



Ingenieurgeologie
Dr. Lübbe

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

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

GEOTECHNISCHER ENTWURFSBERICHT

1. Revision

PROJEKT:
1092-18-2

Windpark Oerel
WEA 6N, Enercon E-138 EP3 E2, 160 mNH

Auftraggeber:
Energie 3000 Energie und Umweltgesellschaft mbH
Schulstraße 20
27432 Alfstedt

16. Oktober 2020

Baugrunderkundungen
Gründungsgutachten
Baugrundlabor
Altlastenuntersuchungen
Gefährdungsabschätzungen
Sanierungskonzepte
Hydrogeologie

In Kooperation mit der
TERRA Umwelt Consulting GmbH



Projekt: 1092-18-2
WP Oerel
WEA 6N, Enercon E-138 EP3 E2, 160 mNH

Auftraggeber: Energie 3000 Energie und
Umweltgesellschaft mbH
Herr Horst Mangels
Schulstraße 20
27432 Alfstedt

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

Projektbearbeiterin: Dipl.-Geol. Petra Müller

Exemplare: 1 Stück

Dieser Geotechnische Bericht umfasst 15 Seiten, 11 Tabellen und 7 Anlagen.

Vechta, 16. Oktober 2020

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 und Durchlässigkeiten.....	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
V. KRANAUFSTELLFLÄCHEN UND ZUWEGUNG.....	12
VI. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG.....	13
1. Baugrube, Böschungen.....	13
3. Wasserhaltung.....	13
3. Seitliche Fundamentanfüllungen, Fundamentüberdeckung, Wiederverwendung Bodenaushub, Verdichtung.....	13
4. Betonaggressivität des Grundwassers.....	14
5. Frischbetoneigengewicht.....	14
VII. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSWORT.....	14



TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Charakteristische Lastfälle für Fundamente.....	6
Tabelle 2:	Anlagentyp, Koordinaten und ungefähre Geländehöhen.	6
Tabelle 3:	Korrelation Lagerungsdichte, Spitzenwiderstand und Reibungswinkel.....	7
Tabelle 4:	Bodenprofil WEA 6N.....	8
Tabelle 5:	Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen, Körnungsanalysen und kf-Werte.....	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.....	11
Tabelle 10:	Betonaggressivität und Gesamteisengehalte Grundwasser.....	14
Tabelle 11:	Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen.....	14

ANLAGENVERZEICHNIS:

ANLAGE 1:	Lageplan
ANLAGE 2.1-2.2:	Bohrprofile nach DIN 4023 und Drucksondierdiagramme nach DIN 4094
ANLAGE 3:	Drucksondierprotokolle
ANLAGE 4:	Körnungslinie, DIN 18123
ANLAGE 5:	Analysenergebnisse Grundwasser
ANLAGE 6.1-6.2:	Setzungsberechnungen, Grundbruch
ANLAGE 7:	Nachweis Drehfedersteifigkeit



I. VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG

Im Landkreis Rotenburg-Wümme, Samtgemeinde Geestequelle, soll südlich der Ortschaft Oerel ein Windpark mit acht Windenergieanlagen (WEA 1 bis WEA 8) errichtet werden.

Erste Berichte für den gesamten Windpark haben wir mit Datum vom 06.12.2018 und 19.03.2019 und einen ersten separaten Bericht für die WEA 6N mit Datum vom 07.02.2020 vorgelegt.

Aktuell ist die WEA 6N vom Anlagentyp Enercon E-138 EP3 E2 4.1 mit 160 m Nabenhöhe vorgesehen.

Unser Büro wurde mit Schreiben vom 06.10.2020 von der Energie 3000 GmbH, Herrn Horst Mangels, beauftragt, den Geotechnischen Bericht für die WEA 6N auf der Grundlage der vorliegenden Baugrunduntersuchung und angepasst an den neuen Anlagentyp zu überarbeiten.

Der Standort wurde nicht verschoben. Daher waren keine neuen Baugrunduntersuchungen erforderlich.

1. Unterlagen

Zur Durchführung der Untersuchungen erhielten wir folgende Unterlagen:

- Übersichtslageplan, Stand 05.07.2018, Maßstab 1 : 10 000,
- Übersichtslageplan WP Oerel mit Koordinaten, Stand 01.11.2018, Maßstab 1 : 2 500,
- Schalplan Fundament d = 22,50 m, RT 1.0 Fundament, Max Bögl, Projekt-Nr. 21683; Enercon Planbezeichnung D0886116-1, 14.10.2019, Maßstab 1 : 200, 1 : 50,
- Fundamentdatenblatt E-138 EP3-HT-160-ES-C, E-138EP3 E2-HAT-160-ES-C-01, Flachgründung mit Spannraum, D0889738-1/DA, Rev. 0 erstellt: von Oesen, C., 29.10.2019, Rev. 1 13.11.2019, KCY,
- Energiekontor Spezifikation Baugrunduntersuchung B110/15 Rev. 0.0.

2. Angaben zum Bauwerk

Die Gründung der Windenergieanlagen erfolgt über Kreisringfundamente mit einem Fundamentaußendurchmesser bei einer Flachgründung von 22,50 m. Die Fundamentunterkante liegt bei 1,335 m unter Gelände.

Der anstehende Baugrund muss mindestens eine Bodenpressung von $\delta_{k,vorh} = 271 \text{ kN/m}^2$ (BS-P) bzw. 275 kN/m (BS-A) aufnehmen können.

Für geotechnische Nachweise wurden den Planunterlagen folgende charakteristischen Lastfälle (inkl. Fundamenteigengewicht und Bodenauflast $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$) entnommen:



Lastfall	Fz,min/max (ohne/mit Auftrieb) (kN)	Fxy (kN)	Mxy (kNm)
BS-P, N/T/DLC 8.2	-42869/-33180	1120	160331
BS-A, N/A/T	-42709/-33020	1103	165889

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

Tabelle 1: Charakteristische Lastfälle für Fundamente.

Für die elastische Fundamenteinspannung zwischen Fundament und Baugrund ist eine Mindestdrehfedersteifigkeit des Gesamtsystems (*Turm und Gründung*) von $k_{phi,dyn} = 210.000 \text{ MNm/rad}$ bzw. $k_{phi,stat} = 42.000 \text{ MNm/rad}$ einzuhalten.

Die maximal zulässige Schiefstellung infolge Baugrundsetzungen (*Setzungsdifferenzen*) in 25 Jahren bezogen auf den Außendurchmesser beträgt $\Delta s \leq 3 \text{ mm/m}$. Bei einem Fundamentdurchmesser von 22,50 m entspricht dies $\Delta s \leq 67,5 \text{ mm} = 6,75 \text{ cm}$.

Die Gauß-Krüger-Koordinaten des Anlagenmittelpunktes wurden den Planunterlagen und die ungefähre Geländehöhe der amtlichen Topographischen Karte TK 50 wie folgt entnommen (*Tabelle 2*):

Standort	Anlagentyp	Rechtswert	Hochwert	ungefähre Geländehöhe (mNN)
WEA 6N	Enercon E-138 EP3 E2, 160 mNH	3504434,7	5925760,2	11,0

Tabelle 2: Anlagentyp, Koordinaten und ungefähre Geländehöhen.

II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse im WP Oerel wurde für die WEA 6N am 07.11.2018 am Anlagenmittelpunkt eine Kleinbohrung/Rammkernsondierung (*RKS 6*) bis 10,0 m unter Geländeoberkante abgeteuft.

Durch die Fugro Consult GmbH, Lilienthal, wurden in einem Abstand von ca. 12,0 m vom Mittelpunkt entfernt und in etwa gleichmäßig um den Umfang verteilt vier elektrische Drucksondierungen bis 27,0 m bzw. 30,0 m unter Gelände durchgeführt (*CPT 6-N bis CPT 6-W*).

An der Kranstellfläche wurde eine Rammkernsondierung bis 5,0 m (*RKS 6-K*) und eine Drucksondierung bis 10,0 m (*CPT 6-K*) abgeteuft.

Die Lage der Sondieransatzpunkte ist in Anlage 1 dargestellt.

Die erbohrten Bodenprofile wurden entsprechend DIN 4022 ingenieurgeologisch vor Ort angesprochen und in Schichtenverzeichnisse aufgenommen. Die Ergebnisse sind in Anlage 2.1-2.2 als Bohrprofile nach DIN 4023 zusammen mit



den Drucksondierdiagrammen und den Rammdiagrammen dargestellt. Die Drucksondierprotokolle liegen in Anlage 3 vor.

Für die WEA 6N wurde eine Bodenprobe ausgewählt und daran die Körnungslinie nach *DIN 18123* nach nassem Abtrennen der Feinanteile ermittelt (*Anlage 4*).

Die Bohrung am Anlagenstandort wurde zu einem temporären Grundwasserspiegel ausgebaut, eine Grundwasserprobe entnommen und im Labor auf den chemischen Angriffsgrad nach *DIN 4030* analysiert werden (*Anlage 5*).

Die Setzungsermittlungen liegen als Anlage 6.1-6.2 bei. Die Berechnungen der Drehfedersteifigkeiten für eine Flachgründung sind der Anlagen 7 zu entnehmen.

Da das Grundwasser nicht angeschnitten und abgesenkt werden muss, konnte eine hydraulische Berechnung entfallen.

III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

1. Boden

Das Gelände ist in etwa eben. Die WEA 6N markiert mit ca. 11,0 mNN den höchsten Punkt im Windpark. Der maximale Höhenunterschied zur WEA 4 (ca. 6,4 mNN) beträgt ca. 4,6 m.

Nach der Kartenserie Geologie vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (*LBEG*), Geologische Karte 1 : 25 000, stehen im Untersuchungsgebiet weichselzeitliche Geschiebedecksande über drentheeiszeitlichen, glazifluvial abgelagerten Sanden an. Bereichsweise sind Torfüberdeckungen möglich.

