



# Geo - Rohwedder

Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH

Geopathologie

UMWELTTECHNIK

INGENIEURBAU

ERD- UND GRUNDBAU

ERDBAULABOR

BODENMECHANIK

BEWEISSICHERUNG

Beratender Ingenieur VDI

Mitglied im Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK)

International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

Von der Industrie- und Handelskammer zu Flensburg öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für:  
Spezialtiefbau, Erd- und Grundbau sowie Bodenmechanik

Albersdorf - Sylt - Fedderingen

Gartenstraße 23  
25767 Albersdorf

Zum Fliegerhorst 4  
25980 Sylt / OT Tinnum

Tel.: 04835 - 94 00  
Fax: 04835 - 94 20  
Mobil: 0170 - 209 45 80

E-mail:  
GEO.Rohwedder@t-online.de  
www.geo-rohwedder.de

## Geotechnisches Gutachten

**BV 287/19**

*Errichtung einer Windfarm*

*Windkraftanlagengruppe I*

*WEA 1 - WEA 5*

*25704 Nordermeldorf*

- Bauherr ⇒ **Nordermeldorf Wind GmbH & Co. KG**  
**5. Querweg 5**  
**25704 Nordermeldorf**
- Projektierung ⇒ **ee-Nord GmbH & Co. KG**  
**Wellumweg 60**  
**25924 Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog**
- Geotechnisches Gutachten: ⇒ **Geo-Rohwedder**  
**Ingenieurbüro für Spezialtiefbau**  
**und Geotechnik GmbH**  
**Gartenstraße 23**  
**25767 Albersdorf**
- Aufgestellt: ⇒ **Albersdorf, 03.02.2020**  
**Ro/Hi**

Dieses Gutachten umfasst 24 Seiten und 35 Blatt Anlagen  
Das Gutachten darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.  
Auszugsweise Wiedergabe bedarf der Genehmigung des Verfassers.  
Urheberschutzvermerk s. DIN 34

**Inhaltsverzeichnis:**

Seite:

<b>1.</b>	<b>Veranlassung</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Baugrund</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Baugrundaufbau</b>	<b>5 - 6</b>
<b>2.2</b>	<b>Wasser im Baugrund</b>	<b>7</b>
<b>2.3</b>	<b>Spitzendrucksondierungen</b>	<b>7 - 8</b>
<b>2.4</b>	<b>Bodenmechanische Untersuchungen</b>	<b>8</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Wichten</b>	<b>9</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Wassergehaltsbestimmungen</b>	<b>9 - 10</b>
<b>2.5</b>	<b>Homogenbereiche</b>	<b>10</b>
<b>2.6</b>	<b>Bandbreiten</b>	<b>11</b>
<b>2.7</b>	<b>Zusammenstellung der bodenmechanischen Kennwerte</b>	<b>12</b>
<b>3.</b>	<b>Gründungsempfehlung</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>13 - 14</b>
<b>3.2</b>	<b>Beweissicherung</b>	<b>14</b>
<b>3.3</b>	<b>Gründung der Windfarm</b>	<b>15 - 16</b>
<b>3.4</b>	<b>Allgemeine Rammdaten</b>	<b>16</b>
<b>4.</b>	<b>Technische Hinweise</b>	<b>17</b>
<b>4.1</b>	<b>Pfahlkupplungen</b>	<b>17</b>
<b>4.2</b>	<b>Vorhandene Zuwegungen / neue Zuwegungen</b>	<b>17 - 18</b>
<b>4.3</b>	<b>Abnahmen / Abfolge der Rammarbeiten / Proberammungen</b>	<b>18</b>
<b>4.4</b>	<b>Bauausführung</b>	<b>18</b>
<b>4.5</b>	<b>Baugrubendurchführung / Aufnahme des Frischbetongewichtes</b>	<b>19</b>
<b>4.6</b>	<b>Kraufstellflächen</b>	<b>19 - 21</b>
<b>4.7</b>	<b>Grundwasseranalytik</b>	<b>21</b>
<b>4.8</b>	<b>Verhalten bei Nutzungsende</b>	<b>21 - 22</b>
<b>4.9</b>	<b>Baugrubengestaltung</b>	<b>22 - 23</b>
<b>4.10</b>	<b>Abnahmen</b>	<b>23</b>
<b>5.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>23 - 24</b>

## Anlagen

- 1**            **Lageplan der Kleinrammbohrungen S1 bis S11/19  
und der Spitzendrucksondierungen**
  
- 2.1 – 2.11**   **Profildarstellungen der Schichtenfolgen**
- 2.12 – 2.13**   **Legende**
  
- 3.1 – 3.12**   **Spitzendruckdiagramme**
  
- 4.1 - 4.4**     **Widerstandssetzungslinie**
  
- 5.1 - 5.5**     **Analysenergebnisses des untersuchten Grundwassers**

## 1. Veranlassung

Die Nordermeldorf Wind GmbH & Co. KG, 25704 Nordermeldorf, beabsichtigt die Errichtung einer Windfarm. Dieses geotechnische Gutachten stellt die 1. Ausbaustufe dar, nämlich die Windkraftanlagengruppe I. Sie beinhaltet die Standorte WEA 1 bis einschl. WEA 5.

Angabegemäß sind Anlagen vom Typ Siemens Gamesa vorgesehen.

Die Einzelgründungen erfolgen als Tiefgründungen, welche als Stahlbetonfundament ausgeführt werden. Die Einzelfundamente für die Tiefgründungen der einzelnen Windenergieanlagen bestehen aus einem kreisrunden Stahlbetonsockel.

In diesem Zusammenhang wird darauf aufmerksam gemacht, dass zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung der Geo Rohwedder GmbH keine detaillierten geotechnischen Angaben über die geplanten Windenergieanlagen vorliegen. Soll heißen, dass keine Angaben über Fundamentierungen / Einzellasten der Pfähle einschl. Druck- sowie Zugkräfte etc. vorliegen.

Die in diesem geotechnischen Gutachten dargestellten Empfehlungen und auch Bemessungen sind somit auf Grundlage aktueller Planunterlagen hinsichtlich der Fundamentabmessungen sowie der weiteren Gründungsmodalitäten unbedingt zu überprüfen und ggf. bei Bedarf anzupassen.

Im Folgenden werden von Erfahrungswerten des Sachverständigen weitere Gründungsmodalitäten dargestellt, die nach Planungsfortschreibung zu verifizieren sind. Hierauf wird explizit aufmerksam gemacht.

Demzufolge sind für die jeweiligen Einzelfundamente Überschüttungen aus statischen Erfordernissen unbedingt durchzuführen.

Die Unterkante der Einzelfundamente liegt wahrscheinlich in rd. 2,5 - 3 m unter vorhandener Geländeoberkante.

Die Pfahlquerschnitte werden mit minimal 40 x 40 cm dargestellt, sodass je Anlagentyp Stahlbetonrammpfähle ausgeführt werden mit minimal ca. 36 respektive 44 Stck. Stahlbetonramm-pfähle.

Die Geo Rohwedder GmbH wurde beauftragt, den Baugrund im Bereich der geplanten Anlagen durch jeweils Drucksondierungen sowie Kleinrammbohrungen zu erkunden und hierauf basierend eine gutachtliche Stellungnahme zur Gründung der Windfarm zu erarbeiten.

## **2. Baugrund**

### **2.1 Baugrundaufbau**

Durch Beauftragte der Geo Rohwedder GmbH wurden am 22.10.2019 Spitzendrucksondierungen ausgeführt. In diesem Zusammenhang wird darauf aufmerksam gemacht, dass aufgrund der örtlichen Gegebenheiten der geplante Standortbereich WEA 02 nicht näher untersucht werden konnte, da diese Ackerfläche nicht frequentiert werden konnte. Soll heißen, dass nach hinreichender Urbanisierung der Standort WEA 2 noch näher untersucht werden muss. Hierauf wird explizit aufmerksam gemacht!

Parallel zu den dargestellten Spitzendrucksondierungen wurden Kleinrammbohrungen durch die Geo Rohwedder GmbH ausgeführt.

Die Untergrundsystematik im Bereich der dargestellten Windenergieanlagen (nachfolgend „WEA 1, WEA 3, WEA 4 und WEA 4“ genannt) wurde durch folgende Untersuchungen erschlossen:

- **WEA 1, WEA 3,  
WEA 4, WEA 5** ⇒ **2 Stck. Spitzendrucksondierungen bis zur Auslastung der Messsonde im hindernisfreien Untergrund**
- **WEA 1, WEA 3,  
WEA 4, WEA 5** ⇒ **1 Stck. Aufschlussbohrung bis 20 m unter Geländeoberkante**
- **Kranstellfläche  
WEA 1, WEA 3,  
WEA 4, WEA 5** ⇒ **je 1 Stck. Spitzendrucksondierung CPT "K" bis zur Auslastung der Messsonde im hindernisfreien Untergrund**
- **Kranstellfläche  
WEA 1, WEA 3,  
WEA 4, WEA 5** ⇒ **1 Stck. Aufschlussbohrung bis 20 m unter vorhandener Geländeoberkante**
- **Zuwegungen  
S1 - S3 /19** ⇒ **Aufschlussbohrungen bis je 6 m unter vorhandener Geländeoberkante**

Die Lage der dargestellten Baugrunderkundungen (Aufschlussbohrungen sowie Spitzendrucksondierungen!) kann im Einzelnen der beigefügten Anlage 1 entnommen werden, während die erbohrten Schichtenfolgen diesem Gutachten dem Anlagenkonvolut 2.1 bis 2.11 zu entnehmen sind. Die dazugehörige Legende (Abkürzungen gem. DIN 4.022 T. 1 / DIN 4.023 ff.) ist ergänzend als Anlage 2.12 und 2.13 beigefügt.

Die erwähnten Spitzendrucksondierungen im Bereich der Windenergieanlagen respektive Kranstellflächen wurden am ausgepflochten Mittelpunkt bis zur Auslastung der Messsonde praktiziert. Die hierbei gewonnenen Messaufschriebe sind diesem Gutachten als Anlagen 3.1 bis 3.12 zu entnehmen.

Die Ansprache des ausgetragenen Bohrgutes erfolgte nach DIN EN ISO 14.688 vor Ort und die geologische Einstufung nach vorhandenen / regionalen Erfahrungen.

Gestörte Bodenproben der Güteklasse 3 - 4 wurden entnommen und in unserem geotechnischen Labor bodenmechanisch klassifiziert.

Aus den zeichnerischen Profildarstellungen geht hervor, dass die Deckschicht des untersuchten Geländeareals zunächst aus üblichen Mutterböden / Kulturböden besteht. Die Mächtigkeiten wurden mit vornehmlich 0,3 m und bereichsweise bis zu 0,5 m festgestellt.

Unterhalb dieser Auftragsböden ist gem. dem Resultat unserer Bohrungen zunächst ein marschüblicher Klei anstehend. Klei ist ein maritim sedimentiertes, organisch verunreinigtes Bodengefüge, das die übliche Bodenart in der Marsch darstellt. Der Klei beschreibt vorwiegend weich-breiige Zustandsformen und wird lokal durch eisenschüssige Lagen gebändert. Bereichsweise wurde auch ein erhöhter Anteil organischen Ursprungs festgestellt, sodass es sich nachweislich um einen sog. "Darg" handelt.

Die Unterkante des ersten Kleihorizontes wurde festgestellt im Nahbereich WEA 4 in Kote 4,3 m unter Terrain.

Nachfolgend stehen zunächst enggestufte Sande holozänen Ursprungs an. Hierbei handelt es sich um sog. "Wattsande", die als stark wasserführend angesprochen wurden. Innerhalb dieser rolligen Baugrundformation wurden bereichsweise Kleilagen festgestellt. Mit zunehmender Teufe folgen wiederum weichplastische Kleiböden, die festgestellt wurden im Nahbereich der Standorte WEA 3, WEA 4 sowie WEA 5.

Unterlagernd folgen Sande pleistozänen Ursprungs, die sehr schnell dichte und auch sehr dichte Lagerungen beschreiben. Bereichsweise wurden auch deutliche Lagerungsschwankungen festgestellt. Weiter nach unten kommen im Umfeld der Aufschlussbohrungen S6 und S7/19, respektive Standort WEA 3, fluviatile Stillwassersedimente vor. Eine derartige Tiefenlage der Grenzfläche zwischen rolligen und bindigen Böden entspricht Angaben, wie sie auch in Veröffentlichungen zur Geologie des Raumes Meldorf gemacht werden. Die Geschiebeschluffe stehen als Geschiebemergel in überwiegend weich-steifer und bereichsweise auch schwach steifer bzw. steif-halbfester Konsistenz an und wurden in den dargestellten Erkundungsbereichen bis zum Teufenende (max. 20 m) nicht durchstoßen.

Weitere Einzelheiten zur ermittelten Schichtenfolge können den beigefügten Anlagen 2 entnommen werden..

## 2.2 Wasser im Baugrund

Die höchste Wasserspiegellage wurde bei Ausführung der Feldarbeiten (Stichtage: 22.10. / 23.10.2019) eingemessen in Tiefen ab ungünstig 0,7 m unter Terrain. Hierbei handelt es sich um Stichtagsmessungen.

Da die anstehenden Marschböden als gering wasserdurchlässig einzustufen sind, können in Abhängigkeit von den jeweiligen Niederschlagsereignissen größere Wasserschwankungen auftreten. Nach heftigen Niederschlägen sind Stauwasserspiegel bis zur Geländeoberkante möglich, die begünstigt werden durch den Tidehub der Nordsee, der phasenverschoben gedämpft zu berücksichtigen ist.

An dieser Stelle wird darauf aufmerksam gemacht, dass es sich im vorliegenden Fall nachweislich um "Schichten- / Tagwasser" handelt.

Reales Grundwasser bzw. gespanntes Grundwasser ist unterhalb des ersten Kleihorizontes zu erwarten, der ungünstig ab Kote 2,5 m bzw. 2,7 m anstehend ist.

Von der Geo Rohwedder GmbH wird empfohlen, einen Wasserstand (Tag- / Schichtenwasser-situation!) für Belange der Planung / Erdarbeiten zu berücksichtigen ab vorhandener Geländeoberkante mit einer Tiefenkote von:

- GW = -0,2 m unter jeweiliger Geländeoberkante (GOK)

## 2.3 Spitzendrucksondierungen

Im Rahmen der Gesamtprojektierung „Errichtung einer Windfarm mit 5 WEA in der Gemeinde Nordermeldorf“ wurden durch Beauftragte der Geo Rohwedder GmbH im Zeitfenster 22.10 und 23.10.2019 insgesamt 12 Stck. Spitzendrucksondierungen gem. DIN EN ISO 22.476-1 mit getrennter Registrierung von Spitzendruck und Mantelreibung, ausgeführt.

Die Lage der durchgeführten Spitzendrucksondierungen kann im Einzelnen der beigefügten Anlage 1 entnommen werden, während hingegen die gewonnenen Sondierdiagramme, in denen der Verlauf von lokaler Mantelreibung, Spitzenwiderstand sowie Reibungsverhältnis  $R_f$  aufgetragen wurden, auf den Anlagen 3.1 – 3.12 dargestellt wurden.

Die dargestellten Messaufschriebe repräsentieren den bereits durch Kleinrammbohrungen erkundeten Untergrund, sodass aus diesen Diagrammdarstellungen bestätigt wird, dass unterhalb der erbohrten Deckschichten unterschiedlich gelagerte Sande und auch unterschiedlich bindige und leicht organische Böden in teilweise erheblicher Wechsellagerung anstehend sind.

Es wurden je Standort der eigentlichen Windenergieanlagen 2 Stck. Spitzendrucksondierungen (jeweils CPT 1 und CPT 2) und im direkten Nachbarschaftsbereich, in dem nachweislich die jeweilige Krananlage platziert wird, eine weitere Spitzendrucksondierung niedergebracht.

Die erbohrten Marschöden beschreiben anfänglich nur geringe Spitzenwiderstände mit ca. 0,2 - 1 MN/m<sup>2</sup> bei einem Reibungsverhältnis  $R_f \sim 5 - 10 \%$  und lokal auch 4 - 6 %.

Bei den organischen Einlagerungen können die Reibungsverhältnisse mit überwiegend 6 – 9 % dargestellt werden.

Der dominierende Untergrundaufbau unterhalb der Kleiböden stellt sich zunächst als ein Sand jüngster Entstehungsgeschichte dar, sodass bereits in geringen Tiefen, d. h. ab ca. 6 - 8 m unter vorhandener Geländeoberkante, weitaus höhere Spitzenwiderstände abzulesen sind.

Die Spitzenwiderstände unterliegen sehr großen Streuungen durch eingelagerte Schluffe sowie durch wasserführende Sedimente, sodass bei den Sanden holozänen Ursprungs Spitzenwiderstände nachgewiesen wurden von bereichsweise 6 – 9 MN/m<sup>2</sup>.

Ein sprunghafter Anstieg der Spitzenwiderstände ist in sehr unterschiedlichen Tiefen gegeben, sodass kein konsequenter Verlauf des pleistozänen Baugrundhorizontes dargestellt werden kann. Teilweise stehen bereits ab ca. 10 - 11 m unter Geländeoberkante hochtragfähige Sande pleistozänen Ursprungs an und lokal folgt erst in Tiefen ab 14 - 15 m unter jeweiliger Geländeoberkante ein hinreichend tragfähiger Baugrundhorizont unterhalb von Schluffen in weich-steifer Konsistenz.

Bei diesen Spitzenwiderständen ist bereichsweise ein sprunghafter Rückgang des Reibungsverhältnisses (Bodenindex!) zu verzeichnen. Somit handelt es sich um pleistozän sedimentierte Sande, die als weitgestufte Mittelsande angesprochen wurden. Als sehr wechselhaft bzw. inhomogen ist in diesem Zusammenhang der Standort "WEA 3" darzustellen. Es folgen hinreichend tragfähige Baugrundverhältnisse ab rd. 15 m unter vorhandener Geländeoberkante, jedoch folgen mit zunehmender Teufe sog. "Beckentone / Beckenschluffe", die unterlagernd ab ungünstig 19 m Tiefe anstehen. Ab Kote 22 m wird der hoch tragfähige Sand pleistozänen Ursprungs erreicht und repräsentiert mindestens dichte Lagerungen.

Spitzenwiderstände mit  $q_c \geq 10 - 15 \text{ MN/m}^2$  weisen bei gewachsenen Sanden eine mitteldichte Lagerung nach, während Spitzenwiderstände mit  $q_c \geq 15 - 25 \text{ MN/m}^2$  auf dichte Lagerungen schließen lassen.

Insgesamt sind die gewachsenen Baugrundverhältnisse als sehr heterogen darzustellen und unterliegen aufgrund eingelagerter Schluffe größeren Lagerungsschwankungen und somit Tragfähigkeitsminimierungen.

Die Einzelergebnisse der geführten Messaufschriebe sowie Einzelheiten zu den Spitzenwiderständen sowie lokaler Mantelreibung können im Einzelnen den beigefügten Anlagen 3.1 bis 3.12 entnommen werden.

## **2.4 Bodenmechanische Untersuchungen**

Aus den bei den Erkundungsarbeiten Mitte Oktober 2019 angetroffenen Böden wurden gestörte Bodenproben der Güteklasse 3 - 4 entnommen, aus denen nach erfolgter Klassifizierung repräsentative Bodenproben ausgewählt und in unserem bodenmechanischen Labor untersucht wurden, die für die Beurteilung der geplanten Windfarm erforderlich sind.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im Folgenden kurz beschrieben, ergänzt durch Erfahrungswerte der Geo Rohwedder GmbH aus der unmittelbaren Nachbarschaftsumgebung bzw. bei vorausgegangenem Bauvorhaben mit ähnlicher Untergrundsystematik.



### 2.4.1 Wichten

Für alle grundbautechnischen und erdstatischen Berechnungen sind die verschiedenen Wichten von großer Bedeutung. Die Wichte eines Bodens ist die auf das Volumen bezogene Gewichtskraft.

Es wurden daraufhin an einigen Sonderproben Raumgewichtsbestimmungen gem. DIN EN ISO 17.892-2:2015-03 bei Gewichtsäquivalenz ausgeführt. Hierbei wurden die Proben in überwiegend weicher Konsistenz in die Versuchspartellen eingebaut und folgende Streubereiche nachgewiesen:

- **Klei**  
(5 Stck. Einzelversuche)  $\Rightarrow 15,86 \text{ kN/m}^3 \leq \gamma_{n,k} \leq 16,01 \text{ kN/m}^3$
- **Darg**  
(4 Stck. Einzelversuche)  $\Rightarrow 12,09 \text{ kN/m}^3 \leq \gamma_{n,k} \leq 12,37 \text{ kN/m}^3$

Die Untersuchungsbefunde der Wichtebestimmungen bestätigten die Bodenansprache der Geo Rohwedder GmbH in der Örtlichkeit bzw. führten zu geringen Korrekturen nach vorheriger Klassifizierung.

### 2.4.2 Wassergehaltsbestimmungen

Ein wichtiger Parameter für die Konsistenzbeurteilung bindiger und organischer Böden ist der Wassergehalt. Der Wassergehalt ist die Masse des im Porenraum vorhandenen Wassers, bezogen auf die Trockenmasse der Bodenproben und wird experimentell nach DIN EN 17.892-1:2015-03, bestimmt.

Folgende Ergebnisbereiche wurden ermittelt:

- **Klei**  
(46 Stck. Einzelversuche)  $\Rightarrow 25,59 \% \leq w_n \leq 53,32 \%$

Aus diesen Einzelbefunden der Wassergehaltsbestimmungen geht sehr deutlich hervor, dass die erbohrte Baugrundsystematik mit zunehmender Teufe sehr hohe Streubereiche hinsichtlich der Einzeluntersuchungen beschreibt, sodass hieraus ableitend ein stark erhöhtes Setzungspotential gegeben ist.

Die ermittelten Einzelbefunde der Wassergehaltsbestimmungen sind auf den Anlagen 2, höhengerecht links neben den jeweiligen Bohrprofilen, den entsprechenden Probeentnahmetiefen zugeordnet, dargestellt.

### **2.5 Homogenbereiche nach VOB Ergänzungsband 2015 DIN 18.300 August 2015**

Im August 2015 wurde die alte DIN 18.300, DIN 18.301 und DIN 18.319 zurückgezogen und jeweils durch die DIN 18.300: 2015-08, DIN 18.301: 2015-08 und die DIN 18.319: 2015-08 ersetzt.

Hierbei wurden die ehemals zugeordneten Bodenklassen nunmehr durch Homogenbereiche ersetzt.

Ein Vorschlag hinsichtlich der Zuordnung entsprechender Homogenbereiche wird wie folgt zugeordnet, jedoch ohne Zusicherung auf Richtigkeit, da für eine absolute richtige Zuordnung weitere / gezielte Aufschlussbohrungen erforderlich wären!

