand gegeben.



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

Im Lastplattendruckversuch (*DIN 18134*) sind auf Sand  $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$  und für die Schotterausgleichsschichten  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  anzustreben.

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

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

#### 4. Frischbetoneigengewicht

Die im Gründungsbereich anstehenden Böden aus Sand sind in der Lage das Frischbetoneigengewicht aufzunehmen.

#### 5. Erdspezifischer elektrischer Widerstand

Eine tabellarische Zusammenstellung und das Diagramm der Wenner-Sondierungen zur Messung des erdspezifischen Widerstandes liegen in Anlage 6 vor.

### VI. SCHLUSSWORT

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

Entwurfsbericht vom 25.09.2024.....WP Berge, 1 x E-175, 162 mNH.....Seite 15

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



Unser Büro ist rechtzeitig für die Baugrubenabnahmen zu benachrichtigen.

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

Vechta, den 25. September 2024

S. Engemann

Stefanie Engemann, M. Eng.

DocuSigned by:

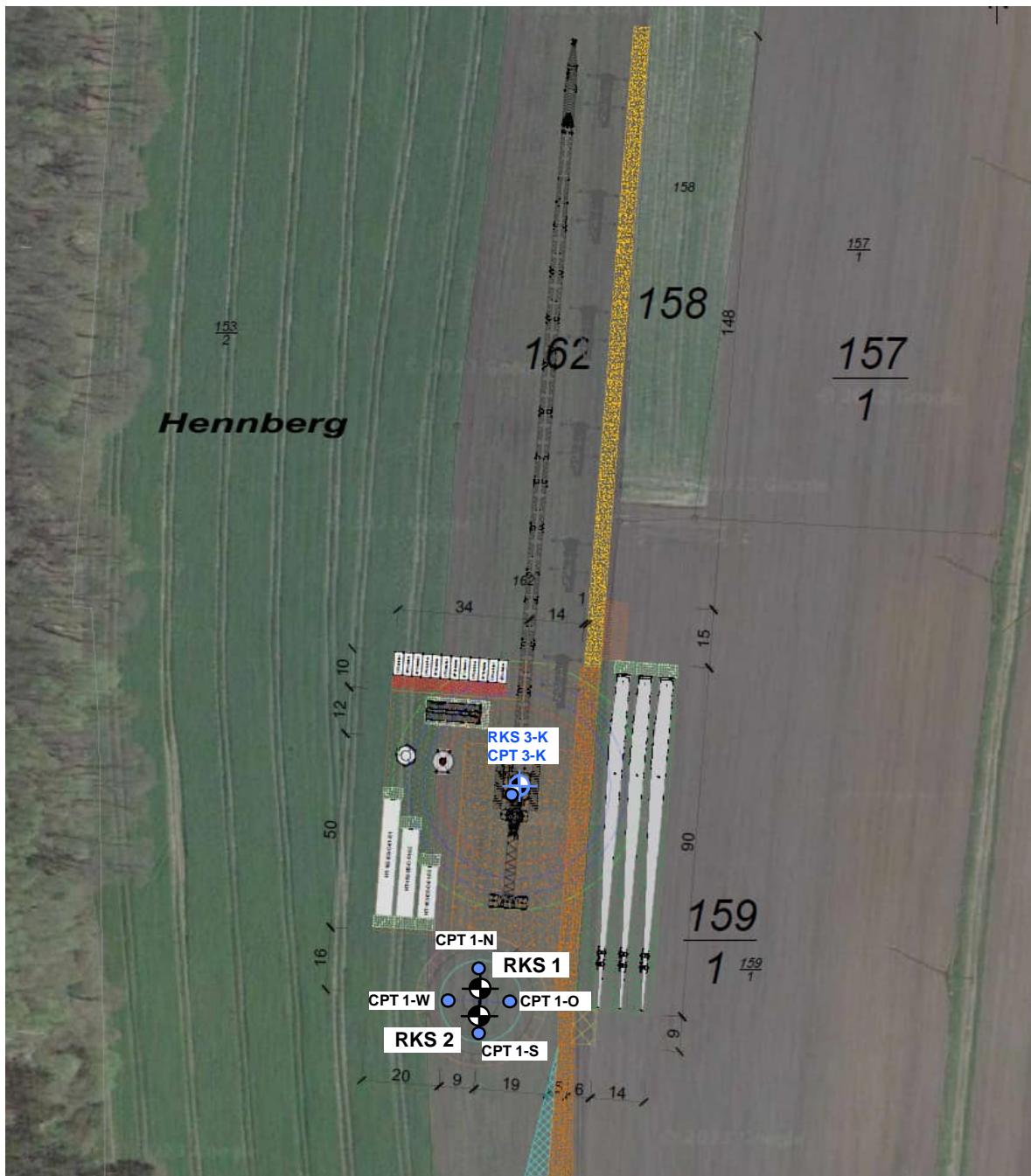
F849DD3E849D4AD...

Dr. Joachim Lübbe 25. September 2024 | 14:00 MESZ



## ANLAGE 1

### Lageplan

**LEGENDE**

Rammkernsondierung WEA



Drucksondierung



Rammkernsondierung und Drucksondierung KAF



INGENIEURGEOLOGIE  
**DR. LÜBBE**  
GMBH & CO. KG

Projekt: 2024-0051  
WP Berge, 1x WEA Enercon E-175  
EP5, 162 mNH

Auftraggeber:  
EFB Energie für Berge GmbH & Co.KG  
Fürstenauer Damm 3  
49626 Berge

Titel: Lageplan  
gez.: N. Willers gepr.: M. Eng. S. Engemann

Datum: 22.08.2024 Anlage: 1



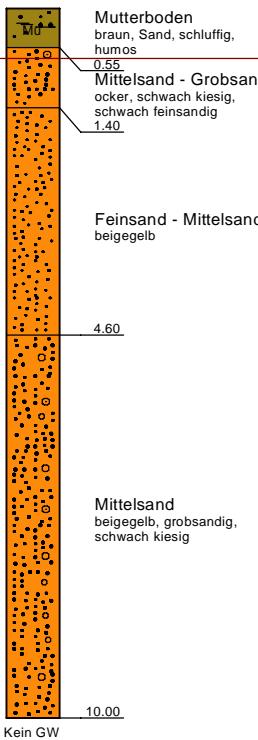
## ANLAGE 2.1-2.2

Bohrprofile nach DIN 4023,  
Drucksondierdiagramme nach DIN 4094

KAF

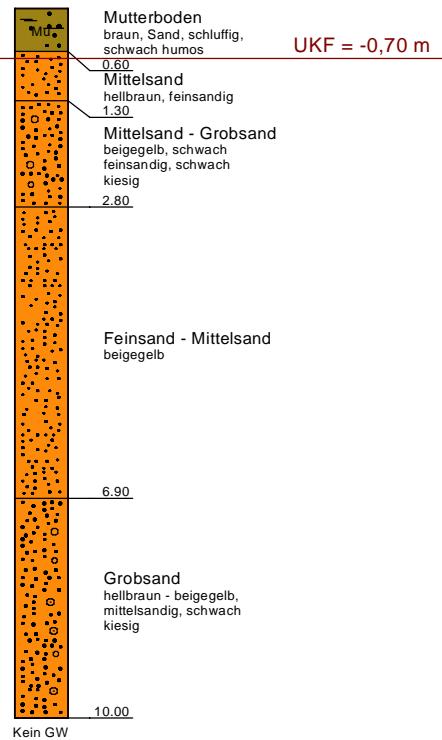
RKS 1

0.00 m



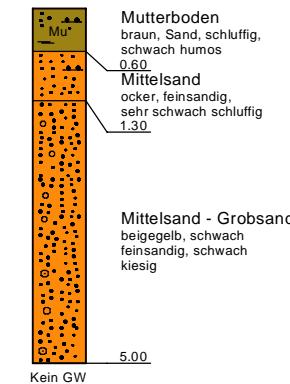
RKS 2

0.00 m



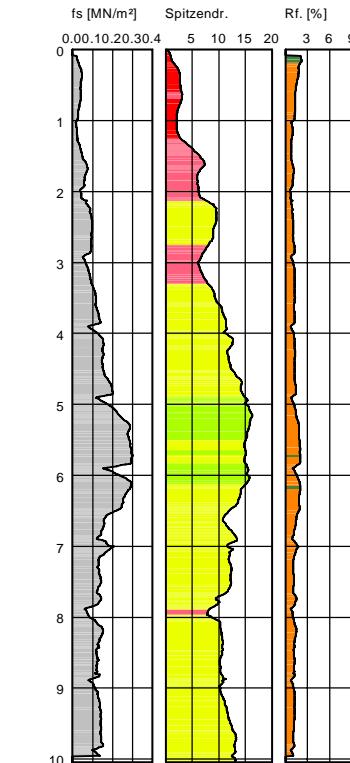
RKS 3-K

0.00 m



CPT-KSF

0,00 m



## LEGENDE:

- RKS: Rammkernsondierung  
GW: Grundwasser  
UKF: Unterkante Fundament

Projekt: 2024-0051  
WP Berge  
WEA 1

Auftraggeber:  
EfB Energie für Berge GmbH & Co. KG  
Fürstenauer Damm 3  
49626 Berge

Bearbeiter: M. Eng. S. Engemann

Maßstab: Höhe: 1 : 75



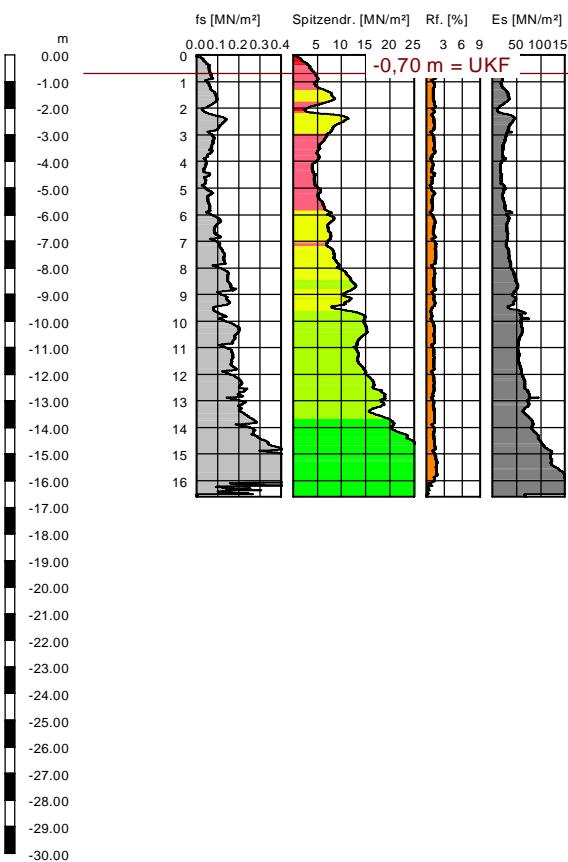
INGENIEURGEOLOGIE  
**DR. LÜBBE**  
GMBH & CO. KG