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

Lagerungsdichte	Spitzenwiderstand (qc) (aus CPT) MN/m ²	Wirksamer Reibungswinkel (φ')
Sehr locker	0,0 bis 2,5	29 bis 32
locker	2,5 bis 5,0	32 bis 35
mitteldicht	5,0 bis 10,0	35 bis 37
dicht	10,0 bis 20,0	37 bis 40
sehr dicht	> 20,0	40 bis 42

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/m ²)	nicht bindig/ bindig	Baugrund- eigen- schaften
0,40/0,45	0,40-0,45	Mutterboden, Feinsand, humos, (-)	-	nicht geeignet
9,00	8,60	Fein- bis Mittelsand, locker bis mitteldicht (qc = 5-15)	nicht bindig	geeignet
> 30,0	> 20,0	Fein- bis Mittelsand, z. T. schwach grobsandig; überwiegend gut mitteldicht gelagert qc ≥ 10-30	nicht bindig	gut bis sehr gut

Tabelle 4: Bodenprofil WEA 6N.

Im Windpark stehen unterhalb des Oberbodens bis zur maximalen Aufschlusstiefe der Drucksondierungen von 30,0 m unter GOK erwartungsgemäß nach den geologischen Kartenunterlagen überwiegend Sandböden an.

Nach den vorliegenden Baugrunderkundungen wurden typische norddeutsche Sedimente aus Sand angetroffen. In tieferen Profildbereichen (> 10,0 m) wurden keine unkonsolidierten Weichschichten wie Auesedimente oder humose Böden wie Torf bzw. Mudde erbohrt. Der tiefere Untergrund besteht aus dicht gelagerten Sanden. Der Baugrund ist mit den vorliegenden Aufschlüssen ausreichend erkundet.

2. Grundwasser

Bei den Bohrarbeiten im November 2018 wurde Grundwasser innerhalb der anstehenden Sande ab 4,45 m unter Geländeoberkante festgestellt. Dabei handelt es sich um punktuell gemessene Wasserstände und noch nicht um den eingepegelten Ruhewasserstand.

Das Grundwasser ist einem zusammenhängenden Grundwasserkörper zuzuordnen.

Die Höhenlage der Grundwasseroberfläche kann je nach Jahreszeit und vorausgegangenem Niederschlagsmengen schwanken. Langfristige Grundwasserstandsbeobachtungen liegen uns vom Untersuchungsgelände nicht vor. Daher kann der Grundwasserschwankungsbetrag nur abgeschätzt angegeben werden. Der Sommer 2018 war von einer Dürreperiode geprägt. Auch die den Bohrarbeiten vorausgegangen Wochen waren nur mäßig niederschlagsreich. Die gemessenen Grundwasserstände können daher als Niedrig- oder Mittelwasserstände eingeordnet werden. Nach ergiebigen Niederschlagsperioden muss mit einem deutlichen Anstieg um 0,50 m bis 1,00 m gerechnet werden.

Der Bemessungswasserstand sollte bei 3,00 m unter GOK angenommen werden. Es stehen gut durchlässige Sande an.

Die Gründung der Windenergieanlage WEA 6N ist bei 1,335 m unter GOK vorgesehen. Das Fundament steht voraussichtlich nicht unter Grundwassereinfluss.



3. Bodenmechanische Laboranalysen und Durchlässigkeiten

Zur Überprüfung der Bodenansprache am Bohrkern und zur Klassifizierung der anstehenden Bodenarten, wurden an insgesamt 15 repräsentativ ausgewählten Bodenproben in oder unterhalb der Gründungsebene die Wassergehalte nach DIN 18121, an drei Bodenproben Glühverluste, DIN 18128, und an elf Bodenproben die Körnungslinien nach DIN 18123 ermittelt. Die k_f -Werte wurden aus den Körnungslinien nach HAZEN ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Standort, Probe	Entnahmetiefe (m u. GOK)	Wassergehalt M.-%	Anteil <0,063 m m (M.-%)	Bodenart	k_f -Wert (m/s)
WEA 6, 6-2	0,40-1,60	2,9	2,2	Fein- bis Mittelsand	$1,0 \times 10^{-4}$

n. e. = nicht ermittelt. K. A. = keine Angabe.

Tabelle 5: Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen, Körnungsanalysen 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 $k_f = 1,0 \times 10^{-4}$ m/s durchlässig bis gut durchlässig.

4. Erdbebenzone

Der Landkreis Rotenburg-Wümme 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		0,00-0,50	bis 30,0
Korngrößenverteilung	≤ 0,06 mm (%)	5-10*	1-5
	>0,06-2,0 mm (%)	85-90*	95-99
	>2,0-63 mm (%)	-	möglich
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*	1,0-20
Lagerungsdichte (%)		15-25	30-50
Organischer Anteil (%)		> 5*	< 2
Bodengruppe, DIN 18196		OH	SE, (SW)
Altes System DIN 18300: 2002		1	3

*Angaben nach Bodenansprache und Erfahrungswerten geschätzt.

GOK: Geländeoberkante.

Bezeichnung der Homogenbereiche in Anlehnung an ZTVE-STB 17.

Tabelle 7: Bodenklassifizierung nach DIN 18300 und DIN 18196.

6. Bodenkennwerte

Die Bodenkennwerte wurden nach der Bodenansprache und den durchgeführten klassifizierenden Laborversuchen (*Körnungsanalysen*) 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	Bodengruppe DIN 18196	Lagerungsdichte/ Konsistenz	Wichte erdfeucht/ u. Auftrieb cal γ / cal γ' [kN/m ³]	Reibungswinkel cal φ [°]	Kohäsion cal-c' kN/m ²	Steifemodul statisch/ dynamisch E _s [MN/m ²]	Poissonzahl (-)
Oberboden, Mutterboden, humose Feinsande	OH	locker/-	16/6	keine Angabe, da nicht gründungsrelevant			
Fein- bis Mittelsand, z. T. grobsandig	SE, (SW)	locker/ -	18/10	32	0	20-30/ 120-150	0,35
		mitteldicht/ -	19/11	35	0	40-60/ 160-210	0,33
		dicht/ -	20/12	37	0	60-100/ 210-300	0,30

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



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

IV. GRÜNDUNGEN

1. Geotechnische Kategorie

Bei der Baugrunduntersuchung wurden durchschnittliche Baugrund- und Grundwasserhältnisse aus typischen norddeutschen eiszeitlichen Sanden angetroffen. Grundwasser steht unterhalb der Gründungssohle an (*Geotechnische Kategorie GK 1-2 in Anlehnung an DIN 4020*).

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

2. Auswertung und Bewertung

Die Gründungsebene der geplanten Windenergieanlage befindet sich gemäß den vorliegenden Unterlagen in einer Tiefe von 1,335 m unter Geländeoberkante (*GOK*).

Es stehen mitteldicht gelagerte **Sandböden** an. Ab 3,0 m bzw. 5,0 m unter GOK ist die Lagerungsdichte mit Spitzendrücken von $q_c \approx 5 \text{ MPa}$ nur locker.

Für die Gründungsempfehlung ist es entscheidend, ob die zulässigen Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen von $\Delta s = 67,5 \text{ mm}$, die Grundbruchsicherheit mit $\mu < 1,00$ sowie der Drehfedersteifigkeit von $k_{\phi, \text{dyn}} \geq 210\,000 \text{ MNm/rad}$ und $k_{\phi, \text{stat}} \geq 42.000 \text{ MNm/rad}$ eingehalten werden.

Die Setzungs- und Grundbruchberechnungen liegen Anlage 6.1-6.2 und die Ermittlung der Drehfedersteifigkeit liegt in Anlage 7 vor.

Mit dem im Fundamentdatenblatt angegebenen charakteristischen Lasten für die Lastfälle BS-P und BS-A wurden folgende Setzungen, Setzungsdifferenzen und Grundbruchsicherheiten ermittelt.

In Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Setzungsermittlungen aufgeführt:

Standort	Last fall	Setzungen (cm)		Setzungsdifferenz (cm)	Ausnutzung Grundbruchsicherheit (-)	Bewertung
		min	max			
WEA 6	BS-P	0,5	4,4	3,9	0,155	zulässige Setzungsdifferenzen eingehalten. Grundbruchsicherheit ist gegeben.
	BS-A	0,4	4,4	4,0	0,160	

Tabelle 9: Setzungen, Setzungsdifferenzen und Grundbruchsicherheit.



Drehfedersteifigkeit:

Die Anforderungen an die Drehfedersteifigkeiten von mindestens $k_{\text{phi,dyn}} \geq 210.000 \text{ MNm/rad}$ und $k_{\text{phi,stat}} \geq 42.000 \text{ MNm/rad}$ werden erfüllt (vgl. Anlage 7).

Gründungsempfehlung:

Am Standort der **WEA 6N** werden die zulässigen Setzungsdifferenzen und die Drehfedersteifigkeiten eingehalten. Die Grundbruchsicherheit ist gegeben.

Die WEA 6N kann flach gegründet werden. Zur besseren Lastverteilung und zum Ausgleich von ungleichmäßigen Lagerungsdichten des anstehenden Baugrundes sollte eine **0,30 m mächtige Schotterausgleichsschicht** eingebaut werden.

V. KRANSTELLFLÄCHEN UND ZUWEGUNG

Der Herstellung der **Kranstellfläche** kommt auch aus sicherheitstechnischen Gründen besondere Bedeutung zu. Die zum Einsatz kommenden Kräne können eine Stützlast von $\geq 200 \text{ t}$ aufweisen, die über Lastverteilerplatten auf die Kranstellfläche übertragen werden. Es resultieren Flächenpressungen von bis zu 260 kN/m^2 .