- **Homogenbereich A** ⇒ **humose Deckschichten / Kulturböden**
- **Homogenbereich B** ⇒ **Schluff**
- **Homogenbereich C** ⇒ **Sand**

## 2.6 Bandbreiten charakteristischer Bodenkennwerte (cal.-Rechenwerte)

In Anlehnung uns vorliegender Versuchsergebnisse an vergleichbaren Bodenproben aus der näheren Nachbarschaftsumgebung sowie bei Bauvorhaben mit ähnlichen Untergrundverhältnissen können in erdstatischen Berechnungen die in der nachfolgend aufgeführten charakteristischen Bodenkennwerte unter Einbeziehung des jeweiligen Sicherheitsbeiwertes gem. DIN EN 1.997-1, wie folgt in Ansatz gebracht werden (bei den bindigen / organischen Böden handelt es sich um Kennwerte im konsolidierten Zustand!):

Bodenart	Raumgewicht		Scherfestigkeit	Kohäsion	Steifemodul
	natürlich	unter Auftrieb			
	$\gamma_k$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma'_k$ kN/m <sup>3</sup>	$\varphi'_k$ (Altgrad)	$c'_k$ kN/m <sup>2</sup>	$E_{sk}$ MN/m <sup>2</sup>
Mutterboden	Für bautechnische Zwecke nicht geeignet				
Klei, steif	16	6	17,5	5	≤ 1,2
Klei, weich-steif	16	6	17,5	5	≤ 0,8
Klei, weich	16	6	16	4	≤ 0,4
Darg, weich	12	3	15	5	≤ 0,4
Sand holozän, mineralisch rein, locker	18	10	30	./.	< 10
Sand, holozän, mineralisch rein, locker bis mitteldicht	18	10	31	./.	12 - 15
Sand, holozän, mineralisch rein, mindestens mitteldicht	18	10	32	./.	25
Sand, holozän, mineralisch rein, mitteldicht bis dicht	18	10	33	./.	30
Sand, pleistozän, locker	18	10	30	./.	≤ 20
Sand, pleistozän, locker-mitteldicht	18,5	10,5	32,5	./.	≤ 30
Sand, pleistozän, mindestens mitteldicht	19	11	34	./.	≤ 45
Sand, pleistozän, mitteldicht-dicht	19	11	35	./.	≤ 50
Sand, pleistozän, dicht	19	11	35	./.	≤ 55
Geschiebemergel, schwach steif, sandig	22	12	27,5	12	≤ 40
Ersatzboden, kornabgestufter Füllsand, verdichtet auf mindestens 100 % der einfachen Proctordichte	19	11	35	./.	≤ 40

## 2.7 Zusammenstellung der bodenmechanischen Kennwerte

Für die Bemessung der Tiefgründung über Stahlbetonrammpfählen können unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorliegender Spitzendrucksondierungen sowie der Aufschlussbohrungen die in der folgenden Tabelle aufgeführten Kennwerte angesetzt werden:

Bodenart	$E_{stat.}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$E_{dyn.}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Reibungs- winkel $\varphi'$ [°]	Kohäsion $C'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Wichte $\gamma / \gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Querdrehz ahl/v [-]
Klei, weich	2,0	16,0	15,0	4,0	16,0 / 6,0	0,43
Wattsand, locker	25,0	100,0	30,0	--	18,0 / 10,0	0,37
Wattsand, mitteldicht	35,0	122,5	32,5	--	18,0 / 10,0	0,37
Klei, steif	3,5	28,0	17,5	4,0 - 6,0	17,0 / 7,0	0,43
Geschiebem ergel, weich-steif	15,0	75,0	26,5	8,0 - 12,0	21,0 / 11,0	0,41
Sand, mitteldicht gelagert	50,0	150,0	35,0	--	19,0 / 11,0	0,35
Sand, dicht gelagert	80,0	240,0	37,5	--	19,0 / 11,0	0,35

### 3. Gründungsempfehlung

#### 3.1 Allgemeines

Aus den vorliegenden Baugrunderkundungen und den hierauf basierenden Laborbefunden und auch Spitzendrucksondierungen geht hervor, dass in der maßgebenden Gründungstiefe der Einzelfundamentierungen weichplastische Kleiböden anstehen, die als nicht tragfähig darzustellen sind im Sinne der geplanten Einzelgründungen.

Da die für die Flachgründung der jeweiligen Windenergieanlagen erforderlichen dynamischen Mindestdrehfedersteifigkeiten  $C_{\phi, \text{dyn}}$  mit den in / unterhalb der Gründungsebene anstehenden Weichschichten nicht nachgewiesen werden kann und überdies bei einer Gründung der jeweiligen Windenergieanlagen oberhalb der gering tragfähigen und hochkompressiblen Böden mit gravierenden Setzungen und hiermit verbundenen Setzungsdifferenzen zu rechnen ist, die zu erheblichen Schiefstellungen und damit zu Funktionsbeeinträchtigungen führen würden, kann eine Flachgründung der Einzelanlagen aus geotechnischer Sicht nicht empfohlen werden.

Bei einer gewissenhaften Ausführung der Pfahlgründungen können je Bauabschnitt sowohl Rammpfähle als auch Bohrpfähle praktiziert werden. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass z. Z. Rammpfähle voraussichtlich preisgünstiger sind als Bohrpfähle und das im Fundamentdatenblatt (das noch fehlt!) bereits dieses Pfahlsystem (Rammpfähle) mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit vorgesehen ist, wird von Seiten der Geo Rohwedder GmbH eine Gründung auf Stahlbetonrammpfählen mit Querschnittsabmessungen 40 cm x 40 cm, empfohlen.

Aus vorliegenden Daten können jedoch folgende Bemessungswerte der Pfahllasten im Extremfall (charakteristisch!) wie folgt angesetzt werden:

- Druck / Pfahl           ⇒   1.600 kN/Pfahl
- Zug / Pfahl             ⇒   500 kN/Pfahl

An dieser Stelle wird darauf aufmerksam gemacht, dass aufgrund erhöhten Zugkräfte der gewachsene, hoch tragfähige Baugrund aus nicht bindigen Böden bestehen muss, gem. DIN 4.026, Absatz 8.1.1.1 und Absatz 8.1.2.

Überdies sind die Setzungen am Pfahlkopf unter einer Drucklast von rd. 1.600 kN/Pfahl nachzuweisen mit einer Pfahlkopfsetzung  $s_k \leq 10$  mm.

Des Weiteren kann konstatiert werden, dass gem. vorläufigen Eckdaten für die geplanten Windenergieanlagen der Fa. VESTAS ein Mindestwert für die dyn. Drehfedersteifigkeit zugrunde gelegt wird mit 100 GNm/rad.

In Anlehnung an die DIN 1.054 und aktuellem Teilsicherheitskonzept bzw. EC 7 sowie mit dem GGU-Programm AXPILE auf der Grundlage der vorliegenden Baugrunderkundungen (Kleinrammbohrungen sowie Spitzendrucksondierungen!) wurden repräsentativ die einzelnen Standorte (WEA 1 / WEA 3 / WEA 4 / WEA 5) für grundbauliche Berechnungen (Widerstandssetzungslinie) dargestellt.

Die hierbei gewonnenen Ergebnisse sowie auch Einzelpfahllängen etc. können dem beigefügten Anlagenkonvolut 4.1 bis 4.4 entnommen werden.

Demzufolge können die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Lasten bestätigt werden unter folgenden Kriterien:

Pfahllasten für Stahlbetonfertigrammpfähle				
Pfahlquerschnitt cm / cm	Zul. Drucklast kN	Zul. Zuglast kN	Einzelpfahllänge ab GOK m	Standort
40 / 40	1600	> 500	19,00	WEA 1
40 / 40	1600	> 500	27,00	WEA 3
40 / 40	1600	> 500	23,00	WEA 4
40 / 40	1600	> 500	25,00	WEA 5

Die o.g. Einbindelängen der jeweiligen Pfähle in den gewachsenen, hoch tragfähigen Baugrund variieren aufgrund von Lagerungsschwankungen innerhalb der pleistozän sedimentierten Baugrundschiehtungen. D. h., dass die jeweilige Einbindelänge der Pfähle in den gewachsenen, hochtragfähigen Baugrund ggfs. reduziert werden kann, nämlich dann, wenn bei den Rammarbeiten in den letzten 15 – 20 Hitzten Eindringungen von 1 bzw. 1,5 cm / Hitze bei einer Rammenergie von 60 kN/m nicht überschritten werden.

Als hinreichend tragfähig kann der Untergrund bezeichnet werden, wenn der Spitzendruck  $q_c$  Werte erreicht bzw. gem. den vorliegenden Messaufschrieben der ausgeführten Spitzendrucksondierungen durchgängig Werte aufweist von mindestens  $q_c \geq 8 - 10 \text{ MN/m}^2$ .

### **3.2 Beweissicherung**

Es wird darauf hingewiesen, dass es beim Einrammen der Stahlbetonrammpfähle zu Rammerschütterungen kommt, die unter Umständen an angrenzenden baulichen Anlagen und auch öffentlichen Zuwegungen zu Schädigungen führen können. Diesbezüglich wird vom Sachverständigen empfohlen, die Notwendigkeit einer Beweissicherung („Ist-Dokumentation baulicher Anlagen“) näher zu untersuchen. Ggfs. kann eine Beweissicherung durch den Sachverständigen vorgenommen werden. Weitere Einzelheiten bzw. Modalitäten sollten zu gegebener Zeit bzw. bei konkreter Veranlassung mit der Geo Rohwedder GmbH abgestimmt werden.

### 3.3 Gründung der Windfarm

Aufgrund der aufnehmbaren Zug- und Druckkräfte, die durch den Sachverständigen prophylaktisch vorgegeben worden sind und nach Vorlage der tatsächlichen Planunterlagen unbedingt abzugleichen sind, sind Pfahleinbindungen der Konstruktionspfähle einzuhalten mit Einbindelängen in den gewachsenen pleistozänen Baugrund mit mindestens  $t_e \geq 6$  m.

Die hierbei auftretenden Setzungen unter einem pfahlgegründeten Bauwerk sind erfahrungsgemäß gering und wurden gem. beigefügten Anlagenkonvolut 4.1 – 4.4 sowohl für die Druck- als auch für die Zugpfähle nachgewiesen bis max.  $s \sim 0,88$  cm.

Da diese Setzungen relativ gleichmäßig auftreten, wird eine max. zulässige Schiefstellung infolge Baugrundsetzungen in 20 Jahren von  $\delta s \leq 1,5$  mm / Meter nicht überschritten.

D. h., dass für die Fundamenteinspannung zwischen Fundament und Baugrund die zugrunde gelegte Mindestdrehfedersteifigkeit  $C_{\phi, \text{dyn}} \geq 100$  GNm/rad eingehalten wird.

Unter Zugrundelegung der vorliegenden Spitzendrucksondierungen sowie Kleinrammbohrungen können zunächst **-vorbehaltlich der Bestätigung durch Proberammungen sowie Probebelastungen im Beisein des Sachverständigen-** für Belange der Planung / Ausschreibung zunächst mit folgenden Einzelpfahllängen ab jeweiliger Geländeoberkante je untersuchten Standort gerechnet werden:

- WEA 1             $\Rightarrow$      $L_0 \sim 19$  m ab vorhandener Geländeoberkante (GOK)\*
- WEA 3             $\Rightarrow$      $L_0 \sim 27$  m ab vorhandener Geländeoberkante (GOK)\*
- WEA 4             $\Rightarrow$      $L_0 \sim 23$  m ab vorhandener Geländeoberkante (GOK)\*
- WEA 5             $\Rightarrow$      $L_0 \sim 25$  m ab vorhandener Geländeoberkante (GOK)\*

\* ***definitive Aussagen über die tatsächlichen Einzelpfahllängen je Standort werden im Zuge von Proberammungen im Beisein des Sachverständigen bei Ausführung des ersten Konstruktionspfahles festgelegt!***

An dieser Stelle wird nochmals darauf aufmerksam gemacht, dass in Teilbereichen der erbohrten Schichtenfolgen mit größeren Packlagen / Steinlagen zu rechnen ist, sodass dies bei der Gestaltung der Ausschreibung hinreichend berücksichtigt werden sollte. D. h., dass für die eingangs genannten Standorte, in denen nachweislich die dargestellten Absetztiefen bereichsweise nicht praktiziert werden können aufgrund von Findlingen / größeren Steinen, hinreichende Vorbemerkungen über Hindernisse im Baugrund positioniert dargestellt werden sollte.

Ergeben sich bei Aufnahme der Rammarbeiten im Einzelfall nicht die geforderten Rammtiefen der jeweiligen Pfähle aufgrund von Hindernissen oder Fehlrammungen im Baugrund, so ist der Sachverständige unverzüglich davon in Kenntnis zu setzen, sodass die weitere Vorgehensweise mit an allen am Bau beteiligten Personen bei konkreter Problemstellung zeitnah abgestimmt werden sollte. Überdies ist der Prüfstatiker sofort in Kenntnis zu setzen.

### **3.4 Allgemeine Rammdaten**

Bei Aufnahme der Rammarbeiten sind die ersten Konstruktionspfähle im Beisein der Geo Rohweder GmbH durchzuführen, damit die Pfahllängen auf den Baugrund abgestimmt werden können.

Bei einheitlichem Baugrund sind für mindestens 10 – 15 % der Pfahlanzahl einer Rammfahlgründung ausführliche Rammberichte (Großer Rammbericht) während des gesamten Rammvorganges zu führen, wobei die Eindringungen nach jeder Hitze zu messen sind und die Ergebnisse in Form von Rammkurven aufzutragen sind. Im vorliegenden Fall wird empfohlen, mindestens 3 Stk. „Große Rammberichte“ zu führen, damit ein lückenloser Nachweis der Tragfähigkeitskriterien vorliegt je Standort.

In den letzten Hitzen sind maximale Eindringungen nachzuweisen von etwa  $\leq 4$  cm / Hitze. Hierbei können Ergebnisse aus Nachrammungen bei einer Standzeit von ca. 24 h durchaus herangeführt werden.

Der Pfahlanbieter hat die zulässige äußere Tragfähigkeit von dem von ihm angebotenen Pfahltyp nachzuweisen. Überdies darf er hierzu ersatzweise Ergebnisse von Probelastungen vorlegen, die mit seinem Pfahltyp unter vergleichbaren Verhältnissen (Baugrund / Einbindetiefe / Pfahlgeometrie) ausgeführt worden sind.

Alternativ hierzu muss er angeben, welche Einbindelänge der Pfähle er über die o. g. Mindestanforderungen hinaus für erforderlich hält, um die Bauwerkslasten mit ausreichender Sicherheit gem. aktuellem Teilsicherheitskonzept in den tragfähigen pleistozänen Baugrund abtragen zu können bzw. wie die bauherrenseits vorgesehene Absetztiefe der Pfähle mit seinem Pfahltyp erreicht wird.



## **4. Technische Hinweise**

### **4.1 Pfahlkupplungen**

Rammpfähle werden im Regelfall in Einzellängen von etwa  $L_0 \sim 16 - 18$  m geliefert. Im vorliegenden Fall sind somit Pfahlkupplungen zwingend erforderlich, die mit einem Unterpfahl und einem Oberpfahl verbunden werden. Die bauaufsichtlich zugelassenen Kupplungen sollten ebenfalls den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden und sind exemplarisch nach Vorlage der Typenprüfung für die geplante Windenergieanlage zu verifizieren und in einem interdisziplinären Gespräch mit dem Pfahlhersteller zu diskutieren.

### **4.2 Vorhandene Zuwegungen / neue Zuwegungen**

Für neu zu errichtende Zuwegungen sollte unter Zugrundelegung der ausgeführten Baugrundaufschlussbohrungen auf dem anstehenden Planum zunächst ein Geotextil (Vliesstoff) flächenhaft ausgelegt werden. Es ist hierbei die Geotextil-Robustheitsklasse 4 (GRK 4) zu berücksichtigen mit einer Masse pro Flächeneinheit von minimal  $A_G \geq 320$  g/m<sup>2</sup>. Die Vliesstoffbahnen sind gem. den Empfehlungen der FGSV (Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien und Geogittern im Erdbau des Straßenbaus) zu verlegen. Die Überlappungsverluste sind einzurechnen und gem. Herstellerangaben auszuführen.

Der Vliesstoff ist im Vor-Kopf-Einbau zu beschütten mit einer Schottertragschicht aus dem Körnungsbereich 0 – 45 mm und zwar in einer Mindestmächtigkeit von  $d \geq 50$  cm. Die Schottertragschichten (STS) sollten auf mitteldichte-dichte Lagerungen eingebaut werden mit einem Flächenrüttler und gem. Spezifikationen im Bereich der Zuwegungen bei Achslasten bis zu ca. 12,5 to sind unbedingt statische Lastplattendruckversuche auf Oberkante Tragschicht vorzunehmen. Von der Geo Rohwedder GmbH wird diesbezüglich empfohlen, im Bereich neu zu errichtender Zuwegungen in Intervallen von ca. 400 m bis 500 m mindestens zwei statische Last-plattendruckversuche gem. DIN 18.134 auf Oberkante Schottertragschichten durchzuführen mit einer Ergebnisführung in der maßgebenden Zweitbelastung mit mindestens  $E_{V2} \geq 90 - 100$  MPa.

Zur Ertüchtigung bestehender Zuwegungen und auch der neu zu errichtenden Kranstellflächen, die nachweislich in einem funktionalen Zustand angetroffen wurden, sollte der eingangs genannte Schichtenaufbau bereichsweise ebenfalls berücksichtigt und sollte vor Aufnahme etwaiger Erdarbeiten in einer örtlichen Begehung noch einmal verifiziert werden, damit eine hinreichende Gebrauchstauglichkeit attestiert werden kann unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit und technischen Machbarkeit.

Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass folgende Vorgehensweise für Bestands-Zuwegungen eingehalten werden sollte.

Veritablerweise sollte auf den vorhandenen Tragschichten ein weiterer Tragschichtenaufbau praktiziert werden mit  $d \sim 30$  cm im erdfeuchten Zustand. Diese Tragschichten sollten durch ca. 3 - 4 Übergänge mit einem Flächenrüttler kreuzweise verdichtet werden. Die Oberfläche ist so zu profilieren, dass anfallendes Oberflächenwasser gezielt abgeführt werden kann. Dies kann beispielsweise durch ein einseitiges Gefälle herbeigeführt werden.

Die Schottertragschichten sollten gemäß TL SoB 04 / Fassung 2007 den anerkannten Regelwerken gemäß ZTVE-StB 2009 entsprechen, sodass Schluffanteile von > 5 Gew.-% nicht enthalten sein sollten.

Ggfs. ist dem Sachverständigen vor Einbau dieser Tragschichten eine Eignungsprüfung vorzulegen.

Recyclingbaustoffe sollten **nicht** zum Einsatz kommen, da die Homogenität chemischer Belastungen bei diesen größeren Streckenabschnitten nicht gewährleistet werden kann, sodass gewisse Verunreinigungen nicht ausgeschlossen werden können. Hierauf wird ausdrücklich aufmerksam gemacht.

### **4.3 Abnahmen / Abfolge der Rammarbeiten / Proberammungen**

Nach Vorlage des jeweiligen Datenblattes bzw. Typenstatik ist eine Verifizierung der in diesem geotechnischen Gutachten dargestellten Vorgaben / Annahmen / Empfehlungen unbedingt vorzunehmen, damit eine ausreichende Gebrauchstauglichkeit gegeben ist. Überdies sind für jeden Standort Baugrubenabnahmen zu veranlassen, damit die in der Typenstatik zugrunde gelegten Bemessungswerte abgeglichen bzw. bestätigt werden können.

Überdies wird empfohlen, bei Beginn der jeweiligen Rammarbeiten die ersten Konstruktionspfähle je Windenergieanlage im Beisein der Geo Rohwedder GmbH herzustellen. Aufgrund der teilweise festgestellten Streuungen bzw. Schwankungen innerhalb des gewachsenen Baugrundes wird überdies empfohlen, die gesamten Rammarbeiten und auch Erdarbeiten einer intensiven Betreuung durch die Geo Rohwedder GmbH zu unterwerfen. Hierbei kann nicht ausgeschlossen werden, dass gegebenenfalls Änderungen in den jeweiligen Pfahllängen vorgenommen werden können, hierbei handelt es sich beispielsweise um Kürzungen der dargestellten Einzelpfahllängen.

Definitive Angaben hierzu sollten nach Vorlage der Typenstatik, respektive der zu wählenden Pfahlarbeiten, mit der Geo Rohwedder GmbH in einem koordinierenden Gespräch abgestimmt werden.

### **4.4 Bauausführung**

Der Pfahlhersteller hat erforderliche Maßnahmen zur Stabilisierung der Arbeitsebene und der erforderlichen Kapplängen der Pfähle eigenverantwortlich festzulegen.

Zur Fassung und Ableitung von in der Baugrube anfallendem Stau- und Niederschlagswassers sind Wasserhaltungsmaßnahmen in Form von Bauhilfsdrainagen und (tiefergesetzten) Pumpensäumpfen vorzusehen und nach Bedarf zu betreiben.

#### **4.5 Baugrubendurchführung / Aufnahme des Frischbetongewichtes**

Die in Gründungsebene größtenteils anstehenden Kleiböden weisen nur eine bedingte Tragfähigkeit auf, sodass mit zusätzlichen Maßnahmen das Frischbetongewicht aufgenommen werden kann.

Wir empfehlen daher unterhalb des Fundamentes folgenden Aufbau (von oben nach unten):

- **Fundament gemäß Typenstatik**
- **40 cm Tragschicht STS 0 – 45 mm**
- **Kombinationsgewebematte (z. B. Combigrid 60/60 Q1 GRK 4 C o. glw.)**
- **anstehender Baugrund**

Da der Geo Rohwedder GmbH zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung keine genaueren Angaben über einzelne Betonierabschnittshöhen bzw. Flächenlasten der jeweiligen Betonierchargen vorliegen, ist nach Vorlage dieser noch fehlenden Daten unbedingt ein Abgleich vorzunehmen, sodass ggfs. die dargestellte Baugrundertüchtigung größer zu bemessen ist, als wie vorstehend beschrieben. Hierauf wird ausdrücklich aufmerksam gemacht.

Alternativ kann für die innenliegende Fundamentsektion eine Ramppfahlgründung parallel zu den Konstruktionspfählen zeitnah hergestellt werden, damit mögliche Muldenbildungen bei Aufbringung der Betoniercharge unterbunden werden.

Diese sog. „Hilfspfähle“ sollten als Lotpfähle mit Kantenabmessungen von wenigstens 30 x 30 cm hergestellt werden.

Weitere Einzelheiten hierzu sollten nach Verifizierung der Planung in einem interdisziplinären Gespräch abgestimmt werden.

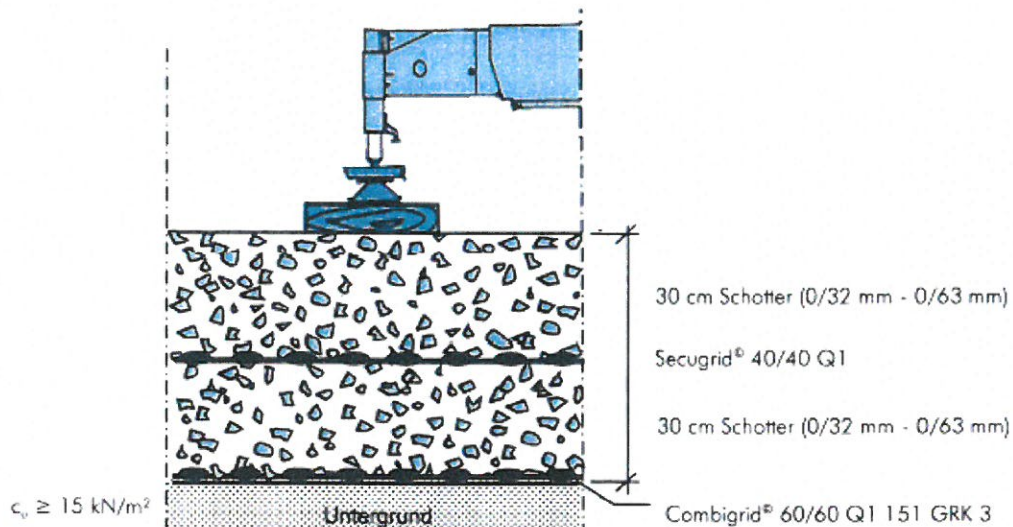
#### **4.6 Kranstellflächen**

Der Klei weist deutlich niedrigere  $E_{V2}$ -Werte als 45 MPa auf und ist aufgrund der geringen Sandanteile extrem wasserempfindlich. Erfahrungsgemäß besitzt der Klei  $E_{V2}$ -Werte von ca. 4 – 6 MPa, sodass ein verstärkter Aufbau durchzuführen ist.

Die Bemessung orientiert sich an einer für den Baugrund angenommenen undrainierten Scherfestigkeit von  $c_u \geq 15 \text{ kN/m}^2$ , die mit einem  $E_{V2}$ -Wert von ca. 4 – 6 MPa korreliert werden kann. Aufgrund der anzunehmenden hohen Stützlasten der einzusetzenden Krananlage von über 2000 kN werden lastverteilende Platten unter den Pratzen notwendig.

Demzufolge wird zunächst empfohlen (vorbehaltlich der Bestätigung nach Vorlage des einzusetzenden Kranes / Krاندatenblattes!), ein Geogitterverbundbaustoff (Kombinationsgewebematte, z. B. 60 / 60 Q1 151 GRK 3) einzusetzen. Die Verlegung der Geogitterlagen (untere Lage / obere Lage) hat kreuzweise zu erfolgen, um eine ausreichende Überlappungslänge in allen Lastbereichen der jeweiligen Kontaktflächen zu gewährleisten.

Unter Berücksichtigung eines Schichtenaufbaus im Bereich der Kranstellflächen (neu zu errichtende Kranstellflächen!) ist ein Tragschichtenaufbau mit mindestens  $d \geq 60$  cm mit reinen Mineraltragschichten (Schottertragschichten STS 0/45 mm, z. B. Granodiorit o. glw.) und einer hinreichenden Lastverteilungsplatte je Kranpratze herzustellen. Dies wird schematisch dargestellt.



