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 BERICHT

1. Revision

PROJEKT:
1075-16-4

Windpark Lehmden
3 x E-82 mit 108 mNH

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

08. Oktober 2019

Baugrunderkundungen
Gründungsgutachten
Baugrundlabor
Altlastenuntersuchungen
Gefährdungsabschätzungen
Sanierungskonzepte
Hydrogeologie

In Kooperation mit der
TERRA Umwelt Consulting GmbH

Projektdaten:

| | |
|---|---|
| Projekt: | 1075-16-4<br>Windpark Lehmden<br>3 x E-82 mit 108 mNH<br>1. Revision |
| Auftraggeber: | Windkonzept Projektentwicklungs<br>GmbH & Co. KG<br>Mansholter Straße 30<br>26215 Wiefelstede |
| Auftragnehmer: | Ingenieurgeologie Dr. Lübbe<br>Füchteler Str. 29<br>49377 Vechta |
| Projektbearbeiterin: | Dipl.-Geol. Petra Müller |
| Exemplare: | 1 Stück |

Dieser Bericht umfasst 18 Seiten, 10 Tabellen und 8 Anlagen.

Vechta, 08. Oktober 2019

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

INHALTSVERZEICHNIS

I. VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG..... 5

1. Unterlagen..... 5
2. Angaben zum Bauwerk..... 5

II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN..... 6

III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE..... 7

1. Boden..... 7
2. Grundwasser..... 9
3. Erdbebenzone..... 10
4. Bodenmechanische Laborversuche..... 10
5. Bodenklassifizierung nach DIN 18300: 2002/DIN 18196..... 12
6. Bodenkennwerte..... 12

IV. AUSWERTUNG UND BEWERTUNG, GRÜNDUNG..... 13

1. Geotechnische Kategorie..... 13
2. Auswertung und Bewertung..... 13
3. Flachgründung..... 14

V. KRANAUFSTELLFLÄCHEN..... 15

VI. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG..... 16

1. Baugrube, Böschungen, Wasserhaltung ..... 16
2. Fundamentüberdeckung, Wiederverwendung Bodenaushub, Verdichtungsanforderungen..... 17
3. Betonaggressivität des Grundwassers..... 18
4. Frischbetoneigengewicht..... 18

VII. SCHLUSSWORT..... 18

TABELLENVERZEICHNIS


| | | |
|---|---|---|
| Tabelle 1: | Charakteristische Lastfälle für Fundamente mit Auftrieb... | 5 |
| Tabelle 2: | Koordinaten und ungefähre Geländehöhen..... | 6 |
| Tabelle 3: | Bodenprofile an den Standorten..... | 8 |
| Tabelle 4: | Wassergehalte ausgewählter Bodenproben..... | 10 |
| Tabelle 5: | Ergebnisse der Körnungsanalysen..... | 11 |
| Tabelle 6: | Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18300..... | 11 |
| Tabelle 7: | Bodenklassifizierung nach DIN 18300: 2002/DIN 18196..... | 12 |
| Tabelle 8: | Bodenkennwerte in Anlehnung an TÜRKE (*1998*), EAU (*2012*), Ergebnissen der Drucksondierungen und eigenen Erfahrungswerten..... | 12 |
| Tabelle 9: | Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen..... | 14 |
| Tabelle 10: | Erforderliche Aushubtiefen für die Kranstellflächen..... | 16 |


ANLAGENVERZEICHNIS:


| | |
|---|---|
| ANLAGE 1: | Lageplan |
| ANLAGE 2.1-2.5: | Bohrprofile nach DIN 4023 und Drucksondierdiagramme nach DIN 4094 |
| ANLAGE 3: | Drucksondierprotokolle |
| ANLAGE 4: | Wassergehalte, DIN 18121 |
| ANLAGE 5: | Körnungslinien, DIN 18123 |
| ANLAGE 6.1-6.5: | Setzungsberechnungen, Grundbruch |
| ANLAGE 7.1-7.2: | Nachweis Drehfedersteifigkeit |
| ANLAGE 8: | Analysenergebnis Grundwasser |

## I. VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG

Im Landkreis Ammerland sollen in der Gemeinde Rastede, Ortsteil Lehmden, drei Windenergieanlagen vom Typ Enercon E-82 mit 108 m Nabenhöhe (*WEA 1 bis WEA 3*) errichtet werden.

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

Einen ersten Bericht haben wir mit Datum vom 21.07.2016 vorgelegt. Zwischenzeitlich wurde im Zuge des Genehmigungsverfahrens eine Pfahlgründung für die Anlagenstandorte gefordert.

### 1. Unterlagen

Zur Durchführung der Untersuchungen erhielten wir folgende Unterlagen:

- Übersichtskarte, Lage der Windparks, Maßstab 1 : 50.000,
- Lageplan Lehmden-Liethe vom 18.01.2018, Maßstab 1 : 5 000.
- Fundamentdatenblatt E-82 E2 & E3/BF/107/23/01, Flachgründung mit Auftrieb vom MJB/28.10.2010, Revision 1.0/28.10.2010.

### 2. Angaben zum Bauwerk

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

Für geotechnische Nachweise sind im Datenblatt folgende charakteristischen Lastfälle angegeben:

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

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

Tabelle 1: Charakteristische Lastfälle für Fundamente mit Auftrieb.

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

Die maximal zulässige Schiefstellung infolge Baugrundsetzung in 20 Jahren bezogen auf den Außendurchmesser beträgt delta s ≤ 40,0 mm.

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

| Anlagennummer, Anlagentyp | Rechtswert | Hochwert | ca. Geländehöhe mNN |
|---|---|---|---|
| WEA 1 | 446028 | 5904036 | 4,5 |
| WEA 2 | 446048 | 5903762 | 3,5 |
| WEA 3 | 446341 | 5903894 | 1,5 |

Tabelle 2: Koordinaten und ungefähre Geländehöhen.

## II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde am 16.06.2016 jeweils am Mittelpunkt der Anlagenstandorte eine Rammkernsondierung bis 10,0 m unter Gelände abgeteuft (*Φ 80/60 cm, RKS 1 bis RKS 3*).

Durch die Fugro GmbH, Lilienthal, wurden je Standort drei in etwa gleichmäßig um den Umfang verteilte, elektrische Drucksondierungen bis 24,0 m bzw. 30,0 m unter Gelände ausgeführt (*CPT 1-1 bis CPT 3-3, gem. DIN 4094*).

Je Kranaufstellfläche (*KAF*) wurden zwei Drucksondierungen (*CPT K 1-4 bis CPT K 3-5, gem. DIN 4094*) jeweils bis 10,0 m unter Ansatzpunkt abgeteuft.

Die Lage der Sondieransatzpunkte ist in Anlage 1 dargestellt. Die erbohrten Bodenprofile wurden entsprechend DIN 4022 ingenieurgeologisch vor Ort angesprochen und in Schichtenverzeichnissen aufgenommen. Die Ergebnisse sind in Anlage 2.1-2.5 als Bohrprofile nach DIN 4023 zusammen mit den Drucksondierdiagrammen (*CPT nach DIN 4094*) dargestellt. Die Drucksondierprotokolle liegen in Anlage 3 vor.

An 13 repräsentativ ausgewählten Bodenproben, insbesondere aus den anstehenden Schluffen, wurde der Wassergehalt nach DIN 18121 bestimmt. An vier exemplarisch ausgewählten Bodenproben aus den Sanden und dem Schluff in oder unterhalb der Gründungsebene wurden Körnungsanalysen nach nassem Abtrennen der Feinanteile bzw. durch Sedimentation (*DIN 18123*) durchgeführt. Die Wassergehaltsbestimmungen liegen in Anlage 4 bei. die Körnungslinien sind in Anlage 5 beigefügt.

Die RKS 1 (*WEA 1*) wurde zu einem provisorischen Grundwasserpegel ausgebaut, um eine Grundwasserprobe zu entnehmen und im Labor auf den chemischen Angriffsgrad nach DIN 4030 analysieren zu lassen. Die Analysenergebnisse liegen in Anlage 8 vor. An der WEA 2 und WEA 3 war nur geringfügiger Andrang von Schichtenwasser zu verzeichnen. An diesen Standorten konnten keine Grundwasserproben entnommen werden.

Die rechnerischen Setzungsermittlungen sind in Anlage 6.1-6.5 und die Drehfedersteifigkeiten für eine Flachgründung in Anlage 7.1-7.2 beigefügt.

## III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

### 1. Boden

Nach den geologischen Kartenunterlagen des LBEG sind im Bereich des Windparks unter Geschiebedecksanden aus der Weichselkaltzeit und glazifluviatilen Sanden aus der Drenthe-Kaltzeit Beckenablagerungen bestehend aus Ton und Schluff (*„Lauenburger Ton“*) aus der Elster-Kaltzeit zu erwarten.

Das Gelände eben. Die mittlere Geländehöhe beträgt nach amtlicher Topographischer Karte TK 50 etwa zwischen 1,5 mNN (*WEA 3*) und 4,5 mNN (*WEA 1*).

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

| Bezogene Lagerungsdichte | Spitzenwiderstand (qc) (aus CPT) MN/m$^2$ | Wirksamer Reibungswinkel ($\varphi$') |
|---|---|---|
| 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 |

Die Bestimmung der Konsistenzen des bindigen Bodens aus Schluff und Ton erfolgte anhand von Knetversuchen im Feld sowie an den Bodenproben im Labor. Die Drucksondierungen wurden dazu in Anlehnung an das Grundbau Taschenbuch (*5. Auflage, Teil 1*) ausgewertet. Danach ist der Spitzenwiderstand in bindigen Böden wegen ihrer Plastizität gewöhnlich klein. Ein Wert von qc = 5 MN/m$^2$ kennzeichnet bereits eine feste Konsistenz. Bei Werten von qc > 1,5 MN/m$^2$ kann auf eine steife bis sehr steife Konsistenz geschlossen werden. In Verbindung mit den Knetversuchen wurde bei Spitzendrücken von etwa 2 MN/m$^2$ bis 3 MN/m$^2$ auf eine halbfeste Konsistenz geschlossen.

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

| Tiefe (*bis m u. GOK min./max.*) | Mächtigkeit (m) | Bodenschicht (*Spitzendruck qc in MN/m²*, *Mantelreibung fs in kN/m²*) | nicht bindig/ bindig | Baugrund-eigenschaften |
|---|---|---|---|---|
| 0,30 | 0,30 | Oberboden/Mutterboden, Feinsand, schluffig, humos oder Schluff, humos (-) | - | nicht geeignet |
| 1,20 (WEA 3), 6,0/10,5 (WEA 1), fehlt bei WEA 2 | 0,90 (WEA 3), 5,70/7,00 (WEA 1) | Decksande/ Schmelzwasser-sande: Feinsand, mittelsandig, schluffig knapp mitteldicht bis mitteldicht qc ≥ 5,0-15 | nicht bindig | geeignet bis gut |
| 21,0/23,0 | 10,0-23,0 | Schluff und Ton („Lauenburger Ton“): steifplastisch qc = 1,5-2, fs = 50-100 halbfest qc = 2-3, fs = 100-150 | bindig | tragfähig |
| > 30,0 | > 9,0 | Sand, mitteldicht bis dicht qc ≥ 10-20 | nicht bindig | gut |

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

Nach den vorliegenden Baugrunderkundungen besteht der Baugrund unter gering mächtigen sandigen Deckschichten aus bindigen Böden (*Schluff und Ton*), die aufgrund der regionalen geologischen Verhältnisse als „Lauenburger Ton“ eingeordnet werden können.

Bei dem Lauenburger Ton handelt es sich um Ablagerungen der Elster-Kaltzeit, die während der späteren Kaltzeiten bei entsprechender Gletscherlage erneut überdeckt wurden. Der Lauenburger Ton ist geologich vorbelastet und seine geotechnischen Eigenschaften weichen stark von denen nichtkomprimierter Tone im Hinblick auf seine Konsistenz und der Scherfestigkeit ab.

Der Baugrund ist unter Berücksichtigung der regionalen Geologie entsprechend Enercon Spezifikation, Anforderungen für Baugrundbeurteilungen, Stand 15.05.2006, mit den vorliegenden Aufschlüssen grundsätzlich ausreichend tief erkundet.

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

*Mutterboden/Oberboden, Torf:*

- Petrographie: Schluff, humos. Örtlich auch Torf: vgl. WEA 3, CPT 3-5.
- Farbe: braun.
- bis Meter unter Gelände (min./max.): 0,30/0,50.
- Mächtigkeit: 0,30 m bis 0,50 m.
- Konsistenz: steif.
- Baugrundeigenschaften: nicht geeignet.

Decksand:

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

Ton/Schluff:

- Petrographie: Ton, schwach schluffig oder Schluff. Sandzwischenlagen möglich: WEA 1: 2,50-3,30 m, 5,00-6,80 m.
- Farbe: braun.
- bis Meter unter Gelände (min./max.): > maximale Aufschlusstiefe von 10,0 m unter GOK.
- Mächtigkeit: -.
- Konsistenz: steif bis halbfest.
- Baugrundeigenschaften: gut.

## 2. Grundwasser

Grundwasser wurde bei den Bohrarbeiten am 15.06.2016 an der WEA 1 ab 1,20 m unter Geländeoberkante in den anstehenden Sanden angetroffen. Bezogen auf mNN entspricht dies einem Grundwasserstand von etwa 3,30 mNN. Je nach Mächtigkeit der oberen Sande bildet dieses Grundwasser einen zusammenhängenden, geschlossenen Grundwasserkörper.

Bei WEA 3 wurde in den oberen, gering mächtigen Decksanden nur geringer Andrang von Schichtenwasser bei 1,10 m unter GOK festgestellt.

Am Standort der WEA 2 fehlen die oberen Sande. Grund- oder Schichtenwasser wurde hier nicht angetroffen.

In den hydrogeologischen Kartenunterlagen des LBEG wird die Höhe der mittleren Grundwasseroberfläche im Bereich des Windparks zwischen 1,00 mNN und 2,5 mNN angegeben. Der an der WEA 1 gemessene Grundwasserspiegel liegt deutlich über dem nach den Kartenunterlagen erwarteten Grundwasserstand. Zu beachten ist dabei, dass es sich bei den Felduntersuchungen um punktuelle Messungen und nicht um einen eingepegelten Ruhewasserstand handelt.

Die Gründungstiefen der geplanten WEA betragen 2,65 m unter Gelände. An der WEA 1 stehen die Fundamente voraussichtlich ständig unter Grundwassereinfluss. An der WEA 2 und WEA 3 können wegen der anstehenden bindigen, Wasser stauenden Böden die Fundamente zumindest zeitweilig unter Grundwassereinfluss stehen. Daher ist an allen Standorten die auftriebssichere Fundamentvariante erforderlich.

## 3. Erdbebenzone

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

## 4. Bodenmechanische Laborversuche

Zur Überprüfung der Bodenansprache am Bohrkern und zur Klassifizierung der anstehenden Bodenarten, wurden an ausgewählten Bodenproben die Wassergehalte bestimmt.

Die Wassergehaltsbestimmungen sind in Tabelle 4 aufgeführt.

| Probenbezeichnung, Entnahmetiefe (m) | Bodenart | Wassergehalt w (%) |
|---|---|---|
| WEA 1, Pr. 3, 1,40-3,60 | Sand | 28,0 |
| WEA 1, Pr. 4, 3,60-4,70 | Sand | 25,6 |
| WEA 1, Pr. 5, 4,70-5,20 | Schluff, steif | 31,0 |
| WEA 2, Pr. 4, 2,20-3,60 | Schluff, steif | 31,0 |
| WEA 2, Pr. 5, 3,60-5,10 | Schluff, steif | 30,5 |
| WEA 2, Pr. 6, 5,10-6,60 | Schluff, steif | 30,7 |
| WEA 2, Pr. 7, 6,60-7,70 | Schluff, steif | 28,6 |
| WEA 2, Pr. 8, 7,70-8,80 | Schluff, steif | 30,3 |
| WEA 2, Pr. 9, 8,80-10,00 | Schluff, steif | 31,8 |
| WEA 3, Pr. 5, 2,90-3,80 | Schluff, steif | 37,4 |
| WEA 3, Pr. 6, 3,80-4,80 | Schluff, steif | 37,9 |
| WEA 3, Pr. 7, 4,80-6,10 | Schluff, steif | 29,8 |
| WEA 3, Pr. 8,6,10-7,40 | Schluff, steif | 32,3 |

Tabelle 4: Wassergehalte ausgewählter Bodenproben.

Die Konsistenz der Ton- und Schluffböden wird im Wesentlichen vom Wassergehalt bestimmt. Dieser klassifizierende Parameter wurde in der Bandbreite w = 28,6 % bis 37,9 % ermittelt. Die Konsistenz ist überwiegend steifplatisch bis halbfest.

An vier exemplarisch ausgewählten Bodenproben wurden zusätzlich Kornverteilungen nach DIN 18123 nach nassem Abtrennen der Feinanteile bzw. durch Sedimentation durchgeführt. Nach der Labormethode „Sieblinienauswertung“ wurden die kf-Werte für diese Sande nach HAZEN ermittelt. Falls sich wegen eines hohen Feinkornanteils < 0,063 mm kein Schnittpunkt mit dem 10 %.-Massenanteil ergab, wurde der Kf-Wert nach Erfahrungswerten abgeschätzt. Entsprechende Werte sind in Klammern gesetzt. In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Körnungsanalysen zusammengefasst.

| Standort, Probenummer | Entnahmetiefe (m u. GOK) | Anteil < 0,063 mm | Bodenart | kf-Wert (HAZEN) (m/s) |
|---|---|---|---|---|
| WEA 1, Pr. 3 | 1,40-3,60 | 15,5 | Feinsand, schwach schluffig, mittelsandig | ($1,0 \times 10^{-5}$) |
| WEA 1, Pr. 4 | 3,60-4,70 | 7,1 | Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig | $5,1 \times 10^{-5}$ |
| WEA 2, Pr. 5 | 3,60-5,10 | 100 | Schluff, tonig | ($< 1,0 \times 10^{-8}$) |
| WEA 3, Pr. 7 | 4,80-6,10 | 90 | Schluff, schwach tonig | ($1,0 \times 10^{-8}$) |

Tabelle 5: Ergebnisse der Körnungsanalysen.

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 18300.

Die anstehenden schwach schluffigen, mittelsandigen Feinsande sind mit kf-Werten von 1,0-5,0 x $10^{-5}$ m/s durchlässig.

Die tonigen Schluffe (*„Lauenburger Ton“*) sind mit kf ≤ 1,0 x $10^{-8}$ m/s schwach bis sehr schwach durchlässig und wirken Wasser stauend.

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

Für die Ausschreibung der Erdarbeiten können die angetroffenen Bodenarten aufgrund ihrer bautechnischen Eigenschaften wie folgt klassifiziert werden (*vgl. Tabelle 7*):

| Bezeichnung | Bodenklasse nach DIN 18300 | Bodengruppe nach DIN 18196 |
|---|---|---|
| Oberboden, Mutterboden, Feinsand oder Schluff, humos | 1 | OH |
| Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig | 3 | SE, SU |
| Ton, Schluff (Lauenburger Ton) | 4-5 bei starker Vernässung (Ic < 0,5) und dynamischer Beanspruchung in Klasse 2 übergehend | TM, TA |

Tabelle 7: Bodenklassifizierung nach DIN 18300: 2002/DIN 18196.

## 6. Bodenkennwerte

Die Bodenkennwerte wurden nach der Bodenansprache und den bautechnischen Eigenschaften zugewiesen. Danach können in Anlehnung an TÜRKE (*1998*), EAU (*2012*) und eigenen Erfahrungswerten die in Tabelle 8 aufgeführten statischen und dynamischen Bodenkennwerte bei erdstatischen Berechnungen zugrunde gelegt werden.

| Bezeichnung | Boden-gruppe DIN 18196 | Lagerungs-dichte/ Konsistenz | Wichte erdfeucht/ unter Auf-trieb cal $\gamma$/ cal $\gamma'$ [kN/m³] | Reibungs-winkel cal $\varphi$ [°] | Kohäsion cal-c´ kN/m² | Steife-modul statisch/ dynamisch $E_s$ [MN/m²] | Poisson-zahl (-) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig | SE, SU | locker/- | 17-18/9-10 | 32,5 | 0 | 25/120 | 0,35-0,40 |
| | | mitteldicht/ | 18-19/10-11 | 35 | 0 | 30-40/150-180 | 0,32-0,35 |
| Schluff, Zwischenlagen im Sand | UL | -/steif | 18-20/8-10 | 30 | 2-3 | 8-10/80-100 | 0,40 |
| Ton (*Lauenburger Ton*) | TM, TA | -/weich bis steif | 18-19/8-9 | 20-25 | 20-50 | 10-20/80-120 | 0,40 |
| | | -/steif-halbfest | 19-20/9-10 | 20-25 | 30-60 | 20-30/120-150 | 0,35 |

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

Die einfache Beziehung Es = α x qc (*qc = Spitzenwiderstand der Drucksonde*) ist zur Ermittlung des Steifemoduls für Sande im Allgemeinen gut geeignet.

Zur Ermittlung des Steifemoduls für den geologisch vorbelasteten Lauenburger Ton ist diese einfache Beziehung zu ungenau. Daher wurde sein Steifemodul (*Es*) in Anlehnung an das Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, EAU, 1997, bzw. Grundbautaschenbuch nach folgender Gleichung rechnerisch ermittelt:

$Es = \omega_1 \times \sigma_{at} ((\sigma'_v + 0{,}5\Delta\sigma_v)/\sigma_{at})^{\omega 2}$

Dabei ist:

$\omega_1$ = Steifebeiwert = 100-130 für steifplastischen bis halbfesten Ton, Wiederbelastung

$\sigma_{at}$ = Atmosphärendruck = 100 kN/m$^2$

$\sigma'_v$ = die wirksame Vertikalspannung in der Gründungssohle infolge des Überlagerungsdrucks des Bodens, hier: 2,65 m x 18 kN/m$^2$ = 48 kN/m$^2$

$\Delta\sigma_v$ = die wirksame Vertikalspannung in der Gründungssohle aufgrund des Bauwerks = 288 kN/m$^2$

$\omega_2$ = Steifeexponent = 1,00 (*leichte bis mittelplastische Tone = 0,60, geht für konsolidierte Tone, Wiederbelastung gegen 1,00*)

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

## IV. AUSWERTUNG UND BEWERTUNG, GRÜNDUNG

### 1. Geotechnische Kategorie

Nach der Baugrunduntersuchung wurden unter sandigen Deckschichten geologisch vorbelastete Beckentone („*Lauenburger Ton*“) angetroffen. Die freie Grundwasseroberfläche kann zumindest zeitweilig oberhalb der Bauwerkssohle liegen. Die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse können in die Geotechnische Kategorie GK 2 in Anlehnung an DIN 4020 eingeordnet werden.

