

Projekt 

**WP Hiddels Repowering
Neubau von 5 Windenergieanlagen
Vestas V150-5.6 MW 125 m NH**

Geotechnischer Bericht

**Baugrunduntersuchung, Baugrundbeurteilung
und Gründungsberatung**

Projekt-Nr.: 3456 Bericht-Nr.: 2

Erstellt im Auftrag von:

**Projekt Ökovest GmbH
Alexanderstraße 404 b
D-26127 Oldenburg**

Braunschweig, 2020-12-23

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | VORGANG | 3 |
| 2 | UNTERLAGEN | 3 |
| 3 | BAUVORHABEN | 4 |
| 4 | UNTERSUCHUNGEN | 5 |
| | 4.1 Felduntersuchungen..... | 5 |
| | 4.2 Chemische Laborversuche | 5 |
| 5 | BAUGRUND | 6 |
| | 5.1 Baugrundverhältnisse..... | 6 |
| | 5.2 Bodenbenennung und -klassifizierung..... | 9 |
| | 5.3 Bodenmechanische Bemessungswerte..... | 10 |
| | 5.4 Tragfähigkeit | 10 |
| 6 | GRUNDWASSER | 11 |
| | 6.1 Grundwasserstand | 11 |
| | 6.2 Betonaggressivität..... | 11 |
| 7 | GRÜNDUNG | 12 |
| | 7.1 Vorbemerkungen..... | 12 |
| | 7.2 Pfahltragverhalten und mögliche Pfahlsysteme | 13 |
| | 7.3 Pfahlvorbemessung..... | 14 |
| | 7.4 Qualitätssicherung..... | 14 |
| | 7.5 Baugrube, Wasserhaltung und Aufnahme des Frischbetongewichtes | 15 |
| | 7.6 Kranstellflächen..... | 16 |
| | 7.7 Wegebau..... | 17 |
| | 7.8 Überwachung der Gründungsarbeiten..... | 17 |

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1: Lagepläne der Ansatzpunkte der Felduntersuchungen

Anlage 2: Profile der Bohrungen von den Anlagenstandorten und Kranstellflächen

Anlage 3: Diagramme der Drucksondierungen von den Anlagenstandorten und Kranstellflächen

Anlage 4: Diagramme der Bohrungen von den geplanten Wegen

Anlage 5: Ergebnisse der chemischen Laborversuche

Anlage 6: Vordimensionierung der Pfahlgründung beispielhaft für den Standort WEA 2_{neu}

1 VORGANG

Die Projekt ÖkoveSt GmbH plant in der Gemeinde Bockhorn im Landkreis Friesland im nordwestlichen Niedersachsen südlich der Bundesautobahn A29 den Bau von 5 Windenergieanlagen im Windpark Hiddels Repowering.

Das Ingenieurbüro BRP consult wurde durch die Projekt ÖkoveSt GmbH beauftragt, an den geplanten Anlagenstandorten Baugrunduntersuchungen durchzuführen, den Baugrund zu beurteilen und im Hinblick auf die Gründung der Windenergieanlagen beratend tätig zu werden.

Nach den Untersuchungen im Mai 2020 wurde der Geotechnische Bericht Nr. 1 übergeben. Aufgrund der Verschiebung der geplanten Standorte WEA2, WEA3 und WEA5 um circa 27-46m wurden zusätzliche Baugrunduntersuchungen erforderlich. Die Baugrundbeschreibung sowie Gründungsempfehlungen wurden daraufhin überarbeitet und sind nun im vorliegenden Geotechnischen Bericht Nr. 2 dargestellt und beschrieben.

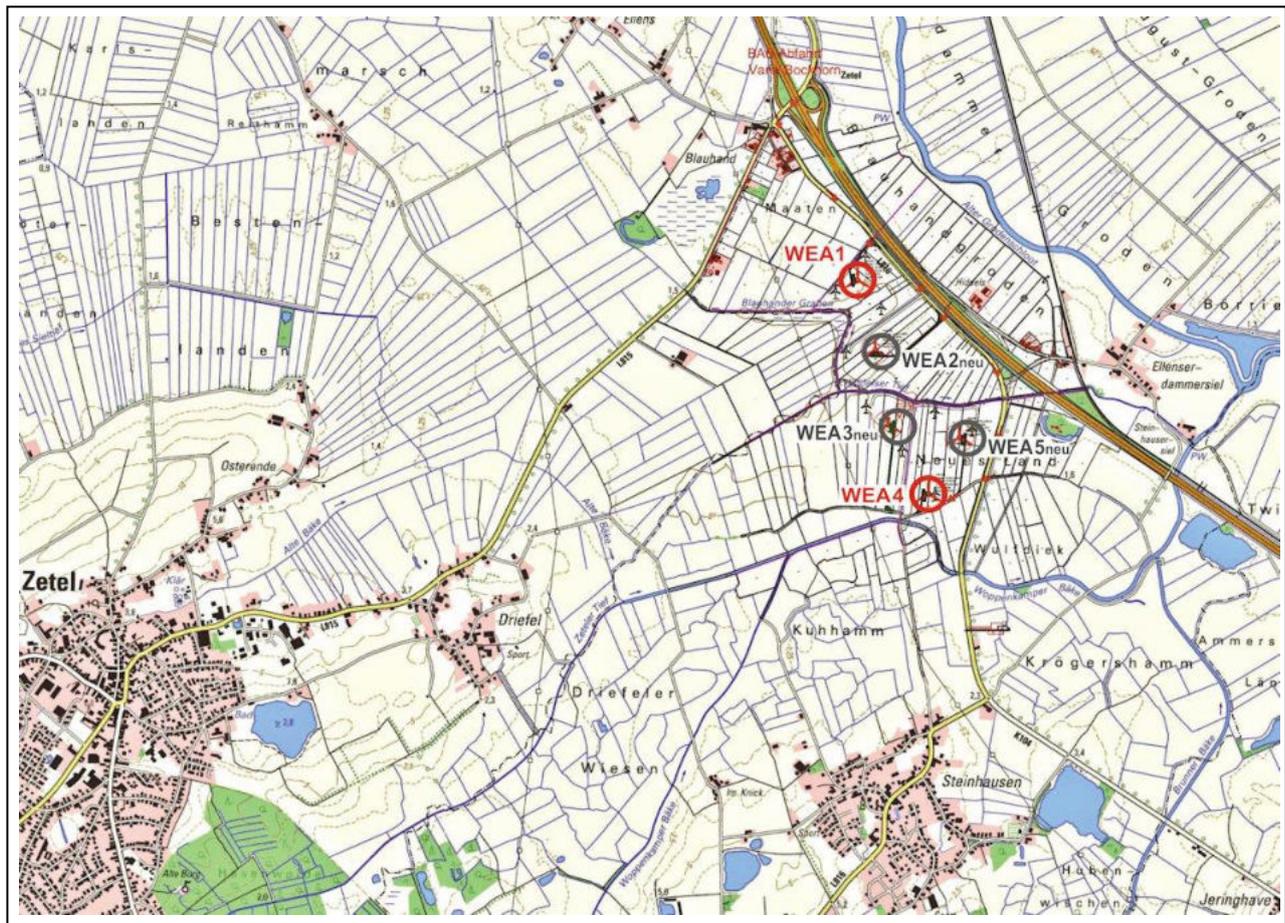
2 UNTERLAGEN

- [U1] Projektierungsgesellschaft für regenerative Energiesysteme mbH, Oldenburg
Übergebene Pläne und Unterlagen zum Bauvorhaben, April-Mai & November-Dezember 2020
- [U2] Vestas ... Typenstatik lag zum Berichtszeitpunkt noch nicht vor !

3 BAUVORHABEN

Der geplante Bebauungsbereich der neuen Anlagenstandorte liegt im Bundesland Niedersachsen in der Gemeinde Bockhorn im Landkreis Friesland südlich der Bundesautobahn A29. Insgesamt sollen an 5 Standorten Windenergieanlagen aufgestellt werden (siehe folgende Abbildung).

Abbildung 3.1: Geplante Anlagenstandorte im Windpark Hiddels Repowering



Entsprechend den übergebenen Unterlagen ist die Errichtung von 5 Windenergieanlagen mit folgenden Parametern geplant:

- Hersteller: Vestas
- Typ: V150-5.6 MW
- Nabenhöhe: 125 m
- Nennleistung: 5.600 kW
- DiBt Windzone: WZ (S)
- Fundament: Typenstatik lagen zum Zeitpunkt der Berichtsbearbeitung noch nicht vor !

4 UNTERSUCHUNGEN

4.1 Felduntersuchungen

Im Mai und Dezember 2020 wurden in den geplanten Bebauungsbereichen der Anlagenstandorte und Wege folgende Felduntersuchungen durchgeführt (siehe Lagepläne in **Anlage 1**):

- WEAs + Kranstellflächen ... 10x Rammbohrungen (2x je Standort) gem. DIN EN ISO 22475-1:2007 bis ca. 15 m u. GOK, einschl. Bodenansprache und Ermittlung des Grundwasserstandes (**Anlage 2**),
- WEAs + Kranstellflächen ... 15x Drucksondierungen (3x je Standort) gem. DIN EN 22476-1:2012-03 bis max. 25 m u. GOK bzw. bis zur Geräteauslastung (20t), einschl. elektrischer Messung von Mantelreibung und Spitzendruck zur Bestimmung der Lagerungsdichte, des Verformungsmoduls und des Bodenindex sowie zur Ableitung der bodenmechanischen Kenngrößen wie Steifemodul und Reibungswinkel (**Anlage 3**),
- Geplante Wege ... 5x Rammbohrungen gem. DIN EN ISO 22475-1:2007 bis 3 m u. GOK entlang der der geplanten Wege, einschl. Bodenansprache und Ermittlung des Grundwasserstandes (**Anlage 4**),

Die Ansatzpunkte der Anlagenstandorte wurden vom Auftraggeber mittels Koordinaten festgelegt und für die weiteren Untersuchungen per Mail übermittelt [U1]. An den folgenden Koordinatenpunkten wurden demnach die Felduntersuchungen durchgeführt:

WEA 1: 435618 / 5921500 WEA 2_{neu}: 435682 / 5921139 WEA 3_{neu}: 435730 / 5920750
WEA 4: 435986 / 5920381 WEA 5_{neu}: 436109 / 5920683

4.2 Chemische Laborversuche

Zur Untersuchung des Grundwassers wurde parameterspezifisch eine Grundwasserprobe aus der Bohrung BS 3/1 an der WEA3 entnommen und im chemischen Labor der BIOLAB Umweltanalysen GmbH in Braunschweig hinsichtlich Betonaggressivität nach DIN 4030-1 analysiert.

Wegen der geringen Abweichung von nur ca. 45 m vom alten Standort WEA3 zum verschobenen Standort WEA 3_{neu} wurde keine neue Grundwasseranalyse durchgeführt. Die ermittelten Werte aus Mai 2020 gelten für den geplanten Bebauungsbereich.

Die Ergebnisse der chemischen Laborversuche liegen dem Bericht als **Anlage 5** vor.

5 BAUGRUND

5.1 Baugrundverhältnisse

Folgende Bodenarten und generelle Bodenschichtung wurden bei den Felduntersuchungen an den geplanten Anlagenstandorten und Kranstellflächen angetroffen:

Unter einer ca. 0,3 - 0,5 m mächtigen

Mutterbodenschicht

folgen bis zu den Tiefen von ca. 2,0 - 20,9 m u. GOK

Marine Ablagerungen

Fein-/Mittelsande, schluffig und **Klei**
sowie teilweise **Torf** eingelagert.

Danach folgen bis zur Endteufe von 25 m u. GOK

Mittelsande, feinsandig,
schwach grobsandig, tlw. schwach schluffig.

Abbildung 5.1: Blick in Richtung des geplanten Anlagenstandortes WEA 1



Abbildung 5.2: Blick in Richtung des geplanten Anlagenstandortes WEA 2_{neu}



Abbildung 5.3: Blick in Richtung des geplanten Anlagenstandortes WEA 3_{neu}



Abbildung 5.4: Blick in Richtung des geplanten Anlagenstandortes WEA 4



Abbildung 5.5: Blick in Richtung des geplanten Anlagenstandortes WEA 5_{neu}



5.2 Bodenbenennung und -klassifizierung

Die im Untersuchungsgebiet angetroffenen Böden werden wie folgt benannt und klassifiziert.

Tabelle 5.1: Bodengruppen, Bodenklassen und Frostempfindlichkeit

| Bodenart | Bodenart nach DIN 4022 | Bodengruppe nach DIN 18 196 | Bodenklasse nach 18 300 | Frostempfindlichkeit nach ZTVE StB 09 |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Mutterboden | Mu | OH | 1 | F 2 |
| Klei | U, t*, s / T, u*, s | UL, TL | 4 – 5 | F 3 |
| Torf | --- | HN, HZ | 3 | F 3 |
| Fein-/Mittelsand, schluffig | fS-mS, u, gs' | SU, SU* | 3 | F 2, F 3 |
| Mittelsand, feinsandig | mS, fs, gs', (u') | SE, (SU) | 3 | F 1, F 2 |

Erläuterung der Bodengruppen nach DIN 18 196

(Erdbau, Bodenklassifizierung für bautechnische Zwecke)

- OH grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art
- UL leicht plastischer Schluff
- TL leicht plastischer Ton
- HN nicht bis mäßig zersetzte Torfe
- HZ zersetzte Torfe
- SE enggestufte Sande
- SU Sand-Schluff-Gemische mit $\geq 5-15$ Gew.-% $\leq 0,06$ mm
- SU* Sand-Schluff-Gemische mit $> 15-40$ Gew.-% $\leq 0,06$ mm

Erläuterung der Bodenklassen nach DIN 18 300

(Erdarbeiten, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen - VOB Teil C)

- BK 1 Oberboden
- BK 2 fließende Bodenarten
- BK 3 leicht lösbare Bodenarten
- BK 4 mittelschwer lösbare Bodenarten
- BK 5 schwer lösbare Bodenarten
- BK 6 leicht lösbarer Fels
- BK 7 schwer lösbarer Fels

Klassifikation der Frostempfindlichkeit nach ZTVE StB 09

(Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten und Straßenbau)

- F 1 nicht frostempfindlich
- F 2 gering bis mittel frostempfindlich
- F 3 sehr frostempfindlich

5.3 Bodenmechanische Bemessungswerte

Für erdstatische und geotechnische Berechnungen werden die nachfolgenden bodenmechanischen Bemessungswerte sowie die davon abgeleiteten Kenngrößen der relevanten Bodenschichten angegeben.

Diese wurden auf der Grundlage der Ergebnisse der Feldversuche sowie unter Berücksichtigung unserer Erfahrungen festgelegt:

Tabelle 5.2: Bodenmechanische Bemessungswerte

| Benennung | Zeichen | Einheit | Klei | Torf | Sand, schluffig | Mittelsand, feinsandig |
|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|-----------|----------------------|--------------------------|
| Lager.-d./Konsis. | D / [-] | [1] | weich | --- | locker - mitteldicht | mitteldicht - sehr dicht |
| Wichte, erdfeucht | γ | [kN/m ³] | 15 – 17 | 10,5 | 17 – 18 | 18 – 19 |
| Wichte, u. Auftrieb | γ' | [kN/m ³] | 5 – 7 | 0,5 | 8 – 9 | 9 – 10 |
| Steifemodul, stat. | E _{S,stat} | [MN/m ²] | 2 – 5 | 0,3 – 0,6 | 10 – 30 | 50 – 100 |
| Steifemodul, dyn. | E _{S,dyn} | [MN/m ²] | 10 – 20 | --- | 40 – 120 | 250 – 500 |
| Reibungswinkel | cal φ' | [°] | 15,0 – 20,0 | 15 | 27,5 – 32,5 | 32,5 – 35,0 |
| Kohäsion | cal c' | [kN/m ²] | 5 – 10 | 5 | 0 | 0 |

5.4 Tragfähigkeit

Nach den Ergebnissen der Felduntersuchungen kann die Tragfähigkeit der Böden an den geplanten Standorten der Windenergieanlagen und Kranstellflächen wie folgt beurteilt werden:

In allen Bohrungen wurden zunächst kompressible marinen Ablagerungen (schluffige Sande und Klei) teilweise mit Torf-Einlagerungen erkundet. Diese Böden sind zur Aufnahme der hohen Fundamentlasten aus den Windenergieanlagen nicht geeignet.

Unterlagernd stehen feinsandige Mittelsande in mitteldichter bis sehr dichter Lagerung an. Dieser Boden ist somit gut bis sehr gut tragfähig und zur Abtragung der Bauwerkslasten geeignet.

6 GRUNDWASSER

6.1 Grundwasserstand

Im Rahmen der Erkundungen im Mai 2020 wurden folgende Grundwasserstände in den Rammbohrungen festgestellt.

Tabelle 6.1: Grundwasserstand (GW) in den Bohrungen / Sondierungen

| WEA-Standort GW [m u. GOK] | WEA 1 | WEA 2 _{neu} | WEA 3 _{neu} | WEA 4 | WEA 5 _{neu} |
|-------------------------------|-------------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|
| | 0,6 – 0,8 m | 1,3 – 1,5 m | 0,8 – 1,1 m | 0,8 – 0,9 m | 1,1 – 1,5 m |

Grundsätzlich muss bei den weiteren Planungen mit noch höheren Grundwasserständen gerechnet werden. Erfahrungsgemäß ergeben sich die höchsten Grundwasserstände in den Herbst- und Frühjahrsmonaten.

6.2 Betonaggressivität

Zur Beurteilung betonangreifender Wässer gemäß DIN 4030-1 wurden die in Tabelle 6.2 aufgeführten Analysenergebnisse mit deren Grenzwerten verglichen.

Tabelle 6.2: Untersuchung der Wasserprobe hinsichtlich Betonaggressivität

| Wasseranalyse Parameter | WEA 3 | Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030 Teil 1 | | |
|-----------------------------------|------------------|---|---------------------|--------------------------|
| | | schwach angreifend | stark angreifend | sehr stark angreifend |
| Aussehen | bräunlich - klar | - | - | - |
| Geruch (unveränderte Probe) | ohne | - | - | - |
| pH-Wert | 6,7 | 6,5 - 5,5 | < 5,5 - 4,5 | < 4,5 |
| Härte [mmol/l] | 2,8 | - | - | - |
| Härtehydrogencarbonat [mmol/l] | 2,8 | - | - | - |
| Magnesium [mg/l] | 30 | 300 - 1000 | > 1000 - 3000 | > 3000 |
| Ammonium [mg/l] | 0,94 | 15 - 30 | > 30 - 60 | > 60 |
| Sulfat [mg/l] | < 5 | 200 - 600 | > 600 - 3000 | > 3000 |
| Chlorid [mg/l] | 20 | - | - | - |
| CO ₂ (kalklös.) [mg/l] | 64 | 15 - 40 | > 40 - 100 | > 100 |

Die Untersuchung des Grundwassers hinsichtlich Betonaggressivität nach DIN 4030 ergibt, dass das Grundwasser als **stark betonangreifend** einzustufen ist.

Der Beton ist aufgrund der erhöhten Konzentration beim Parameter kalklösende Kohlensäure entsprechend der **Expositionsklasse XA2** herzustellen.

7 GRÜNDUNG

7.1 Vorbemerkungen

Die Projekt Ökovest GmbH plant die Gründung von Windenergieanlagen an 5 verschiedenen Standorten im Windpark Hiddels Repowering.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen und Drucksondierungen stehen zunächst kompressible marine Ablagerungen (schluffige Sande und Klei) teilweise mit Torf-Einlagerungen an. Unterlagernd wurden feinsandige Mittelsande in mitteldichter bis sehr dichter Lagerung erkundet, welche zur Abtragung der Bauwerkslasten geeignet sind.

Der Beginn der gut tragfähigen Sande an den geplanten Standorten der Windenergieanlagen und Kranstellflächen kann der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 7.1: Beginn des tragfähigen Sandbodens (TB) in den Bohrungen / Sondierungen

| | | | | | |
|---------------|-------------|----------------------------|----------------------------|-------------|----------------------------|
| WEA-Standort | WEA 1 | WEA 2 _{neu} | WEA 3 _{neu} | WEA 4 | WEA 5 _{neu} |
| TB [m u. GOK] | 8,2 – 9,0 m | 13,4 – 13,5 m | 20,7 – 20,9 m | 7,0 – 8,0 m | 3,0 – 4,0 m |
| KSF-Standort | WEA 1 - KSF | WEA 2 _{neu} - KSF | WEA 3 _{neu} - KSF | WEA 4 - KSF | WEA 5 _{neu} - KSF |
| TB [m u. GOK] | 0,8 m | 1,6 m | 1,6 m | 1,8 m | 2,5 m |

Insgesamt sind die angetroffenen Bodenverhältnisse als ungünstig zu bezeichnen. Die Windenergieanlagen an den Standorten WEA1-4 müssen daher auf Pfählen tief gegründet werden. Lediglich für den Standort WEA5 ist die Gründung des Anlagenfundaments je nach Einbindetiefe mittels Bodenaustausch bzw. Polsterschicht möglich.

Zum Zeitpunkt der Berichtsbearbeitung lag für den geplanten Anlagentyp „Vestas V150-5.6 MW 125 m NH“ noch keine Typenstatik für ein Anlagenfundament mit einer Pfahlgründung vor.

