



Dipl.-Ing.
Peter Neumann
Baugrunduntersuchung
GmbH & Co. KG
Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde
Tel. 0 43 51 7136-0
Fax 0 43 51 7136-71

NEUMANN Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG • Marienthaler Str. 6 • 24340 Eckernförde

Naturwind Schwerin GmbH
Schelfstraße 35
19055 Schwerin

 Gründungsmitglied
des BD bohr

16.08.2016
tie/cg

Bauvorhaben Nr. 205/16

Neubau von 11 Windkraftanlagen im Windpark Ostervesede
Baugrunduntersuchung – Gründungsbeurteilung
- Vorbericht -

1 Vorgang

Die Naturwind Schwerin GmbH plant im Windpark Ostervesede die Errichtung von 11 Windkraftanlagen. Nach Aussage des Planers sollen voraussichtlich Vestas V 126/V 136 bzw. Enercon E 126 errichtet werden. Die Lage der Windkraftanlagen kann dem als Anlage 1 beigelegten Lageplan entnommen werden.

Die Fa. Neumann wurde durch die Naturwind Schwerin GmbH beauftragt, den Baugrund im Bereich der geplanten Standorte im Rahmen einer Voruntersuchung zu erkunden und hierauf basierend eine vorläufige Aussage zur Gründung der Windenergieanlagen zu erarbeiten.



2 Baugrund

2.1 Durchgeführte Untersuchungen

Der Baugrundaufbau im Bereich der geplanten Windenergieanlagenfundamente ist vom 27.06. - 05.07.2016 an jedem Standort durch eine Kleinbohrung bis in Tiefen von 16,20 m – 22,00 m unter GOK untersucht worden. Darüber hinaus wurde an allen Standorten – mit Ausnahme der WEA 2 und WEA 6 – parallel zu den Kleinbohrungen eine Sondierung mit der schweren Rammsonde (DPH gemäß DIN EN ISO 22476-2) bis in eine Tiefe von 8,00 m ausgeführt.

Die Lage der Baugrundaufschlüsse innerhalb der Standorte kann den Anlagen 1.2 + 1.3 (Prinzipskizze) entnommen werden. Die Ergebnisse der Kleinbohrungen sind als Bohrprofile und Rammdiagramme in den Anlagen 2.1 - 2.11 aufgetragen worden.

Aus den Kleinbohrungen wurden insgesamt 170 gestörte Bodenproben der Güteklasse 3 – 4 entnommen, die durch den Baugrundsachverständigen im Erdbaulabor bestimmt und beurteilt worden sind.

2.2 Baugrundaufbau

Aus den in den Anlagen 2.1 - 2.11 dargestellten Bohrprofilen ist zu ersehen, dass unter 30 - 70 cm mächtigen Mutterboden bis zur Endteufe bzw. bis in Tiefen zwischen 8,50 m – 18,80 m unter GOK im Wesentlichen rollige Böden anstehen, und zwar handelt es sich hierbei um Fein- und Mittelsande mit unterschiedlichen Anteilen der übrigen Kornfraktionen. In diese Sande sind an den Standorten WEA 2 – 8 in folgenden Tiefen bindige / organische Böden eingelagert:

WEA 2	Tiefe 6,30 m - 6,60 m	Geschiebelehm, steif-weich
WEA 3	Tiefe 13,00 m – 13,10 m	Schluff, weich-steif
WEA 4	Tiefe 8,80 m - 10,30 m	Geschiebemergel, weich-steif



WEA 5	Tiefe 7,70 m - 9,90 m	Geschiebemergel, weich-steif/Torflage bei 4,80 m + 5,40 m
WEA 6	Tiefe 11,50 m – 15,20 m	Torfmulde, weich / steif + Torflagen 6,50 m + 11,00 m
WEA 7	Tiefe 16,50 m – 18,20 m	Geschiebemergel, steif + Torflagen 12,00 m + 13,00 m
WEA 8	Tiefe 8,30 m - 15,00 m	Geschiebemergel, steif-halbfest
WEA 9	Tiefe 3,80 m - 4,40 m	Geschiebelehm, steif
WEA 10	Tiefe 1,30 m - 1,50 m	Geschiebelehm, steif

An den Standorten WEA 1 und WEA 9 – WEA 11 wurden die Sande bis zur Endteufe von Geschiebeböden (Geschiebelehm und –mergel) in weich-steifer und steifer Konsistenz unterlagert.

2.3 Auswertung der Rammsondierungen

Wie den neben den Kleinbohrungen dargestellten Rammdiagrammen zu entnehmen ist, wurden in den Gründungsrelevanten Tiefen (ca. 3,00 – 8,00 m unter GOK) im Wesentlichen Schlagzahlen von 3 – 40 pro 10 cm Eindringtiefe erreicht, d. h., dass die Sande im Wesentlichen in lockerer und mitteldichter Lagerung anstehen. An den Standorten WEA 8 – WEA 10 wurde ab einer Tiefe von ca. 5,00 m bei Schlagzahlen > 12 auch eine dichte Lagerung der Sande festgestellt.

2.4 Zusammenstellung der bodenmechanischen Kennwerte

Im Folgenden werden die für die weitere Bearbeitung erforderlichen bodenmechanischen Kennziffern anhand der im Erdbaulabor durch den Baugrundsachverständigen erfolgten Bodenansprache und von Erfahrungswerten, die aus vergleichbaren Bodenarten vorliegen, tabellarisch zusammengestellt.

Tabelle 1 Bodenmechanische Kennwerte des für die Gründung relevanten Baugrundes

Bodenart	$E_{stat.}$ [MN/m ²]	$E_{dyn.}$ [MN/m ²]	Reibungs- winkel φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Wichte γ / γ' [kN/m ³]	Quer- dehnzahl ν [-]
Mutterboden	keine baugrundtechnische Relevanz				18,0 / 10,0	--
Sand, locker	20,0	120,0	30,0	--	18,0 / 10,0	0,37
Sand, mitteldicht	50,0	200,0	35,0	--	19,0 / 11,0	0,35
Sand, dicht gelagert	80,0	280,0	36,0	--	19,0 / 11,0	0,33
Torfmudder	1,0	12,0	14,0	4,0	14,0 / 4,0	0,47
Torf	0,5	8,0	12,5	2,0	12,0 / 2,0	0,47
Geschiebelehm, weich-steif	7,5	75,0	25,0	6,0	20,0 / 10,0	0,41
Geschiebelehm, steif	20,0	120,0	27,0	10,0	21,0 / 11,0	0,40
Geschiebemergel, weich-steif	12,0	90,0	26,5	8,5	21,0 / 11,0	0,40
Geschiebemergel, steif	35,0	165,0	27,5	10,0	22,0 / 12,0	0,38
Geschiebemergel, steif-halbfest	40,0	180,0	28,5	12,0	22,0 / 12,0	0,38

2.5 Grundwasserstand

Der Grundwasserspiegel lag nach Beendigung der Sondierarbeiten zwischen 0,15 m und 1,25 m unter der derzeitigen Geländeoberkante. In Abhängigkeit von anfallendem Oberflächenwasser muss mit Schwankungen dieser Wasserstände von einigen Dezimetern nach oben und unten gerechnet werden, d. h., dass an allen Standorten mit einem Anstieg bis zur GOK bzw. ggf. auch darüber hinaus gerechnet werden muss.

2.6 Grundwasserqualität

An allen Standorten wurden aus temporären Rammpegeln Grundwasserproben entnommen und dem chemischen Labor GBA, Pinneberg, zur Analyse auf Betonaggressivität nach DIN



4030 übergeben. Aus den in den Anlagen 3.1 bis 3.17 enthaltenen Laborprotokollen geht folgende Grundwasserqualität hervor:

Standort WEA 1:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 2:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 3:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 4:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 5:	schwach betonangreifend (XA 1)
Standort WEA 6:	sehr stark betonangreifend (XA 3)
Standort WEA 7:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 8:	schwach betonangreifend (XA 1)
Standort WEA 9:	schwach betonangreifend (XA 1)
Standort WEA 10:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 11:	stark betonangreifend (XA 2)

Weitere Einzelheiten hierzu sind den Prüfberichten Nr. 2016P509777 / 1 und 2016P510440 / 1 der GBA GmbH zu entnehmen.

3 Vorläufige Aussage zur Gründung der Windenergieanlagen

Der genaue Anlagentyp für die im Windpark Ostervesede zu erstellenden Windenergieanlagen steht nach Aussage der Naturwind Schwerin GmbH z. Zt. noch nicht fest. In der engeren Wahl hierfür stehen derzeit Anlagen vom Typ Vestas V 126 3,3 MW mit NH 137 m, Vestas V 136 3,45 MW mit NH 149 m und Enercon E 126 mit NH 132 m, die gemäß vorliegenden Unterlagen in Tiefen von > 3,00 m unter GOK gegründet werden. Wie aus den auf den Anlagen 2.1 – 2.11 dargestellten Bohrprofilen und Rammdiagrammen ersichtlich ist, kann davon ausgegangen werden, dass in bzw. direkt unterhalb der vorab genannten Gründungstiefe im Wesentlichen Sande in lockerer und mitteldichter Lagerung anstehen. Während die mitteldicht gelagerten Sande aller Voraussicht nach eine für die Gründung ausreichende Tragfähigkeit aufweisen, müssen die locker gelagerten Sande durch geeignete Maßnahmen – Nachverdichtung mit schweren Vibrationsplatten / -walzen bzw.



durch Rütteldruck-/Impulsverdichtung – soweit nachverdichtet werden, dass sie eine mindestens mitteldichte Lagerung aufweisen. Die in größeren Tiefen erkundeten bindigen Böden (Geschiebelehme/-mergel) haben aufgrund des Abstandes zwischen Gründungssohle und des oberen Horizontes dieser Böden aller Wahrscheinlichkeit nach keine negativen Auswirkungen auf die Flachgründung. Eine endgültigen Aussage hierzu kann allerdings erst nach Festlegung des WEA-Typs und weiteren Baugrundaufschlüssen getroffen werden.

An den Standorten WEA 5 – WEA 7 sind in die Sande in unterschiedlichen Tiefen und Mächtigkeiten organische Böden (Torf/ Torfmudden) eingelagert, die als sehr gering tragfähig und sehr setzungsempfindlich eingestuft werden müssen, d. h., dass aus geotechnischer Sicht zusätzliche Maßnahmen zu treffen sind. Als mögliche Verfahren hierfür kommen sowohl Tiefgründungen auf Pfählen (Ramm-/Bohrpfähle) als auch Baugrundverbesserungen durch geeignete Verfahren (CMC-Verfahren, CSV-Säulen, Ortconstopfsäulen etc.) in Frage. Am Standort WEA 5 könnte u. U. auch ein herkömmlicher Bodenaustausch ausgeführt werden.

Unter Berücksichtigung der erkundeten Wasserstände muss an allen Standorten ein Auftriebsfundament geplant werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die abschließende Gründungsbeurteilung erst nach Durchführung weiterer Baugrundaufschlüsse [Spitzendrucksondierungen, Kleinbohrungen sowie ggf. Trockenbohrungen zur Entnahme ungestörter Bodenproben] sowie von Laborversuchen vorgelegt werden kann. Darüber hinaus muss hierfür der endgültige Anlagentyp festgelegt sein.

4 Technische Hinweise zur Fundamentherstellung

4.1 Baugrubendurchführung

Nicht verbaute Baugruben mit senkrechten Wänden sind nach DIN 4124 nur bis zu einer Tiefe von 1,25 m zulässig. Tiefere Baugruben müssen geböscht oder abgestützt werden.



Die Neigung der Böschung darf ohne weitere Nachweise in den erkundeten Sanden 45° und in den erkundeten, wenigstens steifplastischen bindigen Böden 60 ° nicht überschreiten.

Unter Berücksichtigung des erkundeten Baugrundaufbaus, der Grundwasserstände und der voraussichtlichen Gründungstiefen der Fundamente ($t > 2,50$ m unter GOK) muss für die Baugrubendurchführung an allen Standorten eine geschlossene Wasserhaltung (KleinfILTERbrunnen, eingefräste Horizontalbrunnen, Vakuumpumpen) eingeplant werden, um das erkundete Grundwasser bis unter die Baugrubensohlen absenken zu können. Eine endgültige Entscheidung hierzu muss vor Beginn der Erdarbeiten auf der Grundlage zusätzlicher Kleinbohrungen getroffen werden.

4.2 Bodenaustausch

Wie in Abschnitt 3 beschrieben, müssen am Standort WEA 5 die organischen Böden ausgehoben und durch Kiessande/Mineralgemische, die hoch verdichtet werden müssen, ersetzt werden.

Das einzubringende Material sollte im Körnungsbereich von 0 - 8/16 mm liegen (Schluffanteile ≤ 5 %) und einen Ungleichförmigkeitsgrad von $U > 3$ haben. Ggf. können hierfür auch geeignete Sande des Aushubs verwendet werden.

Die rolligen Böden müssen in Lagen von maximal 30 cm im Trockenen eingebracht und eine dichte Lagerung gebracht werden. Die erforderliche Verdichtung kann durch wenigstens 4 - 5 Übergänge mit einer mittelschweren Vibrationsplatte erreicht werden.

Die Kiessande sind so einzubauen, dass von den Fundamentaußenkanten Lastabtragungen unter 45° in diesen verdichteten Böden möglich sind. Der verbleibende Bereich zwischen dieser theoretischen Lastabtragungslinie und der Böschung sollte ebenfalls mit Kiessand, der verdichtet werden muss, aufgefüllt werden. Alternativ hierzu kann auch Recyclingmaterial/Mineralgemisch in gleicher Körnung eingebaut werden.

5 Zusammenfassung

Die durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, dass die im Windpark Ostervesede geplanten Windkraftanlagen mit Ausnahme der WEA 6 – diese Anlage muss voraussichtlich auf Pfählen tiefgegründet werden – im Anschluß an einen Bodenaustausch bzw. eine Nachverdichtung anstehender Sande aller Voraussicht nach flach auf je einem Fundament mit Auftrieb gegründet werden können. Weitere Einzelheiten hierzu können dem Vorbericht entnommen werden.