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

### 2. Auswertung und Bewertung

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

Nach den vorliegenden Baugrunderkundungen stehen an der WEA 1 in dieser Tiefenlage im nördlichen Bereich der Baugrube Sandböden in lockerer bis mitteldichter Lagerung und im Süden bis ca. 3,70 m unter GOK noch Schluffe an. Aus den unterschiedlichen Bodenarten unmittelbar in der Gründungsebene sind Setzungsdifferenzen zu erwarten. Daher sind die Schluffe bis 3,70 m unter GOK

auszutauschen. Zum Bodenaustausch eignen sich grobkörnige, verdichtungsfähige Böden (*z. B SE, SW oder GE, GW gem. DIN 18196, oder vergleichbar*). Als oberste Lage ist eine 0,50 m mächtige Lastverteilungsschicht aus Schotter (*Mineralgemisch 0/45 oder 0/32*) vorzusehen. Verdichtungsanforderungen siehe Kapitel VI.2.

An den Standorten der WEA 2 und WEA 3 befindet sich die Aushubsohle bereits in steifplastischem bis halbfestem Ton bzw. Schluff, der für die Gründung der Windkraftanlagen grundsätzlich ausreichend tragfähig ist. Zur besseren Lastverteilung ist auch hier eine mindestens 0,50 m mächtige Lastverteilungsschicht aus kornabgestuftem Mineralstoffgemisch (*Körnung z. B. 0/45 oder 0/32*) erforderlich. Zum Trennen vom darunter anstehendem feinkörnigem Untergrund ist ein Geovlies (*GRK 3*) zu verlegen.

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

Die Gründungsempfehlungen für die Standorte können wie folgt zusammengefasst werden (*Tabelle 9*):

| Standort | Anlagentyp | Gründungstiefe (m u. GOK) | Aushubtiefe (m u. GOK) | Gründungsempfehlung |
|---|---|---|---|---|
| WEA 1 | E-82, 108 mNH | 2,65 | 3,70 | FmA*, Nachverdichten der Aushubsohle, 0,50 m STS |
| WEA 2 | E-82, 108 mNH | 2,65 | 3,25 | FmA*, 0,50 m STS |
| WEA 3 | E-82, 108 mNH | 2,65 | 3,25 | FmA*, 0,50 m STS |

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

Tabelle 9: Zusammenfassung der Gründungsempfehlungen.

Alternativ zu der vorgeschlagenen Flachgründung wäre an allen Standorten auch eine Pfahlgründung möglich.

### 3. Flachgründung

Der Fundamentdurchmesser beträgt 18,00 m (*mit Auftrieb*). Eine Setzungsabschätzung mit den im Fundamentdatenblatt angegebenen charakteristischen Lasten ergaben folgende maximalen Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen:

WEA 1 (*Anlage 6.1-6.2*):

DLC 1.0 *s = 1,0 cm bis 3,8 cm, Δ s = 2,8 cm = 28 mm.*

DLC 6.2 *s = 0,4 cm bis 4,9 cm, Δ s = 4,5 cm = 45 mm.*

WEA 2 und WEA 3 (*Anlage 6.3-6.4*):

DLC 1.0 *s = 1,0 cm bis 3,7 cm, Δ s = 2,7 cm = 27 mm.*

DLC 6.2 *s = 0,4 cm bis 4,7 cm, Δ s = 4,3 cm = 43 mm.*

Die zulässige maximale Schiefstellung von Δ s = 40 mm wird für die ständigen Lasten im Lastfall DLC 1.0 eingehalten. Bei dem Lastfall DLC 6.2 handelt es sich um einen außergewöhnlichen Lastfall, der nur kurzzeitig wirk (*Windböen*). Rechnerisch werden für diesen Fall die zulässigen Setzungsdifferenzen leicht überschritten. Bei der Ermittlung der relevanten Setzungen und Setzungsdifferenzen auf den anstehenden bindigen Böden können die rechnerisch ermittelten Setzungen reduziert und mit ca. ¾ des ermittelten Wertes wie folgt berücksichtigt werden: DLC 1.0 + 0,5 x (DLC 6.2 – DLC 1.0). Dabei ergaben sich rechnerisch folgende Setzungen:

*s = 0,7 cm bis 4,4 cm, Δ s = 3,7 cm = 37 mm.*

Die zulässige maximale Schiefstellung von Δ s = 40 mm wird auch im außergewöhnlichem Lastfall DLC 6.2 eingehalten.

Für die Grundbruchsicherheit ergibt sich überschlägig ein maximaler Ausnutzungsgrad von mit $\mu$ = 0,326 << $\mu_{erf}$ < 1,00. Die Grundbruchsicherheit ist gewährleistet.

Der Federwert für Kippen k$\varphi$ wurde ermittelt. Die Nachweise liegen als Anlage 7.1-7.2 bei.

Die Anforderungen an die Drehfedersteifigkeit von $k\varphi_{dyn} \geq$ 100 000MNm/rad und $k\varphi_{stat} \geq$ 10 000 MNm/rad werden erfüllt unter Berücksichtigung einer 0,50 m mächtigen Lastverteilungsschicht erfüllt.

## V. KRANAUFSTELLFLÄCHEN

Die Kranaufstellflächen befinden sich auf bisher unbefestigten Flächen mit 0,30 m bzw. 0,50 m mächtiger, humoser Oberboden- oder Torfauflage. Darunter stehen sandige Deckschichten oder bindige Böden aus steifplastischem Schluff an. Torfböden wurden in tieferen Bereichen nicht angetroffen. Die anstehende Abfolge aus Sand und steifplastischem Schluff ist grundsätzlich tragfähig.

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

Für die Befestigung kann für die unteren Lagen Füllsand (*SE, SW, gem. DIN 18196*) verwendet werden. Zur Erhöhung der Scherfestigkeit ist darauf ein Geogitter (*z. B. Naue, Secugrid 60/60 Q1, oder vergleichbar*) zu verlegen. Dann erfolgt in Anlehnung an die Enercon Spezifikation „Zuwegungen und Kranstellflächen E-82“ der Einbau einer ca. 0,30 m mächtige Schottertragschicht (*Mineralgemisch 0/32*).

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

Folgende Aushubtiefen sind an den Standorten für die Kranstellflächen voraussichtlich erforderlich (*Tabelle 10*):

| Standort | erforderliche Aushubtiefe (m u. GOK) | Aufbau |
|---|---|---|
| WEA 1 | 0,50 | untere Lagen Sand, Geogitter, darauf 0,30 m STS; Lastverteilungsmatten |
| WEA 2 | 0,50 | untere Lagen Sand, Geogitter, darauf 0,30 m STS; Lastverteilungsmatten |
| WEA 3 | 0,50 | untere Lagen Sand, Geogitter, darauf 0,30 m STS; Lastverteilungsmatten |

Tabelle 10: Erforderliche Aushubtiefen für die Kranstellflächen.

## VI. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG

### 1. Baugrube, Böschungen, Wasserhaltung

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

Grundwasser ist an der WEA 1 etwa ab 1,20 m unter Geländeoberkante zu erwarten. Die Sande neigen beim Anschnitt im Wasser gesättigten Zustand zum Fließen. Ein Bodenaushub ist daher nur im Schutze einer ausreichend dimensionierten geschlossenen Wasserhaltung, z. B. durch eingefräste Horizontaldränage oder Vakuumfilter, möglich. Die Wasserabsenkung muss bis mindestens 0,50 m unter Aushubsohle reichen. Bei einer Baugrubentiefe für den Bodenaustausch bis ca. 3,70 m entspricht dies einer Absenktiefe bis mindestens 4,20 m unter GOK.

Nach den Körnungsanalysen kann der mittlere kf-Wert der anstehenden Sande mit $5{,}0 \times 10^{-5}$ m/s angenommen werden. Die Sande sind damit durchlässig.

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

An der WEA 2 und WEA 3 wurde geringfügiger Andrang von Stau- oder Schichtenwasser festgestellt. Die Baugrubenböschungen und die Baugrubensohlen befinden sich in bindigen, Wasser stauenden Schluffen. Zum Abführen von Stau-, Schichten- und Oberflächenwasser ist eine offene Wasserhaltung mit Ringdränage, Stichdräns und Pumpensumpf ausreichend.

## 2. Fundamentüberdeckung, Wiederverwendung Bodenaushub, Verdichtungsanforderungen

Die Anfüllungen auf dem Fundamentsporn und die Arbeitsraumverfüllungen müssen eine Wichte von 18 kN/m$^3$ im Trockenzustand erreichen bzw. überschreiten. Die beim Fundamentaushub unterhalb des humosen Oberbodens anfallenden Sande sind verdichtungsfähig und können für die Arbeitsraumverfüllungen wieder außerhalb der Kranstellflächen verwendet werden. Die Schluffe sind nur bei günstigen Wassergehalten, d. h. erdfeucht, verdichtungsfähig und können dann ebenfalls außerhalb der Kranstellfläche für Verfüllungen des Arbeitsraumes wieder verwendet werden.

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

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

ohne Grundwasser: mindestens 5 Schläge je 10 cm Eindringtiefe

mit Grundwasser: mindestens 3 Schläge je 10 cm Eindringtiefe

Bodenaustausch (*Sand*) ist mit einer Verdichtung auf mindestens 100 % der einfachen Proctordichte herzustellen. Zum Verdichtungsnachweis sind im statischen Lastplattendruckversuch (*DIN 18134*) $E_{v2} \geq 80$ MN/m$^2$ bei $E_{v2}/E_{v1} \leq 2{,}30$ zu erreichen.

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

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

### 3. Betonaggressivität des Grundwassers

Aus einem provisorischen Grundwasserpegel an der WEA 1 wurde eine Wasserprobe entnommen und im Labor auf ihren chemischen Angriffsgrad analysiert. Aufgrund des Sulfatgehaltes von 700 mg/l ist das Grundwasser nach DIN 4030, Teil 2 als stark betonangreifend (*XA2*) einzustufen. Die vollständigen Analysenergebnisse liegen in Anlage 8 bei.

Der Eisengehalt im Grundwasser wurde mit 0,015 mg/l ermittelt.

### 4. Frischbetoneigengewicht

Die im Gründungsbereich anstehenden Sande und Tone/Schluffe sind in der Lage das Frischbetoneigengewicht aufzunehmen.

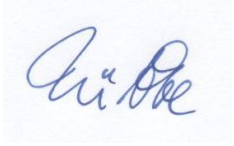
## VII. SCHLUSSWORT

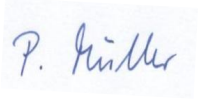
Die vorliegende Baugrund- und Gründungsbeurteilung beschreibt die in unmittelbarer Umgebung der punktuellen Bodenaufschlüsse festgestellten Baugrundverhältnisse in geologischer, bodenmechanischer und hydrogeologischer Hinsicht und ist nur für diese gültig. Interpolationen zwischen den Aufschlusspunkten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

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

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

Vechta, den 08. Oktober 2019





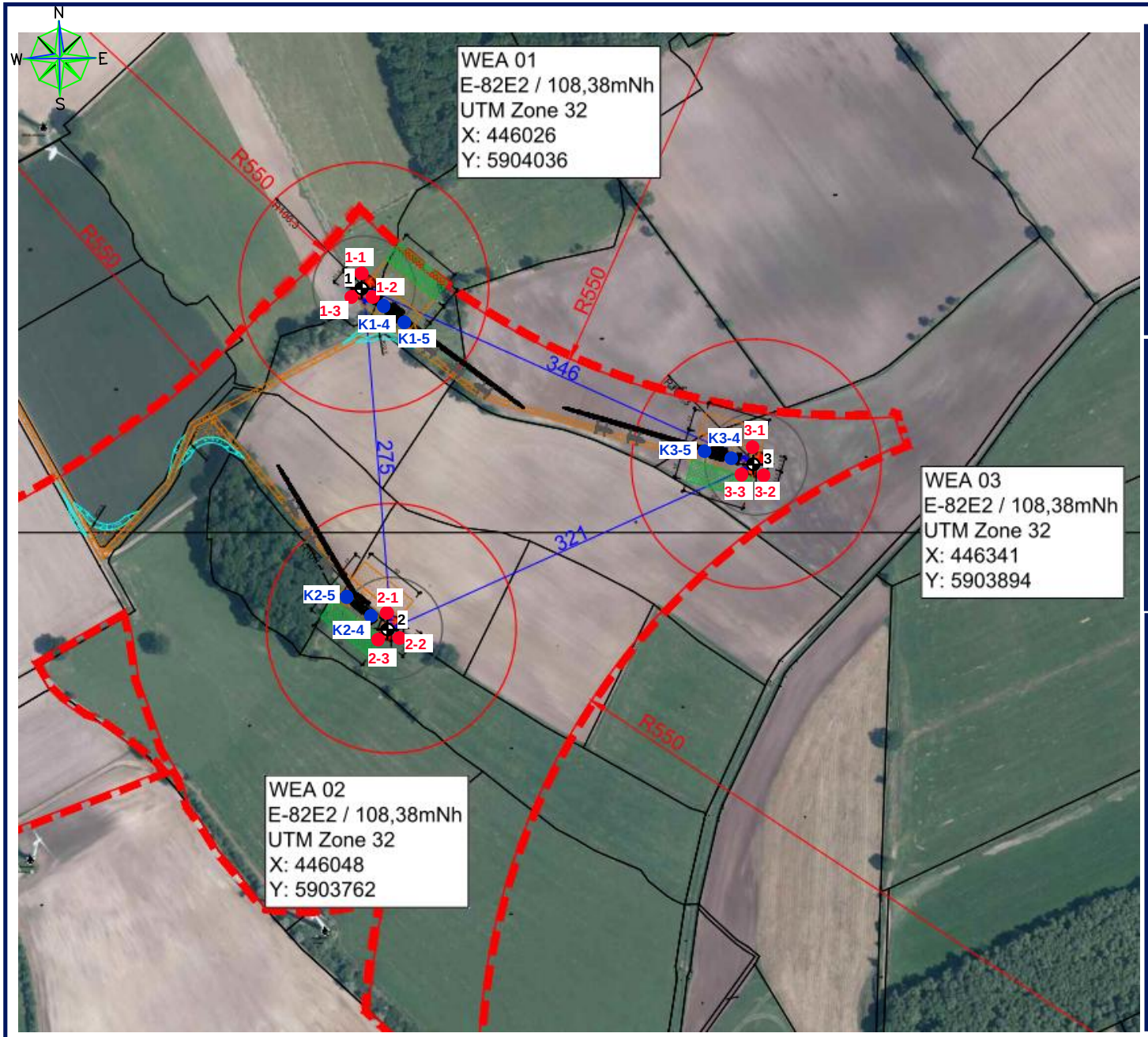
Dipl.-Geol. Dr. Joachim Lübbe  Dipl.-Geol. Petra Müller

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



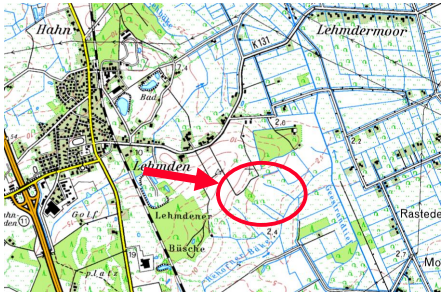

## LEGENDE

1 — Rammkernsondierung WEA

1-1 — Drucksondierung WEA

K1-4 — Drucksondierung Kranaufstellfläche

## ÜBERSICHTSPLAN:



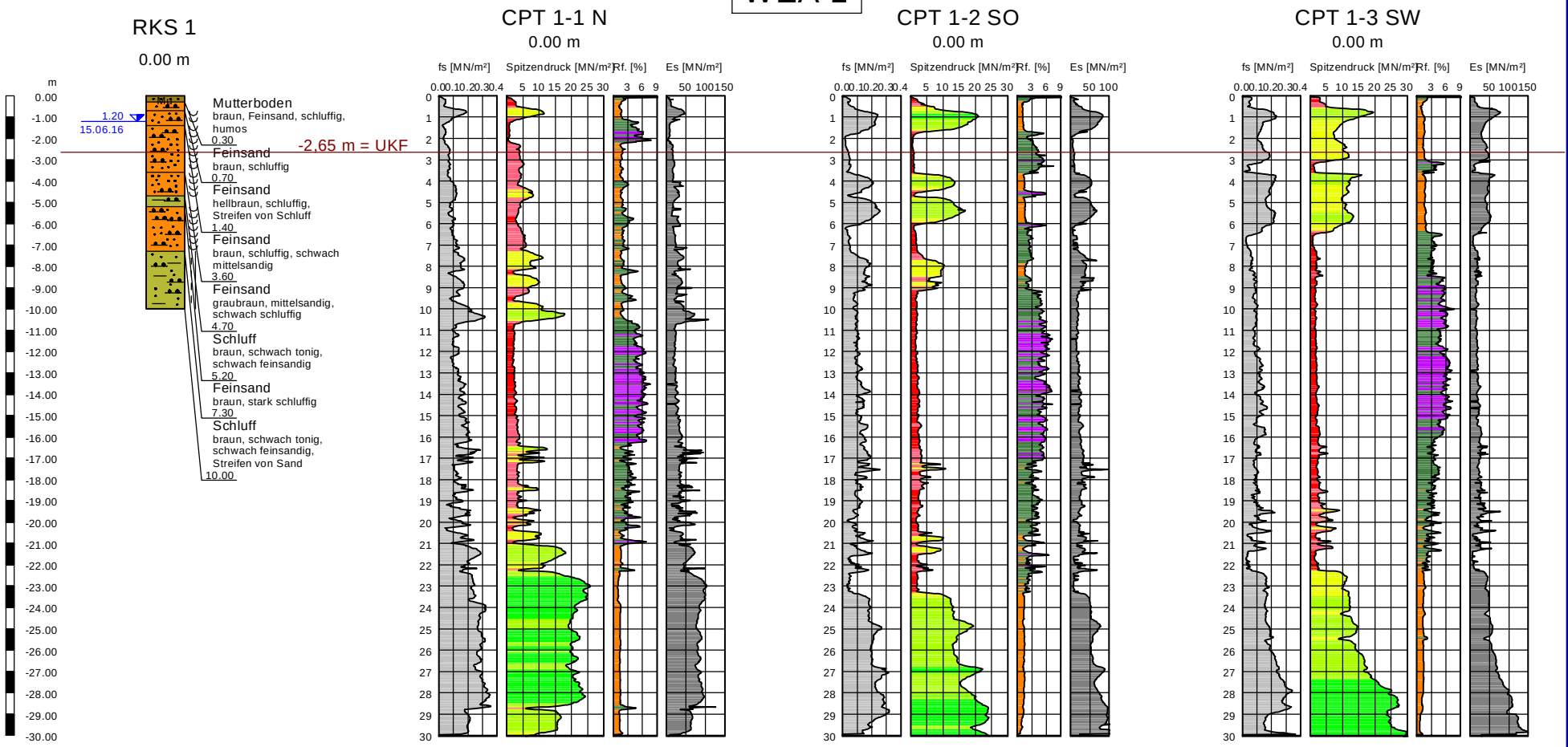

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe

| | |
|---|---|
| Projekt: | 1075-16-4<br>Windpark Lehmden |
| Auftraggeber: | Windkonzept Projektentwicklungs GmbH & Co. KG<br>Mansholter Straße 30<br>26215 Wiefelstede |
| Titel: | **Lageplan** |
| gez.: M. Jucknat | gepr.: Dipl.-Geol. P. Müller |
| Maßstab: | 1 : 5.000 |
| Datum: 23.06.2016 | ANLAGE: 1 |

ANLAGE 2.1-2.5

Bohrprofile nach DIN 4023 und
Drucksondierdiagramme nach DIN 4094

# WEA 1




Konsistenzen
- steif - halbfest
- steif
- 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