Die im Rahmen der Untersuchungen festgestellten Baugrundeigenschaften (Ist-Werte) werden nach Vorliegen der Typenstatik den dort aufgeführten Soll-Werten resultieren aus den Bauwerkslasten gegenübergestellt und mit den konkreten Bemessungswerten (Pfahllasten usw.) eine Pfahldimensionierung durchgeführt. Dieser Datenabgleich bzw. die Pfahlbemessung erfolgt rechtzeitig vor Baubeginn.

In den folgenden Kapiteln können deshalb lediglich generelle Eignungen und Empfehlungen zur Tiefgründung gegeben werden. Zudem erfolgen Vordimensionierungen für verschiedene Pfahltypen beispielhaft für den Standort WEA2_{neu}. Die in Kapitel 7.3 berechneten Pfahllasten können als Grundlage für die noch zu erstellende Tiefgründungstypenstatik herangezogen werden, um damit die Anzahl der erforderlichen Pfähle festzulegen.

7.2 Pfahltragverhalten und mögliche Pfahlsysteme

Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen steht der für die Abtragung der Bauwerkslasten geeignete Baugrund an den Standorten WEA1-4 erst ab Tiefen von ca. 7,0 - 20,9 m u. GOK an.

Bei der Tiefgründung werden die Lasten unter Verwendung von Massivbauelementen (Pfähle) in diese tieferliegende, tragfähige Bodenschicht eingeleitet. Die Pfahlkraft wird durch Mantelreibung und Spitzendruck auf den tragfähigen Baugrund übertragen (siehe folgende Abbildung).

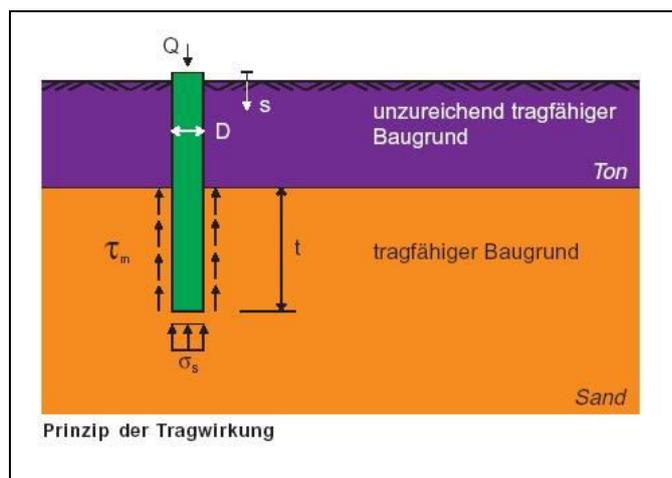


Abbildung 7.1: Tragverhalten von Pfählen

Die Art der Kraftübertragung hängt vom Baugrund und der Beschaffenheit der Pfähle ab. Zum Beispiel trägt der Ort beton-Rammpfahl mit ausgestampften Pfahlfuß die eingeleiteten Lasten hauptsächlich über Spitzendruck in den Baugrund ab, wobei der Fertigbeton-Rammpfahl demgegenüber Mantelreibung und Spitzendruck gleichermaßen aktiviert.

Bei den erkundeten Baugrundverhältnissen empfehlen wir, folgende Pfahlsysteme für die weiteren Planungen zur Gründung der Windenergieanlagen unter dem Gesichtspunkt ihrer Wirtschaftlichkeit zu betrachten:

- Fertigteil-Rammpfähle ... $b/h = 45/45$ cm
- Ort beton-Rammpfähle ... $D = 51/56$ cm

Bei der Herstellung eines **Fertigteil-Rammpfahls** handelt es sich um einen Fertigpfahl aus Stahlbeton mit einem quadratischem Querschnitt, der mittels Diesel- oder Hydraulikrammbär in den Baugrund eingebracht wird. Eine Verlängerung des Pfahles ist mittels zuvor eingebauter Kupplung möglich.

Bei der Herstellung eines **Ort beton-Rammpfahls mit Innenrammung** wird aushubfrei ein erdfeuchter Pfropfenbeton (0,8 bis 1,0 m hoch) in das Vortreibrohr eingefüllt und angestampft. Das Eintreiben erfolgt durch Rammung auf den Pfropfen. Nach Erreichen des tragfähigen Baugrunds wird das Vortreibrohr festgehalten und der Pfropfenbeton sowie nachgefüllter Beton zu einem Pfahlfuß und unterem Pfahlschaft angestampft. Der weitere Beton wird nach Einsetzen der Be-

wehrung abschnittsweise eingebracht und ausgestampft. Der fertige Pfahl besitzt einen großen Pfahlfuß, rauhen Pfahlschaft und eine sehr hohe Tragfähigkeit.

Bei der Herstellung eines **Ortbeton-Rammpfahls mit Außenrammung** erfolgt das Eintreiben durch Kopframmung mit wiedergewonnenem Vortreibrohr. Das Vortreibrohr wird am unteren Ende durch eine verlorene Fußplatte verschlossen. Durch den Einsatz von schweren Diesel- bzw. Hydraulikbären werden hohe Rammleistungen und hierdurch geringe Bauzeiten erzielt. Die Tragfähigkeit und die Anpassungsfähigkeit des Pfahles an die örtlichen Baugrundverhältnisse sind jedoch geringer als die des Ortbeton-Rammpfahls mit Innenrammung.

7.3 Pfahlvorbemessung

Die Bemessung der äußeren Tragfähigkeiten (Druck-Lastfall) der Pfahlgründung wurde beispielhaft für den **Standort WEA 2_{neu}** in Datenblättern durchgeführt, die der **Anlage 6** beigefügt sind.

Ergebnisse der Pfahlvorbemessung für den Stahlbeton-Fertigteiltrammpfahl:

- Pfahlabmessung: $b/d = 45/45$ cm
- Pfahllast für Druck-Lastfall: ca. 1.800 kN
- Einbindelänge in tragfähigen Boden: 7 m

Ergebnisse der Pfahlvorbemessung für den Ortbeton-Rammpfahl:

- Pfahldurchmesser: $D = 51$ cm bzw. $D = 56$ cm
- Pfahllasten für Druck-Lastfall: ca. 1.800 kN (51 cm) bzw. ca. 2.100 kN (56 cm)
- Einbindelänge in tragfähigen Boden: 7 m

Vor Beginn der Pfahlgründung muss seitens der beauftragten Spezialtiefbaufirma die innere und äußere Tragfähigkeit des zum Einsatz kommenden Pfahlsystems gesondert nachgewiesen und durch unser Büro geprüft werden.

7.4 Qualitätssicherung

Für Rammpfähle sind aussagekräftige Rammberichte gemäß DIN 4026 mit Angaben zum Rammgerät, der aufgebrachten Rammenergie und den entsprechenden Eindringungen beim Rammvorgang zu führen.

Bei der Herstellung von Bohrpfählen sollten der Betriebsdruck, das Drehmoment und die Eindringung gemessen und protokolliert werden. Aus diesen Werten ergibt sich eine gewisse Kontrolle über die erreichte Einbindetiefe in den tragfähigen Boden.

Die äußere Pfahltragfähigkeit des gewählten Pfahltyps ist durch 3 dynamische Pfahlprobebelastungen an Probepfählen nachzuweisen. Die Auswertung sollte mittels CAPWAP-Verfahren durchgeführt werden. Hiermit kann die zulässige Gebrauchs- und Grenzlast des eingesetzten

Pfahltyps sowie das Last-Setzungs-Verhalten ermittelt und mit dem rechnerischen Nachweis der äußeren Tragfähigkeit verglichen werden.

Bei dem Rammen von Fertigpfählen können Abplatzungen und Rissbildungen auftreten. Aus diesem Grund bzw. generell zur Überprüfung der Unversehrtheit sowie von eventuellen Einschnürungen sind an allen eingebrachten Bauwerkpfählen dynamische Integritätsprüfungen durchzuführen.

Für die Durchführung der Prüfungen sind die „Empfehlungen für statische und dynamische Pfahlprüfungen“ des Arbeitskreises 2.1 der DGGT zu beachten.

Die Pfahlherstellung sowie die Pfahlprüfungen sollten durch unser Büro überwacht, dokumentiert und ausgewertet werden. Die ausführende Firma hat die Pfahlprotokolle unmittelbar nach jeder Pfahlherstellung vorzulegen.

7.5 Baugrube, Wasserhaltung und Aufnahme des Frischbetongewichtes

Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen stehen im Bereich der späteren Baugrubensohle marine Ablagerungen (überwiegend schluffige Sande, aber auch Klei und Torf) an. Die Baugruben zur Herstellung der Fundamente sind abgebösch mit einer Neigung von 30-45° (je nach Witterungsverhältnissen) gem. DIN 4124 herzustellen. Es ist in der Baugrube ein ausreichend dimensionierter Arbeitsraum vorzusehen. Generell ist für ggf. erforderliche tiefere Baugruben, steilere Böschungen und Unterschreitung des Regelabstandes für Verkehrslasten nach DIN 4124 die Standsicherheit der Böschung gem. DIN 4084 nachzuweisen.

Um unnötige Auflockerungen der Baugrubensohle zu vermeiden, sind die Baggerarbeiten nur vor Kopf mit einer glattkantigen Baggerschaufel durchzuführen. Der im Aushubplanum anstehende bindige Boden reagiert empfindlich auf Wassergehaltsänderungen, nasse Partien verlieren ihre Belastungsfähigkeit. Durch einen entsprechenden Baubetrieb sollten Durchnässungen soweit wie möglich vermieden werden. Grundsätzlich sollte die freigelegte Aushubsohle umgehend versiegelt und somit vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Weiche bzw. vernässte Bereiche innerhalb des Planums sind auszukoffern und gegen tragfähiges Material zu ersetzen. In niederschlagsreichen Perioden ist mit Erschwernissen bei den Erdarbeiten zu rechnen.

Aufgrund der angetroffenen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse empfehlen wir eine optimal funktionierende Wasserhaltung z.B. mittels Horizontaldränagen und Brunnen, bei der bis mindestens 1 m unter der Aushubsohle entwässert wird. Aufgrund der inhomogenen marine Ablagerungen in den geplanten bebauungsbereichen wird der Durchlässigkeitsbeiwert im Bereich von circa $k = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-9}$ m/s schwanken. Nach VOB Teil C, DIN 18305, Abschnitt 3.2.1 ist es Aufgabe der ausführenden Baufirma, die Wasserhaltungsanlage zu bemessen. Die Bemessung sollte durch unser Büro vor der Ausführung geprüft werden.

Nach der Sichtung der Aushubebene durch unser Büro erfolgt die endgültige Festlegung der Mächtigkeit eines zusätzlichen Sand-Kies-Polsters unterhalb der Fundamentsohle sowie der Notwendigkeit eines Geogitters zur Lastverteilung. Diese Leistungen sollten im Leistungsver-

zeichnung zu den Gründungsarbeiten vorgesehen werden. Bei dem Sand-Kies-Polster sollte vorerst mindestens von einer Mächtigkeit $d = 0,6 \text{ m}$ ausgegangen werden.

Wie bereits beschrieben, sollten die Gründungssohlen vor dem Einbau der Fundamente durch unser Büro überprüft werden. Die jeweilige erforderliche Vorgehensweise wird nach der Überprüfung der Baugrubensohle durch unser Büro vorgeschlagen und mit den Beteiligten abgestimmt.

Unterlagen zum Frischbetongewicht beim Betoniervorgang der Fundamente lagen zum Zeitpunkt der Berichtsbearbeitung nicht vor. Trotz der oben beschriebenen Verbesserung der Tragfähigkeit der Baugrubensohlen sollte der Betoniervorgang in mehreren Schritten durchgeführt werden. Dabei sollte für den ersten Betonierabschnitt der zulässiger Sohldruck von ca. $\sigma_{zul} = 30 \text{ kN/m}^2$ nicht überschritten werden. Mit Setzungen von ca. $s = 3\text{-}5 \text{ cm}$ ist hierbei zu rechnen.

Bei der Ausschreibung der Erdbauleistungen sollte beachtet werden, dass die Tragfähigkeit der Böden beim Freilegen des Aushubplanums maßgebend ist. Eventuelle nachteilige Veränderungen durch den Baubetrieb gehen zu Lasten der Erdbaufirma.

7.6 Kranstellflächen

Die im Bereich der Kranstellflächen an den geplanten Anlagenstandorten durchgeführten Bohrungen und Sondierungen ergeben wie bereits erwähnt ebenfalls zunächst kompressible marine Ablagerungen (schluffige Sande und Klei) teilweise mit Torf-Einlagerungen.

Vor Beginn der Gründungsarbeiten ist deshalb in den geplanten Bebauungsbereichen der Kranstellflächen jeweils der Boden bis zum tragfähigen Sand auszukoffern (Tiefen gemäß Tabelle 7.1 beachten).

Anschließend muss der verbleibende Raum zwischen der Oberkante der tragfähigen Sandschicht bis zur Gründungsebene lagenweise verdichtet wieder aufgebaut werden (Schichtdicke max. $0,3 \text{ m}$). Dabei ist ein Lastausbreitungswinkel von 45° ab Fundamentaußenkante zu berücksichtigen.

Als Tragschichtmaterial ist ein weitgestuftes Kies-Sand-Gemisch ($0/45 \text{ mm}$) mit geringem Feinkornanteil (GW, GI nach DIN 18196) zu verwenden. Auf dem Gründungsplanum (OK Tragschicht) ist die Tragfähigkeit mittels Plattendruckversuchen nach DIN 18134 und zusätzlich mittels Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2:2005 zu überprüfen. Dabei ist ein statischer Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 120 \text{ kN/m}^2$ sowie eine vollflächig mindestens mitteldichte Lagerung nachzuweisen.

7.7 Wegebau

Im Rahmen der Erkundungen im Mai und Dezember 2020 wurden wie bereits im Kapitel 4.1 beschrieben, die geplanten Wege zu den Anlagenstandorten stichprobenartig mittels Bohrungen untersucht (Lage der Ansatzpunkte siehe Anlage 1.3).

Die Mächtigkeiten der alten Tragschichten an den Wegpunkten W1 und W2 schwanken zwischen 55 cm bis 120 cm (Schlacke / Schotter über Sandbettung). Unterlagernd sowie über die gesamte Erkundungstiefe an den Wegpunkten W3, W4 und W5 wurden die marinen Ablagerungen (schluffige Sande und Klei) teilweise mit Torf-Einlagerungen mit nur geringer bis sehr geringer Tragfähigkeit erkundet.

Für den Wegebau wird empfohlen, eine abgestufte Tragschicht (Körnung 0/56-0/32 mm) von min. 80 cm einschließlich Geotextil (Kombigitter) lagenweise verdichtet herzustellen und die vorhandenen Wege mit mindestens einer Lage Schottermaterial mit Quergefälle zwecks Entwässerung zu überbauen (min. 20 cm mit Körnung 0/32 mm).

7.8 Überwachung der Gründungsarbeiten

Im Rahmen der Erdarbeiten hat sich der verantwortliche Bauleiter davon zu überzeugen, dass die beim Aushub angetroffenen Baugrundverhältnisse den Erkundungsergebnissen entsprechen. Gegebenenfalls ist Rücksprache mit dem Verfasser zu halten.

Eine Abnahme der Gründungssohle durch einen Sachverständigen für Geotechnik ist entsprechend der Typenstatik im Zuge der Erdarbeiten erforderlich.

Es wird empfohlen, Qualitätskontrollen während und nach Abschluss der Gründungsarbeiten durch eine unabhängige Fremdprüfung durchführen zu lassen (Nachweis der Tragfähigkeit, Abnahme der Fundamentsohle mittels Erdbaukontrollprüfungen).

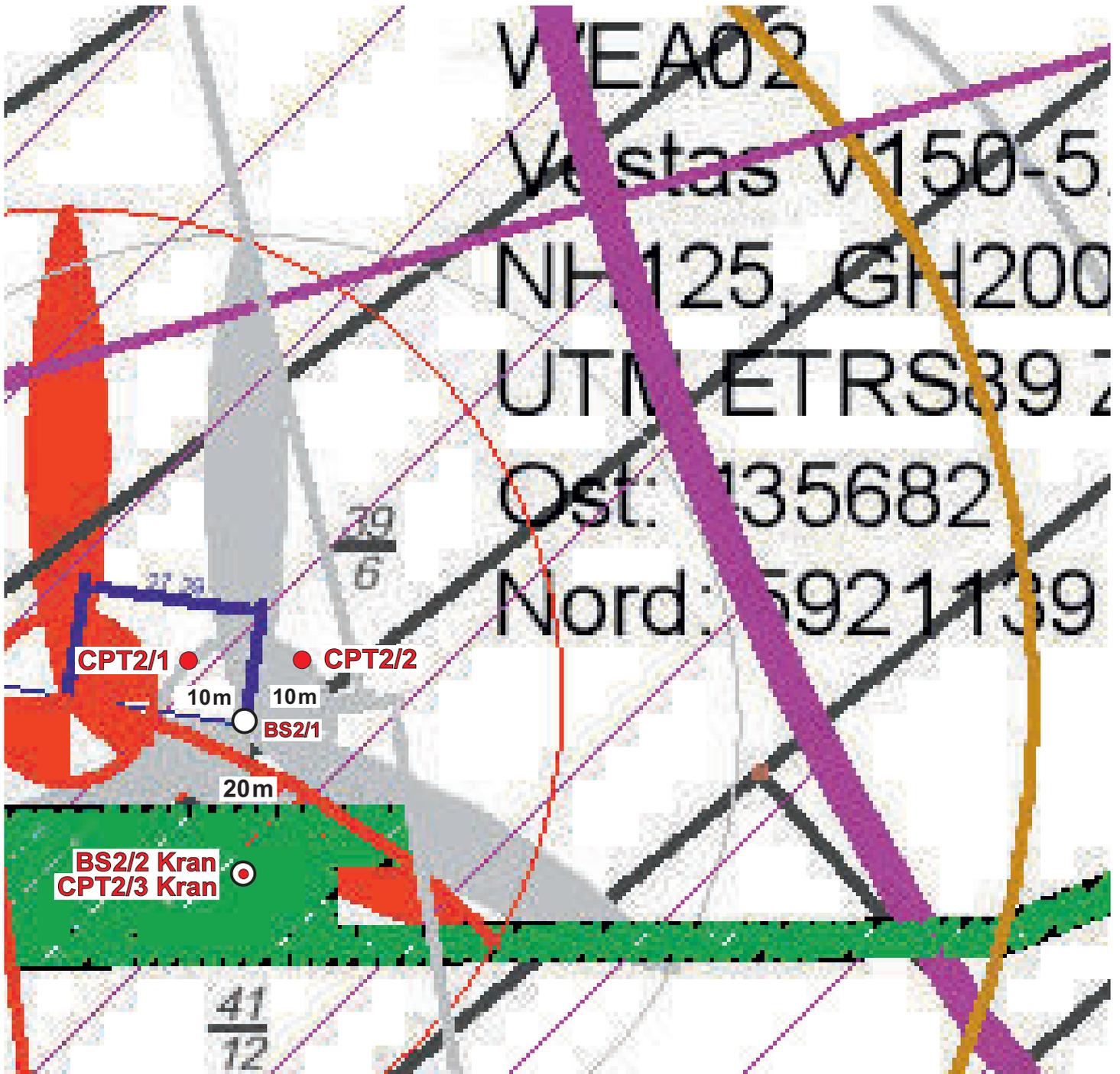
Mit freundlichen Grüßen
BRP consult



Dipl.-Ing. S. Dahlmann

**ANLAGE 1 LAGEPLÄNE DER ANSATZPUNKTE DER
FELDUNTERSUCHUNGEN**

**Anlage 1.2: Lageskizze der Felduntersuchungen
am Beispiel der WEA2neu**



Windpark Hiddels



Windpark Hiddels



WEA 3neu



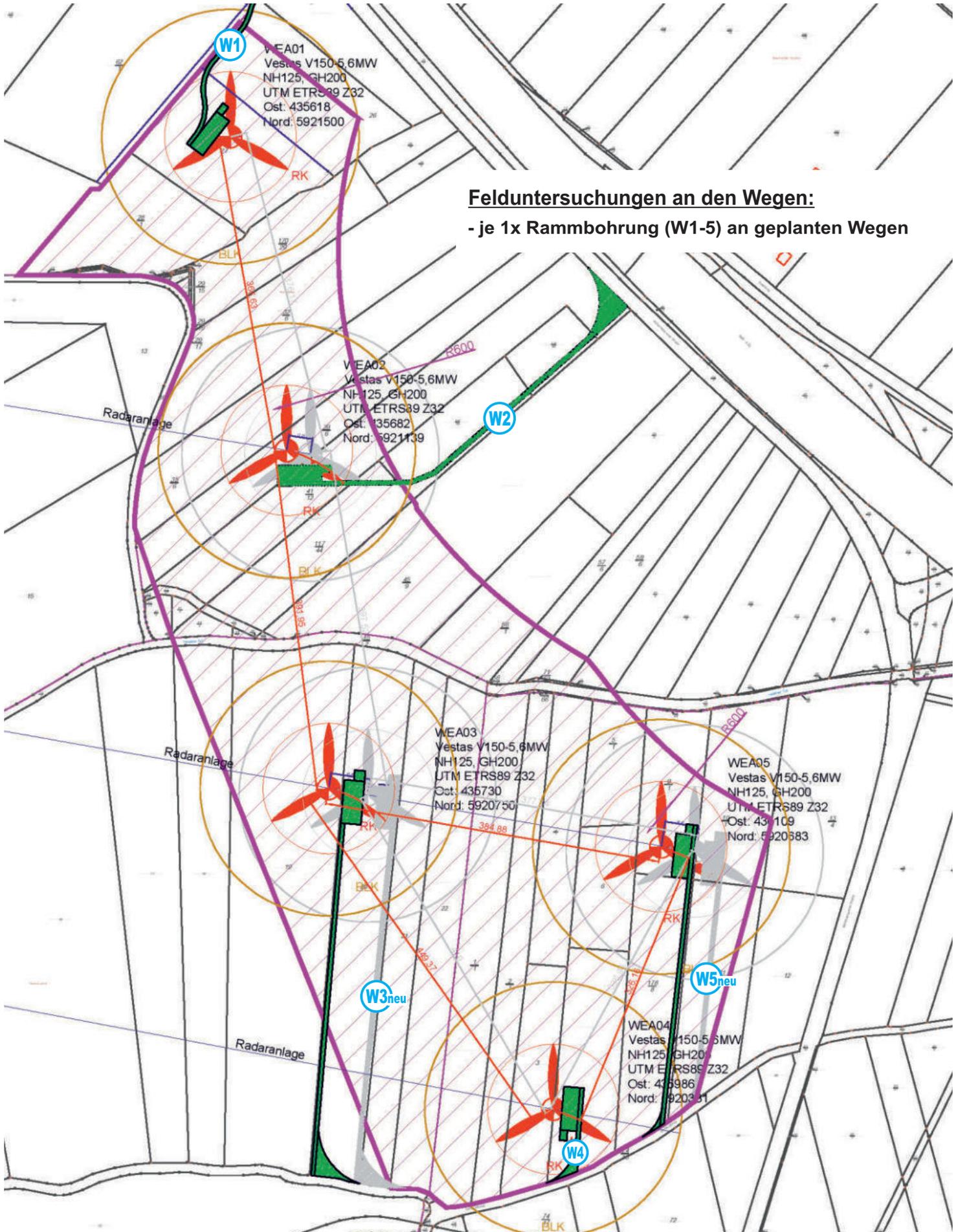
WEA 4

Windpark Hiddels



WEA 5neu

Anlage 1.3: Lage der Felduntersuchungen (geplante Wege zu den Anlagen)



