



Geo - Rohwedder

Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH

Geopathologie

UMWELTTECHNIK

INGENIEURBAU

ERD- UND GRUNDBAU

ERDBAULABOR

BODENMECHANIK

BEWEISSICHERUNG

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

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

Geotechnisches Gutachten

BV 147/20

Errichtung einer Windfarm

Nachtrag Windkraftanlagenengruppe I

(WEA 2)

25704 Nordermeldorf

- Bauherr ⇒ **Nordermeldorf Wind GmbH & Co. KG**
5. Querweg 5
25704 Nordermeldorf
- Planung ⇒ **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, 02.06.2020**
Ro/Hi

Dieses Gutachten umfasst 18 Seiten und 13 Blatt Anlagen
Das Gutachten darf nur ungekürzt vervielfältigt werden.
Auszugsweise Wiedergabe bedarf der Genehmigung des Verfassers.
Urheberschutzvermerk s. DIN 34

1.	Veranlassung	4
2.	Baugrund	4 - 5
3.	Gründungsempfehlung	5 - 6
3.1	Beweissicherung	7
3.2	Gründung Windkraftanlagengruppe I	7 - 8
3.3	Allgemeine Rammdaten	8
4.	Technische Hinweise	9
4.1	Pfahlkupplungen	9
4.2	Vorhandene Zuwegungen / neue Zuwegungen	9 - 10
4.3	Hinweise zum Umgang mit Bodenaushub	10
4.4	Bauausführung	11
4.5	Abnahmen / Abfolge der Rammarbeiten / Proberammungen	11
4.6	Weitere Hinweise und Empfehlungen	11
4.7	Baugrubendurchführung / Aufnahme des Frischbetongewichtes	12
4.8	Kranaufstellflächen	12 - 13
4.9	Grundwasseranalytik	14
4.10	Baugrubengestaltung	14 - 15
4.11	Verhalten bei Nutzungsende	15
4.12	Abnahmen	16
5.	Zusammenfassung	17 - 18

Anlagen

- 1** **Lageplan der Kleinrammbohrungen S1 - S3/20
und der Spitzendrucksondierungen**

- 2.1 – 2.3** **Profildarstellungen der Schichtenfolgen S1 - S3/20**
2.4 – 2.5 **Legende**

- 3.1 – 3.4** **Spitzendruckdiagramme**

- 4.1** **Widerstandssetzungslinie**

- 5.1 - 5.2** **Analysenergebnisse des untersuchten Grundwassers**

1. Veranlassung

Wie bereits in unseren vorausgegangenen geotechnischen Gutachten (BV 287/19 sowie BV 147/20) wird als Nachtrag nunmehr im Bereich der Windkraftanlagenengruppe I der Standort WEA 2 bearbeitet.

Vorgesehen hierfür ist eine Anlage vom Typ Siemens Gamesa, die konventionell auf Stahlbetonrammpfählen errichtet wird.

Die Einzelpfahlquerschnitte werden mit minimal 40 x 40 cm dargestellt, sodass die Anzahl beziffert werden kann mit ca. 36 - 44 Stck. Stahlbetonrammpfählen.

Die Geo Rohwedder GmbH wurde nunmehr beauftragt, im Bereich der geplanten Anlage (Windkraftanlagenengruppe I \Rightarrow WEA 2) den Baugrund zu erkunden und hierauf basierend eine gutachterliche Stellungnahme zur Gründung der Anlage zu erarbeiten.

2. Baugrund

Wie bereits vorausgegangen dargestellt, wurden je Standort zunächst 2 Stck. Spitzendrucksondierungen veranlasst und im Bereich der Kranstellfläche ebenso.

Überdies wurden Aufschlussbohrungen niedergebracht, die zwischen 6 m im Bereich neu zu erschließender Zuwegungen als auch 20 m unter vorhandener Geländeoberkante ausgeführt wurden.

Die Lage des geplanten Standortes WEA 2 sowie der Baugrunderkundungen (Aufschlussbohrungen sowie auch Spitzendrucksondierungen) kann im Einzelnen der beigefügten Anlage 1 entnommen werden, einschl. der geplanten Zuwegung und Kranstellfläche.

Die Systematik des Untergrundaufbaus ist aus geologischen Gründen durch die vorausgegangenen Baugrundgutachten (BV 287/19 sowie BV 147/20) weitgehend bekannt. Es wird daher auf die Ausführungen in den genannten Gutachten verwiesen.

Die erbohrten Schichtenfolgen wurden in zeichnerischer Profilform auf den Anlagen 2.1 bis 2.3 dargestellt, während die dazugehörige Legende (Abkürzungen gem. DIN 4.022 T. 1 / DIN 4.023 ff.) ergänzend als Anlage 2.4 und 2.5 beigeheftet ist.

Gem. dem Resultat unserer Aufschlussbohrungen folgen marschübliche Kleiböden, die mit zunehmender Teufe durch organische Lagen gebändert werden. Die Basis wurde in 11,6 m bzw. 12,1 m erkundet. Ab diesen Tiefen folgen in Wechsellagerung sowohl Fein- als auch Mittelsande in wenigstens mitteldichter, wenn nicht sogar mitteldicht-dichter Lagerung.

Wasserstände wurden in unterschiedlichen Höhenlagen erkundet, sodass empfohlen wird, einen Wasserstand für Belange der Tragwerksplanung zu berücksichtigen mit:

- **GW = -0,6 m unter jeweiliger Geländeoberkante (GOK)**

Zur Verifizierung der anstehenden Baugrundsystematik wurden durch Beauftragte der Geo Rohwedder GmbH Ende März / Anfang April 2020 4 Stck. Spitzendrucksondierungen gem. DIN EN ISO 22.476-1 mit getrennter Registrierung von Spitzendruck und Mantelreibung, ausgeführt.

Die Lage der ausgeführten Spitzendrucksondierungen kann im Einzelnen der beigegefügt Anlage 1 entnommen werden, während hingegen die gewonnenen Sondierdiagramme, in denen der Verlauf von lokaler Mantelreibung, Spitzenwiderstand sowie Reibungsverhältnis (R_f in %) aufgetragen wurden, auf den Anlagen 3.1 – 3.4 dargestellt wurden.

Im Gründungsbereich WEA 2 wurden die Spitzendrucksondierungen CPT 1 bis einschl. CPT MP (Bauwerksmitte) ausgeführt, während hingegen im Bereich der Kranstellfläche die Spitzendrucksondierung CPT KSF niedergebracht worden ist.

Aus diesen Auftragungen geht hervor, dass ein hinreichend tragfähiger Baugrund anstehend ist in Tiefen ab rd. 12 m unter vorhandener Geländeoberkante und im Bereich der Kranstellfläche ab ca. 14 m Tiefe.

Insgesamt sind die erbohrten Baugrundverhältnisse als sehr heterogen darzustellen.

Im Labor des Sachverständigen wurden sowohl Raumgewichtsbestimmungen als auch Wassergehaltsbestimmungen (11 Stck.) durchgeführt. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse können den jeweiligen Profildarstellungen, links der entsprechenden Probenahmetiefe zugeordnet, entnommen werden.

3. Gründungsempfehlung

Vom Sachverständigen wird empfohlen, analog zu den bereits dargestellten Gutachten, Stahlbetonrammpfähle zu verwenden.

Aus vorliegenden Daten bzw. Erfahrungswerten des Sachverständigen können zunächst für den Standort WEA 2 (Siemens Gamesa) folgende Bemessungswerte der Pfahllasten im Extremfall (charakteristisch!) wie folgt angesetzt werden:

- Druck / Pfahl 40 x 40 cm \Rightarrow 1.500 kN/Pfahl \leq Druck \leq 2000 kN/Pfahl
- Zug / Pfahl 40 x 40 cm \Rightarrow 500 kN/ Pfahl \leq Zug \leq 600 kN/Pfahl

Es wird, wie bereits vorausgegangen dargestellt, von ca. 38 - 46 Stck. Stahlbetonrammpfählen (a/b = 0,40 m / 0,40 m) ausgegangen, sodass aufgrund der stark 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.