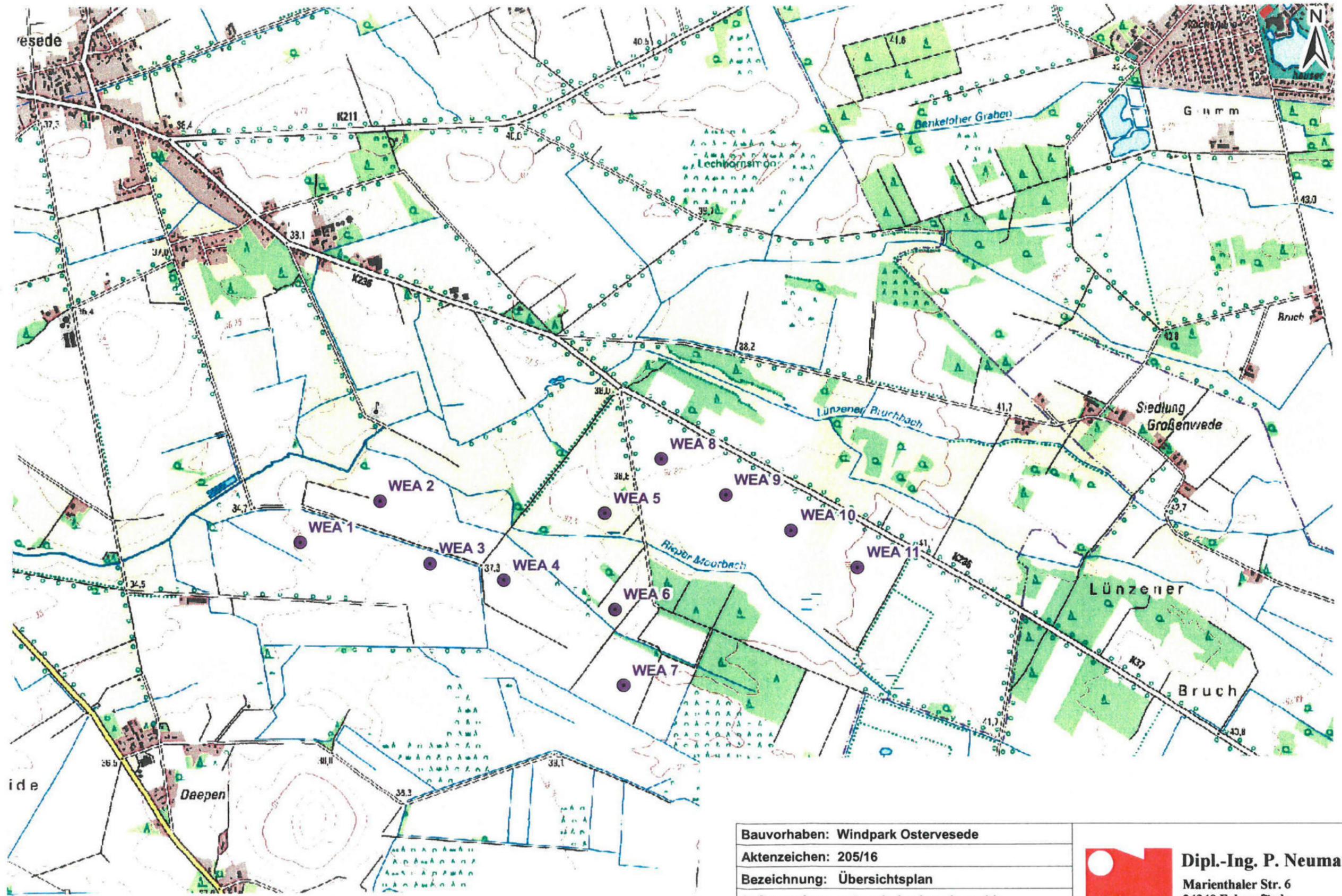
Abschließend muss noch einmal darauf hingewiesen werden, dass es sich gemäß Beauftragung durch die Naturwind Schwerin GmbH um eine vorläufige Baugrundbeurteilung handelt. Für die Erstellung des abschließenden Baugrundgutachtens müssen weitere Baugrundaufschlüsse ausgeführt werden .

Für die Beantwortung eventuell noch auftretender Fragen stehen wir weiterhin gern zur Verfügung.

Dipl.-Ing. Peter Neumann
Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG



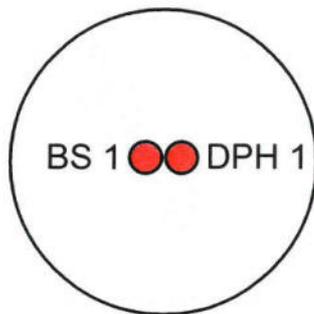
ppa. Wolfgang Tiedemann



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Übersichtsplan	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 05.07.2016	Maßstab: ---
gezeichnet: Claudia Thießen	Anlage 1.1

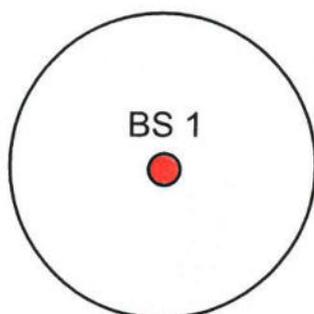

Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

WEA 1, 3 - 5, 7 - 11



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede		 Dipl.-Ing. P. Neumann Marienthaler Str. 6 24340 Eckernförde Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71
Aktenzeichen: 205/16		
Bezeichnung: Prinzipskizze		
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh		
Datum: 05.07.2016	Maßstab: ---	
gezeichnet: Claudia Thießen	Anlage: 1.2	

WEA 2 + 6



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede

Aktenzeichen: 205/16

Bezeichnung: Prinzipskizze

Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh

Datum: 05.07.2016

Maßstab: ---

gezeichnet: Claudia Thießen

Anlage: 1.3



Dipl.-Ing. P. Neumann

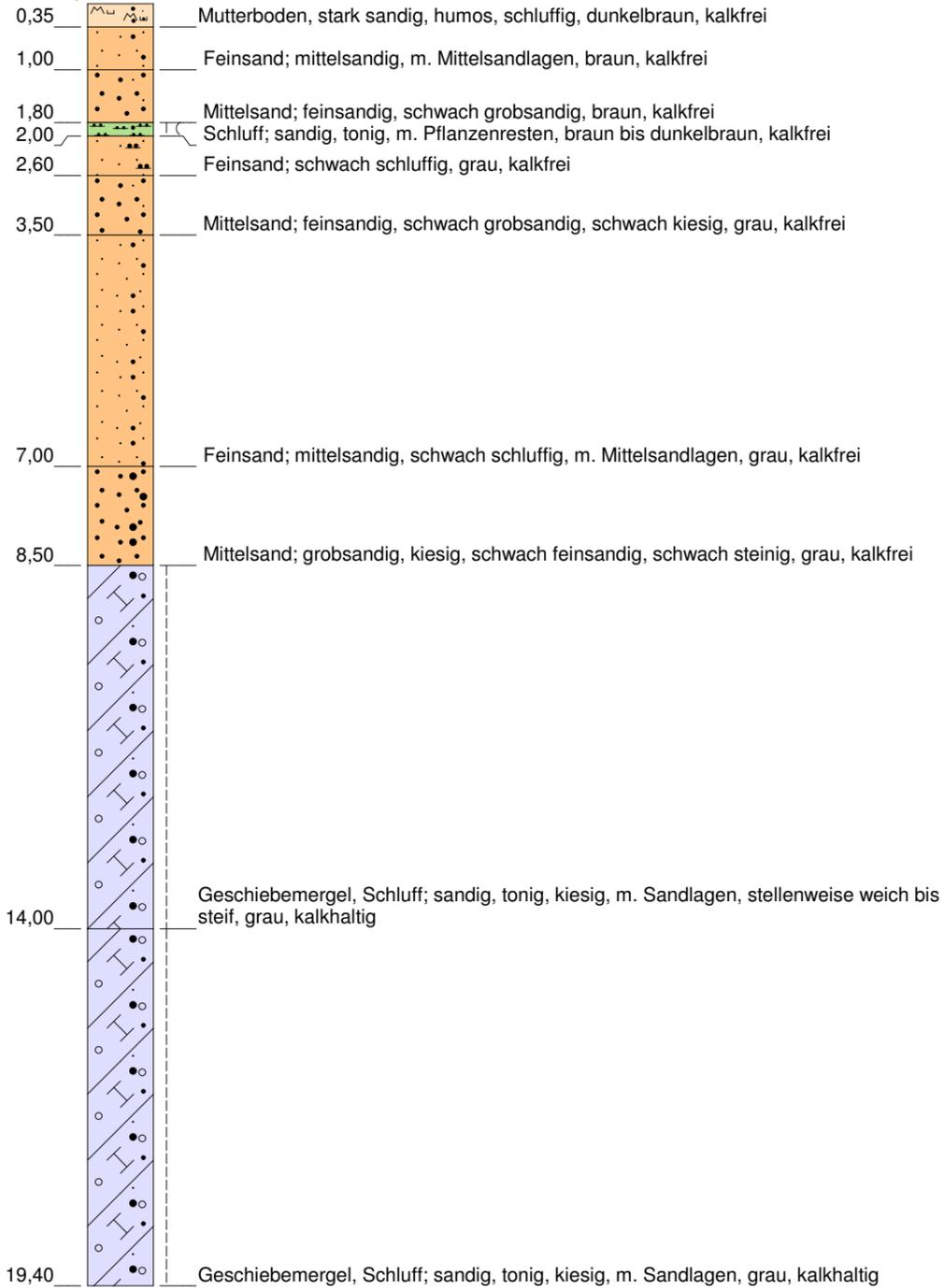
Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde

Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

WEA 1: BS 1c

34,53 m NHN

▼ 0,70
▼ 0,70

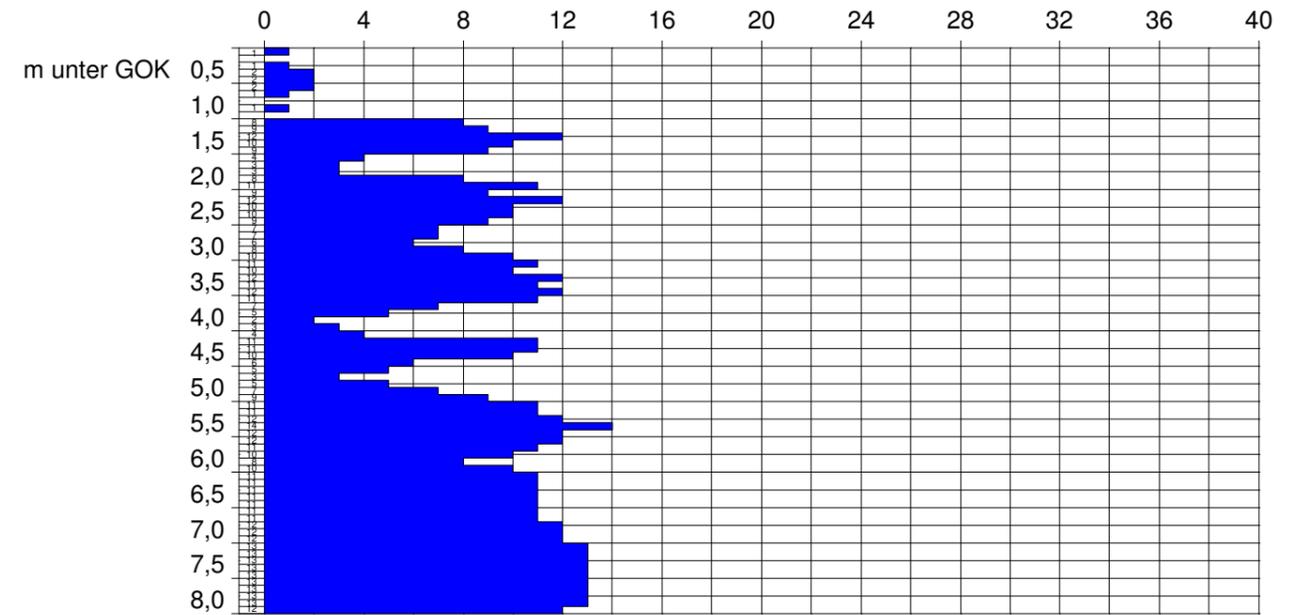


Sondierung abgebrochen!

WEA 1: DPH 1c

34,53 m NHN

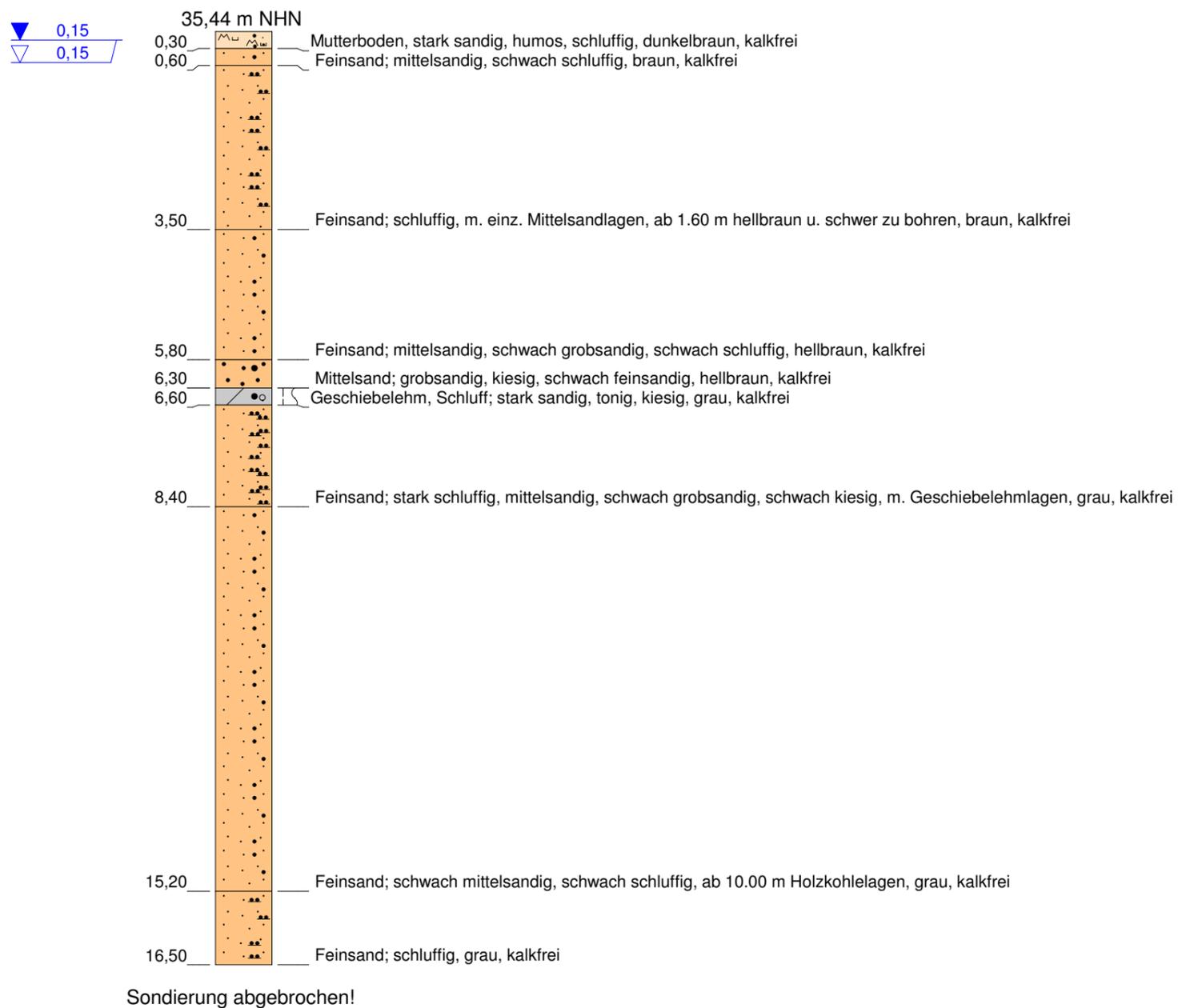
Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.1

Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71
NEUMANN

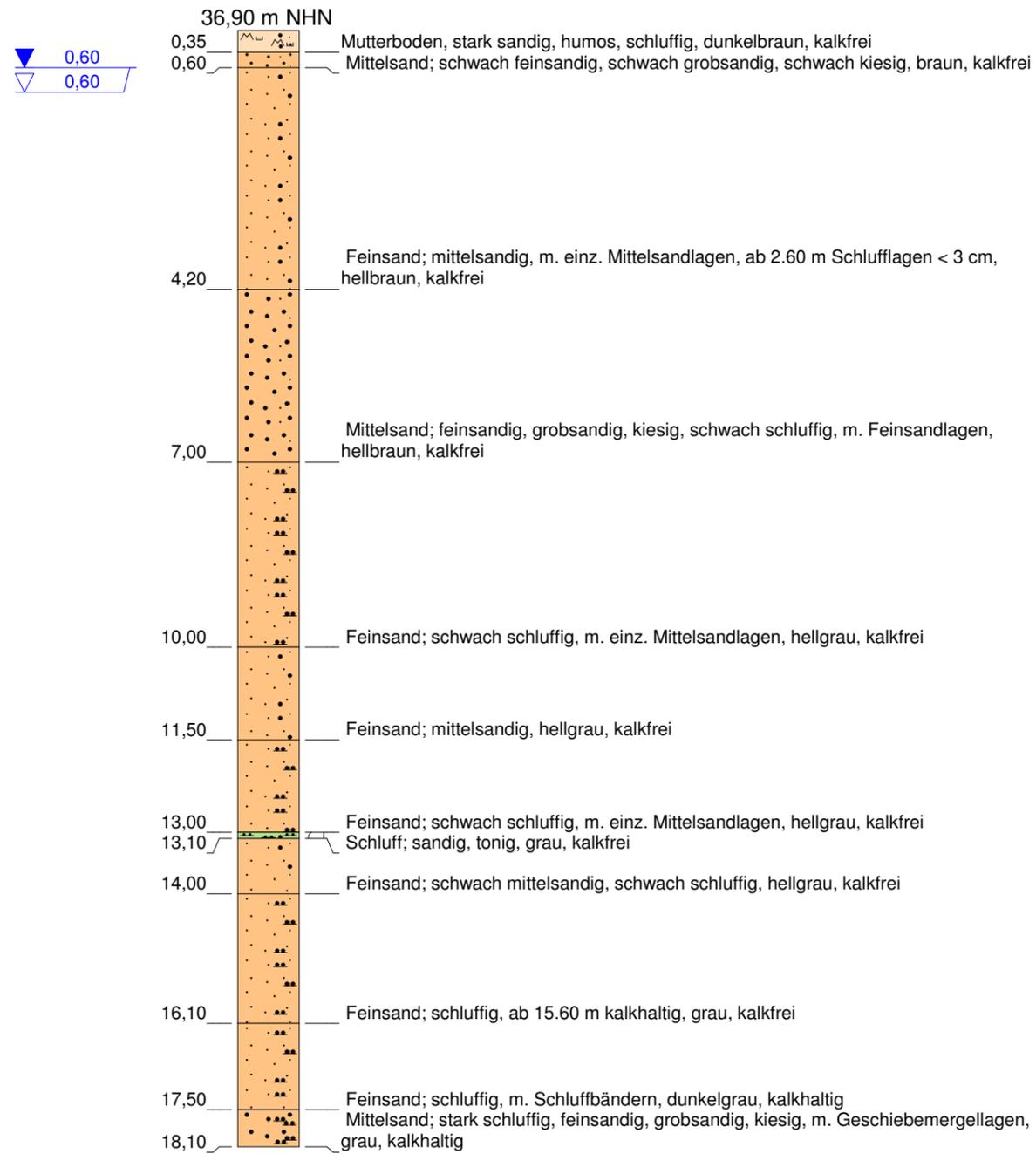
WEA 2: BS 1



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.2

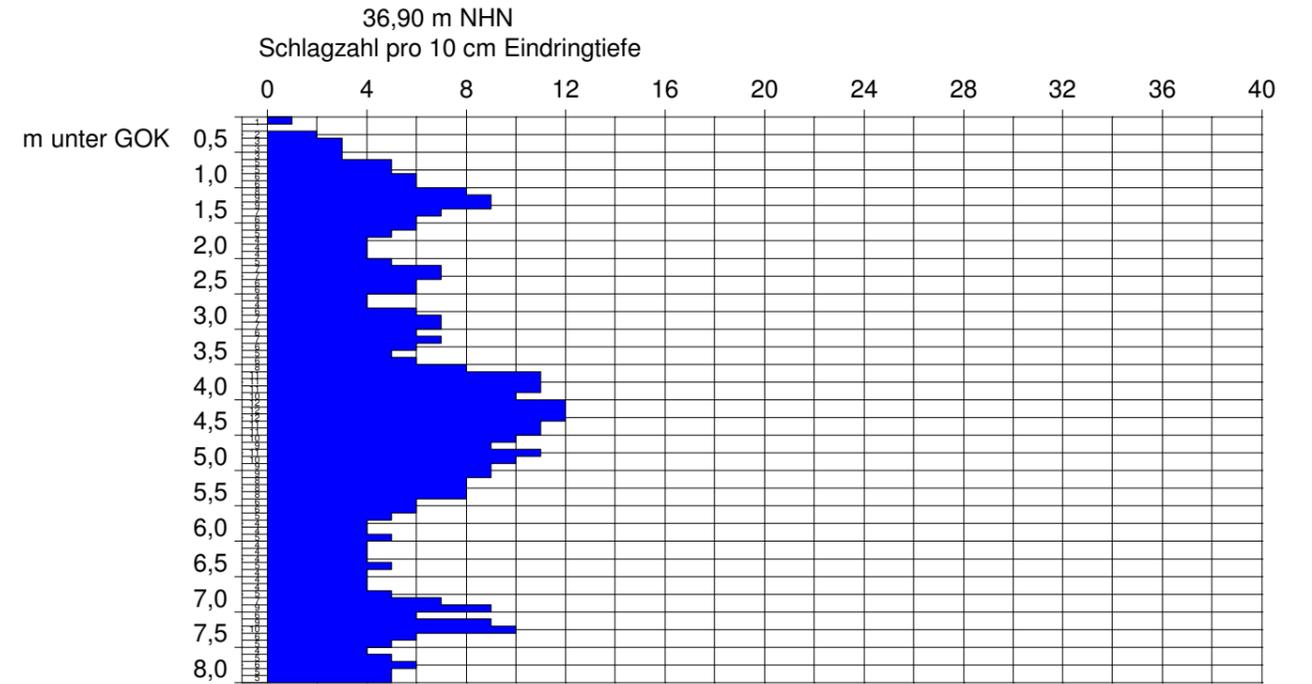
NEUMANN  **Dipl.-Ing. P. Neumann**
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

WEA 3: BS 1



Sondierung abgebrochen!

WEA 3: DPH 1



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.3

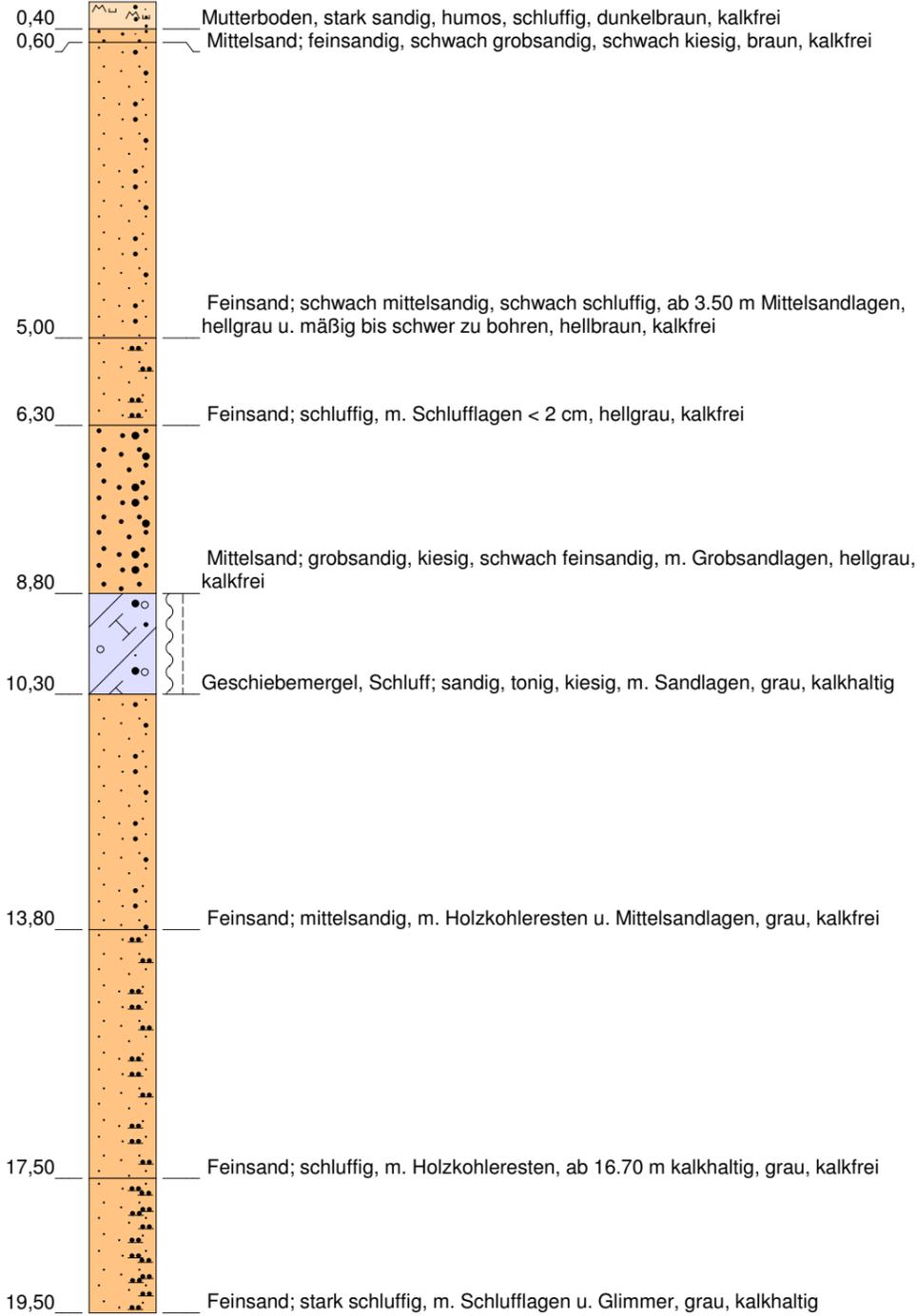
Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

NEUMANN

WEA 4: BS 1

37,48 m NHN

0,90
0,90

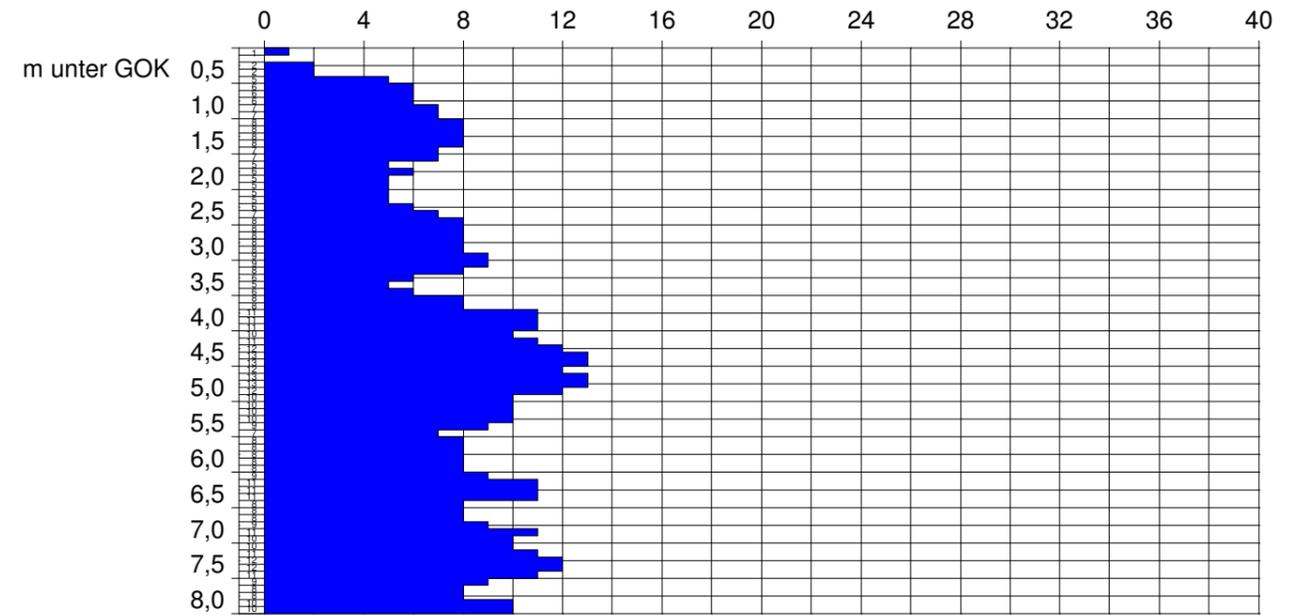


Sondierung abgebrochen!