Windpark Hiddels



W 1



W 2

Windpark Hiddels



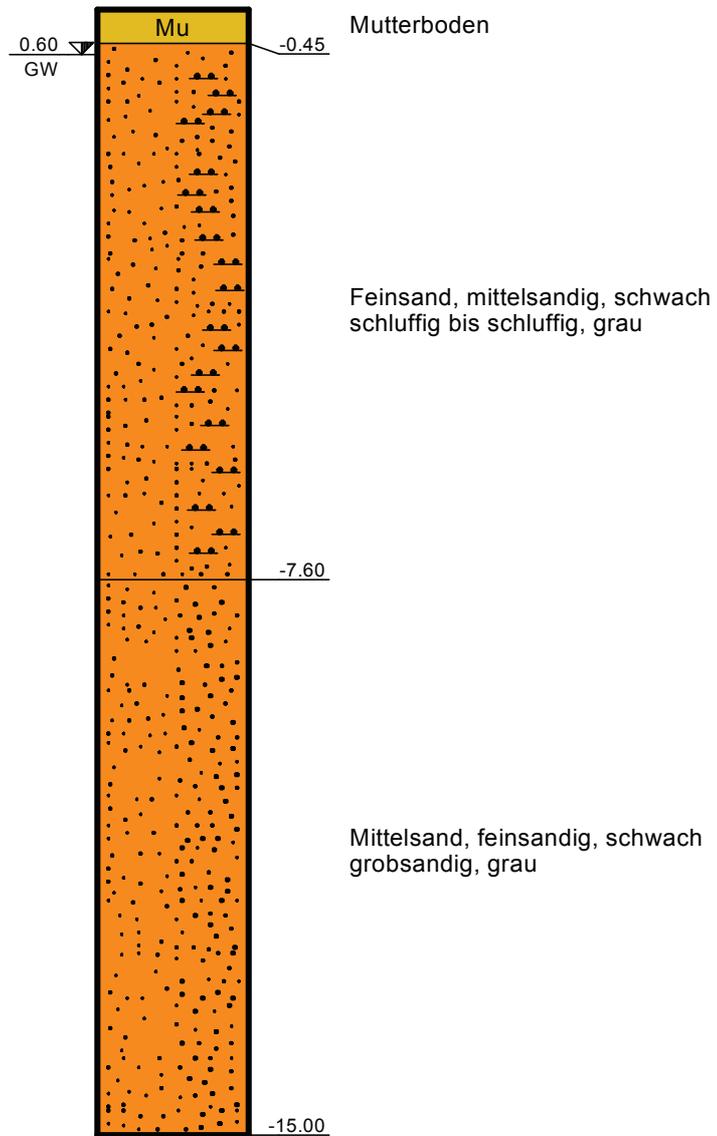
Windpark Hiddels



W 5 neu

**ANLAGE 2 PROFILE DER BOHRUNGEN
VON DEN ANLAGENSTANDORTEN UND
KRANSTELLFLÄCHEN**

WEA1 - BS1/1



Legende

-  Feinsand (fS)
-  Mittelsand (mS)
-  Mutterboden (Mu)

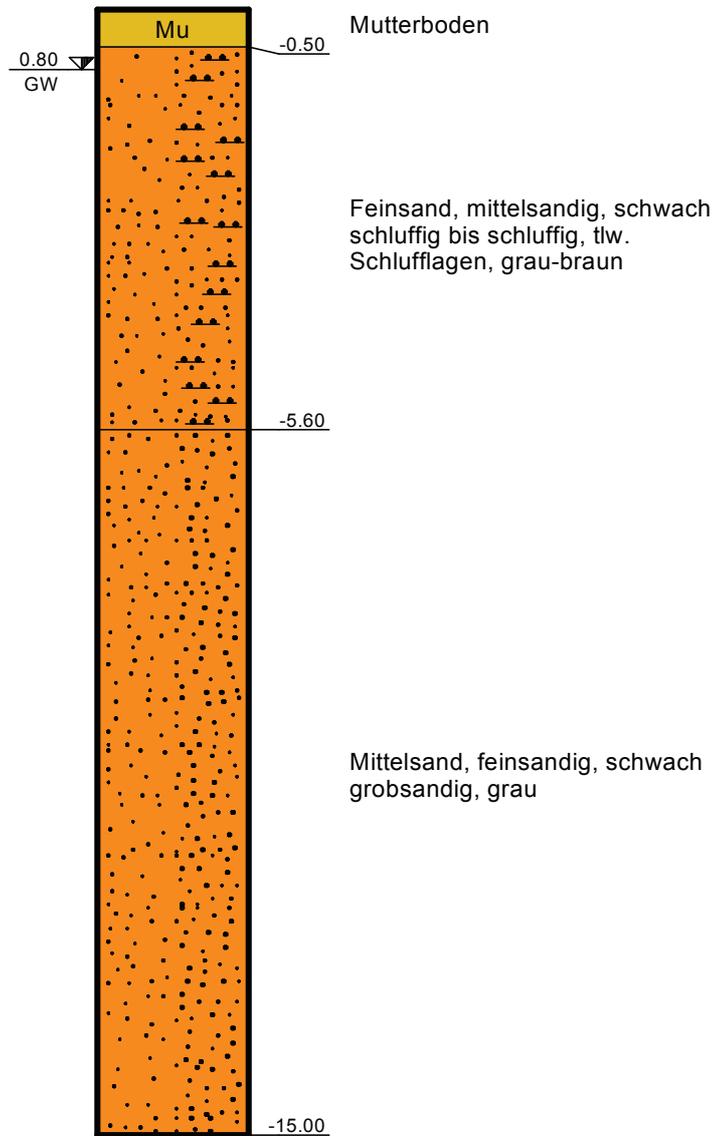
BRP Consult
Berliner Str. 52 J
38104 Braunschweig
Tel.: 0531 / 48 00 0-0

Windpark Hiddels Repowering
Baugrunderkundung

Projekt: 3456

Anlage: 2

WEA1 - BS1/2 Kran



Legende

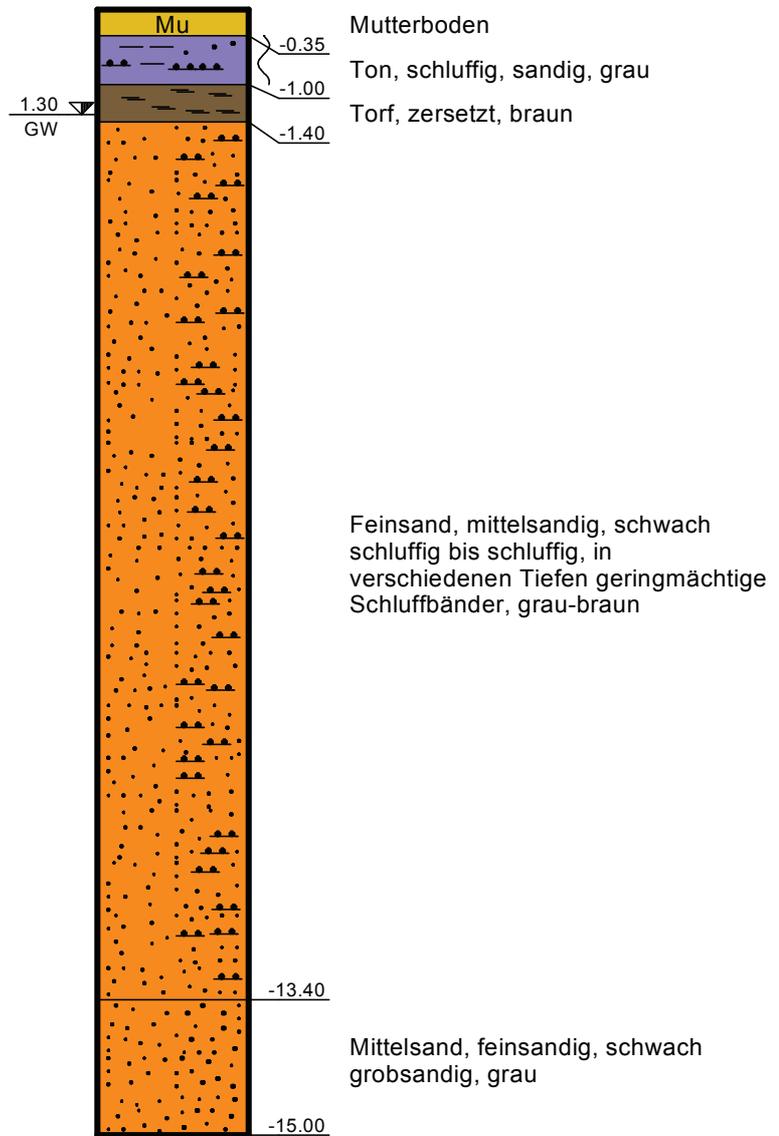
-  Feinsand (fS)
-  Mittelsand (mS)
-  Mutterboden (Mu)

BRP Consult
 Berliner Str. 52 J
 38104 Braunschweig
 Tel.: 0531 / 48 00 0-0

Windpark Hiddels Repowering
 Baugrunderkundung

| | |
|----------|------|
| Projekt: | 3456 |
| Anlage: | 2 |

WEA2neu - BS2/1



Legende

| | | |
|---|---|--|
|  weich |  Ton (T) |  Mittelsand (mS) |
| |  Schluff (U) |  Torf (Tf) |
| |  Feinsand (fS) |  Mutterboden (Mu) |

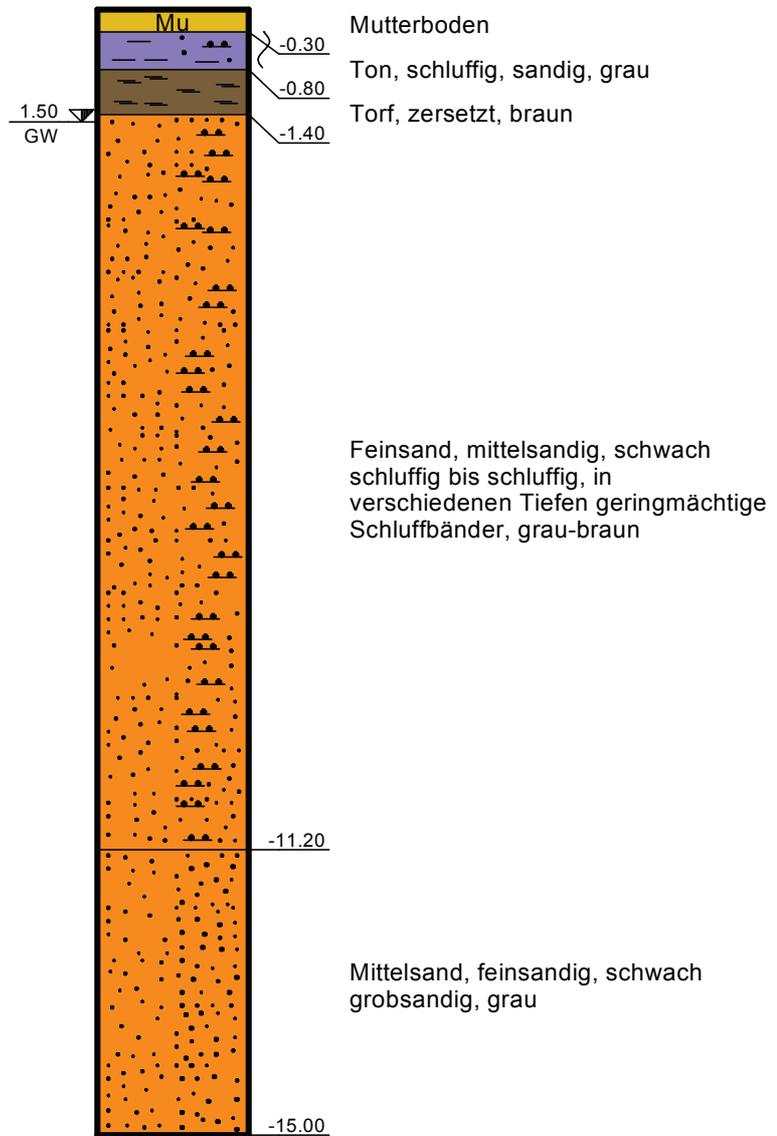
BRP Consult
 Berliner Str. 52 J
 38104 Braunschweig
 Tel.: 0531 / 48 00 0-0

Windpark Hiddels Repowering
 Baugrunderkundung

Projekt: 3456

Anlage: 2

WEA2 - BS2/2 Kran



Legende

| | | |
|---|---|--|
|  weich |  Ton (T) |  Mittelsand (mS) |
| |  Schluff (U) |  Torf (Tf) |
| |  Feinsand (fS) |  Mutterboden (Mu) |

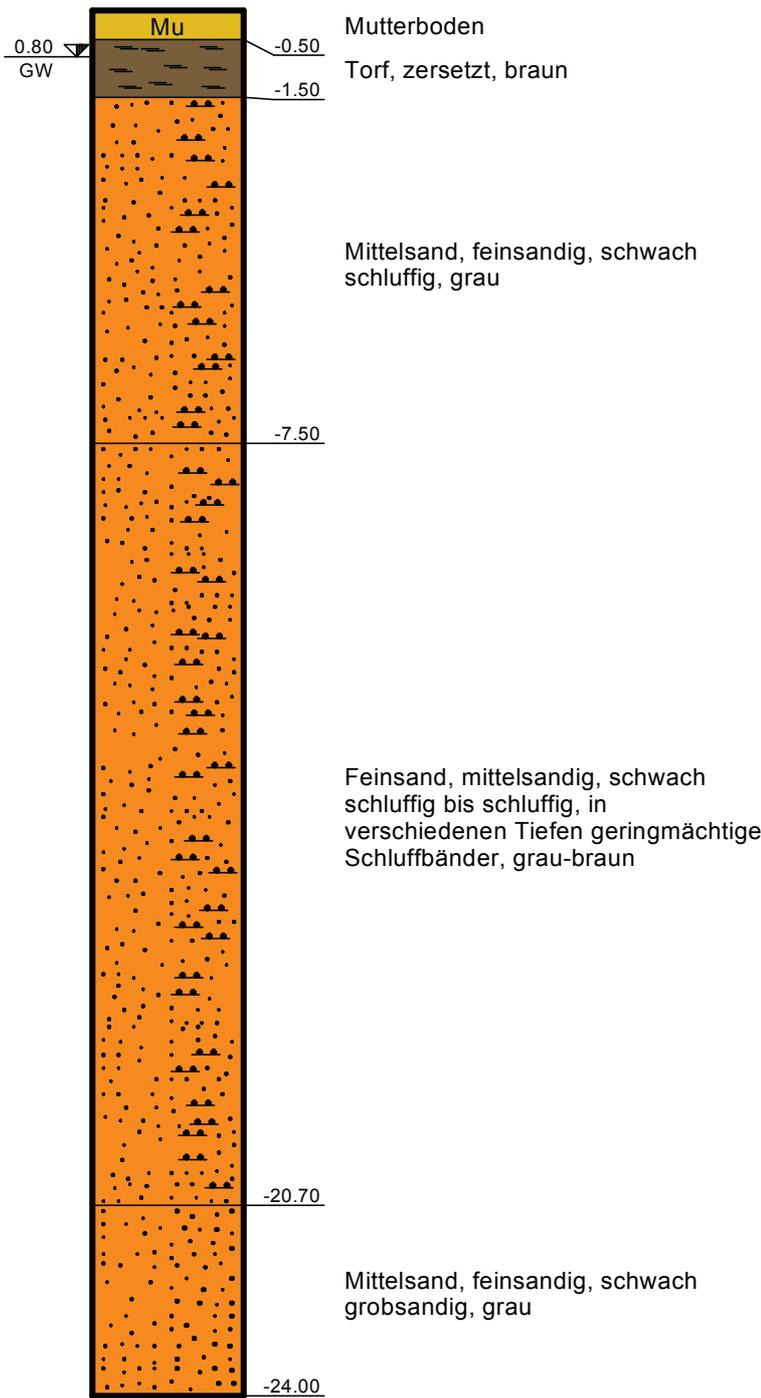
BRP Consult
Berliner Str. 52 J
38104 Braunschweig
Tel.: 0531 / 48 00 0-0

Windpark Hiddels Repowering
Baugrunderkundung

Projekt: 3456

Anlage: 2

WEA3neu - BS3/1

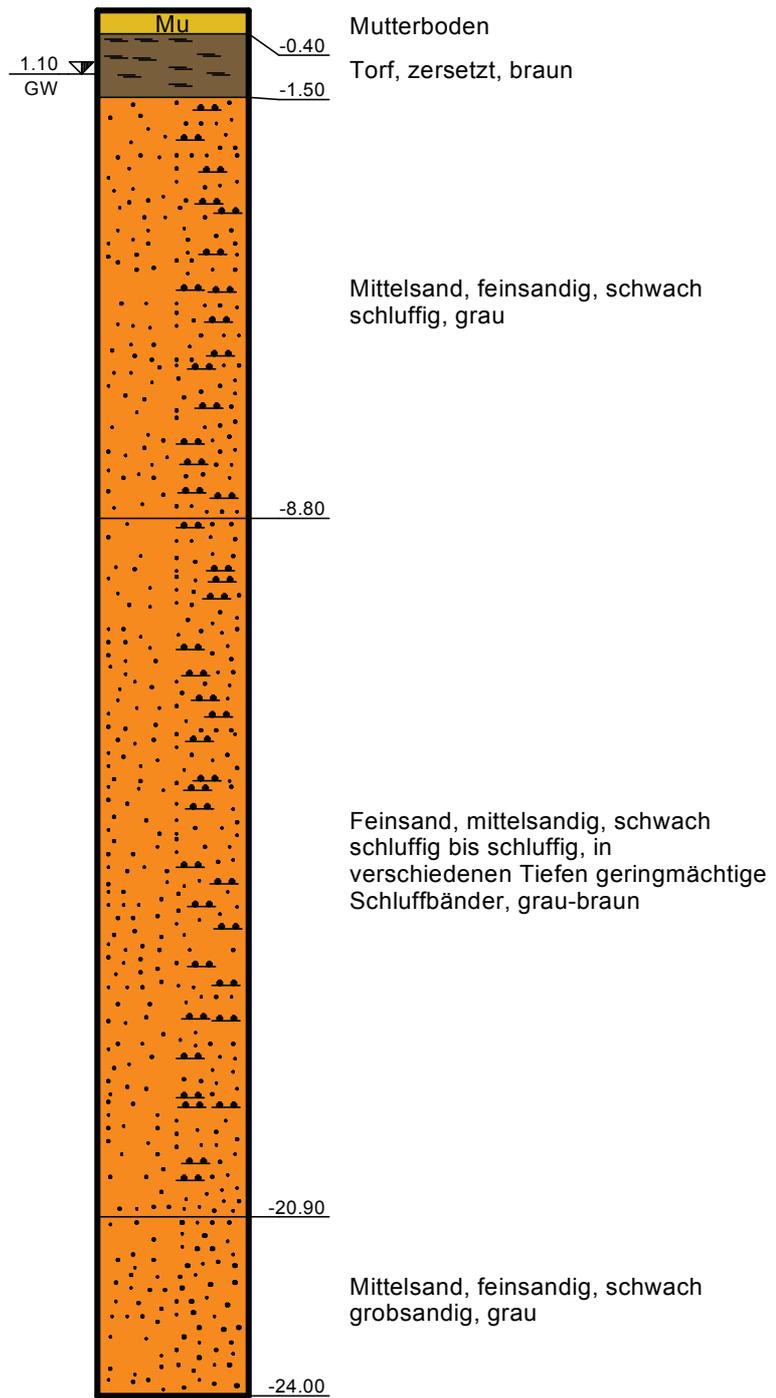


Legende

| | | | |
|---|-----------------|---|------------------|
|  | Feinsand (fS) |  | Torf (Tf) |
|  | Mittelsand (mS) |  | Mutterboden (Mu) |

| | | |
|---|--|---------------|
| BRP Consult Berliner Str. 52 J 38104 Braunschweig Tel.: 0531 / 48 00 0-0 | Windpark Hiddels Repowering Baugrunderkundung | Projekt: 3456 |
| | | Anlage: 2 |