Titel:  
Bohrprofile nach DIN 4023 und  
Drucksondierdiagramm nach DIN 4094

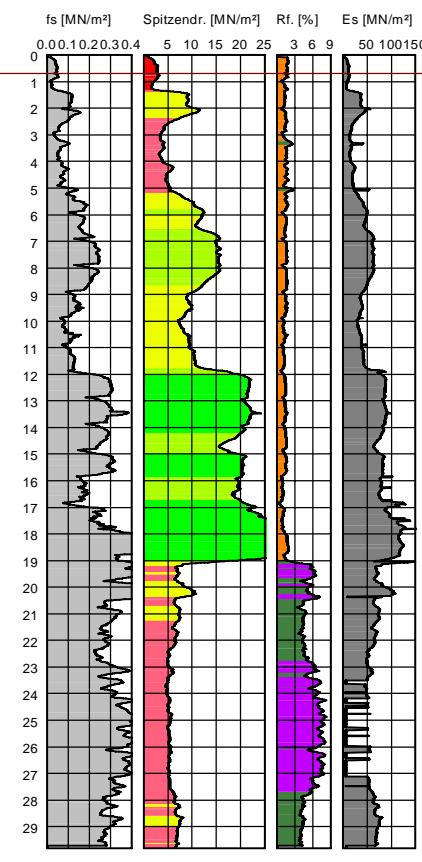
Anlage: 2.1

**WEA 1****CPT WEA-N**

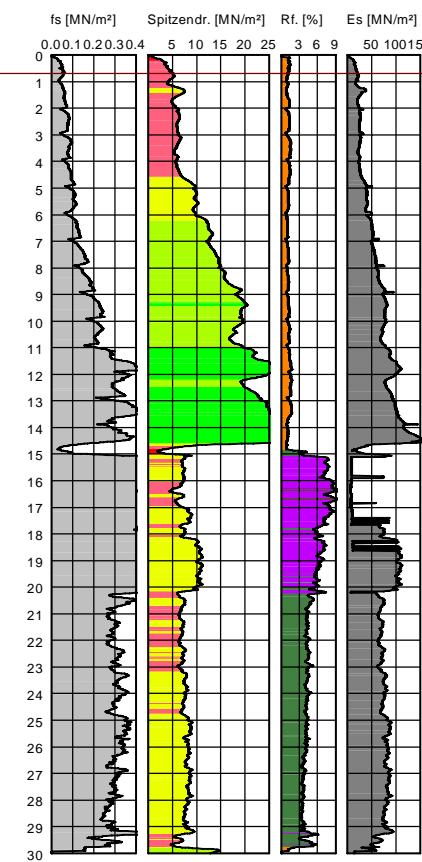
0.00 m

**CPT WEA-O**

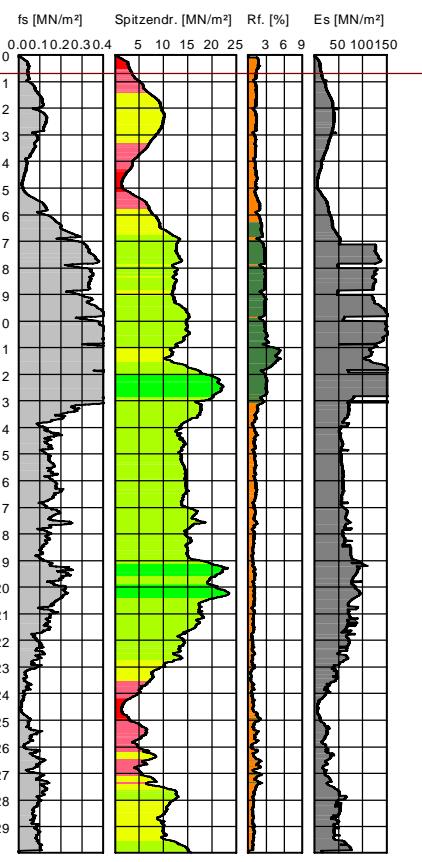
0.00 m

**CPT WEA-S**

0.00 m

**CPT WEA-W**

0.00 m



Legende Spitzendruck	
<span style="background-color: red;"></span>	sehr locker
<span style="background-color: pink;"></span>	locker
<span style="background-color: yellow;"></span>	mitteldicht
<span style="background-color: lightgreen;"></span>	dicht
<span style="background-color: green;"></span>	sehr dicht

Legende Reibungsverhältnis	
<span style="background-color: yellow;"></span>	Kies
<span style="background-color: orange;"></span>	Sand
<span style="background-color: darkgreen;"></span>	Schluff
<span style="background-color: magenta;"></span>	Ton
<span style="background-color: brown;"></span>	Torf

**LEGENDE:**

CPT: Drucksondierung  
UKF: Unterkante Fundament

Projekt: 2024-0051  
WP Berge  
WEA 1

Auftraggeber:  
EfB Energie für Berge GmbH & Co. KG  
Fürstenauer Damm 3  
49626 Berge

Bearbeiter: M. Eng. S. Engemann

Maßstab: Höhe: 1 : 200



INGENIEURGEOLOGIE  
**DR. LÜBBE**  
GMBH & CO. KG

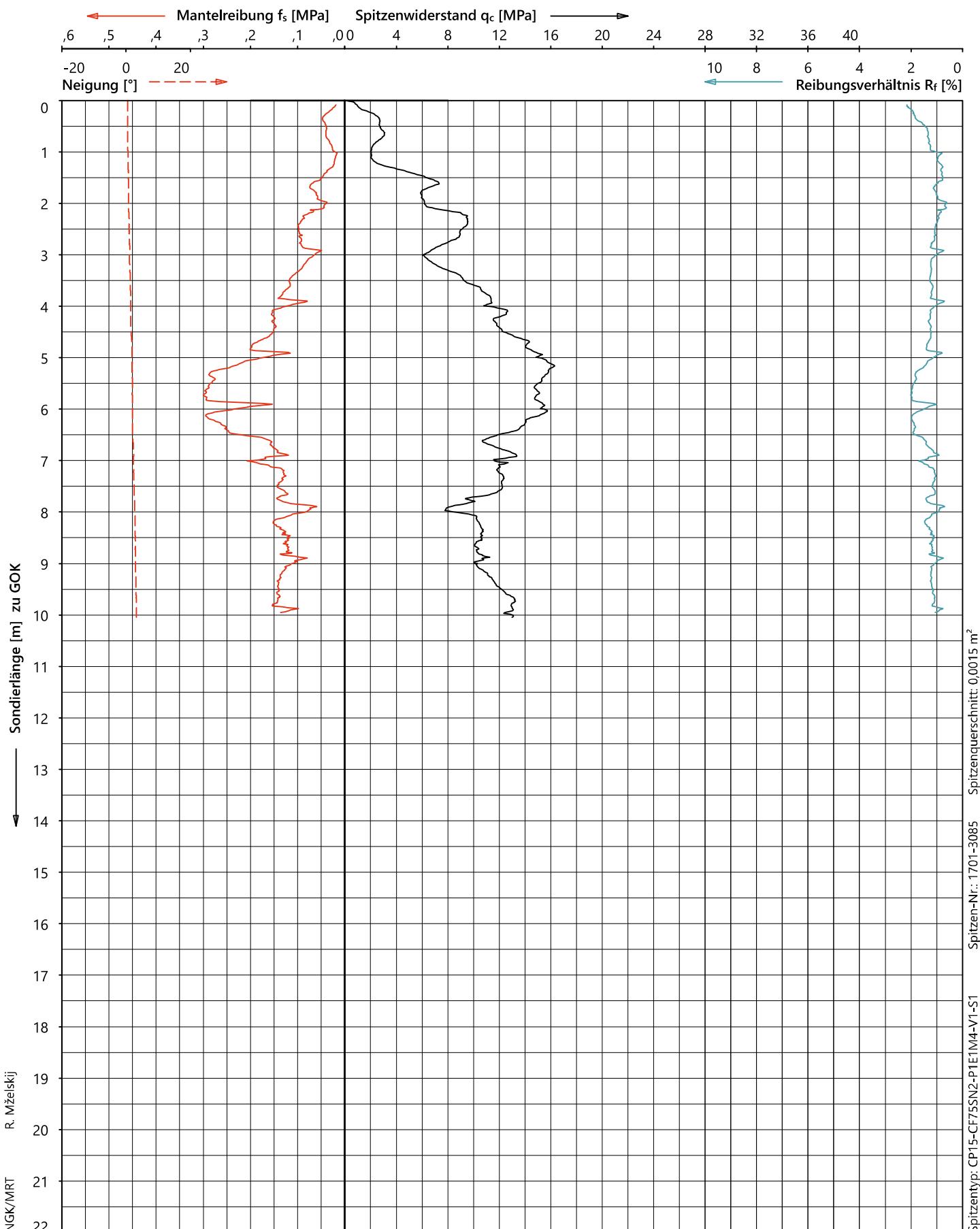
Titel:  
Druckdiagramme nach DIN EN ISO 22476-1