Exemplarisch wurden durch den Sachverständigen Bemessungen hinsichtlich der aufnehmbaren Drucklasten vorgenommen mit einem Streubereich von minimal 1500 kN/Pfahl bis ca. 2000 kN/Pfahl, bei einer max. Pfahlkopfsetzung $S_k \leq 9$ mm.

In Anlehnung an die DIN 1.054 und aktuellem Teilsicherheitskonzept bzw. EC 7 sowie mit dem GGU-Programm AXPILE wurde auf der Grundlage der vorliegenden Baugrunderkundungen (Kleinrammbohrungen als auch Spitzendrucksondierungen!) repräsentativ für den Standort WEA 2 der Windkraftanlagenengruppe I die aufnehmbare Drucklast (Widerstandssetzungslinie) dargestellt.

Es wurde hierbei berücksichtigt, dass zum Einen die minimal aufnehmbaren Drucklasten mit ≥ 1500 kN/Pfahl Berücksichtigung finden, resp. 2000 kN/Pfahl.

D. h., dass in dieser dargestellten Spanne die jeweiligen Einzelpfahllängen rechnerisch bemessen wurden.

Demzufolge können die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Bauwerkslasten (Drucklasten) bestätigt werden unter folgenden Randbedingungen.

Pfahllasten für Stahlbetonfertigrammpfähle				
Pfahlquerschnitt cm / cm	Zul. Drucklast kN	Zul. Zuglast kN	Einzelpfahllänge ab GOK m	Standort
40 / 40	≤ 1500	≤ 500	≥ 20	WEA 2
40 / 40	≤ 2000	≤ 600	≥ 25	WEA 2

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 10 - 15 Hitzten Eindringungen von ≤ 2 cm / Hitze bei einer Rammenergie > 80 kN/m nicht überschritten werden. Überdies kann eine Erhöhung der Pfahllasten / Reduzierung der Einbindelängen in den tragfähigen Baugrund bei Vorlage von Probelastungen in annähernd vergleichbaren Böden durchaus nachgewiesen werden. Dies sollte jedoch nach Planungsfortschreibung in einem interdisziplinären Gespräch mit allen am Bau beteiligten Personen festgelegt werden.

Als hinreichend tragfähig kann der Untergrund bezeichnet werden, wenn der Spitzendruck q_c Werte erreicht von mindestens $q_c \geq 7,5 - 10$ MPa.

3.1 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.

3.2 Gründung WEA 2

Durch die Geo Rohwedder GmbH wurden exemplarisch unter Zugrundelegung regionaler Erfahrungswerte die aufnehmbaren Drucklasten dargestellt mit Werten von minimal 1500 kN/Pfahl bis zu max. 2000 kN/Pfahl.

Sollten die hierbei aufnehmbaren Zugkräfte mit minimal 500 kN/Pfahl, resp. 600 kN/Pfahl nach Planungsfortschreibung aufgrund der tatsächlich vorliegenden Planunterlagen als zu "ungünstig" dargestellt werden, so kann die Geo Rohwedder GmbH in einem Nachtrag weitere Bemessungswerte darstellen.

Generell wurde bei der Bemessung gem. Anlagenkonvolut 4.1 eine max. Pfahlkopfsetzung zugrunde gelegt mit $S_k \leq 9$ mm. Da die Setzungen bei Einhaltung unserer Empfehlungen relativ gleichmäßig auftreten, wird die zulässige Schiefstellung infolge Baugrundsetzungen in ca. 20 - 25 Jahren mit $\delta_s \leq 1,7$ mm / m nicht überschritten.

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.

Bei den statischen Nachweisen sind die Abminderungsfaktoren gem. EA Pfähle für Spitzendruck und Mantelreibung zu berücksichtigen. Es ist ferner zu prüfen, ob infolge wechselnder Druck- und Zugbeanspruchungen der Pfähle weitere Abminderungen vorgenommen werden müssen.

Für die Festlegung der charakteristischen Pfahlwiderstände zur Ableitung von Zugkräften sind entsprechend DIN 1.054 und EA Pfähle statische Probelastungen erforderlich. Wenn diese nicht vorliegen, können für eine überschlägige Ermittlung die charakteristischen Werte für die Mantelreibung angesetzt werden.

Sollte entgegen den bisherigen Angaben ein anderes Pfahlsystem eingesetzt werden, so können für die Ermittlung der zulässigen axialen Gebrauchslasten die dargestellten Tabellenwerte der EA Pfähle für die o. a. Sondierspitzenwiderstände und undrainierten Scherfestigkeiten angesetzt werden. Falls erforderlich, kann hierzu eine ergänzende Abstimmung mit unserem Büro erfolgen.

Die Ableitung von Horizontalkräften soll über die Pfahlneigung erfolgen. Sollte zusätzlich eine horizontale Bettung in Ansatz gebracht werden, so ist zu berücksichtigen, dass die Schichten aus Klei und Torf nur sehr gering tragfähig sind. Eine horizontale Bettung kann daher erst im Sand ab ca. 12 m, resp. 16 m unter der Geländeoberfläche angesetzt werden. Die Ermittlung der Bettungsmoduln kann gem. DIN 1.054:2005-1 wie folgt vorgenommen werden:

$$\bullet \quad \underline{k_{s,k}} = \underline{E_{s,k} / D_s}$$

Für eine Abschätzung der Gesamtverformungen ist diese Methode mit großen Unsicherheiten behaftet. Wenn horizontale Verformungsnachweise erforderlich sind, sollen im Regelfall Pfahlprobelastungen ausgeführt werden.

3.3 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 Rammpfahlgründung ausführliche Rammb Berichte (Großer Rammb Bericht) 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 Stck. „Große Rammb Berichte“ zu führen, damit ein lückenloser Nachweis der Tragfähigkeitskriterien vorliegt je Standort.

In den letzten Hitzen sind maximale Eindringungen nachzuweisen mit etwa ≤ 2 cm / Hitze. Hierbei können Ergebnisse aus Nachrammungen bei einer Standzeit von mindestens 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/m². 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 t 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 Lastplattendruckversuche 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 Hinweise zum Umgang mit Bodenaushub

Bei den Erd- und Gründungsarbeiten können Bodenmassen aus Klei und Torf anfallen. Diese weisen nach den vorliegenden chemischen Analysen aus der näheren Nachbarschaftsumgebung erhöhte Konzentrationen an TOC und an langkettigen Kohlenwasserstoffen (C10 bis C40) im Feststoff sowie Sulfat im Eluat auf.

Für die abfalltechnische Beurteilung sind die TOC-Konzentrationen maßgebend.

Die bereichsweise stark erhöhten Konzentrationen sind nachweislich auf natürliche organische Anteile, d. h. nicht auf Schadstoffe im Klei und Torf, zurückzuführen.

Die Böden weisen ferner ein hohes Säurebildpotential auf und sind damit potentiell sulfatsauer.

Auf der Grundlage der benachbarten Untersuchungsergebnisse sowie Erfahrungen, die dem Sachverständigen aus der unmittelbaren Nachbarschaftsumgebung vorliegen, ergibt sich demzufolge eine abfalltechnische Beurteilung wie folgt:

- **AVV-Abfallschlüssel** ⇒ **17 05 04**
- **Abfallbezeichnung** ⇒ **Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen**
- **Einstufung** ⇒ **nicht gefährlicher Abfall**
- **Entsorgung** ⇒ **im vereinfachten Verfahren (nicht an-
dehnungs- und nicht nachweispflichtig!)**

Verwertung im Erdbau in Bereichen mit geringen Anforderungen an die Tragfähigkeit, ggfs. entsprechend Kalkung (ca. 100 g/m²!) erforderlich

Alternativentsorgung auf Deponie

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) Pumpensämpfen vorzusehen und nach Bedarf zu betreiben.

4.5 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.

4.6 Weitere Hinweise und Empfehlungen

Es ist zu berücksichtigen, dass sich in den bereichsweise dicht gelagerten Schichten aus Sand und Kies ab ca. 12 - 16 m Tiefe beim Einrammen der Pfähle ein sehr hoher Rammwiderstand ausbilden kann, u. U. wird die planmäßige Absetztiefe dann nicht erreicht.