WEA3neu - BS3/2 Kran



Legende

| | | | |
|--|-----------------|--|------------------|
| | Feinsand (fS) | | Torf (Tf) |
| | Mittelsand (mS) | | Mutterboden (Mu) |

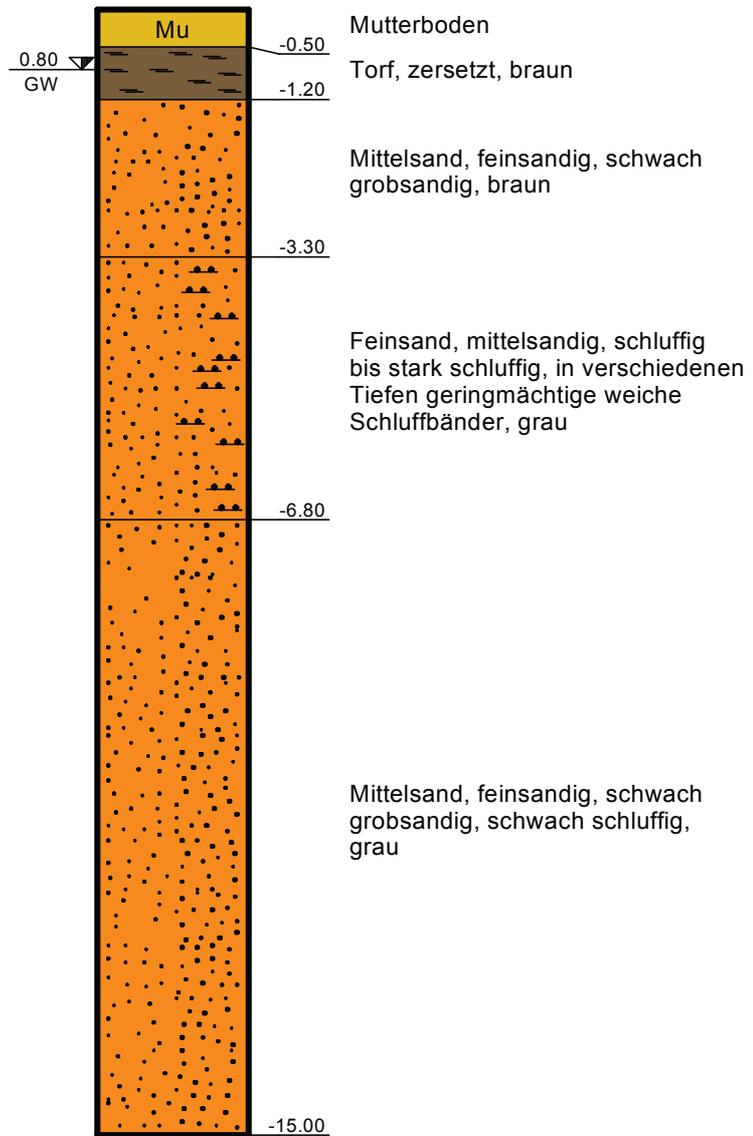
BRP Consult
 Berliner Str. 52 J
 38104 Braunschweig
 Tel.: 0531 / 48 00 0-0

Windpark Hiddels Repowering
 Baugrunderkundung

Projekt: 3456

Anlage: 2

WEA4 - BS4/1



Legende

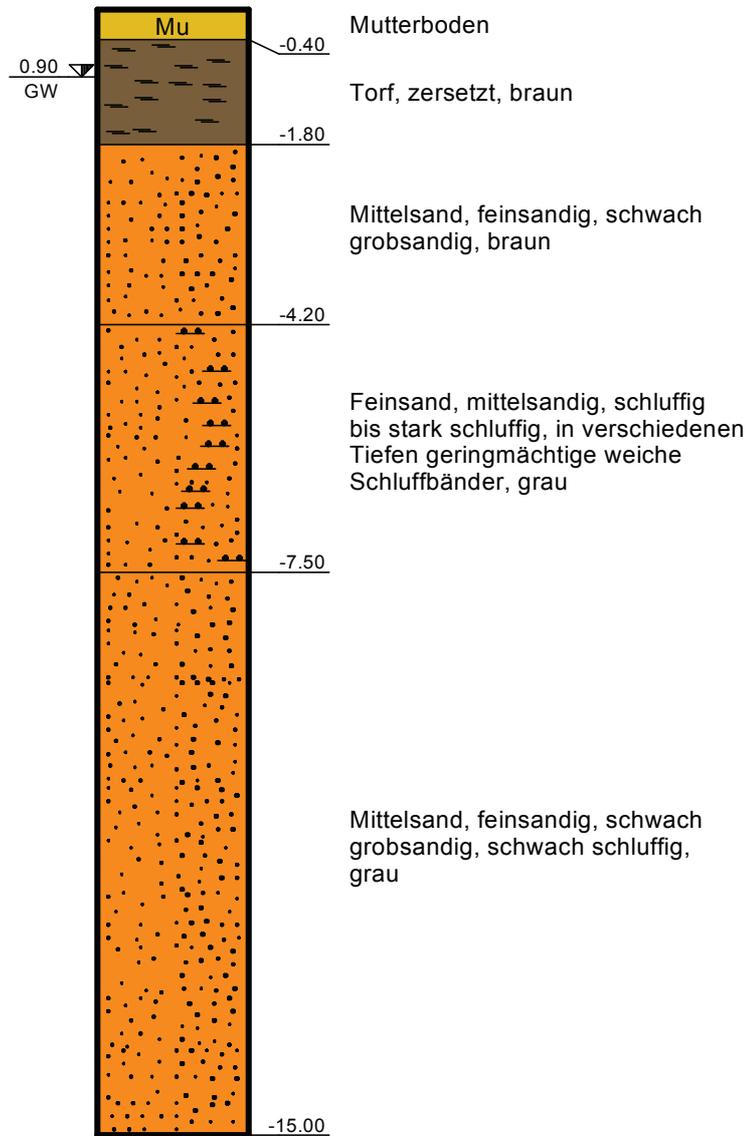
| | | | |
|--|-----------------|--|------------------|
| | Feinsand (fS) | | Mutterboden (Mu) |
| | Mittelsand (mS) | | |
| | Torf (Tf) | | |

BRP Consult
 Berliner Str. 52 J
 38104 Braunschweig
 Tel.: 0531 / 48 00 0-0

Windpark Hiddels Repowering
 Baugrunderkundung

| | |
|----------|------|
| Projekt: | 3456 |
| Anlage: | 2 |

WEA4 - BS4/2 Kran



Legende

| | | | |
|---|-----------------|---|------------------|
|  | Feinsand (fS) |  | Mutterboden (Mu) |
|  | Mittelsand (mS) | | |
|  | Torf (Tf) | | |

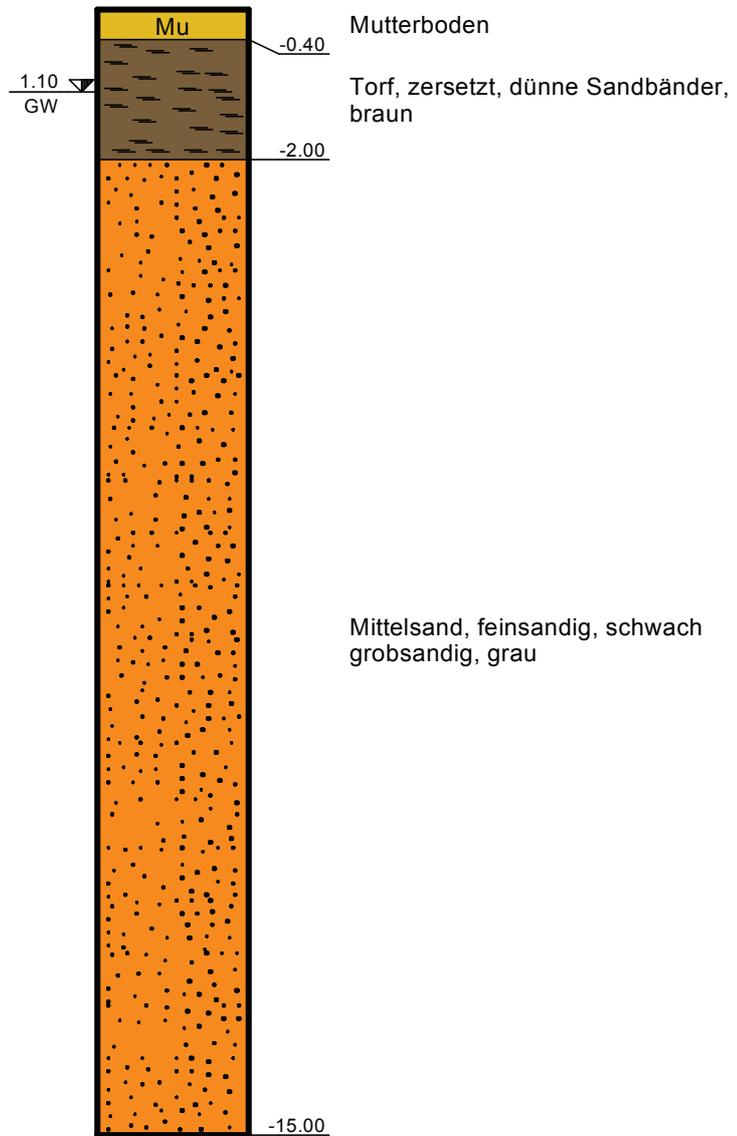
BRP Consult
Berliner Str. 52 J
38104 Braunschweig
Tel.: 0531 / 48 00 0-0

Windpark Hiddels Repowering
Baugrunderkundung

Projekt: 3456

Anlage: 2

WEA5neu - BS5/1



Legende

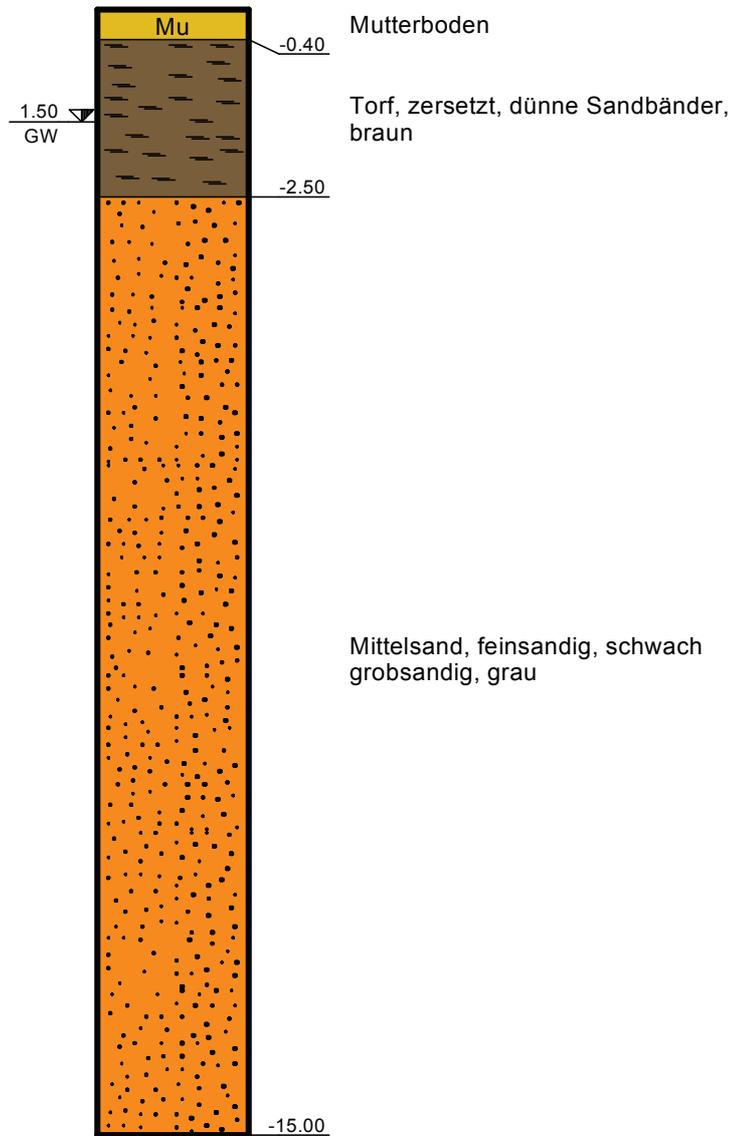
-  Feinsand (fS)
-  Mittelsand (mS)
-  Torf (Tf)
-  Mutterboden (Mu)

BRP Consult
 Berliner Str. 52 J
 38104 Braunschweig
 Tel.: 0531 / 48 00 0-0

Windpark Hiddels Repowering
 Baugrunderkundung

| | |
|----------|------|
| Projekt: | 3456 |
| Anlage: | 2 |

WEA5neu - BS5/2 Kran



Legende

- | | | | |
|---|-----------------|---|------------------|
|  | Feinsand (fS) |  | Mutterboden (Mu) |
|  | Mittelsand (mS) | | |
|  | Torf (Tf) | | |

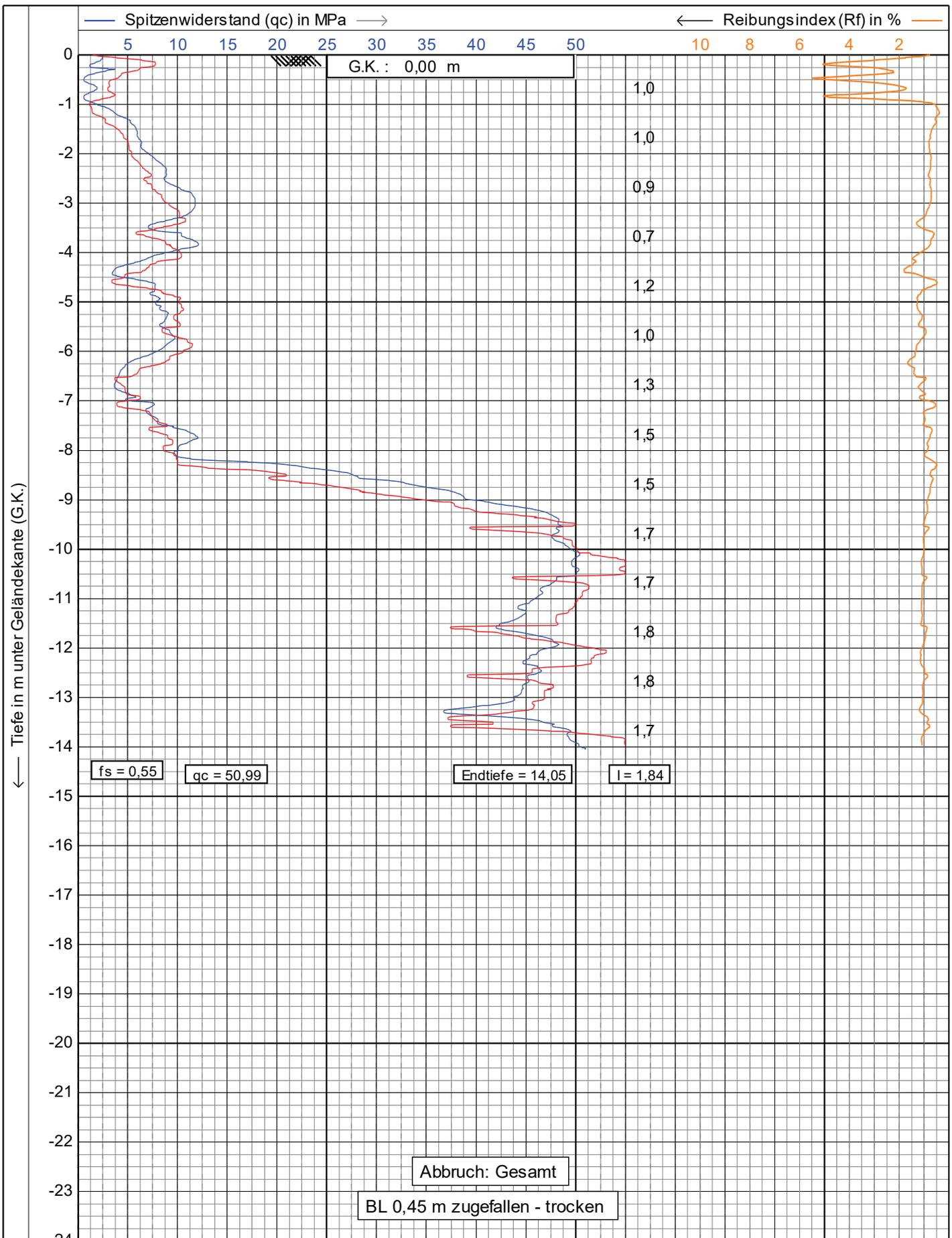
BRP Consult
Berliner Str. 52 J
38104 Braunschweig
Tel.: 0531 / 48 00 0-0