Die Kranaufstellfläche befindet sich auf bisher unbefestigter Fläche. Der $0,40 \text{ m}$ bis $0,45 \text{ m}$ mächtige Oberboden ist unter Berücksichtigung eines seitlichen Überstandes von 45° abzuschleifen.

Falls weitere humose Böden z. B. Torf oder durch Tiefumbruch entstanden humose Mischböden angetroffen werden, so sind diese ebenfalls zu entfernen.

Unter dem Oberboden stehen unter dem Oberboden tragfähige, mitteldicht gelagerte Sande an, auf denen der Aufbau der Kranstellfläche erfolgen kann.

Für die unteren Lagen kann Füllsand (*SE, SW, gem. DIN 18196*) eingebaut werden. Die oberen $0,30 \text{ m}$ sind als Schottertragschicht auszuführen.

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

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



VI. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG

1. Baugrube, Böschungen

Die planmäßige Gründungstiefe der Fundamente beträgt 1,335 m unter GOK. Unter Berücksichtigung der 0,10 m dicken Sauberkeitsschicht und eines 0,30 m mächtigen Gründungspolster sind Aushubtiefen bis ca. 1,75 m unter GOK erforderlich.

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

2. Wasserhaltung

Bei den Bohrarbeiten wurde an der WEA 6 Grundwasser ab 4,45 m unter GOK festgestellt. Dabei handelt es sich um Niedrigwasserstände. Der Bemessungswasserstand kann bei 3,00 m unter GOK angenommen werden. Bei Aushubtiefen von 1,75 m wird das Grundwasser nicht erreicht und es ist keine Wasserhaltung erforderlich.

3. Seitliche Fundamentanfüllung, Fundamentüberdeckung, Wiederverwendung Bodenaushub, Verdichtung

Für einen Bodenaustausch ist grobkörniger Füllsand (*SE, SW, gem. DIN 18196*) zur verwenden. 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/das Lastverteilungspolster lagenweise ($d = \max. 0,30 \text{ m}$) mit einem mindestens mittelschweren Flächenrüttler und mindestens drei bis fünf Übergängen je Lage gleichmäßig verdichtet auf 100 % Proctordichte einzubauen.

Beim Bodenaushub bis ca. 1,75 m unter GOK fallen humoser Oberboden und Sande an. Die Sande sind voraussichtlich zum Wiedereinbau auch im Gründungsbereich und im Bereich der Kranstellflächen geeignet. Der humose Boden ist zum Wiedereinbau im Gründungsbereich nicht geeignet.

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

Für die Schotterausgleichsschicht (*Mineralgemisch 0/45 oder 0/32*) im Fundamentbereich und im Bereich der Kranstellfläche ist im Lastplattendruckversuch (*DIN 18134*) $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$, $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,30$ anzustreben.

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



4. Betonaggressivität des Grundwassers

Es wurde eine Grundwasserprobe entnommen und im Labor auf ihren Betonangriffsgrad sowie auf den Gesamteisengehalt analysiert.

Folgende Ergebnisse wurden ermittelt (*Tabelle 10*):

Standort	Expositions-klasse	Angriffsgrad	Eisen-gesamt (mg/L)
WEA 6	XA 2	stark angreifend	<0,0050

Tabelle 10: Betonaggressivität und Gesamteisengehalt Grundwasser.

Die vollständigen Analysenergebnisse liegen in Anlage 6 vor.

5. Frischbetoneigengewicht

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

VII. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSWORT

Die Gründungsempfehlungen können wie folgt zusammengefasst werden (*Tabelle 11*):

Standort	Anlagentyp	Gründungstiefe (m u. GOK)	Aushubtiefe (m u. GOK)	Gründungsempfehlung
WEA 6N	Enercon E-138 EP3 E2, 160 mNH	1,335	1,75	FoA + 0,30 m STS + 0,10 m SBS; voraussichtlich keine Wasserhaltung

*FoA = Flachgründung ohne Auftrieb, STS = Schottertrag- bzw. -ausgleichsschicht, SBS = Sauberkeitsschicht.

Tabelle 11: Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen.

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 16. Oktober 2020

Dipl.-Geol. Dr. Joachim Lübke

Dipl.-Geol. Petra Müller

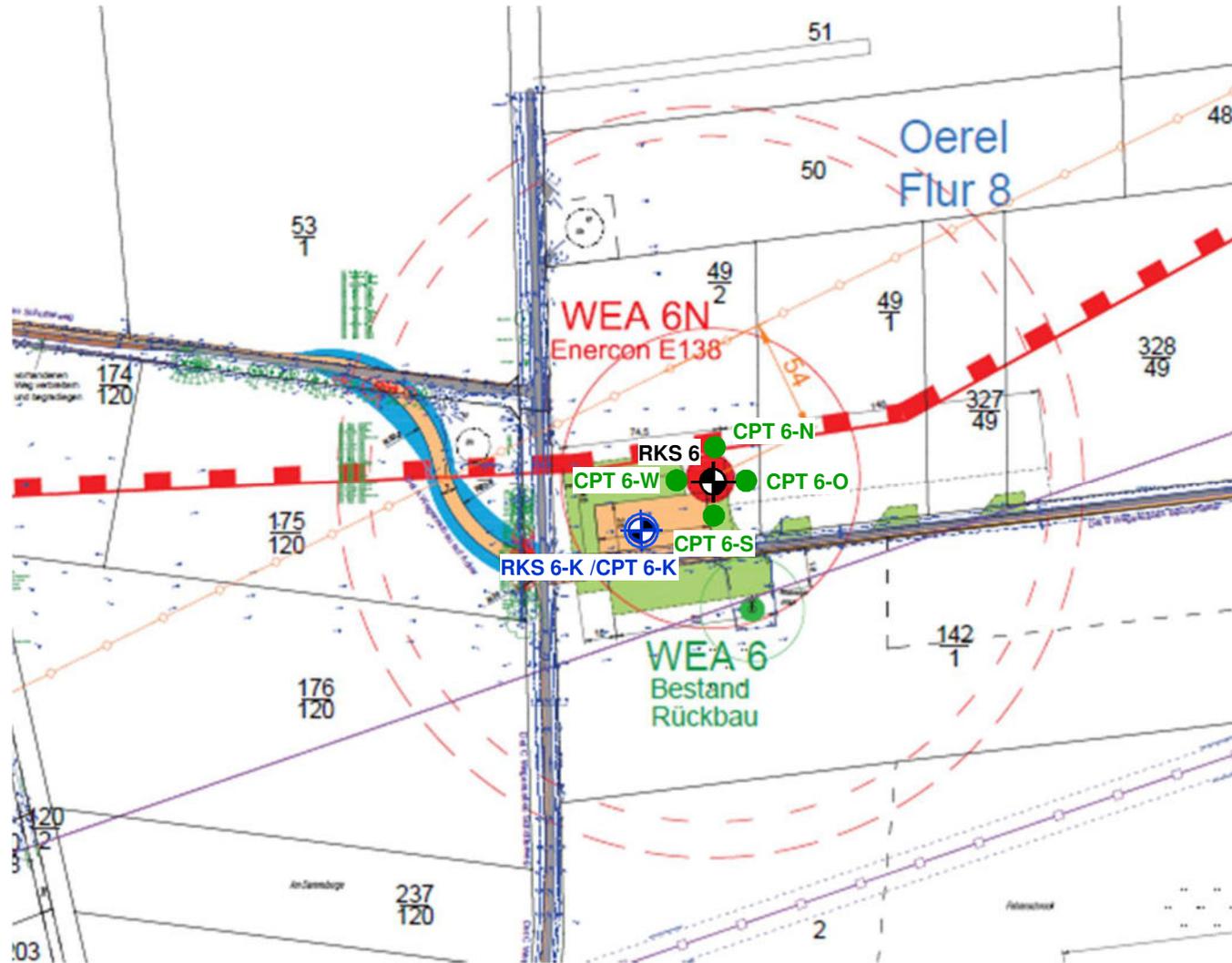
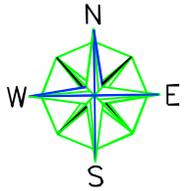
Der Bericht wird dem Auftraggeber auch im pdf-Format zur Verfügung gestellt.

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



ANLAGE 1

Lageplan



LEGENDE

RKS 6



Rammkernsondierung WEA

RKS 6-K/CPT 6-K



Rammkernsondierung, Drucksondierung Kranstellfläche

CPT 6



Drucksondierung

ÜBERSICHTSPLAN:



Projekt: 1092-18-2
Windpark Oerel
WEA 6N

Auftraggeber:
Energiekontor AG
Mary-Somerville-Straße 5
28359 Bremen

Titel: **Lageplan, Systemskizze**

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

Maßstab:

Datum: 05.02.2020

ANLAGE: 1



ANLAGE 2.1-2.2

Bohrprofile nach DIN 4023 und
Drucksondierdiagramme nach DIN 4094

WEA 6 N, E-138

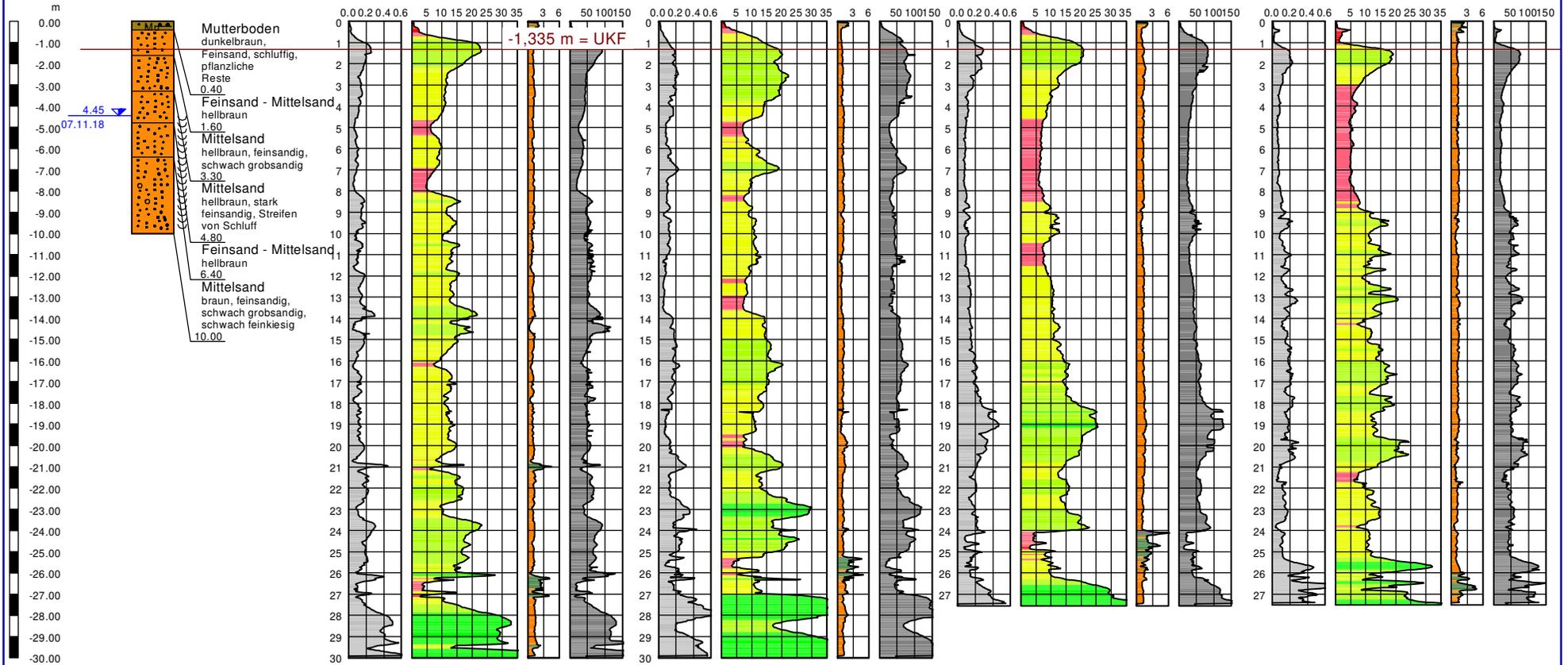
RKS 6
0,00 m

CPT 6-N
0,00 m

CPT 6-0
0,00 m

CPT 6-S
0,00 m

CPT 6-W
0,00 m



Konsistenzen

nass

Legende Spitzendruck

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

Legende Reibungsverhältnis

- Kies
- Sand
- Schluff
- Ton
- Torf

LEGENDE:

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

4.45 Grundwasser m u. GOK
06.11.18 Datum

Projekt: 1092-18-2
WP Oerel
WEA 6N, E-138, EP3 E2, 160 mNH

Auftraggeber: Energiekontor AG
Mary-Somerville-Straße 5
28359 Bremen

Bearbeiter: Dipl.-Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 200



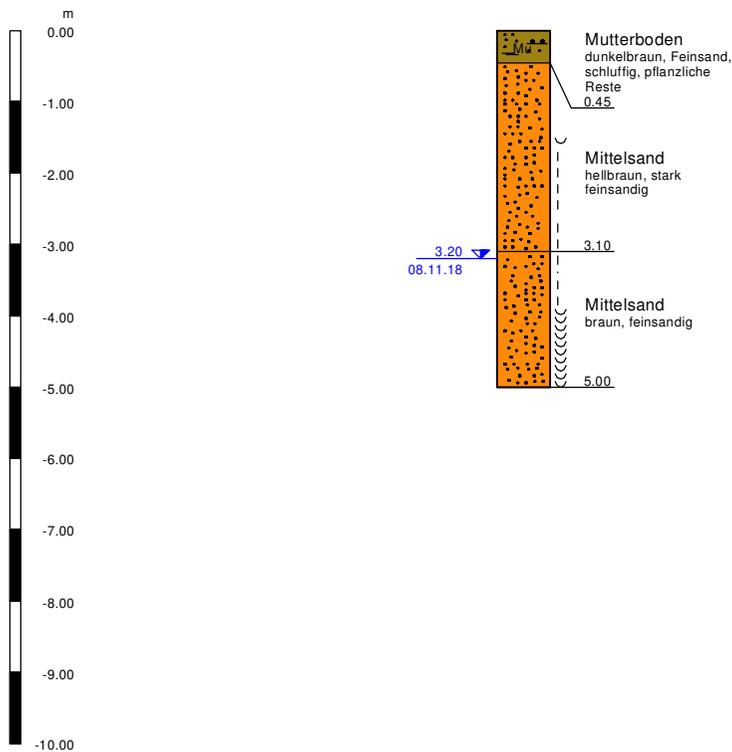
Titel: Bohrprofil nach DIN 4023 und Drucksondierdiagramme nach DIN 4094

Anlage: 2.1

Kranstellfläche WEA 6N

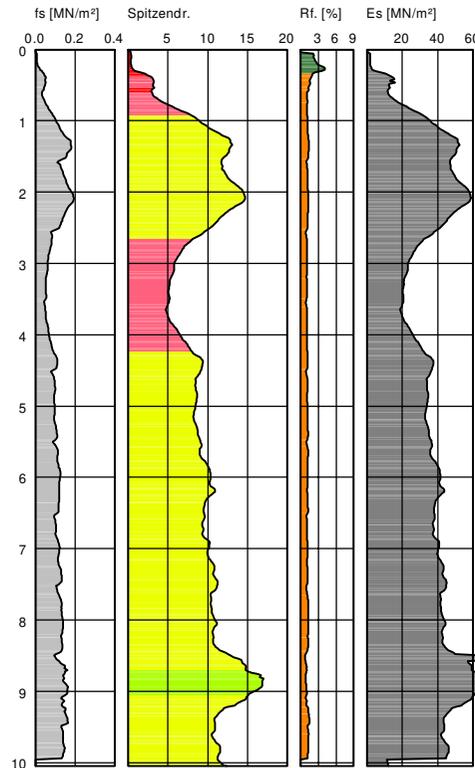
RKS 6-K

0.00 m

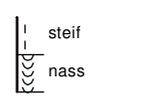


CPT 6-K

0,00 m



Konsistenzen



Legende Spitzendruck



Legende Reibungsverhältnis



LEGENDE:

RKS: Rammkernsondierung
Kraufstellfläche
CPT: Drucksondierung

1,50 m Grundwasser m u.GOK
07.11.18 Datum

Projekt: 1092-18-2
WP Oerel
Kranstellfläche WEA 6N

Auftraggeber: Energiekontor AG
Mary-Somerville-Straße 5
28359 Bremen

Bearbeiter: Dipl.-Geol. P. Müller

Maßstab: Höhe: 1 : 75

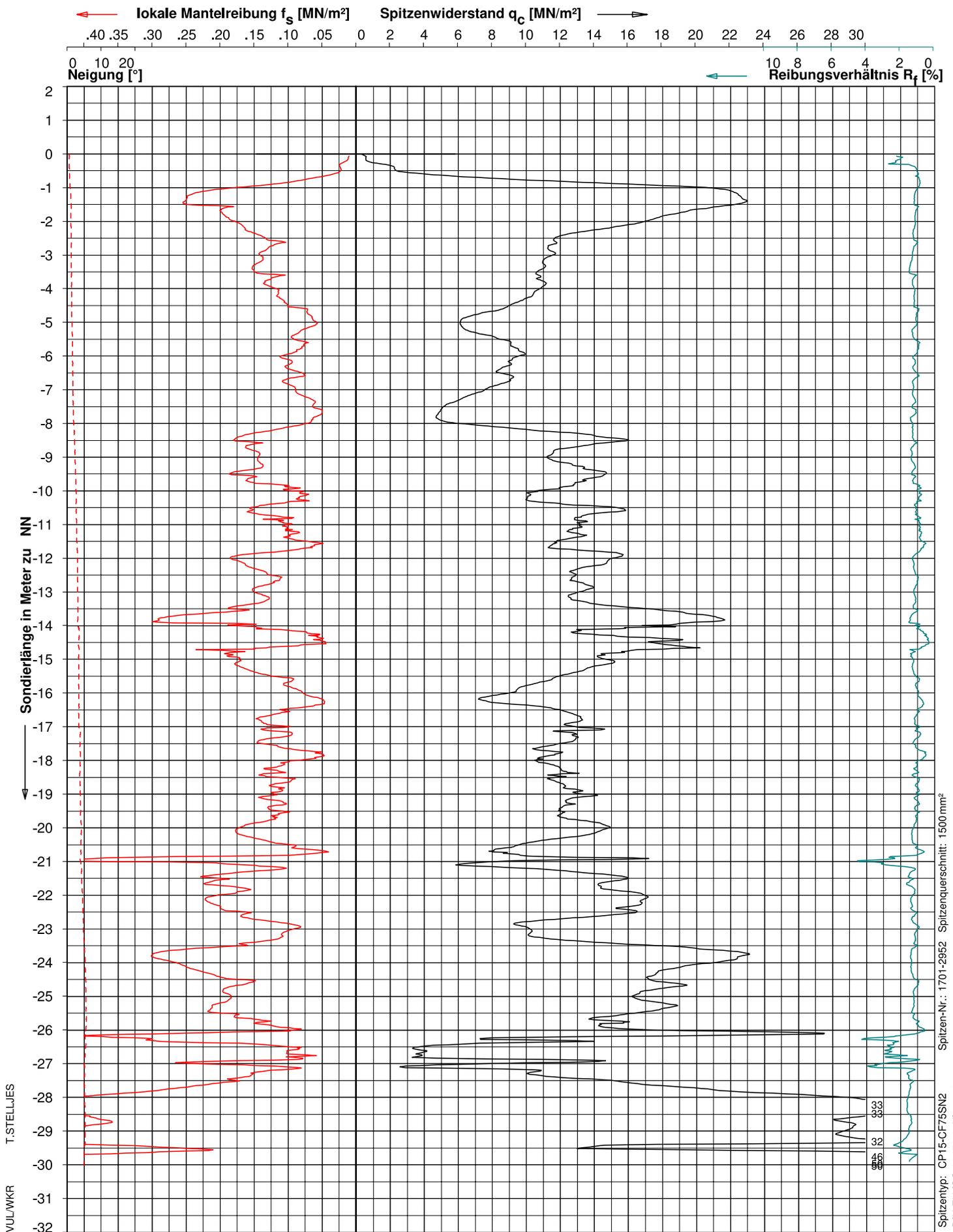


Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und Drucksondierdiagramme nach DIN 4094

