



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

Baugrunderkundung
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. Lübke 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 BEAUFTRAGUNG.....	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, Wiederverwendung 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,
- Technische 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 $\delta_{\max,BS-P} = 262 \text{ kN/m}^2$ bzw. $\delta_{\max,BS-A} = 292 \text{ kN/m}^2$ 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 Aufschlusstiefen 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 angesprochen und in ein Schichtenverzeichnis aufgenommen. Die Ergebnisse sind in Anlage 2.1-2.2 als Bohrprofile nach DIN 4023 zusammen mit den Drucksondierdiagrammen 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 (Anlage 4).

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

Die Setzungs- und Grundbruchermittlungen sowie die Berechnungen der Drehfedersteifigkeiten für eine Flachgründung sind als Anlage 5.1-5.3 beigelegt.

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

III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

1. Boden

Nach der Kartenserie Geologie vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Geologische Karte 1 : 50 000, stehen im Untersuchungsgebiet weichselzeitliche Geschiebedecksande über drenthezeitlichen glaziofluvialen Schmelzwassersanden an. Im tieferen Untergrund sind tertiäre Tone und Schluffe 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 vorgenommen werden:

Lagerungsdichte	Spitzenwiderstand (qc) (aus CPT) MN/m ²	Wirksamer Reibungswinkel (φ')
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 Kranstellfläche wie folgt zusammengefasst werden (vgl. Tabelle 4):



Tiefe (bis m u. GOK min./max.)	Mächtigkeit (m)	Bodenschicht (Spitzendruck qc in MN/m²)	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 (qc = 2-10)	Nicht bindig	Mäßig tragfähig
15,0/23,0	9,0-16,5	Schmelzwassersande, Fein- bis Mittelsand Überwiegend mitteldicht bis dicht; (qc = 10->25), Auflockerungszonen möglich: (qc = 5)	nicht bindig	Geeignet bis sehr gut
> 30,0	> 10,0	Tertiärer Ton/Schluff Halbfest bis fest (qc = 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 Aufschlusstiefe der Drucksondierungen von 30,0 m unter GOK tertiäre schluffig-tonige Schichten bei denen es sich um Beckenschluffe handelt.

Nach den vorliegenden Baugrunderkundungen 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 Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) folgende Durchlässigkeitsbereiche unterschieden (*Tabelle 6*):

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

Tabelle 6: Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18130.

Die anstehenden Sande sind mit einem mittleren Durchlässigkeitsbeiwert 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	$\leq 0,06$ 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 ³)		1,6-1,7	1,8-1,9
Undrainierte Scherfestigkeit* (kN/m ²)		-	-
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 durchgeführten klassifizierenden Laborversuchen (*Körnungsanalysen*) zugewiesen. Danach können in Anlehnung an TÜRKE (1998), EAU (2012) und eigenen Erfahrungswerten die in Tabelle 8 aufgeführten statischen und dynamischen Bodenkennwerte bei erdstatischen Berechnungen zugrunde gelegt werden.

Bezeichnung	Boden- gruppe DIN 18196	Lagerungs- dichte/ Konsis- tenz	Wichte erdfeucht/ u. Auftrieb cal γ / cal γ' [kN/m ³]	Reibungs- winkel cal ϕ [°]	Kohäsion cal-c' kN/m ²	Steifemodul statisch/ dynamisch E _s [MN/m ²]	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 abzuschleiben. 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 Beckenschluffe.

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 $k_{\text{phi,dyn}} \geq 200\,000 \text{ MNm/rad}$ und $k_{\text{phi,stat}} \geq 40\,000 \text{ MNm/rad}$ 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: ≥40.000	dynamisch soll: ≥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 ≥ 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° 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 Kranstellflächen der Einbau einer mindestens 0,30 m mächtigen Schottertragschicht ($E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$, $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,30$).

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.



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 Lübke 25. September 2024 | 14:00 MESZ



ANLAGE 1

Lageplan



LEGENDE

- RKS 1

Rammkernsondierung WEA
- CPT 1-N

Drucksondierung
- RKS 3-K
CPT 3-K

Rammkernsondierung und
Drucksondierung KAF



INGENIEURGEOLOGIE
DR. LÜBBE
GMBH & CO. KG

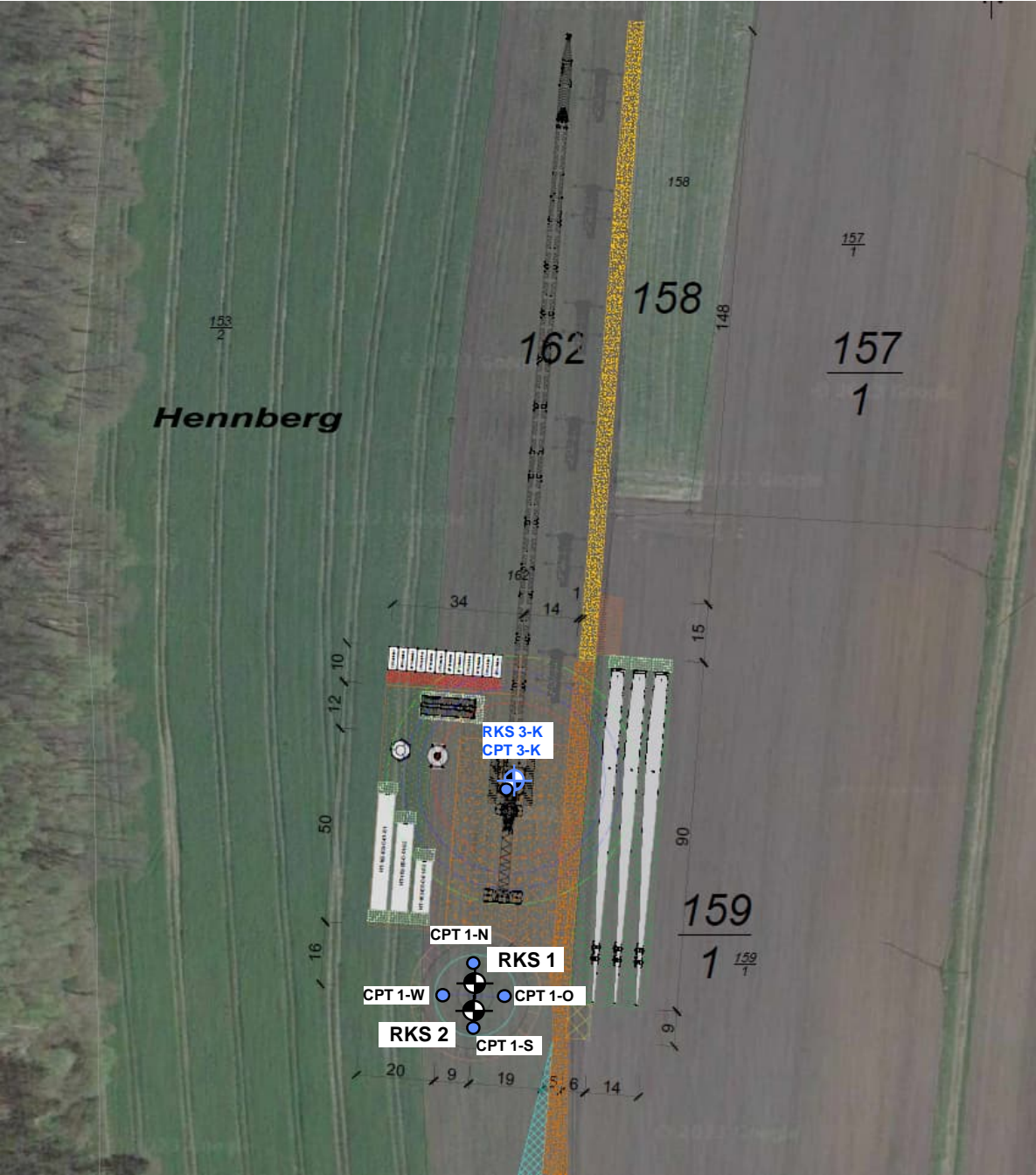
Projekt: 2024-0051
WP Berge, 1x WEA Enercon E-175
EP5, 162 mNH