Windpark Hiddels Repowering
Baugrunderkundung

Projekt: 3456

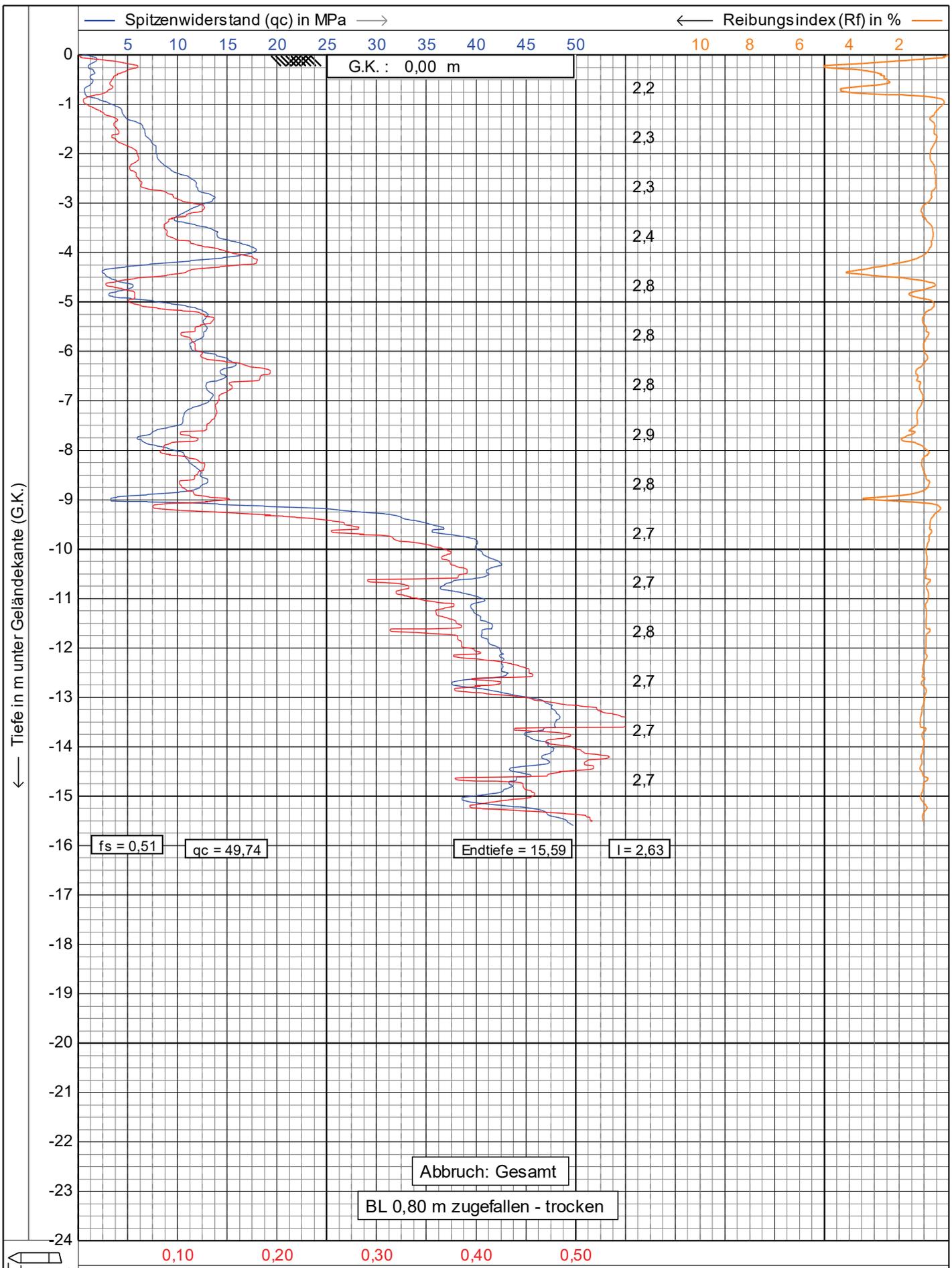
Anlage: 2

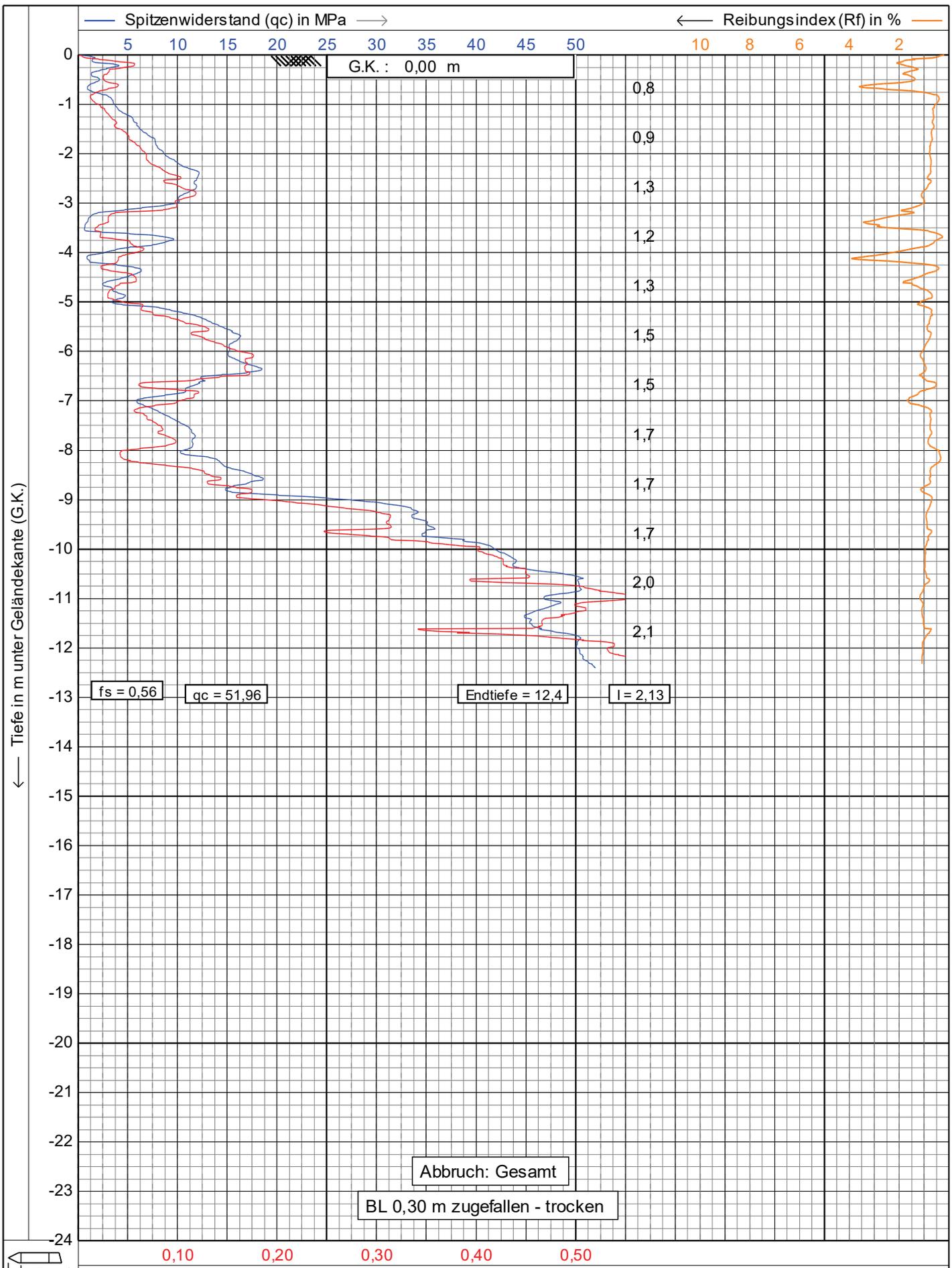
**ANLAGE 3 DIAGRAMME DER DRUCKSONDIERUNGEN
VON DEN ANLAGENSTANDORTEN UND
KRANSTELLFLÄCHEN**

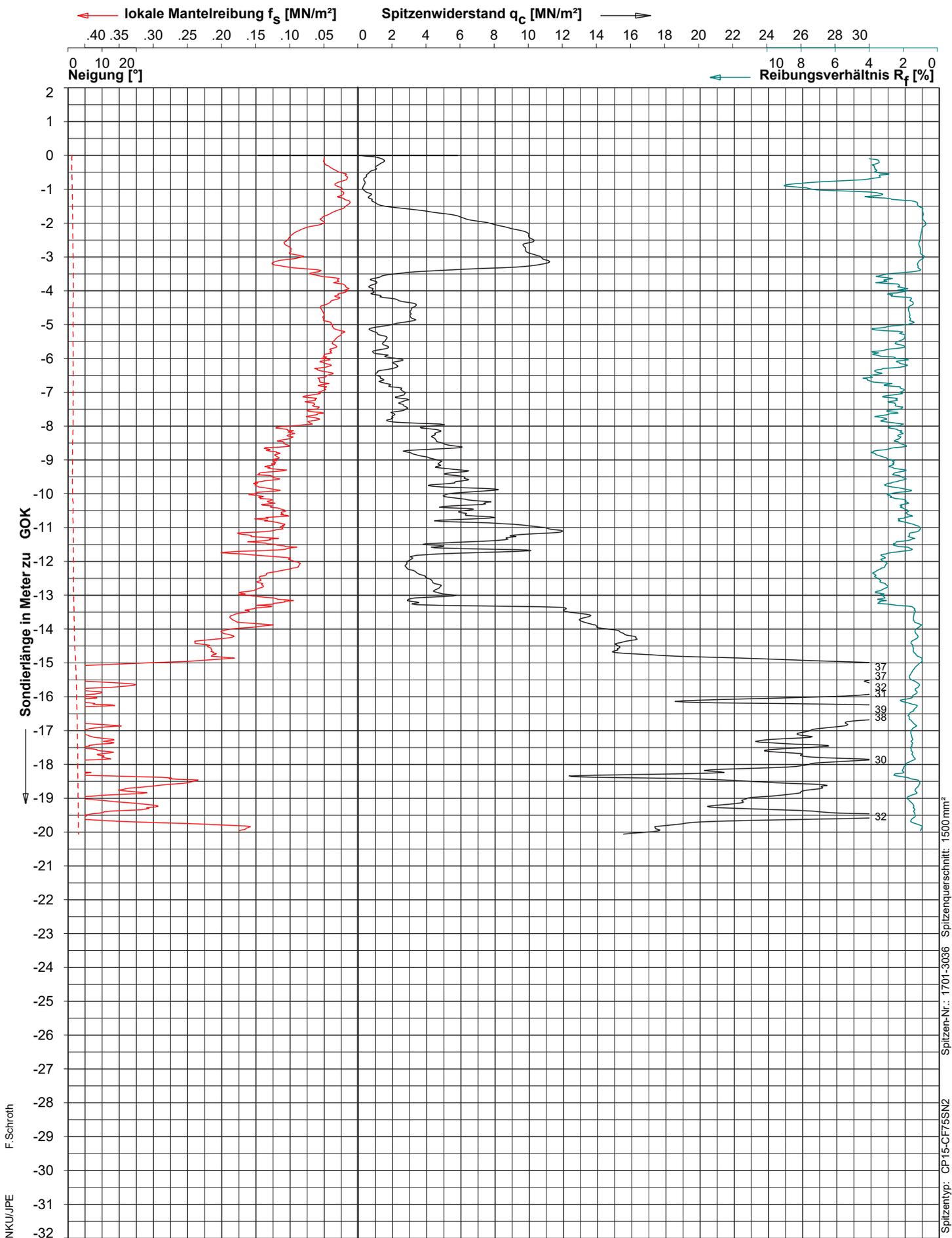


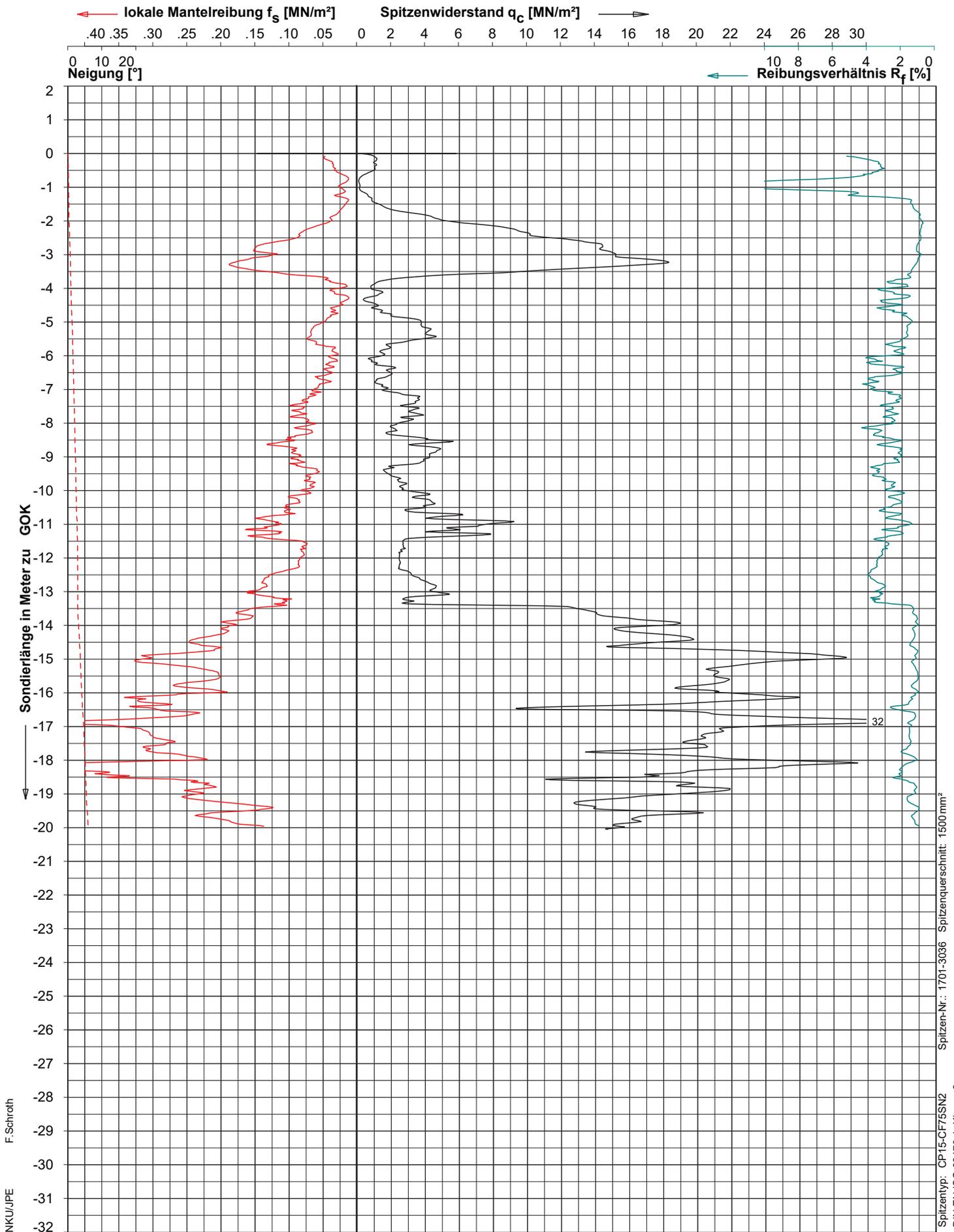
225 cm²
 15 cm²

— Lokale Reibung (fs) in MPa → Neigung (I) in Grad









ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

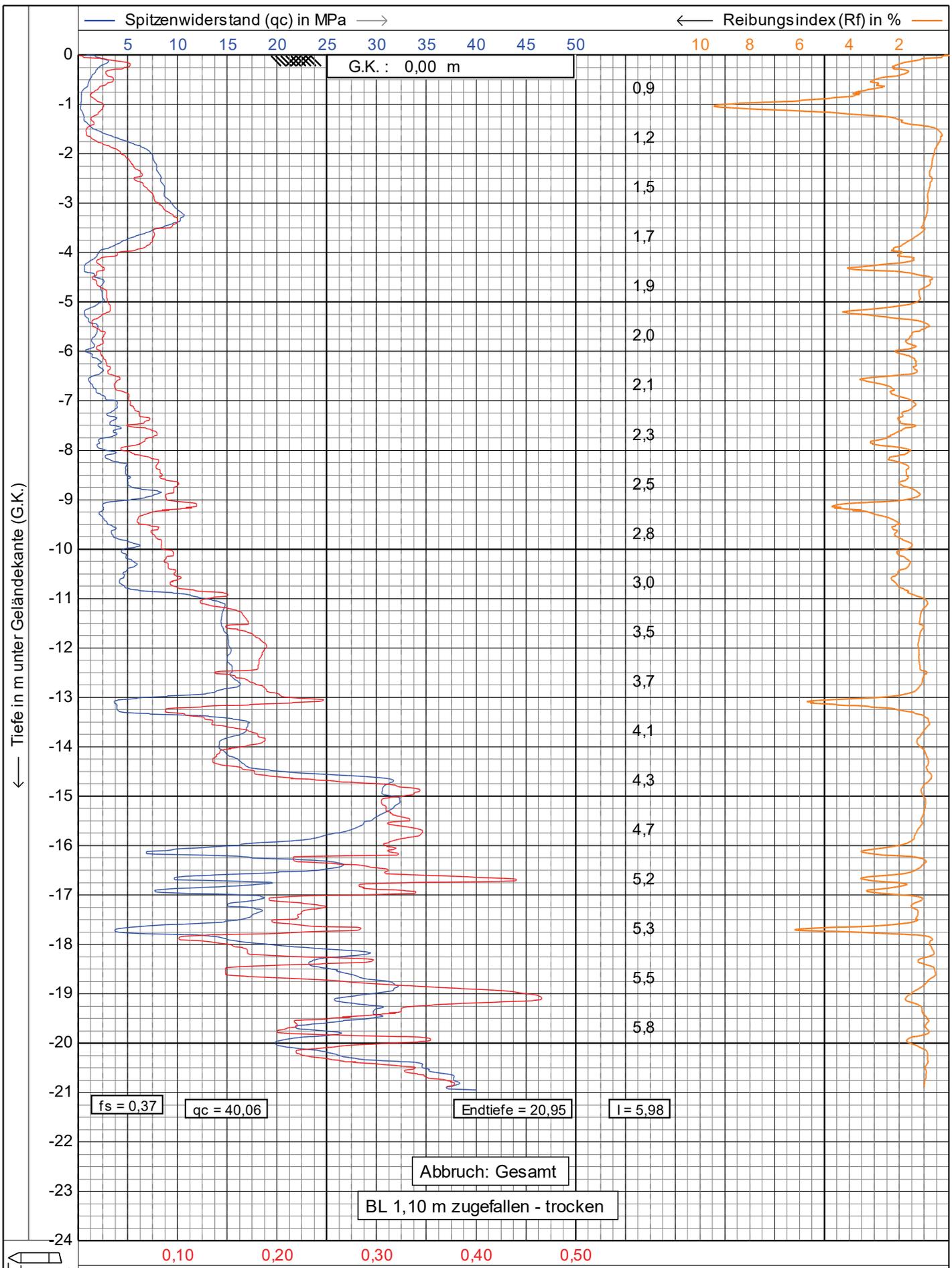
BRP Consult
WP Hiddels

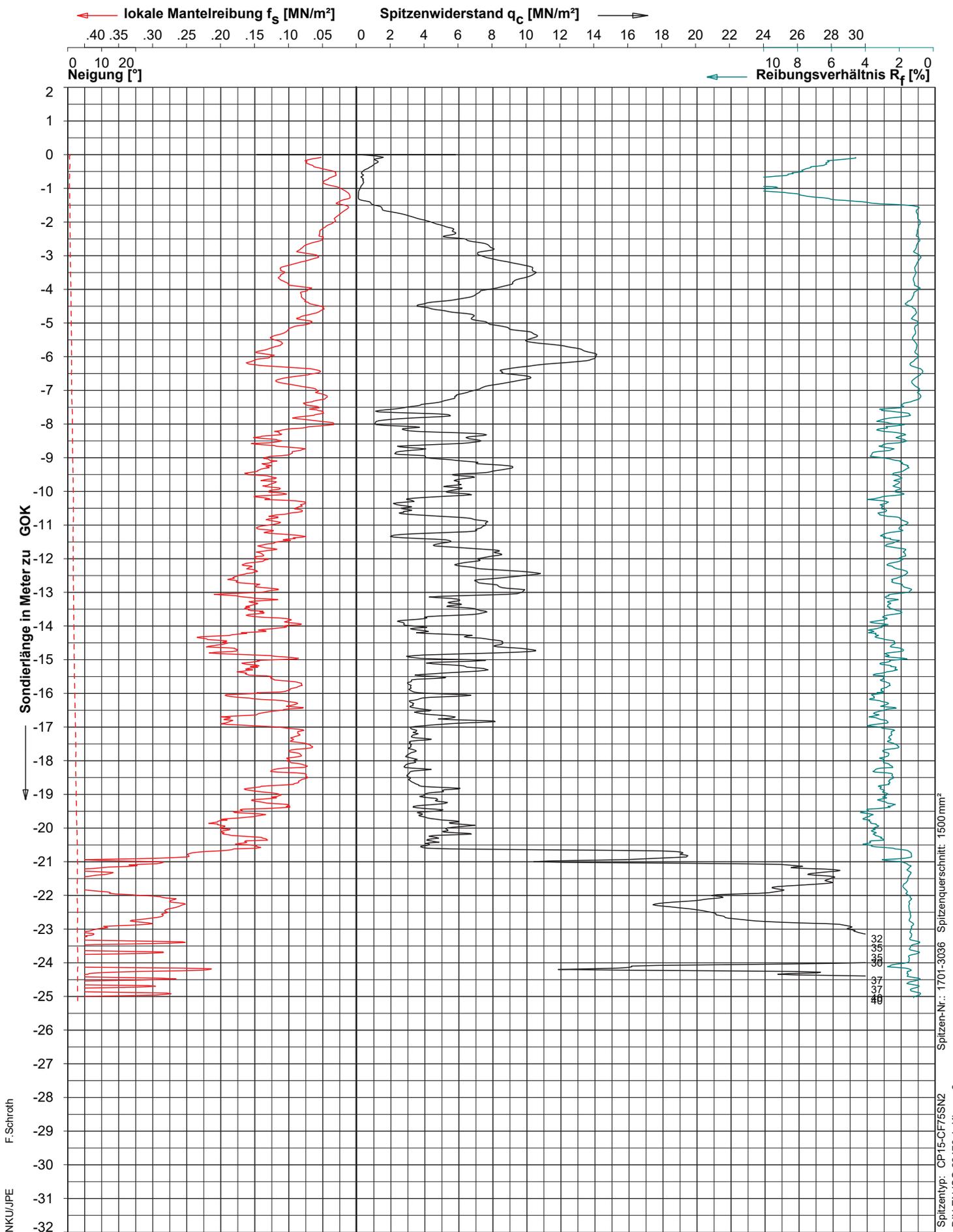
FUGRO Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 22-Dez-2020
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -20.05 m zu GOK

Projekt: 620-20-0961-L

Sondierung : WEA 2neu/2





ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

BRP Consult
WP Hiddels

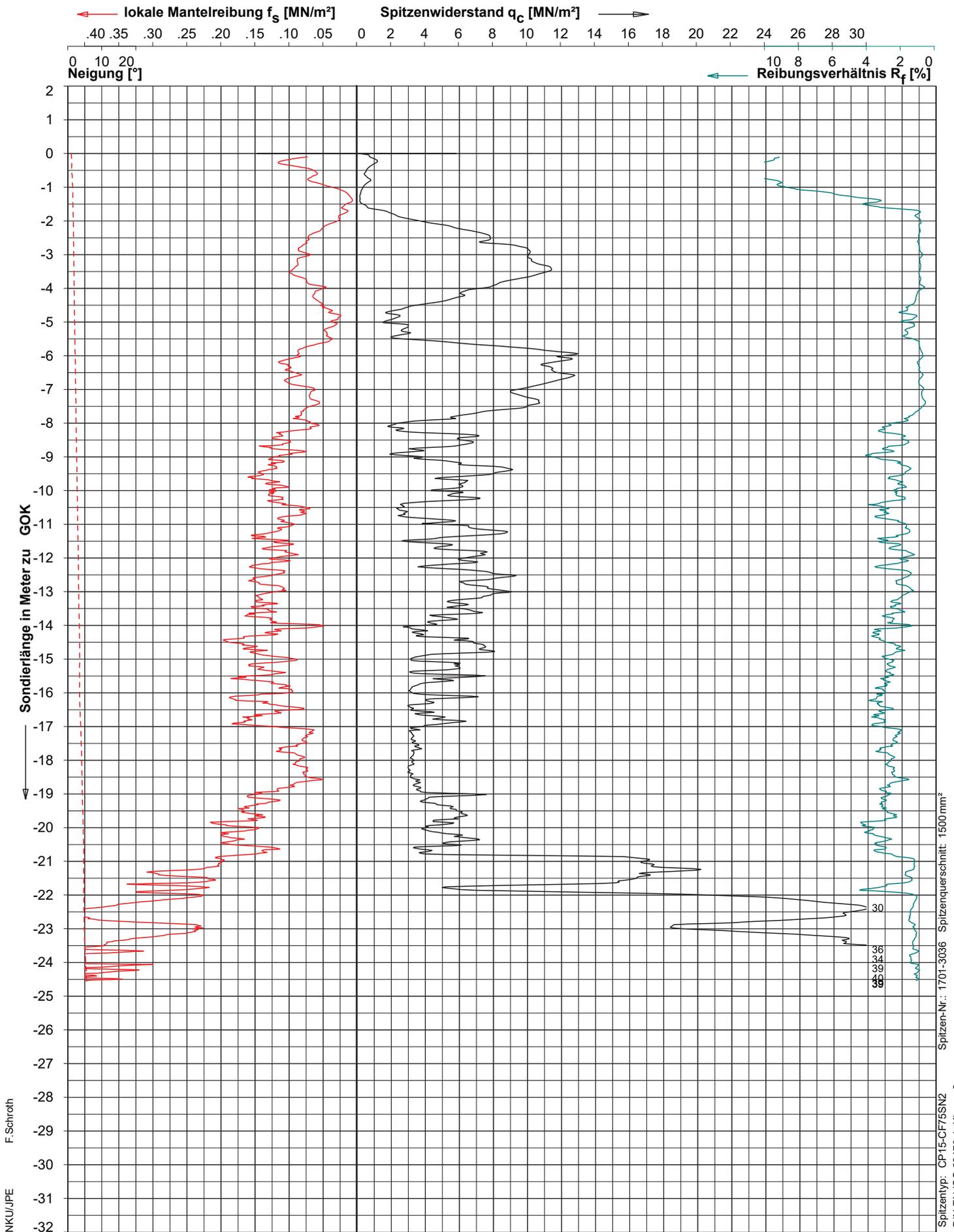


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 21-Dez-2020
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -25.13 m zu GOK