1.20 Grundwasser m u.GOK
15.06.16 Datum

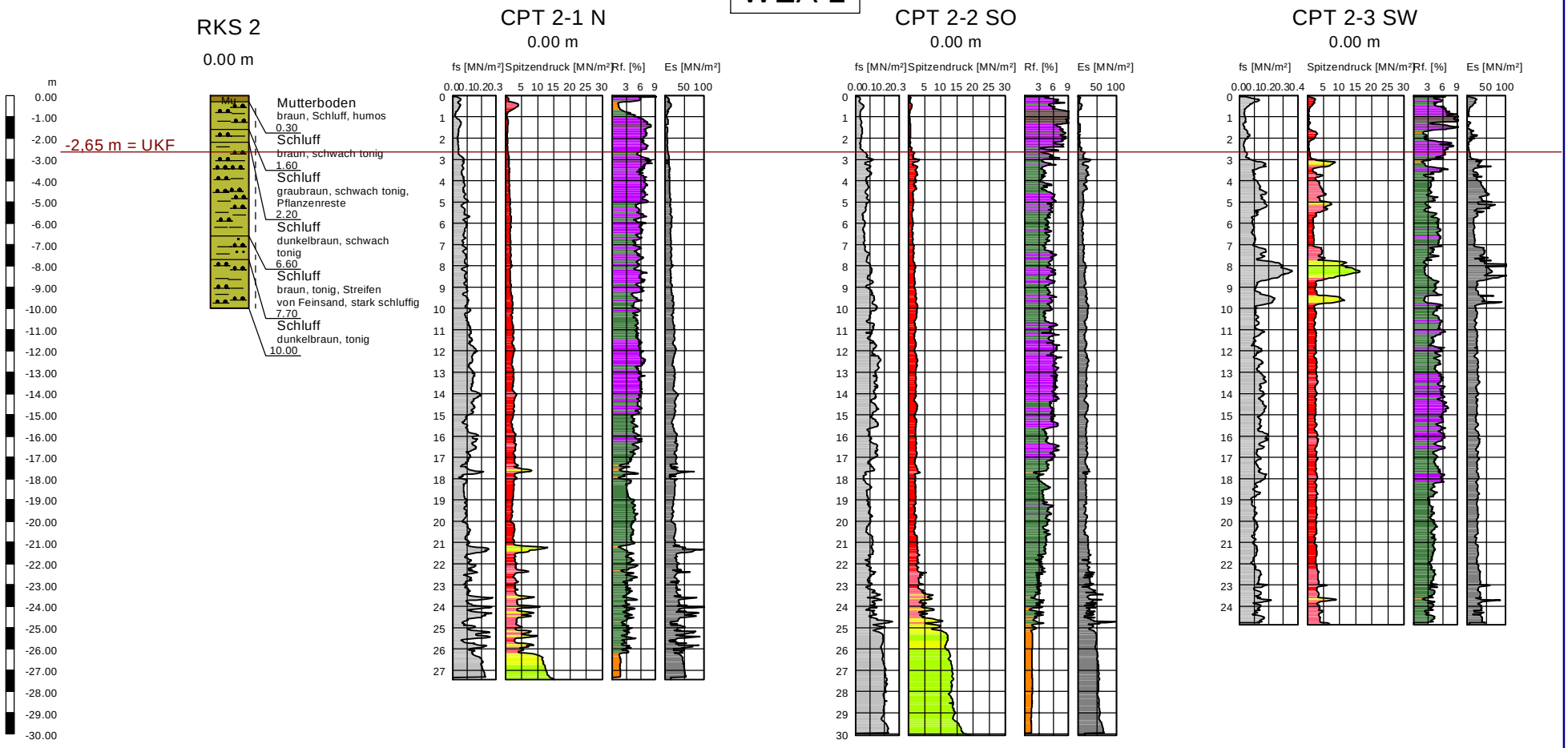
| | |
|---|---|
| Projekt: | 1075-16-4<br>WP Lehmden<br>WEA 1 |
| Auftraggeber: | Windkonzept Projektenwicklungs GmbH & Co. KG<br>Mansholter Straße 30<br>26215 Wiefelstede |
| Bearbeiter: | Dipl.-Geol. P. Müller |
| Maßstab: | Höhe: 1 : 200 |

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe

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

Anlage: 2.1

# WEA 2




Konsistenzen

steif

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

| | |
|---|---|
| Projekt: | 1075-16-4<br>WP Lehmden<br>WEA 2 |
| Auftraggeber: | Windkonzept Projektenwicklungs GmbH & Co. KG<br>Mansholter Straße 30<br>26215 Wiefelstede |
| Bearbeiter: | Dipl.-Geol. P. Müller |
| Maßstab: | Höhe: 1 : 200 |

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe

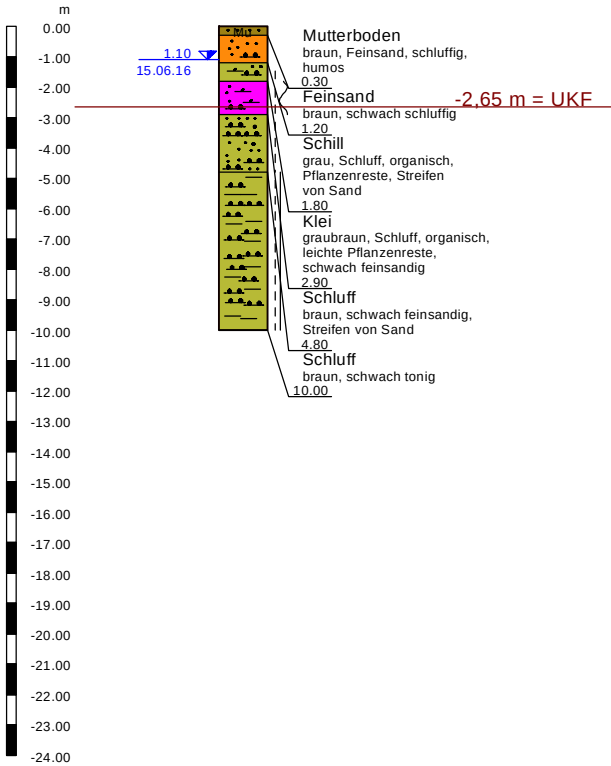
Titel: Bohrprofile nach DIN 4023 und Druckson-dierdiagramme nach DIN EN ISO 22476-1

Anlage: 2.2

# WEA 3

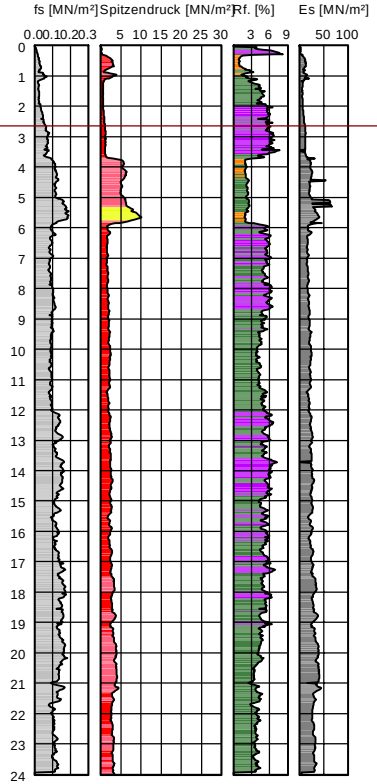
## RKS 3

0.00 m



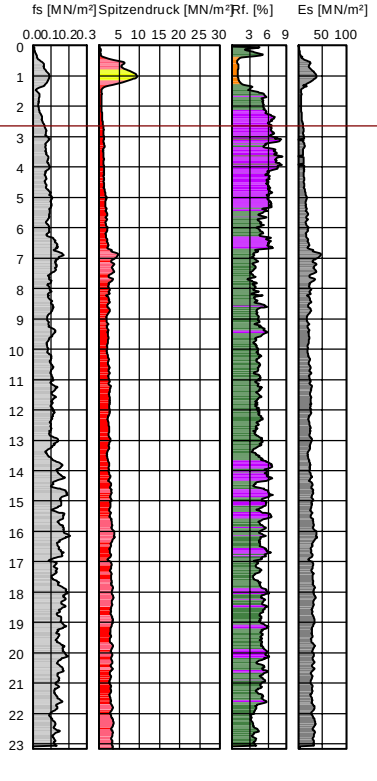

## CPT 3-1 N

0.00 m



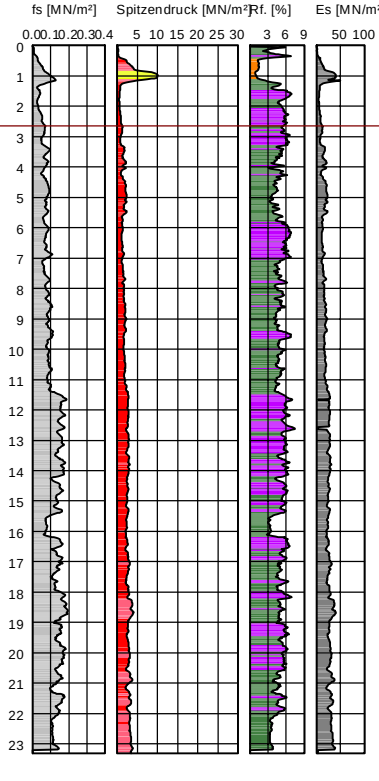

## CPT 3-2 SO

0.00 m

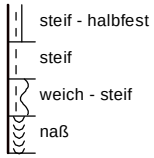



## CPT 3-3 SW

0.00 m




**Konsistenzen**




**Legende Spitzendruck**

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

**Legende Reibungsverhältnis**

- Kies
- Sand
- Schluff
- Ton
- Torf

## LEGENDE:

RKS: Rammkernsondierung WEA
CPT: Drucksondierung
UKF: Unterkante Fundament

1.10 Grundwasser m u.GOK
15.06.16 Datum

| | |
|---|---|
| Projekt: | 1075-16-4<br>WP Lehmden<br>WEA 3 |
| Auftraggeber: | Windkonzept Projektenwicklungs GmbH & Co. KG<br>Mansholter Straße 30<br>26215 Wiefelstede |
| Bearbeiter: | Dipl.-Geol. P. Müller |
| Maßstab: | Höhe: 1 : 175 |

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe

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

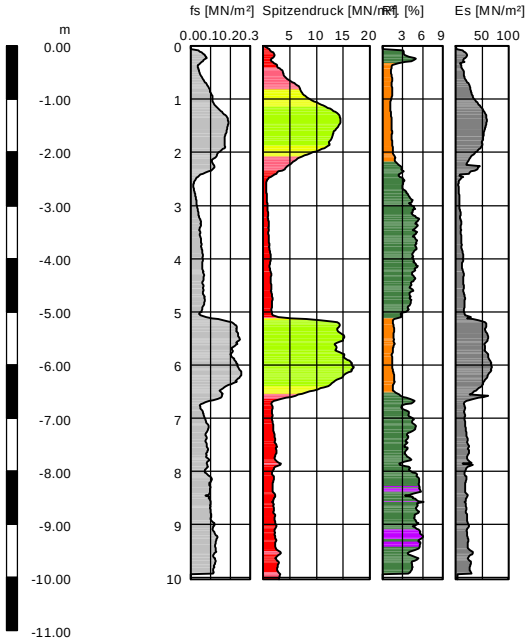
Anlage: 2.3

# Kranaufstellflächen

## WEA 1

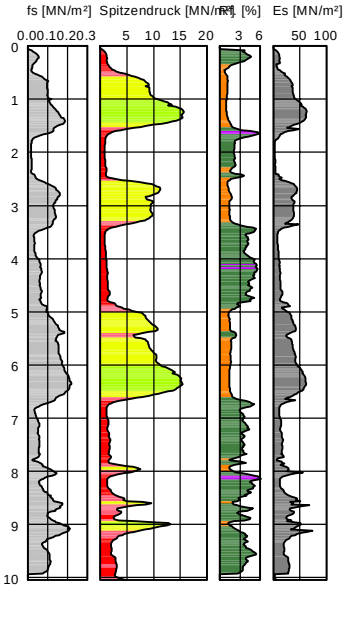
### CPT K 1-4

0.00 m




### CPT K 1-5

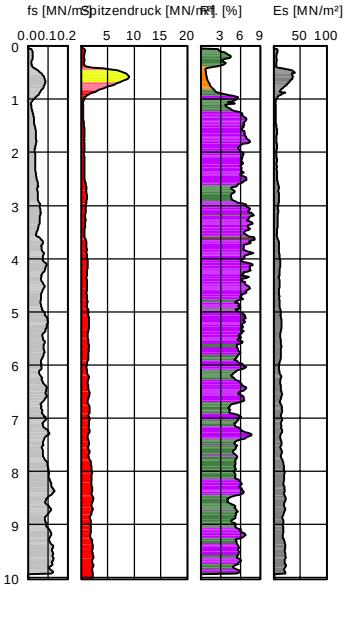
0.00 m




## WEA 2

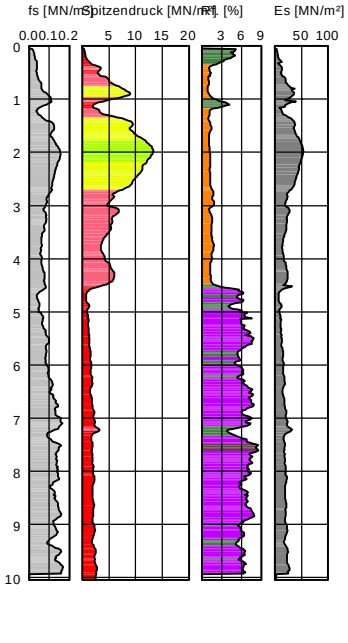
### CPT K 2-4

0.00 m




### CPT K 2-5

0.00 m




Legende Spitzendruck

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

Legende Reibungsverhältnis

- Kies
- Sand
- Schluff
- Ton
- Torf

## LEGENDE:

CPT: Drucksondierung

| | |
|---|---|
| Projekt: | 1075-16-4<br>WP Lehmden<br>Kranaufstellflächen WEA 1 + WEA 2 |
| Auftraggeber: | Windkonzept Projektenwicklungs GmbH & Co. KG<br>Mansholter Straße 30<br>26215 Wiefelstede |
| Bearbeiter: | Dipl.-Geol. P. Müller |
| Maßstab: | Höhe: 1 : 100 |

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe

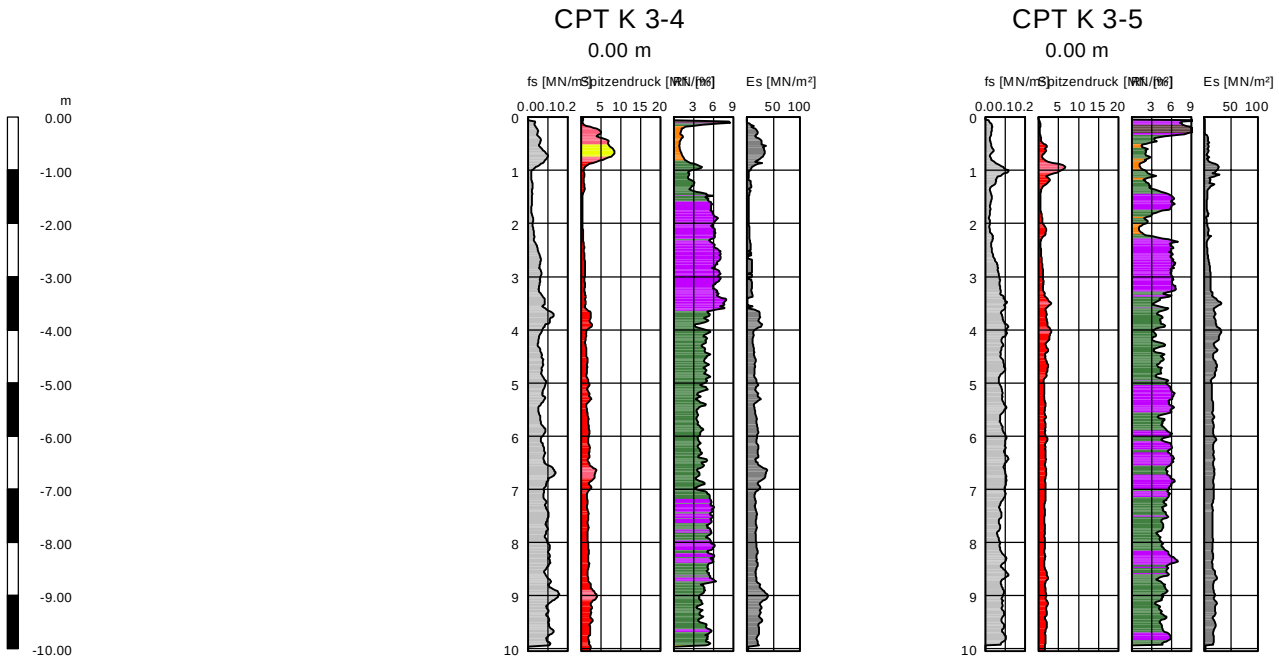
Titel:

Drucksondierdiagramme nach DIN EN ISO 22476-1

Anlage: 2.4

# Kranaufstellfläche

## WEA 3




Legende Spitzendruck
- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

Legende Reibungsverhältnis
- Kies
- Sand
- Schluff
- Ton
- Torf

LEGENDE:

CPT: Drucksondierung

| | |
|---|---|
| Projekt: | 1075-16-4<br>WP Lehmden<br>Kranaufstellfläche WEA 3 |
| Auftraggeber: | Windkonzept Projektenwicklungs GmbH & Co. KG<br>Mansholter Straße 30<br>26215 Wiefelstede |
| Bearbeiter: | Dipl.-Geol. P. Müller |
| Maßstab: | Höhe: 1 : 100 |

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe

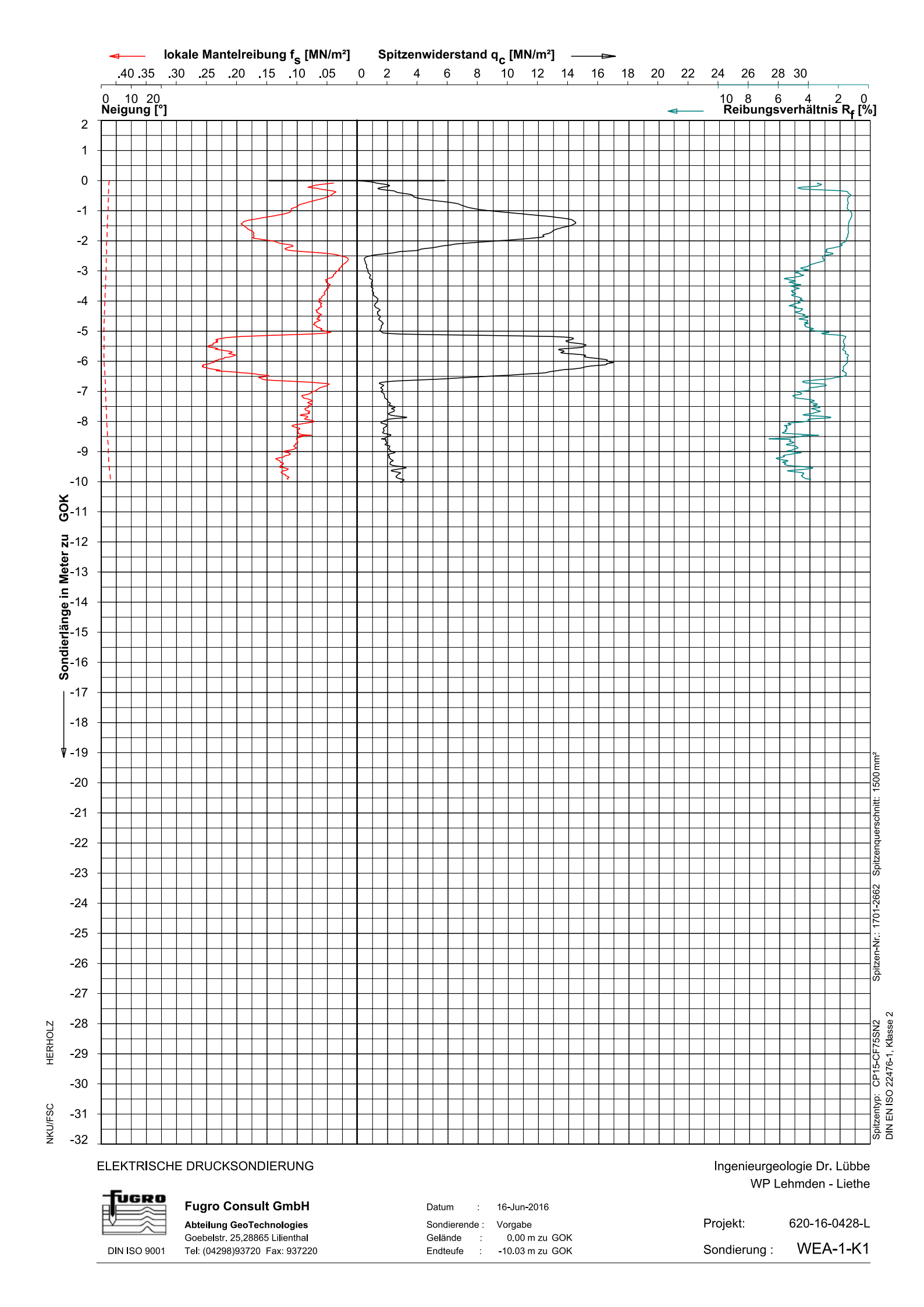
Titel:

Drucksondierdiagramme nach DIN EN ISO 22476-1

Anlage: 2.5

ANLAGE 3

Drucksondierprotokolle



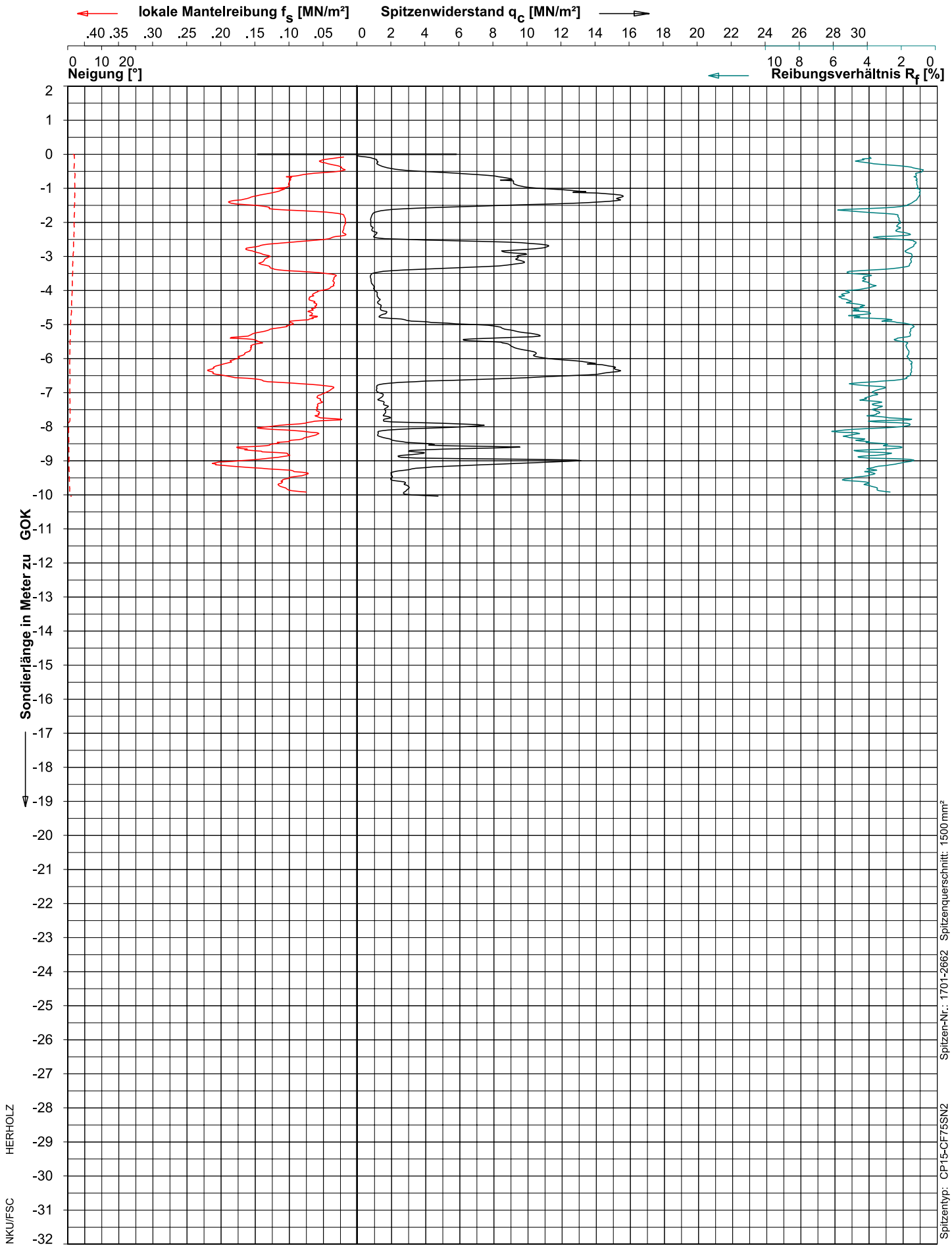

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


Datum : 16-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -10.03 m zu GOK

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-1-K1




Spitzen-Nr.: 1701-2662 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²

Spitzentyp: CP15-CF75SN2 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

HERHOLZ

NKU/FSC

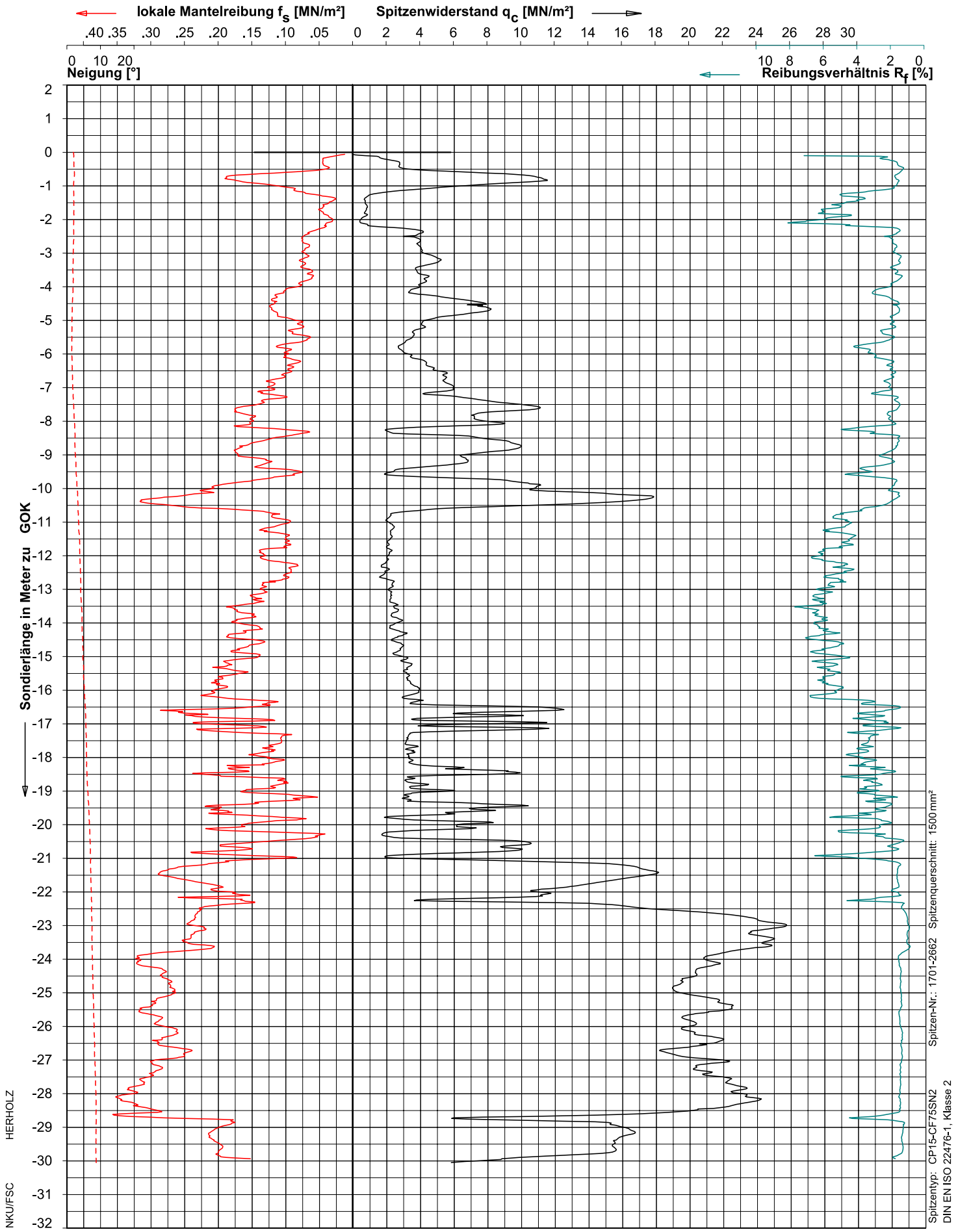
ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


Datum : 16-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -10.04 m zu GOK

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-1-K2



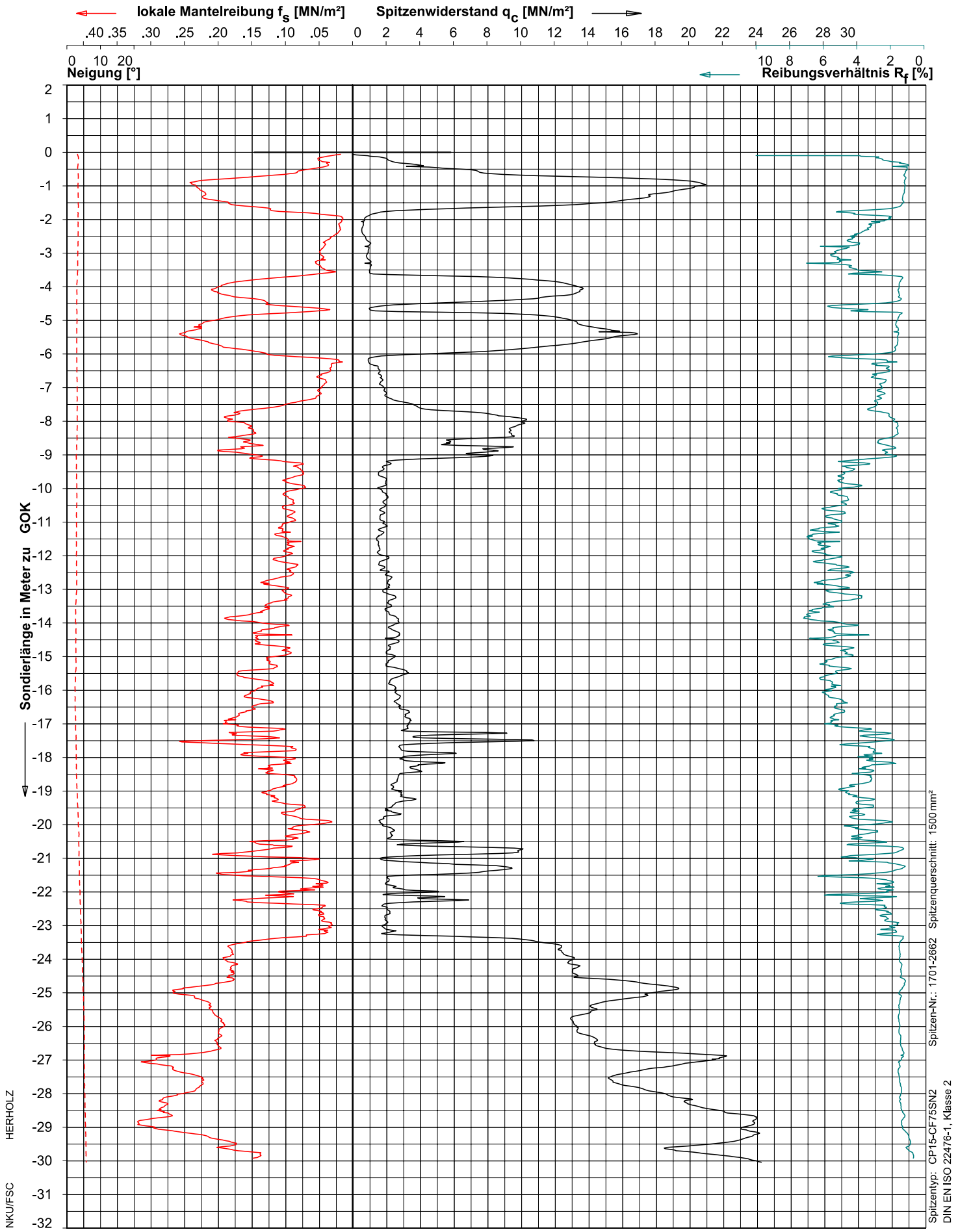

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


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

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-1-N



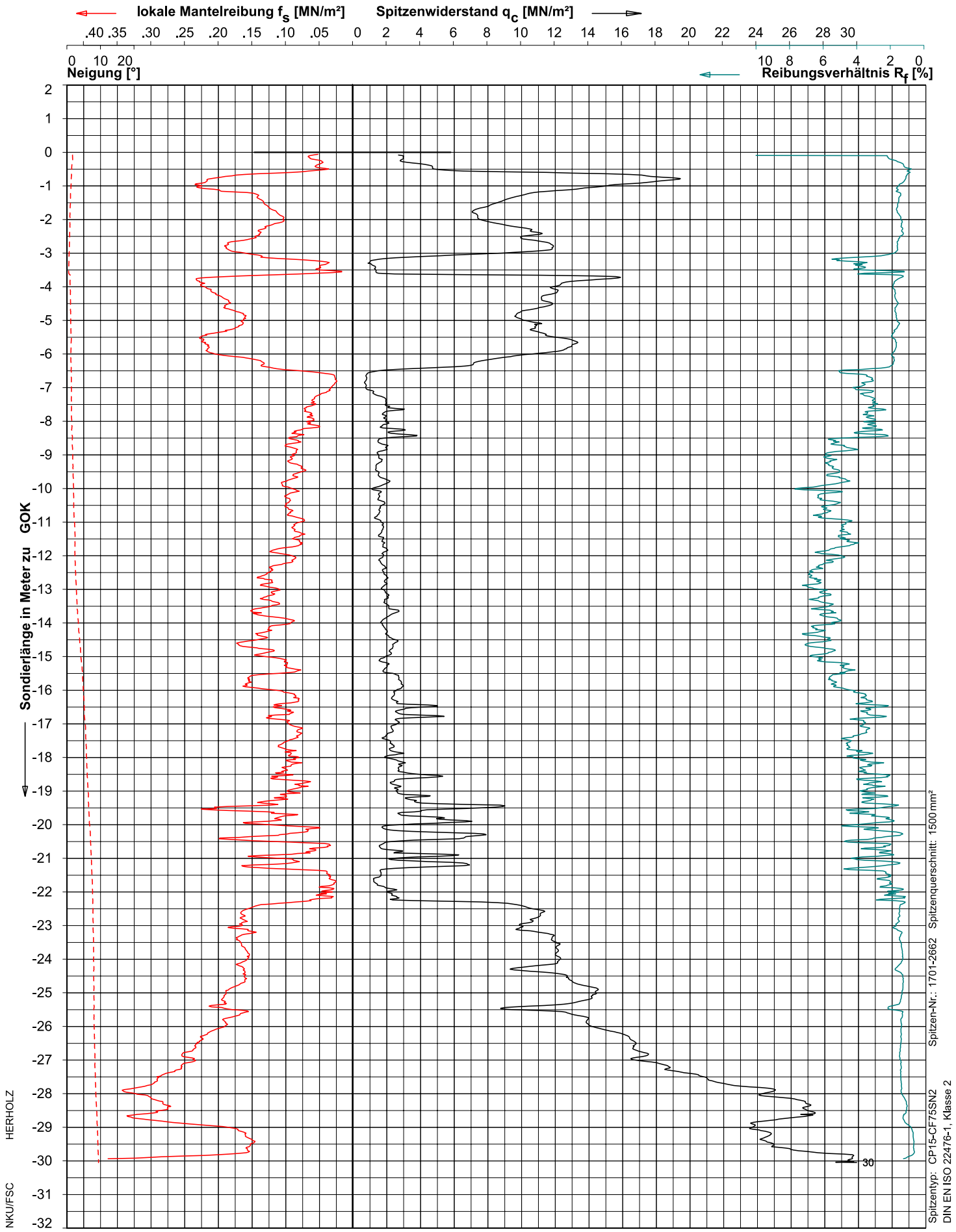

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


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

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-1-SO



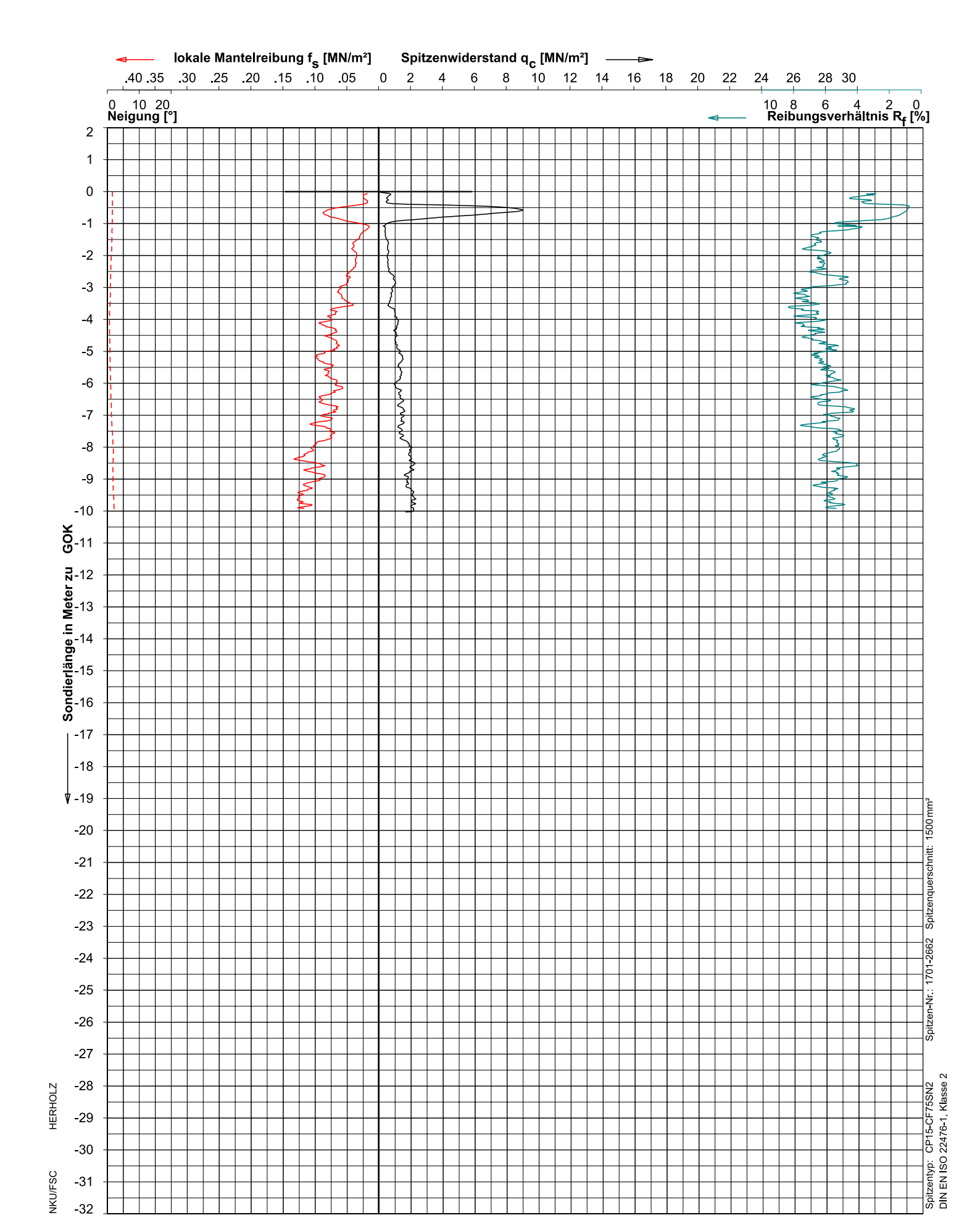

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


Datum : 16-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -30.05 m zu GOK

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-1-SW




Spitzentyp: CP15-CF75SN2 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

Spitzen-Nr.: 1701-2662 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²

HERHOLZ

NKU/FSC

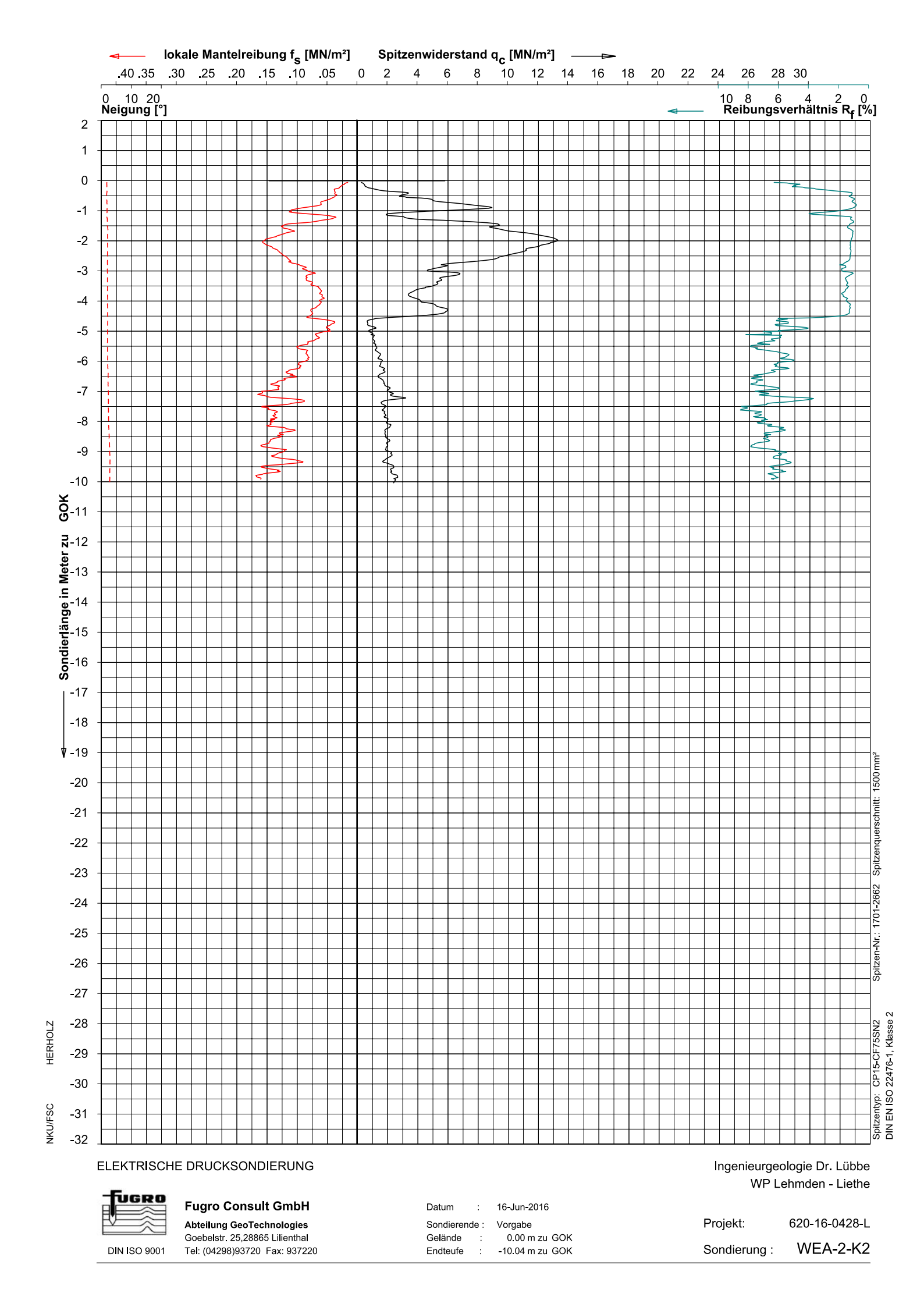
ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