Aufbau des empfohlenen bewehrten Gründungspolsters

Nach Vorlage des jeweiligen Datenblattes für die einzusetzenden Krananlagen sollten Grundbruchberechnungen durch die Geo Rohwedder GmbH geführt werden, damit ein lückenloser Nachweis der Tragfähigkeiten in jedem Bauzustand attestiert werden kann. D. h., dass größere Lastverteilungsflächen geschaffen werden müssen, damit die hohen Vertikallasten über die Kontaktflächen der Kranpratzen hinreichend kompensiert werden können.

Nach Planungsfortschreibung und konkreter Veranlassung wird hierzu Stellung genommen.

#### **4.7 Grundwasseranalytik**

Bei Ausführung der Feldarbeiten Mitte Oktober 2019 wurden durch die Geo Rohwedder GmbH im Bereich der Sondierbohrungen je Standort ein 2" Pegelrohr geschlagen und nach Klarpumpen des Grundwassers Wasserproben entnommen. Die von uns entnommenen Wasserproben wurden von dem akkreditierten Labor UCL Umwelt Control Labor GmbH, 24111 Kiel, untersucht.

Unter der Prüfbericht Nr. 19-56232/2 können gem. Anlagenkonvolut 5 die hierbei gewonnenen Beurteilungen und auch die jeweiligen Untersuchungsparameter entnommen werden. Demzufolge kann das Grundwasser gem. DIN 4.030, Teil 2, als "nicht betonangreifend" dargestellt werden.

Überdies wurde eine Beurteilung auf Stahlaggressivität gem. DIN 50.929 vorgenommen, sodass auch bei den dargestellten Parametern keine Anomalien vorliegen. Soll heißen, dass keine Bedenken bestehen, sodass in der Tragwerksplanung wie ursprünglich auch angedacht, lediglich (präventiv!) die Expositionsklassifizierung "X<sub>A1</sub>" berücksichtigt werden sollte.

Weitere Einzelheiten zu den jeweiligen Analysen bzw. Untersuchungsparameter und Beurteilungen können den beigefügten Anlagen 5 entnommen werden.

#### **4.8 Verhalten bei Nutzungsende**

Die geplanten Windenergieanlagen unterliegen nach dauerhafter Aufgabe der zulässigen Nutzung dem gesamten Rückbau. Die Rückbauverpflichtung erfasst gem. § 179 BauGB grundsätzlich alle Bauteile der Anlage. Dazu zählen auch die vollständigen Fundamente.

Der Rückbau der jeweiligen Windenergieanlagen-Fundamente ist derart vorzunehmen, soweit er nicht unmöglich ist. Soll heißen, dass bis ca. Oberkante Pfahlkopf, resp. Sohlplattenunterkante vollständig rückzubauen ist.

Nach Rückbau des Einzelfundamentes, sofern es möglich ist, ist eine Verfüllung mit wasserdurchlässigen Sanden vorzunehmen mit Mächtigkeiten von ca. 1 - 1,2 m. Danach sind sandige Kulturböden aufzubringen bis zur geplanten Geländeoberkante mit einem Übermaß um ca. 5 - 6 cm, da sich im Zuge von sog. "Seichtsetzungen" sowie durch das Einschlämmen der Auftragsböden Setzungen einstellen werden von erfahrungsgemäß ca. 4,8 - 5,6 cm.

D. h., dass im Zuge dieser Kultivierung eine hervorragende Ausgangssituation für die künftige Bewirtschaftung des jeweiligen Areals vorgenommen werden kann.

Soll heißen, dass aus geotechnischer Sicht bei Einhaltung der Forderungen gem. § 179 BauGB eine hinreichende Bewirtschaftung und Funktionalität im Sinne der jeweiligen Nutzung gewährleistet wird, sodass auch die Gebrauchstauglichkeit gegeben ist.

#### **4.9 Baugrubengestaltung**

Zur Trockenhaltung der jeweiligen Fundamentbaugruben werden, bedingt durch die erbohrten Schichtenwasserstände, Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich.

Im vorliegenden Fall sollten zunächst Maßnahmen der offenen Wasserhaltung mit tiefergesetzten Pumpensämpfen und Drainleitungen  $DN \geq 100$  mm vorgenommen werden. Anfallendes Oberflächen- bzw. Schichtenwasser ist einem tiefergesetzten Pumpensämpf mit schwimmergesteuerter Tauchpumpe zuzuführen und von hier aus einer jeweiligen Vorflut abzuführen.

Die Drainagen sollten sowohl als Ring- und auch Flächendrainagen innerhalb der jeweiligen Arbeitsebene platziert werden. Ggfs. sind nach Erreichen der jeweiligen Fundamentsohlen Tieferschachtungen so zu bemessen, dass innerhalb der hinreichenden Baugrundertüchtigung diese Flächen- und Ringdrainagen gem. DIN 4.095 eingearbeitet werden können. Diese Baugrundertüchtigung dient dann u. a. als Drain- / Pufferschicht und als ausreichende Arbeitsebene.

Für das Anlegen der Baugruben ist die DIN 4.124 maßgeblich. Demzufolge müssen tiefere Baugruben hinreichend geböschet oder abgestützt werden. Die Neigungen der jeweiligen Böschungen dürfen innerhalb der anstehenden Baugrundsystematik  $45^\circ$  nicht überschreiten. Hierauf wird ausdrücklich aufmerksam gemacht. Ggfs. sind die Böschungen den örtlichen Gegebenheiten anzupassen und auch flacher auszubilden.

Die Grundwasserabsenkungsmaßnahmen sind dem jeweiligen Bodenaushub vorausseilend vorzuschalten und der Bodenaushub als Trockenaushub durchzuführen.

Weiterführende Aussagen hierzu sollten im Zuge von Baugrubenabnahmen bzw. bei konkreter Veranlassung in der Örtlichkeit durch den Sachverständigen dargestellt und den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden.

Überdies sind die Baugrubenböschungen generell gegen Witterungseinflüsse (Regen / Frost) zu schützen und bei Bedarf mit Folien abzukleiden, damit größere Erosionserscheinungen unterbunden werden.

Des Weiteren wird darauf aufmerksam gemacht, dass eine hinreichende Bodenaufschüttung bzw. Überschüttung mit geeignetem Material vorzunehmen ist. Die für die Bodenaufschüttung und auch Bauwerkshinterfüllungen einzusetzenden Erdstoffe müssen umwelt- und abfalltechnisch unbedenklich sein.

Die gewachsenen Marschböden nehmen die anfallenden Wassermenge langsam aber stetig auf, wobei infolgedessen die Konsistenzeigenschaften verändert werden. Mit der Wasserabgabe verhält es sich äquivalent, wohingegen die Wasserwegsamkeit innerhalb der bindigen Marschböden abhängig von eingelagerten Wattsanden ist. Daher ist zu beachten, dass es bei trockenen Bauabschnitten im Marschbereich im Laufe unterschiedlicher Zeiträume zur Entwässerung kommen kann. Es ist mit dem Austritt von Sickerwässern größeren Ausmaßes zu rechnen. Ein einheitliches Niveau des vorkommenden Schichtenwassers ist dabei nicht bzw. nur schwer zu prognostizieren.

Die Aushub- und Gründungssohlen sind vor sekundärem Aufweichen infolge von Niederschlagsereignissen zu schützen.

#### **4.10 Abnahmen**

Abnahmen durch die Geo Rohwedder GmbH sind je Standort zu veranlassen:

- **Nach Vorlage der Typenstatik für die einzelnen Windenergieanlagen,**
- **nach Bekanntwerden der jeweiligen Tiefgründungsmaßnahme,**
- **bei Erreichen der jeweiligen Baugrubensohlen zur örtlichen Inaugenscheinnahme der freigelegten Baugrundsystematik sowie zum Abgleich der in der Typenstatik zugrunde gelegten Annahmen und zur Bestätigung und zur definitiven Festlegung der eigentlichen Gründungstiefen**
- **bei der Einbringung der ersten Konstruktionspfähle im Bereich der jeweiligen Standorte, um die Pfahllängen auf den Baugrund abzustimmen bzw. zu verifizieren,**
- **nach Vorlage konkreter Datenblätter über die einzusetzenden Krananlagen,**
- **zur Durchführung von Verdichtungsüberprüfungen (Rammsondierungen / statische Lastplattendruckversuche / dynamische Plattendruckversuche) im Bereich der Kranstellflächen / neu zu errichtender Zuwegungen / Bestandszuwegungen sowie im Gründungsbereich der noch offenstehenden Windenergieanlage WEA 2!),**
- **nach Vorlage der geführten Rammberichte (sowohl Große als auch Kleine Rammberichte!), um hierauf basierend detaillierte Angaben über das eigentliche Tragverhalten der hergestellten Tiefgründung darzustellen sowie zur Bestätigung der in der Typenstatik dargestellten Bemessungswerte.**

#### **5. Zusammenfassung**

Die geplante Windfarm der 1. Ausbaustufe (Windkraftanlagengruppe I) ist im Rahmen der Planungsfortschreibung unbedingt zu verifizieren. Des Weiteren sind nach Vorlage der Typenstatik für den geplanten Anlagentyp (Siemens Gamesa) weitere Bemessungswerte zu verifizieren bzw. die in diesem geotechnischen Gutachten dargestellten Empfehlungen / Vorgaben und Annahmen abzugleichen.

Generell sind zunächst Rammpfähle gem. DIN 4.026 zu praktizieren mit Kantenabmessungen von mindestens 40 x 40 cm. Die einzubringenden Rammpfähle sollten innerhalb des mitteldicht und auch dicht gelagerten Sandes bzw. halbfesten Geschiebemergels Einbindelängen aufweisen von min.  $t_e \geq 6$  m, damit die zugrunde gelegten Druck- und auch Zugbelastungen je Pfahl sicher aufgenommen werden können.

Auf die Notwendigkeit von Baugrubenabnahmen und auch Proberammungen je Standort im Beisein der Geo Rohwedder GmbH wird explizit aufmerksam gemacht. Dies ist auch Bestandteil der noch offen stehenden Typenstatik!

Sollten lokal Hindernisse angetroffen werden, sodass die bauherrenseits vorgesehene Absetztiefe nicht erreicht werden kann, so ist der Sachverständige unbedingt zu benachrichtigen, um die Notwendigkeit von Ersatzpfählen zeitnah festlegen zu können.

Die vorhandenen Zuwegungen weisen einen funktionalen Zustand auf, sollten jedoch geringfügig ertüchtigt werden, damit die jeweiligen Frequentierungen durch den eigentlichen Baustellenverkehr auch bei widrigen Witterungsverhältnissen durchgeführt werden können.

In diesem Zusammenhang wird auf die konsequente Ausführung von Verdichtungsüberprüfungen auf Oberkante Planum mittels Rammsondierungen als auch statischen Lastplattendruckversuchen gem. DIN 18.134 hingewiesen. Insbesondere sind statische Lastplattendruckversuche auf Oberkante Schottertragschichten im Bereich der Zuwegungen vorzunehmen, sodass erst nach positivem Ausgang dieser Verdichtungsüberprüfungen eine Beschickung der einzelnen Windenergieanlagen vorgenommen werden kann.

Der Pfahlanbieter hat die zulässige äußere Tragfähigkeit von dem von ihm angebotenen Pfahltyp nachzuweisen. Er darf hierzu ersatzweise Ergebnisse von Probelastungen vorlegen, die er mit seinem Pfahltyp unter vergleichbaren Verhältnissen erreicht hat.

Bei einheitlichem Baugrund sind für mindestens 10 – 15 % der Pfahlanzahl ausführliche Rammberichte während des gesamten Rammvorganges je Anlage zu führen. Hierbei handelt es sich um Große und Kleine Rammberichte.

Da der Einbindehorizont größeren Schwankungen unterliegt, sind die Pfahlarbeiten einer intensiven Betreuung des Sachverständigen zu unterwerfen, damit ein lückenloser Nachweis der Tragfähigkeiten gewährleistet wird. Endgültige Pfahllängen sind vor Ort in Abhängigkeit der Rammhitzen festzulegen.

Geländeaufrhöhungen seitlich der geplanten Windenergieanlagen sind nicht zu erwarten, ebenfalls findet keine Mehrbelastung des Bodens unterhalb des Fundamentes statt, sodass zunächst **keine** negative Mantelreibung zu berücksichtigen ist.

Auf das Auftreten von Packlagen / Steinlagen wird hingewiesen, sodass mit lokal auftretenden Hindernissen zu rechnen ist.

Die dargestellten Empfehlungen sind als vorläufige Einschätzungen zu berücksichtigen, sodass beispielsweise nach Vorlage der einzusetzenden Krananlagen bzw. des Krandatenblattes detaillierte Angaben über Baugrundertüchtigungsmaßnahmen durch die Geo Rohwedder GmbH festgelegt wird.

D. h., es werden dann gezielte Grundbruchuntersuchungen in Anlehnung an das Regelwerk der DIN 1.054 vorgenommen.

Für Rückfragen und weitere Beratungen stehen wir Ihnen weiterhin gern zur Verfügung.





\*\*\*\*\*

Sachbearbeiter:

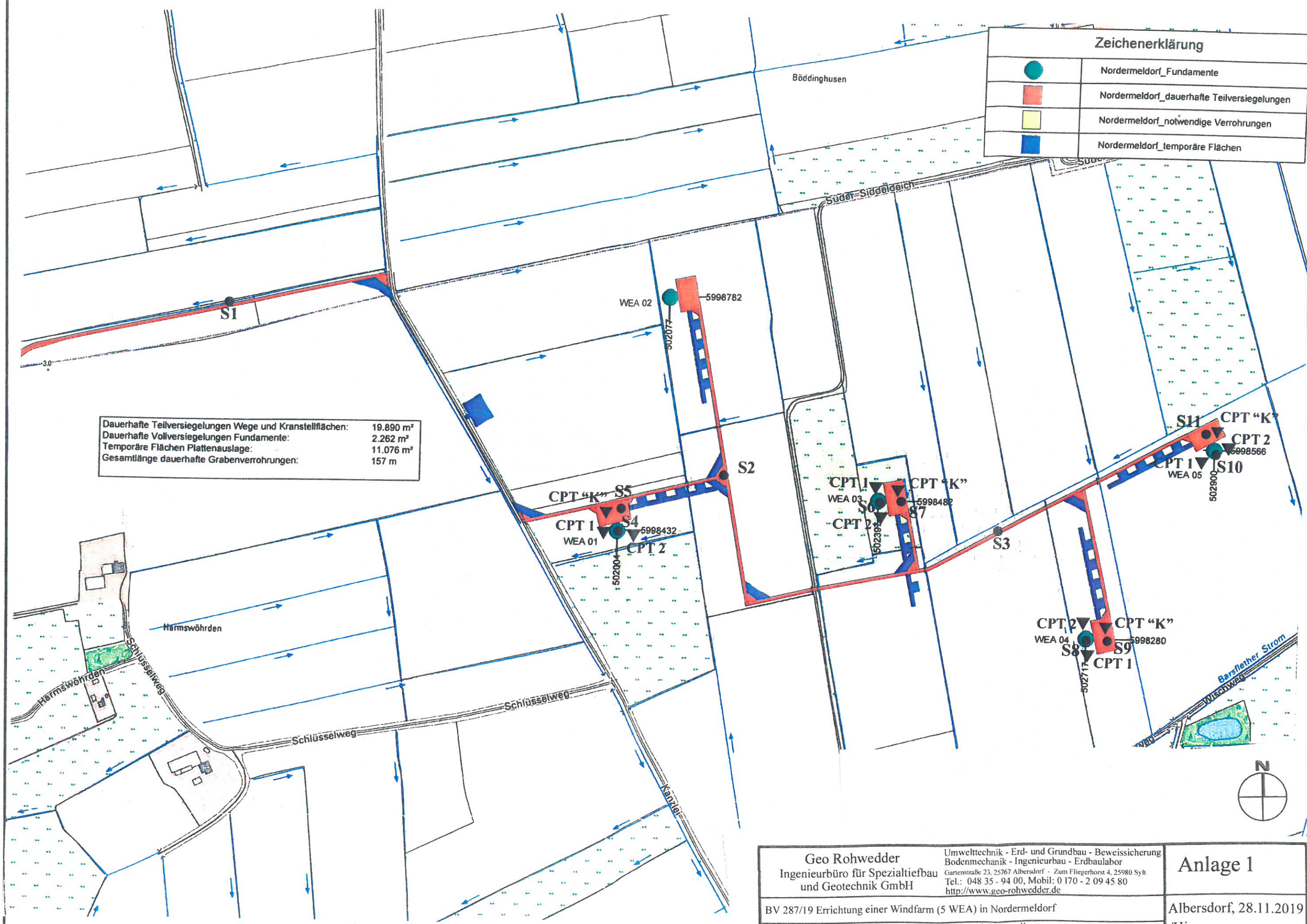
  
.....  
(Dipl.-Ing. P. C. Rohwedder)

*(Red circular stamp: Rohwedder-Spezialbau GmbH, Berwanger, 10557 Berlin, VDI, 20.08.2019)*



Zeichenerklärung	
	Nordermeldorf_Fundamente
	Nordermeldorf_dauerhafte Teilversiegelungen
	Nordermeldorf_notwendige Verrohrungen
	Nordermeldorf_temporäre Flächen

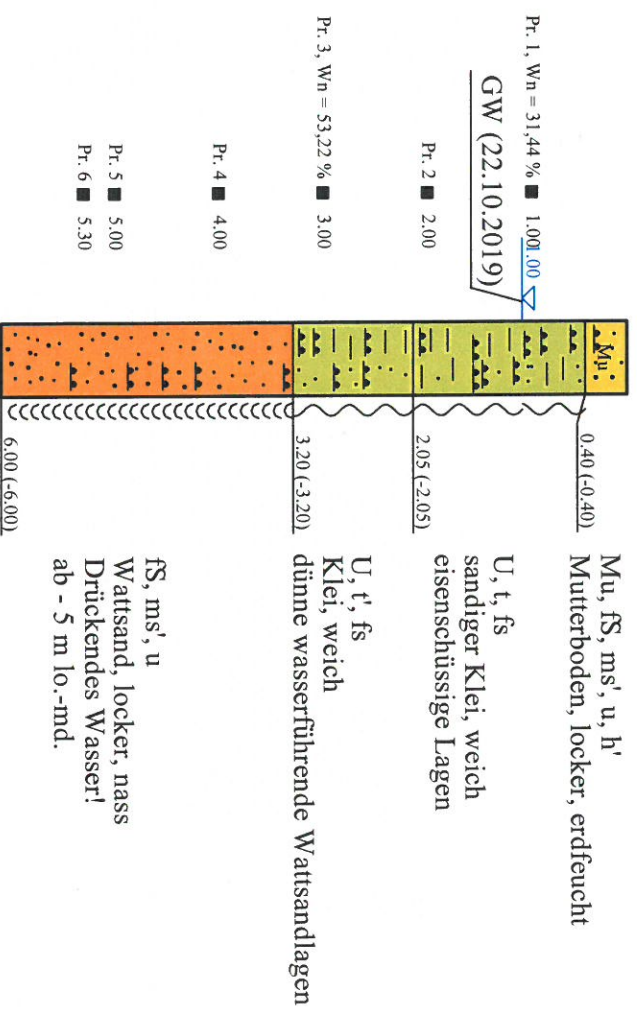
Dauerhafte Teilversiegelungen Wege und Kranstellflächen:	19.890 m <sup>2</sup>
Dauerhafte Vollversiegelungen Fundamente:	2.262 m <sup>2</sup>
Temporäre Flächen Plattenauslage:	11.076 m <sup>2</sup>
Gesamtlänge dauerhafte Grabenverrohrungen:	157 m



<b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 048 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80 <a href="http://www.geo-rohweder.de">http://www.geo-rohweder.de</a>	<b>Anlage 1</b>
	Albersdorf, 28.11.2019 /Hi
BV 287/19 Errichtung einer Windfarm (5 WEA) in Nordermeldorf Lageplan der Kleinrammbohrungen und Spitzendrucksondierungen	

# S1/19

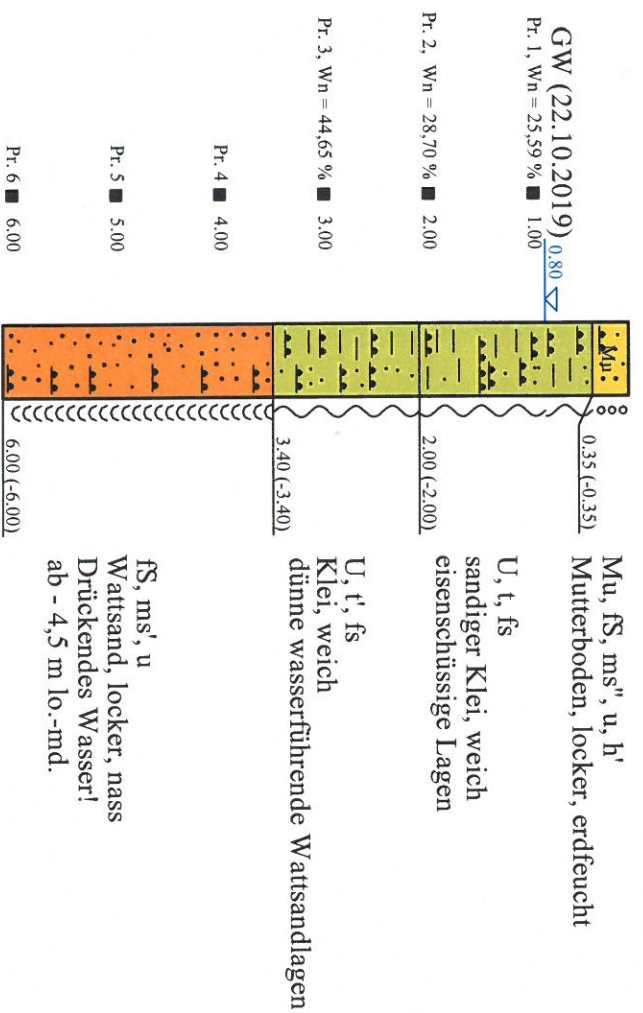
(Zuwegung)  
0,00 m GOK



<p><b>Geo Rohwedder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p> <p>Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbeulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zamm Filtegehorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80</p> <p>BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf Kleinrammbohrung S1/19</p> <p>M. d. H.: 1 : 75 M. d. L.: /.</p>	<p><b>Anlage 2.1</b></p> <p>Albersdorf, 28.11.2019</p>
--	--

# S2/19

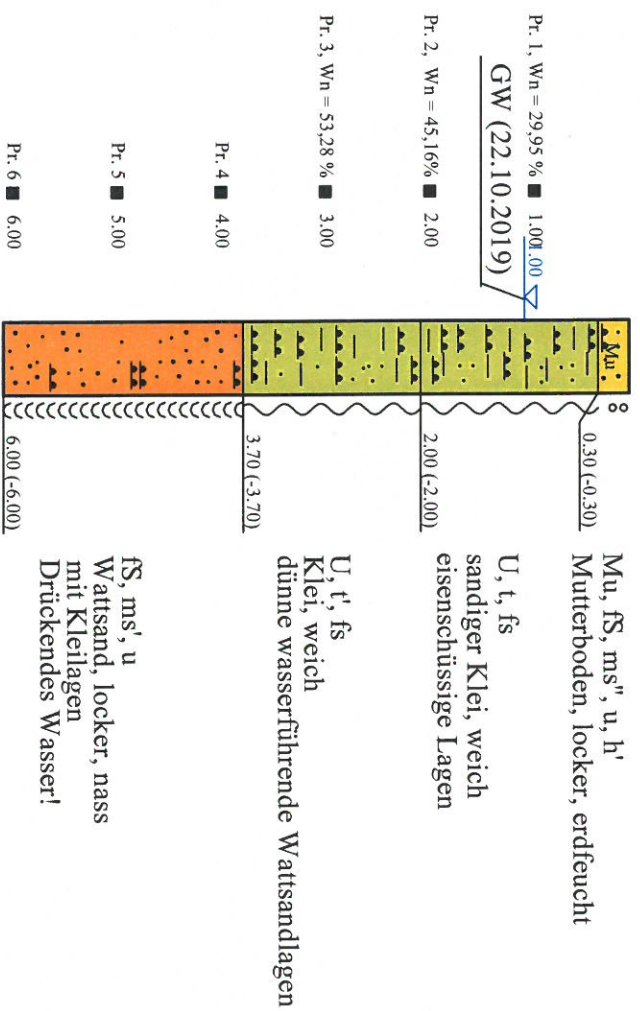
(Zuwegung)  
0,00 m GOK



<b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordmeldorf Kleinrammbohrung S2/19 M. d. H.: 1 : 75 M. d. L.: /		Umweltschutz - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodemechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zaun Fliegenhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80	
		<b>Anlage 2.2</b> Albersdorf, 28.11.2019	