Projekt: 620-20-0961-L
 Sondierung : WEA3neu/1

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

BRP Consult
WP Hiddels

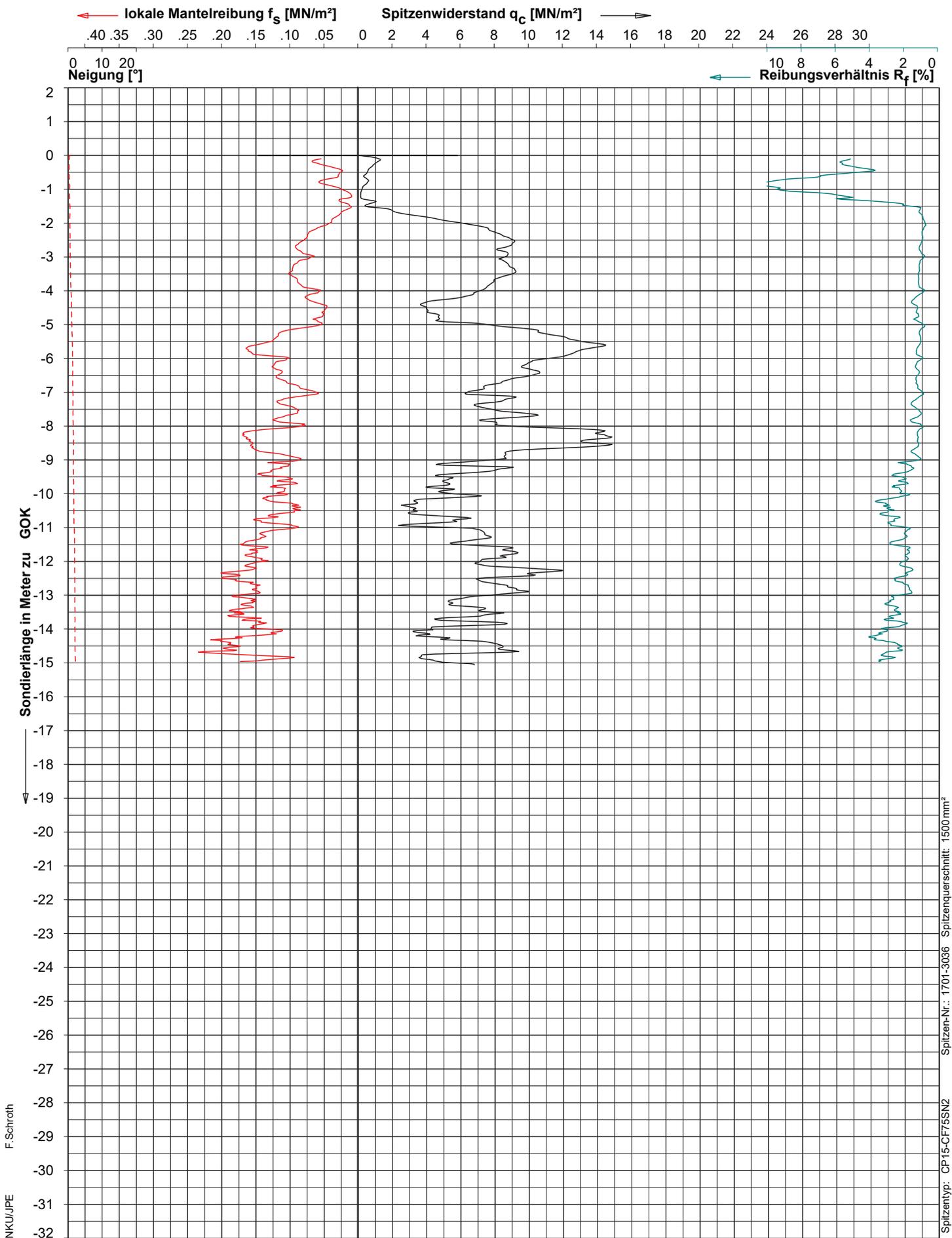


Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 21-Dez-2020
 Sondierende : Auslastung
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -24.64 m zu GOK

Projekt: 620-20-0961-L
 Sondierung : **WEA3neu/2**

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

BRP Consult
WP Hiddels



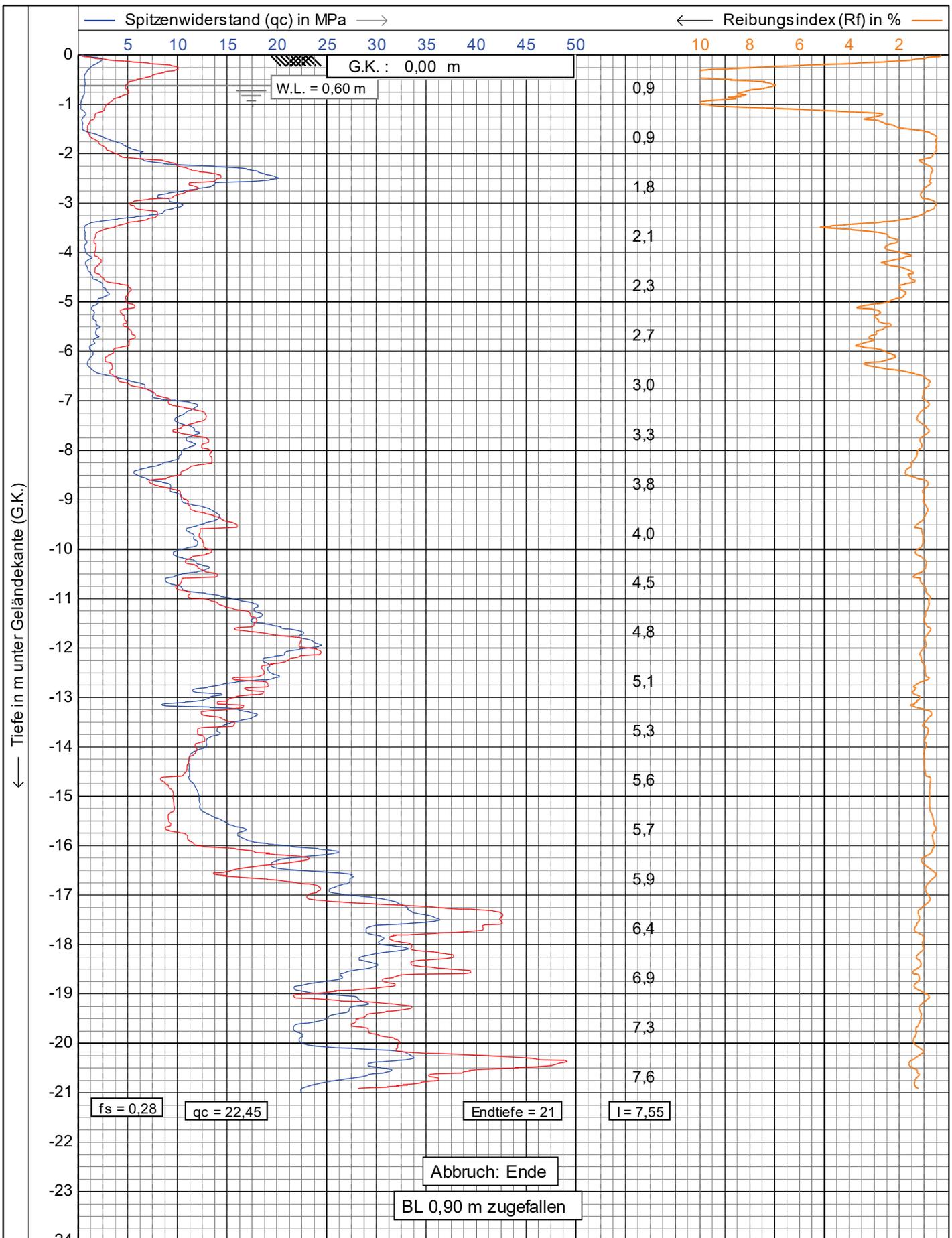
Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 21-Dez-2020
 Sondierende : Solltiefe
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -15.06 m zu GOK

Projekt: 620-20-0961-L

Sondierung : WEA3neu/3 Kran

DIN ISO 9001



— Lokale Reibung (fs) in MPa ☒ Neigung (I) in Grad

heiligenstadt gmbh

 Beratende Ingenieure VBI

Drucksondierung nach DIN EN ISO 22476-1 (10/2013)

 Projekt : **WP Hiddels**

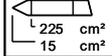
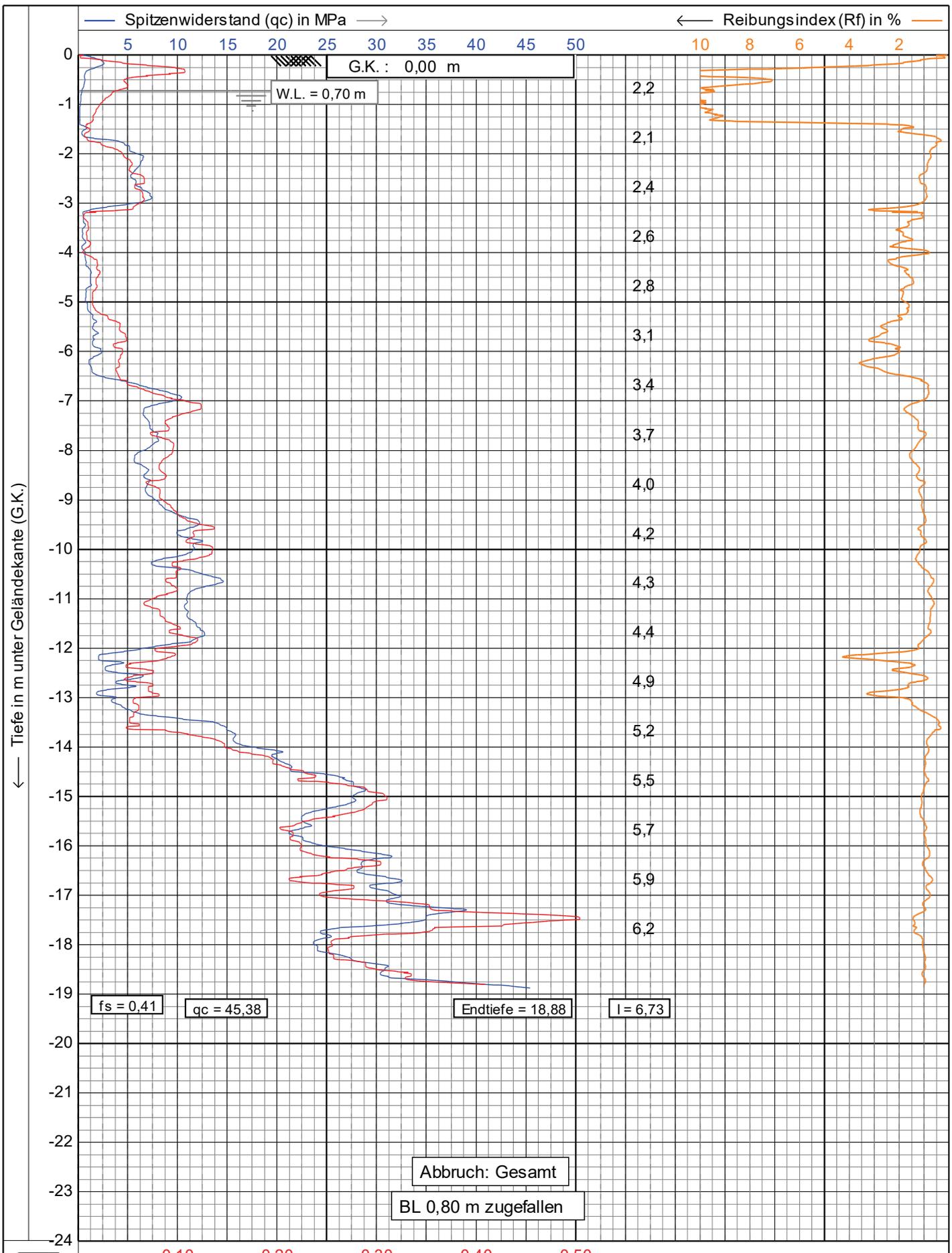
 Ort : **WP Hiddels**

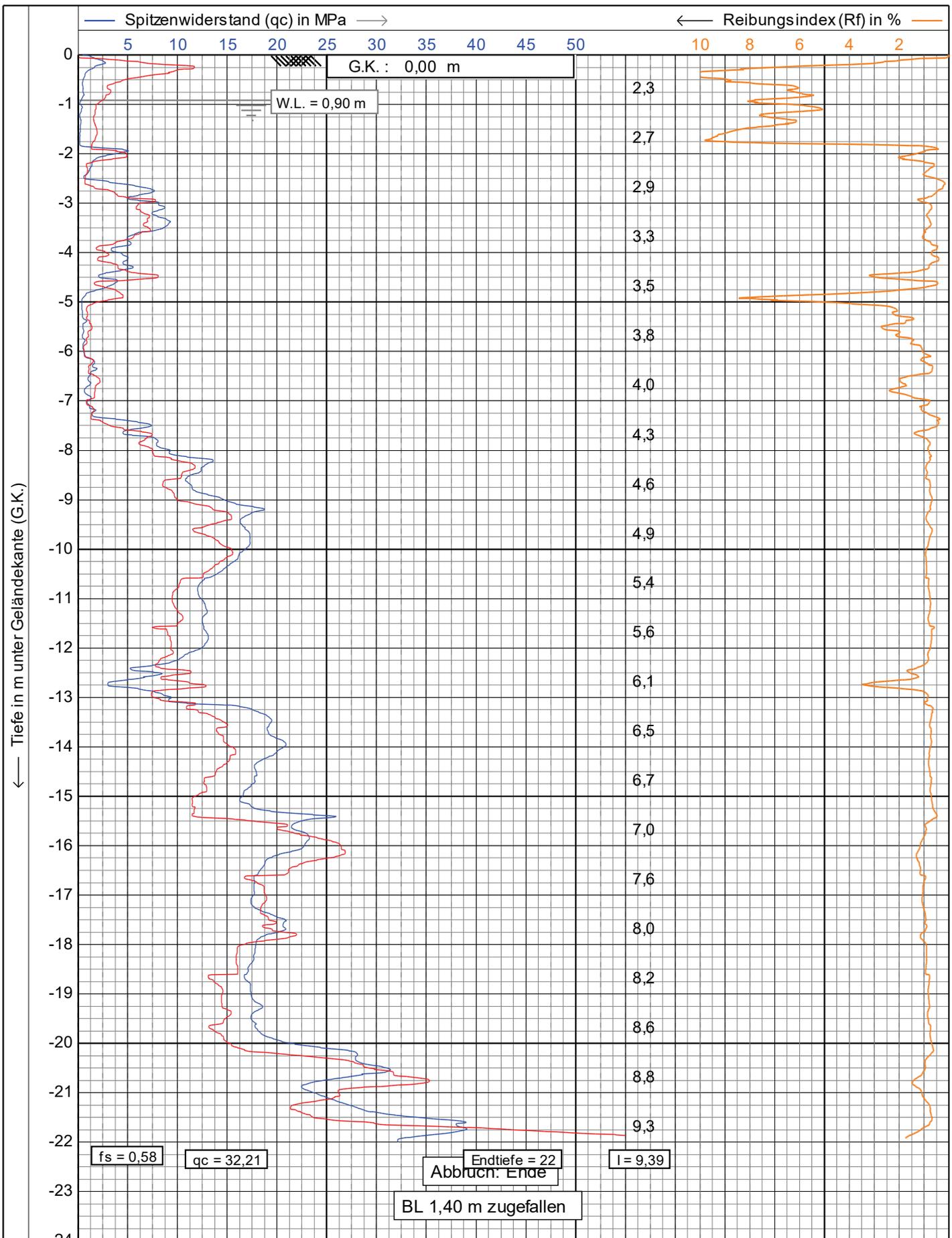
Datum : **07.05.2020**

 Konus Nr. : **S15CFILS181066**

 Projekt Nr. : **20200504-10002**

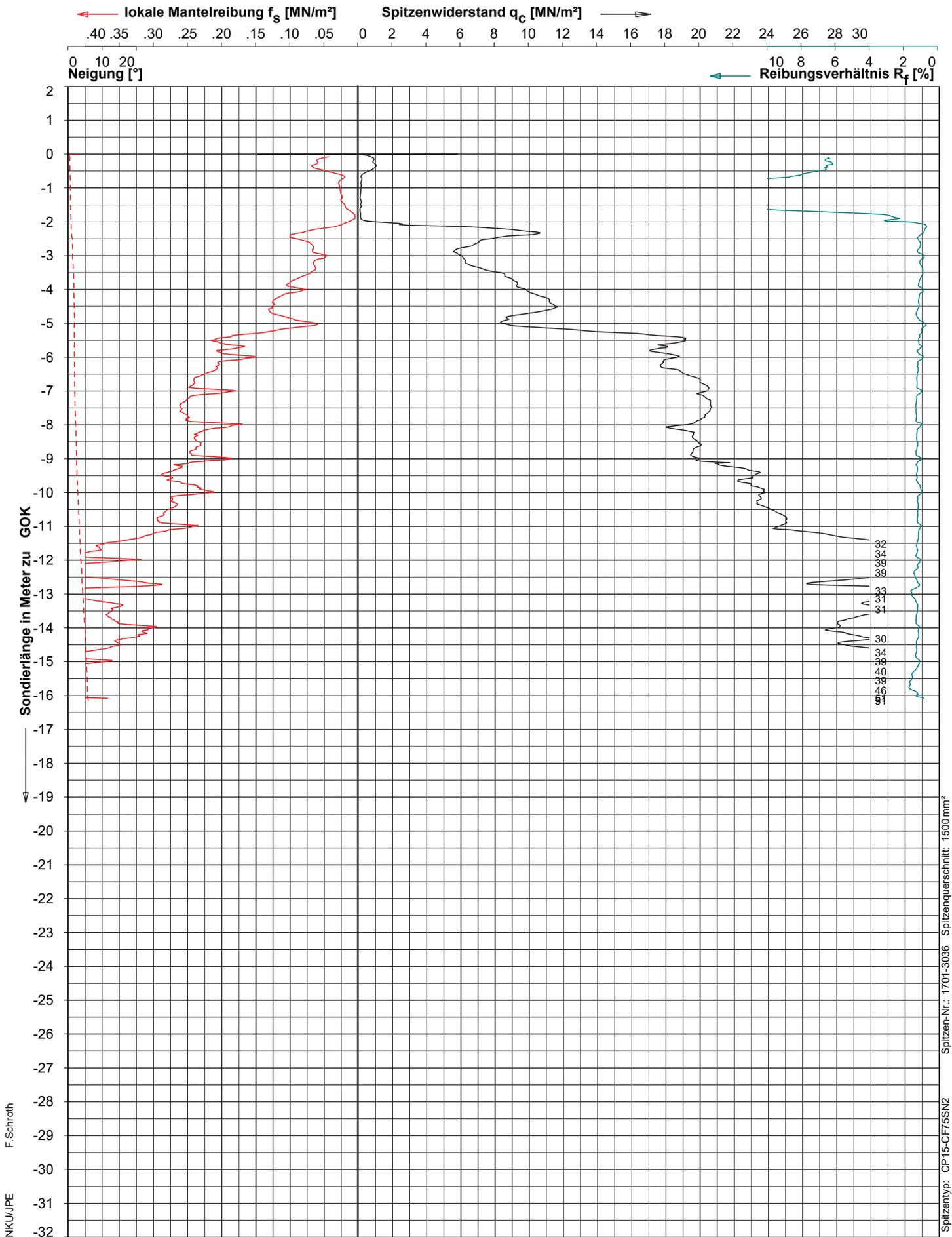
 CPT Nr. : **WEA 4/1**





$\frac{225}{15} \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}^2}$
— Lokale Reibung (fs) in MPa —>