Anlage: 2.2



ANLAGE 3  
Drucksondierprotokolle

## ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



Ingenieurgeologie Dr. Lübbe GmbH &amp; Co. KG

WP Berge

Projektnr.: 280-24-0048-L

Sondierung: WEA-KSF

Datum: 21.08.2024

Sondierende: Solltiefe

Gelände: 0,00 m zu GOK

Endteufe: 10,05 m zu GOK

Spitzen-Nr.: 1701-3085

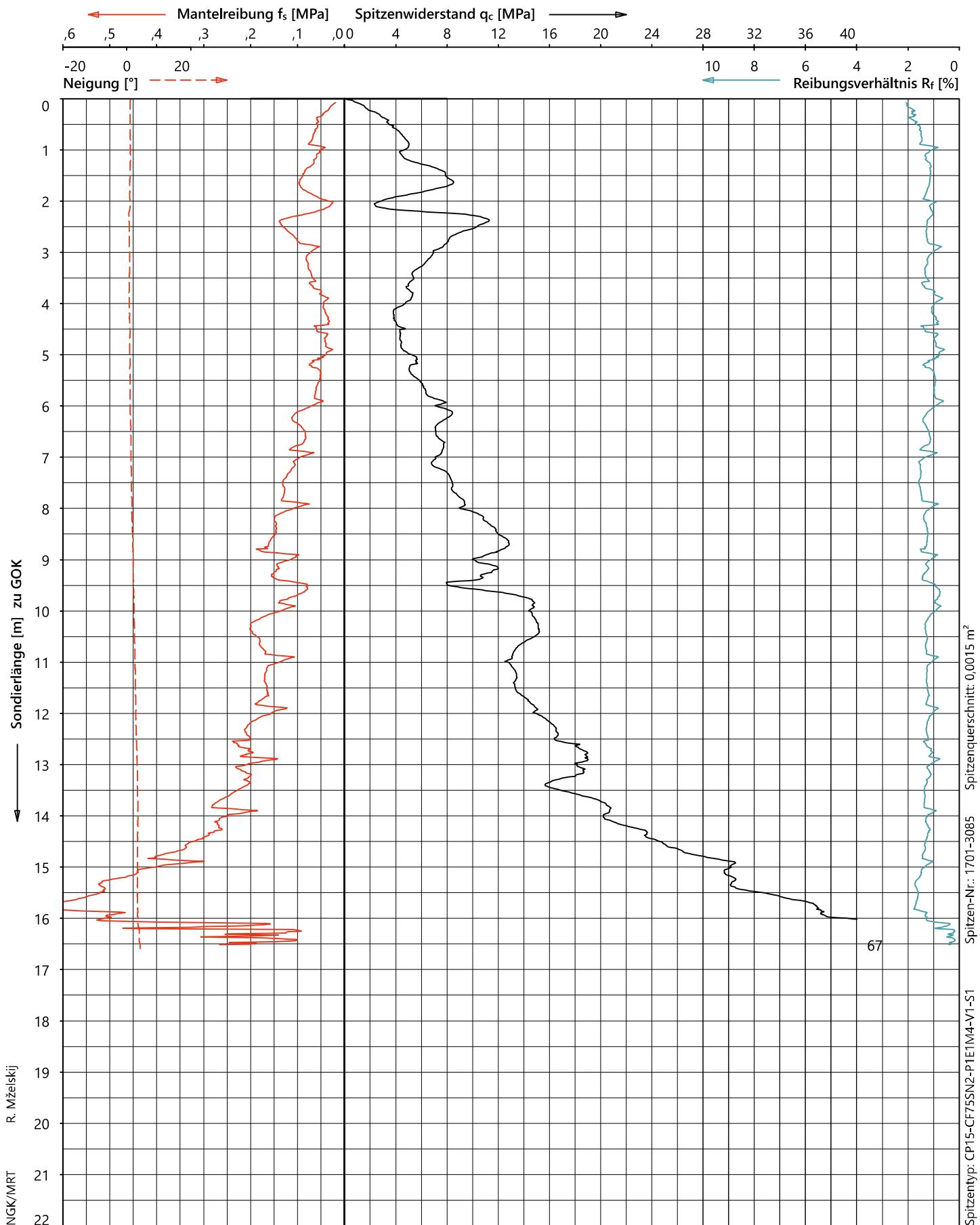
Spitzenquerschnitt: 0,0015 m<sup>2</sup>

Spitzentyp: CP15-CF75SN2-PIE1M4-V1-S1

DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

**FUGRO**

## ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



Ingenieurgeologie Dr. Lübbe GmbH &amp; Co. KG

WP Berge

Projektnr.: 280-24-0048-L

Sondierung: WEA-N

Datum: 21.08.2024

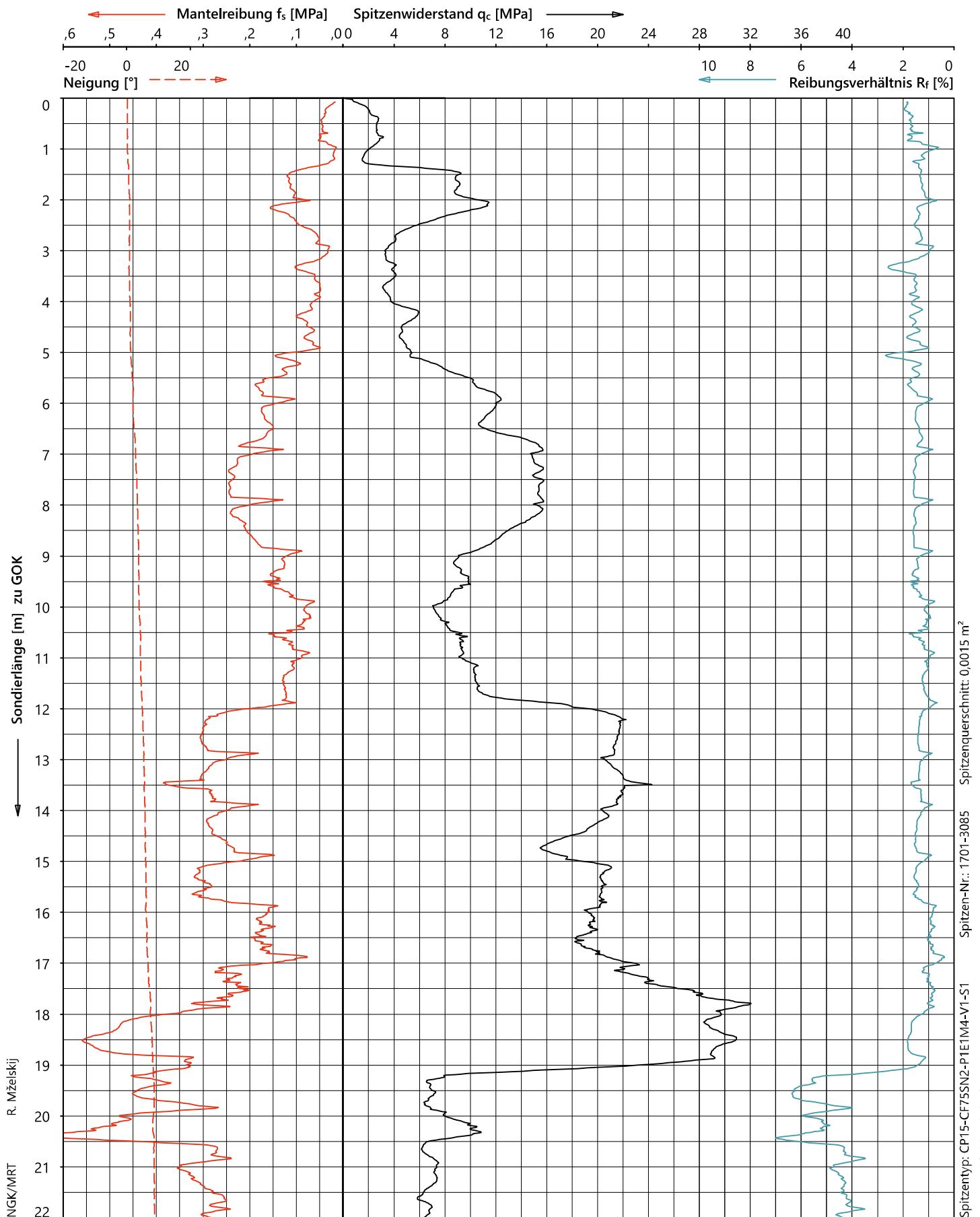
Sondierende: Auslastung

Gelände: 0,00 m zu GOK

Endteufe: 16,61 m zu GOK

Spitzentyp: CP15-CF75SN2-PIE1M4-V1-S1  
DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2Spitzen-Nr.: 1701-3085  
Spitzenquerschnitt: 0,0015 m<sup>2</sup>**FUGRO**

## ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



Ingenieurgeologie Dr. Lübbe GmbH &amp; Co. KG

WP Berge

Projektnr.: 280-24-0048-L

Sondierung: WEA-O

Datum: 21.08.2024

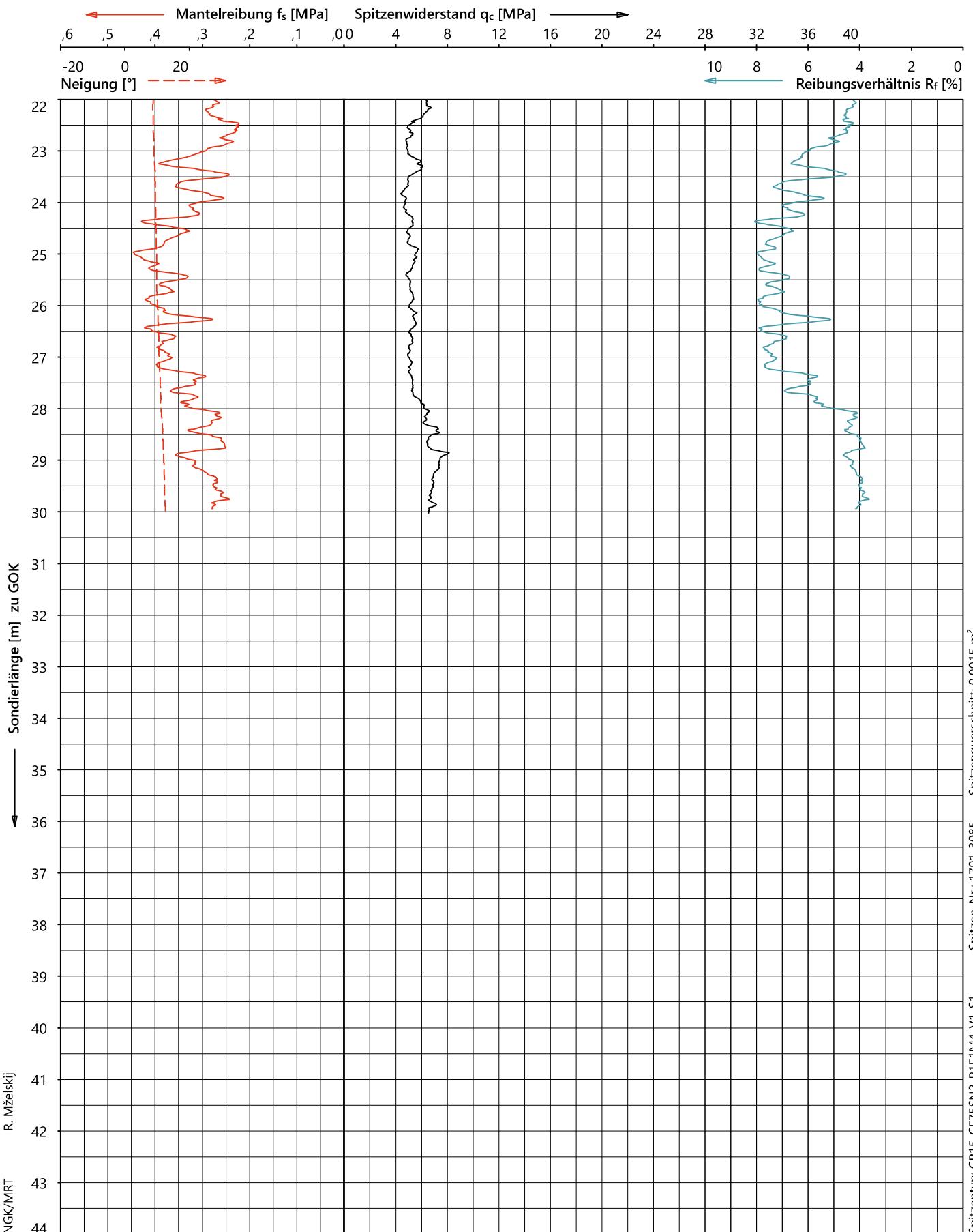
Sondierende: Solltiefe

Gelände: 0,00 m zu GOK

Endteufe: 30,03 m zu GOK

**FUGRO**

## ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



Ingenieurgeologie Dr. Lübbe GmbH &amp; Co. KG

WP Berge

Projektnr.: 280-24-0048-L

Sondierung: WEA-O

Datum: 21.08.2024

Sondierende: Solltiefe

Gelände: 0,00 m zu GOK

Endteufe: 30,03 m zu GOK

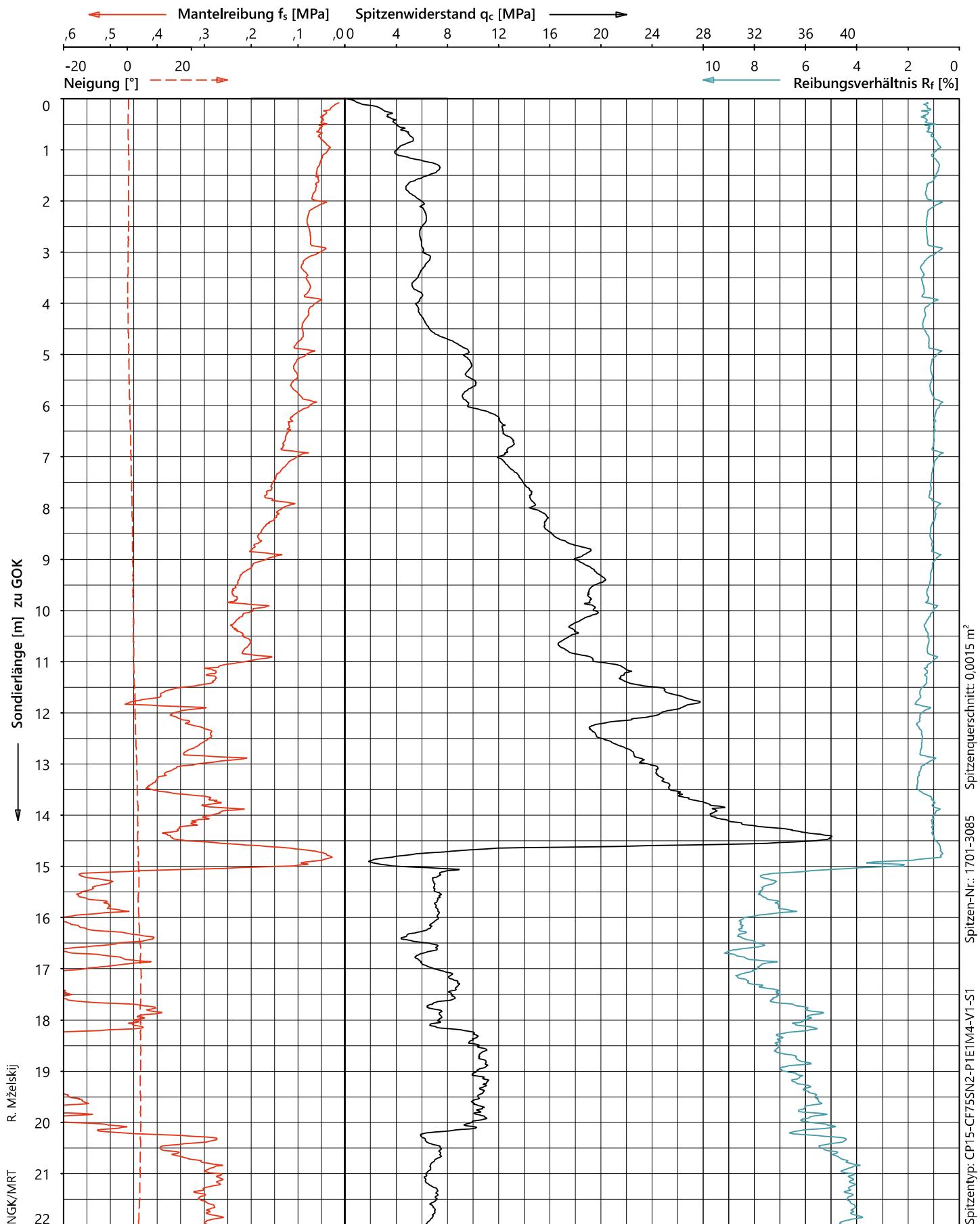
Spitzentyp: CP15-CF75SN2-PIE1M4-V1-S1

DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

Spitzen-Nr.: 1701-3085

Spitzenquerschnitt: 0,0015 m<sup>2</sup>**FUGRO**

## ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



Ingenieurgeologie Dr. Lübbe GmbH &amp; Co. KG

WP Berge

Projektnr.: 280-24-0048-L

Sondierung: WEA-S

Datum: 21.08.2024

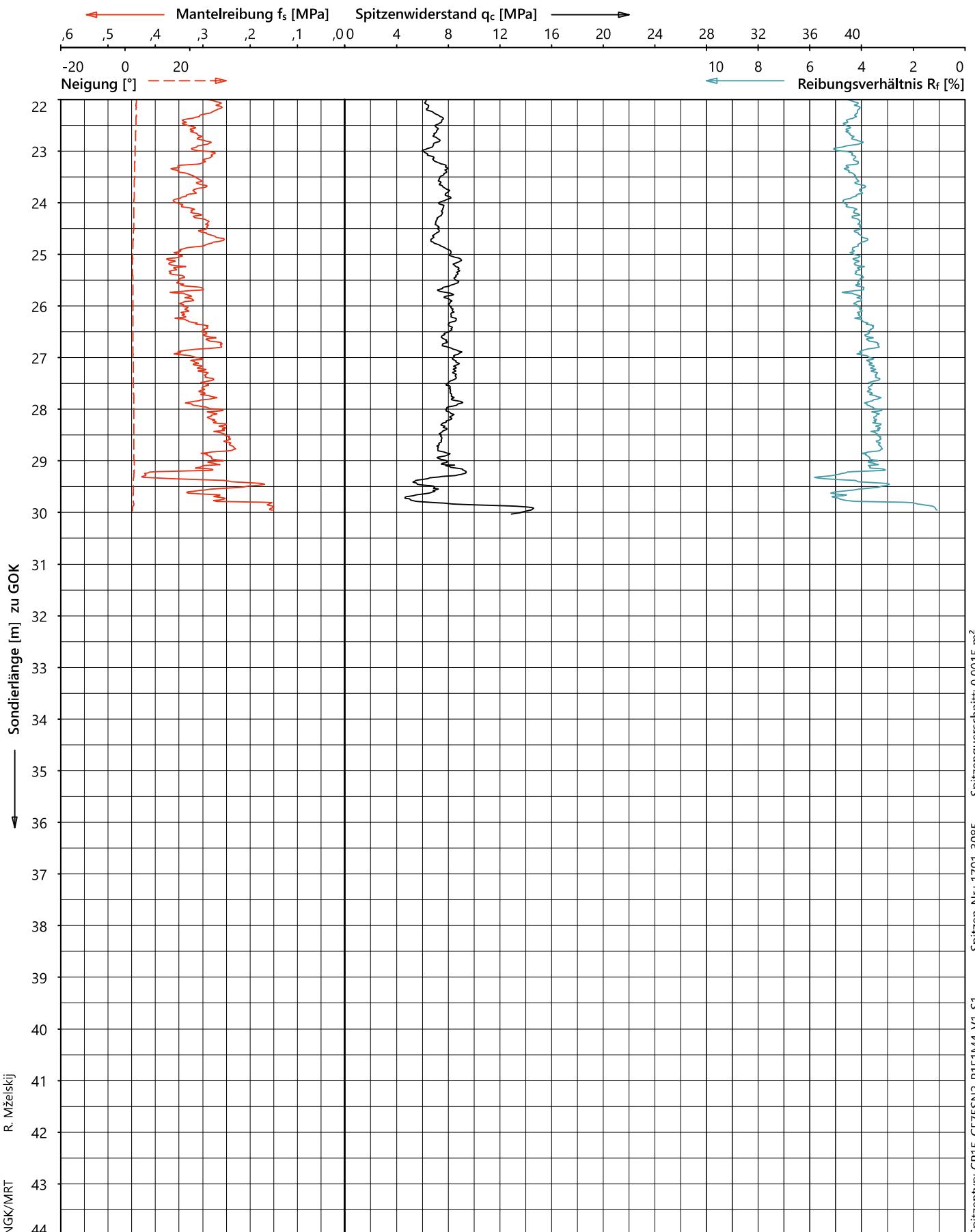
Sondierende: Solltiefe

Gelände: 0,00 m zu GOK

Endteufe: 30,04 m zu GOK

**FUGRO**

## ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



Ingenieurgeologie Dr. Lübbe GmbH &amp; Co. KG

WP Berge

Projektnr.: 280-24-0048-L

Sondierung: WEA-S

Datum: 21.08.2024

Sondierende: Solltiefe

Gelände: 0,00 m zu GOK

Endteufe: 30,04 m zu GOK

Spitzen-Nr.: 1701-3085

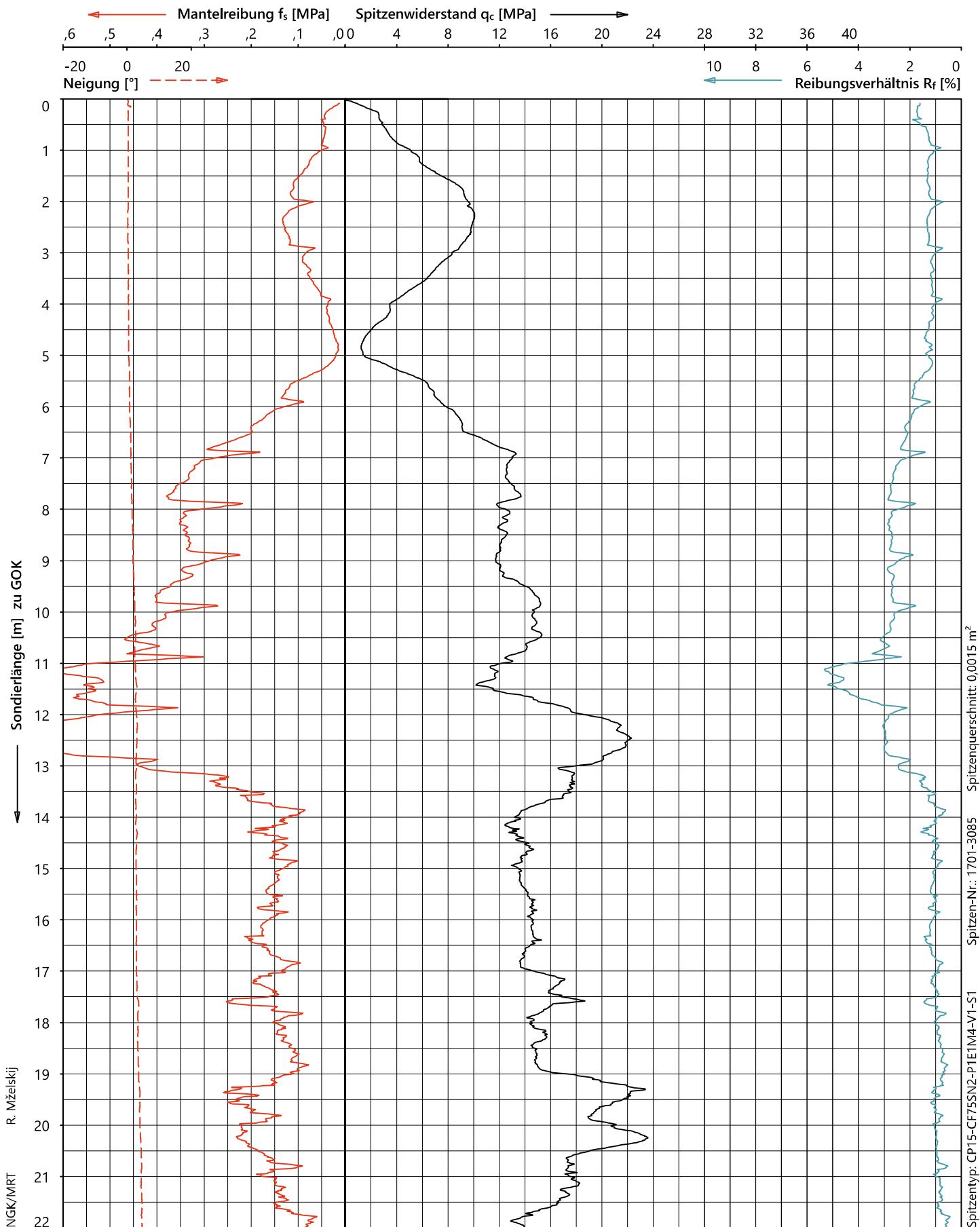
Spitzenquerschnitt: 0,0015 m<sup>2</sup>