# S3/19

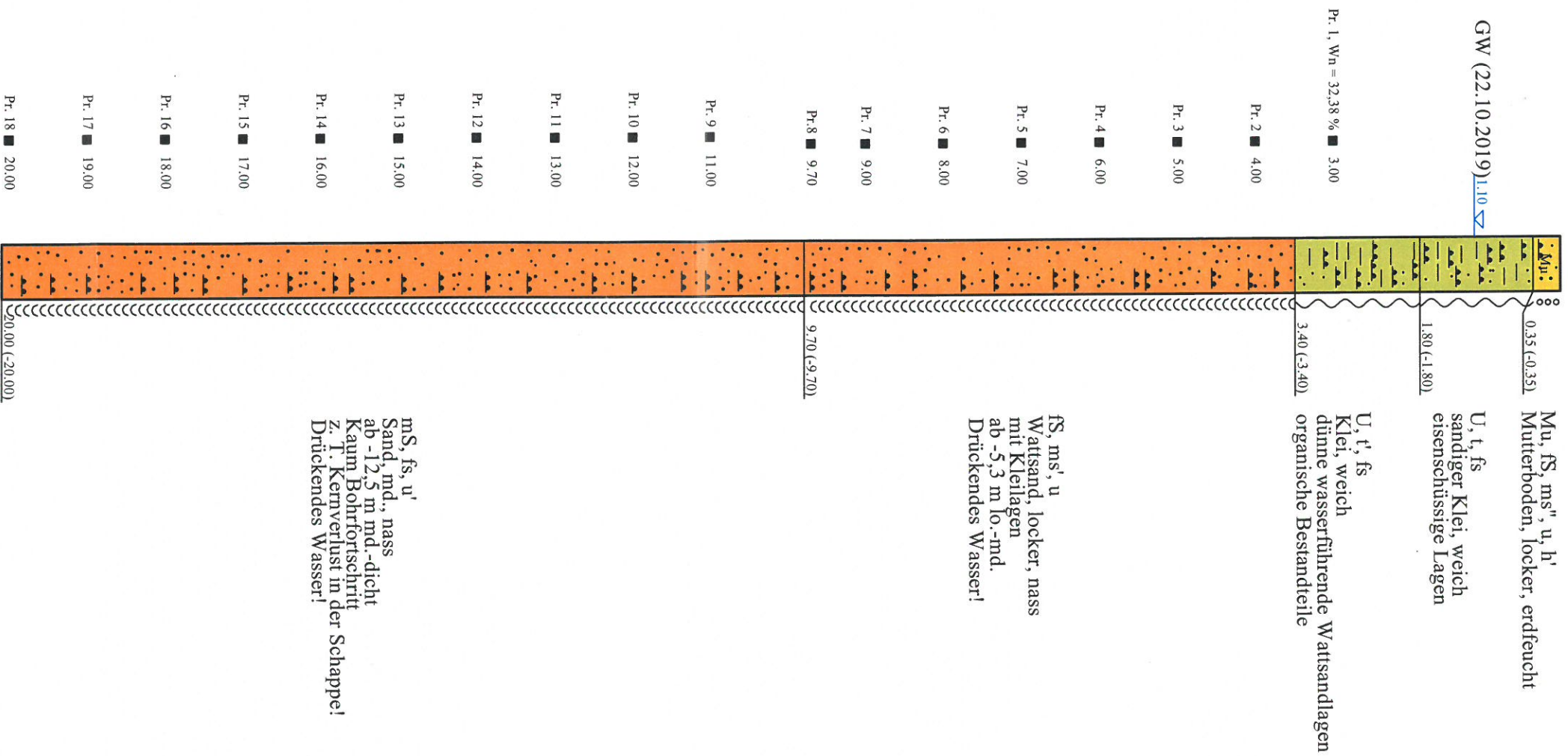
(Zuwegung)  
0,00 m GOK



<p><b>Geo Rohweder</b>          Ingenieurbüro für Spezialtiefbau          und Geotechnik GmbH</p> <p>Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung          Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdhauallabor          Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zimm Fliegerhorst 4, 25980 Sylt          Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80</p>	<p><b>Anlage 2.3</b></p> <p>Albersdorf, 28.11.2019</p>
<p>BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf          Kleinrammbohrung S3/19</p>	
<p>M. d. H.: 1 : 75          M. d. L.: /.</p>	

# S4/19

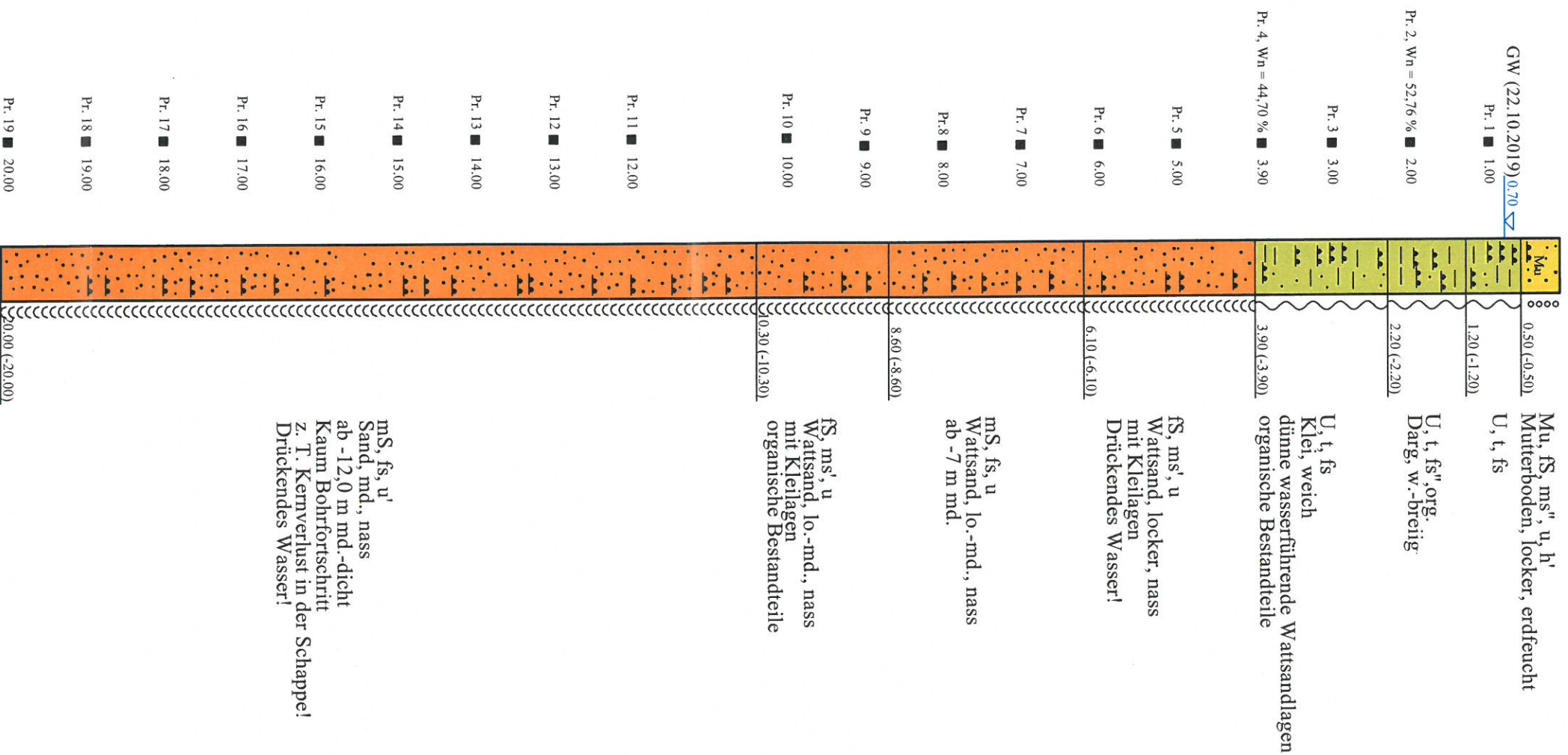
(WEA1)  
0,00 m GOK



<b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordernmeldorf Kleinrammbohrung S4/19 M. d. H.: 1 : 75 M. d. L.: /		Umweltechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodentechnik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zimm Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80	
		<b>Anlage 2.4</b>	
		Albersdorf, 28.11.2019	

# SS/19

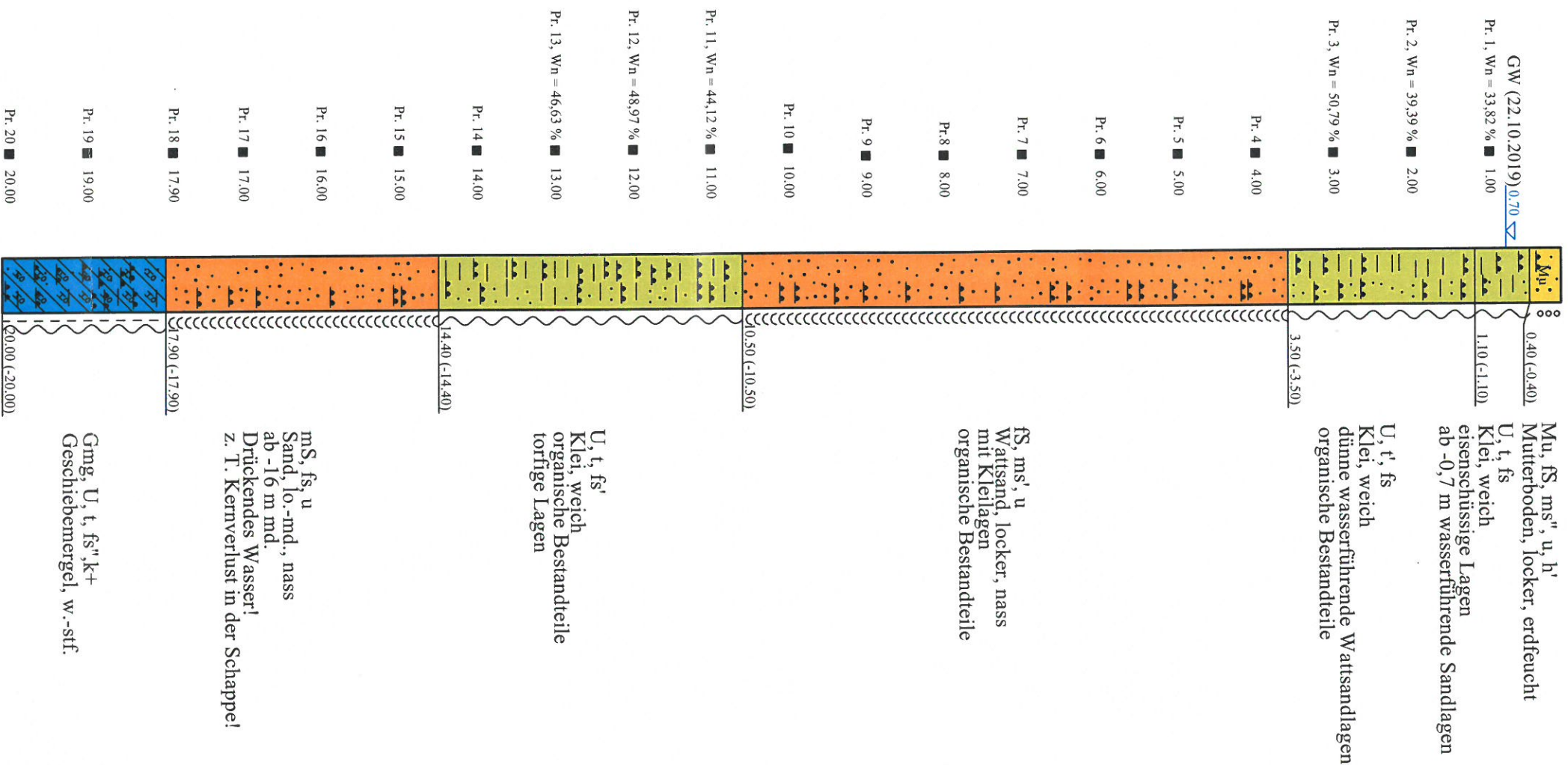
(WEA1, Kranstellfläche)  
0,00 m GOK



<b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordemeldorf Kleinrammbohrung SS/19 M. d. H.: 1 : 75 M. d. L.: /	Umweltechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zaun Fliegehorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80	<b>Anlage 2.5</b> Albersdorf, 28.11.2019
---	--	---

# S7/19

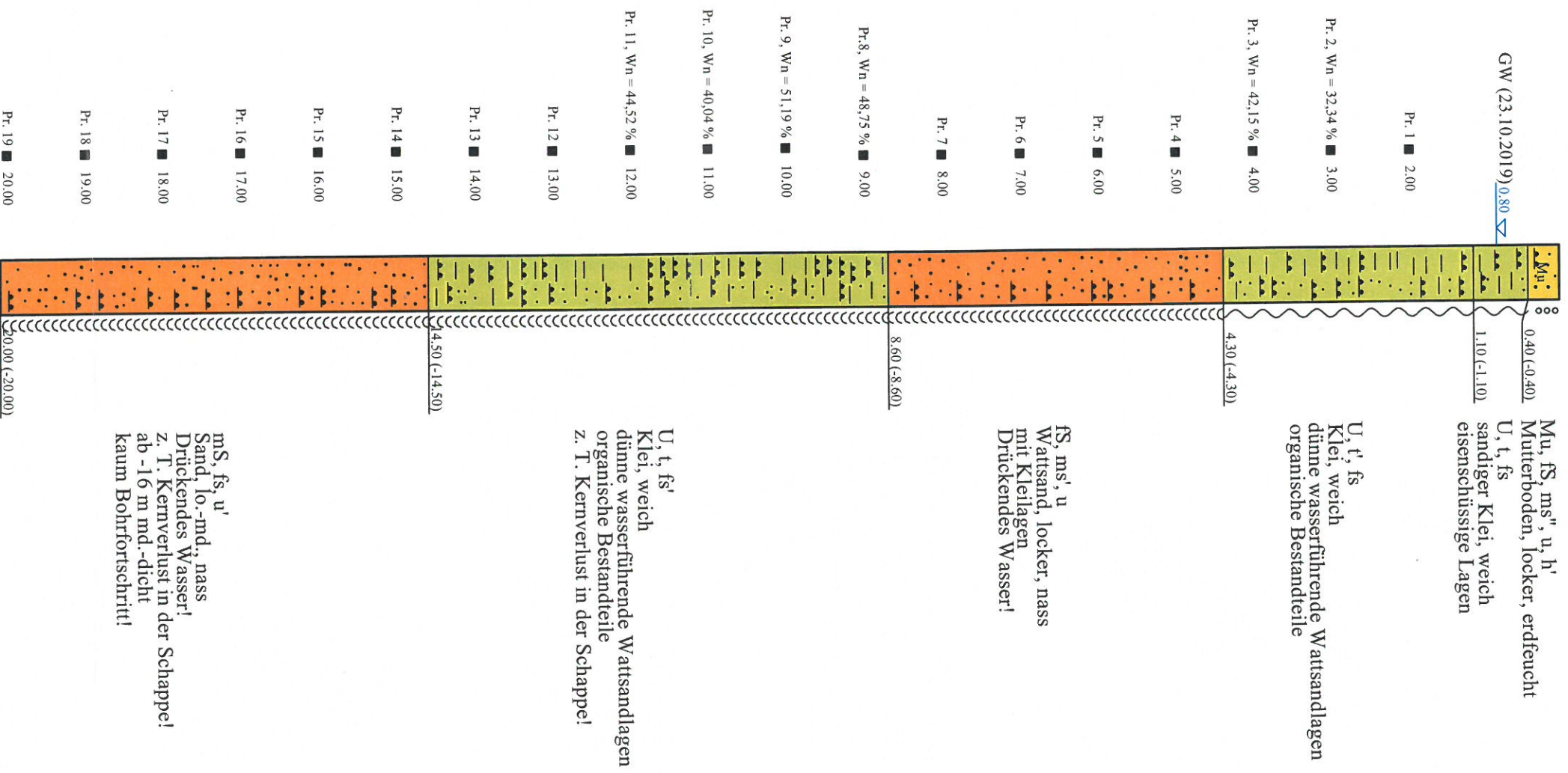
(WEA3, Kranstellfläche)  
0,00 m GOK



<b>Geo Rohweddler</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH		Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Syll Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80	
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordemmeldorf Kleinrammbohrung S7/19		<b>Anlage 2.7</b>	
M. d. H.: 1 : 75 M. d. L.: /		Albersdorf, 28.11.2019	

# S8/19

(WEA4)  
0,00 m GOK

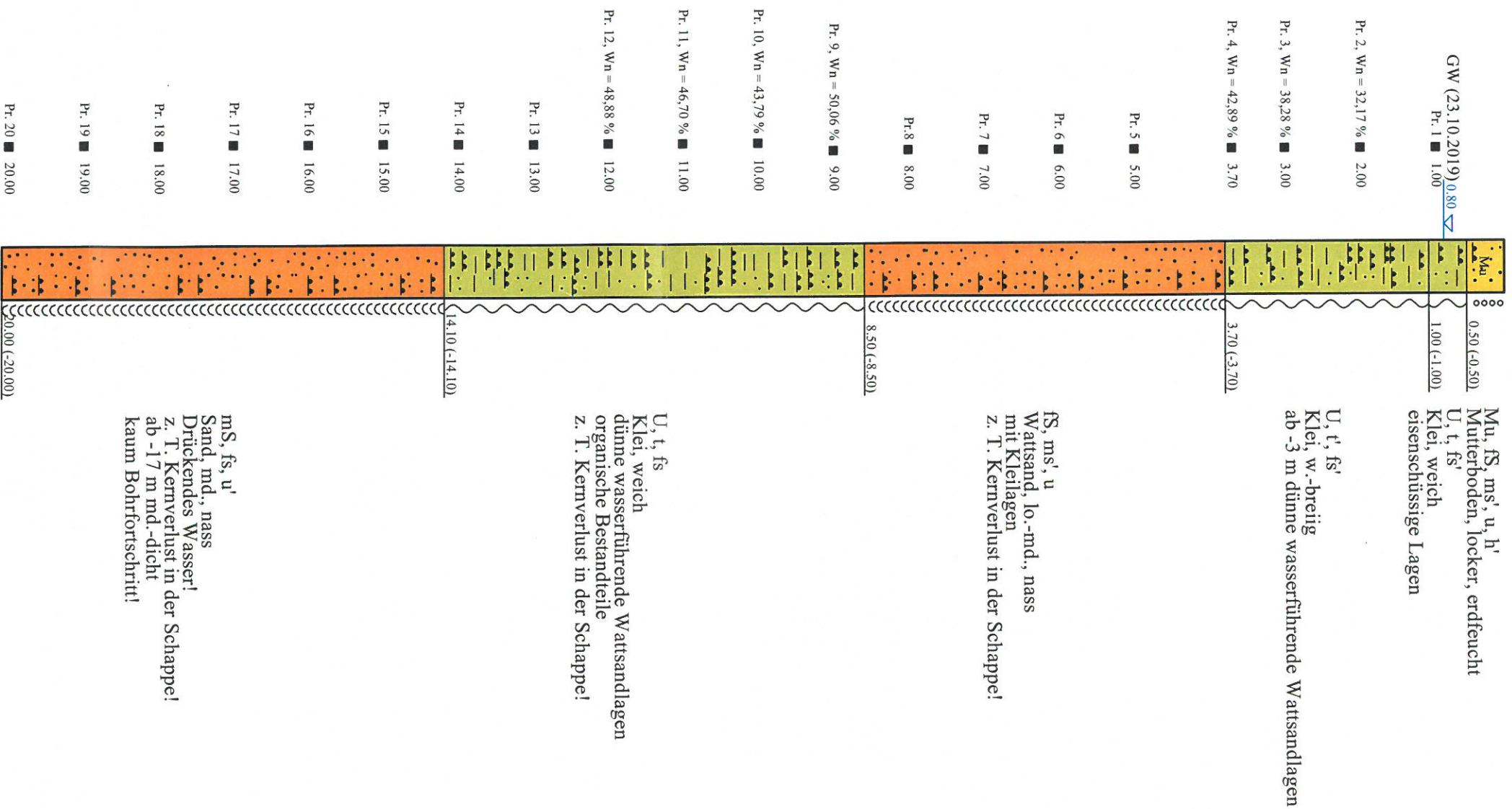


<b>Geo Rohwedder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH		Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 23767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 23980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80	
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf Kleinrammbohrung S8/19		<b>Anlage 2.8</b> Albersdorf, 28.11.2019	
M.d.H.: 1 : 75 M.d.L.: /			



# S9/19

(WEA4, Kranstellfläche)  
0,00 m GOK

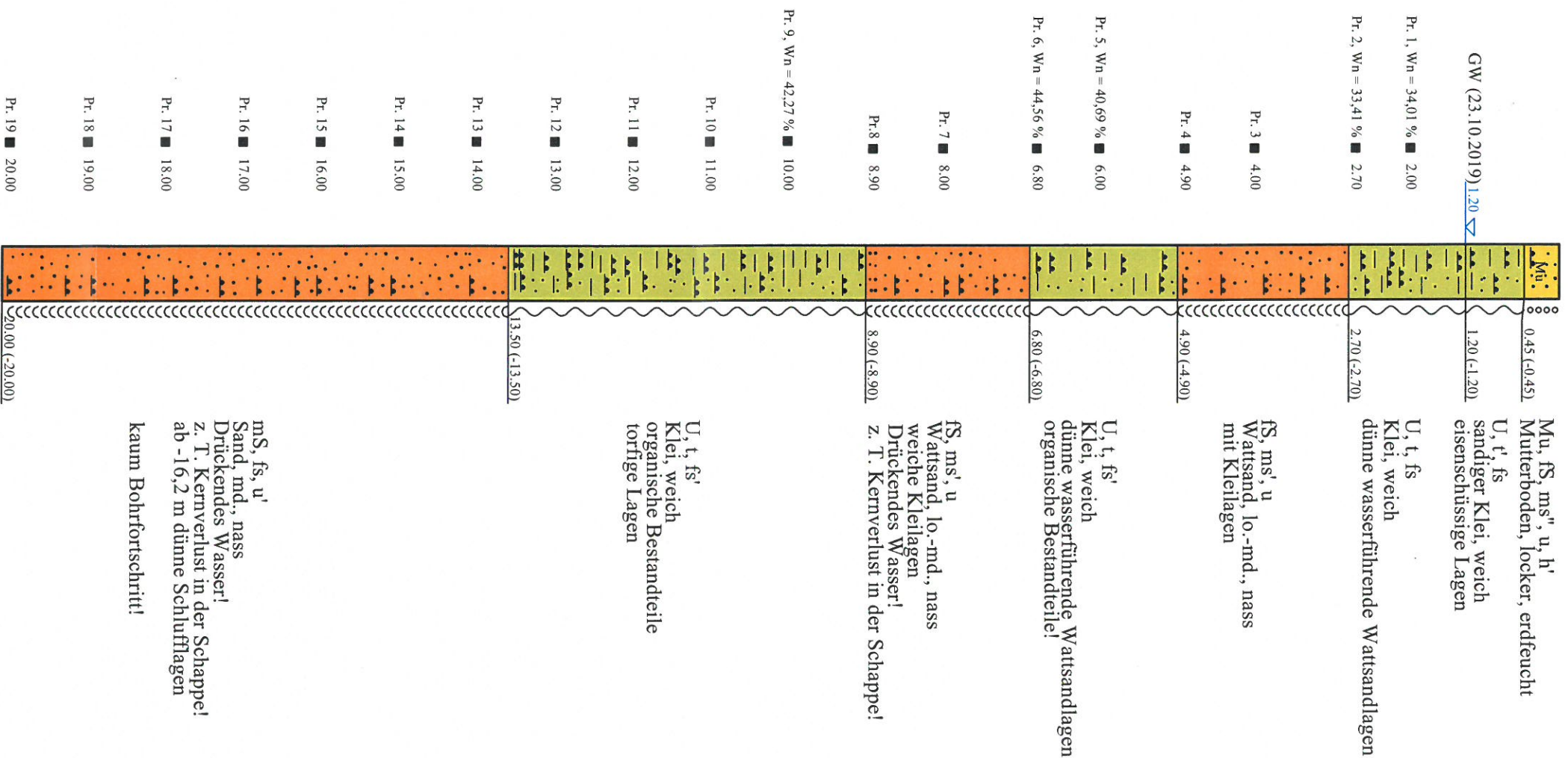


<b>Geo Rohwedder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordemeldorf Kleinrammbohrung S9/19 M. d. H.: 1 : 75 M. d. L.: /	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodemechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegenhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80
<b>Anlage 2.9</b>	Albersdorf, 28.11.2019

# S10/19

(WEAS)