 Neigung (I) in Grad



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

BRP Consult
WP Hiddels



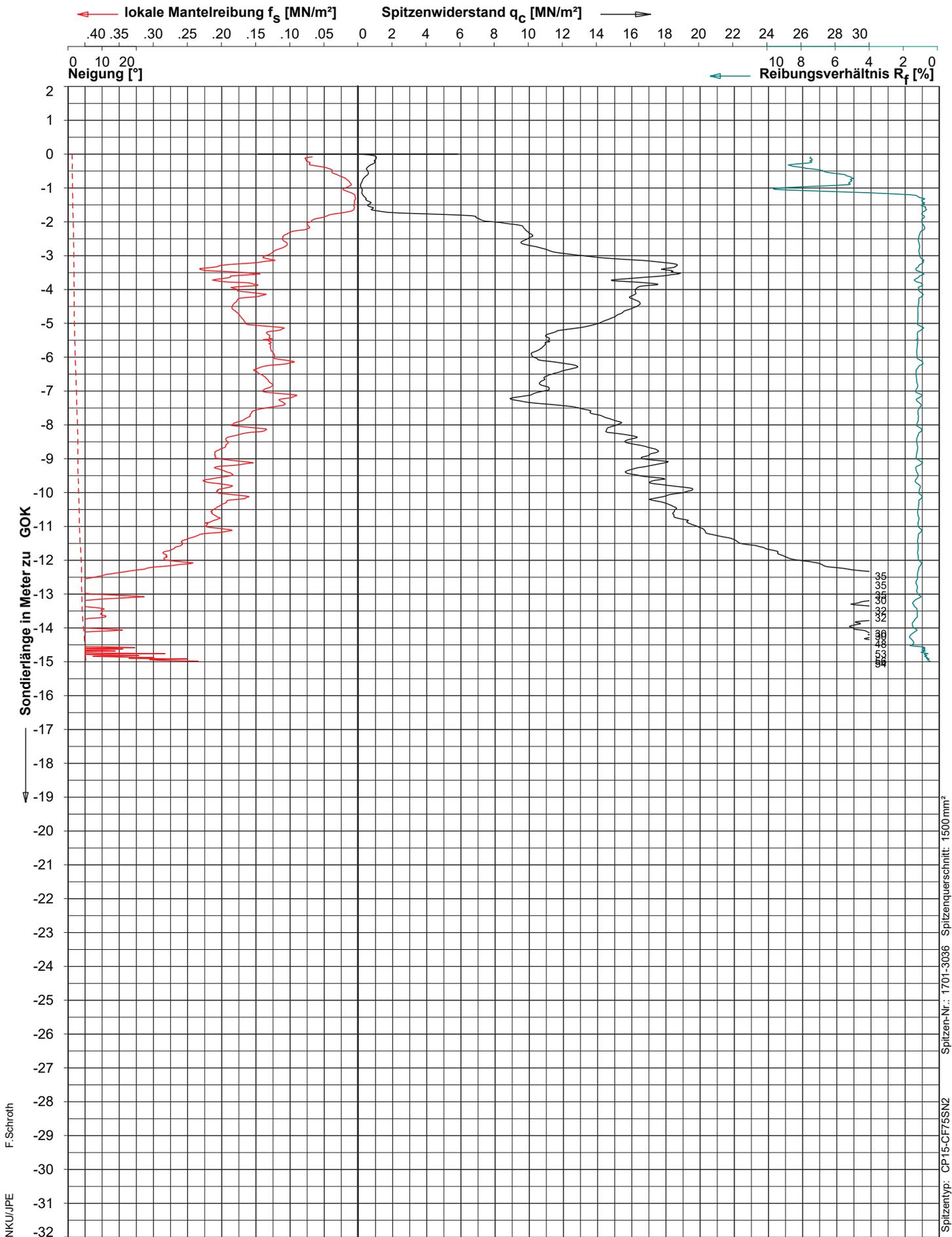
Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 21-Dez-2020
 Sondierende : Auslastung
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -16.17 m zu GOK

Projekt: 620-20-0961-L

Sondierung : **WEA 5neu/1**

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

BRP Consult
WP Hiddels



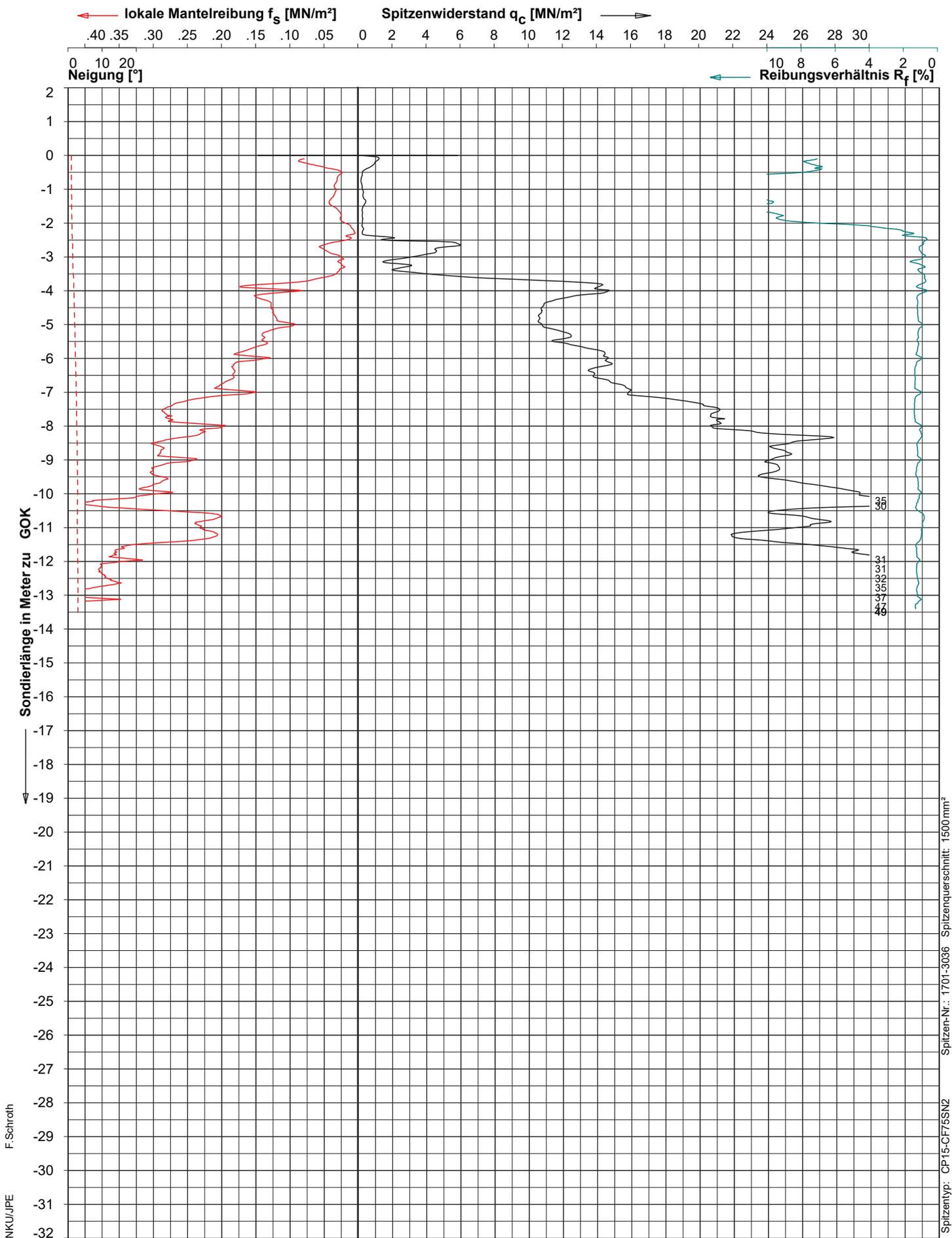
Fugro Germany Land GmbH
 Land Site Characterisation CPT
 Goebelstr. 25, 28865 Lilienthal
 Tel: (04298)93720 Fax: 937220

Datum : 21-Dez-2020
 Sondierende : Auslastung
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -15.07 m zu GOK

Projekt: 620-20-0961-L

Sondierung : **WEA 5neu/2**

DIN ISO 9001



ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG

BRP Consult
WP Hiddels



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

Datum : 21-Dez-2020
 Sondierende : Ausknickgefahr
 Gelände : 0.00 m zu GOK
 Endteufe : -13.50 m zu GOK

Projekt: 620-20-0961-L

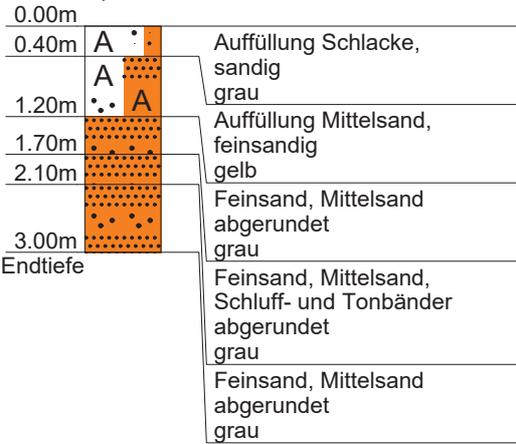
Sondierung : WEA5neu/3 Kran

DIN ISO 9001

**ANLAGE 4 PROFILE DER BOHRUNGEN
VON DEN GEPLANTEN WEGEN**

BS W1

Ansatzpunkt: GOK



▽ 0.00m

▽ -1.00 m

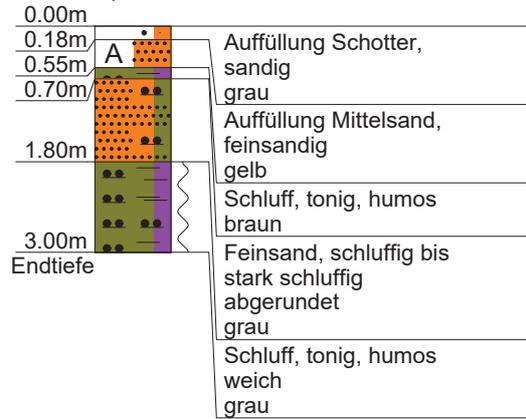
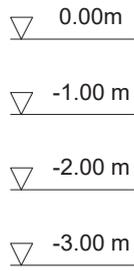
▽ -2.00 m

▽ -3.00 m

GW ▼ 1.25m
(13.05.2020)

BS W2

Ansatzpunkt: GOK



BS W3neu

Ansatzpunkt:GOK

▽ 0.00m

0.00m

▽ -1.00 m



Schluff, tonig, humos
 graubraun

▽ -2.00 m

1.50m



Torf, zersetzt
 gepreßt
 braun

▽ -3.00 m

3.00m

Endtiefe

BS W4

Ansatzpunkt:GOK

▽ 0.00m

0.00m

▽ -1.00 m

0.50m

Ton, Schluff, humos
braun

▽ -2.00 m

1.75m

Torf, zersetzt
gepreßt
braun

GW ▽ 1.30m
(15.05.2020)

1.90m

Feinsand, mittelsandig,
humos
abgerundet
braun

▽ -3.00 m

3.00m

Endtiefe

Feinsand, Mittelsand,
vereinz. schluffig,
vereinz. Pflanzenreste
abgerundet
grau

BS W5neu

Ansatzpunkt:GOK

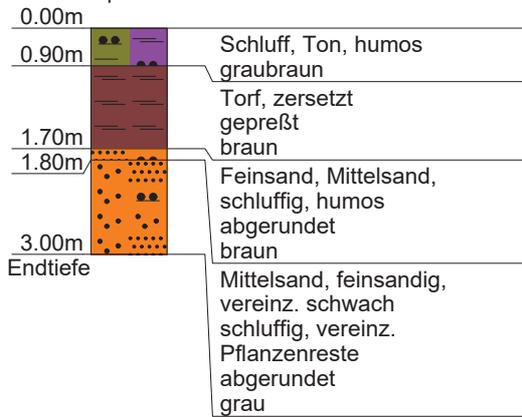
▽ 0.00m

▽ -1.00 m

▽ -2.00 m

▽ -3.00 m

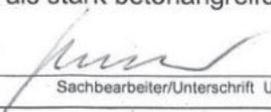
GW ▼ 1.20m
(22.12.2020)



**ANLAGE 5 ERGEBNISSE DER CHEMISCHEN
LABORVERSUCHE**

PRÜFBERICHT

über die Prüfung und Beurteilung von Wasser

| | | | | |
|---|---|---|------------------|-----------------------|
| 1. Allgemeine Angaben | | Probenahme und Analyse nach DIN 4030 Teil 2 | | |
| Auftraggeber: BRP Consult | | Auftrags-Nr.: A2004194 | | |
| Bauvorhaben: BV Windpark Hiddels | | Probe-Nr.: P2014956 | | |
| Art des Wassers: (z.B. Grund-, Oberflächen-, Sickerwasser) GW | | Bezeichnung des Wassers: BS 3 | | |
| Entnahmestelle: (z.B. Bohrloch, Schürfgrube, offenes Gewässer) | | Entnahmetiefe: 4,0 m | | |
| Temperatur des Wassers: 15 °C | Entnahmezeit: 10 Uhr | Entnahmedatum: 19.05.2020 | | |
| 2. Erweiterte Angaben | | | | |
| Fließrichtung: | | Fließgeschwindigkeit: | | |
| Höhe des Wasserspiegels: 0,9 m | | Hydrostatischer Druck: | | |
| Beschreibung der Geländeverhältnisse am Entnahmeort: (z.B. Wohnhaus, Industrie, Deponie, Ackerland, Wald) | | | | |
| WP Hiddels, 19.05.2020 <small>Ort, Datum</small> | | H. Löffler <small>Probenehmer</small> | | |
| 3. Wasseranalyse | | 4. Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030 Teil 1 | | |
| | Prüfergebnis | schwach angreifend | stark angreifend | sehr stark angreifend |
| Expositionsklassen | | XA1 | XA2 | XA3 |
| Aussehen | bräunlich, klar, ohne Bodensatz | - | - | - |
| Geruch (unveränderte Probe) | ohne | - | - | - |
| Geruch (angesäuerte Probe) | ohne | - | - | - |
| pH-Wert | 6,7 | 6,5 - 5,5 | < 5,5 - 4,5 | < 4,5 |
| KMnO ₄ -Verbrauch | 41 mg/l | - | - | - |
| Härte | 2,8 mmol/l | - | - | - |
| Härtehydrogencarbonat | 2,8 mmol/l | - | - | - |
| Nichtcarbonathärte | 0,0 mmol/l | - | - | - |
| Magnesium | 30 mg/l | 300 - 1000 | > 1000 - 3000 | > 3000 |
| Ammonium | 0,94 mg/l | 15-30 | > 30-60 | > 60 |
| Sulfat | < 5,0 mg/l | 200 - 600 | > 600 - 3000 | > 3000 |
| Chlorid | 20 mg/l | - | - | - |
| CO ₂ (kalklösend) | 64 mg/l | 15 - 40 | > 40 - 100 | > 100 |
| Sulfid | < 0,1 mg/l | - | - | - |
| Für die Beurteilung ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem Wert erreicht wird. Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel eines Bereiches (bei pH im unteren Viertel), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe (ausgenommen Meerwasser und Niederschlagswasser). | | | | |
| 5. Beurteilung: Das Wasser gilt als stark betonangreifend. | | | | |
| Braunschweig, 30.05.2020 | | BIOLAB Umweltanalysen GmbH | | |
| Ort, Datum |  | Sachbearbeiter/Unterschrift Untersuchungsstelle/Stern | | |

Biolab Umweltanalysen GmbH Bienroder Weg 53 38108 Braunschweig

BRP Consult
Herr Sirko Dahlmann
Berliner Straße 52j
38104 Braunschweig

Bienroder Weg 53
D-38108 Braunschweig
Telefon 05 31-31 30 00
Telefax 05 31-31 30 40
E-Mail info@biolab.de

Braunschweigische Landessparkasse
IBAN: DE75 2505 0000 0001 7430 95
BIC: NOLADE2HXXX

Deutsche Bank Braunschweig
IBAN: DE85 2707 0030 0100 0900 00
BIC: DEUTDE2H270

Geschäftsführer:
Dipl.- Chemiker
Martin Mueller von der Haegen
Dr. André Nientiedt

Amtsgericht Braunschweig
HRB 3263

Braunschweig, 30.05.2020

Analysenbericht B2004649

Auftrag : A2004194
Ihr Projekt : BV Windpark Hiddels Repowering
Probenahme : Auftraggeber
Probeneingang : 20.05.2020
Analysenabschluss : 30.05.2020
Verwerfdatum : 13.06.2020

Sehr geehrte Damen und Herren,

beiliegend übersenden wir Ihnen die Analyseergebnisse der Laboruntersuchungen an Ihren Proben. Das o.g. Projekt wurde am 20.05.2020 durch unser Labor in Bearbeitung genommen.

Die Analysen wurden gemäß dem "Qualitätssicherungshandbuch der BIOLAB Umweltanalysen GmbH" ausgeführt. Die mit "Q" gekennzeichneten Analysen sind nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert. Mit "E" gekennzeichnete Analysen wurden durch ein externes Partnerlabor ausgeführt. Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Dieser Prüfbericht darf nur nach Absprache mit dem Prüflabor auszugsweise wiedergegeben werden. Eine vollständige Wiedergabe bedarf keiner Genehmigung.

Sollten Sie weitere Fragen an uns haben, stehen wir Ihnen gern zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Andrea Gruner
(Auftragsmanagerin)

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.

Seite 1 von 3

Untersuchte Proben

| Labornummer | Matrix | Probenbezeichnung | |
|-------------|--------|-------------------|--------------|
| P2014956 | Wasser | BS3/1 - WEA3 | 4,00 m Tiefe |

Untersuchungsergebnisse

| | | P2014956 | |
|-------------------------------------|--------|----------|-----------|
| | | BS 3 | |
| pH-Wert | | | 6,7 |
| Messtemperatur | °C | | 18,6 |
| Organoleptik | | | |
| Farbe | | | bräunlich |
| Trübung | | | klar |
| Bodensatz | | | ohne |
| Geruchsintensität (unveränd.Pr.) | | | ohne |
| Geruch (unveränd. Pr) | | | ohne |
| Geruchsintensität (angesäuerte.Pr.) | | | ohne |
| Geruch (angesäuerte Pr.) | | | ohne |
| Gesamthärte (berechnet) | mmol/l | | 2,8 |
| Carbonathärte | mmol/l | | 2,8 |
| Nichtcarbonathärte | mmol/l | | 0,0 |
| Säurekapazität | | | |
| KS 8,2 | mmol/l | | < 0,10 |
| KS 4,3 | mmol/l | | 5,7 |
| Kalklösende Kohlensäure (CO2) | mg/l | | 64 |
| Calcium | mg/l | | 63 |
| Magnesium | mg/l | | 30 |
| Ammonium (NH4) | mg/l | | 0,94 |
| Ammonium-N | mg/l | | 0,73 |
| Anionen | | | |
| Chlorid | mg/l | | 20 |
| Sulfat | mg/l | | < 5,0 |
| Sulfid | mg/l | | < 0,10 |
| Kaliumpermanganat-Verbrauch | mg/l | | 41 |
| Oxidierbarkeit | mg/l | | 10 |

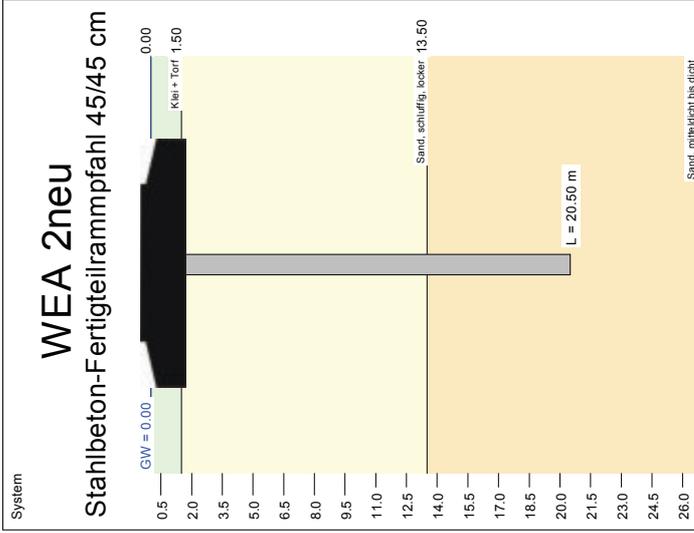
Untersuchungsmethoden

Laboranalysen

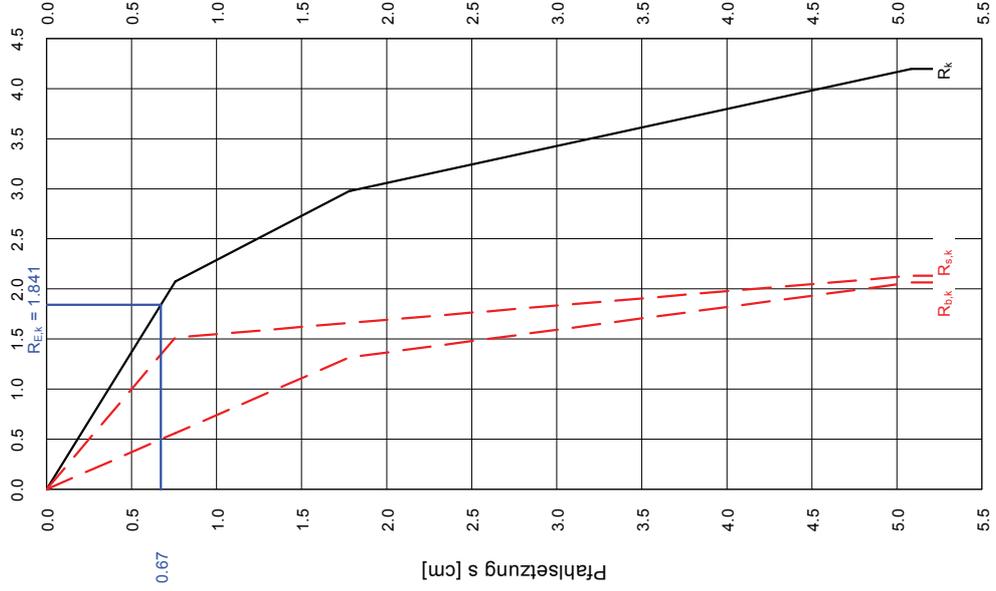
| Parameter | Methodennorm | |
|--|----------------------------|---|
| pH-Wert | DIN EN ISO 10523 2012-04 | Q |
| Elektr. Leitfähigkeit | DIN EN 27888 1993-11 | Q |
| Organoleptik | DEV B1/2 71 | Q |
| Gesamthärte (berechnet) | DIN EN ISO 11885 2009-09 | Q |
| Carbonathärte | DIN 38409 H7 2005-12 | Q |
| Kalklösende Kohlensäure (CO ₂) | DIN EN 13577 2007-07 | Q |
| Calcium | DIN EN ISO 11885 2009-09 | Q |
| Magnesium | DIN EN ISO 11885 2009-09 | Q |
| Ammonium-N | DIN 38406 E5-1 1983-10 | Q |
| Chlorid | DIN EN ISO 10304-1 2009-07 | Q |
| Sulfat | DIN EN ISO 10304-1 2009-07 | Q |
| Sulfid | an. DIN 38405 D26 1989-04 | |
| Kaliumpermanganat-Verbrauch | DIN EN ISO 8467 1995-05 | Q |