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

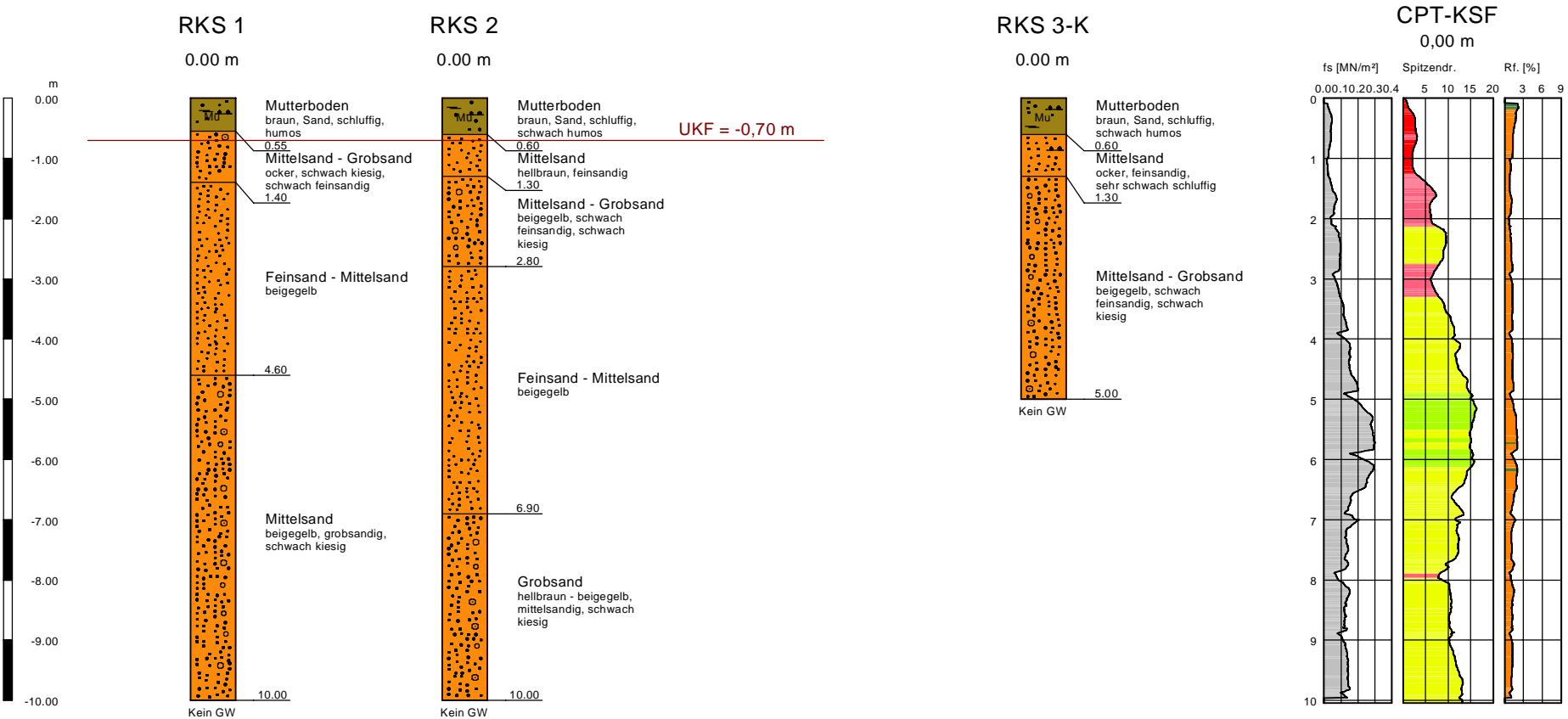




ANLAGE 2.1-2.2

Bohrprofile nach DIN 4023,
Drucksondierdiagramme nach DIN 4094

KAF



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

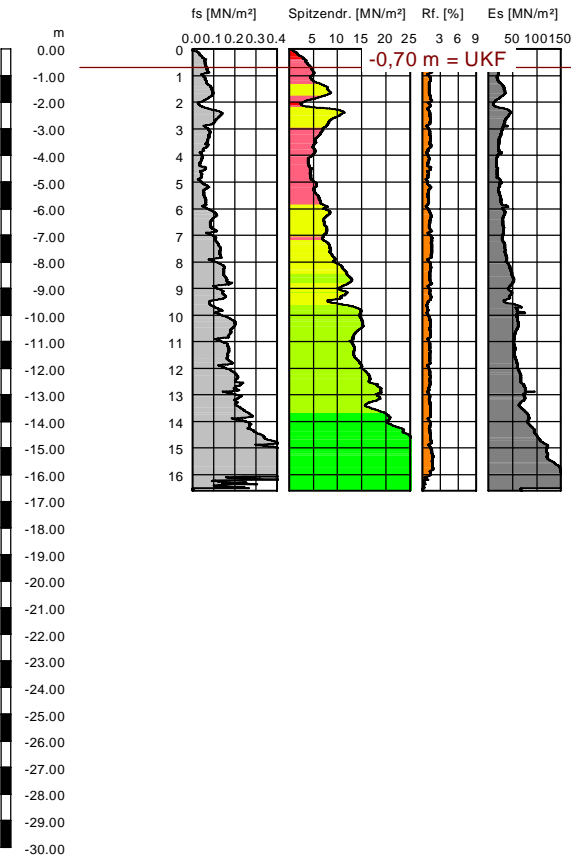
Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und
Drucksondierdiagramm nach DIN 4094