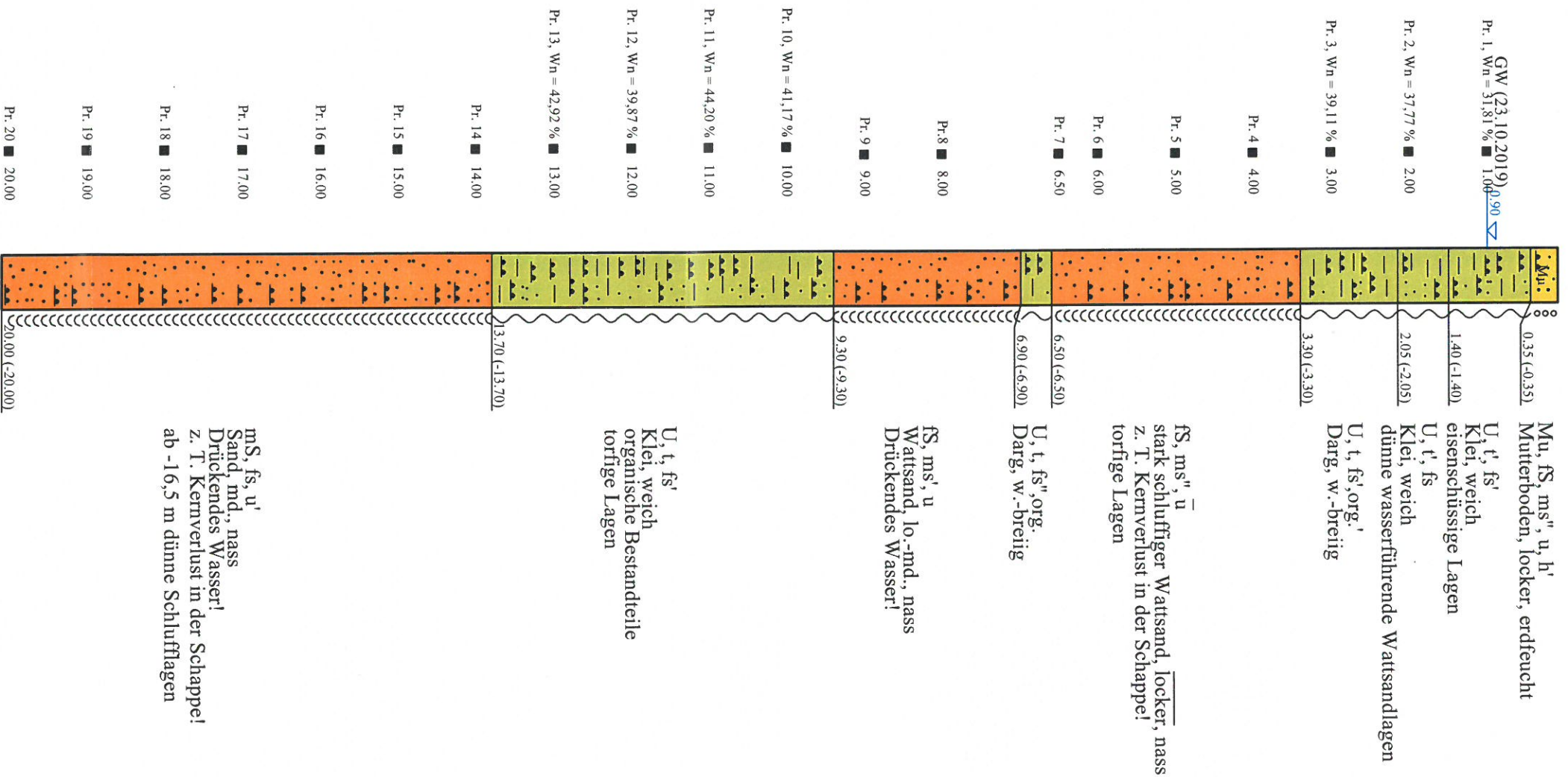
## 0,00 m GOK



<b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf Kleinrammbohrung S10/19 M. d. H.: 1 : 75 M. d. L.: /	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodentechnik - Ingenieurbau - Erdbauhuber Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegenhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80	<b>Anlage 2.10</b> Albersdorf, 28.11.2019
	Albersdorf, 28.11.2019	

# S11/19

(WEA5, Kranstellfläche)  
0,00 m GOK



<b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH		Umweltechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zimm Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80	
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf Kleinrammbohrung S11/19		<b>Anlage 2.11</b> Albersdorf, 28.11.2019	
M. d. H.: 1 : 75 M. d. L.: /			

Benennung		Kurzzzeichen		Zeichen	bautechnische wichtige Eigenschaften	
Bodenart	Beimengung	Bodenart	Beimengung			
<b>KIES</b>	kiesig	G	g			breiig
Grobkies	grobkiesig	gG	gg			weich
Mittelkies	mittelkiesig	mG	mg			steif
Feinkies	feinkiesig	fG	fg			halbfest
<b>SAND</b>	sandig	S	s			fest
Grobsand	grobsandig	gS	gs			klüftig
Mittelsand	mittelsandig	mS	ms			schwach
Feinsand	feinsandig	fS	fs			stark
Schluff	schluffig	U	u			locker
Ton	tonig	T	t			mitteldicht
Torf, Humus	torfig, humos	H	h			dicht
Mudde (Faulschlamm)	—	F	—		zers., gepr.	zersetzt, gepreßt
—	—	—	—	—	(-)	kalkfrei
Auffüllung	—	A	—	A	(+)	kalkhaltig
Steine	steinig	X	x		Pfl.-R.	Pflanzenreste
Mutterboden	—	Mubo	—	Mu	MI.-R.	Muschelreste
Verwitterungs-Gehängelehm	—	L	—		W %	Wassergehalt %
Geschiebelehm	—	Gl	—		V <sub>gl</sub> %	Glühverlust %
Geschiebemergel	—	Gmg	—		Be	Becken.....
Klei, Schlick	—	Kl	—			
Wiesen- u. Seekalk Seekreide Kalkmudde	—	WK	—			
Kreidestein	—	Krst	—	Z H Z H Z H		
Grundwasser (m)					Wasser angebohrt	
Grundwasser (m)					Wasser nach Bohrende	
Grundwasser (m)					Wasser in Ruhe	

Geo Rohwedder  
Ingenieurbüro für Spezialtiefbau  
und Geotechnik GmbH

Umwelttechnik – Erd- und Grundbau - Beweissicherung  
Bodenmechanik – Ingenieurbau – Erdbaulabor  
Gartenstraße 23 25767 Albersdorf – Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt  
Tel.: 0 4835 – 94 00, Mobil: 0 170 – 2 09 45 80  
<http://www.geo-rohwedder.de>

Anlage 2.12

BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf

Legende der Abkürzungen für Baugrundprofile  
(DIN 4023)

Albersdorf, 28.11.2019  
/Lo

# LEGENDE DER ABKÜRZUNGEN FÜR BAUGRUNDPROFILE

## GEOTECHNISCHE BEGRIFFE

(DIN 4022-1, DIN 4023, DIN 18196, DIN 1080)

### GRUPPENSYMBOL

#### Grobkörnige Böden

<b>GE</b>	enggestufte Kiese
<b>GW</b>	weitgestufte Kies-Sand-Gemische
<b>GI</b>	intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische
<b>SE</b>	enggestufte Sande
<b>SW</b>	weitgestufte Sand-Kies-Gemische
<b>SI</b>	intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische

#### Gemischtkörnige Böden

<b>GU</b>	Kies-Schluff-Gemische	$5 \dots 15 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
<b>GU*</b>	Kies-Schluff-Gemische	$15 \dots 40 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
<b>SU</b>	Sand-Schluff-Gemische	$5 \dots 15 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
<b>SU*</b>	Sand-Schluff-Gemische	$15 \dots 40 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
<b>GT</b>	Kies-Ton-Gemische	$5 \dots 15 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
<b>GT*</b>	Kies-Ton-Gemische	$15 \dots 40 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
<b>ST</b>	Sand-Ton-Gemische	$5 \dots 15 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
<b>ST*</b>	Sand-Ton-Gemische	$15 \dots 40 \% \leq 0,06 \text{ mm}$

#### Feinkörnige Böden

<b>UL</b>	leicht plastische Schluffe
<b>UM</b>	mittelpastische Schluffe
<b>UA</b>	ausgeprägt zusammendrückbare Schluffe
<b>TL</b>	leicht plastische Tone
<b>TM</b>	mittelpastische Tone
<b>TA</b>	ausgeprägt plastische Tone

#### Organogene Böden und Böden mit org. Beimengungen

<b>OU</b>	Schluffe mit org. Beimengungen/organogene Schluffe
<b>OT</b>	Tone mit org. Beimengungen/organogene Tone
<b>OH</b>	grob- bis gemischtkörnige Böden, humos
<b>OK</b>	grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen Bildungen

#### Organische Böden

<b>HN</b>	nicht bis mäßig zersetzter Torf
<b>HZ</b>	zersetzte Torfe
<b>F</b>	Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy, Sapropel
<b>Brk.</b>	Braunkohle

#### Auffüllungen

[ ]	Auffüllungen aus natürl. Böden (jew. Gruppensymbol)
<b>A</b>	Auffüllungen aus Fremdstoffen

### GEOTECHNISCHE GRUNDBEGRIFFE

<b>w<sub>L</sub></b>	Fließgrenze	<b>I<sub>D</sub></b>	bezogene Lagerungsdichte
<b>w<sub>P</sub></b>	Ausrollgrenze	<b>C<sub>U</sub></b>	Ungleichförmigkeitszahl
<b>w<sub>n</sub></b>	natürl. Wassergehalt	<b>C<sub>c</sub></b>	Krümmungszahl
<b>I<sub>c</sub></b>	Konsistenzzahl	$\gamma$	Feuchtwichte
<b>I<sub>P</sub></b>	Plastizitätszahl	$\gamma'$	Wichte unter Auftrieb
<b>D</b>	Lagerungsdichte	$\phi'$	inn. Reibungswinkel (drän.)
<b>E<sub>s</sub></b>	Steifemodul	<b>c'</b>	Kohäsion (dräniert)
<b>V<sub>Gl</sub></b>	Glühverlust	<b>D<sub>Pr</sub></b>	Verdichtungsgrad

### HAUPTANTEILE

<b>X</b>	Steine	63 ... 200 mm
<b>G</b>	Kies	2 ... 63 mm
<b>gG</b>	Grobkies	20 ... 63 mm
<b>mG</b>	Mittelkies	6,3... 20 mm
<b>fG</b>	Feinkies	2,0... 6,3 mm
<b>S</b>	Sand	0,06... 2 mm
<b>gS</b>	Grobsand	0,6... 2,0 mm
<b>mS</b>	Mittelsand	0,2... 0,6 mm
<b>fS</b>	Feinsand	0,06 ... 2 mm
<b>U</b>	Schluff	0,002 ... 0,06 mm
<b>T</b>	Ton	< 0,002 mm
<b>Mu</b>	Mutterboden	

### NEBENANTEILE

schwach	< 15 % (z.B. u')
stark	> 30 % (z.B. ü)

#### Grobkörnige Böden in Abhängigkeit von U und C<sub>c</sub>

enggestuft <b>E</b>	$U < 6, C_c \text{ beliebig}$
weitgestuft <b>W</b>	$U \geq 6, C_c = 1 \dots 3$
intermittierend gestuft <b>I</b>	$U \geq 6, I > C_c \text{ oder } C_c > 3$

#### Feinkörnige Böden in Abhängigkeit von w<sub>L</sub>

leicht plastisch <b>L</b>	$w_L < 35 \%$
mittelpastisch <b>M</b>	$w_L = 35 \dots 50 \%$
ausgeprägt plastisch <b>A</b>	$w_L > 50 \%$

### BEIMENGENGEN

<b>x</b>	steinig	<b>u</b>	schluffig
<b>g</b>	kiesig	<b>t</b>	tonig
<b>gg</b>	grobkiesig	<b>h</b>	humos
<b>mg</b>	mittelkiesig	<b>ho</b>	holzlig
<b>fg</b>	feinkiesig	<b>o</b>	organisch
<b>s</b>	sandig	<b>tf</b>	torfig
<b>gs</b>	grobsandig	<b>k</b>	kohlilig
<b>ms</b>	mittelsandig	<b>+</b>	kalkhaltig
<b>fs</b>	feinsandig	<b>++</b>	kalkreich

### LABORUNTERSUCHUNGEN

gestörte Probe	■	Wasserprobe	○
ungestörte Probe	□	Bohlkern	⊗

### BAUGRUND-AUFSCHLÜSSE

Bohrung	⊕
Sondierung	⊙
Schurf	⊞

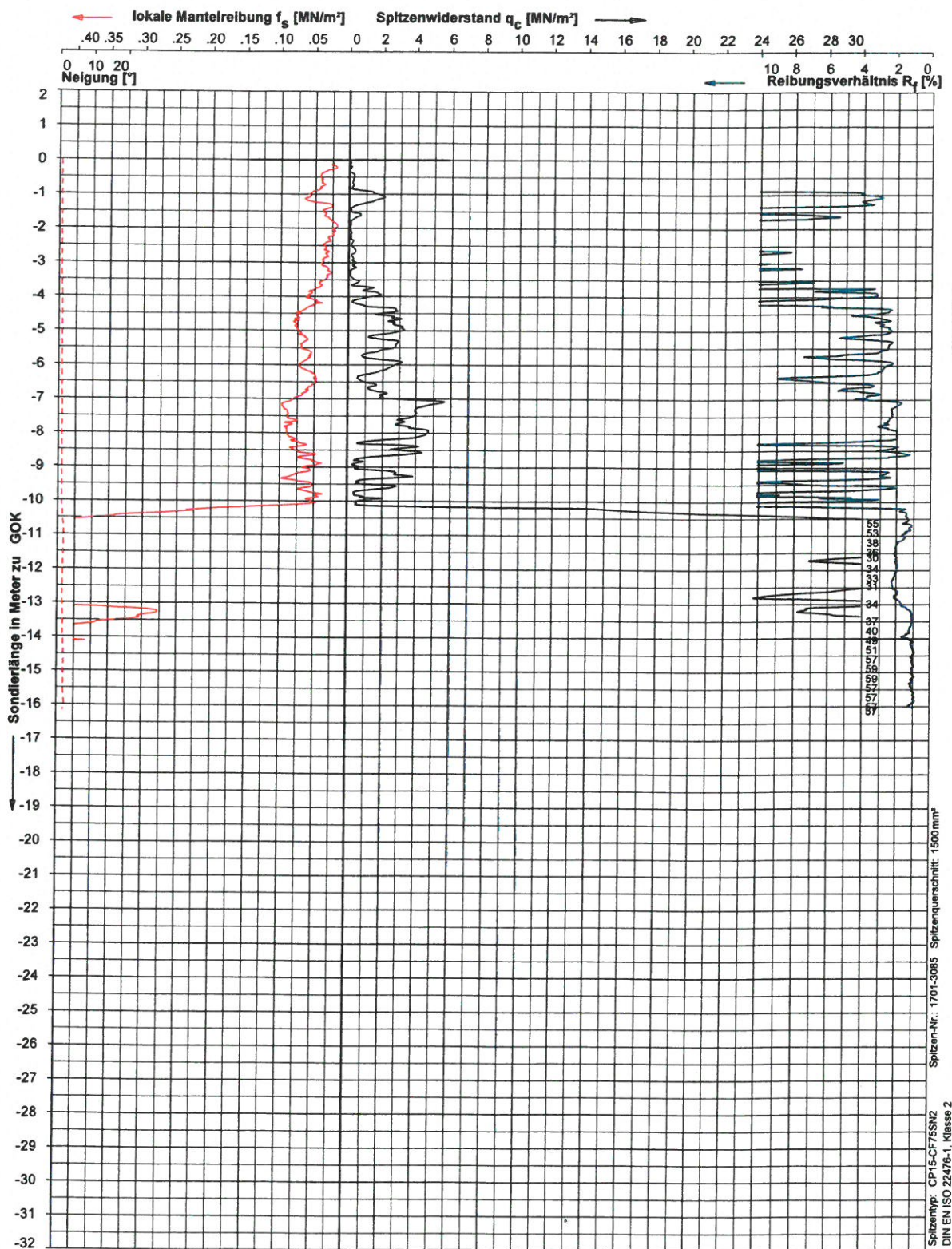
### HYDROLOGIE

Wasserstand	∇
Wasseranschnitt	∇
Wasserstand steigend	↗
Wasserstand fallend	↘

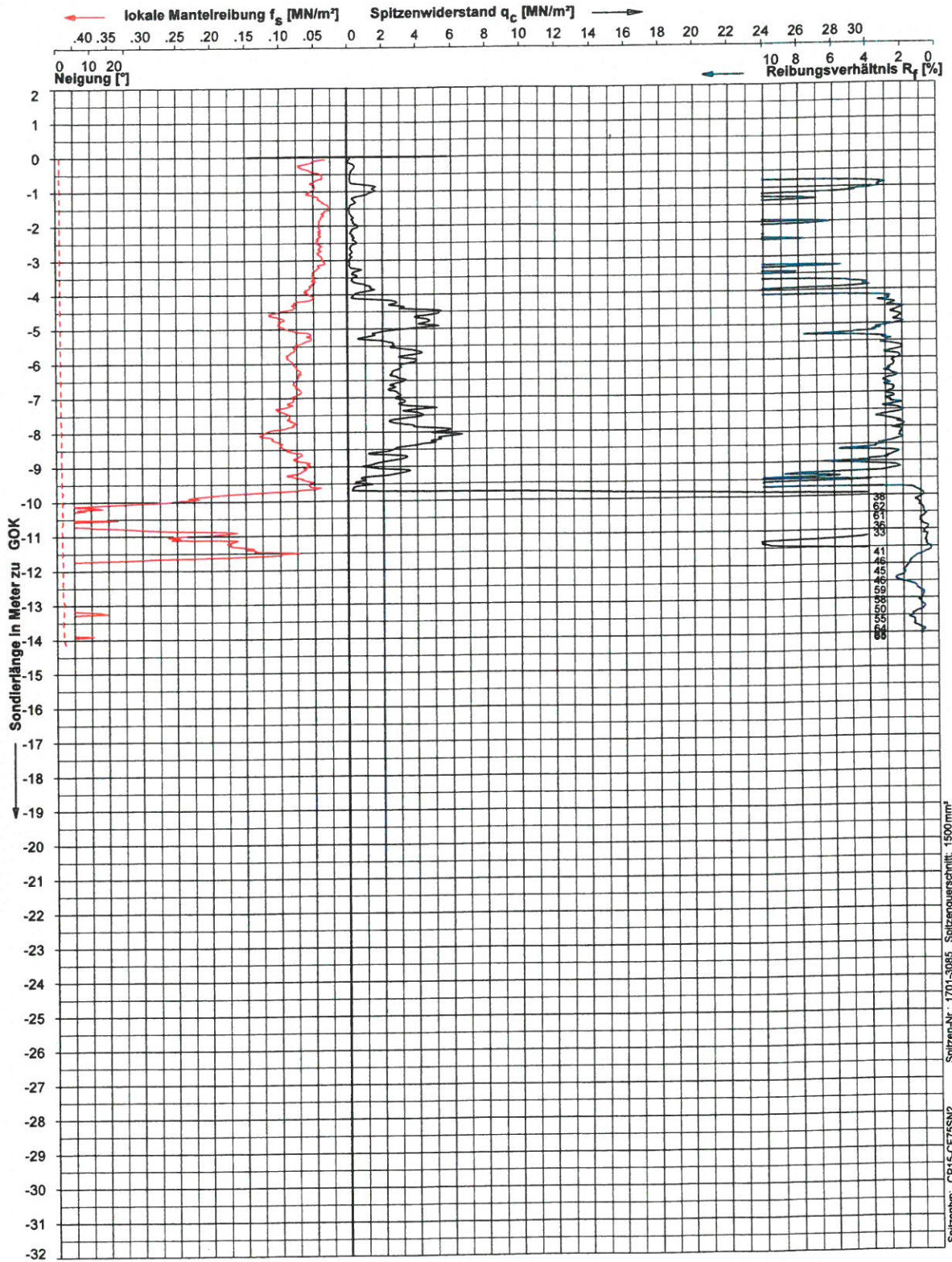
### DARSTELLUNG DER KONSISTENZBEREICHE

breiig	~~~~~	steif	- - - - -
weich	~~~~~	halbfest	—————

<b>Geo Rohwedder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik – Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau – Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf – Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 04835 – 94 00, Mobil: 0170 / 2 09 45 80 <a href="http://www.geo-rohwedder.de">http://www.geo-rohwedder.de</a>	<b>Anlage 2.13</b>
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf		
Legende der Abkürzungen für Baugrundprofile (DIN 4022-1, DIN 4023, DIN 18196, DIN 1080)		Albersdorf, 28.11.2019 /Lo

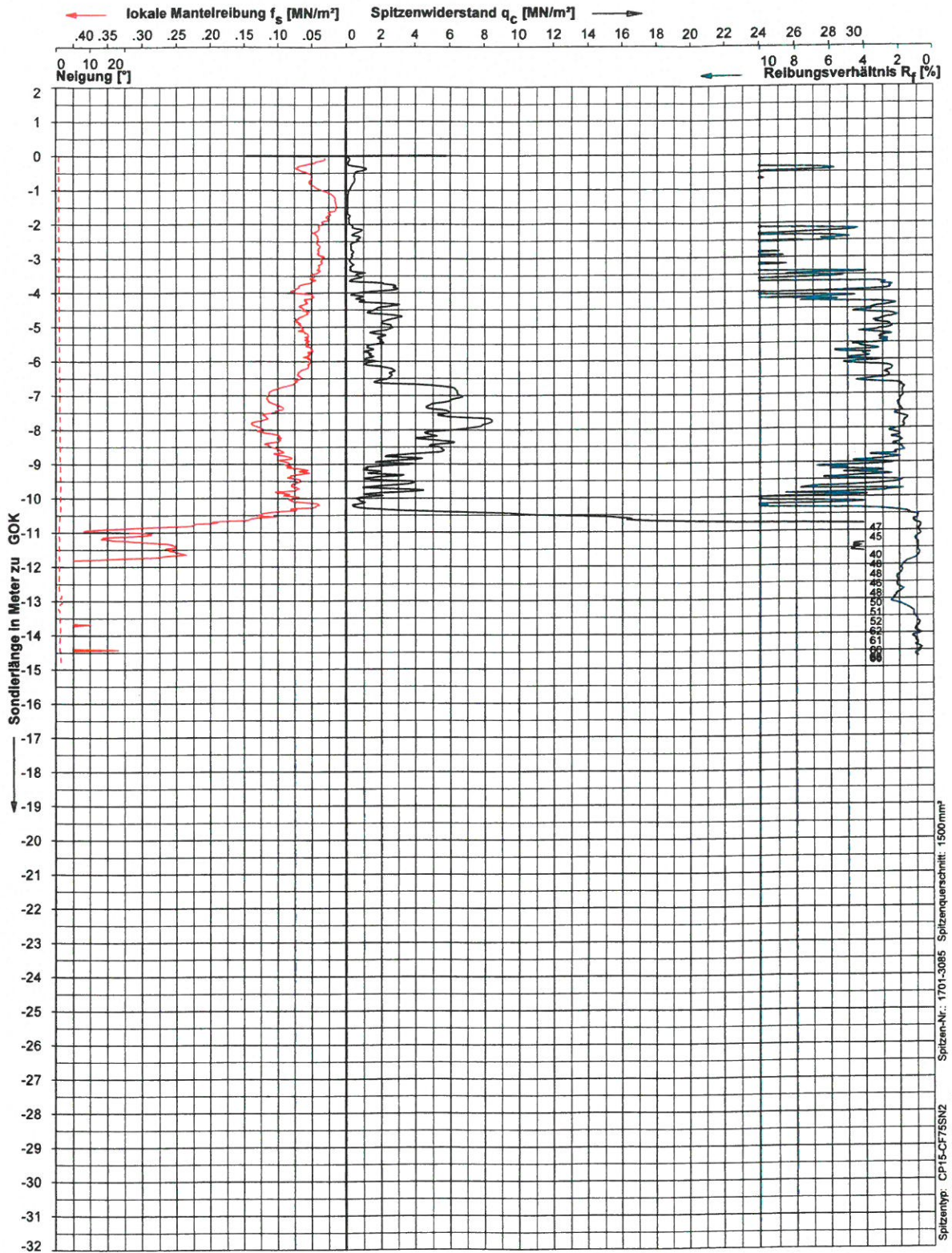


<b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80	<b>Anlage 3.1</b>
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf		Albersdorf, 28.11.2019 / Hi
Spitzendrucksondierung CPT 1 (WEA 1)		