Zum Nachweis der erzielten Tragfähigkeit werden in diesem Fall Pfahlprobelastungen (dynamisch!, statisch nach Erfordernis!) empfohlen.

Mutterboden, Klei und Torf stellen keine ausreichend tragfähige Unterlage für schwere Baustellenfahrzeuge dar. Es müssen daher entsprechend befestigte Baustraßen und Arbeitsflächen angelegt werden.

4.7 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 Rammpfahlgründung 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.

Der auf das Fundament aufzubringende Boden muss gem. allgemeiner Anforderungen eine Wichte von $\gamma_n \geq 18 \text{ kN/m}^3$ aufweisen. Da die Wattsande diese Anforderung erfüllen, bestehen aus geotechnischer Sicht keine Bedenken, die so beim Aushub der Fundamente anfallenden Wattsande, als Bodenauflast zu verwenden.

Weitere Einzelheiten hierzu sollten nach Verifizierung der Planung in einem interdisziplinären Gespräch mit allen am Bau beteiligten Personen abgestimmt werden.

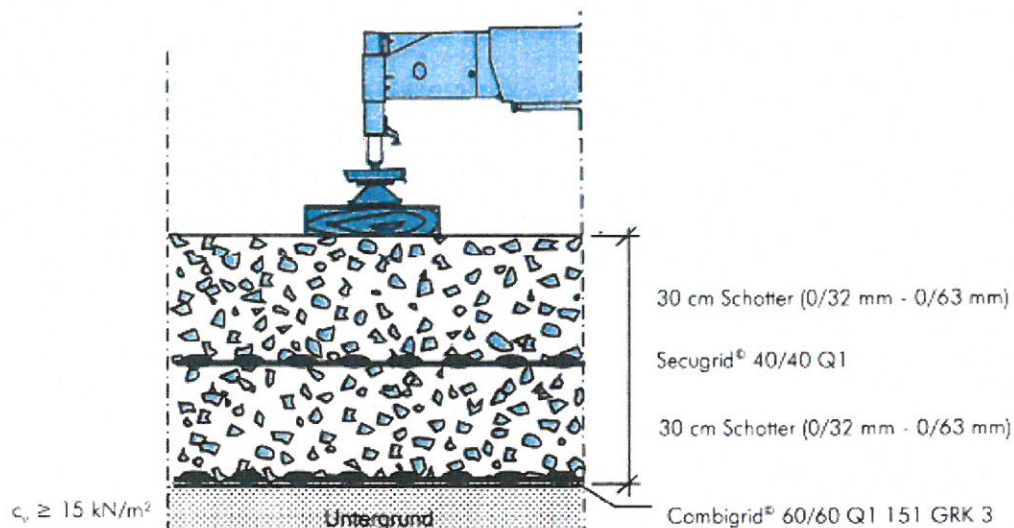
4.8 Kranstellflächen

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 Prätzen 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 $d \geq 60 \text{ cm}$ 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.

4.9 Grundwasseranalytik

Während der Ausführung der Feldarbeiten im März /April 2020 wurde im Bereich der niedergebrachten Aufschlussbohrung WEA 2 (Standortmitte) ein 2" Pegelrohr geschlagen und nach Klarpumpen des Grundwassers wurde eine gezielte Wasserprobe entnommen. Die von uns entnommene Wasserprobe wurde vom akkreditierten Labor UCL Umwelt Control Labor GmbH, 24111 Kiel, untersucht.

Unter der Prüfbericht Nr. 20-16643/1 kann gem. Anlagenkonvolut 5 die hierbei gewonnene Beurteilungen und die zugrunde gelegten Untersuchungsparameter entnommen werden. Demzufolge kann das Grundwasser gem. Beurteilung auf Betonaggressivität nach DIN 4.030 und hinsichtlich der Beurteilung auf Stahlaggressivität gem. DIN 50.929 der Expositionsklassifizierung "XAI" zugeordnet werden.

Soll heißen, dass nur eine sehr geringe Flächen-, resp. Mulden- / Lochkorrosion gegeben ist.

Weitere Untersuchungsparameter hinsichtlich der Einzelbeurteilungen können den beigefügten Anlagen 5 entnommen werden.

4.10 Baugrubengestaltung

Unter Berücksichtigung der erkundeten Grundwasserstände muss die Baugrubendurchführung bereichsweise im Schutz einer geschlossenen Wasserhaltung (Spüllanzen oder Absenkbrunnen oder verkieste Horizontal drainagen) erfolgen, um die bereichsweise anstehenden bzw. unterlagernden Wattsande hinreichend zu entwässern.

Zunächst sollte der Einsatz einer offenen Wasserhaltung berücksichtigt werden.

Die Drainagen sollten sowohl als Ring- und auch Flächendrainagen innerhalb der jeweiligen Arbeitsebene platziert werden. Ggf. 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 geböscht oder abgestützt werden. Die Neigungen der jeweiligen Böschungen dürfen innerhalb der anstehenden Baugrundsystematik 45° nicht überschreiten. Hierauf wird ausdrücklich aufmerksam gemacht. Ggf. 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 anfänglich dargestellten Wasserhaltungsmaßnahmen mit Vakuumeffekt, die nachweislich im Bereich von Wattsanden zu platzieren sind, sollten einen stetigen Wasserstand von minimal 1 m unter künftiger Baugrubensohle beinhalten. Soll heißen, dass bereichsweise Horizontaldrainagen mit Tiefen von ca. 4,5 - 5 m einzufräsen sind, resp. Kleinfiterbrunnen mit Absetztiefen von ca. $T_e \sim 4 - 5$ m.

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.

4.11 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.

4.12 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,**
- **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

In der Gemarkung Nordermeldorf, Kreis Dithmarschen, soll eine neue Windfarm errichtet werden. Innerhalb der Windfarm wird in diesem Gutachten die Windkraftanlagengruppe I mit dem Standort WEA 2 als Nachtrag bearbeitet. Dies stellt die 1. Ausbaustufe dar.

Generell sind Ramppfähle gem. DIN 4.026 niederzubringen mit Kantenabmessungen von mindestens 40 cm x 40 cm.

Die einzubringenden Ramppfähle sind innerhalb des mitteldicht und auch dicht gelagerten Sandes mit Einbindelängen $t_e \geq 6$ m herzustellen.

Auf die Notwendigkeit von Baugrubenabnahmen und auch Proberammungen bei Aufnahme der Rammarbeiten je Standort wird hingewiesen. Dies ist auch Bestandteil der noch offen stehenden Typenstatik!

Die jeweiligen Baustellenbesuche sind **rechtzeitig (mindestens 8 Tage vor Beginn der jeweiligen Bautätigkeiten)** anzumelden.

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.

Geländeaufhöhungen 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.