Anlage: 2.1

WEA 1

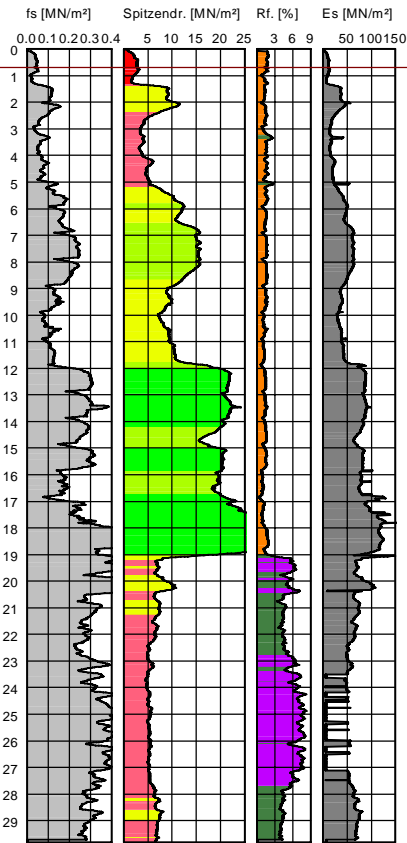
CPT WEA-N

0.00 m



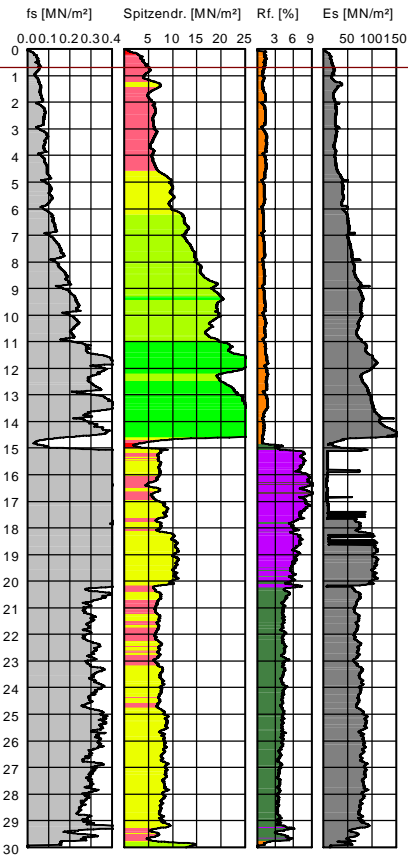
CPT WEA-O

0.00 m



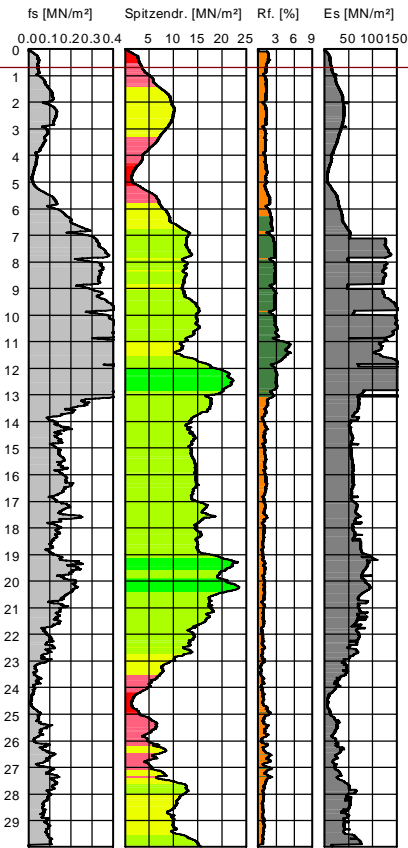
CPT WEA-S

0.00 m

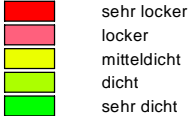


CPT WEA-W

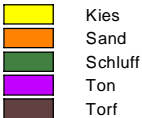
0.00 m



Legende Spitzendruck



Legende Reibungsverhältnis



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

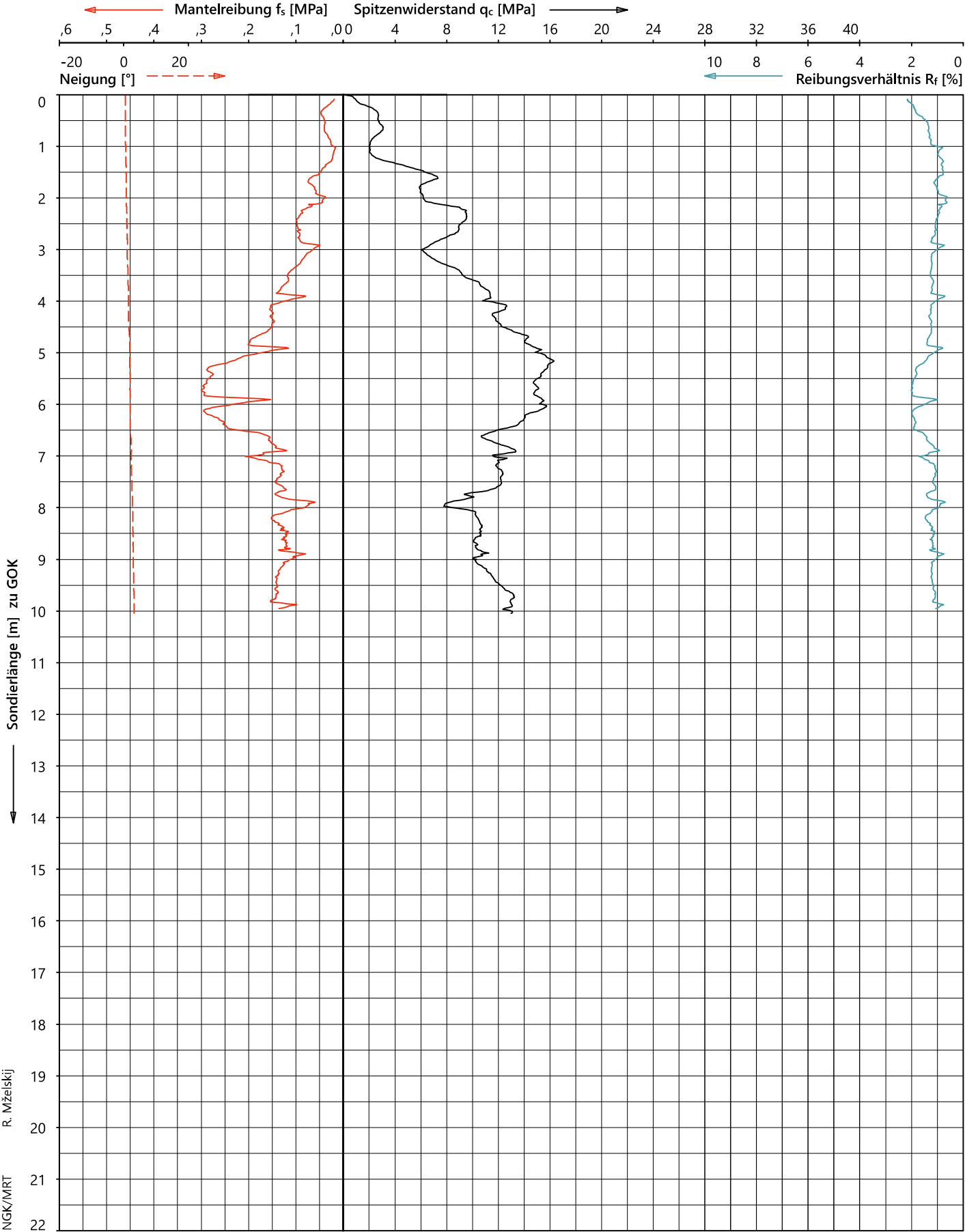
Titel:
Druckdiagramme nach DIN EN ISO 22476-1

Anlage: 2.2



ANLAGE 3
Drucksondierprotokolle

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



Ingenieurgeologie Dr. Lübke GmbH & Co. KG
WP Berge

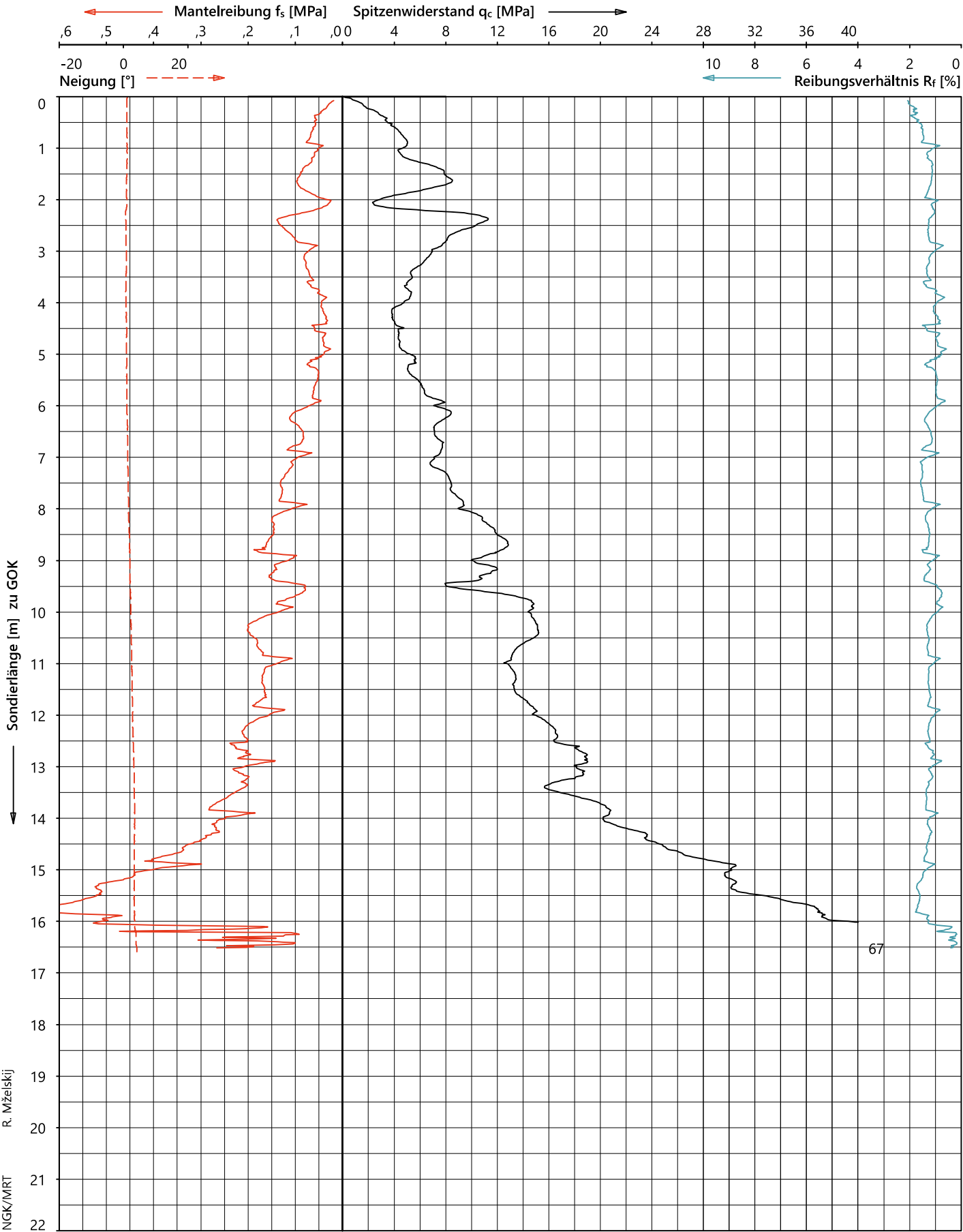
Projektnr.: 280-24-0048-L
Sondierung: WEA-KSF

Datum: 21.08.2024
Sondierende: Solltiefe
Gelände: 0,00 m zu GOK
Endteufe: 10,05 m zu GOK



Spitzenquerschnitt: 0,0015 m²
Spitzen-Nr.: 1701-3085
Spitzentyp: CP15-CF75SN2-PIE1M4-V1-S1
DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