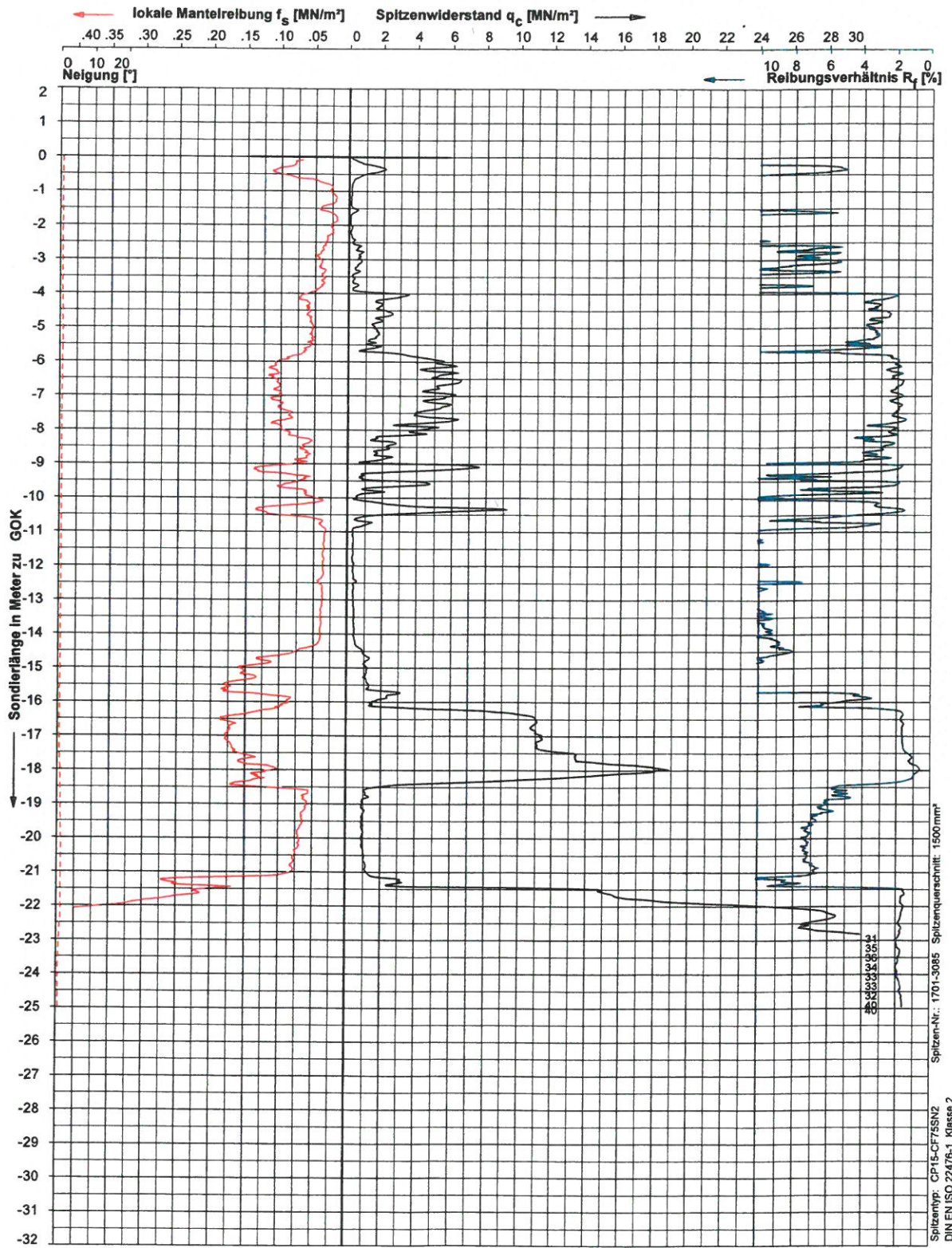
Spitzentyp: CP15-CF75SN2  
 Spitzen-Nr.: 1701-3085    Spitzensequenzschritt: 1500 mm<sup>2</sup>  
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

<b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80	<h2>Anlage 3.2</h2>
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf		Albersdorf, 28.11.2019 / Hi
Spitzendrucksondierung CPT 2 (WEA 1)		

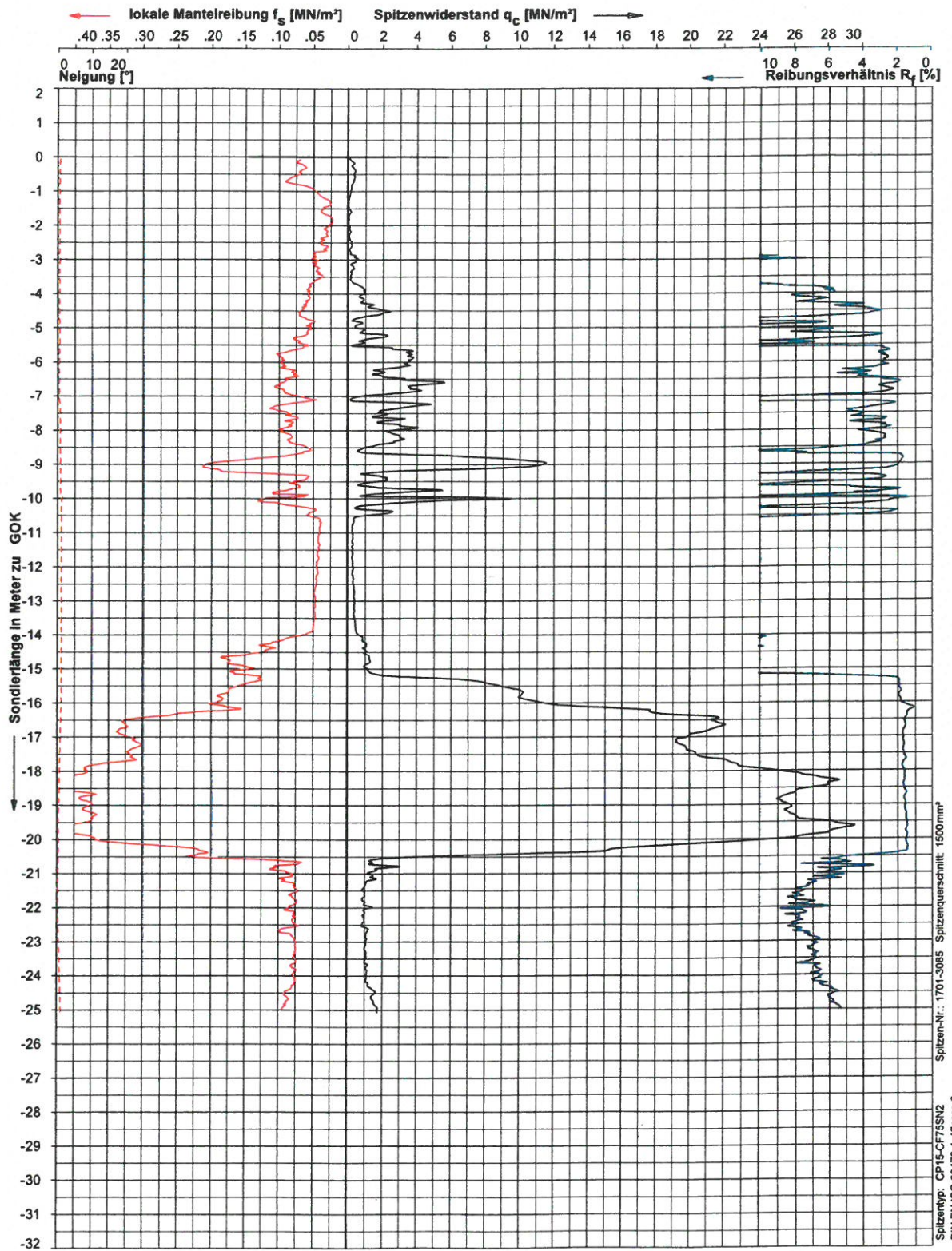


<b>Geo Rohwedder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80	<h2>Anlage 3.3</h2>
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf		Albersdorf, 28.11.2019 / Hi
Spitzendrucksondierung Kranstellfläche (WEA 1)		

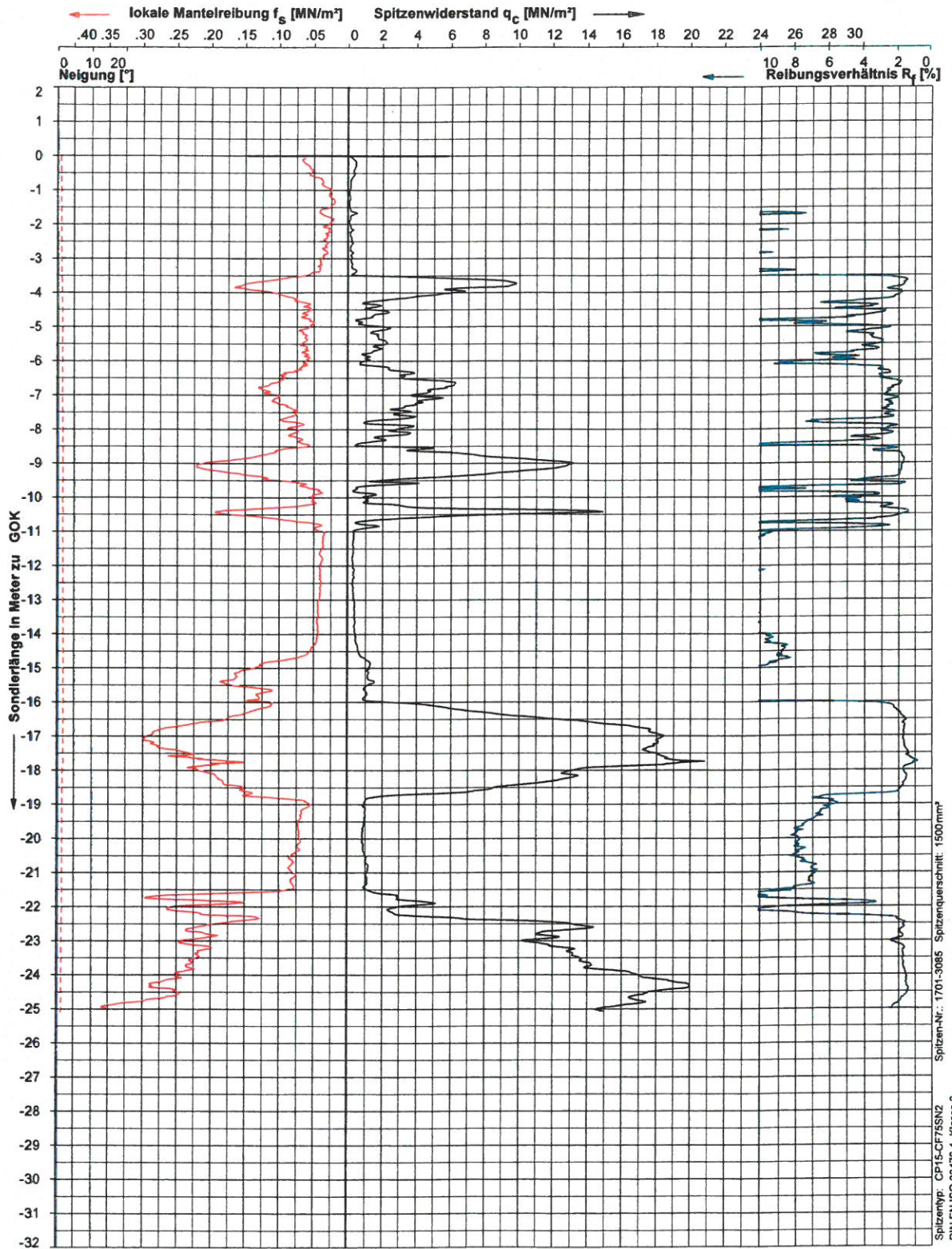




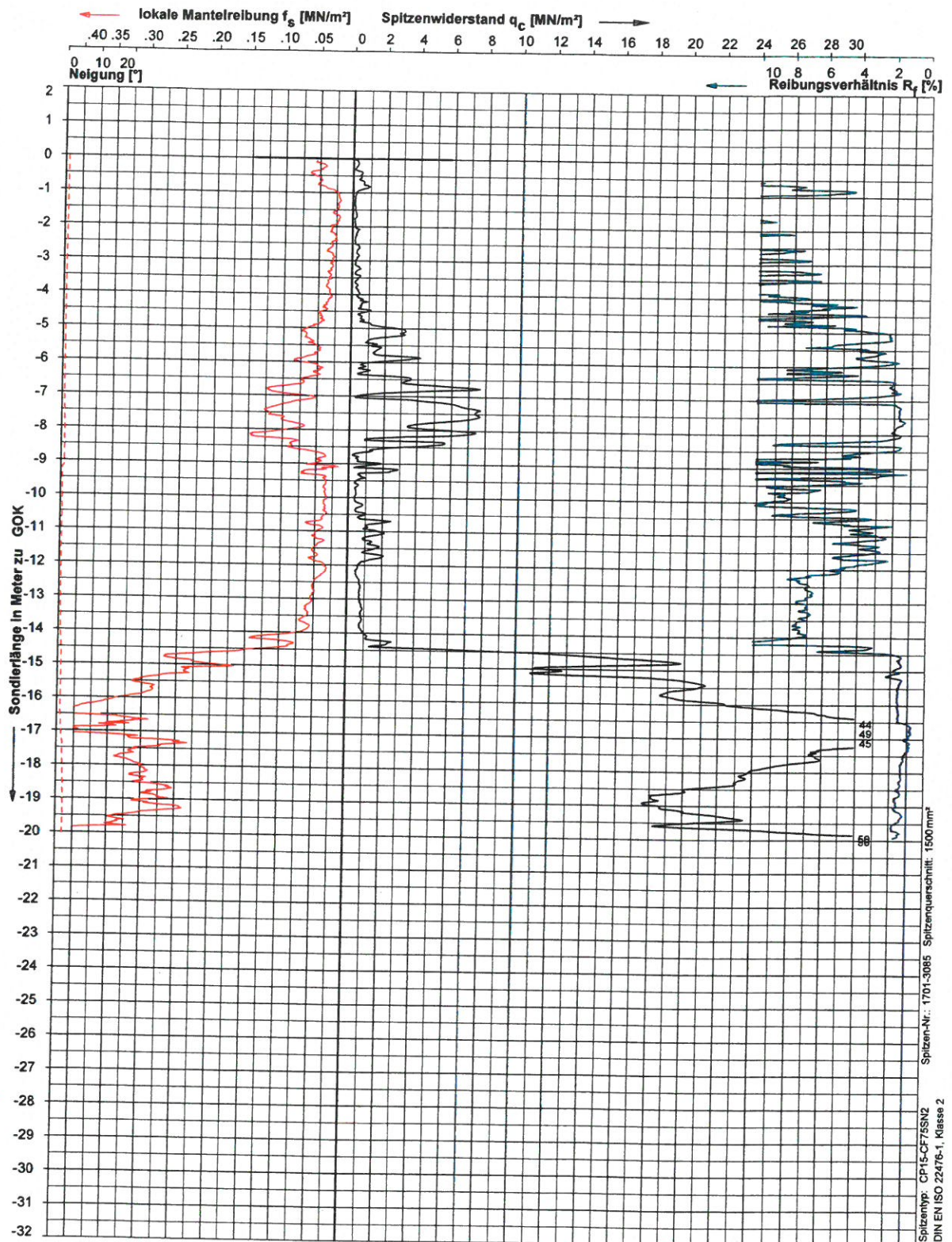
<b>Geo Rohwedder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80	<b>Anlage 3.4</b>
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf		Albersdorf, 28.11.2019 / Hi
Spitzendrucksondierung CPT 1 (WEA 3)		



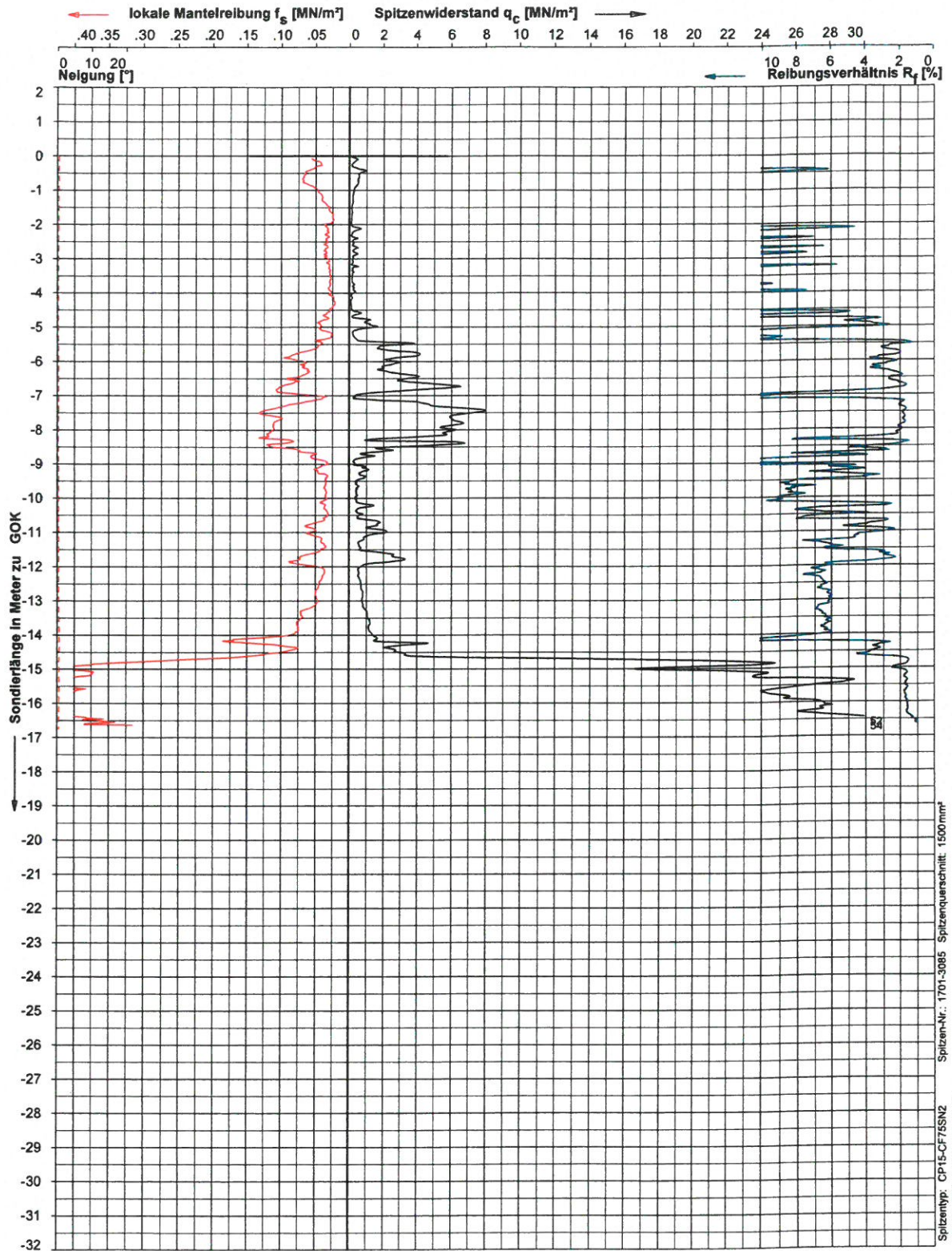
<p><b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umweltechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80</p>	<p><b>Anlage 3.5</b></p>
<p>BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf</p>		<p>Albersdorf, 28.11.2019 / Hi</p>
<p>Spitzendrucksondierung CPT 2 (WEA 3)</p>		



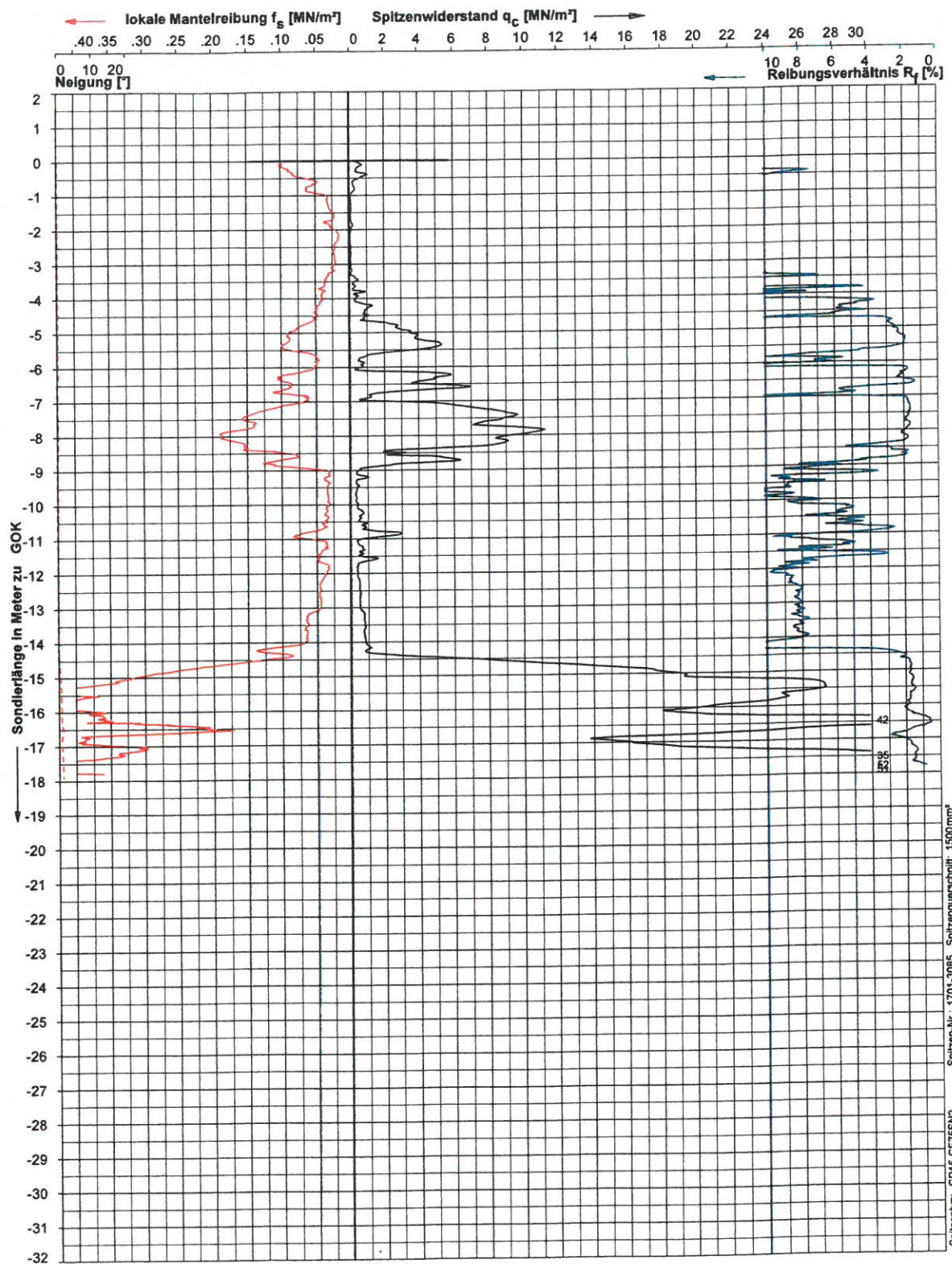
<b>Geo Rohwedder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80	<b>Anlage 3.6</b>
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf		Albersdorf, 28.11.2019 / Hi
Spitzendrucksondierung Kranstellfläche (WEA 3)		