Anlage: 2.2



ANLAGE 3
Drucksondierprotokolle



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke
WP Oerel



Fugro Germany Land GmbH

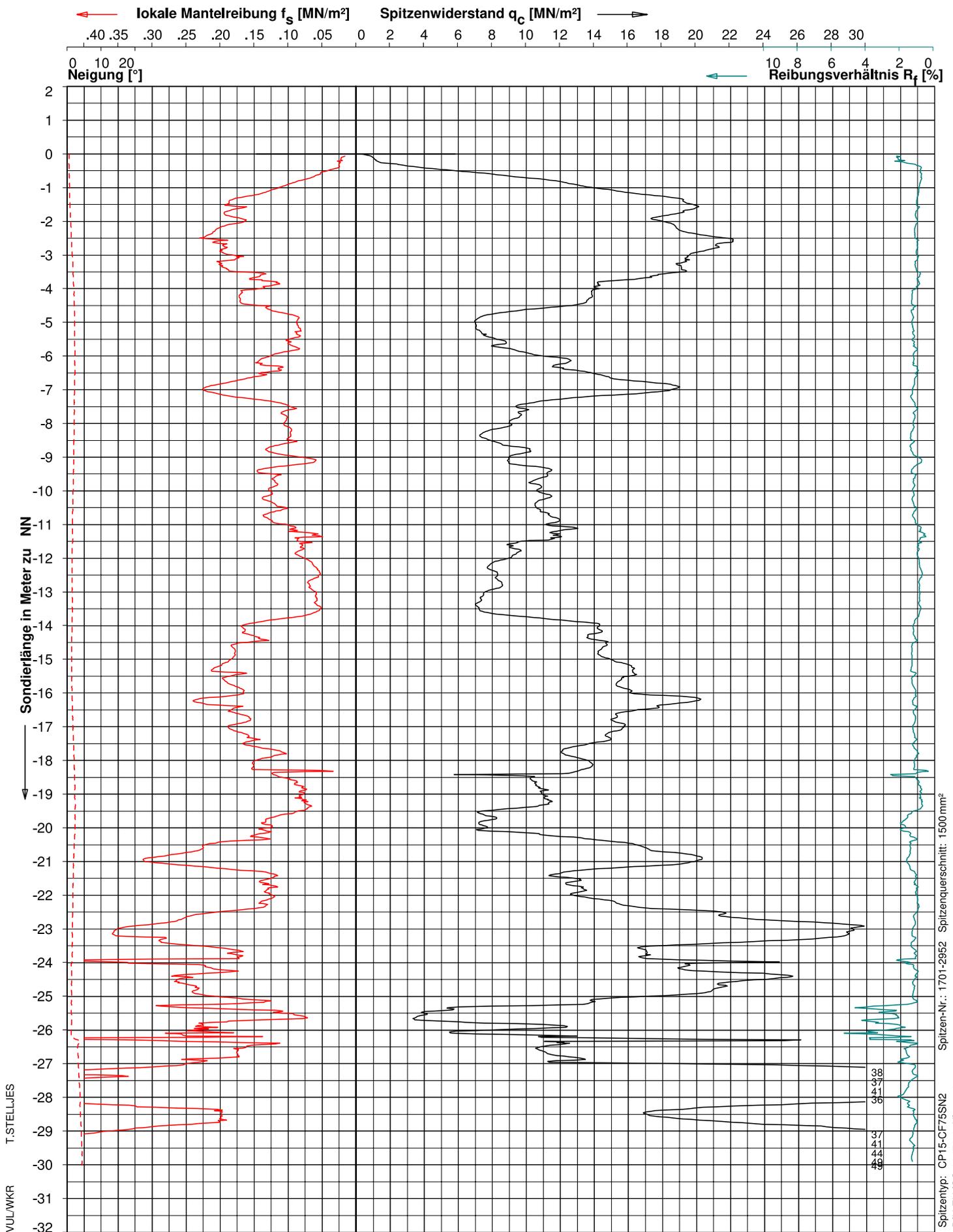
Site Characterisation CPT
Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 14-Nov-2018
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu NN
Endteufe : -30.03 m zu NN

Projekt: 620-18-0771

Sondierung : WEA-6-N

DIN ISO 9001



Spitzennr.: 1701-2952 Spitzenschnitt: 1500mm²
 Spitzentyp: CP15-CF75SN2
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke
WP Oerel

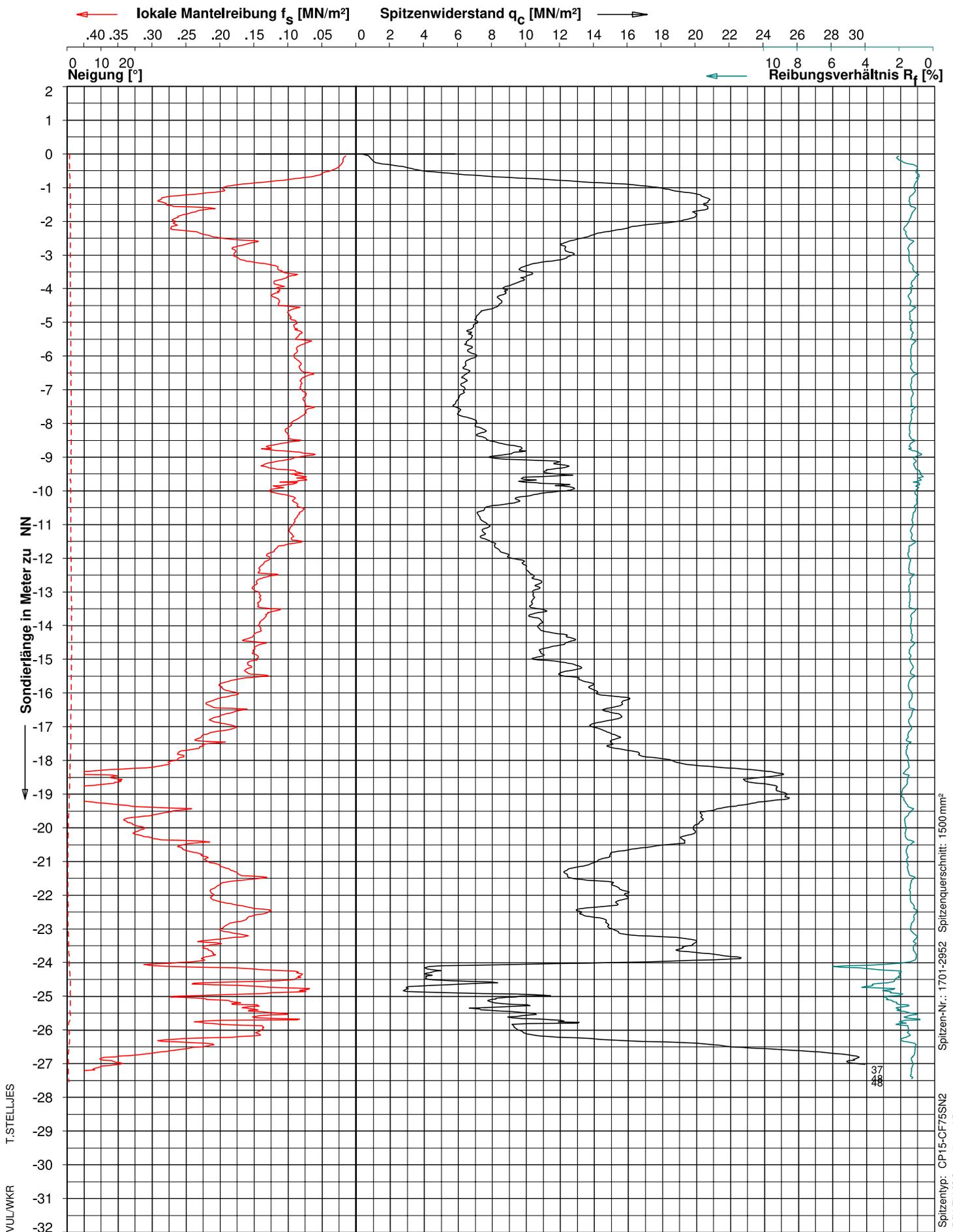


Fugro Germany Land GmbH
 Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 14-Nov-2018
 Sondierende : Vorgabe
 Gelände : 0.00 m zu NN
 Endteufe : -30.02 m zu NN