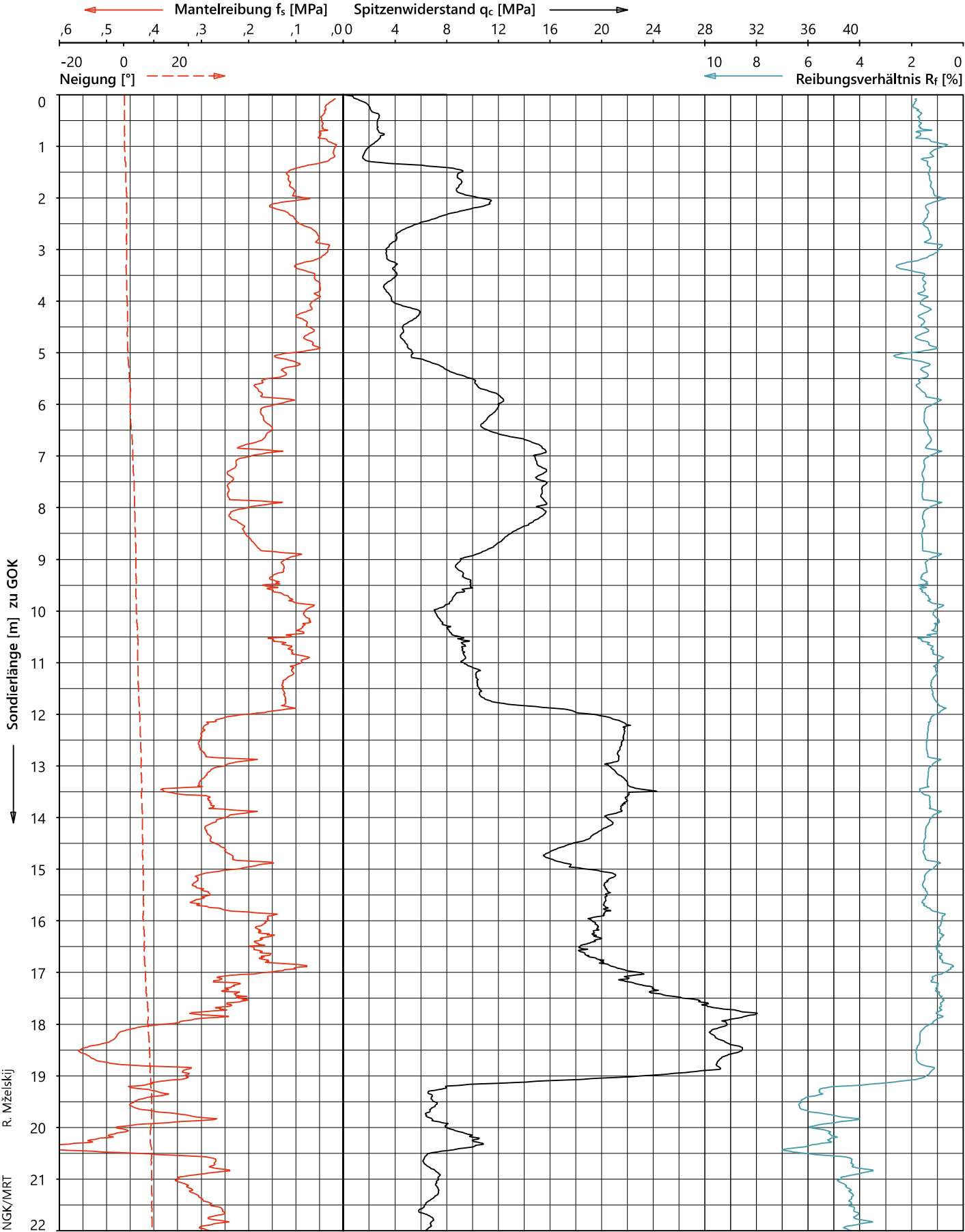
Ingenieurgeologie Dr. Lübke GmbH & Co. KG
WP Berge

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



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



Ingenieurgeologie Dr. Lübke GmbH & Co. KG
WP Berge

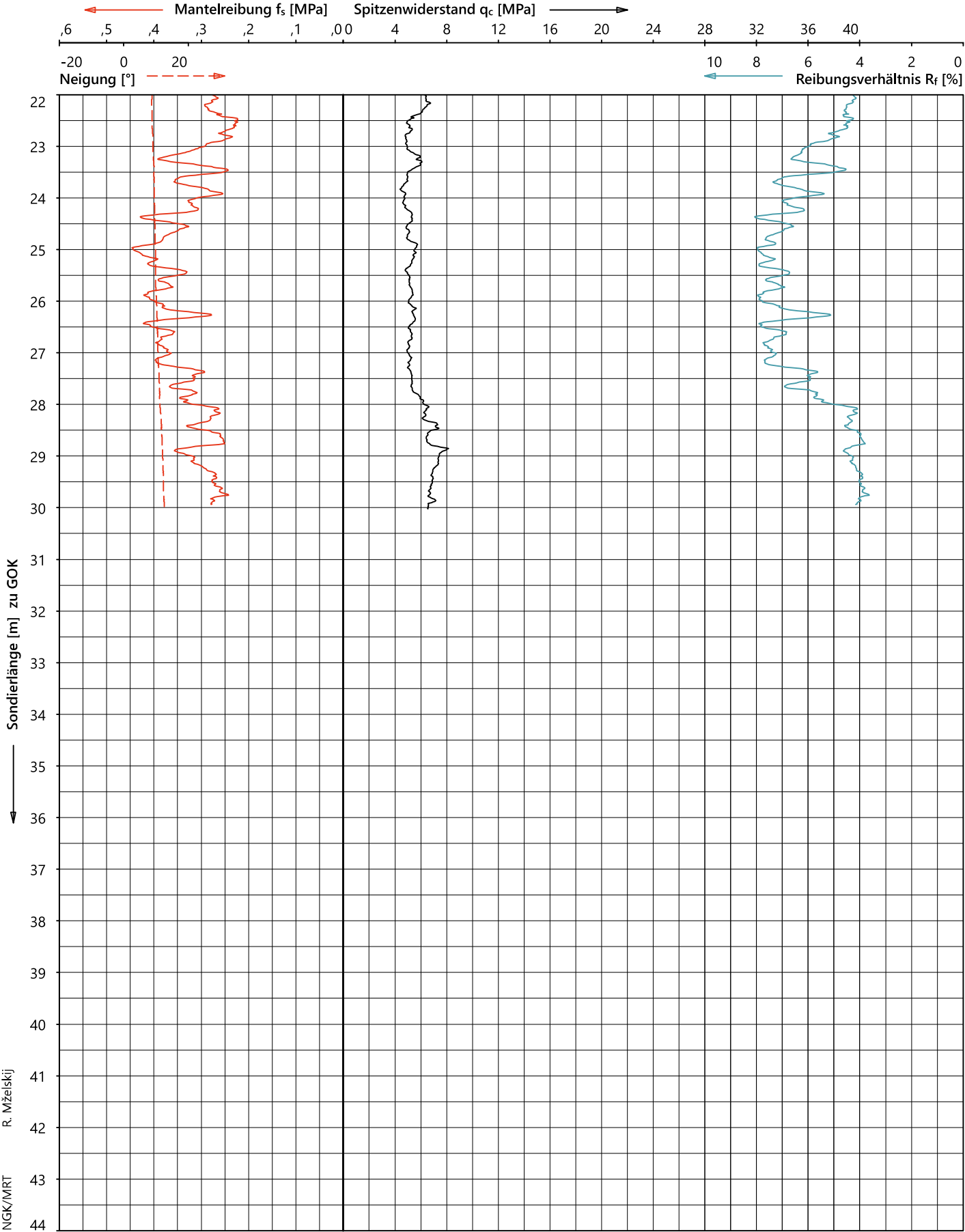
Projektnr.: 280-24-0048-L
Sondierung: WEA-O

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

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



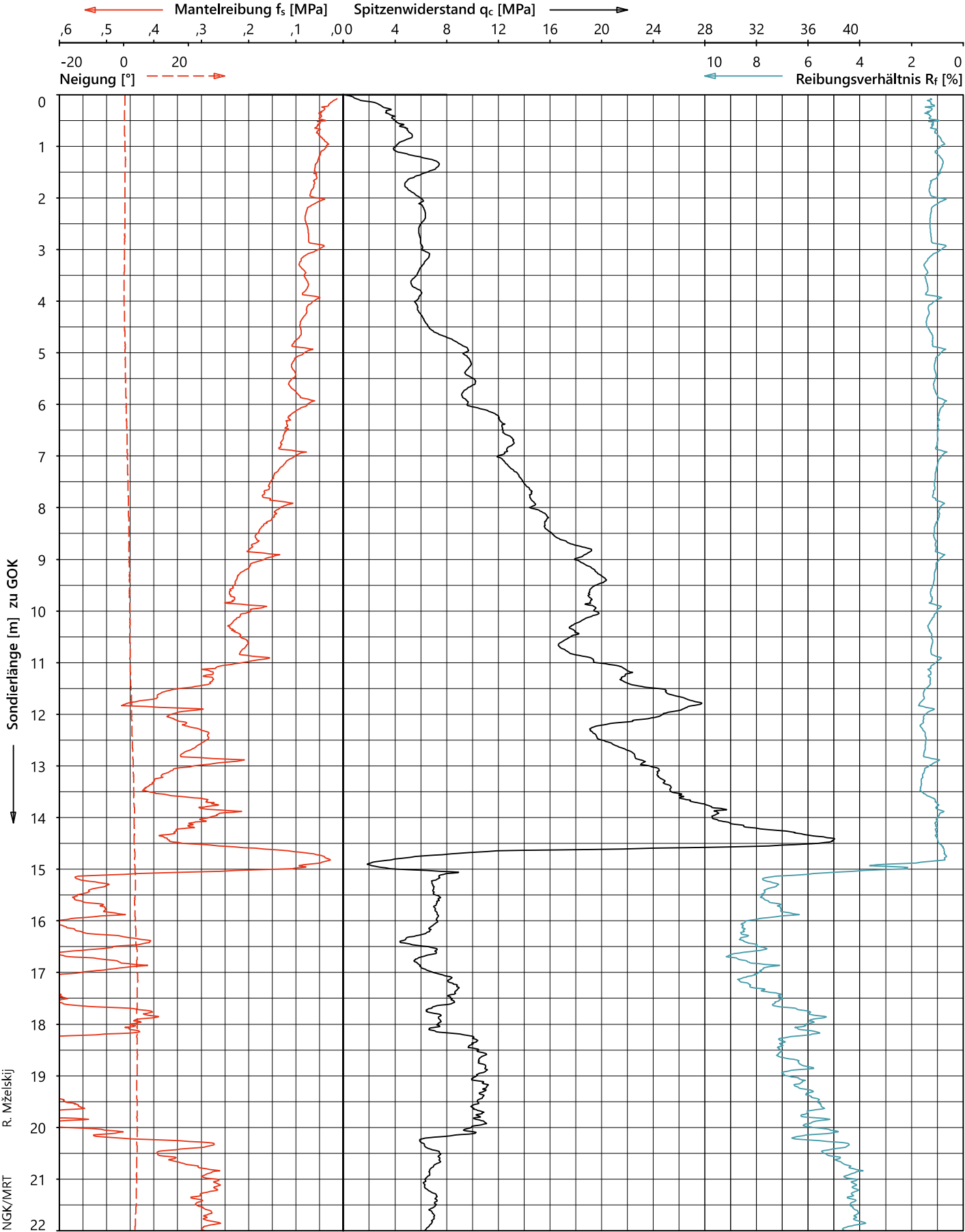
Ingenieurgeologie Dr. Lübke GmbH & Co. KG
WP Berge