WEA 4: DPH 1

37,48 m NHN

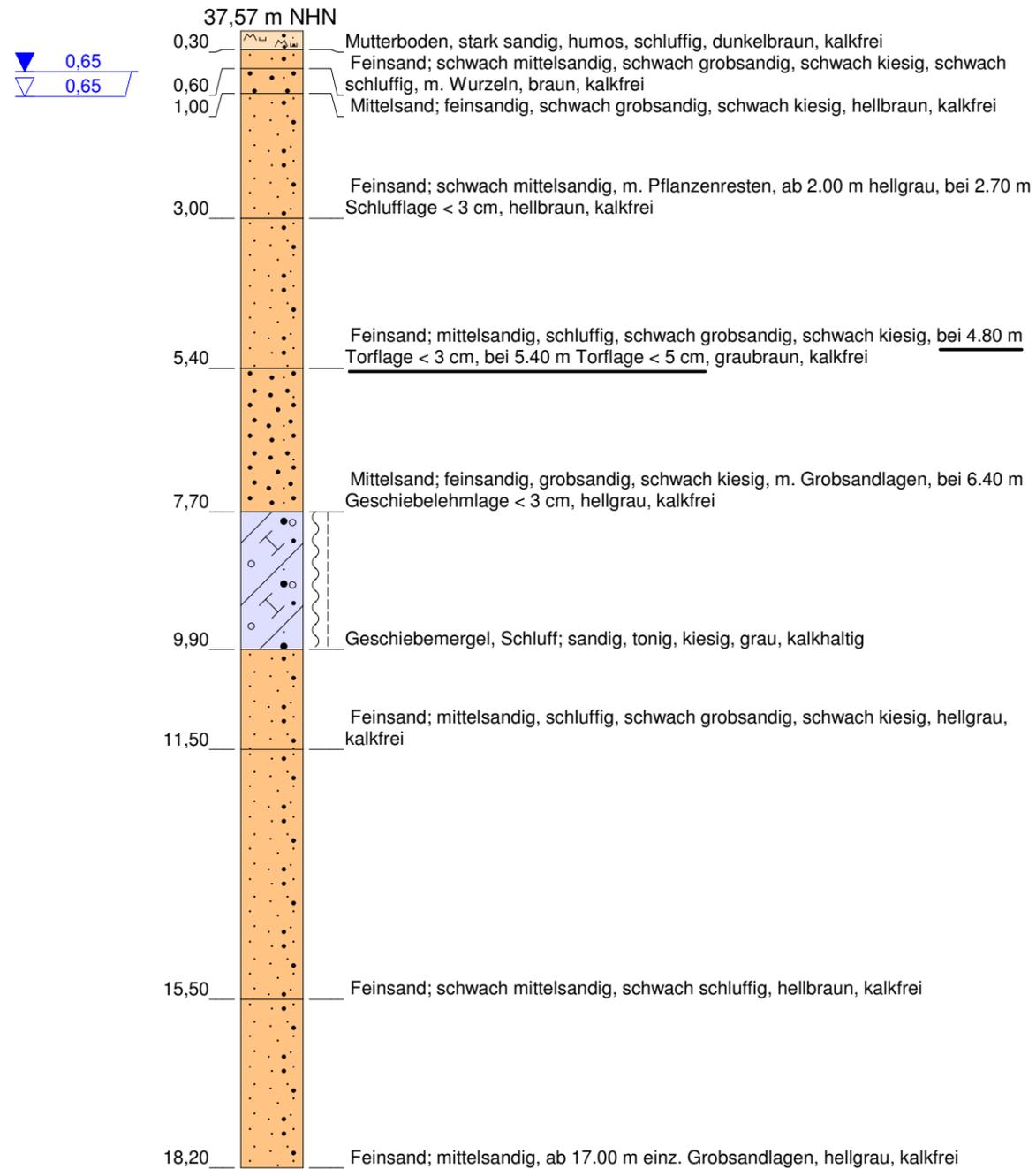
Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.4

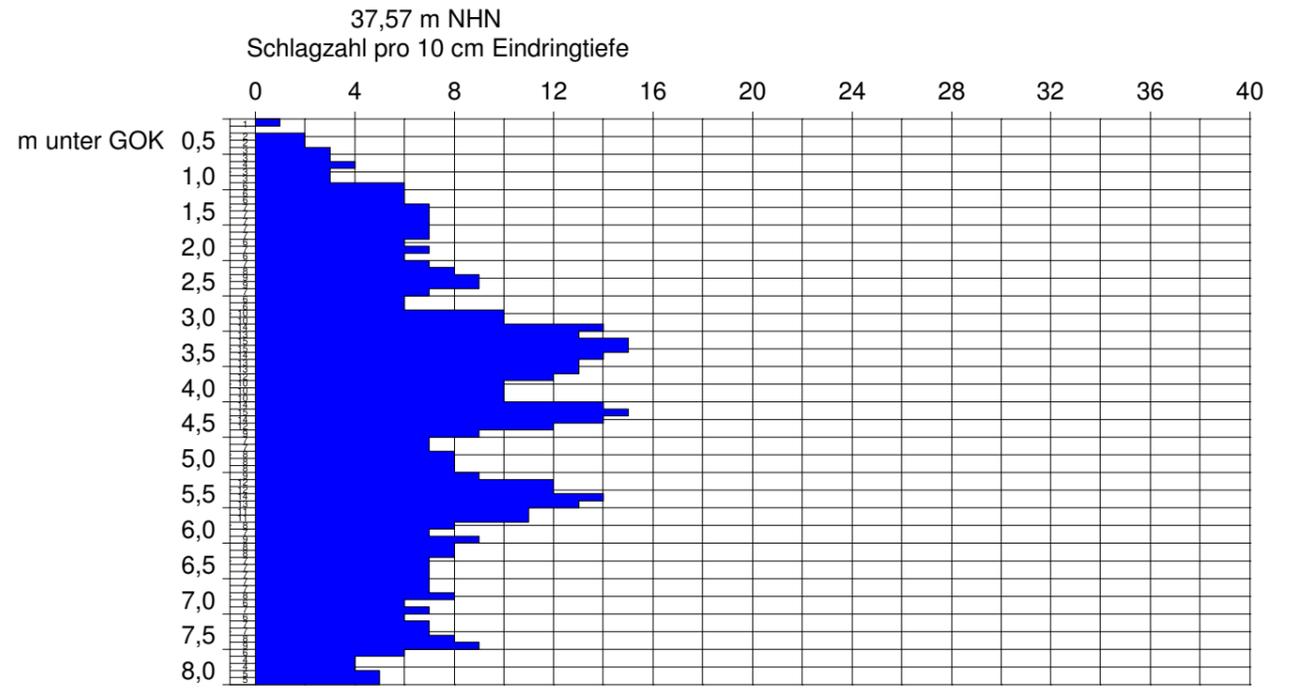
Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71
NEUMANN

WEA 5: BS 1



Sondierung abgebrochen!

WEA 5: DPH 1



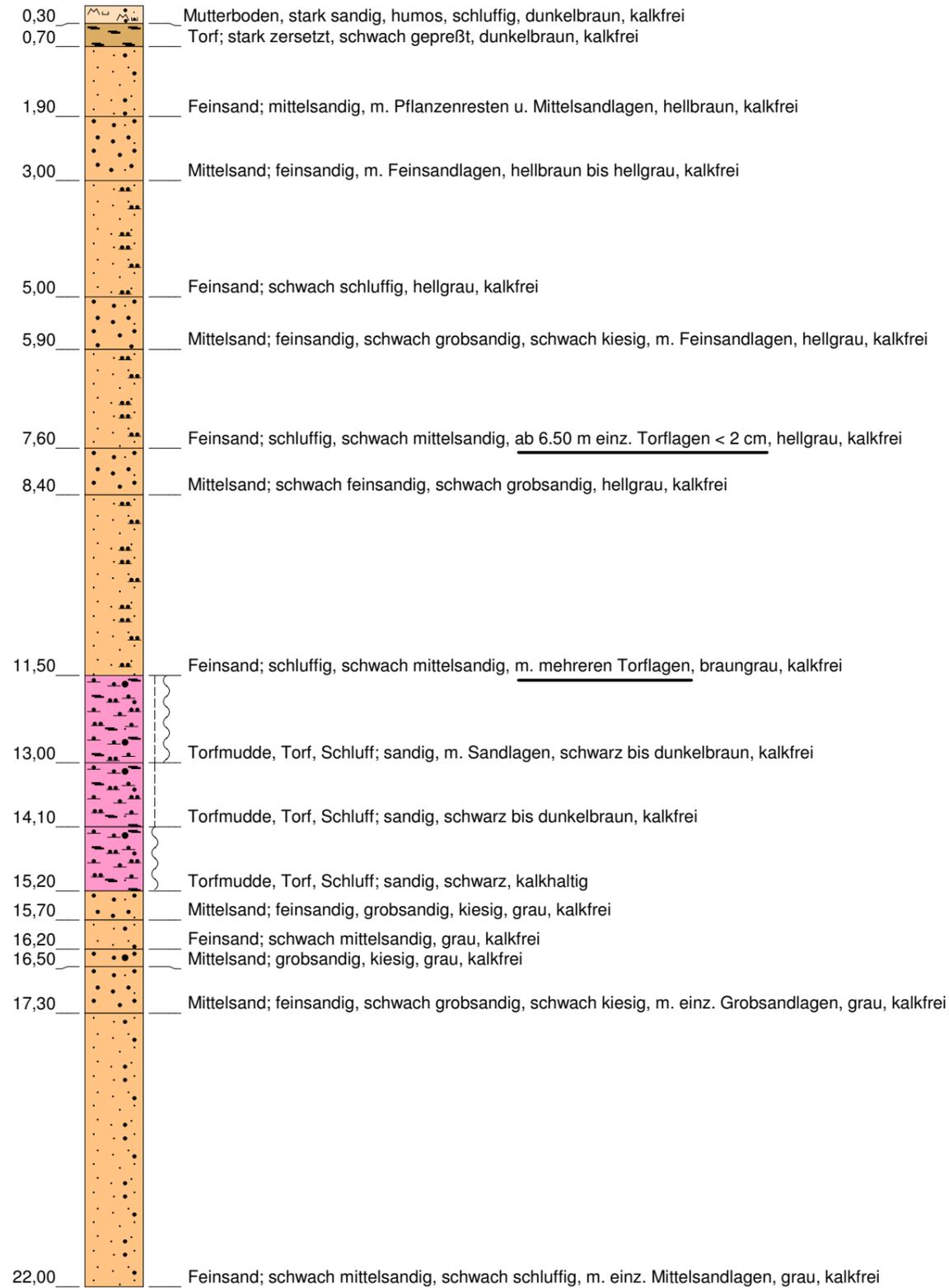
Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.5

Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

NEUMANN

WEA 6: BS 1 37,71 m NHN

▼ 0,65
▽ 0,65



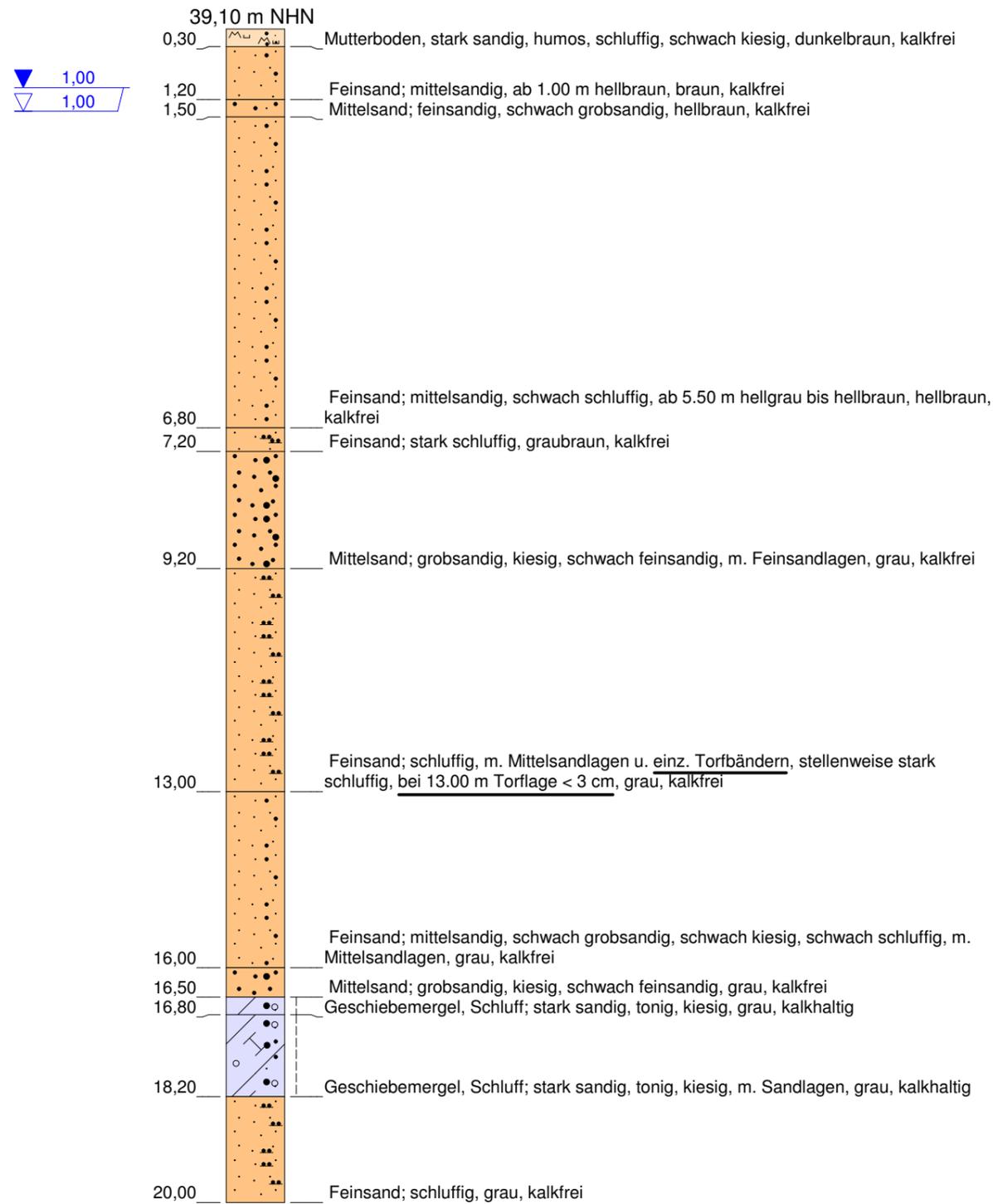
Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.6



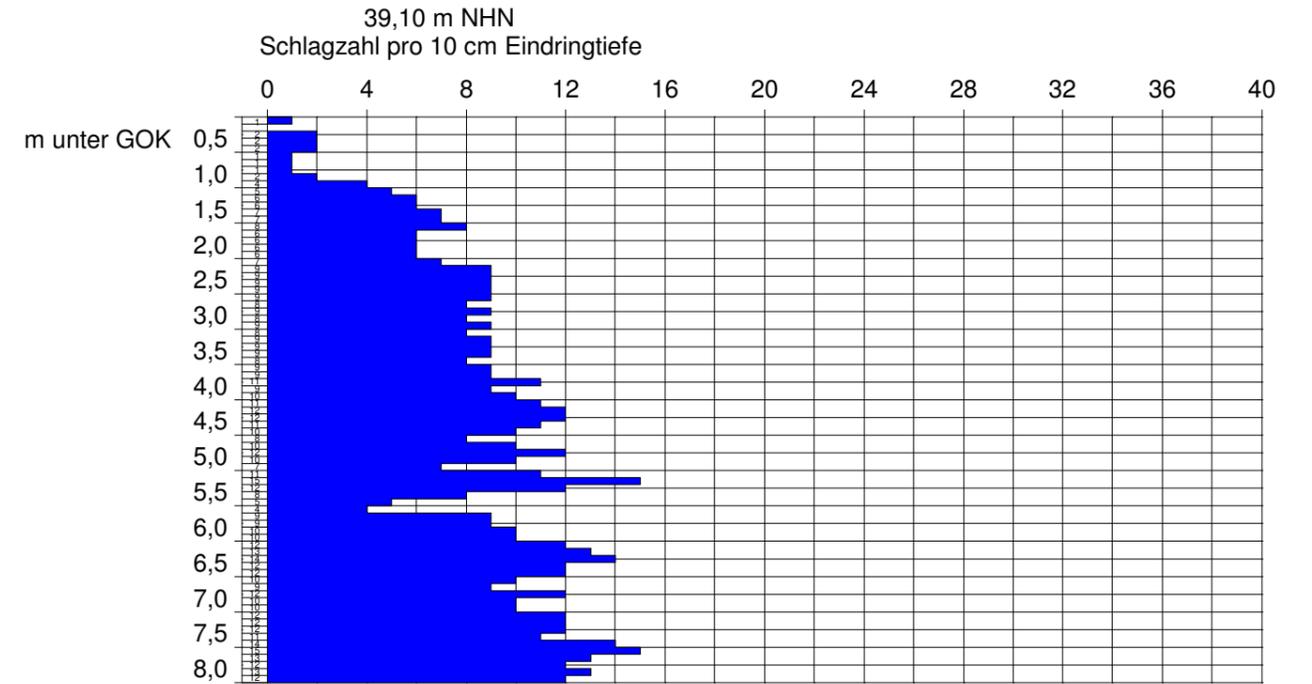
Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