**ANLAGE 6 VORDIMENSIONIERUNG DER PFAHLGRÜNDUNG
BEISPIELHAFT FÜR DEN STANDORT WEA 2neu**

WP Hiddels Repowering - Neubau von 5 WEAs ... Vordimensionierung der Pfahlgründung

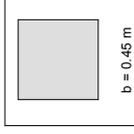


| Boden | q_c [MN/m ²] | $c_{u,k}$ [kN/m ²] | $q_{c,0.95}$ [MN/m ²] | $q_{c,0.10}$ [MN/m ²] | $q_{c,0.01}$ [MN/m ²] | $q_{c,0.001}$ [MN/m ²] | Bezeichnung |
|-------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| | 0.0 | 25.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0125 | 0.0146 | Klei + Torf |
| | 3.0 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0160 | 0.0240 | Sand, schluffig, locker |
| | 15.0 | 0.0 | 6.500 | 10.200 | 0.0900 | 0.1250 | Sand, mitteldicht bis dicht |



Widerstandslinie für Pfahlänge = 20.50 m

Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 Fertigrampfpfahl
 Stahlbeton und Spannbeton
 Verhältniswert (min, max) = 1.00
 Interpolation Mantelreibung:
 bei $q_{c,k} < 7.5 \text{ MN/m}^2$ aktiviert
 bei $c_{u,k} < 60 \text{ kN/m}^2$ aktiviert
 Pfahlänge = 20.50 m
 Grundwasser = 0.00 m
 $\gamma_P = 1.60$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_G + (1 - 0.500) \cdot \gamma_Q$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$



| s/D _p | Erfahrungswerte für Fertigrampfpfahl | |
|-----------------------------------|---|--|
| | Pfahlspitzenwiderstand $q_{c,k}$ [MN/m ²] | $q_{c,k}$ [MN/m ²] |
| 0.035 | $q_{c,k} = 7.5 \text{ MN/m}^2$ 2.200 - 5.000 | $q_{c,k} = 15 \text{ MN/m}^2$ 4.500 - 6.500 |
| 0.10 | 4.200 - 6.000 $c_{u,k} = 100 \text{ kN/m}^2$ | 7.600 - 10.200 $c_{u,k} = 150 \text{ kN/m}^2$ |
| 0.035 | 0.350 - 0.450 | 0.550 - 0.700 |
| 0.10 | 0.600 - 0.750 | 0.850 - 1.100 |
| | Pfahlmantelreibung $q_{t,k}$ [MN/m ²] | |
| | $q_{t,k} = 7.5 \text{ MN/m}^2$ | $q_{t,k} = 15 \text{ MN/m}^2$ |
| $s_{0.95}$ | 0.030 - 0.040 | 0.065 - 0.090 |
| $s_{0.95} = s_{0.1} \cdot D_{eq}$ | 0.040 - 0.060 | 0.095 - 0.125 |
| | $c_{u,k} = 60 \text{ kN/m}^2$ | $c_{u,k} = 150 \text{ kN/m}^2$ |
| $s_{0.95}$ | 0.020 - 0.030 | 0.035 - 0.050 |
| | 0.020 - 0.035 | 0.040 - 0.060 |
| $s_{0.95} = s_{0.1} \cdot D_{eq}$ | | 0.055 - 0.080 |

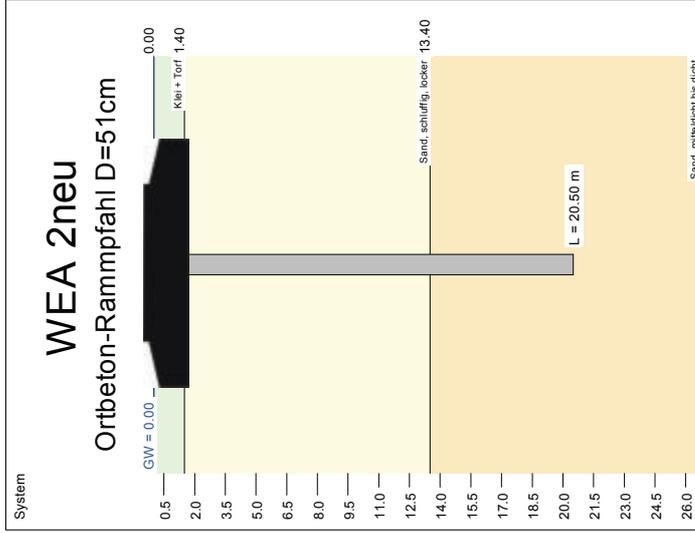
Seizung s = 0.67 cm

Ergebnisse
 Pfahlbreite = 0.450 m
 Pfahlänge = 20.50 m
 Pfahlspitzenwiderstand:
 $q_{c,0.01} = 15.000 \text{ MN/m}^2$
 gemittelt von 19.99 bis 22.53 m
 $\sigma_{0.95} = 6.500 \text{ MN/m}^2$
 $\sigma_{10} = 10.200 \text{ MN/m}^2$
 $D_{0.95} = 0.508 \text{ m}$
 Fläche $A_{0.95} = 0.203 \text{ m}^2$
 Umfang $U_{0.95} = 1.800 \text{ m}$

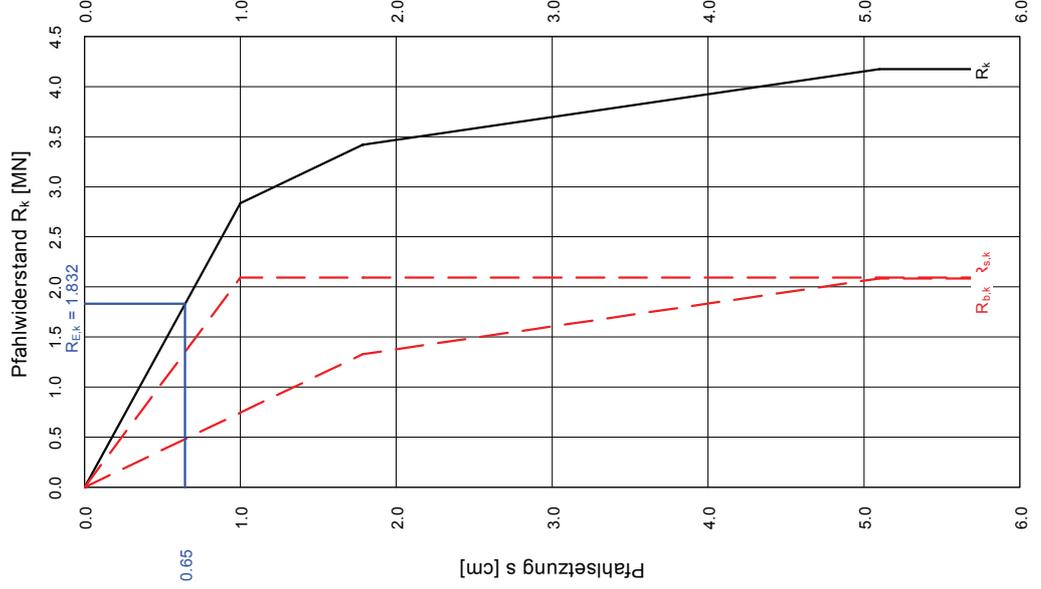
 $s_{0.95} = 0.757 \text{ cm}$
 $R_{S,(k)} = 1.513 \text{ MN}$
 $R_{b,(k)} = 0.560 \text{ MN}$
 $R_{t,(k)} = 2.073 \text{ MN}$
 $s_{0.95} = 1.780 \text{ cm}$
 $R_{S,(k)} = 1.660 \text{ MN}$
 $R_{b,(k)} = 1.316 \text{ MN}$
 $R_{t,(k)} = 2.976 \text{ MN}$
 $s_{10} = 5.085 \text{ cm}$
 $R_{S,(k)} = 2.133 \text{ MN}$
 $R_{b,(k)} = 2.066 \text{ MN}$
 $R_{t,(k)} = 4.198 \text{ MN}$

 $R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)})$
 $R_{E,k} = R_k / (1.600 \cdot 1.425)$
 $R_{E,k} = R_k / 2.28 = 1.841 \text{ MN}$

WP Hiddels Repowering - Neubau von 5 WEAs ... Vordimensionierung der Pfahlgründung

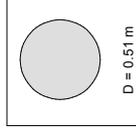


| Boden | q_c [MN/m ²] | $c_{u,k}$ [kN/m ²] | $q_{c,0.95}$ [MN/m ²] | $q_{c,0.10}$ [MN/m ²] | $q_{c,0.05}$ [MN/m ²] | $q_{c,0.01}$ [MN/m ²] | $q_{c,0.001}$ [MN/m ²] | Bezeichnung |
|-------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| | 0.0 | 25.0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0167 | 0.0167 | Klei + Torf |
| | 3.0 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0280 | 0.0280 | Sand, schluffig, locker |
| | 15.0 | 0.0 | 6.500 | 10.200 | 0.1350 | 0.1350 | 0.1350 | Sand, mitteldicht bis dicht |



Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 Simplexpfahl
 Verhältniswert (min, max) = 1.00
 Interpolation Manteilreibung: bei $q_c < 7.5 \text{ MN/m}^2$ aktiviert bei $c_{u,k} < 60 \text{ kN/m}^2$ aktiviert
 Pfahllänge = 20.50 m
 Grundwasser = 0.00 m

$\gamma_P = 1.60$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_G + (1 - 0.500) \cdot \gamma_Q$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$



| s/D _s | Pfahlspitzenwiderstand $q_{p,k}$ [MN/m ²] | |
|--|---|--------------------------------|
| | $q_c = 7.5 \text{ MN/m}^2$ | $q_c = 25 \text{ MN/m}^2$ |
| 0.035 | 2,200 - 5,000 | 4,000 - 6,500 |
| 0.10 | 4,200 - 6,000 | 7,600 - 10,200 |
| 0.035 | $c_{u,k} = 100 \text{ kN/m}^2$ | $c_{u,k} = 150 \text{ kN/m}^2$ |
| 0.10 | - | - |
| Pfahlmanteilreibung $q_{r,k}$ [MN/m ²] | | |
| $q_c = 7.5 \text{ MN/m}^2$ | $q_c = 15 \text{ MN/m}^2$ | $q_c = 25 \text{ MN/m}^2$ |
| $s_{0.95}$ | 0,055 - 0,070 | 0,105 - 0,135 |
| $s_{0.95} = s_{0.1} \cdot D_{eq}$ | 0,055 - 0,070 | 0,105 - 0,135 |
| $c_{u,k} = 60 \text{ kN/m}^2$ | $c_{u,k} = 150 \text{ kN/m}^2$ | $c_{u,k} = 250 \text{ kN/m}^2$ |
| $s_{0.95}$ | 0,025 - 0,040 | 0,045 - 0,065 |
| $s_{0.95} = s_{0.1} \cdot D_{eq}$ | 0,025 - 0,040 | 0,045 - 0,065 |

Ergebnisse

Pfahldurchmesser = 0.510 m
 Pfahllänge = 20.50 m
 Pfahlspitzenwiderstand:
 $q_{cm} = 15.000 \text{ MN/m}^2$
 gemittelt von 19.99 bis 23.05 m
 $\sigma_{0.95} = 6.500 \text{ MN/m}^2$
 $D_{0.95} = 0.510 \text{ m}$
 Fläche $A_s = 0.204 \text{ m}^2$
 Umfang $U_s = 1.602 \text{ m}$

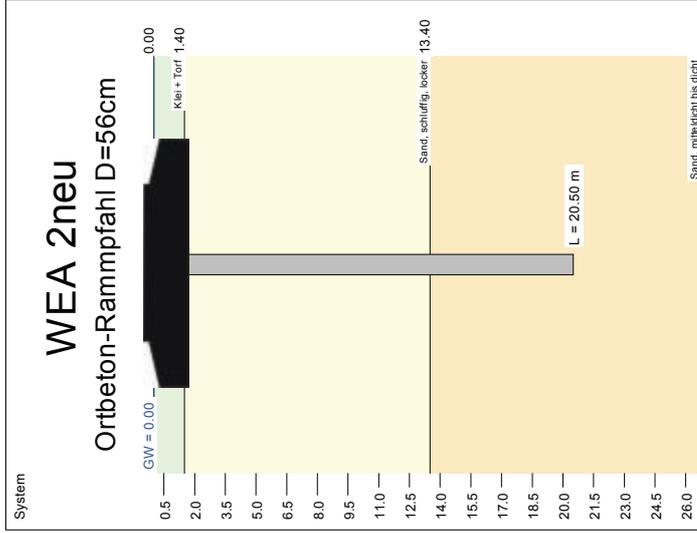
Setzung $s = 0.65 \text{ cm}$

$s_{0.95} = 1.000 \text{ cm}$
 $R_{S,(k)} = 2.092 \text{ MN}$
 $R_{B,(k)} = 0.744 \text{ MN}$
 $R_{K,(k)} = 2.836 \text{ MN}$
 $s_{0.95} = 1.785 \text{ cm}$
 $R_{S,(k)} = 2.092 \text{ MN}$
 $R_{B,(k)} = 1.328 \text{ MN}$
 $R_{K,(k)} = 3.420 \text{ MN}$
 $s_{0.1} = 5.100 \text{ cm}$
 $R_{S,(k)} = 2.092 \text{ MN}$
 $R_{B,(k)} = 2.084 \text{ MN}$
 $R_{K,(k)} = 4.176 \text{ MN}$

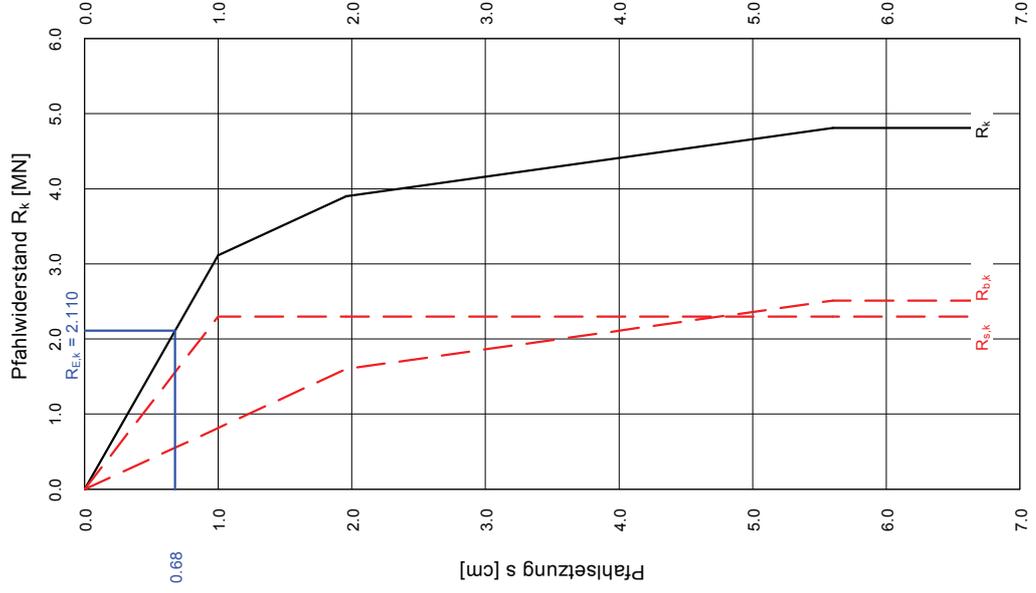
 $R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)})$
 $R_{E,k} = R_k / (1.600 \cdot 1.425)$
 $R_{E,k} = R_k / 2.28 = 1.832 \text{ MN}$

Widerstandssetzungslinie
 für Pfahllänge = 20.50 m

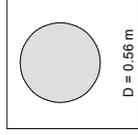
WP Hiddels Repowering - Neubau von 5 WEAs ... Vordimensionierung der Pfahlgründung



| Boden | q_s [MN/m ²] | $c_{b,k}$ [kN/m ²] | $q_{s,10}$ [MN/m ²] | $q_{s,15}$ [MN/m ²] | $q_{s,20}$ [MN/m ²] | $q_{s,30}$ [MN/m ²] | $q_{s,40}$ [MN/m ²] | $q_{s,50}$ [MN/m ²] | Bezeichnung |
|-------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 0.0 | 0.0 | 25.0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0167 | 0.0167 | 0.0167 | Klei + Torf |
| 3.0 | 0.0 | 0.0 | 0.000 | 0.000 | 0.0280 | 0.0280 | 0.0280 | 0.0280 | Sand, schluffig, locker |
| 15.0 | 15.0 | 0.0 | 6.500 | 10.200 | 0.1350 | 0.1350 | 0.1350 | 0.1350 | Sand, mitteldicht bis dicht |



Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 Simplexpfahl
 Verhältniswert (min, max) = 1.00
 Interpolation Manteilreibung:
 bei $q_{s,k} < 7.5 \text{ MN/m}^2$ aktiviert
 bei $c_{b,k} < 60 \text{ kN/m}^2$ aktiviert
 Pfahllänge = 20.50 m
 Grundwasser = 0.00 m



| s/D _s | Erfahrungswerte für Simplexpfahl | |
|--|---|--|
| | Pfahlspitzenwiderstand $q_{p,s}$ [MN/m ²] | q_p [MN/m ²] |
| 0.035 | $q_{p,c} = 7.5 \text{ MN/m}^2$ 2.200 - 5.000 | $q_p = 15 \text{ MN/m}^2$ 4.500 - 7.500 |
| 0.10 | 4.200 - 6.000 $c_{b,k} = 100 \text{ kN/m}^2$ | 7.600 - 10.200 $c_{b,k} = 250 \text{ kN/m}^2$ |
| 0.035 | - | - |
| 0.10 | - | - |
| Pfahlmanteilreibung $q_{t,s}$ [MN/m ²] | | |
| $s_{sg} = s_{sg,0.1} \cdot D_{eq}$ | $q_{t,c} = 7.5 \text{ MN/m}^2$ 0.055 - 0.070 | $q_{t,c} = 15 \text{ MN/m}^2$ 0.105 - 0.135 |
| | 0.055 - 0.070 | 0.130 - 0.165 |
| | $c_{b,k} = 60 \text{ kN/m}^2$ | 0.130 - 0.165 |
| | 0.025 - 0.040 | $c_{b,k} = 250 \text{ kN/m}^2$ |
| | 0.025 - 0.040 | 0.045 - 0.065 |
| | | 0.060 - 0.085 |
| | | 0.060 - 0.085 |

Ergebnisse
 Pfahldurchmesser = 0.560 m
 Pfahllänge = 20.50 m
 Pfahlspitzenwiderstand:
 $q_{pm} = 15.000 \text{ MN/m}^2$
 gemittelt von 19.94 bis 23.30 m
 $\sigma_{0.95} = 6.500 \text{ MN/m}^2$
 $\sigma_{10} = 10.200 \text{ MN/m}^2$
 $D_{eq} = 0.560 \text{ m}$
 Fläche $A_s = 0.246 \text{ m}^2$
 Umfang $U_s = 1.759 \text{ m}$

 $s_{sg} = 1.000 \text{ cm}$
 $R_{s,k(s)} = 2.298 \text{ MN}$
 $R_{b,k(s)} = 0.817 \text{ MN}$
 $R_{k(s)} = 3.114 \text{ MN}$
 $s_{0.95} = 1.960 \text{ cm}$
 $R_{s,k(s)} = 2.298 \text{ MN}$
 $R_{b,k(s)} = 1.601 \text{ MN}$
 $R_{k(s)} = 3.899 \text{ MN}$
 $s_{10} = 5.600 \text{ cm}$
 $R_{s,k(s)} = 2.298 \text{ MN}$
 $R_{b,k(s)} = 2.512 \text{ MN}$
 $R_{k(s)} = 4.810 \text{ MN}$

 $R_{E,k} = R_k / \gamma_{(G,O)}$
 $R_{E,k} = R_k / (1.600 \cdot 1.425)$
 $R_{E,k} = R_k / 2.28 = 2.110 \text{ MN}$

Widerstandslinie
 für Pfahllänge = 20.50 m