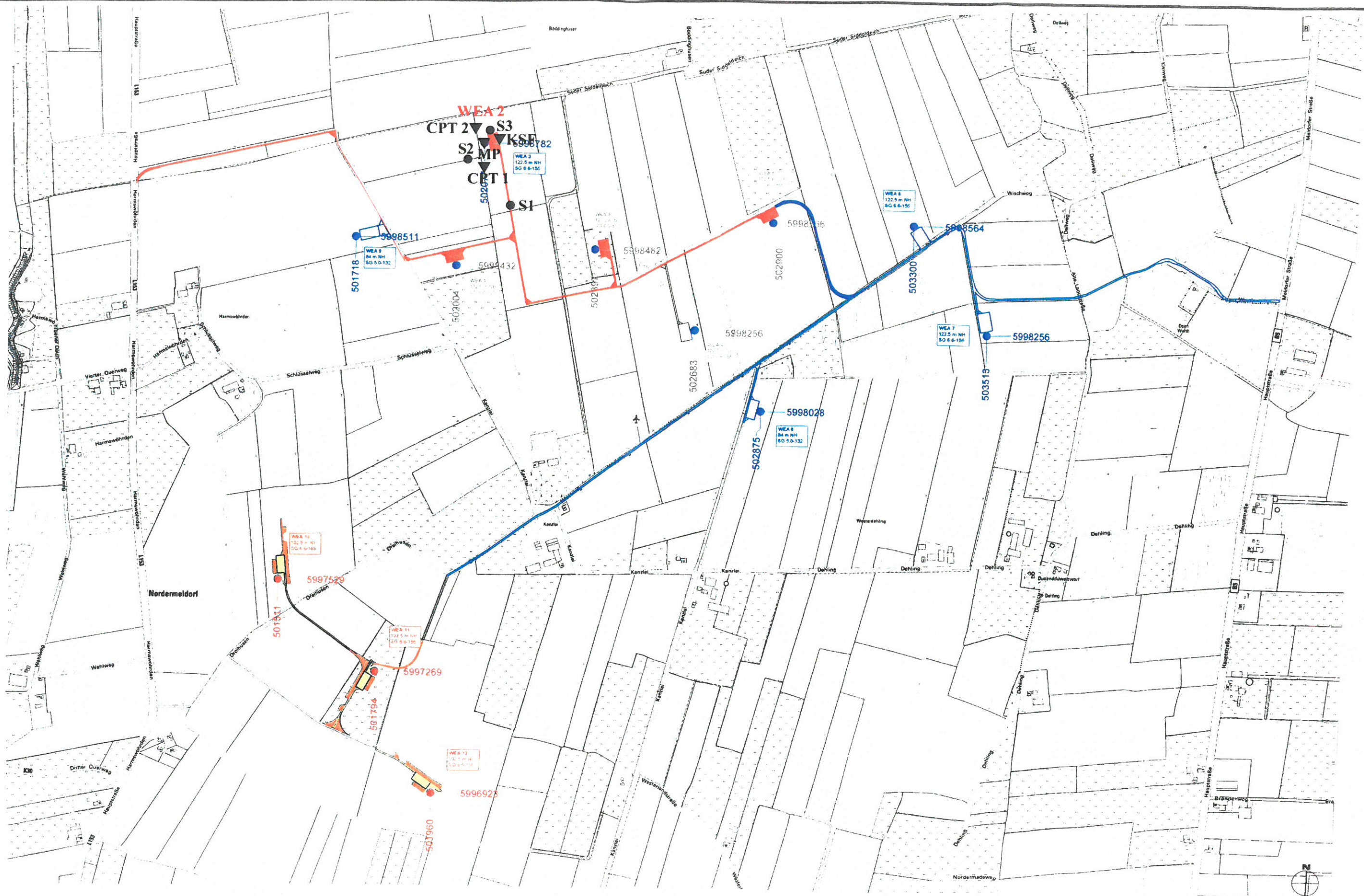
Für Rückfragen und weitere Beratungen stehen wir Ihnen weiterhin gern zur Verfügung.

Sachbearbeiter:



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

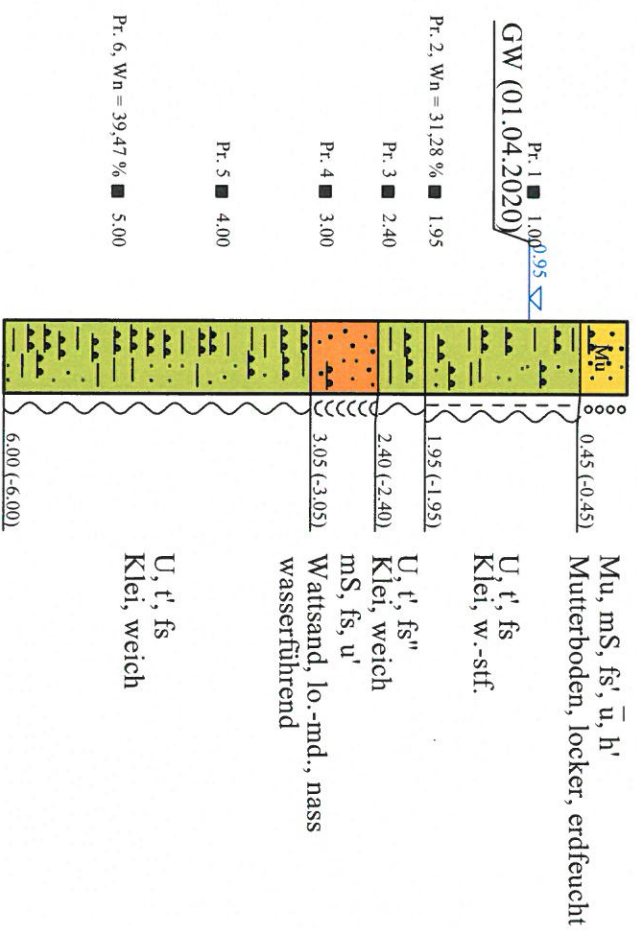
The red circular stamp contains the text: 'Geo-Rohwedder-Spezialtiefbau GmbH', 'Beratende Ingenieure VDI', and 'Landsberg, Bayern'.



<p>Geo Rohweder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sytt Tel.: 048 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80 http://www.geo-rohweder.de</p>	<p>Anlage 1</p>
<p>BV 147/20 Errichtung der WEA 2 in Nordermeldorf Lageplan der Kleinrammbohrungen S1 bis S3/20 Lageplan der Spitzendrucksondierungen WEA 2</p>		<p>Albersdorf, 27.04.2020 /Lo</p>