NEUMANN

WEA 7: BS 1



WEA 7: DPH 1



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.7

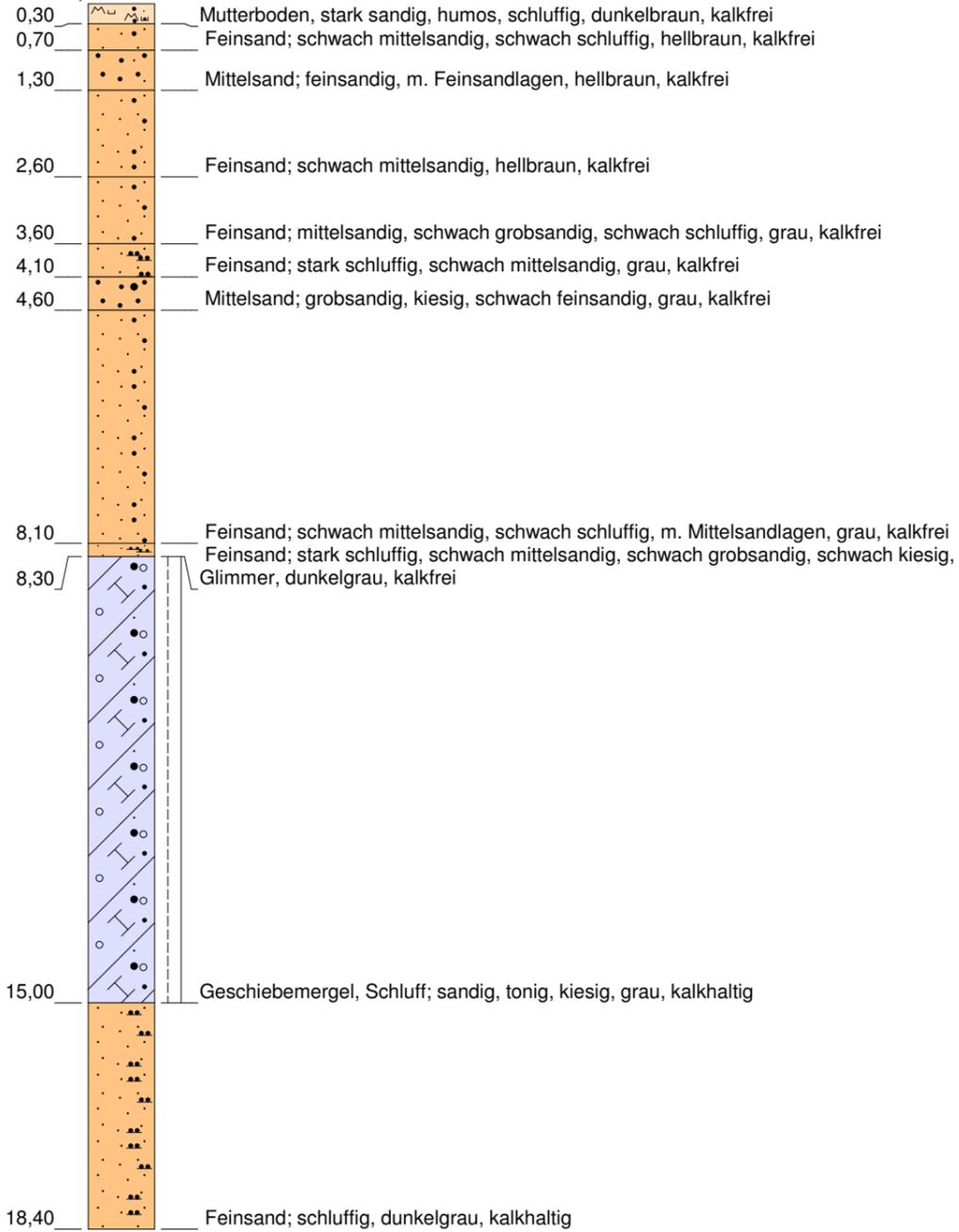
Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

NEUMANN

WEA 8: BS 1

38,28 m NHN

▼ 1,20
▽ 1,20

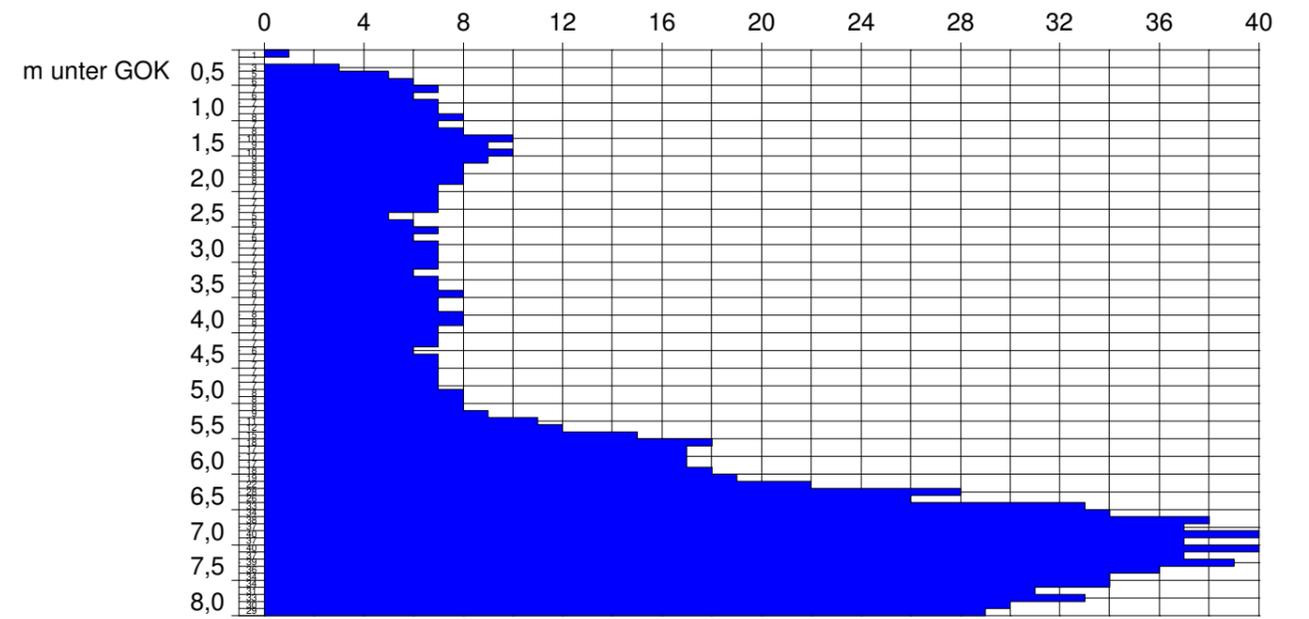


Sondierung abgebrochen!

WEA 8: DPH 1

38,28 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede

Aktenzeichen: 205/16

Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm

Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh

Datum: 27.06.-05.07.2016 Maßstab: 1 : 100

gezeichnet: Ronja Nickel Anlage 2.8



Dipl.-Ing. P. Neumann

Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde

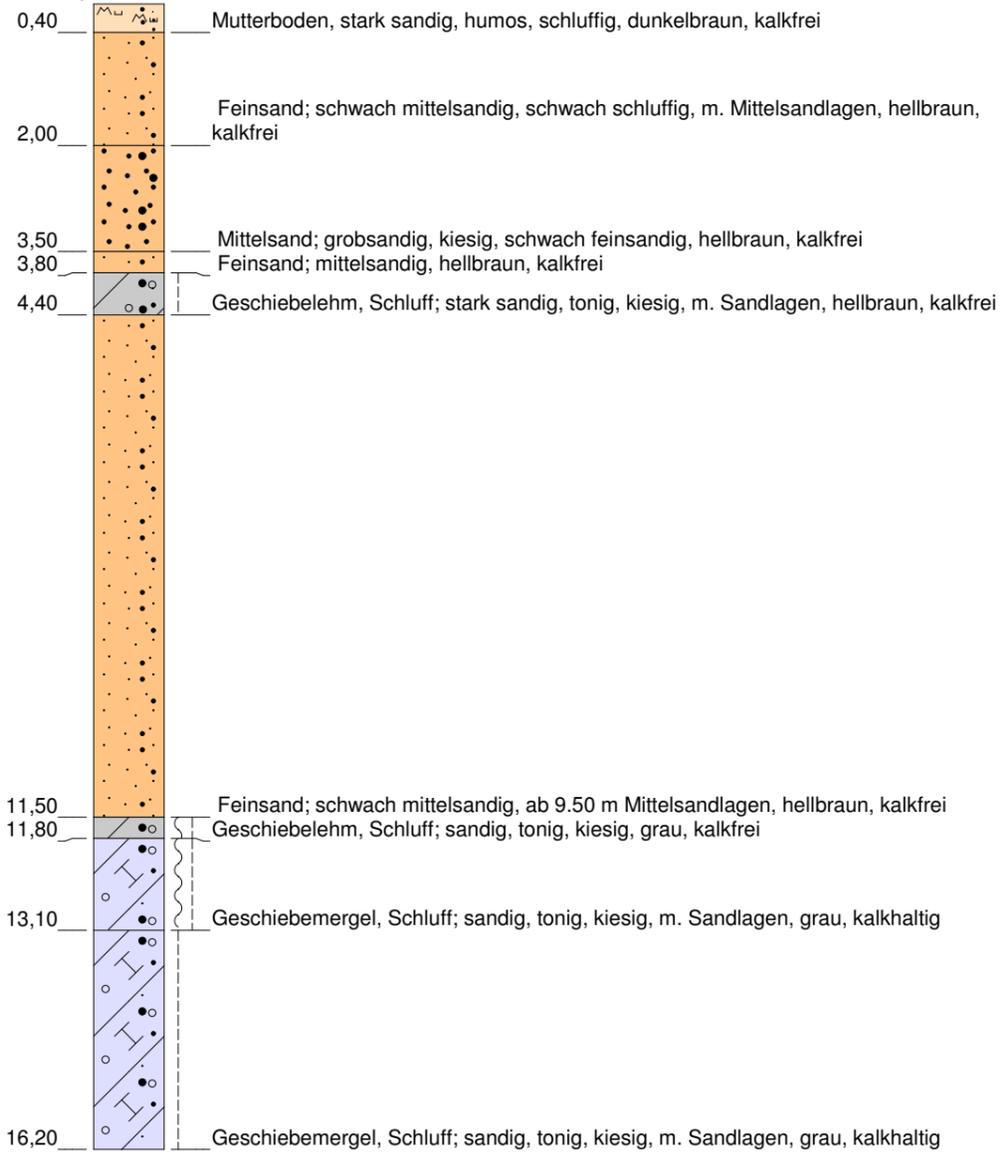
Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

NEUMANN

WEA 9: BS 1

39,47 m NHN

▼ 1,25
▽ 1,25

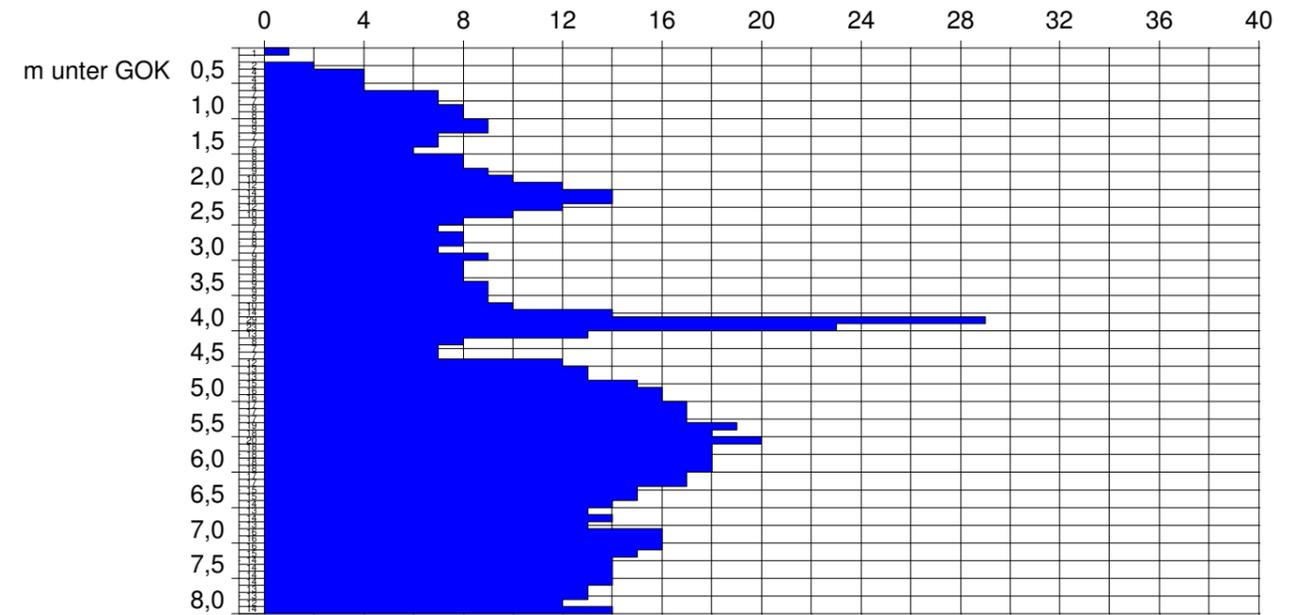


Sondierung abgebrochen!