Projekt: 620-18-0771
 Sondierung : WEA-6-O

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke
WP Oerel

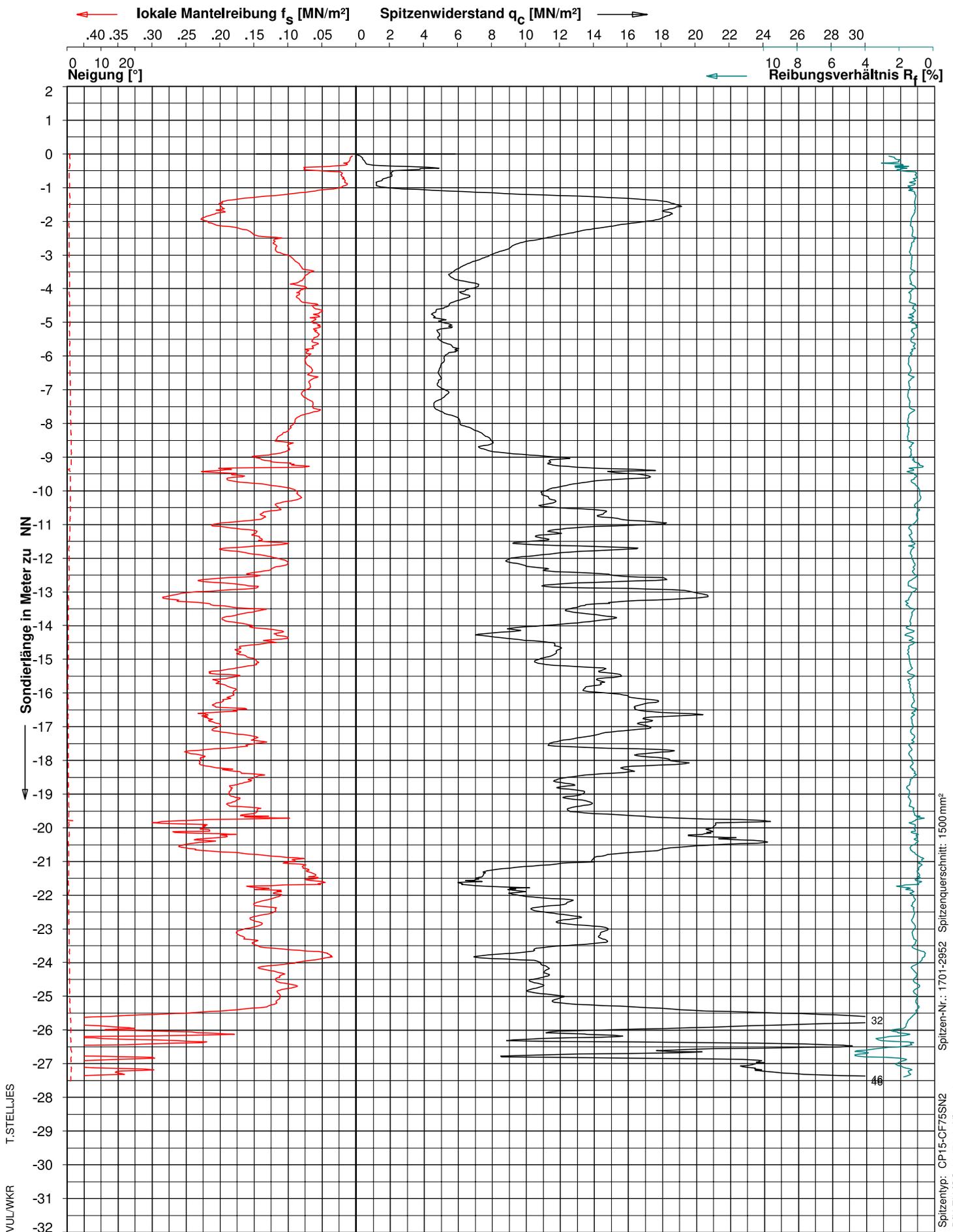


Fugro Germany Land GmbH
 Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 14-Nov-2018
 Sondierende : Auslastung
 Gelände : 0.00 m zu NN
 Endteufe : -27.55 m zu NN

Projekt: 620-18-0771
 Sondierung : WEA-6-S

DIN ISO 9001



Spitzen-Nr.: 1701-2952 Spitzenquerschnitt: 1500mm²
 Spitzentyp: CP15-CF75SN2
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke
WP Oerel

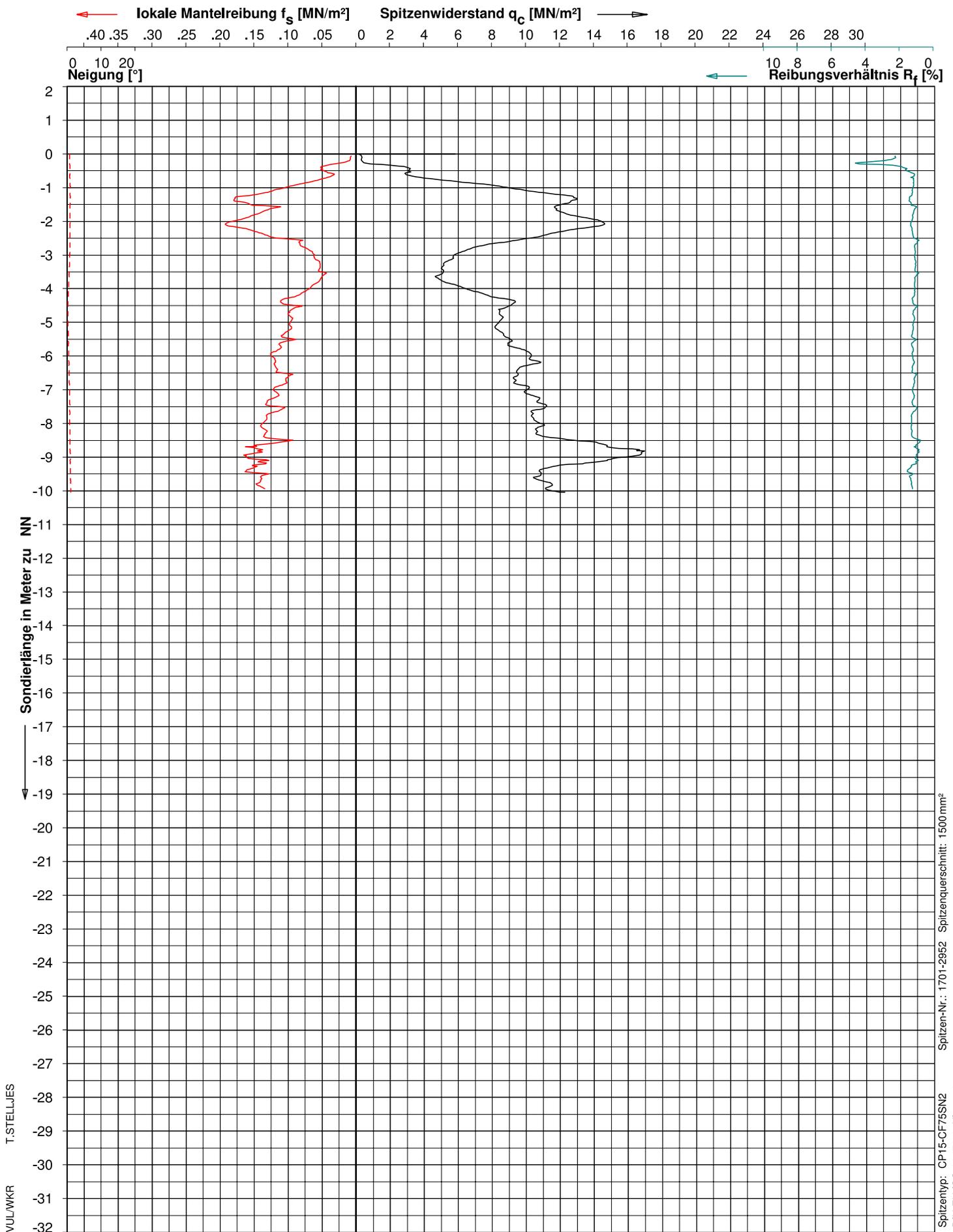


Fugro Germany Land GmbH
 Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 14-Nov-2018
 Sondierende : Auslastung
 Gelände : 0.00 m zu NN
 Endteufe : -27.52 m zu NN

Projekt: 620-18-0771
 Sondierung : WEA-6-W

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübke
WP Oerel



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

Datum : 14-Nov-2018
 Sondierende : Vorgabe
 Gelände : 0.00 m zu NN
 Endteufe : -10.05 m zu NN