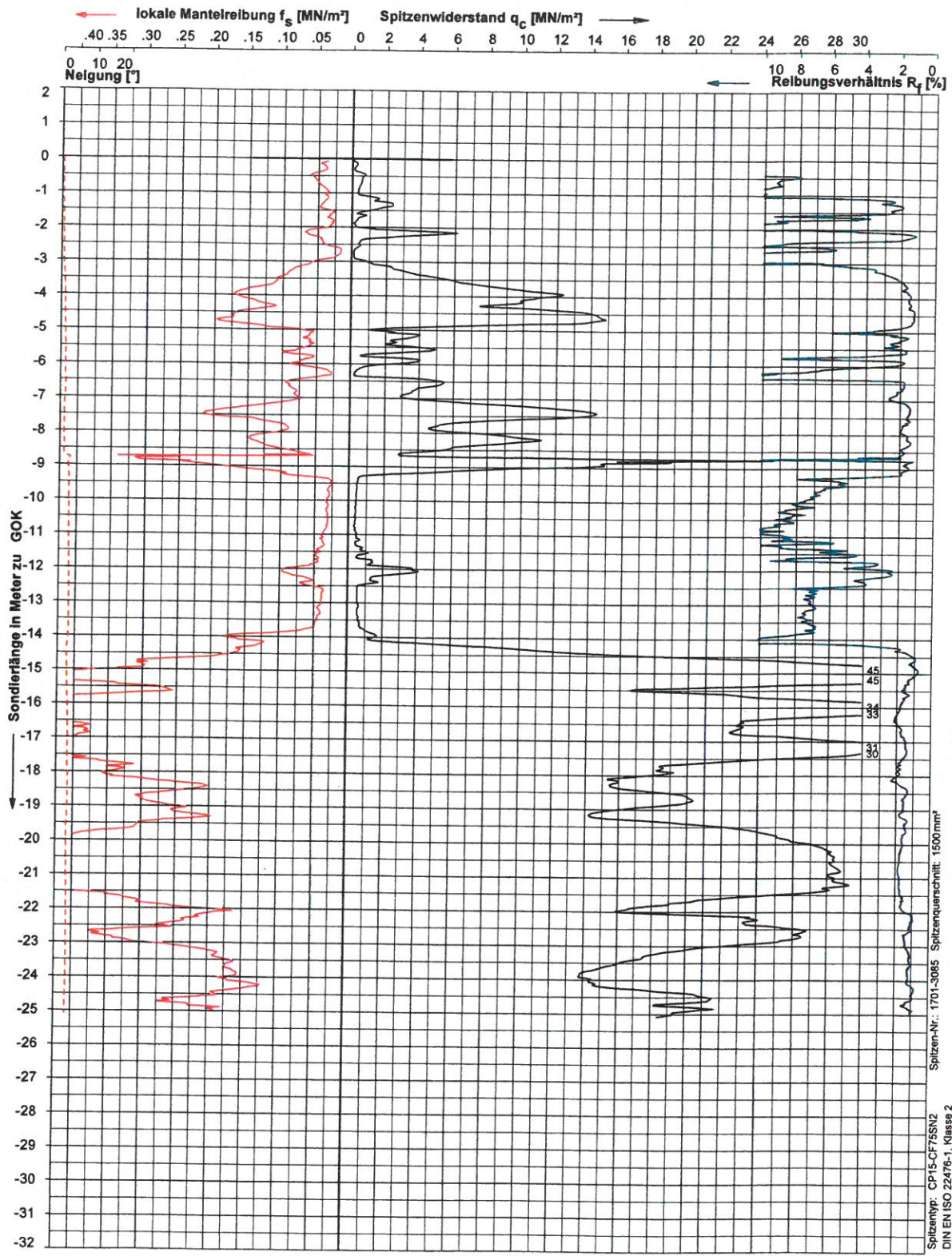
<b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80	<b>Anlage 3.7</b>
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf		Albersdorf, 28.11.2019 / Hi
Spitzendrucksondierung CPT 1 (WEA 4)		



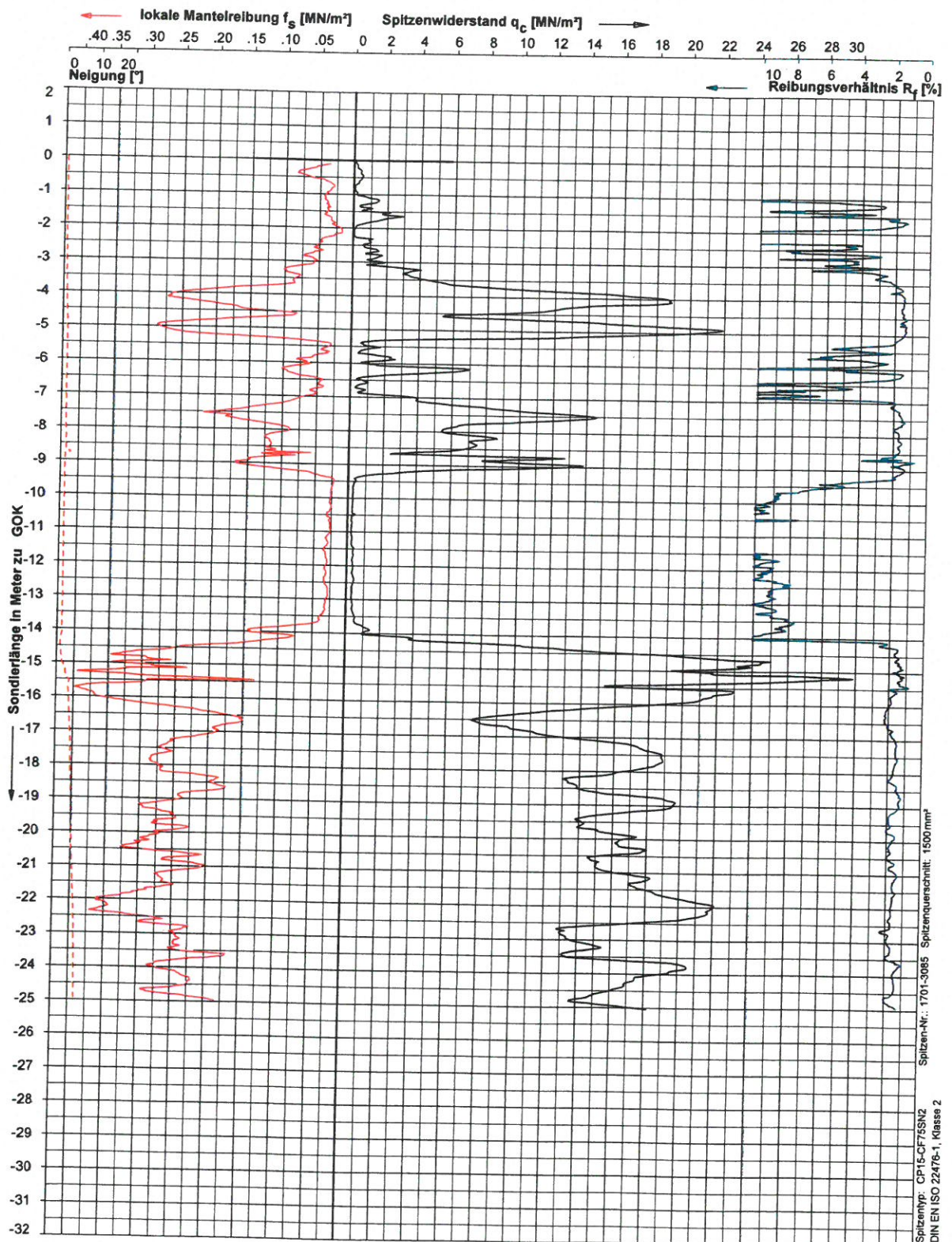
<b>Geo Rohwedder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80	<b>Anlage 3.8</b>
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf		Albersdorf, 28.11.2019 / Hi
Spitzendrucksondierung CPT 2 (WEA 4)		



<b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80	<b>Anlage 3.9</b>
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf		Albersdorf, 28.11.2019 / Hi
Spitzendrucksondierung Kranstellfläche (WEA 4)		

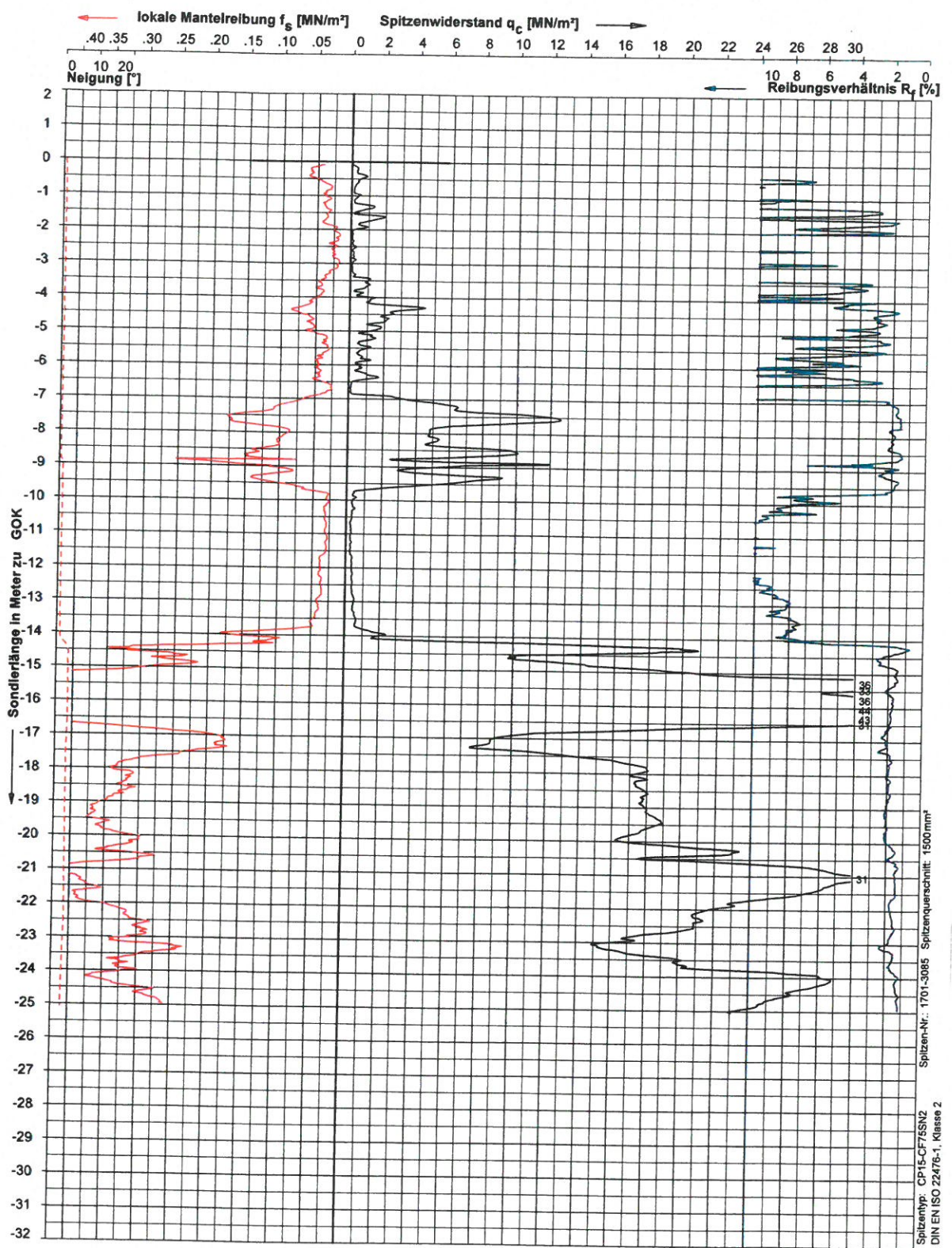


<b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80	<b>Anlage 3.10</b>
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf		Albersdorf, 28.11.2019 / Hi
Spitzendrucksondierung CPT 1 (WEA 5)		



<b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80	<b>Anlage 3.11</b>
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf		Albersdorf, 28.11.2019 / Hj
Spitzendrucksondierung CPT 2 (WEA 5)		





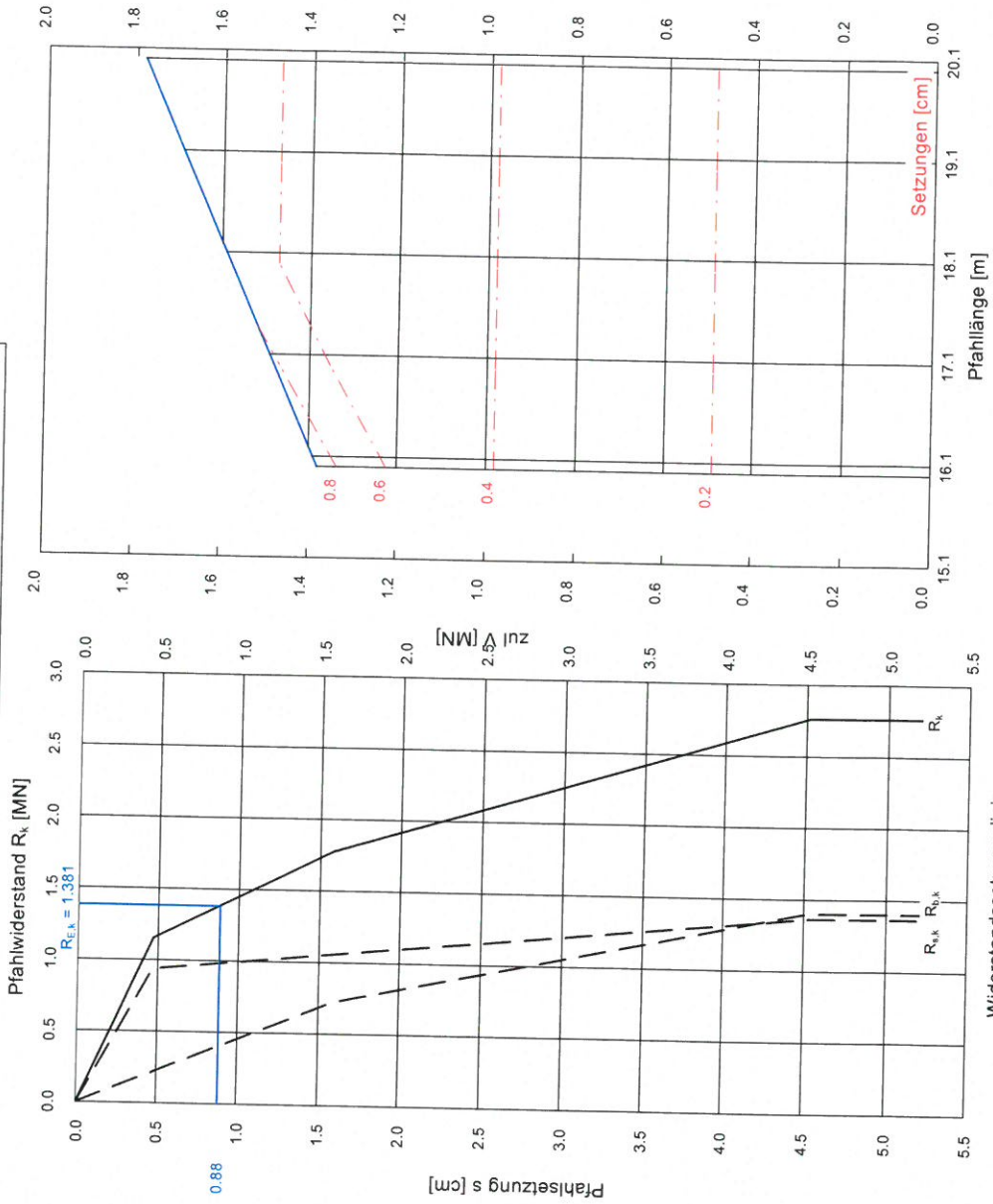
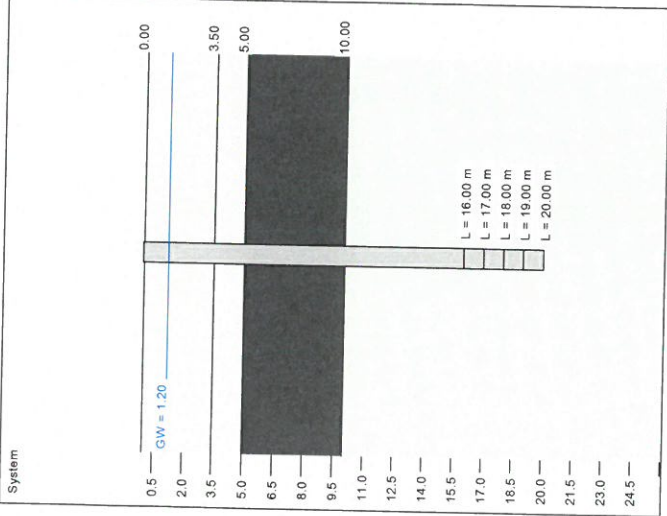
<b>Geo Rohweder</b> Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80	<b>Anlage 3.12</b>
BV 287/19 Errichtung von 5 WEA in Nordermeldorf		Albersdorf, 28.11.2019 / Hi
Spitzendrucksondierung Kranstellfläche (WEA 5)		

Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$C_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,50}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,75}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,100}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
0.2	0.0	0.000	0.000	0.000	0.008	0.0011	Klei, weich, schwach organisch
0.5	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0020	0.0027	Klei, sandig, weich
3.5	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0140	0.0187	Wasserd., locker-md.
50.0	0.0	4.500	8.750	0.0850	0.1250		Sand, dicht

**Berechnungsgrundlagen**  
 Fertigrampfpfahl  
 Stahlbeton und Spannbeton  
 Verhältniswert (min, max) = 0.00  
 Interpolation Manteilreibung:  
 bei  $q_c < 7.5 \text{ MN/m}^2$  aktiviert  
 bei  $C_{u,k} < 60 \text{ kN/m}^2$  deaktiviert

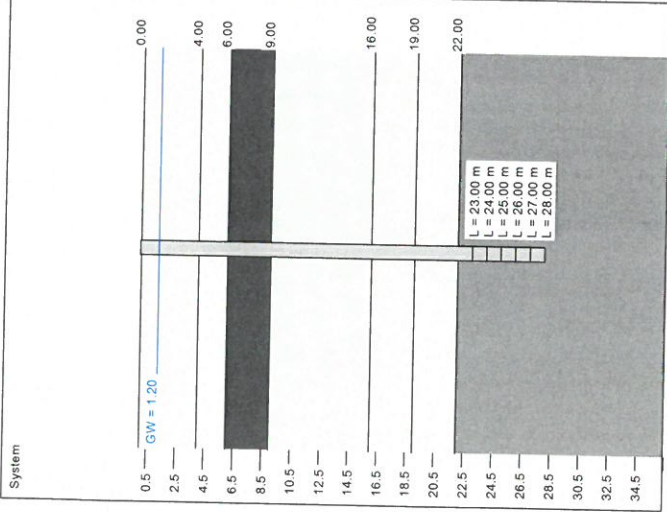
$\gamma_{(G,0)} = 1.428$   
 Pfahlbreite = 0.400 m  
 Grundwasser = 1.20 m

$\gamma_p = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_{G,0} = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.520  
 $\gamma_{(G,0)} = 0.520 \cdot \gamma_G + (1 - 0.520) \cdot \gamma_G$



b [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.400	16.00	2.762	1.381	1.381	0.88
0.400	17.00	2.962	1.481	1.481	0.82
0.400	18.00	3.162	1.581	1.581	0.77
0.400	19.00	3.362	1.682	1.682	0.72
0.400	20.00	3.562	1.782	1.782	0.73

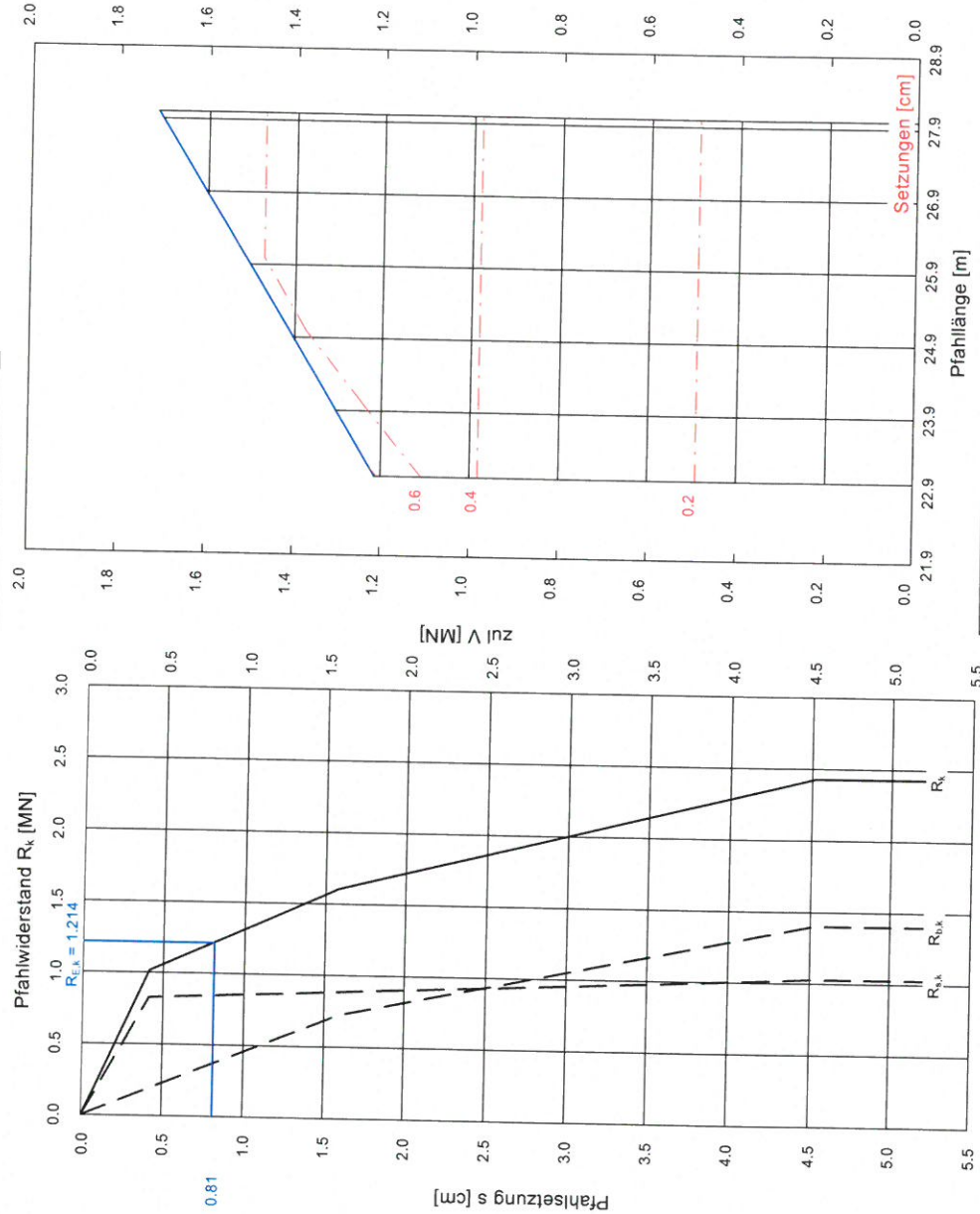
Widerstandssatzungslinie  
 für Pfahlänge = 16.00 m



Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,335}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,335}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,335}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,335}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
0.2	0.0	0.0	0.000	0.000	0.008	0.0011	Klei, weich, schwach organisch
1.5	0.0	0.000	0.000	0.006	0.006	0.006	Klei, stark sandig
4.0	0.0	0.000	0.000	0.016	0.016	0.016	Wattsand, locker-md
0.0	80.0	0.000	0.000	0.023	0.024	0.024	Gesch. Schlamm, w.-stf.
10.0	0.0	2.800	0.000	0.041	0.058	0.058	Schlamm
0.0	100.0	0.000	0.600	0.026	0.028	0.028	Geschleberde
30.0	0.0	4.500	0.875	0.085	0.125	0.125	Sand, dicht

**Berechnungsgrundlagen**  
 Pfahlbreite = 0.400 m  
 Grundwasser = 1.20 m  
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.428$   
 Zul V  
 - - - - - Setzung

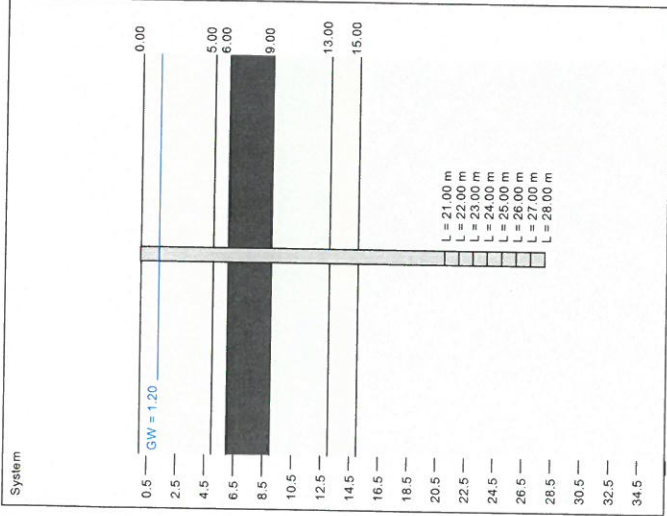
**Fertigraumpfahl**  
 Stahlbeton und Spannbeton  
 Verhältniswert (min, max) = 0.00  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5 \text{ MN/m}^2$  aktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60 \text{ kN/m}^2$  deaktiviert  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.520 \cdot \gamma_G + (1 - 0.520) \cdot \gamma_G$



b [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	Zul V [MN]	s [cm]
0.400	23.00	2.427	1.214	1.214	0.81
0.400	24.00	2.627	1.314	1.314	0.74
0.400	25.00	2.827	1.414	1.414	0.67
0.400	26.00	3.027	1.514	1.514	0.62
0.400	27.00	3.227	1.614	1.614	0.66
0.400	28.00	3.427	1.714	1.714	0.70