WEA 9: DPH 1

39,47 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede

Aktenzeichen: 205/16

Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm

Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh

Datum: 27.06.-05.07.2016 Maßstab: 1 : 100

gezeichnet: Ronja Nickel Anlage 2.9



Dipl.-Ing. P. Neumann

Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde

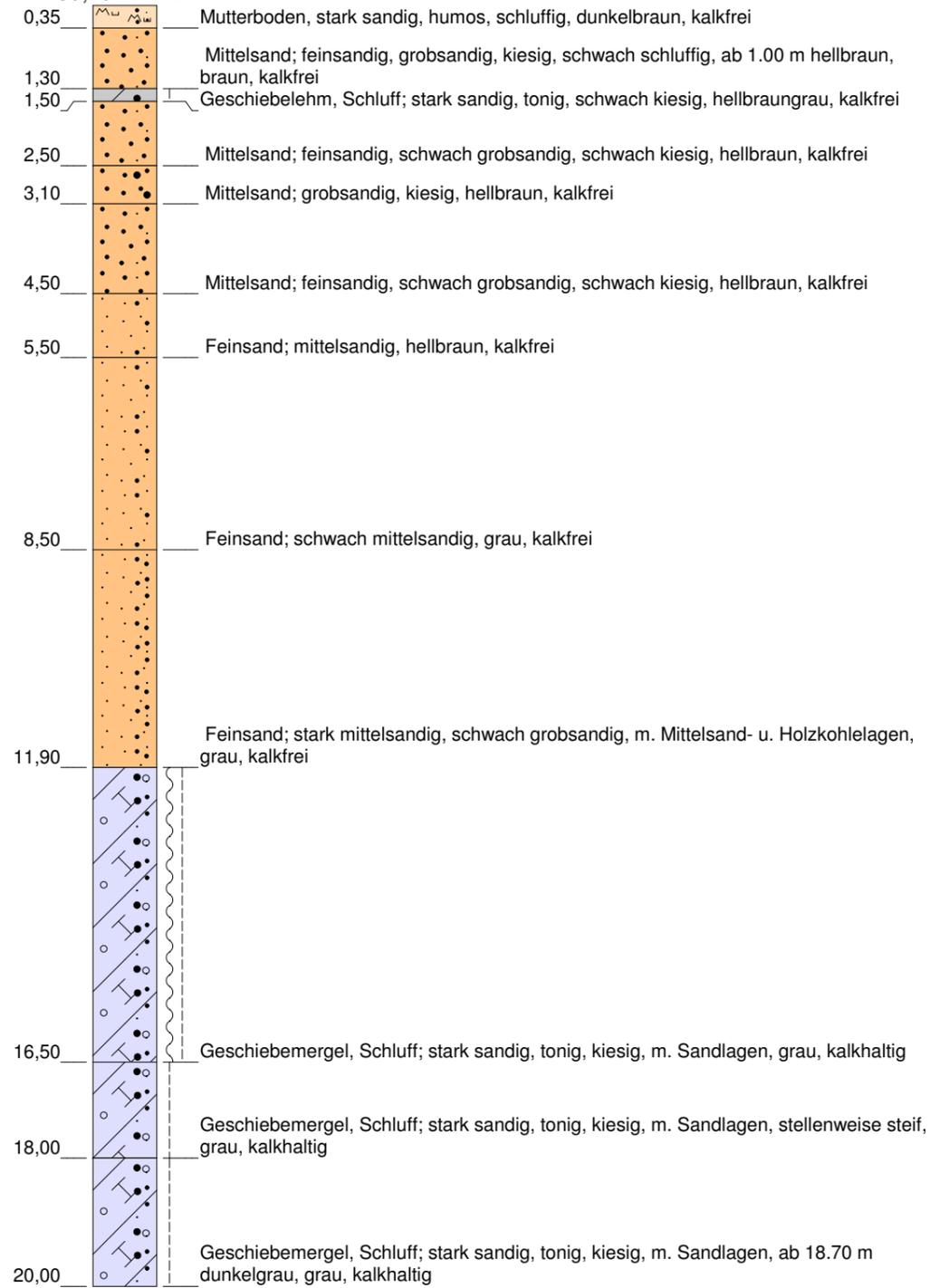
Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

NEUMANN

WEA 10: BS 1

39,19 m NHN

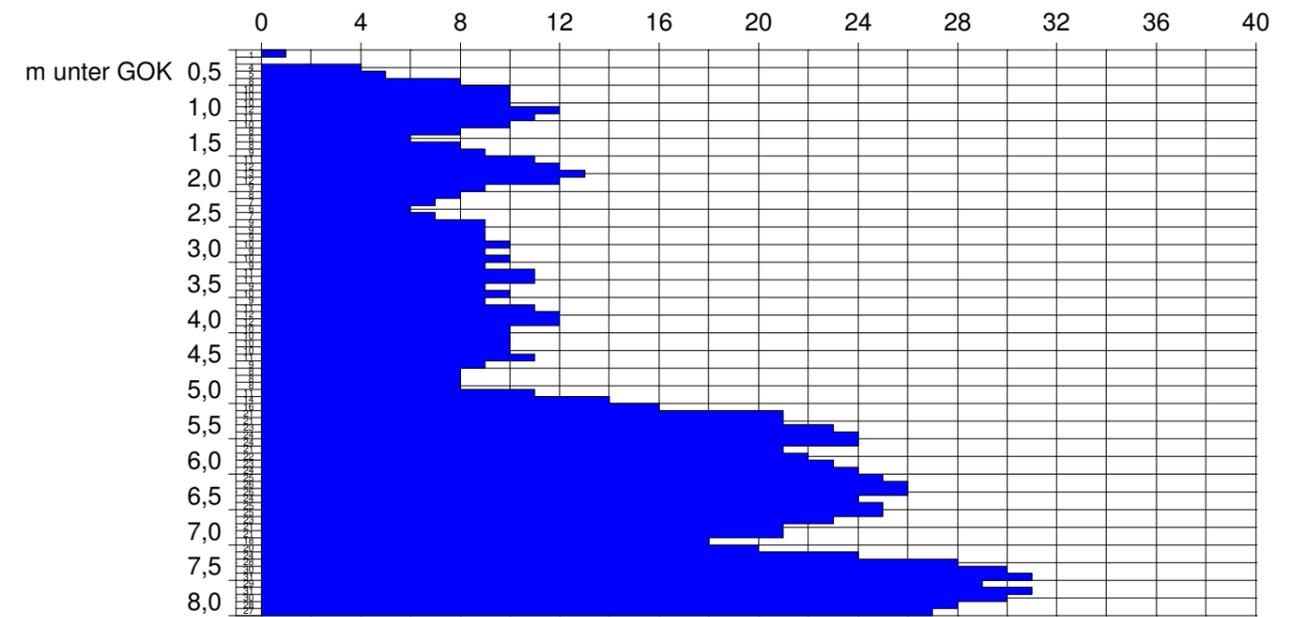
▼ 1,00
▽ 1,00



WEA 10: DPH 1

39,19 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede

Aktenzeichen: 205/16

Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm

Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh

Datum: 27.06.-05.07.2016 Maßstab: 1 : 100

gezeichnet: Ronja Nickel Anlage 2.10



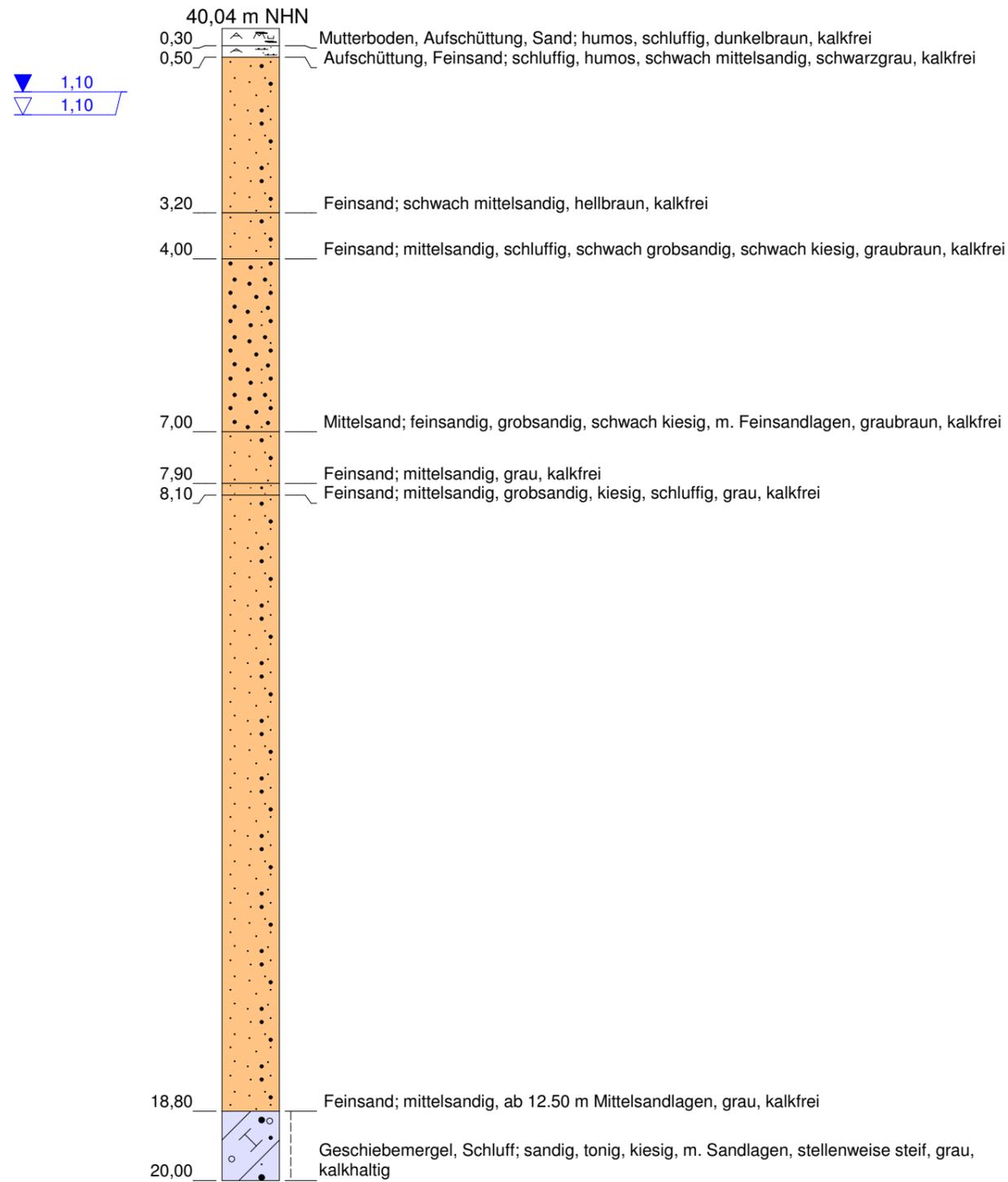
Dipl.-Ing. P. Neumann

Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde

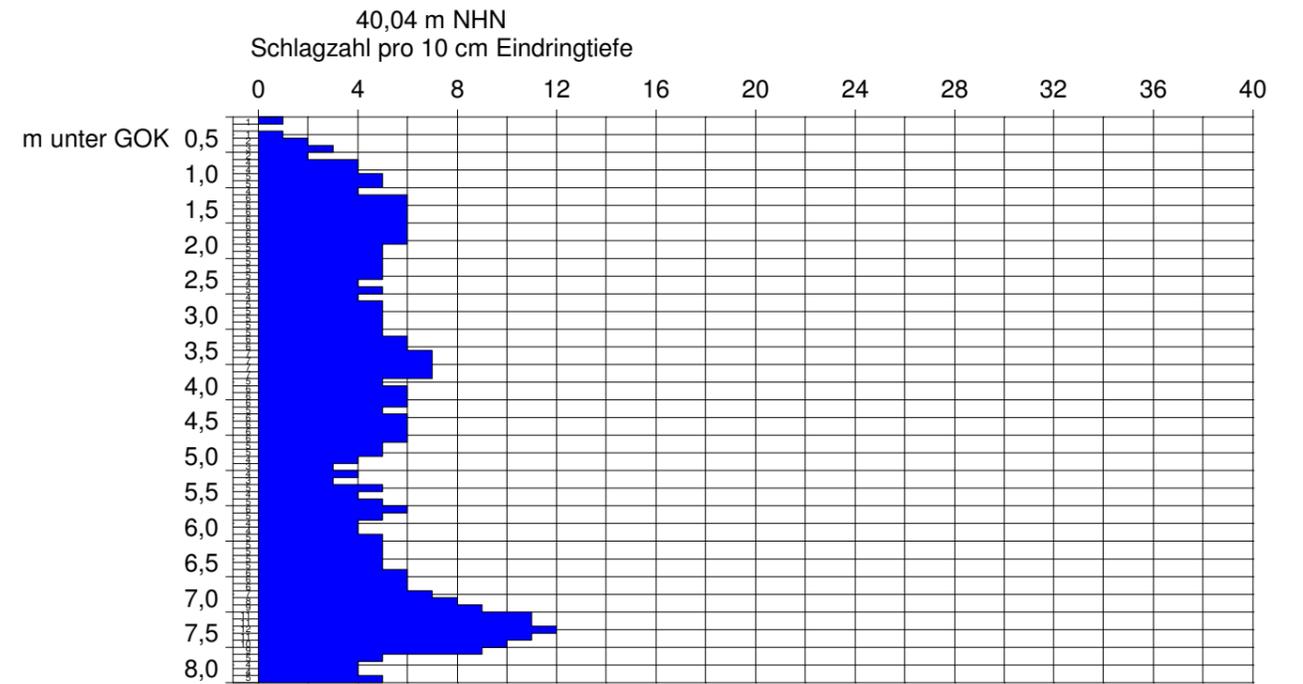
Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

NEUMANN

WEA 11: BS 1



WEA 11: DPH 1



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede

Aktenzeichen: 205/16

Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm

Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh

Datum: 27.06.-05.07.2016 Maßstab: 1 : 100

gezeichnet: Ronja Nickel Anlage 2.11



Dipl.-Ing. P. Neumann

Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde

NEUMANN

Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

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

Dipl.-Ing. Peter Neumann
Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG

Marienthaler Straße 6
24340 Eckernförde



Prüfbericht-Nr.: 2016P509777 / 1

Auftraggeber	Dipl.-Ing. Peter Neumann Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG
Eingangsdatum	05.07.2016
Projekt	WP Ostervesede
Material	Wasser
Kennzeichnung	siehe Tabelle
Auftrag	205/16
Verpackung	Glas- und PE-Flaschen
Probenmenge	ca. 1,75 L
Auftragsnummer	16506659
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	GBA
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Prüfbeginn / -ende	05.07.2016 - 12.07.2016
Methoden	siehe letzte Seite
Unteraufträge	
Bemerkung	
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 12.07.2016



i. A. Jan-Niklas Franzen
Projektbearbeitung

Anlage 3.1

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

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2016P509777 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2016P509777 / 1

WP Ostervesede

Auftrag		16506659	16506659	16506659	16506659
Probe-Nr.		001	002	003	004
Material		Wasser	Wasser	Wasser	Wasser
Probenbezeichnung		WEA 1 / BS1	WEA 2 / BS1	WEA 3 / BS1	WEA 4 / BS1
Probemenge		ca. 1,75 L	ca. 1,75 L	ca. 1,75 L	ca. 1,75 L
Probeneingang		05.07.2016	05.07.2016	05.07.2016	05.07.2016
Analysenergebnisse	Einheit				
Betonaggressivität					
pH-Wert		6,7	6,4	6,0	5,9
Geruch		unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	86	130	170	93
Gesamthärte	°dH	7,8	7,7	4,9	11
Härtehydrogencarbonat	°dH	4,0	5,4	1,3	0,79
Nichtcarbonathärte	°dH	3,9	2,3	3,7	10
Magnesium	mg/L	5,4	5,5	5,6	11
Ammonium	mg/L	0,82	0,42	2,0	1,0
Sulfat	mg/L	61	40	14	24
Chlorid	mg/L	37	15	9,3	63
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	69	49	58	46