Datum : 16-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -10.05 m zu GOK

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-2-K1



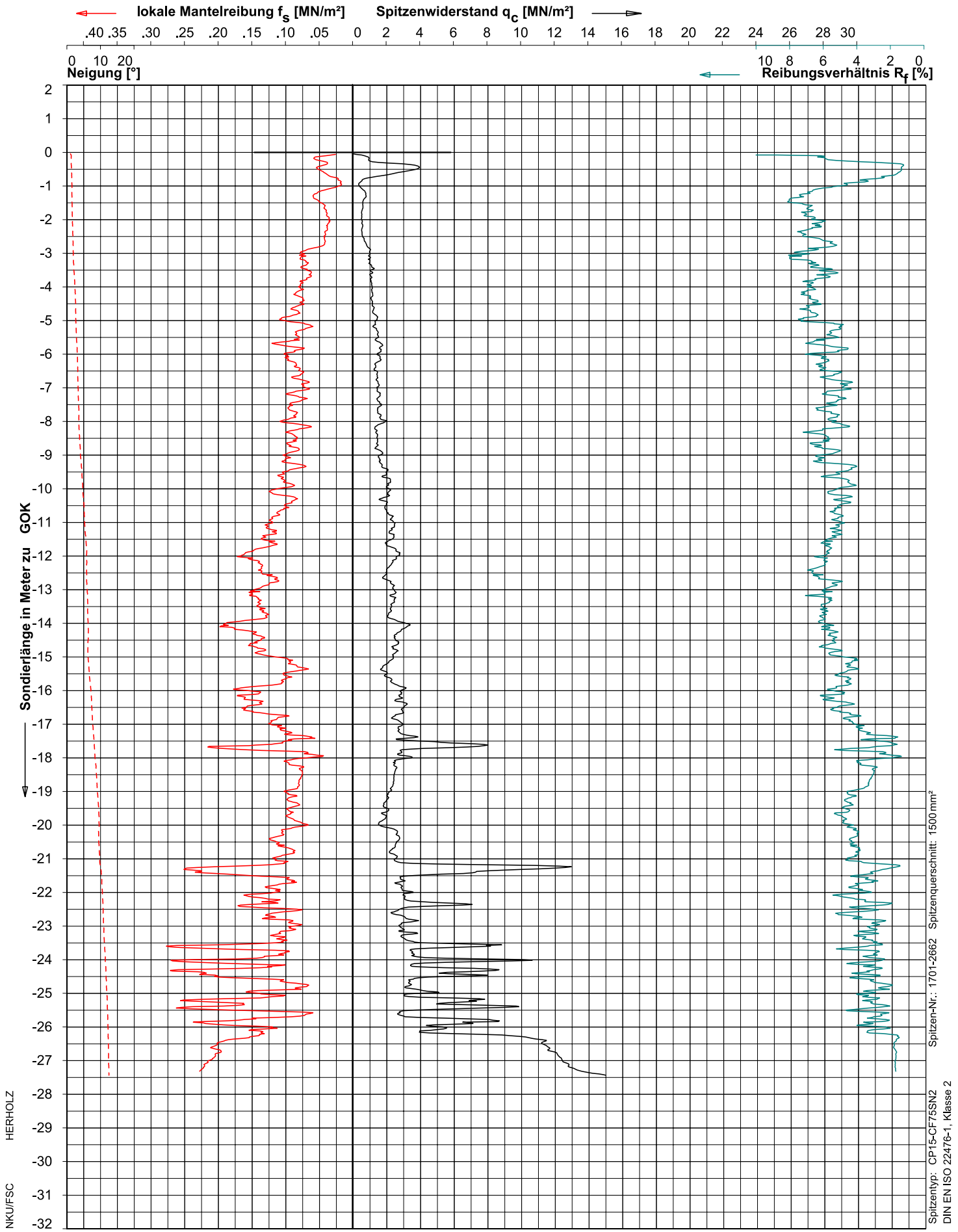

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


Datum : 16-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -10.04 m zu GOK

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-2-K2



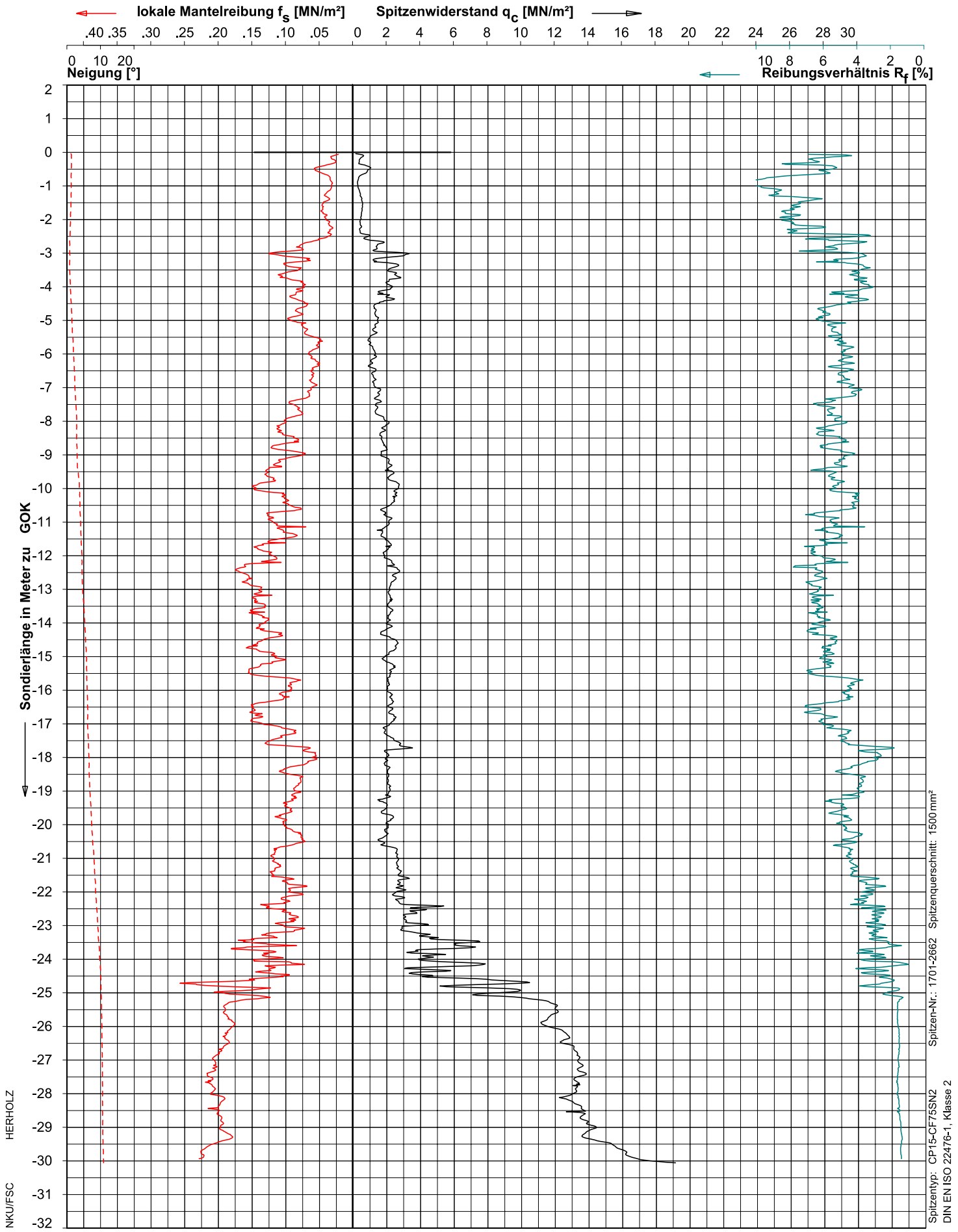

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


Datum : 16-Jun-2016
Sondierende : Auslastung
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -27.44 m zu GOK

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-2-N



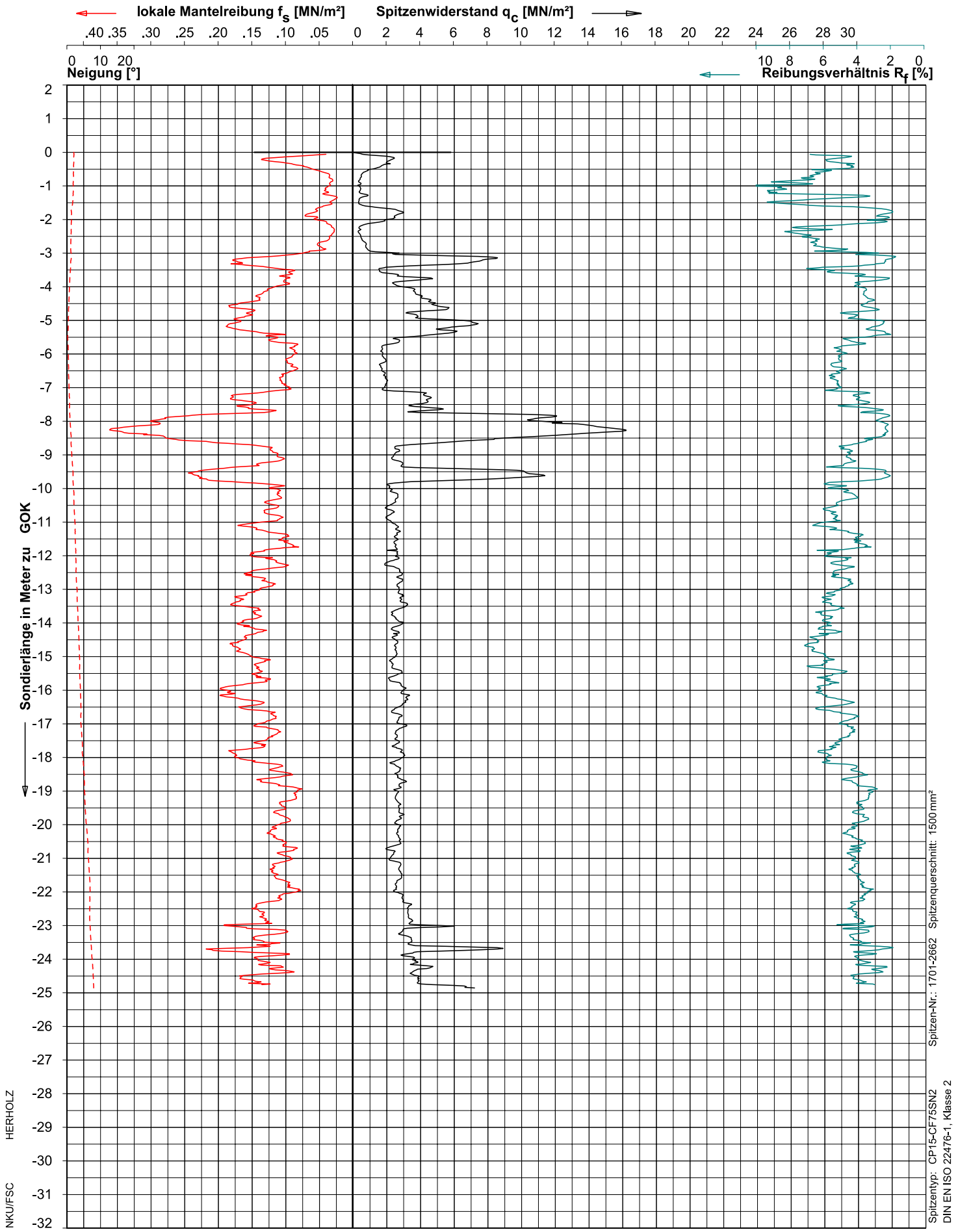

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


Datum : 16-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -30.06 m zu GOK

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-2-SO



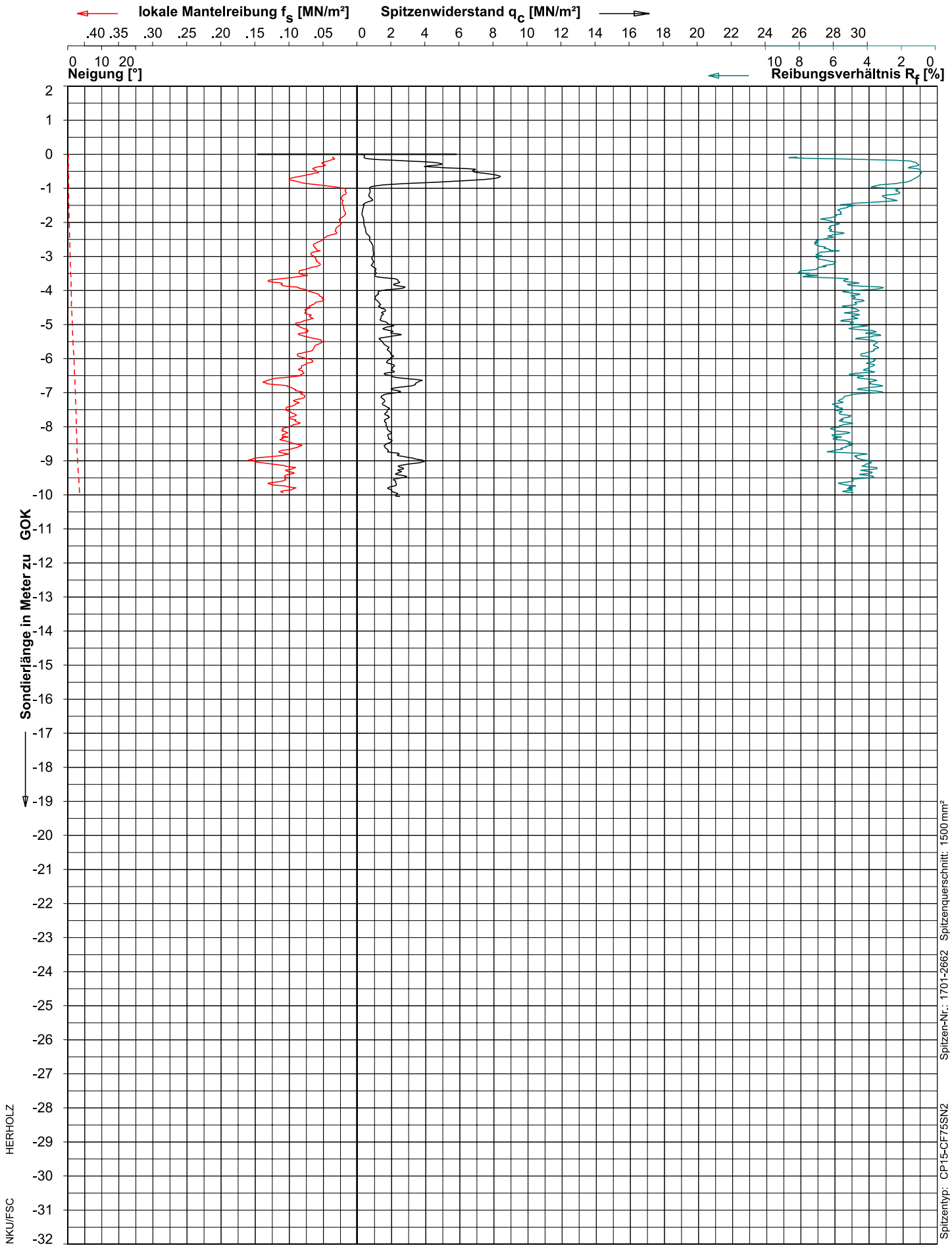

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


Datum : 16-Jun-2016
Sondierende : Auslastung
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -24.87 m zu GOK

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-2-SW




Spitzentyp: CP15-CF75SN2 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

Spitzen-Nr.: 1701-2662 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²

HERHOLZ

NKU/FSC

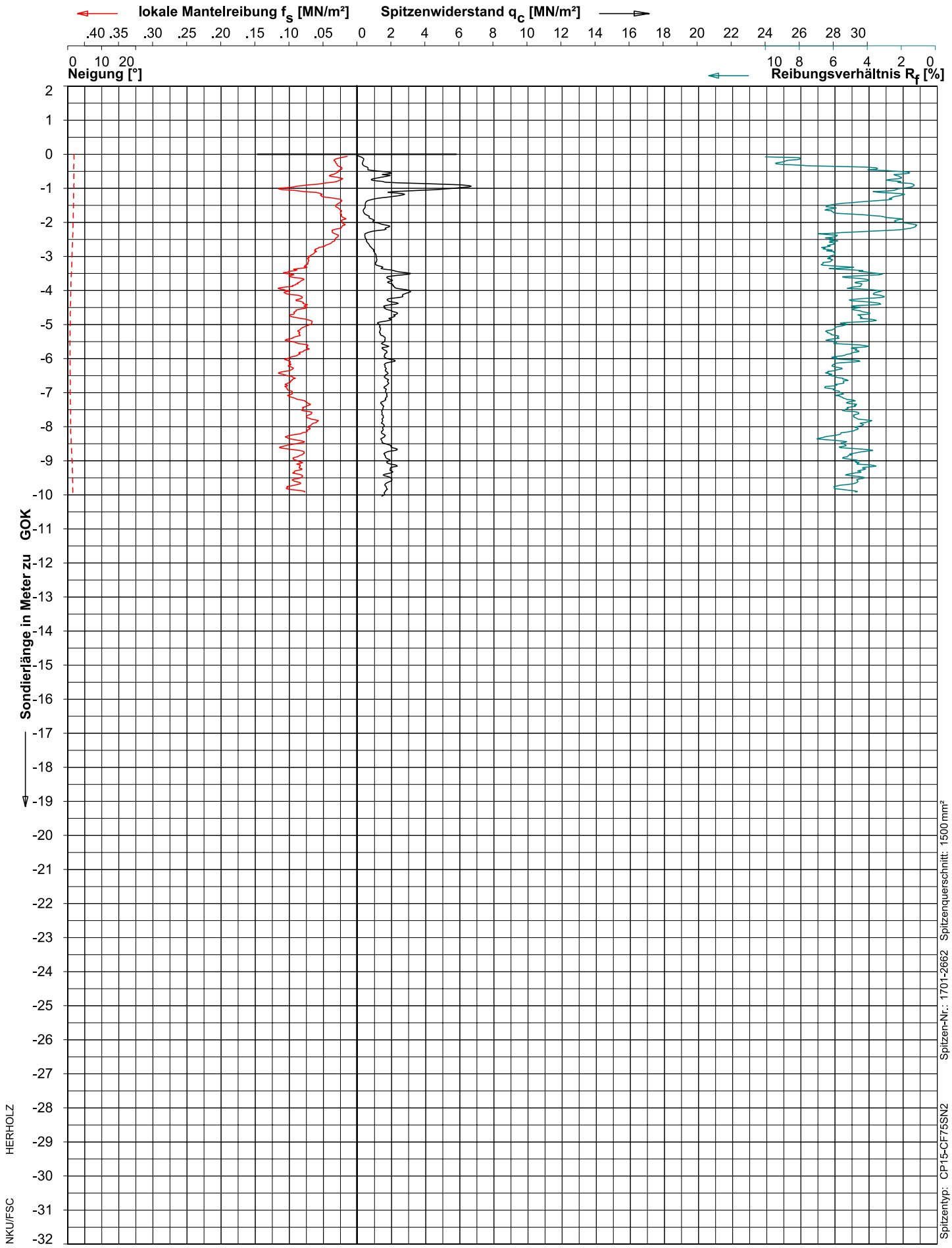
ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


Datum : 16-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -10.05 m zu GOK

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-3-K1




Spitzen-Nr.: 1701-2662 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²

Spitzentyp: CP15-CF75SN2 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

HERHOLZ

NKU/FSC

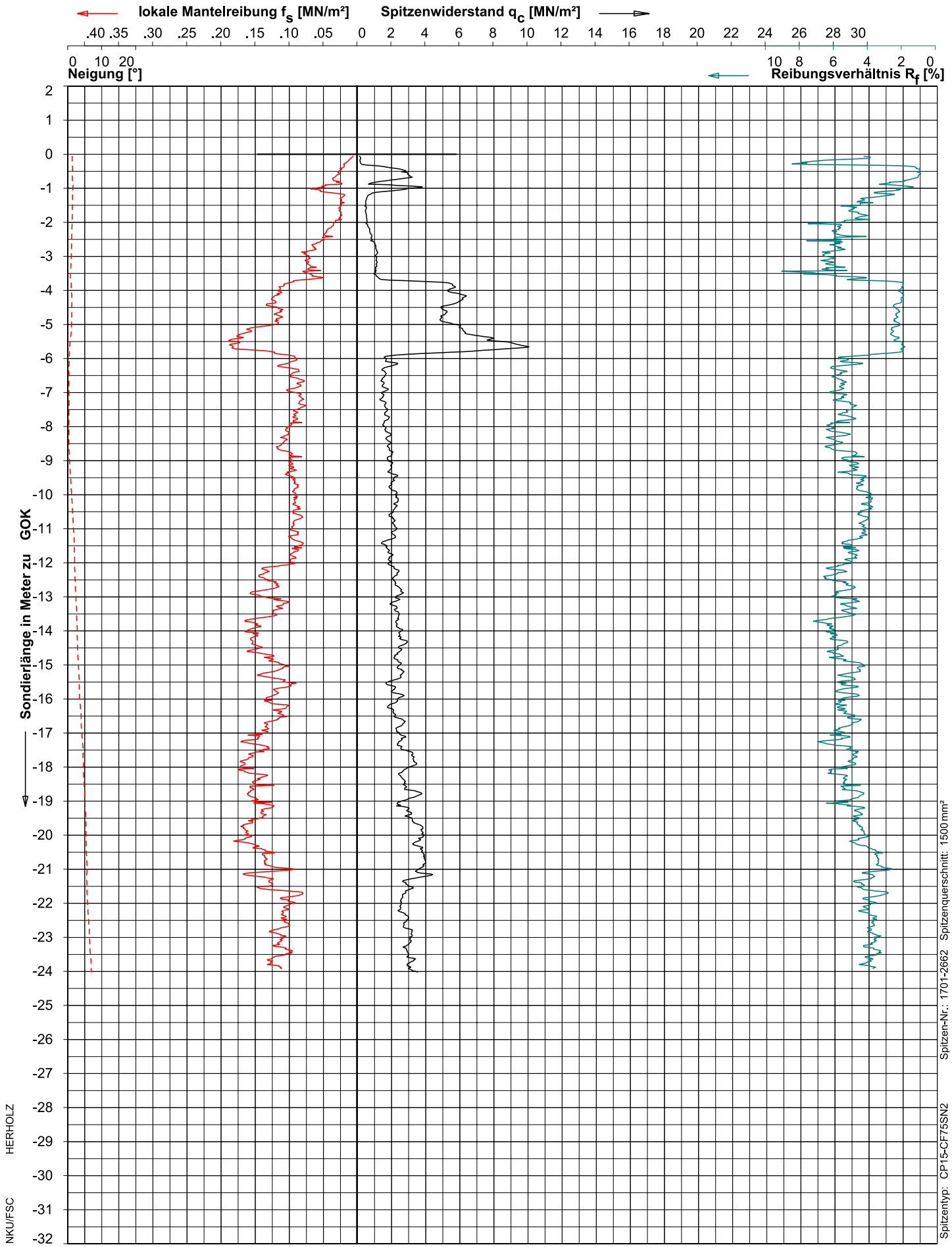
ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