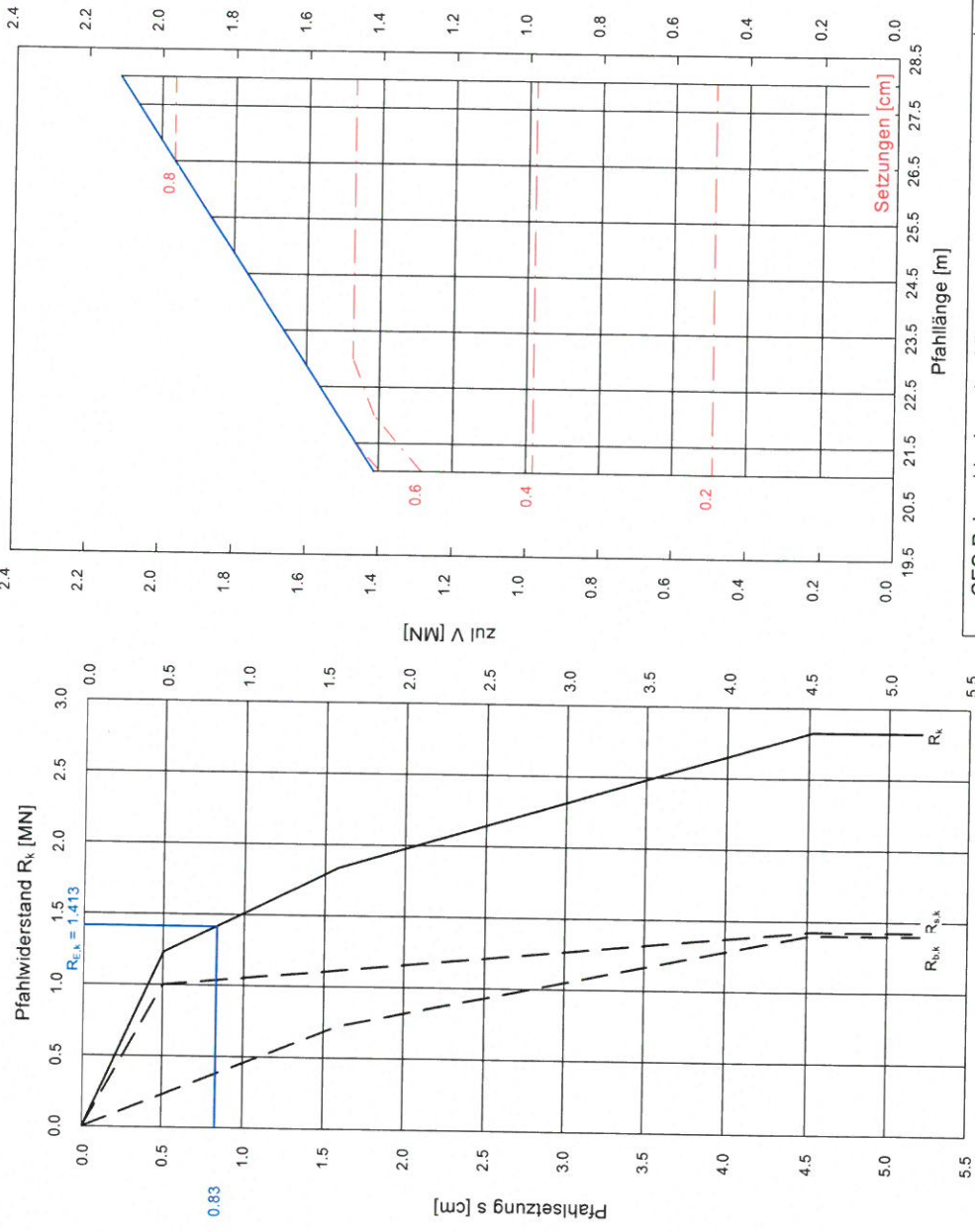
$Zul V = R_{E,k} = R_k / (\gamma_{(G,Q)} - \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 - 1.428) = R_k / 2.00$  (mit  $\gamma_{(G,Q)} = 1.428$ )

Widerstandslinie  
 für Pfahllänge = 23.00 m



Boden	$q_r$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{h,35}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{h,50}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{h,75}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{h,100}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
0.5	0.5	0.0	0.000	0.000	0.0020	0.0027	Klei, weich, schwach organisch
1.0	1.0	0.0	0.000	0.000	0.0040	0.0052	Klei, stark sandig
4.0	4.0	0.0	0.000	0.000	0.0160	0.0213	W-schluff, locker-mid
0.0	0.0	30.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Schluff, locker, W-schluff
0.0	0.0	100.0	0.350	0.600	0.0287	0.0289	Geschleibemittel, W-schluff
50.0	50.0	0.0	4.500	8.750	0.0850	0.1250	Sand, dicht

**Berechnungsgrundlagen**  
 Fertigrampfpfahl Pfahlbreite = 0.400 m  
 Grundwasser = 1.20 m  
 Stahlbeton und Spannbeton  $\gamma_P = 1.40$   
 Verhältniswert (min, max) = 0.00  $\gamma_G = 1.35$   
 Interpolation Mantelreibung:  $\gamma_Q = 1.50$   
 bei  $q_c < 7.5 \text{ MN/m}^2$  aktiviert Anteil Veränderliche Lasten = 0.520  
 bei  $c_{u,k} < 60 \text{ kN/m}^2$  deaktiviert  $\gamma_{(G,Q)} = 0.520 \cdot \gamma_G + (1 - 0.520) \cdot \gamma_G$



b [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.400	21.00	2.825	1.413	1.413	0.83
0.400	22.00	3.025	1.513	1.513	0.77
0.400	23.00	3.225	1.613	1.613	0.72
0.400	24.00	3.425	1.713	1.713	0.70
0.400	25.00	3.625	1.813	1.813	0.74
0.400	26.00	3.825	1.913	1.913	0.78
0.400	27.00	4.025	2.013	2.013	0.82
0.400	28.00	4.225	2.113	2.113	0.86

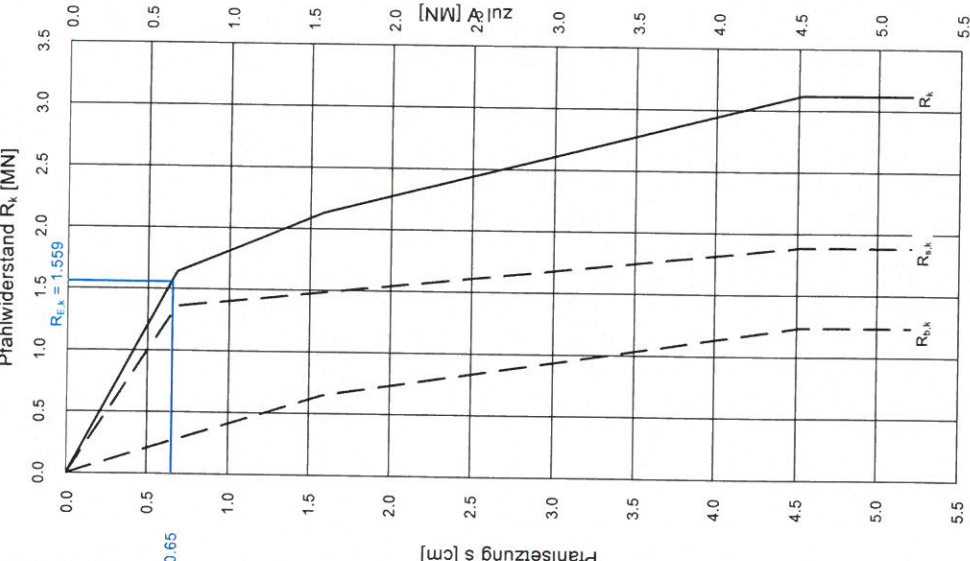
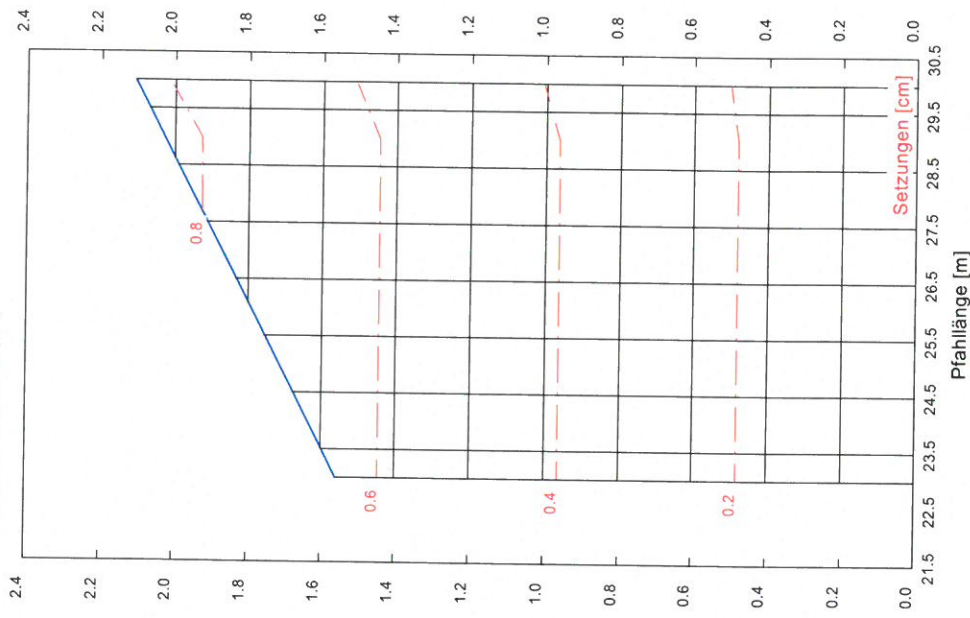
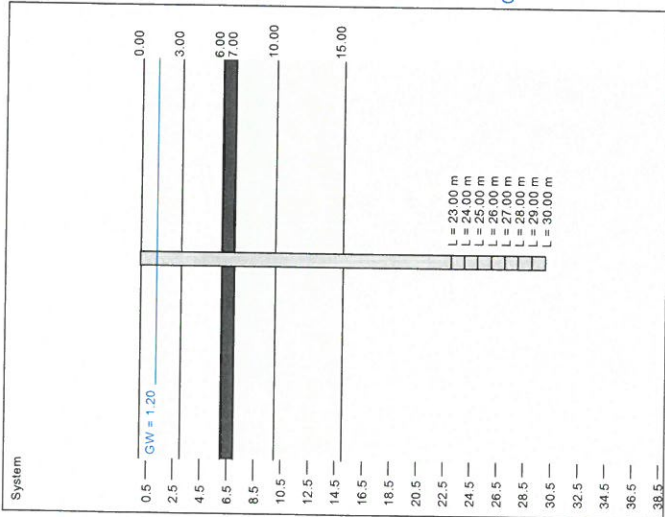
zul V =  $R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.428) = R_k / 2.000$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.428$ ]

Widerstandssatzungsline  
 für Pfahlänge = 21.00 m

Boden	$q_{c,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{c,1k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{c,1k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{c,1k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{c,1k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.5	0.000	0.000	0.0020	0.0027	Klei, weich, schwach organisch
	10.0	0.0	5.33	0.0583	0.0583	Wattsand, md.
	0.5	0.0	0.000	0.0020	0.0020	Klei, org. weich
	6.0	0.0	0.000	0.0240	0.0320	Wattsand, lo-md.
	16.0	70.0	0.000	0.0217	0.0222	Schluff, geringig, w.-silt.
		4.050	7.715	0.0670	0.0980	Sand, dicht

**Berechnungsgrundlagen**  
 Pfahlbreite = 0.400 m  
 Grundwasser = 1.20 m  
 Fertigrampfpfahl  
 Stahlbeton und Spannbeton  
 Verhältniswert (min, max) = 0.00  
 Interpolation Manteileibung:  
 bei  $q_c < 7.5$  MN/m<sup>2</sup> aktiviert  
 bei  $C_{u,k} < 60$  kN/m<sup>2</sup> deaktiviert  
 $\gamma_{(G,0)} = 0.520 \cdot \gamma_G + (1 - 0.520) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,0)} = 1.428$   
 Zul V  
 Setzung



b [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.400	23.00	3.117	1.559	1.559	0.65
0.400	24.00	3.274	1.638	1.638	0.68
0.400	25.00	3.431	1.716	1.716	0.71
0.400	26.00	3.588	1.795	1.795	0.74
0.400	27.00	3.744	1.873	1.873	0.78
0.400	28.00	3.901	1.951	1.951	0.81
0.400	29.00	4.058	2.030	2.030	0.84
0.400	30.00	4.215	2.108	2.108	0.84

$zul V = R_{E,k} = R_k / (\gamma_{p, \gamma_{(G,0)}}) = R_k / (1.400 \cdot 1.428) = R_k / 2.000$  ( $\gamma_{(G,0)} = 1.428$ )

Widerstandssetzungslinie  
 für Pfähllänge = 23.00 m

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // Deutschland

Geo Rohwedder  
Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH  
Gartenstraße 23  
25767 Albersdorf

Dipl.-Geol. Michael Gartz  
T 0431 6964135  
F 0431-698787  
michael.gartz@ucl-labor.de

**Prüfbericht - Nr.: 19-56232/2**

**Probe-Nr.:** 19-56232-001  
**Prüfgegenstand:** Wasser  
**Auftraggeber / KD-Nr.:** Geo Rohwedder, Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf / 65015  
**Projektbezeichnung:** BV 287/19 WP Nordermeldorf  
**Probenahme am / durch:** - / Auftraggeber  
**Probeneingang am / durch:** 07.11.2019 / UCL-Kurier  
**Prüfzeitraum:** 07.11.2019 - 22.11.2019

Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	WEA 1		Bestimmungsgrenze	Methode
			19-56232-001		
<b>Analyse der Originalprobe</b>					
pH-Wert		7,4		1	DIN EN ISO 10523: 2012-04;Kl
Chlorid	mg/l	31,8		1	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;Kl
Sulfat	mg/l	44,1		1	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;Kl
Sulfid gelöst	mg/l	< 0,04		0,04	DIN 38405-26: 1989-04;Kl
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l	0,06		0,04	DIN EN ISO 11732: 2005-05;Kl
Calcium	mg/l	64,7		0,1	DIN EN ISO 11885: 2009-09;Kl
Magnesium	mg/l	11,9		0,1	DIN EN ISO 11885: 2009-09;Kl
Gesamthärte	°dH	12		0,1	DIN 38409-6;Kl
Carbonathärte	°dH	8,8		0,3	DIN 38409-7: 2005-12;Kl
Nichtcarbonathärte	°dH	3,2		0,1	DIN 38409-6: 1986-01;Kl
kalklösende Kohlensäure	mg/l	14		2,5	DIN 4030-2: 2008-06;Kl
alk. KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	mgKMnO <sub>4</sub> /l	28		4	DIN 4030-2: 2008-06;L
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	3,2		0,1	DIN 38409-7: 2005-12;Kl
<b>Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030</b>					
Expositionsklasse		<XA1			DIN 4030-2: 2008-06;Kl

20191122-18105557

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Josef-Rethmann-Str. 5 // 44536 Lünen // Deutschland // T +49 2306 2409-0 // F +49 2306 2409-10 // info@ucl-labor.de  
ucl-labor.de // Amtsgericht Dortmund, HRB 17247 // Geschäftsführer: Oliver Koenen, Dr. André Nientiedt

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und bekanntgegebene Messstelle nach § 29b Bundesimmissionsschutzgesetz.  
Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.  
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugswise - unserer schriftlichen Genehmigung.



Parameter	Probenbezeichnung		Bestimmungsgrenze	Methode
	Probe-Nr.	Einheit		
	WEA 1			
	19-56232-001			
<b>Beurteilung auf Stahlaggressivität gem. DIN 50929</b>				
Wasserart	fließende Gewässer			-,AG
Lage des Objektes	Unterwasserbereich			-,AG
Korrosionswahrkt.	0			DIN 50929-3: 1985-09;KI
Güte der Deckschichten	2			DIN 50929-3: 1985-09;KI
Mulden-/Lochkorrosion	sehr gering			DIN 50929-3: 1985-09;KI
Flächenkorrosion	sehr gering			DIN 50929-3: 1985-09;KI
Güte	sehr gut			DIN 50929-3: 1985-09;KI

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert \* = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten + = durchgeführt  
 Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide

Seite 3 von 5 zum Prüfbericht Nr. 19-56232/2

20191122-18105557

**Probe-Nr.:** 19-56232-002  
**Prüfgegenstand:** Wasser  
**Auftraggeber / KD-Nr.:** Geo Rohwedder, Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf / 65015  
**Projektbezeichnung:** BV 287/19 WP Nordermeldorf  
**Probenahme am / durch:** - / Auftraggeber  
**Probeneingang am / durch:** 07.11.2019 / UCL-Kurier  
**Prüfzeitraum:** 07.11.2019 - 22.11.2019

Parameter	Probenbezeichnung		WEA 3	Bestimmungsgrenze	Methode
	Probe-Nr.	Einheit			
			19-56232-002		
<b>Analyse der Originalprobe</b>					
pH-Wert			7,4	1	DIN EN ISO 10523: 2012-04;KI
Chlorid	mg/l		34,2	1	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI
Sulfat	mg/l		46,6	1	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;KI
Sulfid gelöst	mg/l		< 0,04	0,04	DIN 38405-26: 1989-04;KI
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l		0,05	0,04	DIN EN ISO 11732: 2005-05;KI
Calcium	mg/l		67,5	0,1	DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI
Magnesium	mg/l		12,7	0,1	DIN EN ISO 11885: 2009-09;KI
Gesamthärte	°dH		12	0,1	DIN 38409-6;KI
Carbonathärte	°dH		9,1	0,3	DIN 38409-7: 2005-12;KI
Nichtcarbonathärte	°dH		2,9	0,1	DIN 38409-6: 1986-01;KI
kalklösende Kohlensäure	mg/l		6,2	2,5	DIN 4030-2: 2008-06;KI
alk. KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	mgKMnO <sub>4</sub> /l		33	4	DIN 4030-2: 2008-06;L
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l		3,3	0,1	DIN 38409-7: 2005-12;KI
<b>Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030</b>					
Expositionsklasse			<XA1		DIN 4030-2: 2008-06;KI
<b>Beurteilung auf Stahlaggressivität gem. DIN 50929</b>					
Wasserart			fließende Gewässer		-,AG
Lage des Objektes			Unterwasserbereich		-,AG
Korrosionswahrkt.			0		DIN 50929-3: 1985-09;KI
Güte der Deckschichten			2		DIN 50929-3: 1985-09;KI
Mulden-/Lochkorrosion			sehr gering		DIN 50929-3: 1985-09;KI
Flächenkorrosion			sehr gering		DIN 50929-3: 1985-09;KI
Güte			sehr gut		DIN 50929-3: 1985-09;KI

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert \* = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten + = durchgeführt  
 Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide



Seite 4 von 5 zum Prüfbericht Nr. 19-56232/2

20191122-18105557

**Probe-Nr.:** 19-56232-003  
**Prüfgegenstand:** Wasser  
**Auftraggeber / KD-Nr.:** Geo Rohwedder, Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf / 65015  
**Projektbezeichnung:** BV 287/19 WP Nordermeldorf  
**Probenahme am / durch:** - / Auftraggeber  
**Probeneingang am / durch:** 07.11.2019 / UCL-Kurier  
**Prüfzeitraum:** 07.11.2019 - 22.11.2019

Parameter	Probenbezeichnung		WEA 4	Bestimmungsgrenze	Methode
	Probe-Nr.	Einheit			
			19-56232-003		
<b>Analyse der Originalprobe</b>					
pH-Wert			7,6	1	DIN EN ISO 10523:2012-04;KI
Chlorid	mg/l		114	1	DIN EN ISO 10304-1:2009-07;KI
Sulfat	mg/l		124	1	DIN EN ISO 10304-1:2009-07;KI
Sulfid gelöst	mg/l		< 0,04	0,04	DIN 38405-26:1989-04;KI
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l		0,24	0,04	DIN EN ISO 11732:2005-05;KI
Calcium	µg/l		173000	100	DIN EN ISO 11885:2009-09;KI
Magnesium	mg/l		42,5	0,1	DIN EN ISO 11885:2009-09;KI
Gesamthärte	°dH		34	0,1	DIN 38409-6;KI
Carbonathärte	°dH		24	0,3	DIN 38409-7:2005-12;KI
Nichtcarbonathärte	°dH		10	0,1	DIN 38409-6:1986-01;KI
kalklösende Kohlensäure	mg/l		< 2,5	2,5	DIN 4030-2:2008-06;KI
alk. KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	mgKMnO <sub>4</sub> /l		28	4	DIN 4030-2:2008-06;L
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l		8,6	0,1	DIN 38409-7:2005-12;KI
<b>Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030</b>					
Expositionsklasse			<XA1		DIN 4030-2:2008-06;KI
<b>Beurteilung auf Stahlaggressivität gem. DIN 50929</b>					
Wasserart			fließende Gewässer		-,AG
Lage des Objektes			Unterwasserbereich		-,AG
Korrosionswahrkt.			2		DIN 50929-3:1985-09;KI
Güte der Deckschichten			0		DIN 50929-3:1985-09;KI
Mulden-/Lochkorrosion			sehr gering		DIN 50929-3:1985-09;KI
Flächenkorrosion			sehr gering		DIN 50929-3:1985-09;KI
Güte			sehr gut		DIN 50929-3:1985-09;KI

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert \* = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA = Unterauftragvergabe AG = Auftraggeberdaten + = durchgeführt  
 Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide

Seite 5 von 5 zum Prüfbericht Nr. 19-56232/2

20191122-18105557

**Probe-Nr.:** 19-56232-004  
**Prüfgegenstand:** Wasser  
**Auftraggeber / KD-Nr.:** Geo Rohwedder, Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf / 65015  
**Projektbezeichnung:** BV 287/19 WP Nordermeldorf  
**Probenahme am / durch:** - / Auftraggeber  
**Probeneingang am / durch:** 07.11.2019 / UCL-Kurier  
**Prüfzeitraum:** 07.11.2019 - 22.11.2019

Parameter	Probenbezeichnung		WEA 5	Bestimmungsgrenze	Methode
	Probe-Nr.	Einheit			
			19-56232-004		
<b>Analyse der Originalprobe</b>					
pH-Wert			7,7	1	DIN EN ISO 10523: 2012-04; KI
Chlorid	mg/l		88,4	1	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07; KI
Sulfat	mg/l		99,3	1	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07; KI
Sulfid gelöst	mg/l		< 0,04	0,04	DIN 38405-26: 1989-04; KI
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l		0,21	0,04	DIN EN ISO 11732: 2005-05; KI
Calcium	µg/l		142000	100	DIN EN ISO 11885: 2009-09; KI
Magnesium	mg/l		34,6	0,1	DIN EN ISO 11885: 2009-09; KI
Gesamthärte	°dH		28	0,1	DIN 38409-6; KI
Carbonathärte	°dH		19	0,3	DIN 38409-7: 2005-12; KI
Nichtcarbonathärte	°dH		9,0	0,1	DIN 38409-6: 1986-01; KI
kalklösende Kohlensäure	mg/l		20	2,5	DIN 4030-2: 2008-06; KI
alk. KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	mgKMnO <sub>4</sub> /l		30	4	DIN 4030-2: 2008-06; L
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l		6,8	0,1	DIN 38409-7: 2005-12; KI
<b>Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030</b>					
Expositionsklasse			XA1		DIN 4030-2: 2008-06; KI
<b>Beurteilung auf Stahlaggressivität gem. DIN 50929</b>					
Wasserart			fließende Gewässer		-,AG
Lage des Objektes			Unterwasserbereich		-,AG
Korrosionswahrkt.			5		DIN 50929-3: 1985-09; KI
Güte der Deckschichten			1		DIN 50929-3: 1985-09; KI
Mulden-/Lochkorrosion			sehr gering		DIN 50929-3: 1985-09; KI
Flächenkorrosion			sehr gering		DIN 50929-3: 1985-09; KI
Güte			sehr gut		DIN 50929-3: 1985-09; KI

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert \* = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten + = durchgeführt  
 Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide



22.11.2019

i.A. Dipl.-Geol. Michael Gartz (Projektleiter)