Auftrag		16506659	16506659	16506659	16506659
Probe-Nr.		005	006	007	008
Material		Wasser	Wasser	Wasser	Wasser
Probenbezeichnung		WEA 5 / BS1	WEA 6 / BS1	WEA 7 / BS1	WEA 8 / BS1
Probemenge		ca. 1,75 L	ca. 1,75 L	ca. 1,75 L	ca. 1,75 L
Probeneingang		05.07.2016	05.07.2016	05.07.2016	05.07.2016
Analysenergebnisse	Einheit				
Betonaggressivität					
pH-Wert		5,8	6,1	6,3	6,5
Geruch		unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	99	230	300	110
Gesamthärte	°dH	11	6,5	9,4	7,2
Härtehydrogencarbonat	°dH	0,58	4,1	4,4	4,0
Nichtcarbonathärte	°dH	11	2,4	5,0	3,2
Magnesium	mg/L	11	6,9	8,0	4,0
Ammonium	mg/L	1,2	0,99	0,66	0,31
Sulfat	mg/L	24	46	15	23
Chlorid	mg/L	64	38	27	16
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	40	110	63	28

Anlage 3.2

Prüfbericht-Nr. 2016P509777 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2016P509777 / 1

WP Ostervesede

Auftrag		16506659
Probe-Nr.		009
Material		Wasser
Probenbezeichnung		WEA 9 / BS1
Probemenge		ca. 1,75 L
Probeneingang		05.07.2016
Analysenergebnisse	Einheit	
Betonaggressivität		
pH-Wert		6,6
Geruch		unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	100
Gesamthärte	°dH	7,2
Härtehydrogencarbonat	°dH	4,1
Nichtcarbonathärte	°dH	3,2
Magnesium	mg/L	4,1
Ammonium	mg/L	0,33
Sulfat	mg/L	22
Chlorid	mg/L	16
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	28

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen

Parameter	Bestimmungs- grenze	Einheit	Methode
Betonaggressivität			DIN EN 16502
pH-Wert			DIN EN ISO 10523 ^a
Geruch			DEV-B1/2 ^a
Permanganat-Verbrauch	2,0	mg KMnO ₄ /L	DIN EN ISO 8467 ^a
Gesamthärte		°dH	DIN 38409-H6/ DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^a
Härtehydrogencarbonat		°dH	DIN 38 405-D8 ^a
Nichtcarbonathärte		°dH	berechnet
Magnesium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22) ^a
Ammonium	0,20	mg/L	DIN EN ISO 11732 (E23) ^a
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Kohlendioxid, kalklösend	5,0	mg/L	DIN 4030 (Heyer) ^a

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

Anlage 3.3

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 001

Probenbezeichnung: WEA 1 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,7		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	69	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,82	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,4	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	61	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	37	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,8	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,0	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	86	mg KMnO ₄ /L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.4

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

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 002

Probenbezeichnung: WEA 2 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,4		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	49	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,42	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,5	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	40	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	15	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,7	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	5,4	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	130	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.5

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

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 003

Probenbezeichnung: WEA 3 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,0		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	58	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	2,0	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,6	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	14	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	9,3	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	4,9	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	1,3	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	170	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.6

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

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 004

Probenbezeichnung: WEA 4 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,9		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	46	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	1,0	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	11	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	24	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	63	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	11	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,79	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	93	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.7

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 005

Probenbezeichnung: WEA 5 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,8		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	40	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	1,2	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	11	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	24	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	64	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	11	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,58	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	99	mg KMnO ₄ /L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

Anlage 3.8

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 006

Probenbezeichnung: WEA 6 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,1		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	110	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,99	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	6,9	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	46	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	38	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	6,5	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,1	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	230	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA3 einzustufen.

Anlage 3.9

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 007

Probenbezeichnung: WEA 7 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,3		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	63	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,66	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	8,0	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	15	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	27	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	9,4	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,4	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	300	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.10

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 008

Probenbezeichnung: WEA 8 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,5		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	28	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,31	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	4,0	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	23	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	16	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,2	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,0	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	110	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

Anlage 3.11

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 009

Probenbezeichnung: WEA 9 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,6		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	28	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,33	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	4,1	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	22	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	16	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,2	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,1	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	100	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

Anlage 3.12

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

Dipl.-Ing. Peter Neumann
Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG

Marienthaler Straße 6
24340 Eckernförde



Prüfbericht-Nr.: 2016P510440 / 1

Auftraggeber	Dipl.-Ing. Peter Neumann Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG
Eingangsdatum	15.07.2016
Projekt	WP Ostervesede
Material	Wasser
Kennzeichnung	siehe Tabelle
Auftrag	205/16
Verpackung	Glas- und PE-Flaschen
Probenmenge	ca. 1,75 L
Auftragsnummer	16507070
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	GBA
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Prüfbeginn / -ende	15.07.2016 - 25.07.2016
Methoden	siehe letzte Seite
Unteraufträge	
Bemerkung	
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 25.07.2016



I. A. Gesine Blinde
Projektbearbeitung

Anlage 3.13

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

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2016P510440 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2016P510440 / 1

WP Ostervesede

Auftrag		16507070	16507070
Probe-Nr.		001	002
Material		Wasser	Wasser
Probenbezeichnung		WEA 10 / BS 1	WEA 11 / BS 1
Probemenge		ca. 1,75 L	ca. 1,75 L
Probeneingang		15.07.2016	15.07.2016
Analysenergebnisse	Einheit		
Betonaggressivität			
pH-Wert		5,5	5,5
Geruch		unauffällig	unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	180	170
Gesamthärte	°dH	5,3	5,5
Härtehydrogencarbonat	°dH	0,91	0,84
Nichtcarbonathärte	°dH	4,3	4,6
Magnesium	mg/L	5,8	6,1
Ammonium	mg/L	0,59	0,60
Sulfat	mg/L	18	18
Chlorid	mg/L	28	28
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	61	58

Anlage 3.14

Prüfbericht-Nr.: 2016P510440 / 1

WP Ostervesede

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen

Parameter	Bestimmungs- grenze	Einheit	Methode
Betonaggressivität			DIN EN 16502
pH-Wert			DIN EN ISO 10523 ^a
Geruch			DEV-B1/2 ^a
Permanganat-Verbrauch	2,0	mg KMnO ₄ /L	DIN EN ISO 8467 ^a
Gesamthärte		°dH	DIN 38409-H6/ DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^a
Härtehydrogencarbonat		°dH	DIN 38 405-D8 ^a
Nichtcarbonathärte		°dH	berechnet
Magnesium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22) ^a
Ammonium	0,20	mg/L	DIN EN ISO 11732 (E23) ^a
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Kohlendioxid, kalklösend	5,0	mg/L	DIN 4030 (Heyer) ^a

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

Anlage 3.15

Anlage zu Prüfbericht 2016P510440

Probe-Nr.: 16507070 / 001

Probenbezeichnung: WEA 10 / BS 1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,5		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	61	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,59	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,8	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	18	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	28	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	5,3	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,91	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	180	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.16

Anlage zu Prüfbericht 2016P510440

Probe-Nr.: 16507070 / 002

Probenbezeichnung: WEA 11 / BS 1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,5		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	58	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,60	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	6,1	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	18	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	28	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	5,5	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,84	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	170	mg KMnO ₄ /L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.17



Dipl.-Ing.
Peter Neumann
Baugrunduntersuchung
GmbH & Co. KG
Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde
Tel. 0 43 51 7136-0
Fax 0 43 51 7136-71

Naturwind Schwerin GmbH
Schelfstraße 35
19055 Schwerin

 Gründungsmitglied
des BD bohr

30.05.2017
tie/schö

Bauvorhaben Nr. 205/16

Neubau von 10 Windkraftanlagen im Windpark Ostervesede
Baugrunduntersuchung – Gründungsbeurteilung
- Vorbericht –
Revision Nr. 2: Änderung der Anzahl der Windkraftanlagen

1 Vorgang

Die Naturwind Schwerin GmbH plant im Windpark Ostervesede die Errichtung von 11 Windkraftanlagen. Nach Aussage des Planers sollen jetzt Vestas V 136 – 3,45 MW mit einer Nabenhöhe von 132 m errichtet werden. Diese Anlagen werden auf einem Kreisfundament (\varnothing 27,50 m) flach gegründet, und zwar in einer Tiefe von ca. 2,90 m unter GOK. Die Lage der Windkraftanlagen kann dem als Anlage 1.1 beigelegten Lageplan entnommen werden.

Die Fa. Neumann wurde durch die Naturwind Schwerin GmbH beauftragt, den Baugrund im Bereich der geplanten Standorte im Rahmen einer Voruntersuchung zu erkunden und hierauf basierend eine vorläufige Aussage zur Gründung der Windenergieanlagen zu erarbeiten.

Die Revision 2 bezieht sich auf die veränderte Anzahl der Windkraftanlagen und die dadurch veränderte Nummerierung der Standorte.

BAUGRUNDUNTERSUCHUNG



2 Baugrund

2.1 Durchgeführte Untersuchungen

Der Baugrundaufbau im Bereich der geplanten Windenergieanlagenfundamente ist vom 27.06. - 05.07.2016 an jedem Standort durch eine Kleinbohrung bis in Tiefen von 16,20 m – 22,00 m unter GOK untersucht worden. Darüber hinaus wurde an allen Standorten – mit Ausnahme der WEA 2 und WEA 6 – parallel zu den Kleinbohrungen eine Sondierung mit der schweren Rammsonde (DPH gemäß DIN EN ISO 22476-2) bis in eine Tiefe von 8,00 m ausgeführt.

Die Lage der Baugrundaufschlüsse innerhalb der Standorte kann den Anlagen 1.2 + 1.3 (Prinzipskizze) entnommen werden. Die Ergebnisse der Kleinbohrungen sind als Bohrprofile und Rammdiagramme in den Anlagen 2.1 - 2.10 aufgetragen worden.

Aus den Kleinbohrungen wurden insgesamt 170 gestörte Bodenproben der Güteklasse 3 – 4 entnommen, die durch den Baugrundsachverständigen im Erdbaulabor bestimmt und beurteilt worden sind.

2.2 Baugrundaufbau

Aus den in den Anlagen 2.1 - 2.10 dargestellten Bohrprofilen ist zu ersehen, dass unter 30 - 70 cm mächtigen Mutterboden bis zur Endteufe bzw. bis in Tiefen zwischen 8,50 m – 18,80 m unter GOK im Wesentlichen rollige Böden anstehen, und zwar handelt es sich hierbei um Fein- und Mittelsande mit unterschiedlichen Anteilen der übrigen Kornfraktionen. In diese Sande sind an den Standorten WEA 2 – 8 in folgenden Tiefen bindige / organische Böden eingelagert:

WEA 2	Tiefe	6,30 m - 6,60 m	Geschiebelehm, steif-weich
WEA 3	Tiefe	13,00 m – 13,10 m	Schluff, weich-steif
WEA 4	Tiefe	8,80 m - 10,30 m	Geschiebemergel, weich-steif



WEA 5	Tiefe 7,70 m - 9,90 m	Geschiebemergel, weich-steif/Torflage bei 4,80 m + 5,40 m
WEA 6	Tiefe 11,50 m – 15,20 m	Torfmulde, weich / steif + Torflagen 6,50 m + 11,00 m
WEA 7	Tiefe 8,30 m - 15,00 m	Geschiebemergel, steif-halbfest
WEA 8	Tiefe 3,80 m - 4,40 m	Geschiebelehm, steif
WEA 9	Tiefe 1,30 m - 1,50 m	Geschiebelehm, steif

An den Standorten WEA 1 und WEA 8 – WEA 10 wurden die Sande bis zur Endteufe von Geschiebeböden (Geschiebelehm und –mergel) in weich-steifer und steifer Konsistenz unterlagert.

2.3 Auswertung der Rammsondierungen

Wie den neben den Kleinbohrungen dargestellten Rammdiagrammen zu entnehmen ist, wurden in den Gründungsrelevanten Tiefen (ca. 3,00 – 8,00 m unter GOK) im Wesentlichen Schlagzahlen von 3 – 40 pro 10 cm Eindringtiefe erreicht, d. h., dass die Sande im Wesentlichen in lockerer und mitteldichter Lagerung anstehen. An den Standorten WEA 7 – WEA 9 wurde ab einer Tiefe von ca. 5,00 m bei Schlagzahlen > 12 auch eine dichte Lagerung der Sande festgestellt.

2.4 Zusammenstellung der bodenmechanischen Kennwerte

Im Folgenden werden die für die weitere Bearbeitung erforderlichen bodenmechanischen Kennziffern anhand der im Erdbaulabor durch den Baugrundsachverständigen erfolgten Bodenansprache und von Erfahrungswerten, die aus vergleichbaren Bodenarten vorliegen, tabellarisch zusammengestellt.

Tabelle 1 Bodenmechanische Kennwerte des für die Gründung relevanten Baugrundes

Bodenart	$E_{\text{stat.}}$ [MN/m ²]	$E_{\text{dyn.}}$ [MN/m ²]	Reibungs- winkel φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Wichte γ / γ' [kN/m ³]	Quer- dehnzahl ν [-]
Mutterboden	keine baugrundtechnische Relevanz				18,0 / 10,0	--
Sand, locker	20,0	120,0	30,0	--	18,0 / 10,0	0,37
Sand, mitteldicht	50,0	200,0	35,0	--	19,0 / 11,0	0,35
Sand, dicht gelagert	80,0	280,0	36,0	--	19,0 / 11,0	0,33
Torfmulde	1,0	12,0	14,0	4,0	14,0 / 4,0	0,47
Torf	0,5	8,0	12,5	2,0	12,0 / 2,0	0,47
Geschiebelehm, weich-steif	7,5	75,0	25,0	6,0	20,0 / 10,0	0,41
Geschiebelehm, steif	20,0	120,0	27,0	10,0	21,0 / 11,0	0,40
Geschiebemergel, weich-steif	12,0	90,0	26,5	8,5	21,0 / 11,0	0,40
Geschiebemergel, steif	35,0	165,0	27,5	10,0	22,0 / 12,0	0,38
Geschiebemergel, steif-halbfest	40,0	180,0	28,5	12,0	22,0 / 12,0	0,38

2.5 Grundwasserstand

Der Grundwasserspiegel lag nach Beendigung der Sondierarbeiten zwischen 0,15 m und 1,25 m unter der derzeitigen Geländeoberkante. In Abhängigkeit von anfallendem Oberflächenwasser muss mit Schwankungen dieser Wasserstände von einigen Dezimetern nach oben und unten gerechnet werden, d. h., dass an allen Standorten mit einem Anstieg bis zur GOK bzw. ggf. auch darüber hinaus gerechnet werden muss.