Spitzentyp: CP15-CF75SN2-PIE1M4-V1-S1

DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

**FUGRO**

## ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



Ingenieurgeologie Dr. Lübbe GmbH &amp; Co. KG

WP Berge

Projektnr.: 280-24-0048-L

Datum: 21.08.2024

Sondierung: WEA-W

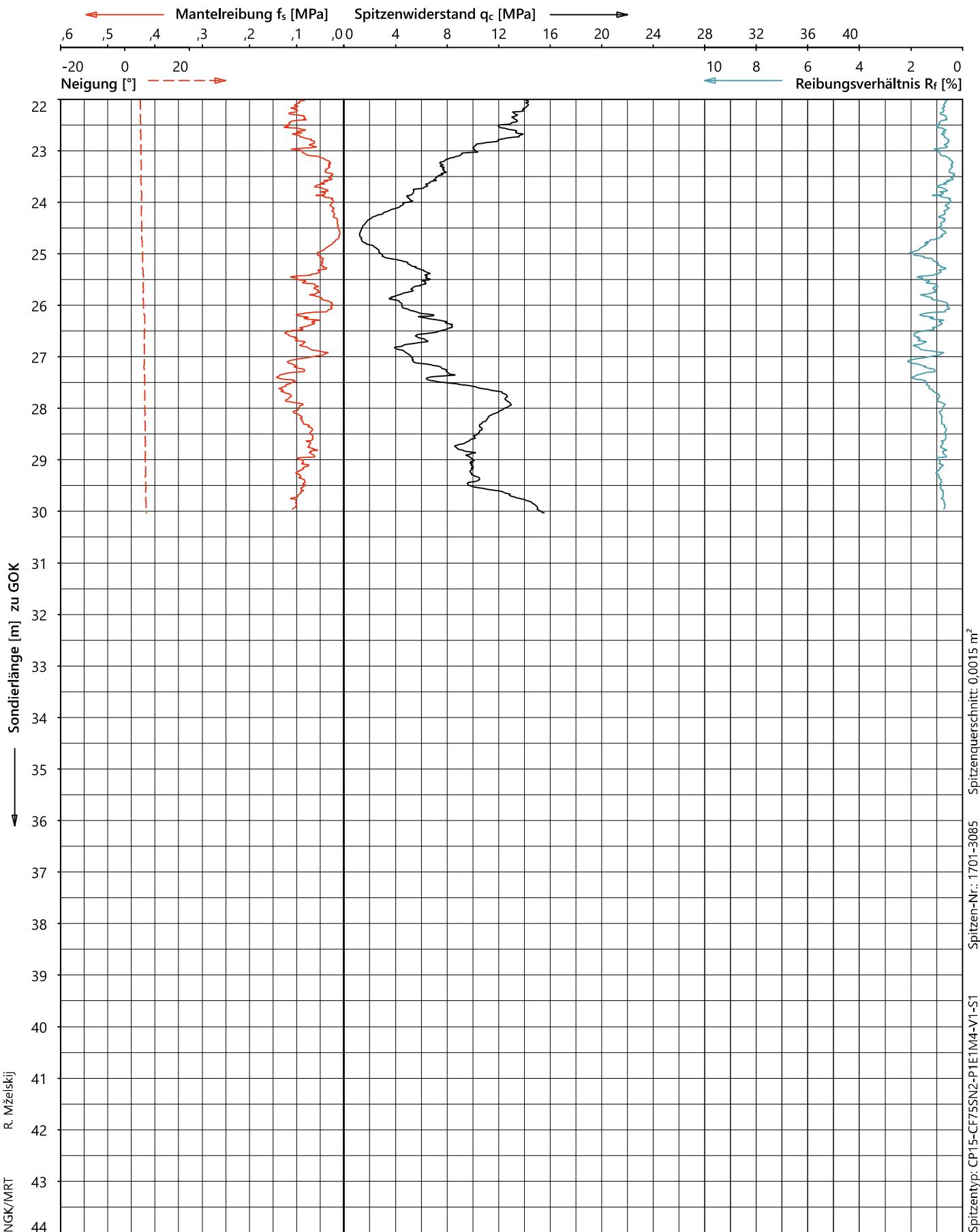
Sondierende: Solltiefe

Gelände: 0,00 m zu GOK

Endteufe: 30,04 m zu GOK

**FUGRO**

## ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



Ingenieurgeologie Dr. Lübbe GmbH &amp; Co. KG

WP Berge

Projektnr.: 280-24-0048-L

Sondierung: WEA-W

Datum: 21.08.2024

Sondierende: Solltiefe

Gelände: 0,00 m zu GOK

Endteufe: 30,04 m zu GOK

Spitzentyp: CP15-CF75SN2-PIE1M4-V1-S1

DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

Spitzen-Nr.: 1701-3085

Spitzenquerschnitt: 0,0015 m<sup>2</sup>**FUGRO**



#### ANLAGE 4

Körnungslinien, DIN EN ISO 17892-4

INGENIEURGEOLOGIE  
**DR. LÜBBE**  
 GMBH & CO. KG

Bearbeiter: N. Willers

Datum: 04.09.2024

# Körnungslinie

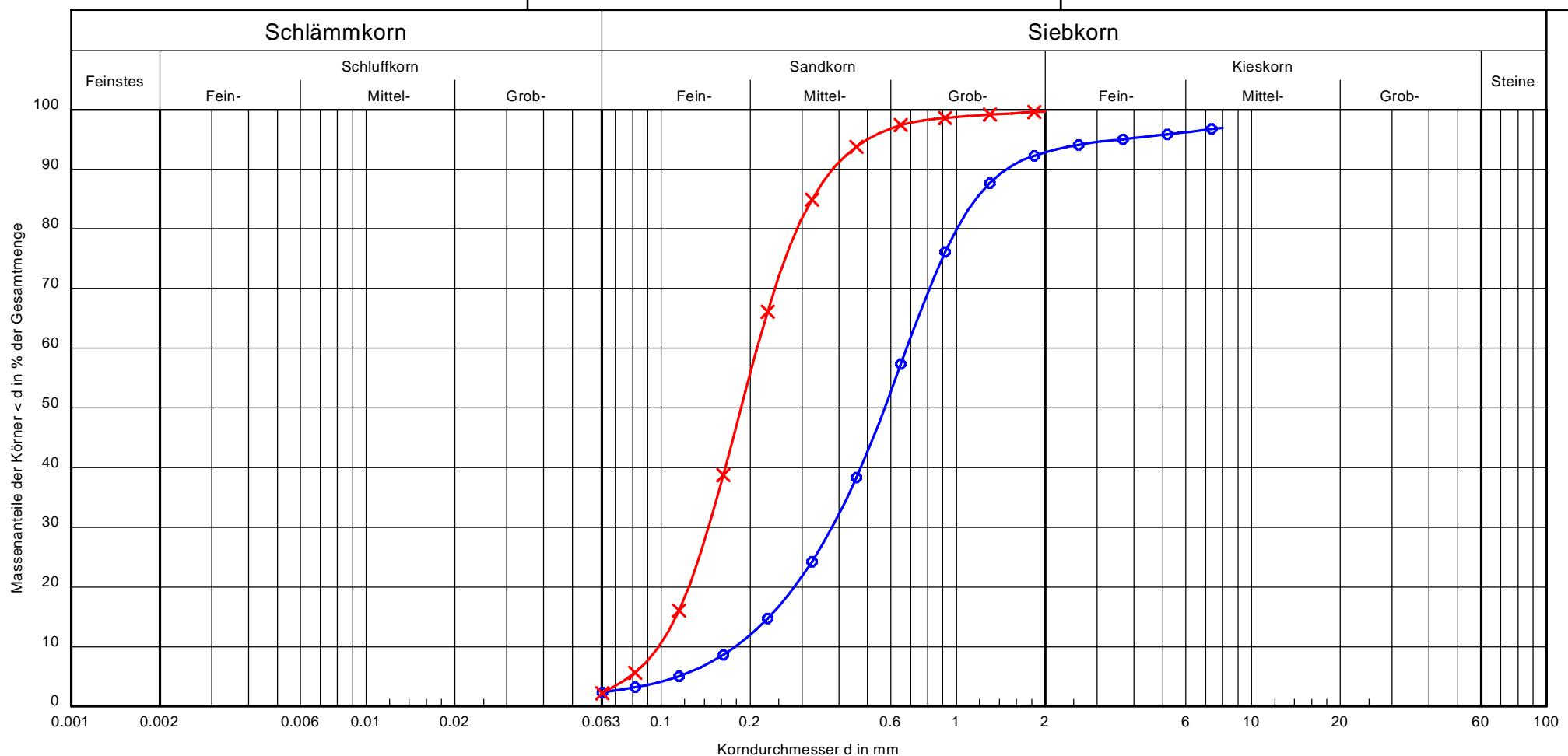
## WP Berge

Prüfungsnummer: 2024-0051

Probe entnommen am: 30.07.2024

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: DIN EN ISO 17892-4



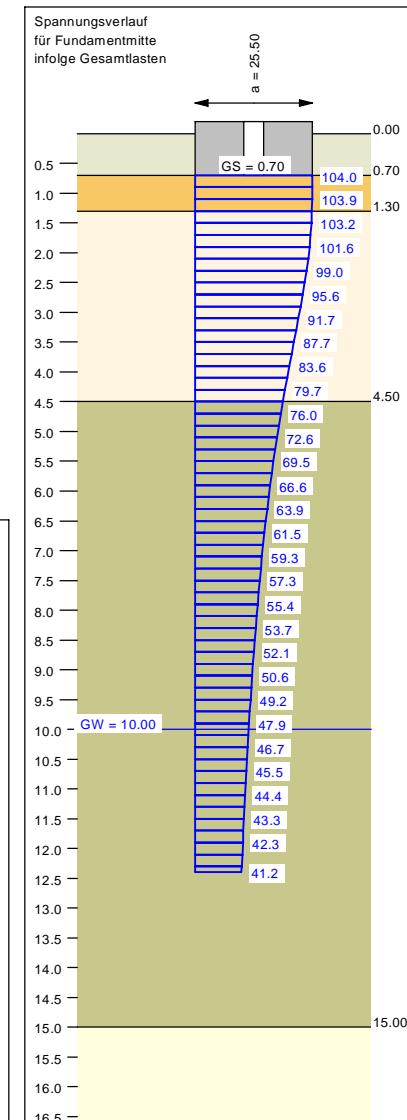
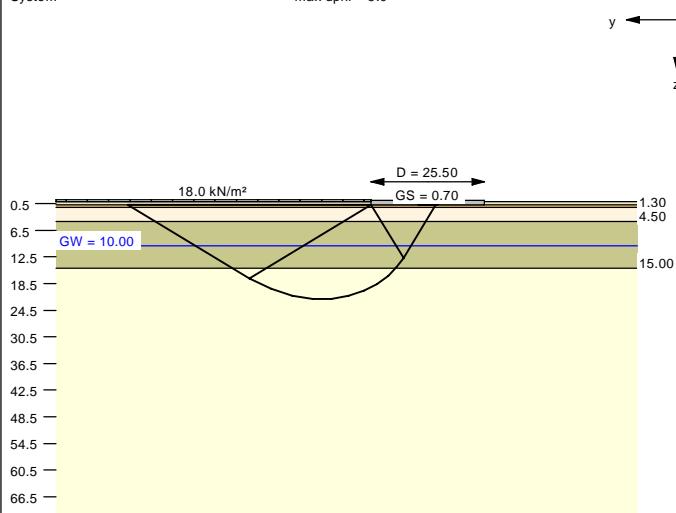
Bezeichnung:			Bemerkungen:	Bericht: 2024-0051
Bodenart:	mS, gS, g', fs'	fs, ms		Anlage: 4
Tiefe:	0,55 - 1,40 m	1,40 - 4,60 m		
U/Cc	3,8/1,2	2,2/1,0		
Entnahmestelle:	RKS 1-2	RKS 1-3		
k <sub>f</sub> (HAZEN):	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$		
T/U/S/G [%]:	- / 2,3 / 90,5 / 7,2	- / 2,2 / 97,8 / -		
Frostsicherheit:	F1	F1		



### ANLAGE 5.1-5.3

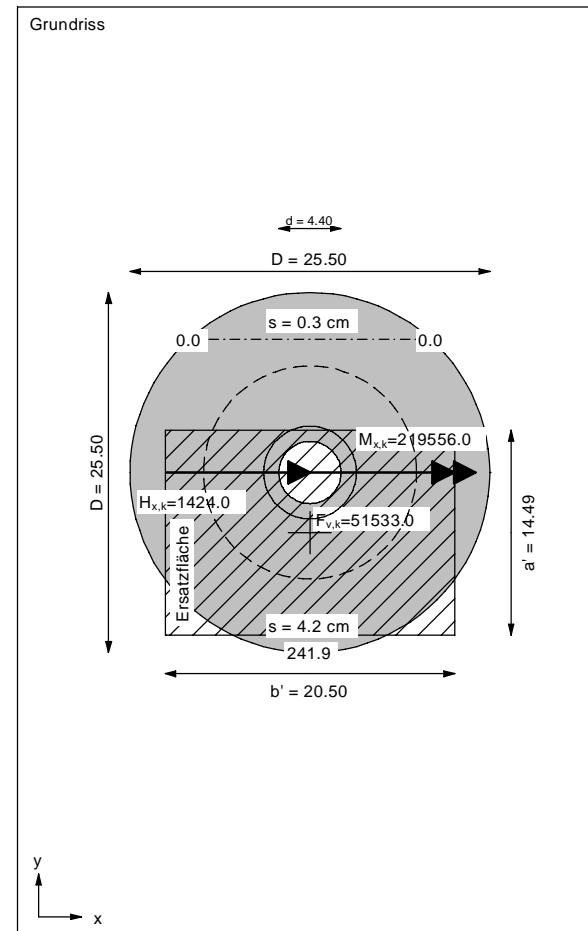
Setzungsberechnungen, Grundbuch, Drehfeder

Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m³]	$\varphi$ [°]	c [kN/m²]	v [-]	$E_s$ [MN/m²]	$\kappa$ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	30.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	45.0	0.0	0.00	80.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	32.5	0.0	0.00	30.0	1.000	Sand, lo
	18.0/10.0	35.0	0.0	0.00	40.0	1.000	Sand, md
	19.0/10.0	27.5	20.0	0.00	40.0	1.000	Ton, hf



Berechnungsgrundlagen:  
WP Berge, WEA 1, BS-P  
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_d = 1.50$   
 $\gamma_{R,h} = 1.10$   
Gleitsicherheit mit  $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungsohle = 0.70 m  
Grundwasser = 10.00 m  
Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$   
— 1. Kernweite  
--- 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:

Lasten = ständig / veränderlich  
Vertikallast  $F_{v,k} = 51533.00 / 0.00$  kN  
Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 1424.00 / 0.00$  kN  
Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
Moment  $M_{x,k} = 219556.00 / 0.00$  kN·m  
Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
Durchmesser D = 25.500 m  
Durchmesser (innen) d = 4.400 m  
Unter Lasten:  
Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
Exzentrizität  $e_y = -4.260$  m  
Resultierende im 2. Kern (= 7.542 m)  
a' = 14.485 m  
b' = 20.504 m  
Unter Gesamtlasten:  
Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
Exzentrizität  $e_y = -4.260$  m  
Resultierende im 2. Kern (= 7.542 m)  
a' = 14.485 m  
b' = 20.504 m

Grundbruch:

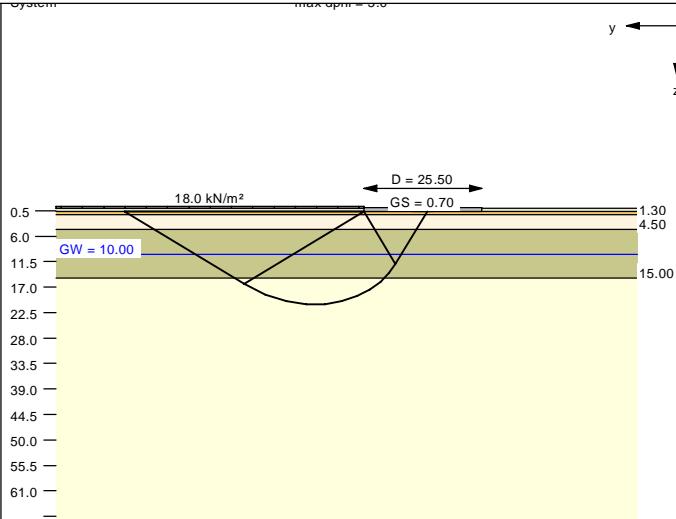
Durchstanzen untersucht,  
aber nicht maßgebend.  
Auflast (Grundbruch) = 18.00 kN/m²  
Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1971.7 / 1408.39$  kN/m²  
 $R_{n,k} = 585623.19$  kN  
 $R_{n,d} = 418302.28$  kN  
 $V_d = 1.35 \cdot 51533.00 + 1.50 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 69569.55$  kN