Datum : 16-Jun-2016
Sondierende : Vorgabe
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -10.04 m zu GOK

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-3-K2




HERHOLZ

NKU/FSC

Spitzentyp: CP15-CF75SN2 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

Spitzen-Nr.: 1701-2662 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

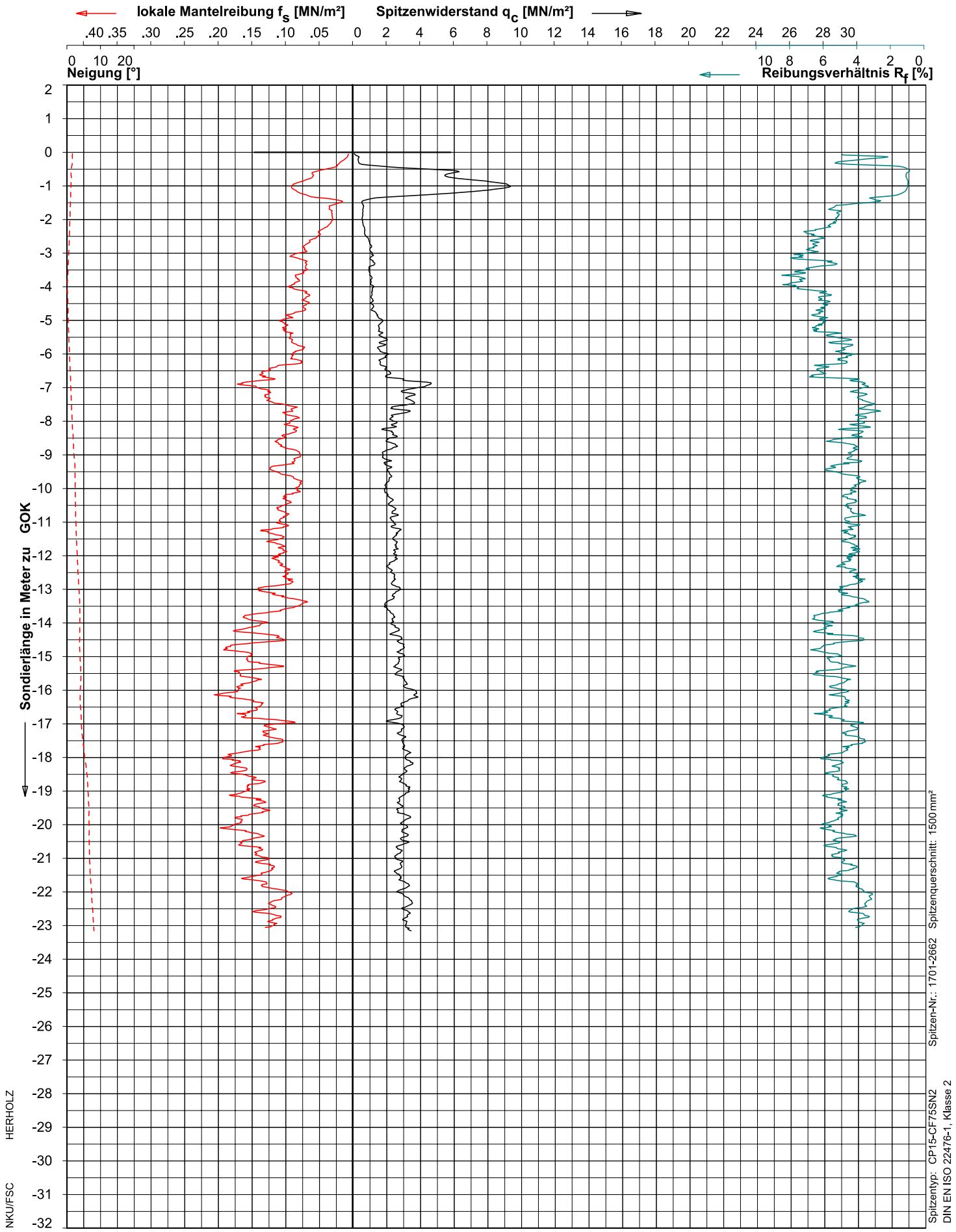
Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


| | | |
|---|---|---|
| Datum | : | 16-Jun-2016 |
| Sondierende | : | Auslastung |
| Gelände | : | 0.00 m zu GOK |
| Endteufe | : | -24.03 m zu GOK |

Projekt: 620-16-0428-L

Sondierung : WEA-3-N




ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

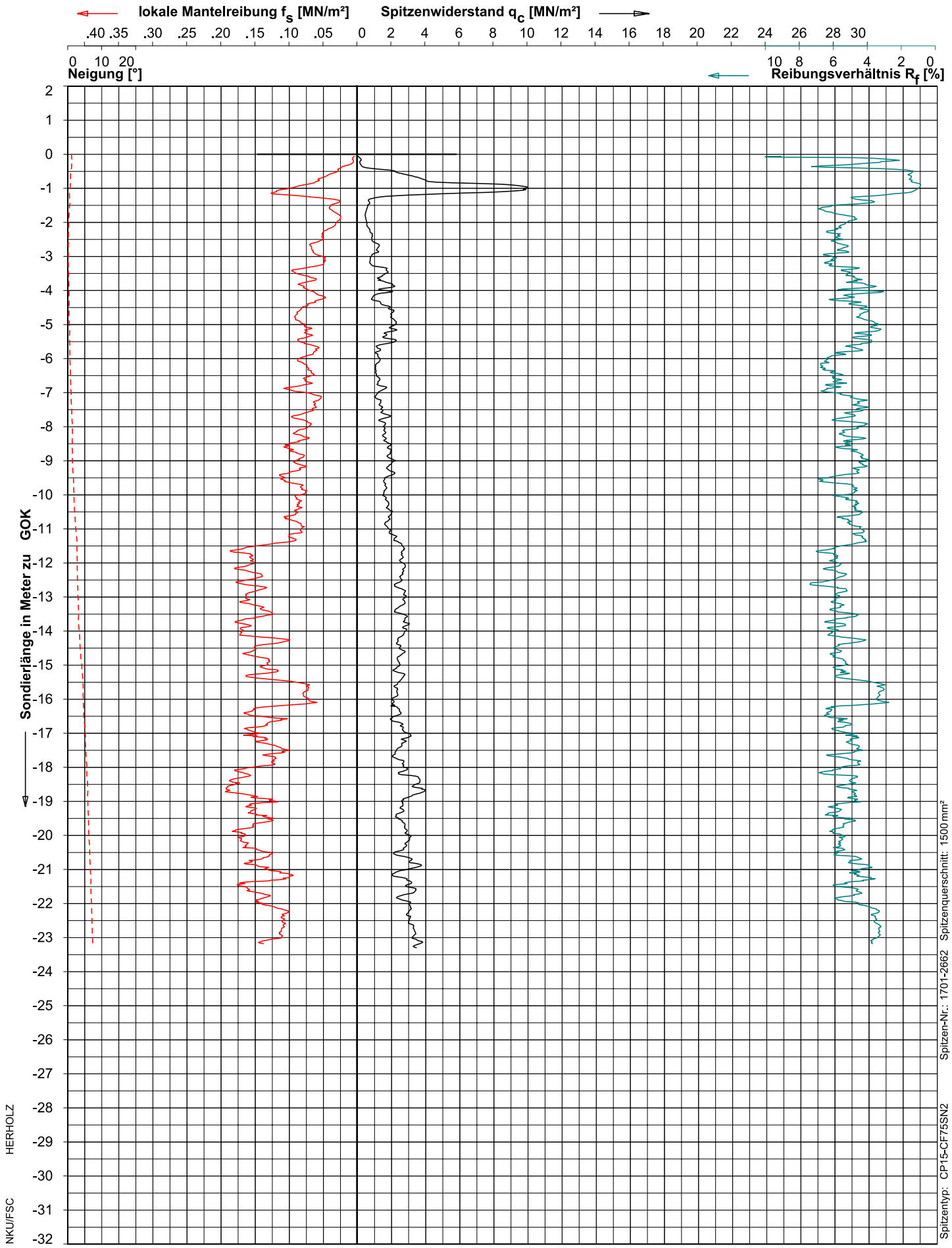
Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe

**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001

Datum : 16-Jun-2016
Sondierende : Auslastung
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -23.17 m zu GOK

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-3-SO

HERHOLZ
NKU/FSC




Spitzen-Nr.: 1701-2662 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²

Spitzentyp: CP15-CF75SN2 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

HERHOLZ

NKU/FSC

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
WP Lehmden - Liethe


**Fugro Consult GmbH**
**Abteilung GeoTechnologies**
Goebelstr. 25,28865 Lilienthal
Tel: (04298)93720 Fax: 937220
DIN ISO 9001


Datum : 16-Jun-2016
Sondierende : Auslastung
Gelände : 0.00 m zu GOK
Endteufe : -23.30 m zu GOK

Projekt: 620-16-0428-L
Sondierung : WEA-3-SW

ANLAGE 4

Wassergehalte, DIN 18121

# BESTIMMUNG DES WASSERGEHALTES

nach DIN 18121

Bauvorhaben: WP Lehmden-Liethe

Kontr.-Nr.: 1075-16-4

Anlage: 4

EDV-Nr.:

Probe entnommen von: Markert am: 15.06.2016

Analysen durchgeführt von: Wiesner am: 29.06.2016

| Nr. | Probenbezeichnung | Gewicht des Behälters | Gewicht der Probe + Behälter | | Wassergehalt |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | feucht | trocken | |
| | | [g] | [g] | [g] | [%] |
| 1 | WEA 1, RKS 1, Pr. 3, 1,40-3,60 m (Sand, nass) | 15,97 | 239,64 | 190,75 | 28,0 |
| 2 | WEA 1, RKS 1, Pr. 4, 3,60-4,70 m (Sand, nass) | 15,69 | 253,17 | 204,70 | 25,6 |
| 3 | WEA 1, RKS 1, Pr. 5, 4,70-5,20 m (Schluff, steif) | 3,32 | 89,55 | 69,16 | 31,0 |
| 4 | WEA 2, RKS 2, Pr. 4, 2,20-3,60 m (Schluff, steif) | 3,39 | 116,48 | 89,74 | 31,0 |
| 5 | WEA 2, RKS 2, Pr. 5, 3,60-5,10 m (Schluff, steif) | 3,33 | 79,87 | 61,96 | 30,5 |
| 6 | WEA 2, RKS 2, Pr. 6, 5,10-6,60 m (Schluff, steif) | 3,35 | 100,06 | 77,37 | 30,7 |
| 7 | WEA 2, RKS 2, Pr. 7, 6,60-7,70 m (Schluff, steif) | 3,32 | 83,84 | 65,91 | 28,6 |
| 8 | WEA 2, RKS 2, Pr. 8, 7,70-8,80 m (Schluff, steif) | 3,29 | 96,89 | 75,14 | 30,3 |
| 9 | WEA 2, RKS 2, Pr. 9, 8,80-10,00 m (Schluff, steif) | 3,38 | 112,11 | 85,85 | 31,8 |
| 10 | WEA 3, RKS 3, Pr. 5, 2,90-3,80 m (Schluff, steif) | 3,30 | 88,70 | 65,46 | 37,4 |
| 11 | WEA 3, RKS 3, Pr. 6, 3,80-4,80 m (Schluff, steif) | 3,36 | 90,46 | 66,50 | 37,9 |
| 12 | WEA 3, RKS 3, Pr. 7, 4,80-6,10 m (Schluff, steif) | 3,29 | 92,98 | 72,40 | 29,8 |
| 13 | WEA 3, RKS 3, Pr. 8, 6,10-7,40 m (Schluff, steif) | 3,32 | 88,79 | 67,94 | 32,3 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

ANLAGE 5

Körnungslinien, DIN 18123

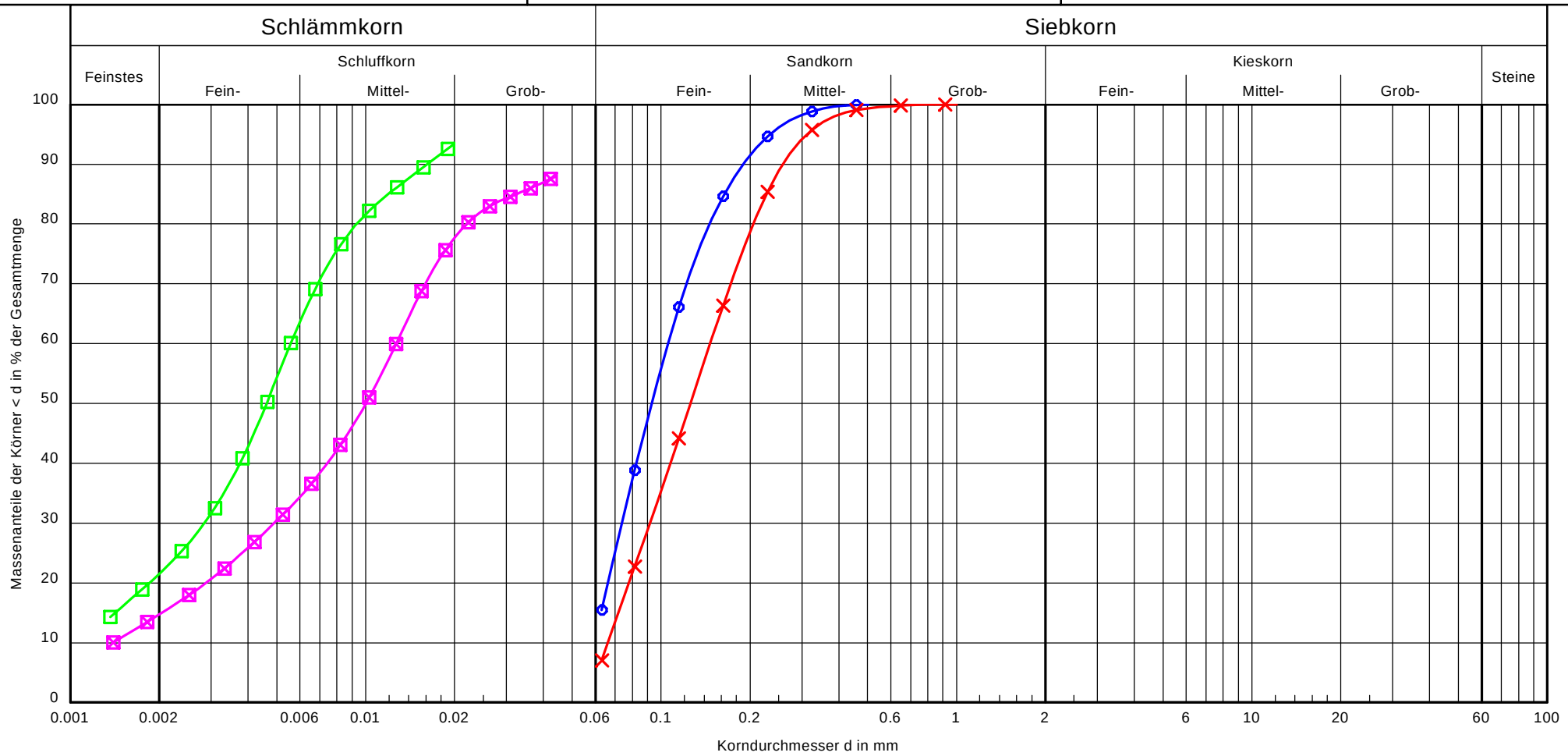
Ingenieurgeologie Dr. Lübbe
Füchteler Straße 29
49377 Vechta
Tel.: 04441-97975-0 Fax.: 04441-97975-29

Bearbeiter: Müller Datum: 18.07.2016

# Körnungslinie

## WP Lehmden

Prüfungsnummer: 1075-16-4
Probe entnommen am: 29.06.2016
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: DIN 18123, nass, Sediment




| Bezeichnung: | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Bodenart: | fS, u, ms' | fS, ms, u' | U, t | U, t' |
| Tiefe: | 1,40-3,60 m | 3,60-4,70 m | 3,60-5,10 m | 4,80-6,10 m |
| U/Cc | -/- | 2.2/0.9 | -/- | -/- |
| Entnahmestelle: | WEA 1, Pr. 3 | WEA 1, Pr. 4 | WEA 2, Pr. 5 | WEA 3, Pr. 7 |
| kf (Hazen) | - | $5.1 \cdot 10^{-5}$ | - | - |
| T/U/S/G [%]: | - /15.5/84.5/ - | - /7.1/92.9/ - | 21.5/78.5/ - / - | 14.7/85.3/ - / - |

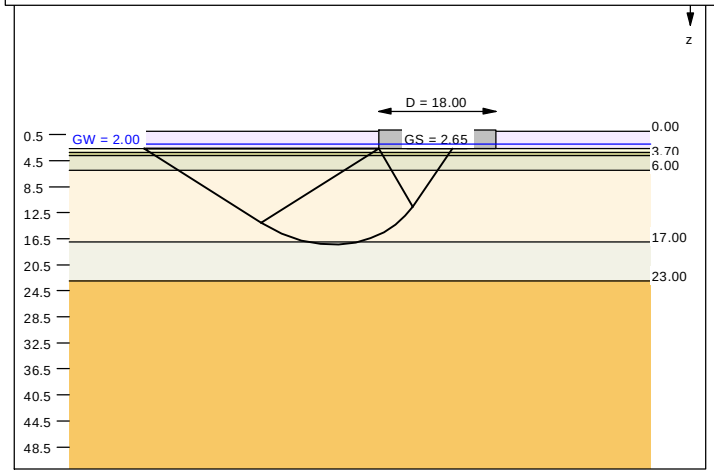
Bemerkungen:

Bericht: 1075-16-4
Anlage: 5

ANLAGE 6.1-6.5

Setzungsberechnungen, Grundbruch

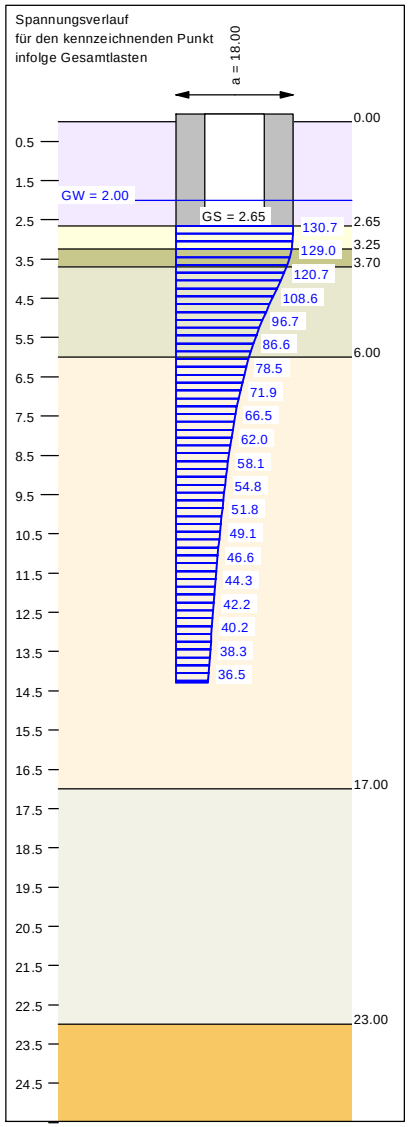
| Boden | γ [kN/m³] | γ ' [kN/m³] | φ [°] | c [kN/m²] | $E_s$ [MN/m²] | ν [-] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 18.0 | 10.0 | 32.5 | 0.0 | 30.0 | 0.00 | Seitl. A |
| | 21.0 | 11.0 | 45.0 | 0.0 | 100.0 | 0.00 | STS |
| | 19.0 | 10.0 | 35.0 | 0.0 | 40.0 | 0.00 | BA, Sand, md |
| | 18.0 | 10.0 | 32.0 | 0.0 | 30.0 | 0.00 | Sand, lo |
| | 18.0 | 8.0 | 25.0 | 20.0 | 20.0 | 0.00 | Ton, Schluff, st |
| | 19.0 | 9.0 | 25.0 | 50.0 | 30.0 | 0.00 | Ton, schluff, hf |
| | 19.0 | 10.0 | 35.0 | 0.0 | 60.0 | 0.00 | Sand, md |



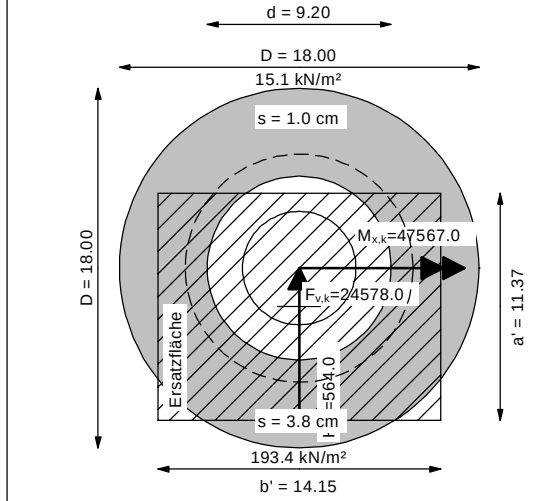

Berechnungsgrundlagen:
WP Lehmden, WEA 1, DLC 1.0
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
$\gamma_{Gr}$ = 1.40
$\gamma_G$ = 1.35
$\gamma_Q$ = 1.50
$\gamma$ (Gl) = 1.10
Gleitsicherheit mit $\varphi$ = 30.00 °