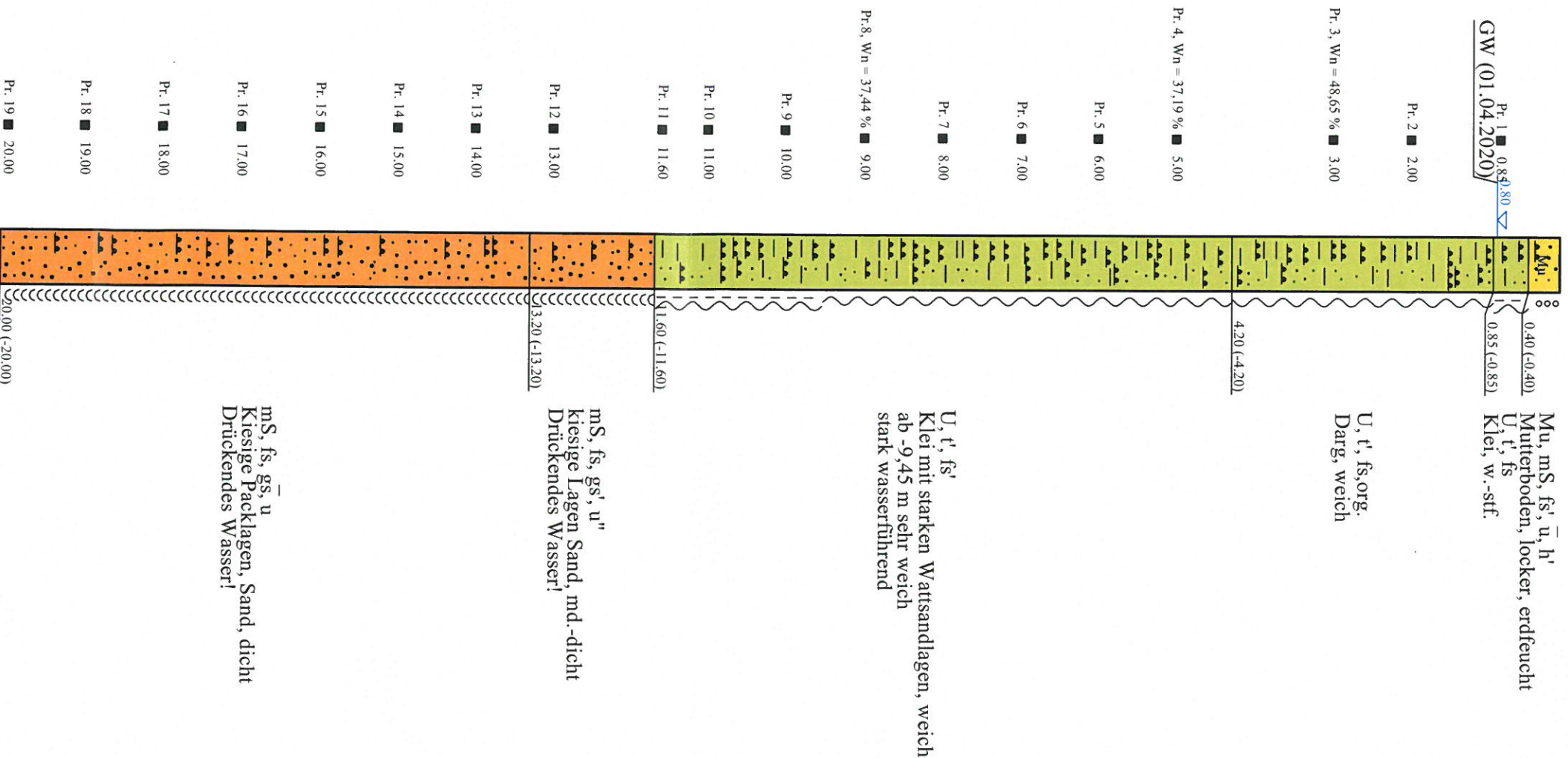
S1/20

(WEA 2 - Zuwegung)
0,00 m GOK



Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegenhorst 4, 25980 Suhl Tel.: 0 48 55 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80	Anlage 2.1
BV 147/20 Errichtung der WEA 2 in Nordermeldorf Kleinrammbohrung S1/20		Albersdorf, 27.04.2020
M. d. H.: 1 : 75 M. d. L.: /.		

S2/20
(WEA2)
0,00 m GOK



Mu, mS, fs', u, h'
Mutterboden, locker, erdfeucht
U, t', fs
Klei, w.-stf

U, t', fs, org.
Darg, weich

U, t', fs'
Klei mit starken Watsandlagen, weich
ab -9,45 m sehr weich
stark wasserführend

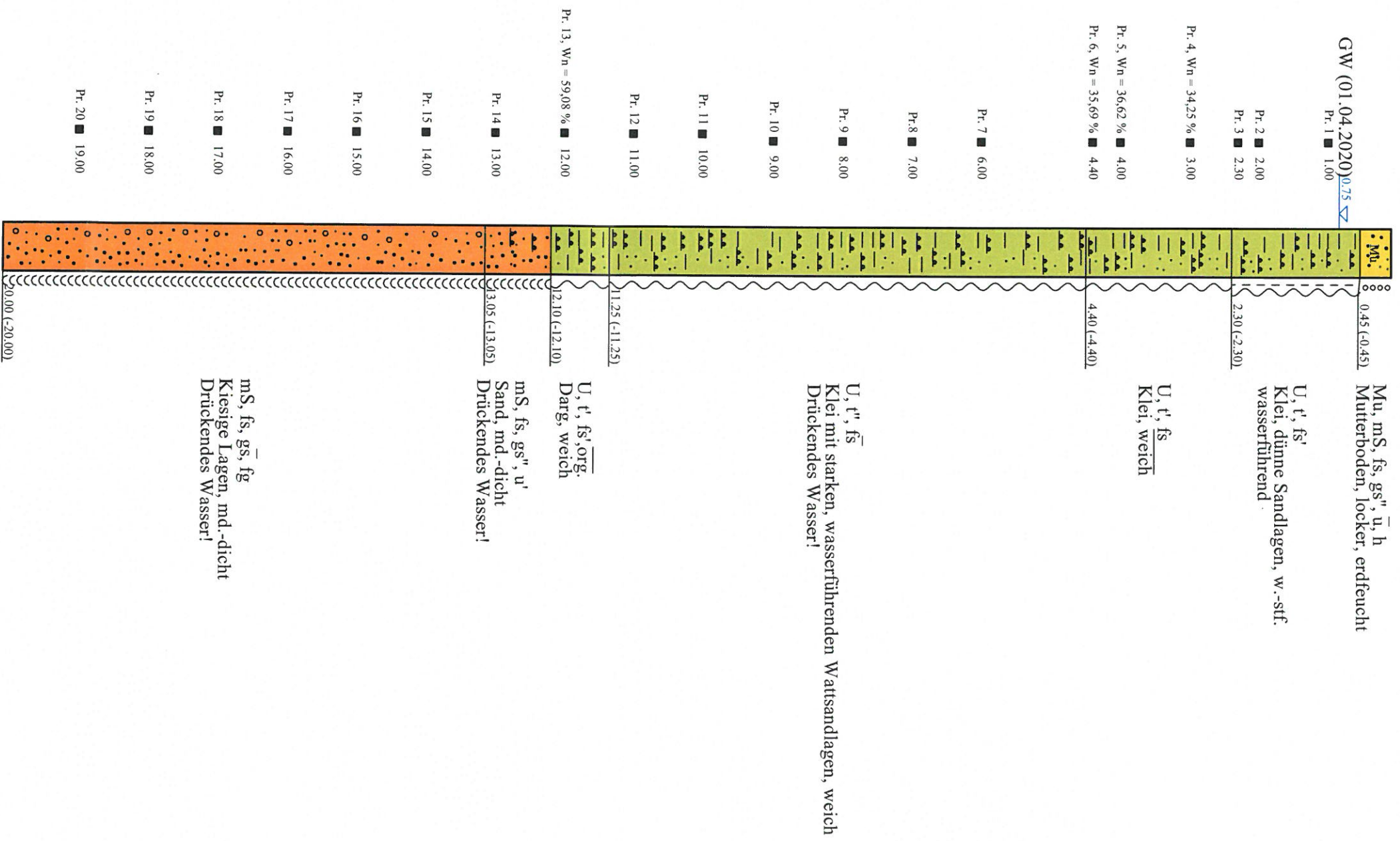
mS, fs, gs', u''
kieselige Lagen Sand, md.-dicht
Drückendes Wasser!

mS, fs, gs, u
Kieselige Packlagen, Sand, dicht
Drückendes Wasser!

Geo Rohweder 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	
BV 147/20 Errichtung der WEA 2 in Nordermeldorf Kleinrammbohrung S2/20		Anlage 2.2 Albersdorf, 27.04.2020 /Lo	
M. d. H.: 1 : 75 M. d. L.: /			

S3/20

(WEA2 - Kranstellfläche KSF -)
0,00 m GOK



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 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 / 2 09 45 80	
BV 147/20 Errichtung der WEA 2 in Nordermeldorf Kleinrammbohrung S3/20		Anlage 2.3	
M. d. H.: 1 : 75 M. d. L.: /		Albersdorf, 27.04.2020 /Lo	

Benennung		Kurzzeichen		Zeichen	bautechnische wichtige Eigenschaften	
Bodenart	Beimengung	Bodenart	Beimengung			
KIES	kiesig	G	g			breiig
Grobkies	grobkiesig	gG	gg			weich
Mittelkies	mittelkiesig	mG	mg			steif
Feinkies	feinkiesig	fG	fg			halbfest
SAND	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 _{gl} %	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

Umweltechnik – 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 2.4

BV 147/20 Errichtung der WEA 2 in Nordermeldorf

Legende der Abkürzungen für Baugrundprofile
(DIN 4023)

Albersdorf, 27.04.2020
/Lo

LEGENDE DER ABKÜRZUNGEN FÜR BAUGRUNDPROFILE

GEOTECHNISCHE BEGRIFFE

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

GRUPPENSYMBOLS

Grobkörnige Böden

GE	enggestufte Kiese
GW	weitgestufte Kies-Sand-Gemische
GI	intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische
SE	enggestufte Sand
SW	weitgestufte Sand-Kies-Gemische
SI	intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische

Gemischtkörnige Böden

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

Feinkörnige Böden

UL	leicht plastische Schluffe
UM	mittelpastische Schluffe
UA	ausgeprägt zusammendrückbare Schluffe
TL	leicht plastische Tone
TM	mittelpastische Tone
TA	ausgeprägt plastische Tone

Organogene Böden und Böden mit org. Beimengungen

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

Organische Böden

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

Auffüllungen

[]	Auffüllungen aus natürl. Böden (jew. Gruppensymbol)
A	Auffüllungen aus Fremdstoffen