$\mu$  (parallel zu y) = 0.166  
cal  $\varphi = 27.7^\circ$   
 $\varphi$  wegen 5° Bedingung abgemindert  
cal c = 9.48 kN/m²  
cal  $\gamma_2 = 14.82$  kN/m³  
cal  $\sigma_u = 30.60$  kN/m²  
UK log. Spirale = 21.93 m u. GOK  
Länge log. Spirale = 84.71 m  
Fläche log. Spirale = 933.48 m²  
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):  
 $N_{c0} = 25.26$ ;  $N_{d0} = 14.28$ ;  $N_b = 6.98$   
Formbeiwerte (y):  
 $v_c = 1.353$ ;  $v_d = 1.329$ ;  $v_b = 0.788$   
Neigungsbeiwerte (y):  
 $i_c = 0.958$ ;  $i_d = 0.961$ ;  $i_b = 0.935$

Gleitwiderstand:  
Teilsicherheit (Gleitwiderstand)  $\gamma_{R,h} = 1.10$   
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 51533.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$   
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27047.81$  kN  
 $T_d = 1922.40$  kN  
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.071$

Setzung infolge Gesamtlasten:  
Grenztiefe  $t_g = 12.40$  m u. GOK  
Setzung (Mittel aller KPs) = 2.26 cm  
Setzungen der KPs:  
oben = 0.30 cm  
unten = 4.21 cm  
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 551.2  
Drehfedersteifigkeit:  
 $K_{\varphi,x} = 121011.4$  MN·m/rad

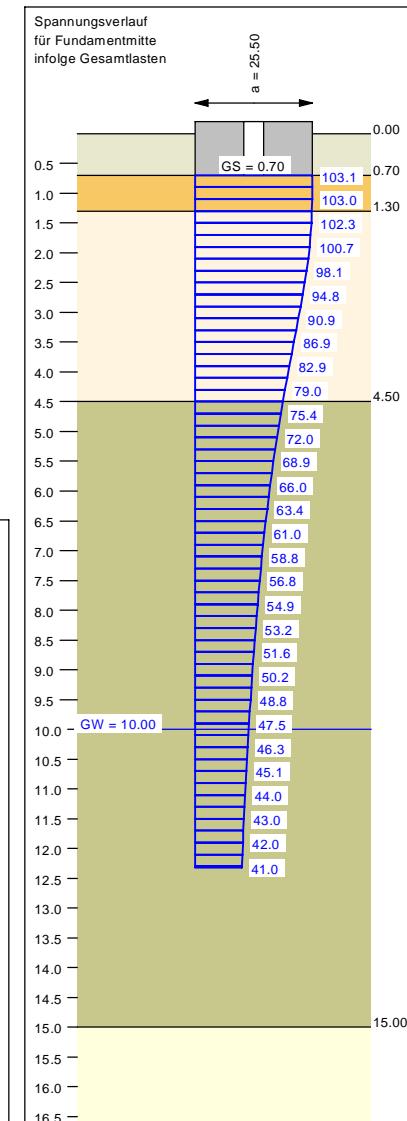
Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m³]	$\varphi$ [°]	c [kN/m²]	v [-]	$E_s$ [MN/m²]	$\kappa$ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	30.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	45.0	0.0	0.00	80.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	32.5	0.0	0.00	30.0	1.000	Sand, lo
	18.0/10.0	35.0	0.0	0.00	40.0	1.000	Sand, md
	19.0/10.0	27.5	20.0	0.00	40.0	1.000	Ton, hf



Ergebnisse Einzelfundament:

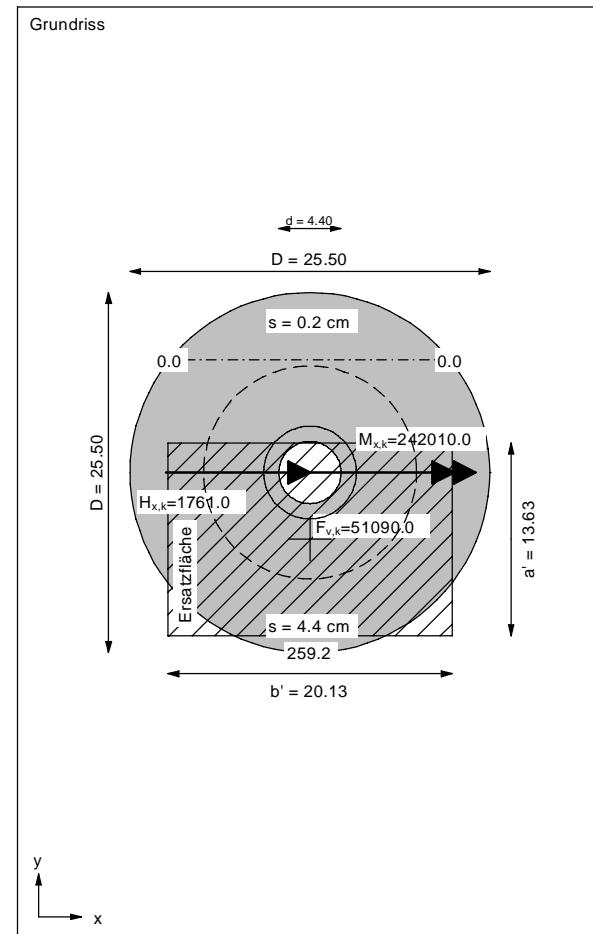
Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 51090.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 1761.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 242010.00 / 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser D = 25.500 m  
 Durchmesser (innen) d = 4.400 m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -4.737$  m  
**Resultierende im 2. Kern (= 7.542 m)**  
 $a' = 13.627$  m  
 $b' = 20.130$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -4.737$  m  
**Resultierende im 2. Kern (= 7.542 m)**  
 $a' = 13.627$  m  
 $b' = 20.130$  m  
 Grundbruch:  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Auflast (Grundbruch) = 18.00 kN/m²  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1881.2 / 1343.74$  kN/m²  
 $R_{n,k} = 516046.96$  kN  
 $R_{n,d} = 368604.97$  kN  
 $V_d = 1.35 \cdot 51090.00 + 1.50 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 68971.50$  kN

$\mu$  (parallel zu y) = 0.187  
 cal  $\varphi = 27.7$  °  
 $\varphi$  wegen 5° Bedingung abgemindert  
 cal c = 8.78 kN/m²  
 cal  $\gamma_2 = 15.07$  kN/m³  
 cal  $\sigma_u = 30.60$  kN/m²  
 UK log. Spirale = 20.68 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 79.74 m  
 Fläche log. Spirale = 827.03 m²  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):  
 $N_{c0} = 25.29$ ;  $N_{d0} = 14.30$ ;  $N_{b0} = 6.99$   
 Formbeiwerte (y):  
 $v_c = 1.339$ ;  $v_d = 1.315$ ;  $v_b = 0.797$   
 Neigungsbeiwerte (y):  
 $i_c = 0.948$ ;  $i_d = 0.952$ ;  $i_b = 0.919$   
 Gleitwiderstand:  
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand)  $\gamma_{R,h} = 1.10$   
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 51090.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$   
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 26815.30$  kN  
 $T_d = 2377.35$  kN  
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.089$   
 Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 12.32$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.33 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 0.22 cm  
 unten = 4.44 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 511.6  
 Drehfedersteifigkeit:  
 $K_{\varphi,x} = 123820.5$  MN·m/rad

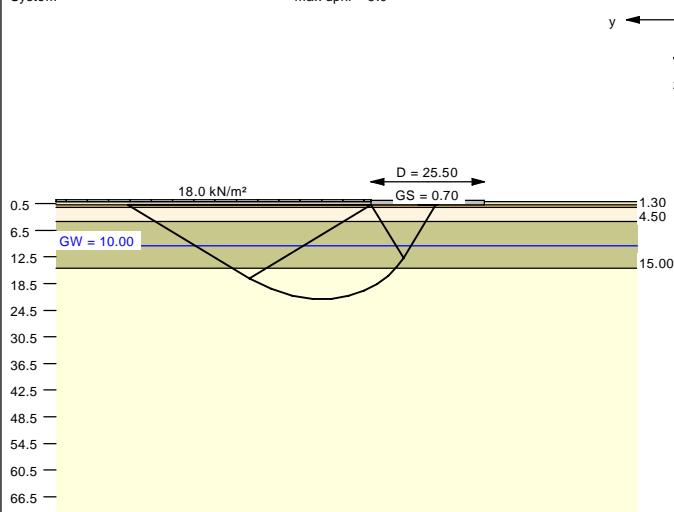


Berechnungsgrundlagen:  
 WP Berge, WEA 1, BS-A  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_a = 1.50$   
 $\gamma_{R,h} = 1.10$   
 Gleitsicherheit mit  $\varphi = 30.00$  °

Gründungsohle = 0.70 m  
 Grundwasser = 10.00 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 ——— 1. Kernweite  
 - - - - 2. Kernweite

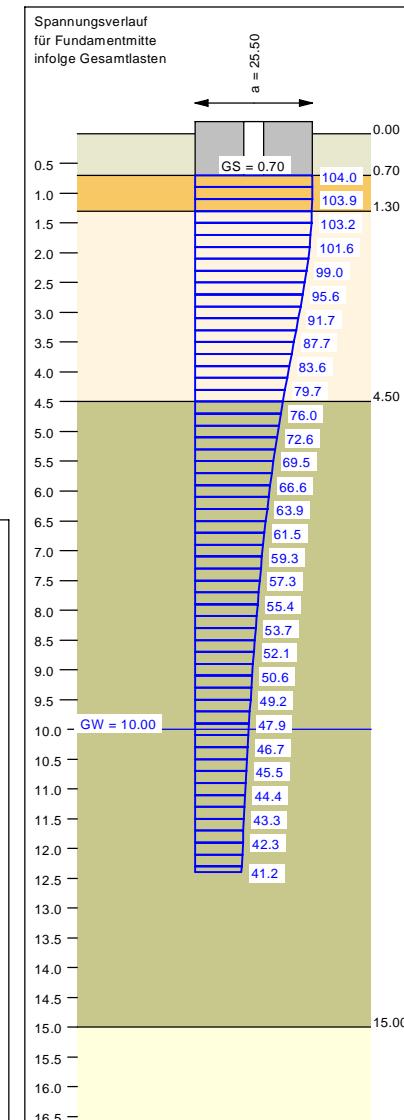


Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m³]	$\varphi$ [°]	c [kN/m²]	v [-]	$E_s$ [MN/m²]	$\kappa$ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	150.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	45.0	0.0	0.00	240.0	1.000	BA, STS
	18.0/10.0	32.5	0.0	0.00	150.0	1.000	Sand, lo
	18.0/10.0	35.0	0.0	0.00	160.0	1.000	Sand, md
	19.0/10.0	27.5	20.0	0.00	160.0	1.000	Ton, hf