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



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



Ingenieurgeologie Dr. Lübke GmbH & Co. KG
WP Berge

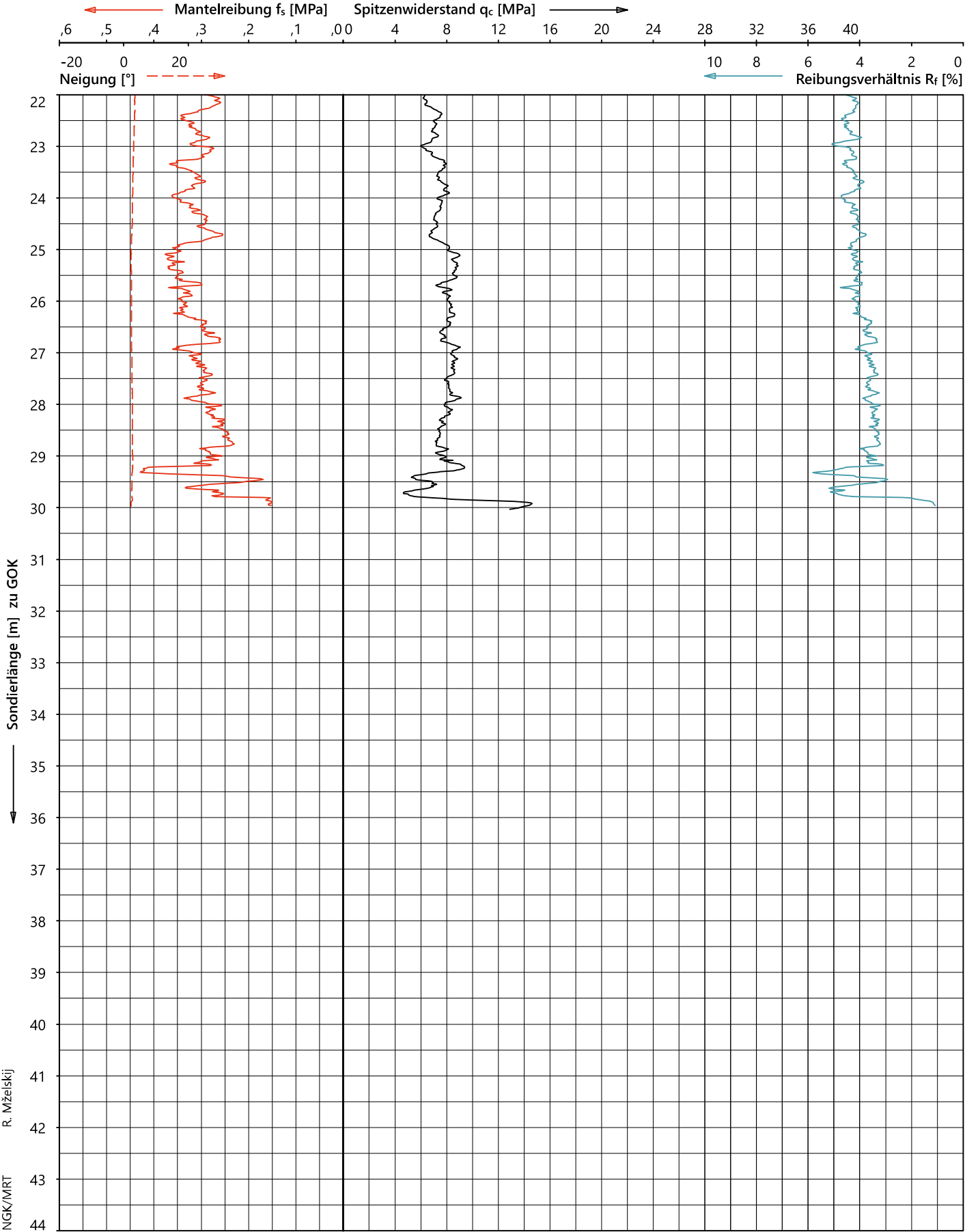
Projektnr.: 280-24-0048-L
Sondierung: WEA-S

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 m²
Spitzentyp: CP15-CF75SN2-PIE1M4-V1-S1
DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



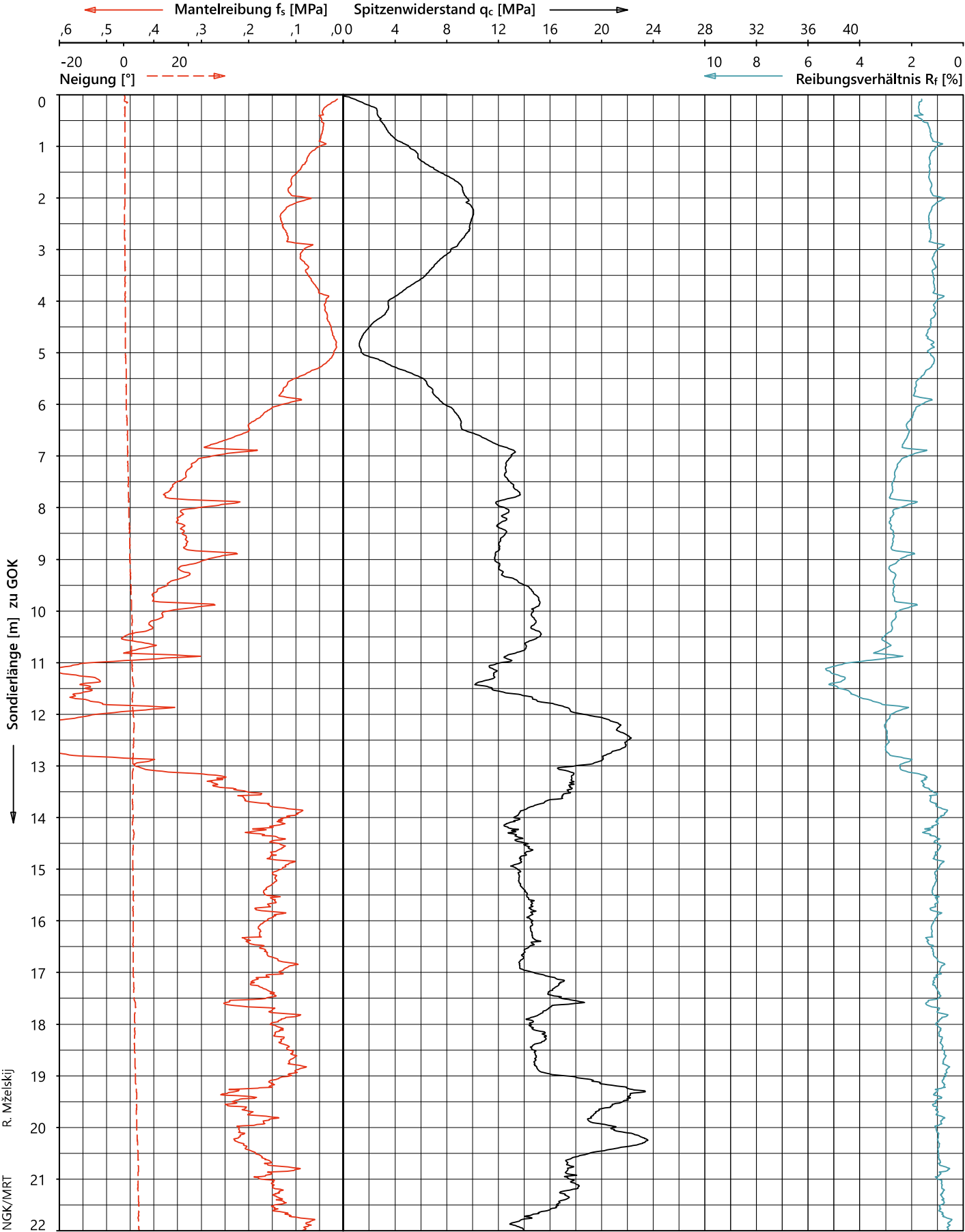
Ingenieurgeologie Dr. Lübke GmbH & Co. KG
WP Berge