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

Spannungsverlauf
für den kennzeichnenden Punkt
infolge Gesamtlasten




Grundriss



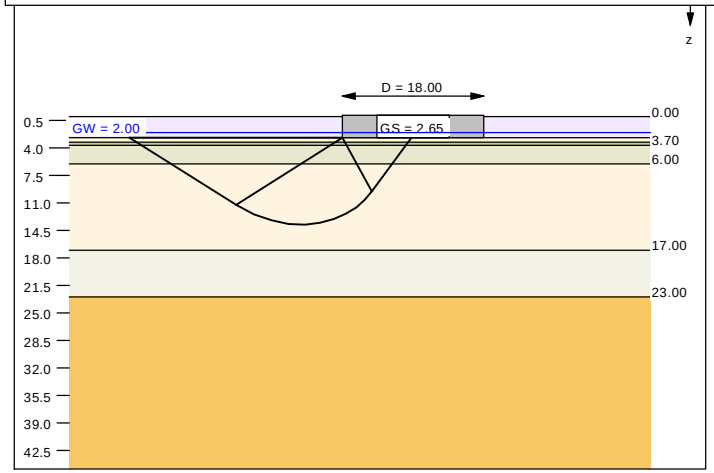

Ergebnisse Einzelfundament:
Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k}$ = 24578.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k}$ = 0.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k}$ = 564.00 / 0.00 kN
Moment $M_{x,k}$ = 47567.00 / 0.00 kN·m
Moment $M_{y,k}$ = 0.00 / 0.00 kN·m
Durchmesser D = 18.00 m
Durchmesser (innen) d = 9.20 m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = -1.935 m
Resultierende im 1. Kern (= 2.838 m)
a' = 11.37 m
b' = 14.15 m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = -1.935 m
Resultierende im 1. Kern (= 2.838 m)
a' = 11.37 m
b' = 14.15 m

Grundbruch:
Durchstanzen untersucht,
aber nicht maßgebend.
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr}$ = 1.40
$\sigma_{0f,k}$ / $\sigma_{0f,d}$ = 1495.0 / 1067.8 kN/m²
$R_{n,k}$ = 240548.7 kN
$R_{n,d}$ = 171820.5 kN
$V_d$ = 1.35 · 24578.00 + 1.50 · 0.0 kN
$V_d$ = 33180.3 kN
μ (parallel zu y) = 0.193
cal φ = 25.2 °
φ wegen 5° Bedingung abgemindert
cal c = 20.31 kN/m²
cal $\gamma_2$ = 8.73 kN/m³
cal $\sigma_ü$ = 42.50 kN/m²
UK log. Spirale = 17.40 m u. GOK
Länge log. Spirale = 57.88 m
Fläche log. Spirale = 439.86 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
$N_{c0}$ = 21.02; $N_{d0}$ = 10.89; $N_{b0}$ = 4.66
Formbeiwerte (y):
$\nu_c$ = 1.377; $\nu_d$ = 1.342; $\nu_b$ = 0.759
Neigungsbeiwerte (y):
$i_c$ = 0.961; $i_d$ = 0.965; $i_b$ = 0.942

Gleitwiderstand:
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{Gl}$ = 1.10
$N_k \cdot \tan(\varphi)$ / $\gamma_{Gl}$ = 24578.00 · tan(30.00°) / 1.10
$R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi)$ / $\gamma_{Gl}$ = 12900.10 kN
$T_d$ = 761.40 kN
μ = $T_d$ / $R_{t,d}$ = 0.059

Setzung infolge Gesamtlasten:
Grenztiefe $t_g$ = 14.29 m u. GOK
Vorbelastung = 26.5 kN/m²
Setzung (Mittel aller KPs) = 2.41 cm
Setzungen der KPs:
oben = 1.03 cm
unten = 3.79 cm
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 450.0
Drehfedersteifigkeit:
$k_{\varphi,x}$ = 21406.2 MN·m/rad
Nachweis EQU:
$M_{stb}$ = 24578.0 · 18.00 · 0.5 · 0.90 = 199081.8
$M_{dst}$ = 47567.0 · 1.10 = 52323.7
$\mu_{EQU}$ = 52323.7 / 199081.8 = 0.263

| Boden | γ [kN/m³] | γ ' [kN/m³] | φ [°] | c [kN/m²] | $E_s$ [MN/m²] | ν [-] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 18.0 | 10.0 | 32.5 | 0.0 | 30.0 | 0.00 | Seitl. A |
| | 21.0 | 11.0 | 45.0 | 0.0 | 100.0 | 0.00 | STS |
| | 19.0 | 10.0 | 35.0 | 0.0 | 40.0 | 0.00 | BA, Sand, md |
| | 18.0 | 10.0 | 32.0 | 0.0 | 30.0 | 0.00 | Sand, lo |
| | 18.0 | 8.0 | 25.0 | 20.0 | 20.0 | 0.00 | Ton, Schluff, st |
| | 19.0 | 9.0 | 25.0 | 50.0 | 30.0 | 0.00 | Ton, schluff, hf |
| | 19.0 | 10.0 | 35.0 | 0.0 | 60.0 | 0.00 | Sand, md |




Berechnungsgrundlagen:
WP Lehmden, WEA 1, DLC 6.2
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
$\gamma_{Gr}$ = 1.40
$\gamma_G$ = 1.35
$\gamma_Q$ = 1.50
$\gamma$ (Gl) = 1.10
Gleitsicherheit mit $\varphi$ = 30.00 °

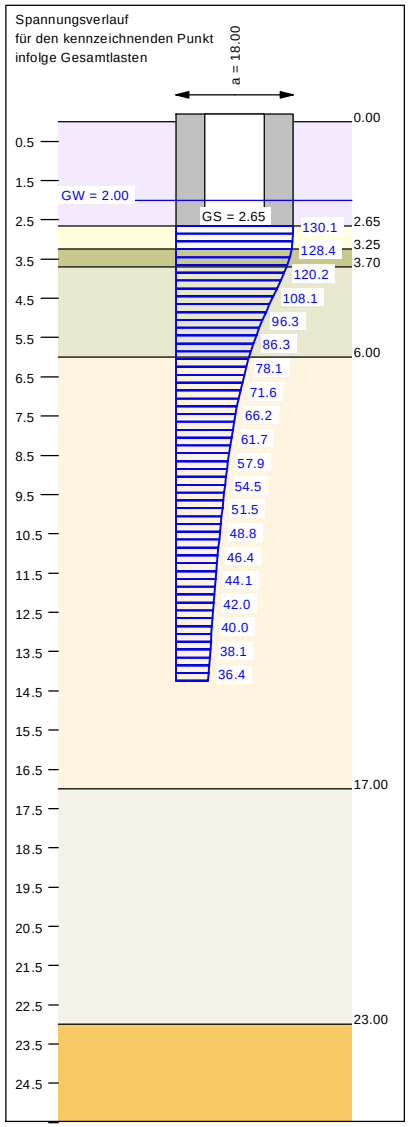
Grenzzustand EQU:
$\gamma_{G,dst}$ = 1.10
$\gamma_{G,stb}$ = 0.90
$\gamma_{Q,dst}$ = 1.50
Gründungssohle = 2.65 m
Grundwasser = 2.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
——— 1. Kernweite
— — — — 2. Kernweite

Ergebnisse Einzelfundament:
Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k}$ = 24466.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k}$ = 0.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k}$ = 974.00 / 0.00 kN
Moment $M_{x,k}$ = 84204.00 / 0.00 kN·m
Moment $M_{y,k}$ = 0.00 / 0.00 kN·m
Durchmesser D = 18.00 m
Durchmesser (innen) d = 9.20 m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = -3.442 m
Resultierende im 2. Kern (= 5.701 m)
a' = 8.81 m
b' = 13.18 m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = -3.442 m
Resultierende im 2. Kern (= 5.701 m)
a' = 8.81 m
b' = 13.18 m

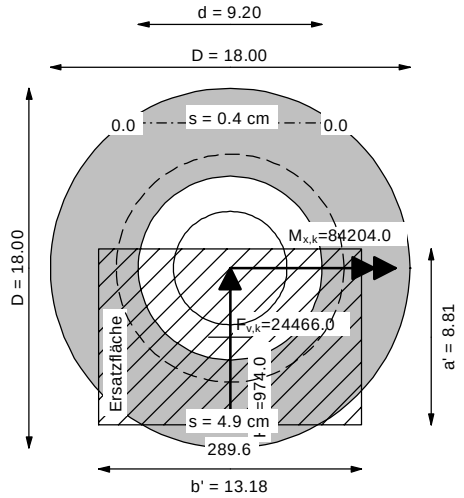
Grundbruch:
Durchstanzen untersucht,
aber nicht maßgebend.
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr}$ = 1.40
$\sigma_{0f,k}$ / $\sigma_{0f,d}$ = 1221.9 / 872.8 kN/m²
$R_{n,k}$ = 141782.9 kN
$R_{n,d}$ = 101273.5 kN
$V_d$ = 1.35 · 24466.00 + 1.50 · 0.0 kN
$V_d$ = 33029.1 kN
μ (parallel zu y) = 0.326
cal φ = 25.3 °
φ wegen 5° Bedingung abgemindert
cal c = 15.23 kN/m²
cal $\gamma_2$ = 8.95 kN/m³
cal $\sigma_ü$ = 42.50 kN/m²
UK log. Spirale = 13.73 m u. GOK
Länge log. Spirale = 43.64 m
Fläche log. Spirale = 249.02 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
$N_{c0}$ = 21.12; $N_{d0}$ = 10.97; $N_{b0}$ = 4.71
Formbeiwerte (y):
$\nu_c$ = 1.314; $\nu_d$ = 1.285; $\nu_b$ = 0.799
Neigungsbeiwerte (y):
$i_c$ = 0.931; $i_d$ = 0.937; $i_b$ = 0.900

Gleitwiderstand:
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{Gl}$ = 1.10
$N_k \cdot \tan(\varphi)$ / $\gamma_{Gl}$ = 24466.00 · tan(30.00°) / 1.10
$R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{Gl}$ = 12841.32 kN
$T_d$ = 1314.90 kN
$\mu = T_d / R_{t,d}$ = 0.102

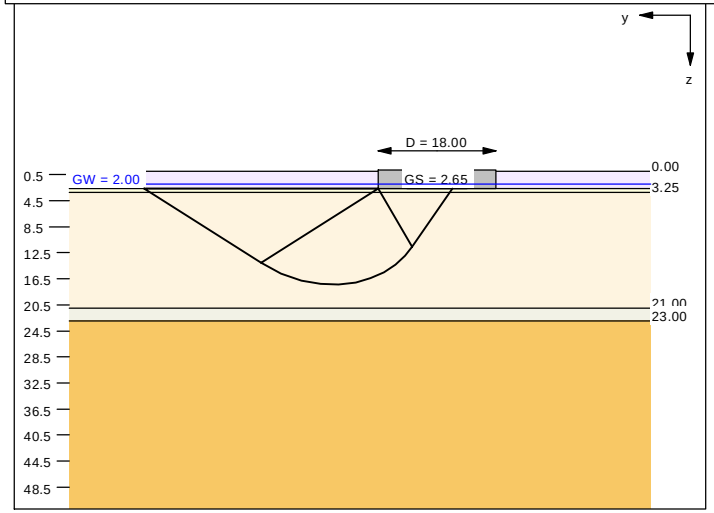
Setzung infolge Gesamtlasten:
Grenztiefe $t_g$ = 14.25 m u. GOK
Vorbelastung = 26.5 kN/m²
Setzung (Mittel aller KPs) = 2.63 cm
Setzungen der KPs:
oben = 0.41 cm
unten = 4.86 cm
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 279.2
Drehfedersteifigkeit:
$k_{\varphi,x}$ = 23508.4 MN·m/rad
Nachweis EQU:
$M_{stb}$ = 24466.0 · 18.00 · 0.5 · 0.90 = 198174.6
$M_{dst}$ = 84204.0 · 1.10 = 92624.4
$\mu_{EQU}$ = 92624.4 / 198174.6 = 0.467




Grundriss



| Boden | γ [kN/m³] | γ ' [kN/m³] | φ [°] | c [kN/m²] | $E_s$ [MN/m²] | ν [-] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 18.0 | 10.0 | 32.5 | 0.0 | 30.0 | 0.00 | Seitl. A |
| | 21.0 | 11.0 | 45.0 | 0.0 | 100.0 | 0.00 | STS |
| | 18.0 | 8.0 | 25.0 | 20.0 | 25.0 | 0.00 | Ton, Schluff, st-hf |
| | 19.0 | 9.0 | 25.0 | 50.0 | 30.0 | 0.00 | Ton, schluff, hf |
| | 19.0 | 10.0 | 35.0 | 0.0 | 60.0 | 0.00 | Sand, md |

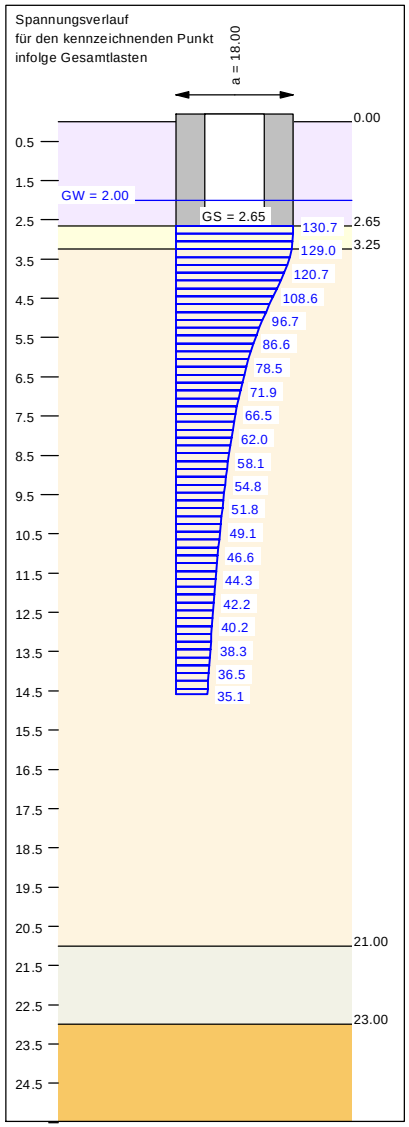



Ergebnisse Einzelfundament:
Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k}$ = 24578.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k}$ = 0.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k}$ = 564.00 / 0.00 kN
Moment $M_{x,k}$ = 47567.00 / 0.00 kN·m
Moment $M_{y,k}$ = 0.00 / 0.00 kN·m
Durchmesser D = 18.00 m
Durchmesser (innen) d = 9.20 m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = -1.935 m
Resultierende im 1. Kern (= 2.838 m)
a' = 11.37 m
b' = 14.15 m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = -1.935 m
Resultierende im 1. Kern (= 2.838 m)
a' = 11.37 m
b' = 14.15 m

Grundbruch:
Durchstanzen untersucht,
aber nicht maßgebend.
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr}$ = 1.40
$\sigma_{0f,k}$ / $\sigma_{0f,d}$ = 1442.8 / 1030.5 kN/m²
$R_{n,k}$ = 232145.9 kN
$R_{n,d}$ = 165818.5 kN
$V_d$ = 1.35 · 24578.00 + 1.50 · 0.0 kN
$V_d$ = 33180.3 kN
μ (parallel zu y) = 0.200
cal φ = 25.2 °
φ wegen 5° Bedingung abgemindert
cal c = 19.36 kN/m²
cal $\gamma_2$ = 8.19 kN/m³
cal $\sigma_ü$ = 42.50 kN/m²
UK log. Spirale = 17.39 m u. GOK
Länge log. Spirale = 57.81 m
Fläche log. Spirale = 438.81 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
$N_{c0}$ = 20.97; $N_{d0}$ = 10.86; $N_{b0}$ = 4.63
Formbeiwerte (y):
$\nu_c$ = 1.377; $\nu_d$ = 1.342; $\nu_b$ = 0.759
Neigungsbeiwerte (y):
$i_c$ = 0.961; $i_d$ = 0.965; $i_b$ = 0.942

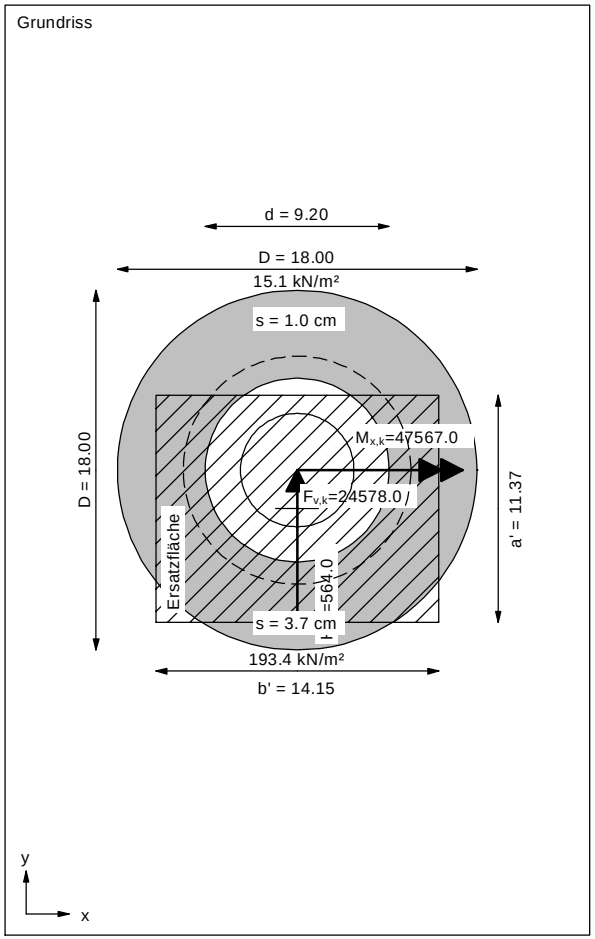
Gleitwiderstand:
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{Gl}$ = 1.10
$N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{Gl}$ = 24578.00 · tan(30.00°) / 1.10
$R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{Gl}$ = 12900.10 kN
$T_d$ = 761.40 kN
$\mu = T_d / R_{t,d}$ = 0.059

Setzung infolge Gesamtlasten:
Grenztiefe $t_g$ = 14.58 m u. GOK
Vorbelastung = 26.5 kN/m²
Setzung (Mittel aller KPs) = 2.31 cm
Setzungen der KPs:
oben = 0.95 cm
unten = 3.66 cm
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 458.5
Drehfedersteifigkeit:
$k_{\varphi,x}$ = 21809.4 MN·m/rad
Nachweis EQU:
$M_{stb}$ = 24578.0 · 18.00 · 0.5 · 0.90 = 199081.8
$M_{dst}$ = 47567.0 · 1.10 = 52323.7
$\mu_{EQU}$ = 52323.7 / 199081.8 = 0.263

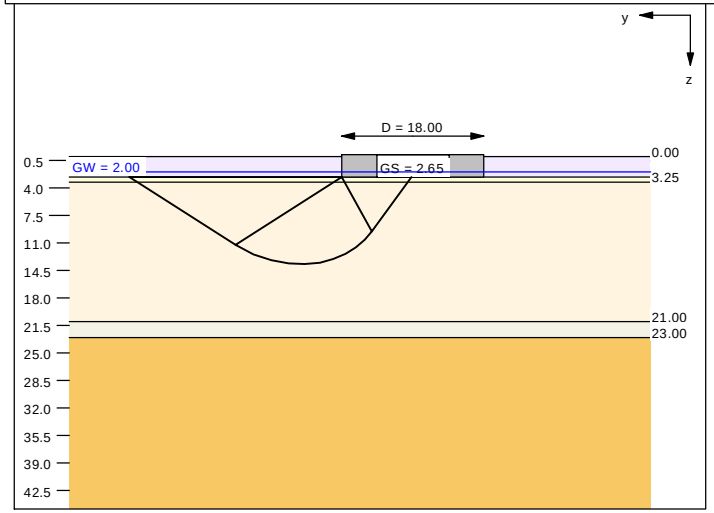



Berechnungsgrundlagen:
WP Lehmden, WEA 2, WEA 3, DLC 1.0
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
$\gamma_{Gr}$ = 1.40
$\gamma_G$ = 1.35
$\gamma_Q$ = 1.50
$\gamma$ (Gl) = 1.10
Gleitsicherheit mit φ = 30.00 °

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



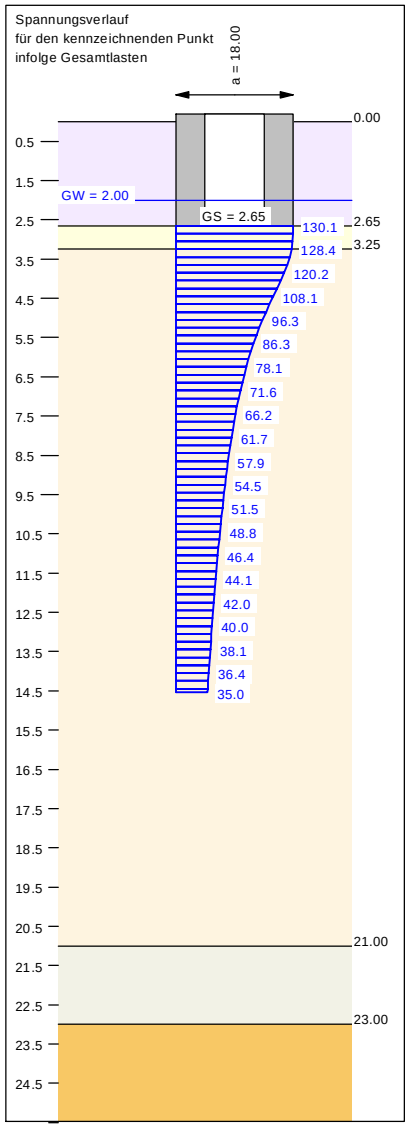
| Boden | γ [kN/m³] | γ ' [kN/m³] | φ [°] | c [kN/m²] | $E_s$ [MN/m²] | ν [-] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 18.0 | 10.0 | 32.5 | 0.0 | 30.0 | 0.00 | Seitl. A |
| | 21.0 | 11.0 | 45.0 | 0.0 | 100.0 | 0.00 | STS |
| | 18.0 | 8.0 | 25.0 | 20.0 | 25.0 | 0.00 | Ton, Schluff, st-hf |
| | 19.0 | 9.0 | 25.0 | 50.0 | 30.0 | 0.00 | Ton, schluff, hf |
| | 19.0 | 10.0 | 35.0 | 0.0 | 60.0 | 0.00 | Sand, md |