GEOTECHNISCHE GRUNDBEGRIFFE

w_L	Fließgrenze	I_D	bezogene Lagerungsdichte
w_P	Ausrollgrenze	C_U	Ungleichförmigkeitszahl
w_n	natürl. Wassergehalt	C_c	Krümmungszahl
I_c	Konsistenzzahl	γ	Feuchtwichte
I_p	Plastizitätszahl	γ'	Wichte unter Auftrieb
D	Lagerungsdichte	ϕ'	inn. Reibungswinkel (drän.)
E_s	Steifemodul	c'	Kohäsion (dräniert)
V_{GI}	Glühverlust	D_{Pr}	Verdichtungsgrad

HAUPTANTEILE

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

NEBENANTEILE

schwach	< 15 % (z.B. u')
stark	> 30 % (z.B. \bar{u})

Grobkörnige Böden in Abhängigkeit von U und C_c

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

Feinkörnige Böden in Abhängigkeit von w_L

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

BEIMENGENGEN

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

LABORUNTERSUCHUNGEN

gestörte Probe	■	Wasserprobe	○
ungestörte Probe	□	Bohlkern	⊗

BAUGRUND-AUFSCHLÜSSE

Bohrung	⊕
Sondierung	⊙
Schurf	▣

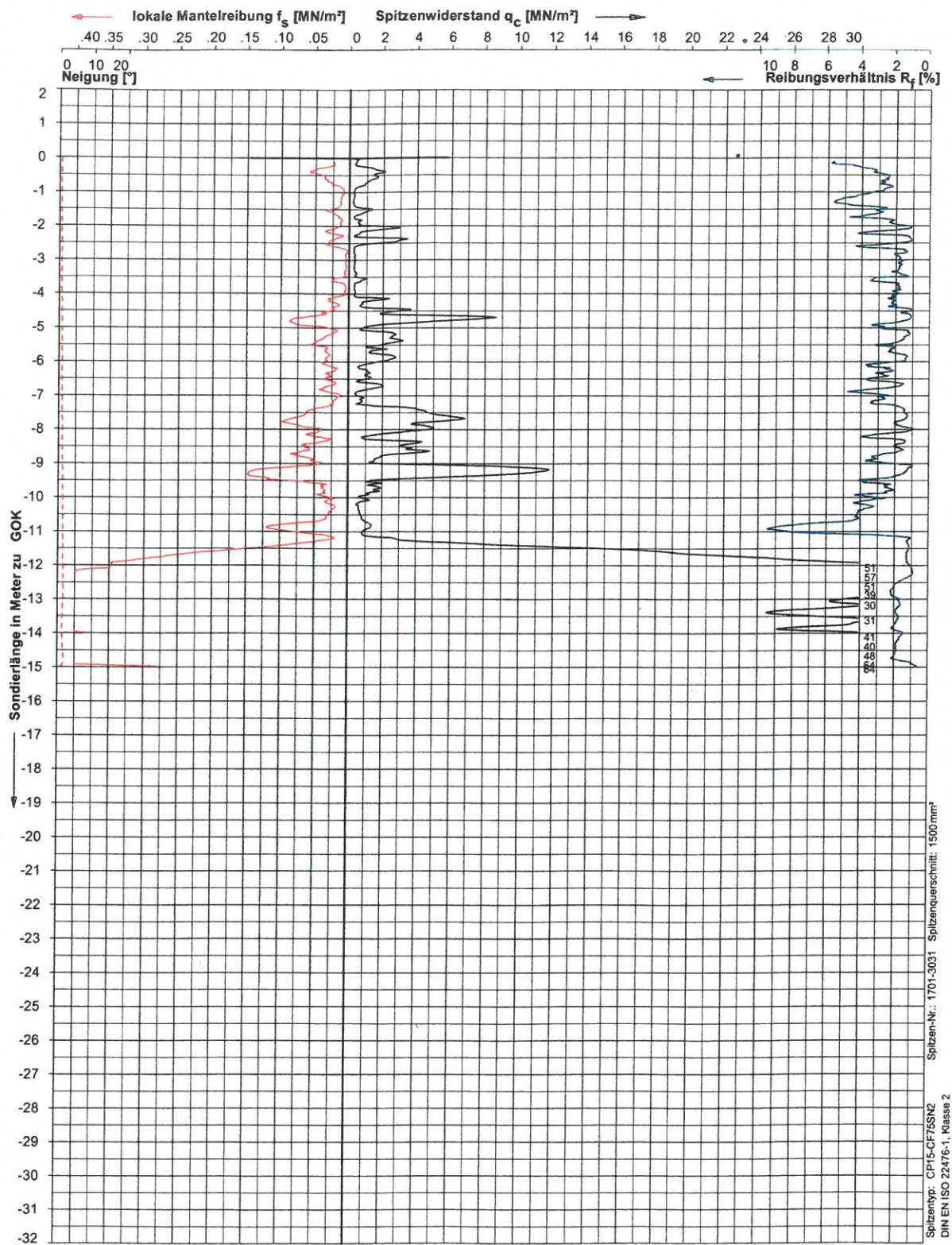
HYDROLOGIE

Wasserstand	▽
Wasseranschnitt	∇
Wasserstand steigend	↑
Wasserstand fallend	↓

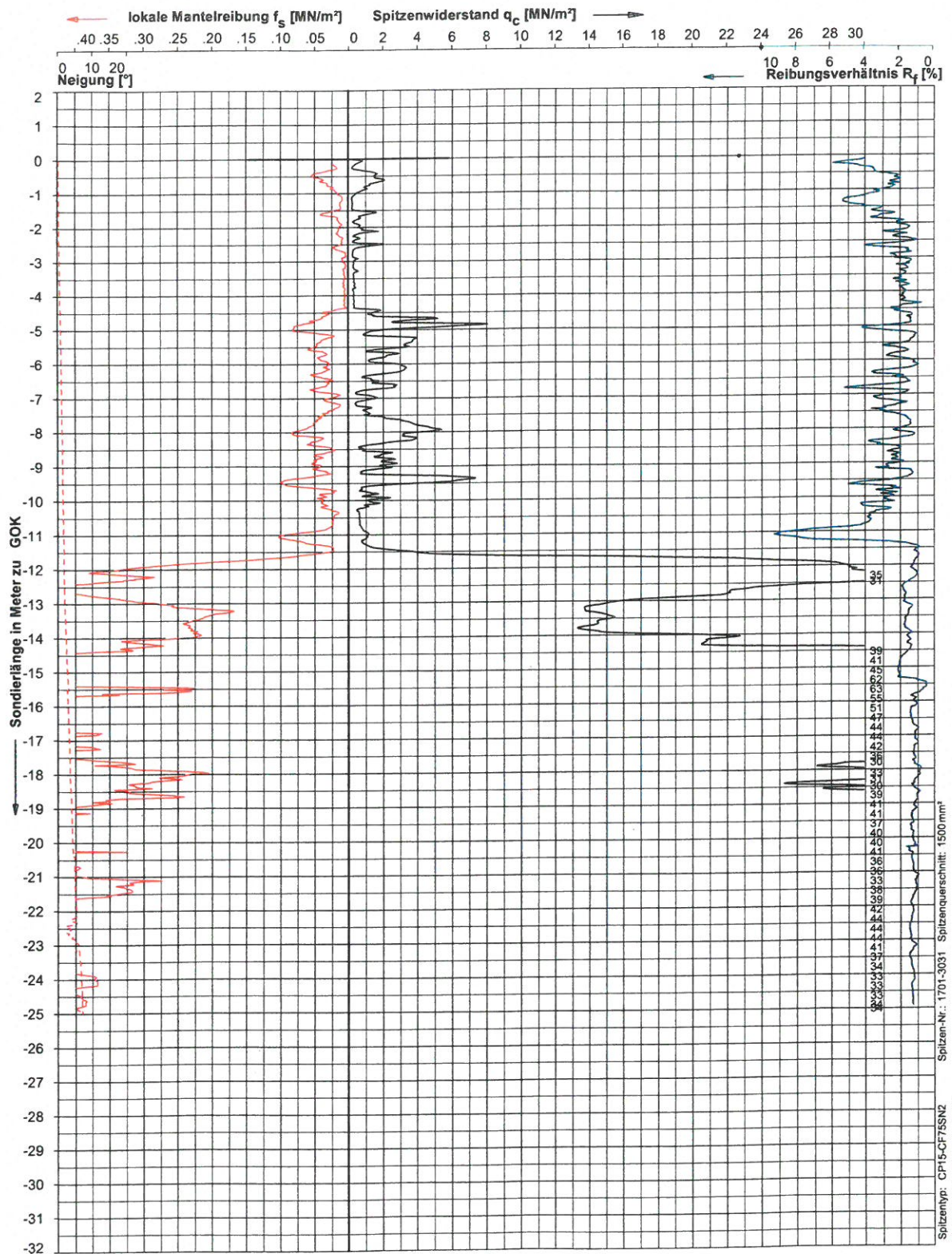
DARSTELLUNG DER KONSISTENZBEREICHE

breiig	~~~~~	steif	-----
weich	~~~~~	halbfest	_____

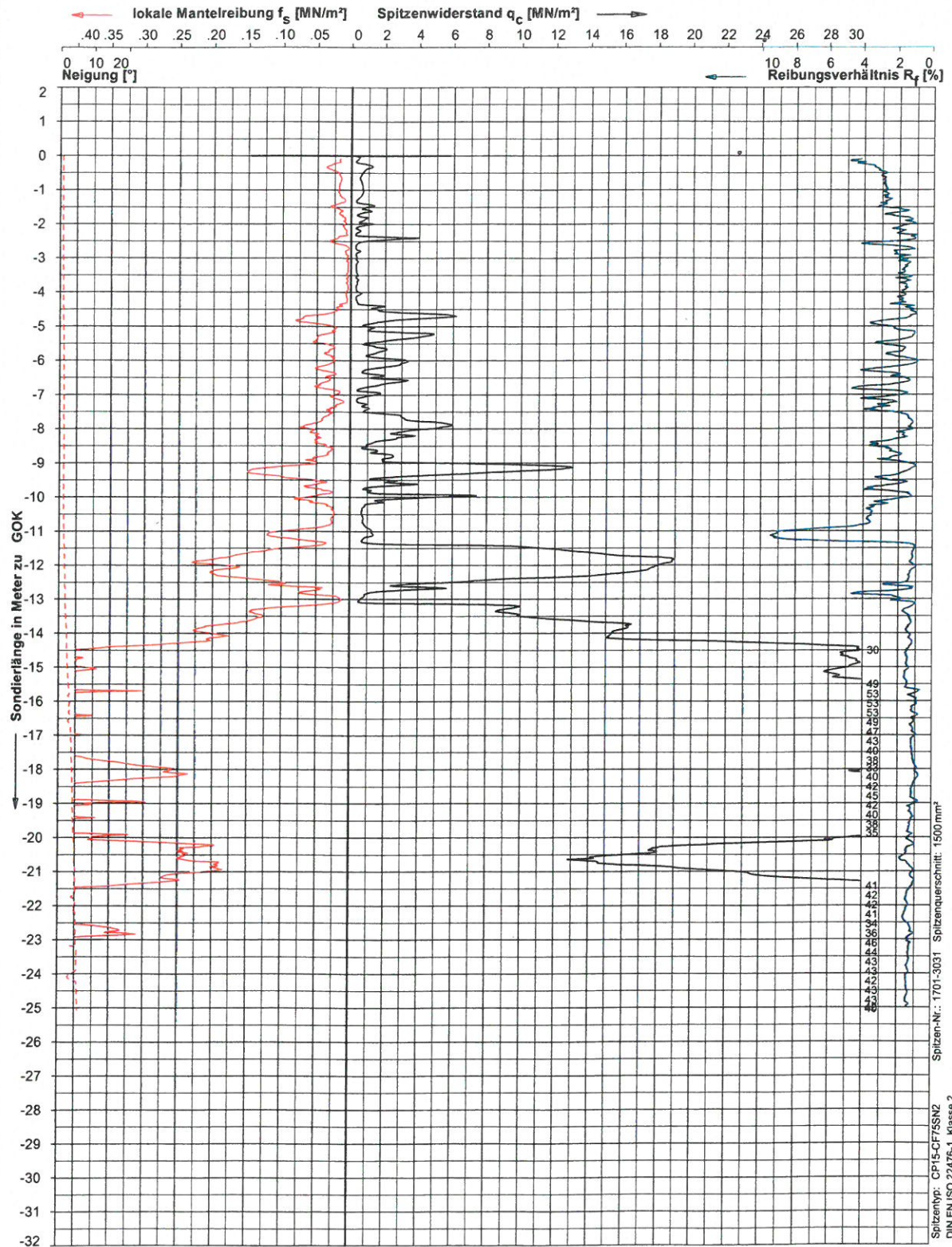
Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik – Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau – Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf – Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 04835 – 94 00, Mobil: 0170 / 2 09 45 80 http://www.geo-rohwedder.de	Anlage 2.5
BV 147/20 Errichtung der WEA 2 in Nordermeldorf		Albersdorf, 27.04.2020 /Lo
Legende der Abkürzungen für Baugrundprofile (DIN 4022-1, DIN 4023, DIN 18196, DIN 1080)		



<p>Geo Rohwedder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>Umweltechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliogerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80</p>	<p>Anlage 3.1</p>
<p>BV 147/20 Errichtung der WEA 2 in Nordermeldorf</p>		<p>Albersdorf, 27.04.2020/Lo</p>
<p>Spitzendrucksondierung CPT 1 (WEA 2)</p>		

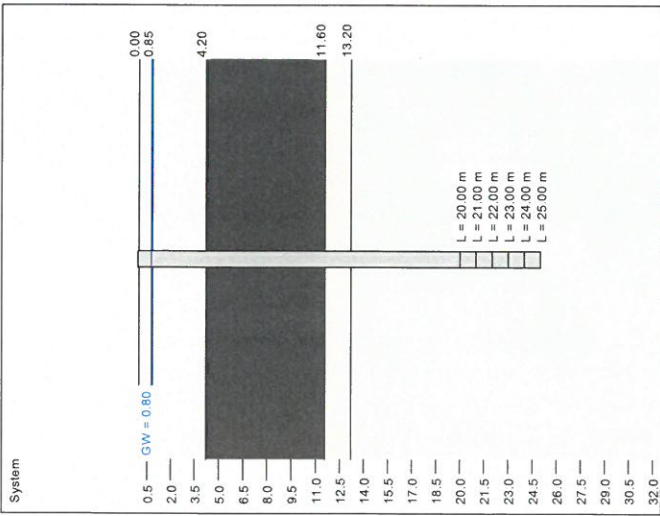


Geo Rohweder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH	Umwelttechnik - Erd- und Grundbau - Beweissicherung Bodenmechanik - Ingenieurbau - Erdbaulabor Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf - Zum Fliegerhorst 4, 25980 Sylt Tel.: 0 48 35 - 94 00, Mobil: 0 170 - 2 09 45 80	Anlage 3.3
BV 147/20 Errichtung der WEA 2 in Nordermeldorf		Albersdorf, 27.04.2020/Lo
Spitzendrucksondierung CPT MP (WEA 2)		