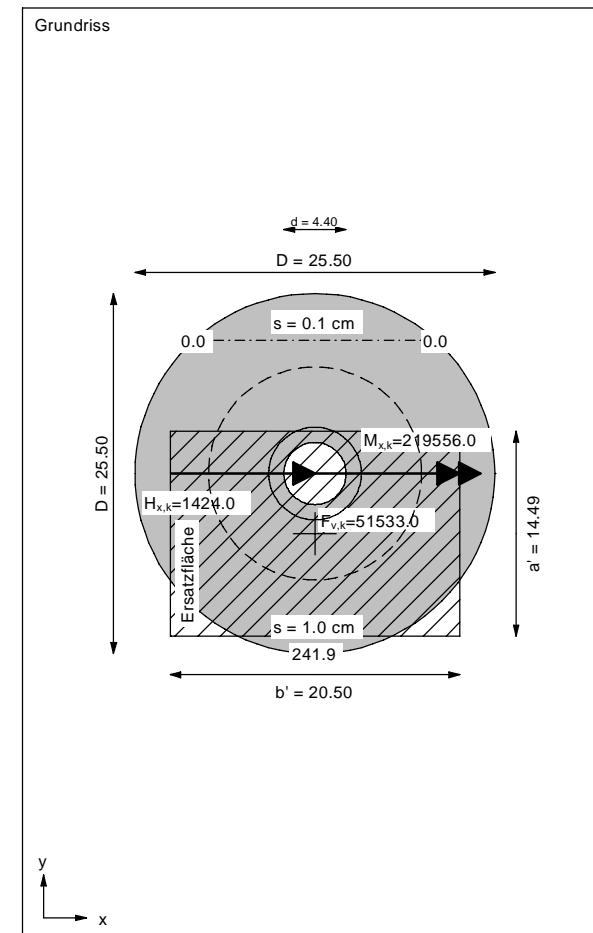
Ergebnisse Einzelfundament:  
Lasten = ständig / veränderlich  
Vertikallast  $F_{v,k} = 51533.00 / 0.00$  kN  
Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 1424.00 / 0.00$  kN  
Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
Moment  $M_{x,k} = 219556.00 / 0.00$  kN·m  
Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
Durchmesser D = 25.500 m  
Durchmesser (innen) d = 4.400 m  
Unter ständigen Lasten:  
Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
Exzentrizität  $e_y = -4.260$  m  
Resultierende im 2. Kern (= 7.542 m)  
 $a' = 14.485$  m  
 $b' = 20.504$  m  
Unter Gesamtlasten:  
Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
Exzentrizität  $e_y = -4.260$  m  
Resultierende im 2. Kern (= 7.542 m)  
 $a' = 14.485$  m  
 $b' = 20.504$  m  
Grundbruch:  
Durchstanzen untersucht,  
aber nicht maßgebend.  
Auflast (Grundbruch) = 18.00 kN/m²  
Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1971.7 / 1408.39$  kN/m²  
 $R_{n,k} = 585623.19$  kN  
 $R_{n,d} = 418302.28$  kN  
 $V_d = 1.35 \cdot 51533.00 + 1.50 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 69569.55$  kN

$\mu$  (parallel zu y) = 0.166  
cal  $\varphi = 27.7^\circ$   
 $\varphi$  wegen 5° Bedingung abgemindert  
cal c = 9.48 kN/m²  
cal  $\gamma_2 = 14.82$  kN/m³  
cal  $\sigma_u = 30.60$  kN/m²  
UK log. Spirale = 21.93 m u. GOK  
Länge log. Spirale = 84.71 m  
Fläche log. Spirale = 933.48 m²  
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):  
 $N_{c0} = 25.26$ ;  $N_{d0} = 14.28$ ;  $N_b = 6.98$   
Formbeiwerte (y):  
 $v_c = 1.353$ ;  $v_d = 1.329$ ;  $v_b = 0.788$   
Neigungsbeiwerte (y):  
 $i_c = 0.958$ ;  $i_d = 0.961$ ;  $i_b = 0.935$   
Gleitwiderstand:  
Teilsicherheit (Gleitwiderstand)  $\gamma_{R,h} = 1.10$   
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 51533.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$   
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27047.81$  kN  
 $T_d = 1922.40$  kN  
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.071$   
Setzung infolge Gesamtlasten:  
Grenztiefe  $t_g = 12.40$  m u. GOK  
Setzung (Mittel aller KPs) = 0.52 cm  
Setzungen der KPs:  
oben = 0.07 cm  
unten = 0.97 cm  
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 2414.2  
Drehfedersteifigkeit:  
 $K_{\varphi,x} = 530058.5$  MN·m/rad



Berechnungsgrundlagen:  
WP Berge, WEA 1, dyn. Drehfeder  
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_a = 1.50$   
 $\gamma_{R,h} = 1.10$   
Gleitsicherheit mit  $\varphi = 30.00^\circ$

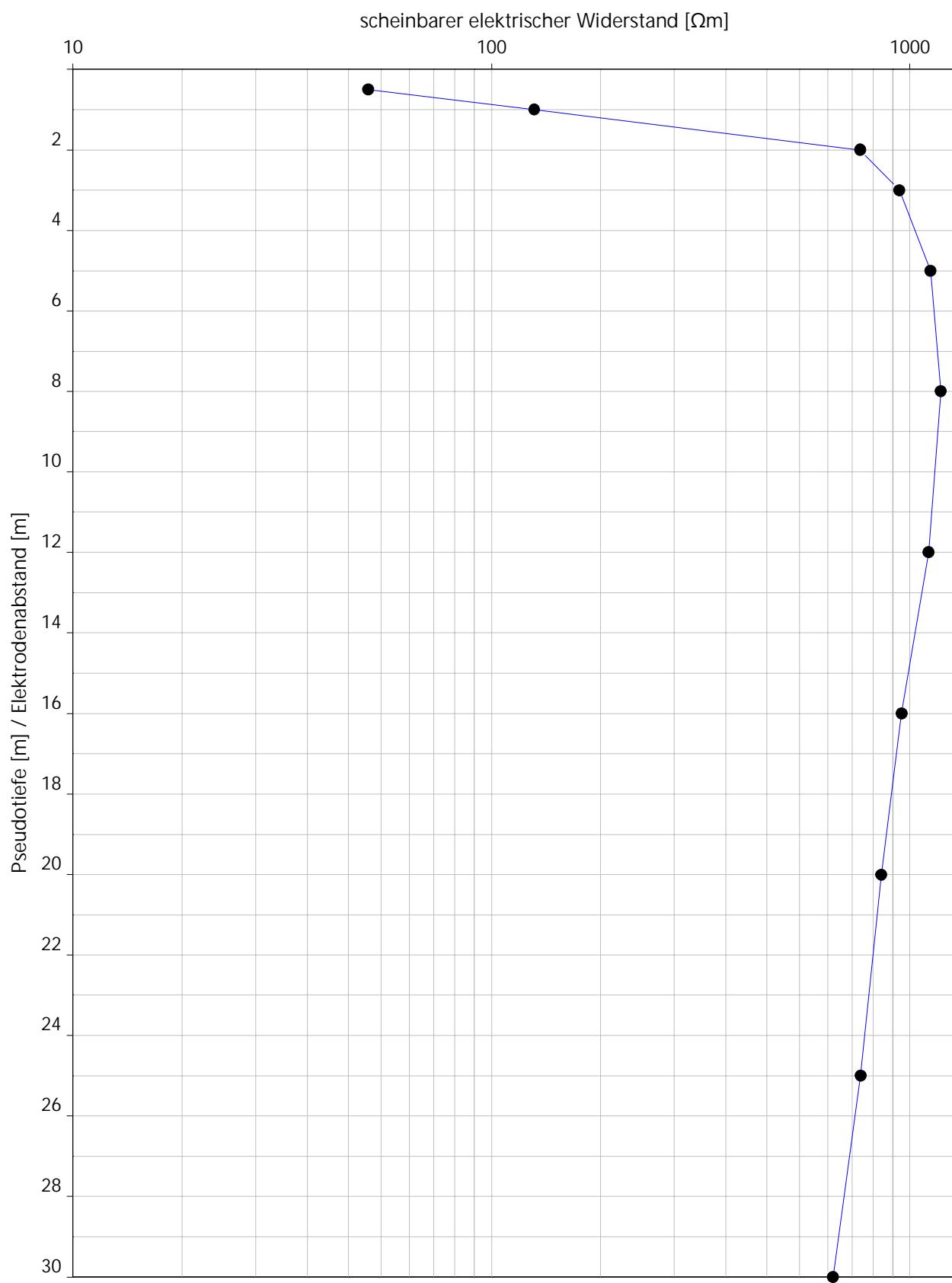
Gründungsohle = 0.70 m  
Grundwasser = 10.00 m  
Grenztiefe mit p = 20.0 %  
— 1. Kernweite  
- - - 2. Kernweite





## ANLAGE 6

Diagramm der Wenner Sondierungen



Geoelektrische Tiefensondierung Wenner (VES)



Fugro Germany Land GmbH  
Land Site Characterisation CPT  
Goebelstr. 25, 28865 Lünen  
Tel: +49 4298 93720 Fax: 937220

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe GmbH & Co. KG  
WP Berge

Datum: 21.08.2024  
Bearbeiter: J. Klose

Projekt: 280-24-0048-L  
Lokation: WEA 01 N-S

## Ergebnistabelle

Pseudotiefe / scheinbarer elektrischer Widerstand [Ωm]

Elektroden-  
abstand [m] WEA 01

0,50	50,8
1,00	126,4
2,00	761,7
3,00	943,3
5,00	1120,9
8,00	1186,5
12,00	1111,0
16,00	954,5
20,00	854,4
25,00	764,2
30,00	655,8

Geoelektrische Tiefensondierung Wenner (VES)



Fugro Germany Land GmbH  
 Land Site Characterisation CPT  
 Wolfener Str. 36 U, 12681 Berlin  
 Tel: +49 30 936510 Fax: 93651350

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe GmbH & Co. KG  
 WP Berge

Datum: 21.08.2024 -  
 Bearbeiter: J. Klose

Projekt: 280-24-0048-L