Projekt: 620-18-0771
 Sondierung : WEA-6-Kran

DIN ISO 9001



ANLAGE 4

Körnungslinie, DIN 18123

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe

Füchteler Straße 29

49377 Vechta

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

Bearbeiter: Müller

Datum: 29.11.2018

Körnungslinie

WP Oerel

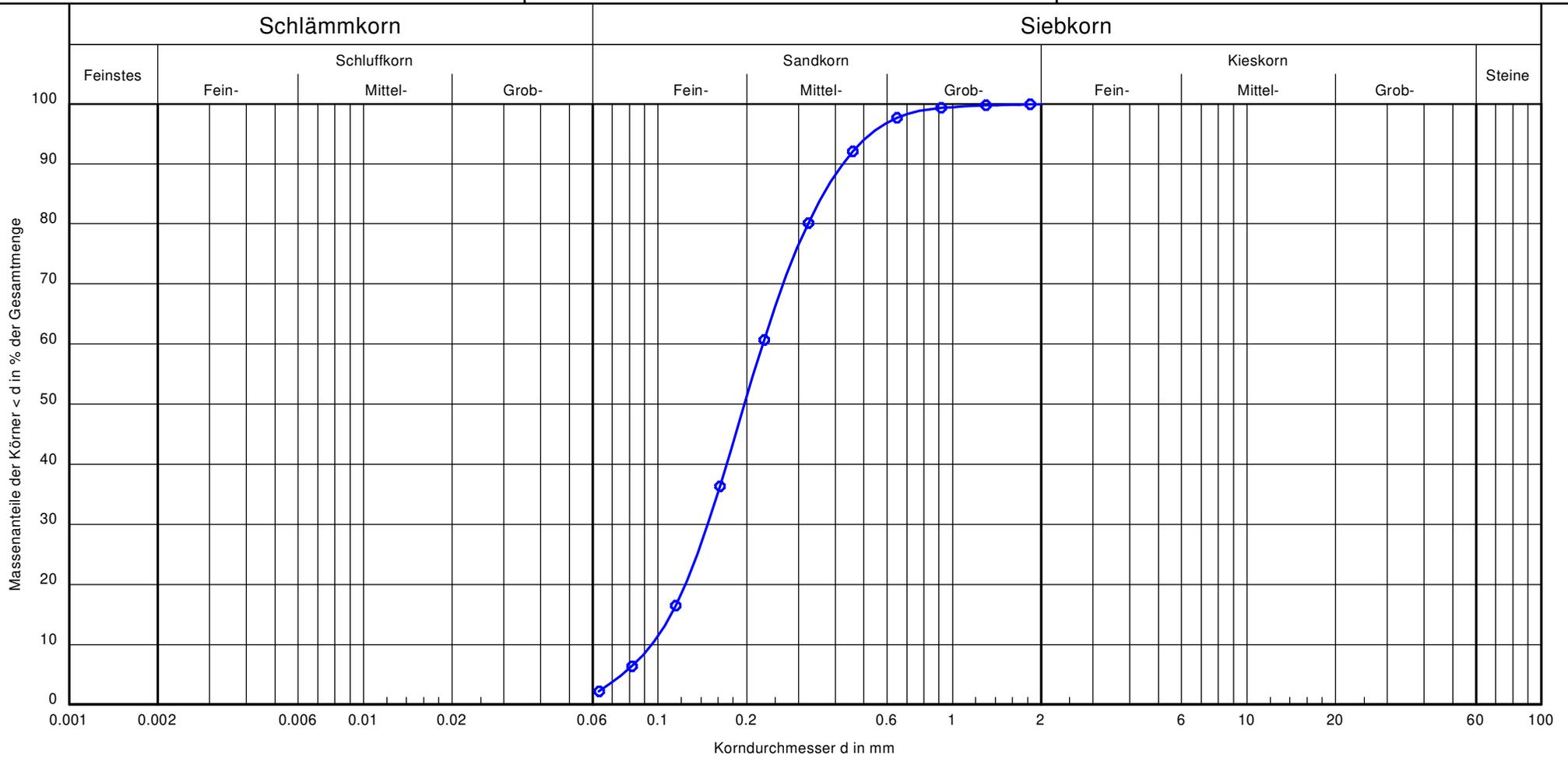
WEA 6N

Prüfungsnummer: 1092-18-2

Probe entnommen am: 05.-08.11.2018

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: DIN 18123



Bezeichnung:	
Bodenart:	fS, mSMSa/FSa
Tiefe:	0,40-1,60 m
U/Cc	2.4/1.0
Entnahmestelle:	WEA 6, 6-2
kf (Hazen)	$1.0 \cdot 10^{-4}$
T/U/S/G [%]:	- /2.2/97.8/ -

Bemerkungen:

Bericht:
 1092-18-2
 Anlage:
 4



ANLAGE 5

Analysenergebnisse Grundwasser

GBA Gesellschaft für Bioanalytik · Flensburger Straße 15 · 25421 Pinneberg

Uwe Markert - Baugrund
Baugrunduntersuchungen - Altlastenerkundung
Markert



Fischerkoppel 11

24340 Eckernförde

Prüfbericht-Nr.: 2018P522330 / 1

Auftraggeber	Uwe Markert - Baugrund Baugrunduntersuchungen - Altlastenerkundung
Eingangsdatum	09.11.2018
Projekt	BV: WEA 1
Material	Wasser
Kennzeichnung	siehe Tabelle
Auftrag	Analytik gem. Vorgabe des Auftraggebers
Verpackung	Glas- und PE-Flaschen / Schraubdeckelglas
Probenmenge	ca. 1,5 L
Auftragsnummer	18514646
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	Auftraggeber
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Prüfbeginn / -ende	09.11.2018 - 26.11.2018
Methoden	siehe letzte Seite
Unteraufträge	
Bemerkung	
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 26.11.2018



i. A. Gesine Blinde

Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Seite 1 von 4 zu Prüfbericht-Nr.: 2018P522330 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2018P522330 / 1

BV: WEA 1

Auftrag		18514646	18514646	18514646	18514646	18514646
Probe-Nr.		001	002	003	004	005
Material		Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser
Probenbezeichnung		Oerel BS-001	Oerel BS-002	Oerel BS-003	Oerel BS-004	Oerel BS-005
Probemenge		ca. 1,5 L				
Probenahme		08.11.2018	08.11.2018	08.11.2018	08.11.2018	08.11.2018
Probeneingang		09.11.2018	09.11.2018	09.11.2018	09.11.2018	09.11.2018
Analysenergebnisse	Einheit					
Betonaggressivität						
pH-Wert		5,8	4,9	6,0	6,9	5,4
Geruch		unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO4/L	130	23	12	6,3	16
Gesamthärte	°dH	15	5,7	14	11	11
Härtehydrogencarbonat	°dH	1,3	0,16	1,8	8,2	0,31
Nichtcarbonathärte	°dH	13	5,5	12	2,8	11
Magnesium	mg/L	10	4,7	8,3	3,7	12
Ammonium	mg/L	<0,20	<0,20	2,9	0,66	0,23
Sulfat	mg/L	12	35	35	5,8	19
Chlorid	mg/L	21	17	50	37	34
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	77	53	63	5,5	43
Eisen, ges.	mg/L	0,052	0,69	0,017	0,12	<0,0050

Anlage zu Prüfbericht 2018P522330

Probe-Nr.: 18514646 / 006

Probenbezeichnung: OereBS-006

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,0		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	52	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	<0,20	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	9,8	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	36	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	16	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	12	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,16	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	20	mg KMnO4/L	---	---	---

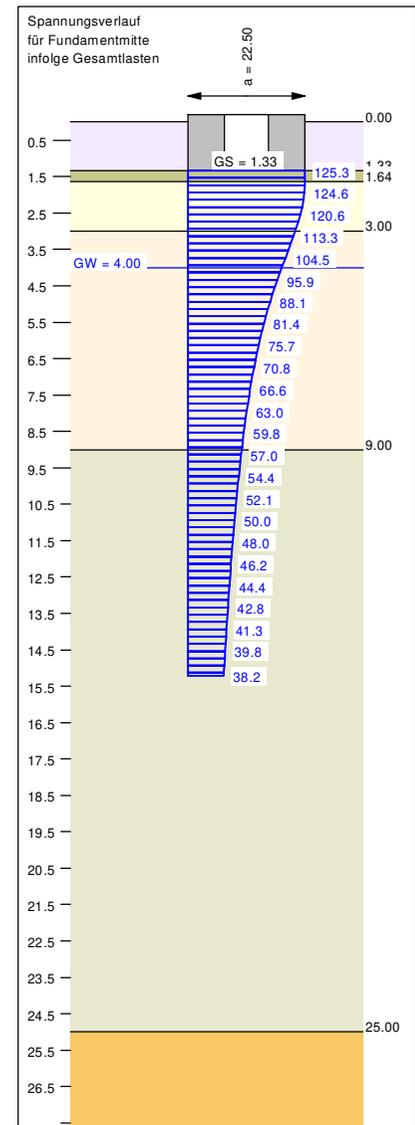
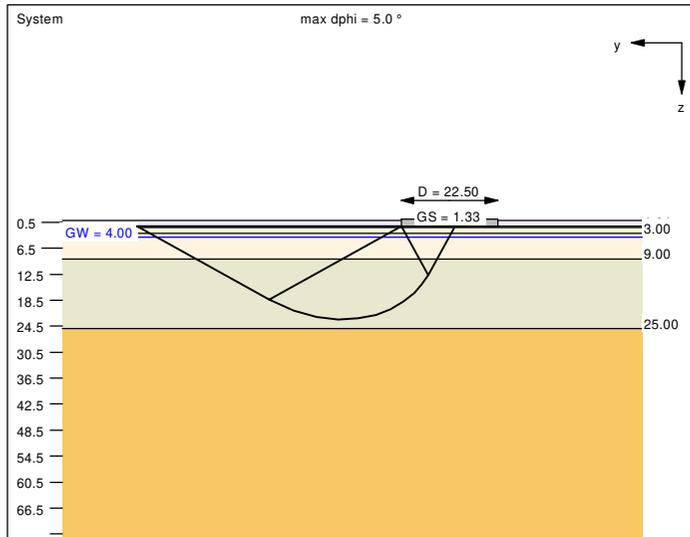
Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.