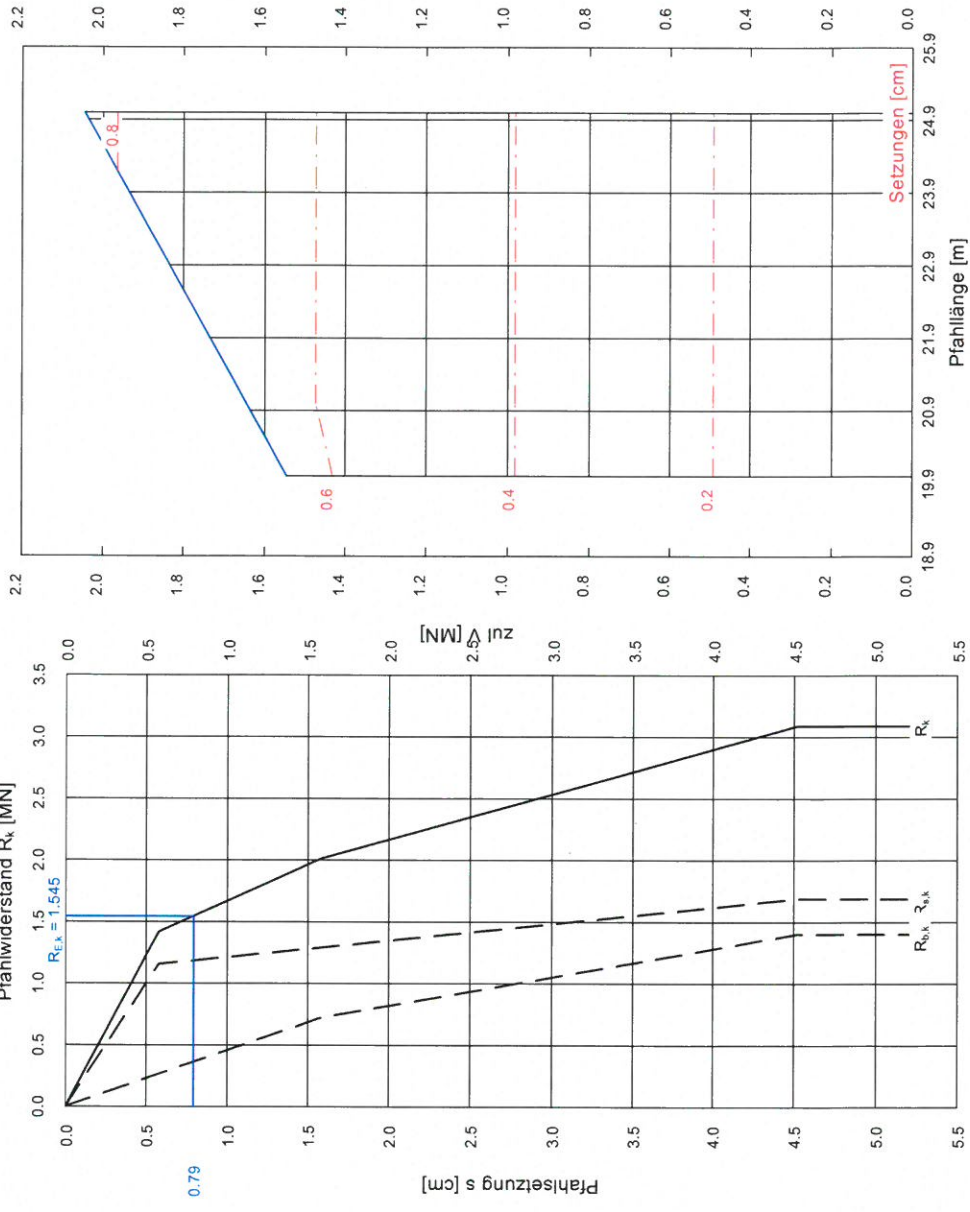
Spitzen-Nr.: 1701-3031 Spitzenquerschnitt: 1500 mm²
 Spitzentyp: CPT5-CF/SSN2
 DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2

<p>Geo Rohweder Ingenieurbüro für Spezialtiefbau und Geotechnik GmbH</p>	<p>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</p>	<p>Anlage 3.4</p>
<p>BV 147/20 Errichtung der WEA 2 in Nordermeldorf</p>		<p>Albersdorf, 27.04.2020/Lo</p>
<p>Spitzendrucksondierung CPT KSF (WEA 2)</p>		



Boden	q _c [MN/m ²]	C _{u,k} [kN/m ²]	q _{u,0.5} [MN/m ²]	q _{u,1.0} [MN/m ²]	q _{u,1.5} [MN/m ²]	q _{u,2.0} [MN/m ²]	q _{u,3.0} [MN/m ²]	q _{u,4.0} [MN/m ²]	q _{u,5.0} [MN/m ²]	Bezeichnung
1.0	1.0	0.0	0.000	0.000	0.004	0.004	0.004	0.004	0.0053	Klei, wsf
0.5	0.5	0.0	0.000	0.000	0.004	0.004	0.004	0.004	0.0027	Darg, weich
1.0	1.0	0.0	0.000	0.000	0.004	0.004	0.004	0.004	0.0053	Klei mit starken Wattleandlagen
15.0	15.0	0.0	4.000	7.600	0.0650	0.0650	0.0650	0.0650	0.0950	Sand, md-dicht
50.0	50.0	0.0	4.500	8.750	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850	0.1250	Sand, dicht

Berechnungsgrundlagen
 Pfahlbreite = 0.400 m
 Grundwasser = 0.80 m
 Fertigrampfpfahl
 Stahlbeton und Spannbeton
 Verhältniswert (min, max) = 0.00
 Interpolationsmantelreibung: $\gamma_G = 1.35$
 bei q_c < 7.5 MN/m² aktiviert
 bei C_{u,k} < 60 kN/m² deaktiviert
 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	20.00	3.088	1.545	1.545	0.79
0.400	21.00	3.288	1.645	1.645	0.74
0.400	22.00	3.488	1.745	1.745	0.71
0.400	23.00	3.688	1.845	1.845	0.75
0.400	24.00	3.888	1.945	1.945	0.79
0.400	25.00	4.088	2.045	2.045	0.83

Widerstandssetzungsline
für Pfahlänge = 20.00 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.: 20-16643/1

Probe-Nr.: 20-16643-001
Prüfgegenstand: Wasser
Auftraggeber / KD-Nr.: Geo Rohwedder, Gartenstraße 23, 25767 Albersdorf / 65015
Auftrags-Nr. / Datum: -/01.04.2020
Projektbezeichnung: BV 287/19 WP Nordermeldorf WEA 2
Probenahme am / durch: 30.03.2020 / Auftraggeber
Probeneingang am / durch: 02.04.2020 / UCL-Kurier
Prüfzeitraum: 03.04.2020 - 14.04.2020

Parameter	Probenbezeichnung		WEA 2	Bestimmungsgrenze	Methode
	Probe-Nr.	Einheit			
			20-16643-001		
weitere Parameter					
Korrosionswahrrkt.			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
Wasserart			fließende Gewässer		-,AG
Lage des Objektes			Unterwasserbereich		-,AG
pH-Wert			7,9	1	DIN EN ISO 10523: 2012-04; KI
Gesamthärte	°dH		32	0,1	DIN 38409-6; KI
Nichtcarbonathärte	°dH		5,0	0,1	DIN 38409-6: 1986-01; KI
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l		9,6	0,1	DIN 38409-7: 2005-12; KI
Carbonathärte	°dH		27	0,3	DIN 38409-7: 2005-12; KI
kalklösende Kohlensäure	mg/l		< 2,5	2,5	DIN 4030-2: 2008-06; KI
Ammonium (NH4)	mg/l		0,07	0,04	DIN EN ISO 11732: 2005-05; KI
Calcium	µg/l		147000	100	DIN EN ISO 11885: 2009-09; KI
Magnesium	mg/l		48,4	0,1	DIN EN ISO 11885: 2009-09; KI
Chlorid	mg/l		169	1	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07; KI
Sulfat	mg/l		106	1	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07; KI

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

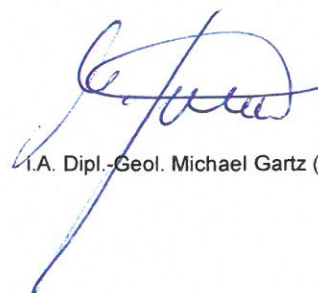
Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und bekanntgegebene Messstelle nach § 29b Bundesimmissionsschutzgesetz.
 Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
 Die Veröffentlichung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



Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	WEA 2 20-16643-001	Bestimmungsgrenze	Methode
Sulfid gelöst	mg/l	< 0,04	0,04	DIN 38405-26: 1989-04;KI
alk. KMnO4-Verbrauch	mgKMnO4/l	26	4	DIN 4030-2: 2008-06;L
Expositionsklasse		<XA1		DIN 4030-2: 2008-06;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

14.04.2020



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