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



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



Ingenieurgeologie Dr. Lübke GmbH & Co. KG
WP Berge

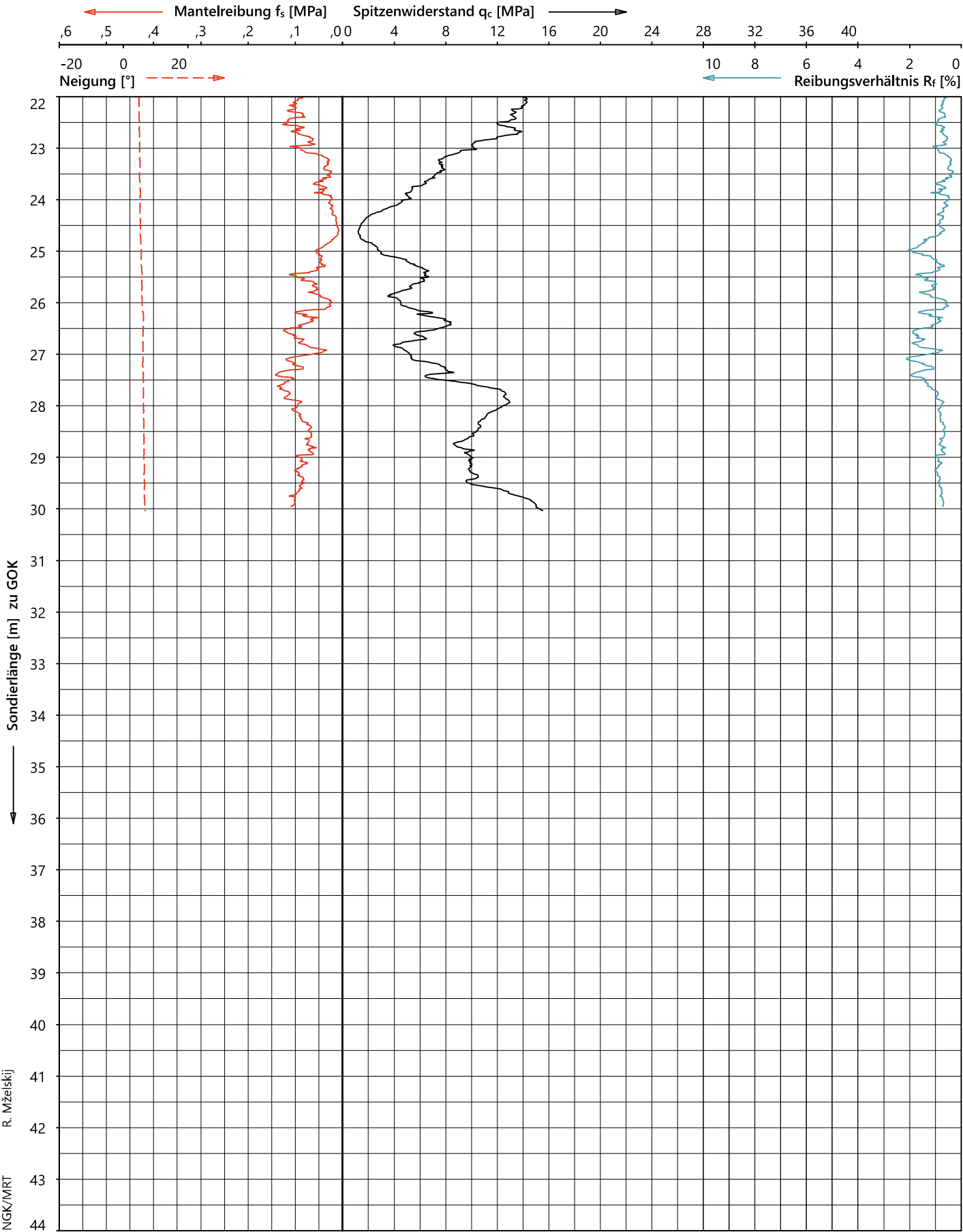
Projektnr.: 280-24-0048-L
Sondierung: WEA-W

Datum: 21.08.2024
Sondierende: Solltiefe
Gelände: 0,00 m zu GOK
Endteufe: 30,04 m zu GOK



Spitzentyp: CP15-CF75SN2-PIE1M4-V1-S1
Spitzen-Nr.: 1701-3085
Spitzenquerschnitt: 0,0015 m²
DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG



Ingenieurgeologie Dr. Lübke GmbH & 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





ANLAGE 4

Körnungslinien, DIN EN ISO 17892-4



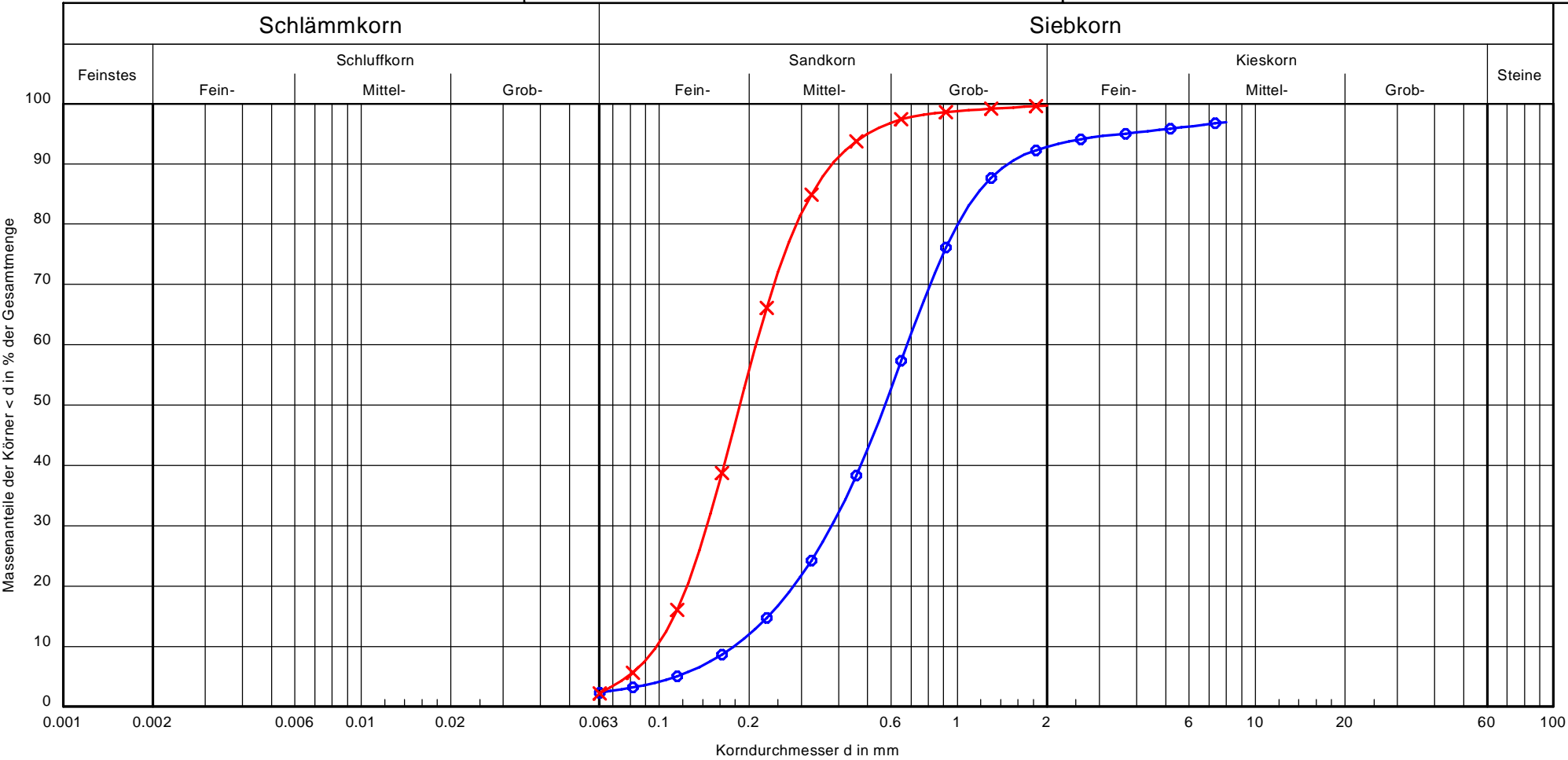
INGENIEURGEOLOGIE
DR. LÜBBE
GMBH & CO. KG





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:	 	 
Bodenart:	mS, gS, g', fs'	fs, mS
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
kf (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

Bemerkungen:

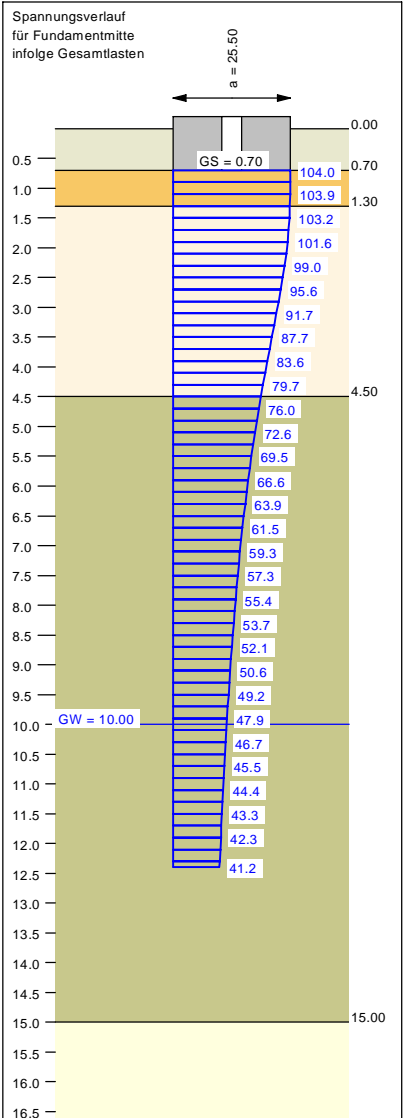
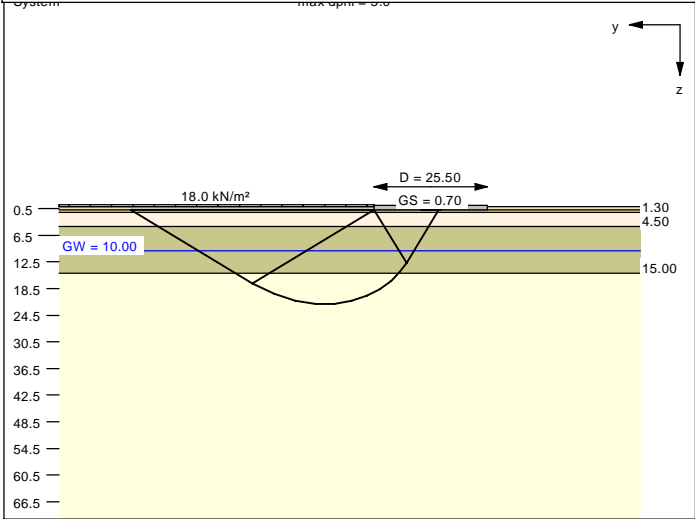
Bericht:
2024-0051
Anlage:
4



ANLAGE 5.1-5.3

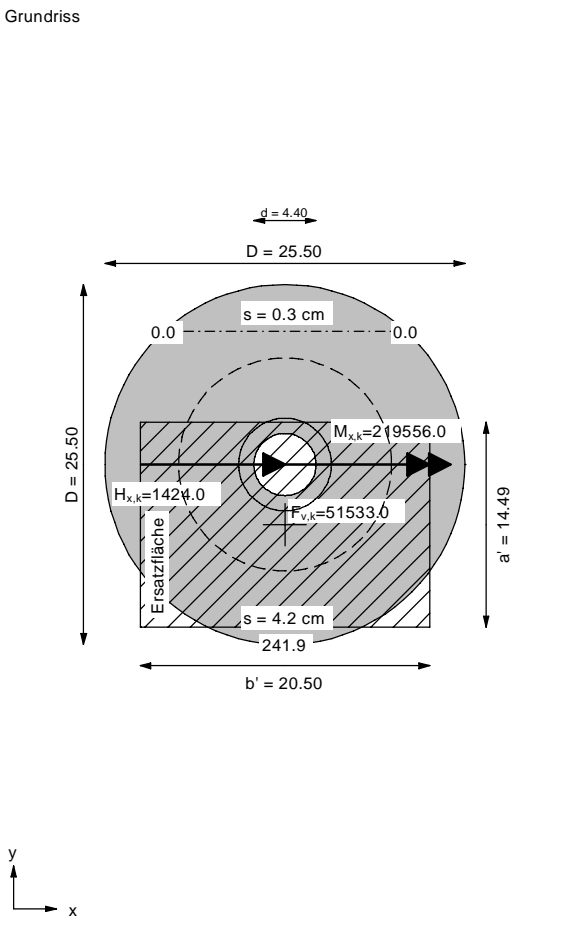
Setzungsberechnungen, Grundbuch, Drehfeder

Boden	γ/γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	κ [-]	Bezeichnung
	18.0/10.0	32.0	0.0	0.00	30.0	1.000	seitl. A, Sand
	21.0/12.0	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)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$
Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

Gründungssohle = 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 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

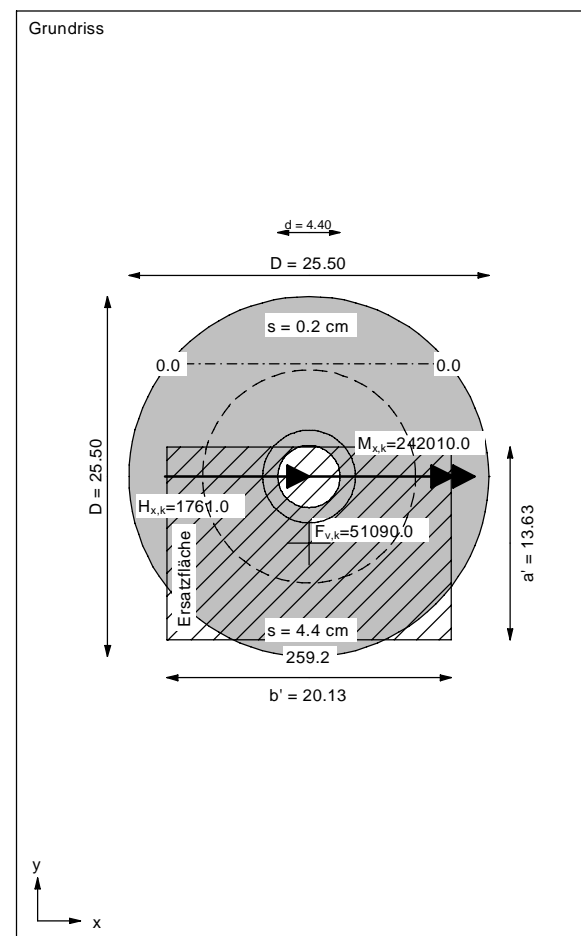
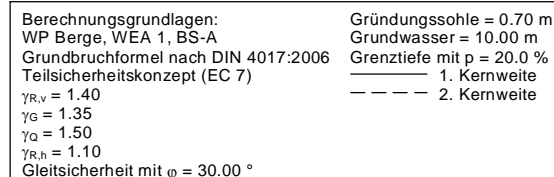
μ (parallel zu y) = 0.166
cal $\varphi = 27.7^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
cal $c = 9.48$ kN/m²
cal $\gamma_2 = 14.82$ kN/m³
cal $\sigma_{\bar{u}} = 30.60$ kN/m²
UK log. Spirale = 21.93 m u. GOK
Länge log. Spirale = 84.71 m
Fläche log. Spirale = 933.48 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 25.26$; $N_{d0} = 14.28$; $N_{b0} = 6.98$
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
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.071$

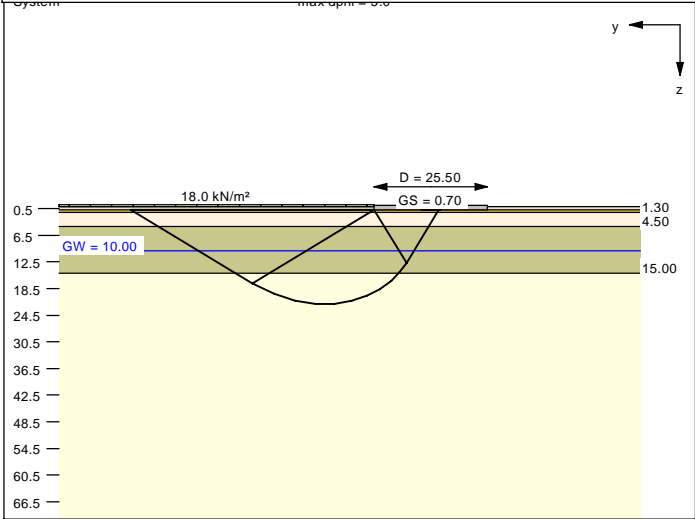
Setzung infolge Gesamtlasten:
Grenztiefe $t_g = 12.40$ m u. GOK
Setzung (Mittel aller KPs) = 2.26 cm
Setzungen der KPs:
oben = 0.30 cm
unten = 4.21 cm
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 551.2
Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 121011.4$ MN·m/rad

μ (parallel zu y) = 0.187
 cal $\varphi = 27.7^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal $c = 8.78 \text{ kN/m}^2$
 cal $\gamma_2 = 15.07 \text{ kN/m}^3$
 cal $\sigma_{\bar{u}} = 30.60 \text{ kN/m}^2$
 UK log. Spirale = 20.68 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 79.74 m
 Fläche log. Spirale = 827.03 m^2
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{d0} = 25.29$; $N_{d0} = 14.30$; $N_{b0} = 6.99$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.339$; $v_d = 1.315$; $v_b = 0.797$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.948$; $i_d = 0.952$; $i_b = 0.919$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.32 \text{ m}$ 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:
 $k_{\alpha, x} = 123820.5 \text{ MN}\cdot\text{m/rad}$