ANLAGE 6.1-6.2

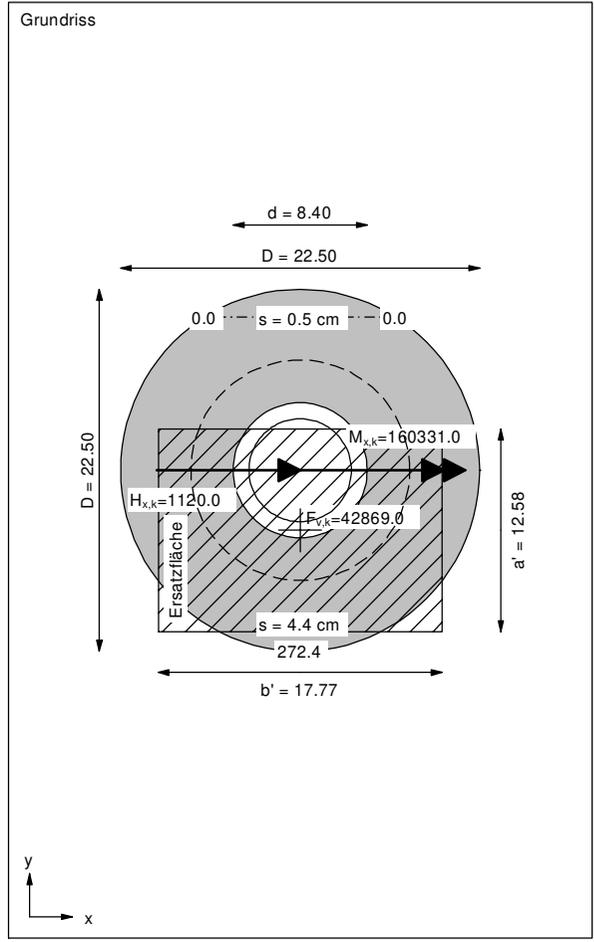
Setzungsberechnungen, Grundbuch

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	κ [-]	Bezeichnung
	17.0	9.0	30.0	0.0	30.0	0.00	1.000	seitl. A
	21.0	11.0	40.0	0.0	100.0	0.00	1.000	Schotter,
	19.0	11.0	35.0	0.0	60.0	0.00	1.000	Sand, md
	18.0	10.0	32.0	0.0	30.0	0.00	1.000	Sand, lo
	19.0	11.0	35.0	0.0	60.0	0.00	1.000	Sand, md
	19.0	11.0	37.5	0.0	80.0	0.00	1.000	Sand, d



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

Gründungssohle = 1.33 m
 Grundwasser = 4.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 Teilsicherheitskonzept
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 42869.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1120.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 160331.00 / 0.00$ kN-m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN-m
 Durchmesser $D = 22.500$ m
 Durchmesser (innen) $d = 8.400$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -3.740$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.855 m)
 $a' = 12.578$ m
 $b' = 17.770$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -3.740$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.855 m)
 $a' = 12.578$ m
 $b' = 17.770$ m

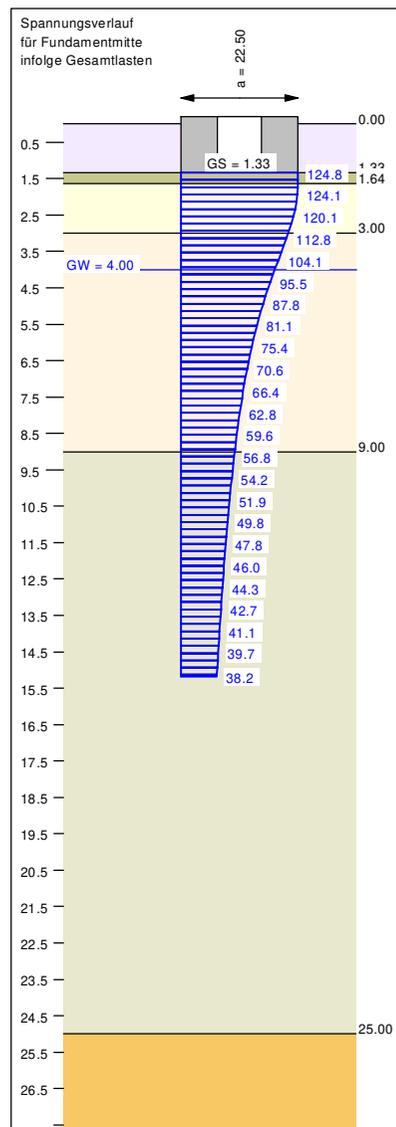
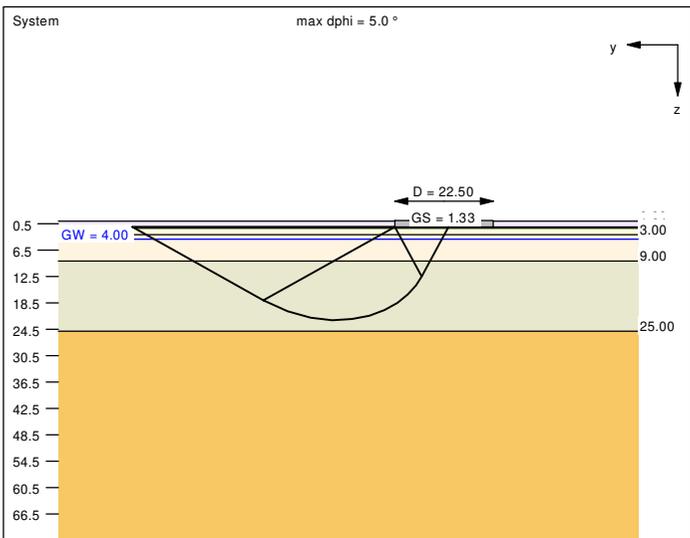
$\text{cal } \varphi = 32.2^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\text{cal } c = 0.00$ kN/m²
 $\text{cal } \gamma_2 = 12.16$ kN/m³
 $\text{cal } \sigma_{\bar{u}} = 22.70$ kN/m²
 UK log. Spirale = 22.92 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 89.46 m
 Fläche log. Spirale = 1011.64 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 36.14$; $N_{d0} = 23.77$; $N_{b0} = 14.35$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.394$; $v_d = 1.377$; $v_b = 0.788$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.962$; $i_d = 0.963$; $i_b = 0.938$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{GI} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{GI} = 42869.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{GI} = 22500.39$ kN
 $T_d = 1512.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.067$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 15.21$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.42 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.49 cm
 unten = 4.35 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 492.7

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht, aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{01,k} / \sigma_{01,d} = 2337.4 / 1669.61$ kN/m²
 $R_{n,k} = 522458.42$ kN
 $R_{n,d} = 373184.58$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 42869.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 57873.15$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.155

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	κ [-]	Bezeichnung
	17.0	9.0	30.0	0.0	30.0	0.00	1.000	seitl. A
	21.0	11.0	40.0	0.0	100.0	0.00	1.000	Schotter,
	19.0	11.0	35.0	0.0	60.0	0.00	1.000	Sand, md
	18.0	10.0	32.0	0.0	30.0	0.00	1.000	Sand, lo
	19.0	11.0	35.0	0.0	60.0	0.00	1.000	Sand, md
	19.0	11.0	37.5	0.0	80.0	0.00	1.000	Sand, d

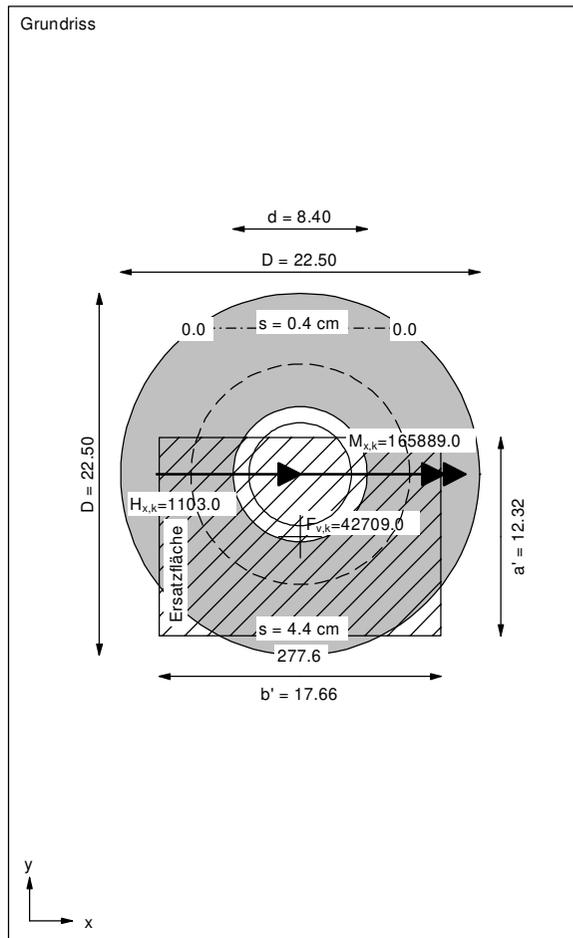


Berechnungsgrundlagen:
 WP Oerel, WEA 6N, BS-A
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept

Gründungssohle = 1.33 m
 Grundwasser = 4.00 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
 Teilsicherheitskonzept

$\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma(GI) = 1.10$
 Gleitsicherheit mit $\varphi = 30.00^\circ$

----- 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 42709.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,k} = 1103.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 165889.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 22.500$ m
 Durchmesser (innen) $d = 8.400$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -3.884$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.855 m)
 $a' = 12.322$ m
 $b' = 17.663$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -3.884$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.855 m)
 $a' = 12.322$ m
 $b' = 17.663$ m

$\text{cal } \varphi = 32.2^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\text{cal } c = 0.00$ kN/m²
 $\text{cal } \gamma_2 = 12.19$ kN/m³
 $\text{cal } \sigma_{\bar{u}} = 22.70$ kN/m²
 UK log. Spirale = 22.48 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 87.64 m
 Fläche log. Spirale = 970.94 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 36.14$; $N_{d0} = 23.77$; $N_{b0} = 14.35$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.388$; $v_d = 1.372$; $v_b = 0.791$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.962$; $i_d = 0.964$; $i_b = 0.939$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{GI} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{GI} = 42709.00 \cdot \tan(30.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{GI} = 22416.41$ kN
 $T_d = 1489.05$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.066$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 15.18$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KP) = 2.43 cm
 Setzungen der KP:
 oben = 0.44 cm
 unten = 4.41 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 478.5

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\sigma_{01,k} / \sigma_{01,d} = 2312.8 / 1651.99$ kN/m²
 $R_{n,k} = 503375.94$ kN
 $R_{n,d} = 359554.24$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 42709.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 57657.15$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.160



ANLAGE 7

Nachweis Drehfedersteifigkeit