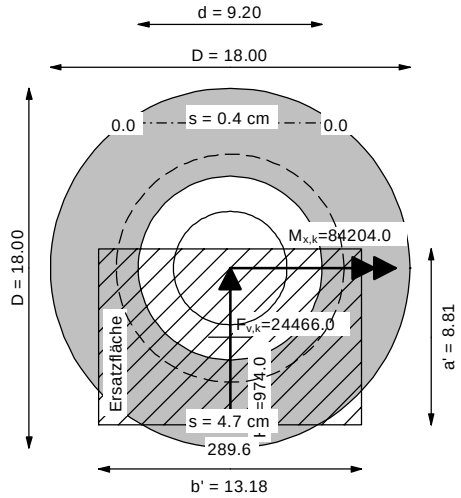

Berechnungsgrundlagen:
WP Lehmden, WEA 2, WEA 3, DLC 1.0
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
$\gamma_{Gr}$ = 1.40
$\gamma_G$ = 1.35
$\gamma_Q$ = 1.50
$\gamma$ (Gl) = 1.10
Gleitsicherheit mit φ = 30.00 °

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

Spannungsverlauf
für den kennzeichnenden Punkt
infolge Gesamtlasten




Grundriss



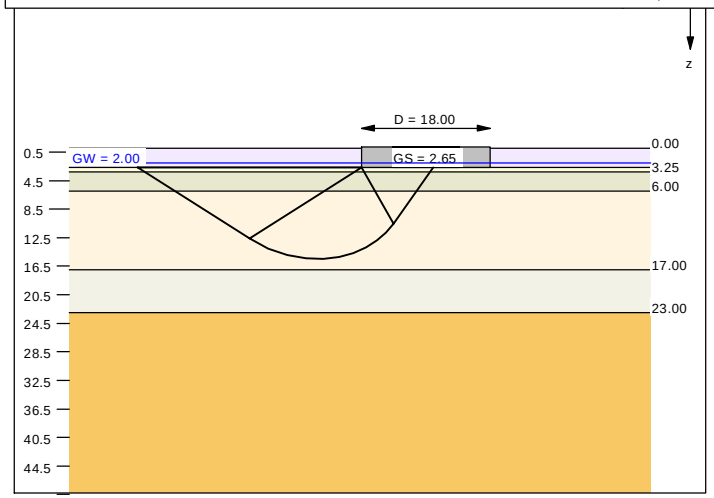

Ergebnisse Einzelfundament:
Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k}$ = 24466.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k}$ = 0.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k}$ = 974.00 / 0.00 kN
Moment $M_{x,k}$ = 84204.00 / 0.00 kN·m
Moment $M_{y,k}$ = 0.00 / 0.00 kN·m
Durchmesser D = 18.00 m
Durchmesser (innen) d = 9.20 m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = -3.442 m
Resultierende im 2. Kern (= 5.701 m)
a' = 8.81 m
b' = 13.18 m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = -3.442 m
Resultierende im 2. Kern (= 5.701 m)
a' = 8.81 m
b' = 13.18 m

Grundbruch:
Durchstanzen untersucht,
aber nicht maßgebend.
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr}$ = 1.40
$\sigma_{0f,k}$ / $\sigma_{0f,d}$ = 1296.9 / 926.3 kN/m²
$R_{n,k}$ = 150486.4 kN
$R_{n,d}$ = 107490.3 kN
$V_d$ = 1.35 · 24466.00 + 1.50 · 0.0 kN
$V_d$ = 33029.1 kN
μ (parallel zu y) = 0.307
cal φ = 25.2 °
φ wegen 5° Bedingung abgemindert
cal c = 19.14 kN/m²
cal $\gamma_2$ = 8.25 kN/m³
cal $\sigma_ü$ = 42.50 kN/m²
UK log. Spirale = 13.72 m u. GOK
Länge log. Spirale = 43.57 m
Fläche log. Spirale = 248.31 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
$N_{c0}$ = 21.06; $N_{d0}$ = 10.93; $N_{b0}$ = 4.68
Formbeiwerte (y):
$\nu_c$ = 1.314; $\nu_d$ = 1.285; $\nu_b$ = 0.799
Neigungsbeiwerte (y):
$i_c$ = 0.931; $i_d$ = 0.937; $i_b$ = 0.900

Gleitwiderstand:
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{Gl}$ = 1.10
$N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{Gl}$ = 24466.00 · tan(30.00°) / 1.10
$R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{Gl}$ = 12841.32 kN
$T_d$ = 1314.90 kN
$\mu = T_d / R_{t,d}$ = 0.102

Setzung infolge Gesamtlasten:
Grenztiefe $t_g$ = 14.54 m u. GOK
Vorbelastung = 26.5 kN/m²
Setzung (Mittel aller KPs) = 2.53 cm
Setzungen der KPs:
oben = 0.35 cm
unten = 4.71 cm
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 285.1
Drehfedersteifigkeit:
$k_{\varphi,x}$ = 24007.0 MN·m/rad
Nachweis EQU:
$M_{stb}$ = 24466.0 · 18.00 · 0.5 · 0.90 = 198174.6
$M_{dst}$ = 84204.0 · 1.10 = 92624.4
$\mu_{EQU}$ = 92624.4 / 198174.6 = 0.467

| Boden | γ [kN/m³] | γ ' [kN/m³] | φ [°] | c [kN/m²] | $E_s$ [MN/m²] | ν [-] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 18.0 | 10.0 | 32.5 | 0.0 | 30.0 | 0.00 | Seitl. A |
| | 21.0 | 11.0 | 45.0 | 0.0 | 100.0 | 0.00 | STS |
| | 18.0 | 10.0 | 32.0 | 0.0 | 30.0 | 0.00 | Sand, lo |
| | 18.0 | 8.0 | 25.0 | 20.0 | 20.0 | 0.00 | Ton, Schluff, st |
| | 19.0 | 9.0 | 25.0 | 50.0 | 30.0 | 0.00 | Ton, schluff, hf |
| | 19.0 | 10.0 | 35.0 | 0.0 | 60.0 | 0.00 | Sand, md |




Berechnungsgrundlagen:
WP Lehmden, WEA 1, 2, 3, DLC 6.2 reduziert
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
$\gamma_{Gr}$ = 1.40
$\gamma_G$ = 1.35
$\gamma_Q$ = 1.50
$\gamma$ (Gl) = 1.10
Gleitsicherheit mit $\varphi$ = 30.00 °

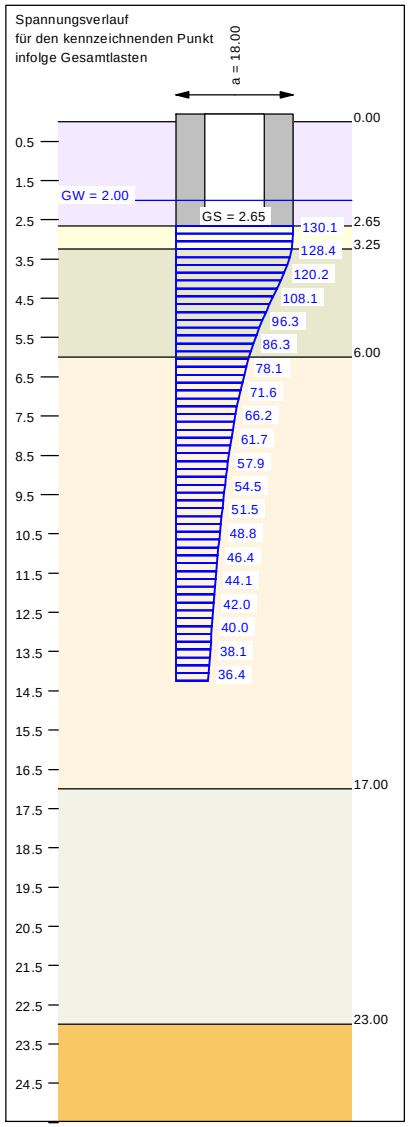
Grenzzustand EQU:
$\gamma_{G,dst}$ = 1.10
$\gamma_{G,stb}$ = 0.90
$\gamma_{Q,dst}$ = 1.50
Gründungssohle = 2.65 m
Grundwasser = 2.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
——— 1. Kernweite
— — — — 2. Kernweite

Ergebnisse Einzelfundament:
Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k}$ = 24466.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k}$ = 0.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k}$ = 769.00 / 0.00 kN
Moment $M_{x,k}$ = 65885.00 / 0.00 kN·m
Moment $M_{y,k}$ = 0.00 / 0.00 kN·m
Durchmesser D = 18.00 m
Durchmesser (innen) d = 9.20 m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = -2.693 m
Resultierende im 1. Kern (= 2.838 m)
a' = 10.07 m
b' = 13.71 m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = -2.693 m
Resultierende im 1. Kern (= 2.838 m)
a' = 10.07 m
b' = 13.71 m

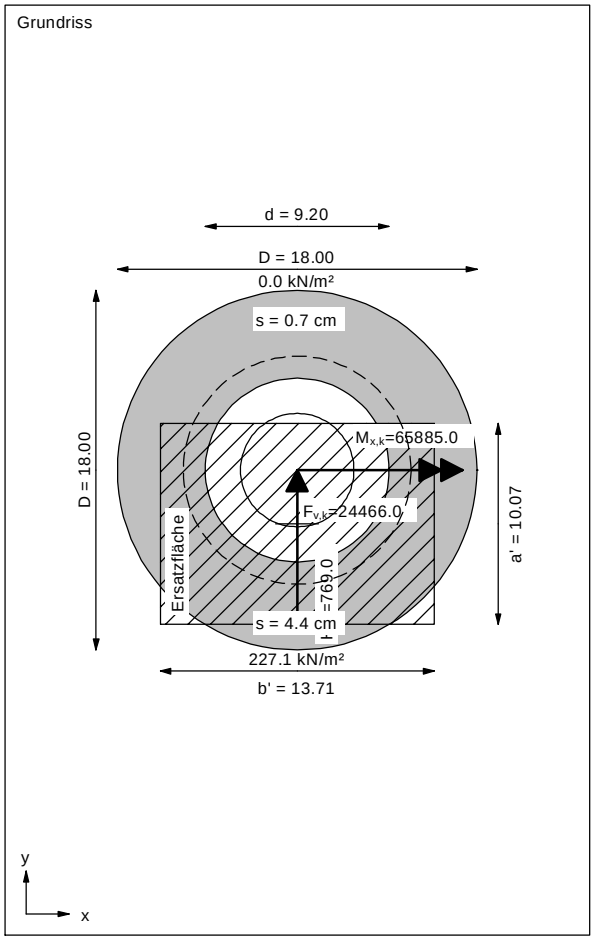
Grundbruch:
Durchstanzen untersucht,
aber nicht maßgebend.
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr}$ = 1.40
$\sigma_{0f,k}$ / $\sigma_{0f,d}$ = 1304.5 / 931.8 kN/m²
$R_{n,k}$ = 180056.4 kN
$R_{n,d}$ = 128611.7 kN
$V_d$ = 1.35 · 24466.00 + 1.50 · 0.0 kN
$V_d$ = 33029.1 kN
μ (parallel zu y) = 0.257
cal φ = 25.2 °
φ wegen 5° Bedingung abgemindert
cal c = 15.90 kN/m²
cal $\gamma_2$ = 8.83 kN/m³
cal $\sigma_ü$ = 42.50 kN/m²
UK log. Spirale = 15.51 m u. GOK
Länge log. Spirale = 50.56 m
Fläche log. Spirale = 334.91 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
$N_{c0}$ = 21.07; $N_{d0}$ = 10.93; $N_{b0}$ = 4.68
Formbeiwerte (y):
$\nu_c$ = 1.345; $\nu_d$ = 1.313; $\nu_b$ = 0.780
Neigungsbeiwerte (y):
$i_c$ = 0.946; $i_d$ = 0.951; $i_b$ = 0.921

Gleitwiderstand:
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{Gl}$ = 1.10
$N_k \cdot \tan(\varphi)$ / $\gamma_{Gl}$ = 24466.00 · tan(30.00°) / 1.10
$R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi)$ / $\gamma_{Gl}$ = 12841.32 kN
$T_d$ = 1038.15 kN
μ = $T_d$ / $R_{t,d}$ = 0.081

Setzung infolge Gesamtlasten:
Grenztiefe $t_g$ = 14.25 m u. GOK
Vorbelastung = 26.5 kN/m²
Setzung (Mittel aller KPs) = 2.52 cm
Setzungen der KPs:
oben = 0.67 cm
unten = 4.38 cm
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 334.7
Drehfedersteifigkeit:
$k_{\varphi,x}$ = 22049.3 MN·m/rad
Nachweis EQU:
$M_{stb}$ = 24466.0 · 18.00 · 0.5 · 0.90 = 198174.6
$M_{dst}$ = 65885.0 · 1.10 = 72473.5
$\mu_{EQU}$ = 72473.5 / 198174.6 = 0.366




Grundriss



ANLAGE 7.1-7.2

Nachweis Drehfedersteifigkeit

Anlage: 7.1
Projekt-Nr.: 1075-16-4

| Standort | WP Lehmden-Liethe | |
|---|---|---|
| Datum | 19.07.2016 | |
| Turmtyp | E-82, 108 mNH | |
| Gründungsart | FmA | |

# Drehfedersteifigkeit

| Standort | WEA 1 |
|---|---|
| Bohrloch | CPT 1-1 |

| | | | | | | | | Sollwerte : | 10.000 | 100.000 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr | Schichten unter Fundament: | Innerer Reibungs-winkel | gamma (kN/m³) | Schicht-höhe (m) | E stat (MN/m²) | E dyn (MN/m²) | Querdehnzahl | Fundament-radius (m) | Kappa phi, stat (MNm/rad) | Kappa phi, dyn (MNm/rad) | Bemerkung |
| 1 | Schotter | 45 | 21 | 0,50 | 100 | 300 | 0,30 | 9,00 | 79.347 | 238.041 | i. O. |
| 2 | BA, Sand, md | 35 | 18 | 0,45 | 40 | 160 | 0,32 | 9,50 | 35.600 | 142.401 | i. O. |
| 3 | Sand, lo | 32 | 18 | 2,30 | 30 | 150 | 0,35 | 9,82 | 26.856 | 134.279 | i. O. |
| 4 | Ton, Schluff, st | 25 | 18 | 11,00 | 20 | 120 | 0,38 | 11,25 | 23.720 | 142.322 | i. O. |
| 5 | Ton, Schluff, hf | 25 | 19 | 6,00 | 30 | 150 | 0,35 | 16,38 | 124.862 | 624.309 | i. O. |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Anlage: 7.2
Projekt-Nr.: 1075-16-4

# Drehfedersteifigkeit

| Standort | WP Lehmden-Liethe | |
|---|---|---|
| Datum | 19.07.2016 | |
| Turmtyp | E-82, 108 mNH | |
| Gründungsart | FmA | |

| Standort | WEA 2, WEA 3 |
|---|---|
| Bohrloch | CPT s |

| | | | | | | | | Sollwerte : | 10.000 | 100.000 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr | Schichten unter Fundament: | Innerer Reibungs-winkel | gamma (kN/m³) | Schicht-höhe (m) | E stat (MN/m²) | E dyn (MN/m²) | Querdehnzahl | Fundament-radius (m) | Kappa phi, stat (MNm/rad) | Kappa phi, dyn (MNm/rad) | Bemerkung |
| 1 | Schotter | 45 | 21 | 0,50 | 100 | 300 | 0,30 | 9,00 | 79.347 | 238.041 | i. O. |
| 2 | Schluff, Ton, st-hf | 25 | 18 | 5,00 | 25 | 130 | 0,35 | 9,50 | 20.293 | 105.523 | i. O. |
| 3 | Ton, Schluff, st-hf | 25 | 19 | 5,00 | 25 | 130 | 0,35 | 11,83 | 39.201 | 203.845 | i. O. |
| 4 | Ton, Schluff, st-hf | 25 | 19 | 5,00 | 25 | 130 | 0,35 | 14,16 | 67.243 | 349.663 | i. O. |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

ANLAGE 8

Analysenergebnis Grundwasser

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

Uwe Markert - Baugrund
Baugrunduntersuchungen - Altlastenerkundung
Markert

Fischerkoppel 11

**24340 Eckernförde**

DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-14170-01-00

## Prüfbericht-Nr.: 2016P508899 / 1

| | |
|---|---|
| **Auftraggeber** | Uwe Markert - Baugrund Baugrunduntersuchungen - Altlastenerkundung |
| | |
| **Eingangsdatum** | 17.06.2016 |
| **Projekt** | WP Lehmden |
| **Material** | Wasser |
| **Kennzeichnung** | BS 11 Pumpbrunnen Tiefe: 1,20 m 17.06.2016 |
| **Auftrag** | Analytik gem. Vorgabe des Auftraggebers |
| **Verpackung** | Glas- und PE-Flaschen |
| **Probenmenge** | ca. 1,5 l |
| **Auftragsnummer** | 16506092 |
| **Probenahme** | durch den Auftraggeber |
| **Probentransport** | Auftraggeber |
| **Labor** | GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH |
| **Analysenbeginn / -ende** | 17.06.2016 - 24.06.2016 |
| **Methoden** | siehe letzte Seite |
| **Unteraufträge** | |
| **Bemerkung** | |
| **Probenaufbewahrung** | Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt. |

Pinneberg, 25.06.2016

i. A. Gesine Blinde

Projektbearbeitung

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



GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Flensburger Str. 15 · 25421 Pinneberg
Telefon +49 (0)4101 7946-0
Fax +49 (0)4101 7946-26
E-Mail pinneberg@gba-group.de
www.gba-group.de

HypoVereinsbank
IBAN DE45 2003 0000 0050 4043 92
SWIFT-BIC HYVEDEMM300
Commerzbank Hamburg
IBAN DE67 2004 0000 0449 6444 00
SWIFT-BIC COBADEHHXXX

Sitz der Gesellschaft:
Hamburg
Handelsregister:
Hamburg HRB 42774
USt-Id.Nr. DE 118 554 138
St.-Nr. 47/723/00196

Geschäftsführer:
Manfred Giesecke
Ralf Murzen
Dr. Roland Bernerth
Carsten Schaffors

25Jahre
1989–2014

**Prüfbericht-Nr.: 2016P508899 / 1**

**WP Lehmden**

| | | |
|---|---|---|
| **Auftrag** | | 16506092 |
| **Probe-Nr.** | | 001 |
| **Material** | | Wasser |
| **Probenbezeichnung** | | **BS 11 Pumpbrunnen Tiefe: 1,20 m 17.06.2016** |
| **Probemenge** | | ca. 1,5 l |
| **Probeneingang** | | 17.06.2016 |
| ***Analysenergebnisse*** | ***Einheit*** | |
| **Betonaggressivität** | | |
| **pH-Wert** | | |
| **Geruch** | | unauffällig |
| **Permanganat-Verbrauch** | **mg KMnO4/L** | 8,0 |
| **Gesamthärte** | **°dH** | 47 |
| **Härtehydrogencarbonat** | **°dH** | 13 |
| **Nichtcarbonathärte** | **°dH** | 34 |
| **Magnesium** | **mg/L** | 51 |
| **Ammonium** | **mg/L** | 0,20 |
| **Sulfat** | **mg/L** | 700 |
| **Chlorid** | **mg/L** | 17 |
| **Kohlendioxid, kalklösend** | **mg/L** | <5,0 |
| **Eisen, ges.** | **mg/L** | 0,015 |

**Prüfbericht-Nr.: 2016P508899 / 1**

**WP Lehmden**

**Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen**

| Parameter | Bestimmungs-grenze | Einheit | Methode |
|---|---|---|---|
| Betonaggressivität | | | DIN EN 16502 |
| pH-Wert | | | DIN EN ISO 10523[a] |
| Geruch | | | DEV-B1/2[a] |
| Permanganat-Verbrauch | 2,0 | mg KMnO4/L | DIN EN ISO 8467[a] |
| Gesamthärte | | °dH | DIN 38409-H6/ DIN EN ISO 17294-2 (E29)[a] |
| Härtehydrogencarbonat | | °dH | DIN 38 405-D8[a] |
| Nichtcarbonathärte | | °dH | berechnet |
| Magnesium | 0,10 | mg/L | DIN EN ISO 11885 (E22)[a] |
| Ammonium | 0,20 | mg/L | DIN EN ISO 11732 (E23)[a] |
| Sulfat | 0,50 | mg/L | DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20)[a] |
| Chlorid | 0,60 | mg/L | DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20)[a] |
| Kohlendioxid, kalklösend | 5,0 | mg/L | DIN 4030 (Heyer)[a] |
| Eisen, ges. | 0,0050 | mg/L | DIN EN ISO 17294-2 (E29)[a] |

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

## Anlage zu Prüfbericht 2016P508899

Probe-Nr.: 16506092 / 001

Probenbezeichnung: BS 11 PumpbrunnenTiefe: 1,20 m 17.06.2016

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

| | Messwert | Einheit | Expositionsklasse | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | XA1 | XA2 | XA3 |
| pH-Wert | 7,4 | | 6,5 - 5,5 | < 5,5 - 4,5 | < 4,5 - 4,0 |
| Kohlendioxid, kalklösend | <5,0 | mg/L | 15 - 40 | > 40 - 100 | > 100 |
| Ammonium | 0,20 | mg/L | 15 - 30 | > 30 - 60 | > 60 -100 |
| Magnesium | 51 | mg/L | 300 - 1000 | >1000-3000 | > 3000 |
| Sulfat | 700 | mg/L | 200 - 600 | > 600 - 3000 | > 3000 - 6000 |
| Chlorid | 17 | mg/L | --- | --- | --- |
| Gesamthärte | 47 | °dH | --- | --- | --- |
| Härtehydrogencarbonat | 13 | °dH | --- | --- | --- |
| Permanganat-Verbrauch | 8,0 | mg KMnO4/L | --- | --- | --- |

**Kurzbeurteilung:** Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

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