Boden	γ/γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	v [-]	E_s [MN/m²]	κ [-]	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



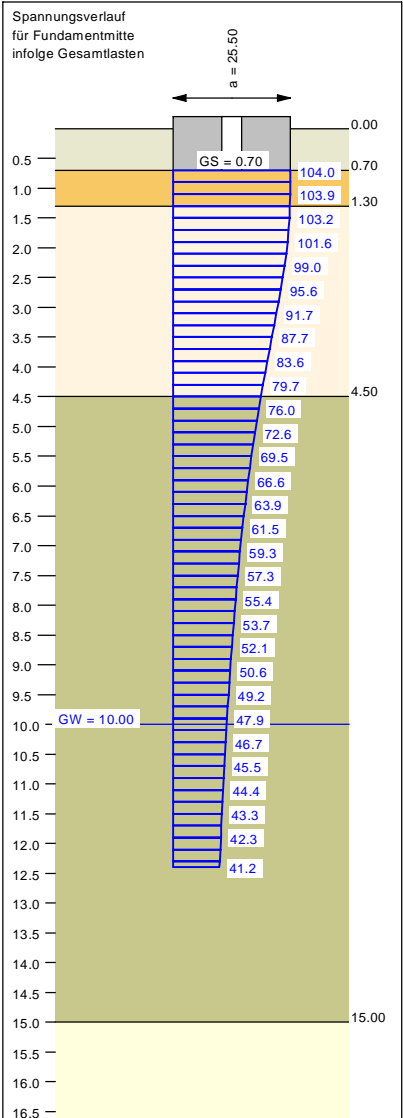
Ergebnisse Einzelfundament:
Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k} = 51533.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1424.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
Moment $M_{x,k} = 219556.00 / 0.00$ kN-m
Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
Durchmesser $D = 25.500$ m
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

μ (parallel zu y) = 0.166
cal $\varphi = 27.7^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
cal $c = 9.48$ kN/m²
cal $\gamma_2 = 14.82$ kN/m³
cal $\sigma_{\bar{u}} = 30.60$ kN/m²
UK log. Spirale = 21.93 m u. GOK
Länge log. Spirale = 84.71 m
Fläche log. Spirale = 933.48 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 25.26$; $N_{d0} = 14.28$; $N_{b0} = 6.98$
Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.353$; $v_d = 1.329$; $v_b = 0.788$
Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.958$; $i_d = 0.961$; $i_b = 0.935$

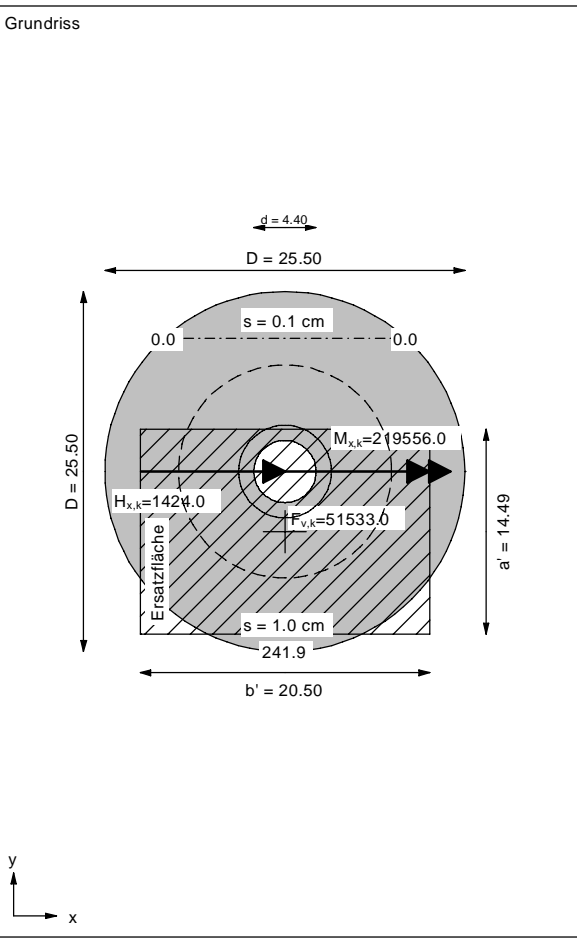
Gleitwiderstand:
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 51533.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27047.81$ kN
 $T_d = 1922.40$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.071$

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)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$
Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

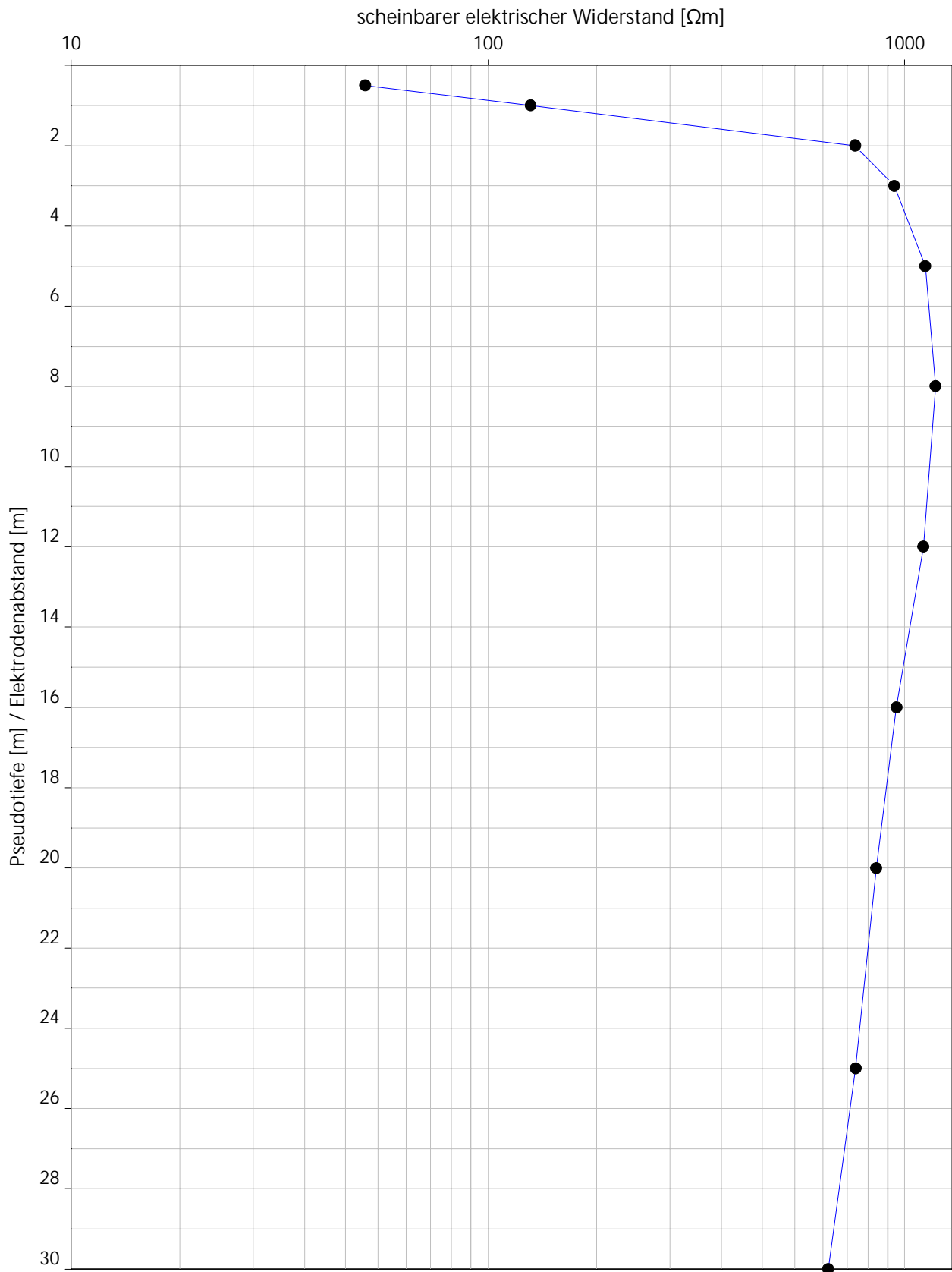
Gründungssohle = 0.70 m
Grundwasser = 10.00 m
Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
----- 1. Kernweite
----- 2. Kernweite





ANLAGE 6

Diagramm der Wenner Sondierungen



Geoelektrische Tiefensondierung Wenner (VES)

Ingenieurgeologie Dr. Lübke GmbH & Co. KG
WP Berge



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

Datum: 21.08.2024
Bearbeiter: J. Klose

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

Ergebnistabelle

Pseudotiefe / scheinbarer elektrischer Widerstand [Ω m]
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

Datum: 21.08.2024 -
Bearbeiter: J. Klose

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe GmbH & Co. KG
WP Berge

Projekt: 280-24-0048-L