2.6 Grundwasserqualität

An allen Standorten wurden aus temporären Rammpegeln Grundwasserproben entnommen und dem chemischen Labor GBA, Pinneberg, zur Analyse auf Betonaggressivität nach DIN



4030 übergeben. Aus den in den Anlagen 3.1 bis 3.16 enthaltenen Laborprotokollen geht folgende Grundwasserqualität hervor:

Standort WEA 1:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 2:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 3:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 4:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 5:	schwach betonangreifend (XA 1)
Standort WEA 6:	sehr stark betonangreifend (XA 3)
Standort WEA 7:	schwach betonangreifend (XA 1)
Standort WEA 8:	schwach betonangreifend (XA 1)
Standort WEA 9:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 10:	stark betonangreifend (XA 2)

Weitere Einzelheiten hierzu sind den Prüfberichten Nr. 2016P509777 / 1 und 2016P510440 / 1 der GBA GmbH zu entnehmen.

3 Vorläufige Gründungsbeurteilung

3.1 WEA 1 – 4 und 7 – 10

Die Gründungssohle der geplanten Windenergieanlagen befindet sich gemäß vorliegender Typenprüfung der Fa. Vestas vom 28.11.2016 in einer Tiefe von 2,90 m unter Geländeoberkante. Diese Gründungskote ist auf den Anlagen 2.1 – 2.10 in die dort aufgetragenen Sondierprofile eingezeichnet worden. Hieraus ist ersichtlich, dass in dieser Tiefe überwiegend Sande in etwa mitteldichter Lagerung anstehen, auf denen die Windkraftanlagen ohne gravierende Zusatzmaßnahmen flachgegründet werden können.

Es ist lediglich erforderlich, die Aushubsohlen durch mehrere Übergänge mit einem schweren Verdichtungsgerät nachzuverdichten, um sowohl aushubbedingte Auflockerungen zu beseitigen als auch die natürliche Lagerungsdichte der Sande ggf. zu verbessern.

Nach EC 7 (Formel DIN 4017:2006) mit dem Programm GGU-Footing durchgeführte Berechnungen haben ergeben, dass aus geotechnischer Sicht die vorhandene Bodenpressung von $\sigma_m = 146 \text{ kN/m}^2$ ($\mu = 0,109$) mit hoher Sicherheit vom Baugrund aufgenommen werden kann.

In Anlehnung an die DIN 4019 auf der Grundlage der vorliegenden Baugrundverhältnisse durchgeführte Setzungsberechnungen haben ergeben, dass bei der Windkraftanlage mit rechnerischen Setzungen bis zu $s \leq 2,7 \text{ cm}$ und Setzungsdifferenzen bis zu $\Delta s \leq 2,5 \text{ cm}$ gerechnet werden muss. Aufgrund der sehr gleichmäßigen Baugrundverhältnisse wird die maximal zulässige Schiefstellung infolge Baugrundsetzung von $\Delta s \leq 40,0 \text{ mm}$ in 20 Jahren nicht überschritten werden.

Einzelheiten der Berechnungen sind der Anlage 4 zu entnehmen.

Die laut Statik einzuhaltende Mindestdrehfedersteifigkeit beträgt $k_{\varphi, dyn} = 195.000 \text{ MNm/rad}$. Unter Berücksichtigung der für die mitteldichten Sande anzusetzenden Querdehnzahl von $\nu = 0,35$ und eines Fundamentradius von $r = 13,75 \text{ m}$ wird gemäß nachfolgender Formel das erforderliche Steifemodul ermittelt:

$$E_{s, dyn} = k_{\varphi, dyn} * \frac{3}{4} * \frac{1}{r^3} * \frac{(1+\nu) * (1-\nu)^2}{1-\nu-2*\nu^2}$$

$$E_{s, dyn} = 195.000 * \frac{3}{4} * \frac{1}{13,75^3} * 1,41$$

$$E_{s, dyn} = 195.000 * 0,75 * 3,85 * 10^{-4} * 1,41$$

$$E_{s, dyn} = 79,3 \text{ MN} / \text{m}^2 < \text{vorh.} E_{s, dyn} = 200,0 \text{ MN} / \text{m}^2$$

Der Nachweis der Drehfedersteifigkeit für alle Baugrundsichten ist dem Gutachten als Anlage 5 beigelegt.

Die Berechnungen haben ergeben, dass die gemäß Typenprüfung erforderliche dynamische Drehfedersteifigkeit eingehalten und die maximal zulässige Setzungsdifferenz nicht überschritten wird. Auch die vorhandenen Bodenpressungen können problemlos vom Baugrund aufgenommen werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass für die endgültige Gründungsbeurteilung weitere Baugrundaufschlüsse (Spitzendrucksondierungen, Kleinbohrungen) sowie Laborversuche erforderlich sind.

3.2 WEA 5 + 6

An den Standorten WEA 5 + WEA 6 sind unterhalb der Gründungssohle ($T = 2,90$ m) in die Sande in unterschiedlichen Tiefen und Mächtigkeiten organische Böden (Torf/ Torfmudden) eingelagert, die als sehr gering tragfähig und sehr setzungsempfindlich eingestuft werden müssen. Darüber hinaus wird durch diese Böden der geforderte dynamische Steifenmodul weit unterschritten, d. h., dass aus geotechnischer Sicht zusätzliche Maßnahmen getroffen werden müssen. Aus den vorab genannten Gründen wird im vorliegenden Fall empfohlen, diese Anlagen auf Pfählen tiefzugründen, und zwar sollten hierfür bevorzugt Ortbeton- und Stahlbetonfertigteiltrammpfähle eingeplant werden. Zur Tragfähigkeit dieser Pfähle kann nach Vorlage der Ergebnisse der Spitzendrucksondierungen in dem überarbeiteten Gutachten Stellung genommen werden.

Alternativ hierzu könnten u. U. auch geeignete Baugrundverbesserungsmaßnahmen (CMC-Säulen, CSV-Säulen etc.) zur Ausführung gelangen.

Am Standort WEA 5 kann nach dem Austausch der erkundeten Torfe auch eine Flachgründung ausgeführt werden. Die erforderliche Austauschtiefe ist auf der Anlage 2.5 in das Bohrprofil eingezeichnet worden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die abschließende Gründungsbeurteilung erst nach Durchführung weiterer Baugrundaufschlüsse [Spitzendrucksondierungen, Kleinbohrungen sowie ggf. Trockenbohrungen zur Entnahme ungestörter Bodenproben] sowie von Laborversuchen vorgelegt werden kann.

4 Technische Hinweise zur Fundamentherstellung

4.1 Baugrubendurchführung

Nicht verbaute Baugruben mit senkrechten Wänden sind nach DIN 4124 nur bis zu einer Tiefe von 1,25 m zulässig. Tiefere Baugruben müssen geböscht oder abgestützt werden. Die Neigung der Böschung darf ohne weitere Nachweise in den erkundeten Sanden 45° und in den erkundeten, wenigstens steifplastischen bindigen Böden 60 ° nicht überschreiten.

Unter Berücksichtigung des erkundeten Baugrundaufbaus, der Grundwasserstände und der Gründungstiefe der Fundamente ($t = 2,90$ m unter GOK) muss für die Baugrubendurchführung an allen Standorten eine geschlossene Wasserhaltung (KleinfILTERbrunnen, eingefräste Horizontalbrunnen, Vakuumpumpen) eingeplant werden, um das erkundete Grundwasser bis unter die Baugrubensohlen absenken zu können. Eine endgültige Entscheidung hierzu muss vor Beginn der Erdarbeiten auf der Grundlage zusätzlicher Kleinbohrungen getroffen werden.

4.2 Bodenaustausch

Wie in Abschnitt 3 beschrieben, müssen am Standort WEA 5 die organischen Böden ausgehoben und durch Kiessande/Mineralgemische, die hoch verdichtet werden müssen, ersetzt werden.

Das einzubringende Material sollte im Körnungsbereich von 0 - 8/16 mm liegen (Schluffanteile $\leq 5\%$) und einen Ungleichförmigkeitsgrad von $U > 3$ haben. Ggf. können hierfür auch geeignete Sande des Aushubs verwendet werden.

Die rolligen Böden müssen in Lagen von maximal 30 cm im Trockenen eingebracht und eine dichte Lagerung gebracht werden. Die erforderliche Verdichtung kann durch wenigstens 4 - 5 Übergänge mit einer mittelschweren Vibrationsplatte erreicht werden.

Die Kiessande sind so einzubauen, dass von den Fundamentaußenkanten Lastabtragungen unter 45° in diesen verdichteten Böden möglich sind. Der verbleibende Bereich zwischen dieser theoretischen Lastabtragungslinie und der Böschung sollte ebenfalls mit Kiessand, der verdichtet werden muss, aufgefüllt werden. Alternativ hierzu kann auch Recyclingmaterial/Mineralgemisch in gleicher Körnung eingebaut werden.

4.3 Aufnahme des Frischbetongewichtes

Das geplante Fundament kann in einem Abschnitt betoniert werden, da die erkundeten Böden in der Lage sind, die Last aus dem Betoneigengewicht aufzunehmen.

4.4 Bodenauflast

Der auf das Fundament aufzubringende Boden muss eine Wichte von $\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$ aufweisen. Da die Aushubböden diese Anforderung erfüllen, bestehen aus geotechnischer Sicht keine Bedenken gegen die Verwendung der anfallenden Böden als Auflast.

5 Zusammenfassung

Die durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, dass die im Windpark Ostervesede geplanten Windkraftanlagen vom Typ Vestas V 136 – 3,45 MW, NH 132 m - mit Ausnahme der WEA 5 + 6 – diese Anlagen müssen voraussichtlich auf Pfählen tiefgegründet werden –

im Anschluß an eine Nachverdichtung anstehender Sande aller Voraussicht nach flach auf je einem Fundament mit Auftrieb gegründet werden können. Weitere Einzelheiten hierzu können dem Vorbericht entnommen werden.

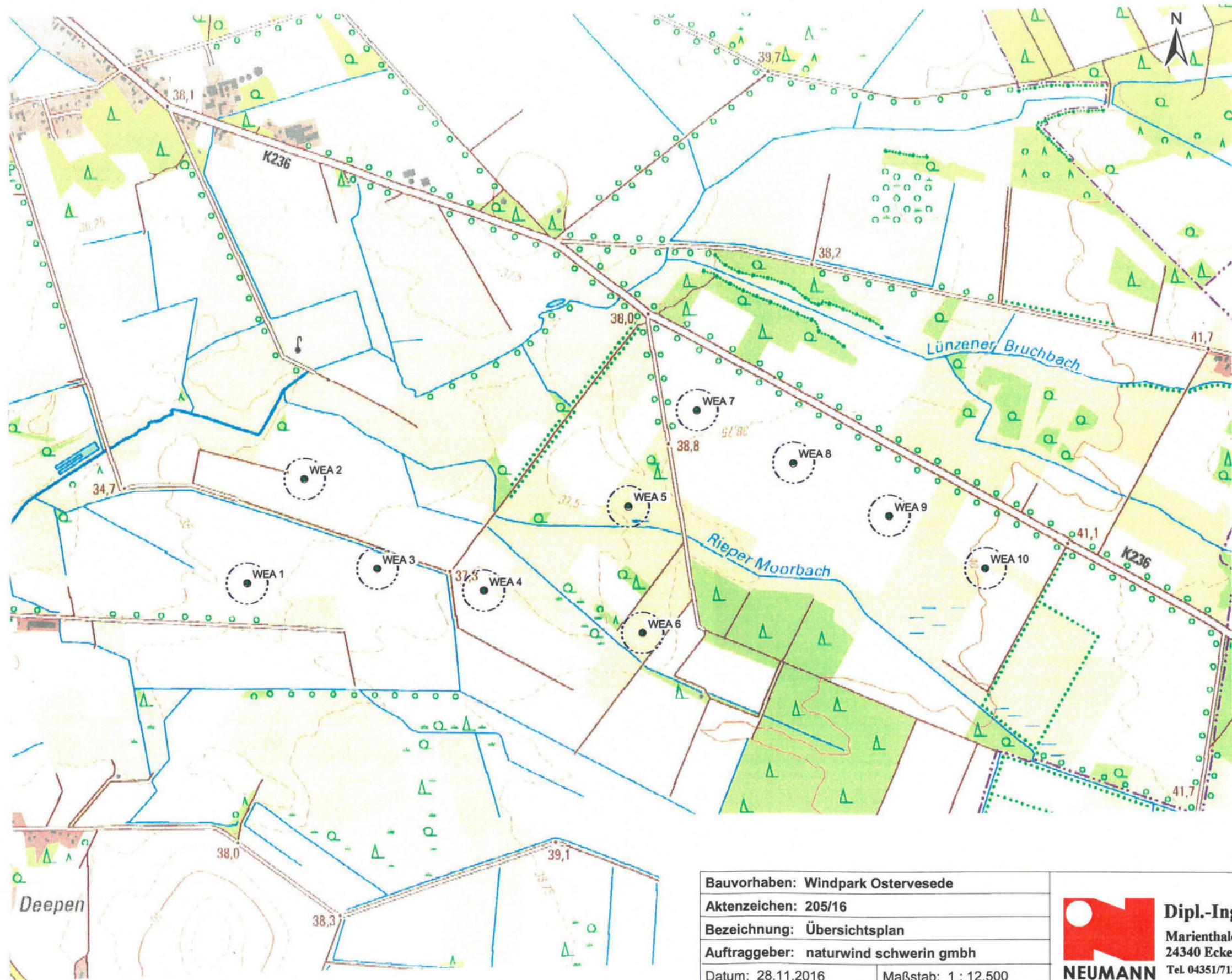
Abschließend muss noch einmal darauf hingewiesen werden, dass es sich gemäß Beauftragung durch die Naturwind Schwerin GmbH um eine vorläufige Baugrundbeurteilung handelt. Für die Erstellung des abschließenden Baugrundgutachtens müssen weitere Baugrundaufschlüsse (Spitzendrucksondierungen, Kleinbohrungen) ausgeführt werden.

Für die Beantwortung eventuell noch auftretender Fragen stehen wir weiterhin gern zur Verfügung.

Dipl.-Ing. Peter Neumann
Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG



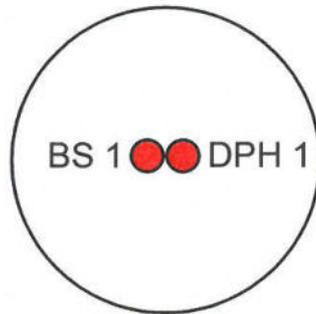
ppa. Wolfgang Tiedemann



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Übersichtsplan	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 28.11.2016	Maßstab: 1 : 12.500
gezeichnet: Claudia Thießen	Anlage 1.1


Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71
NEUMANN

WEA 1, 3 - 5, 7 - 10



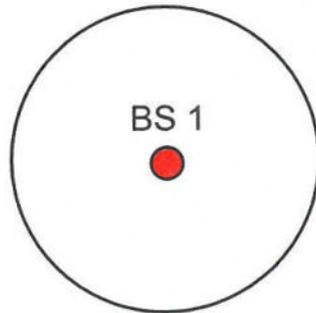
Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Prinzipskizze	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 05.07.2016	Maßstab: ---
gezeichnet: Claudia Thießen	Anlage: 1.2



NEUMANN

Dipl.-Ing. P. Neumann
Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde
Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

WEA 2 + 6

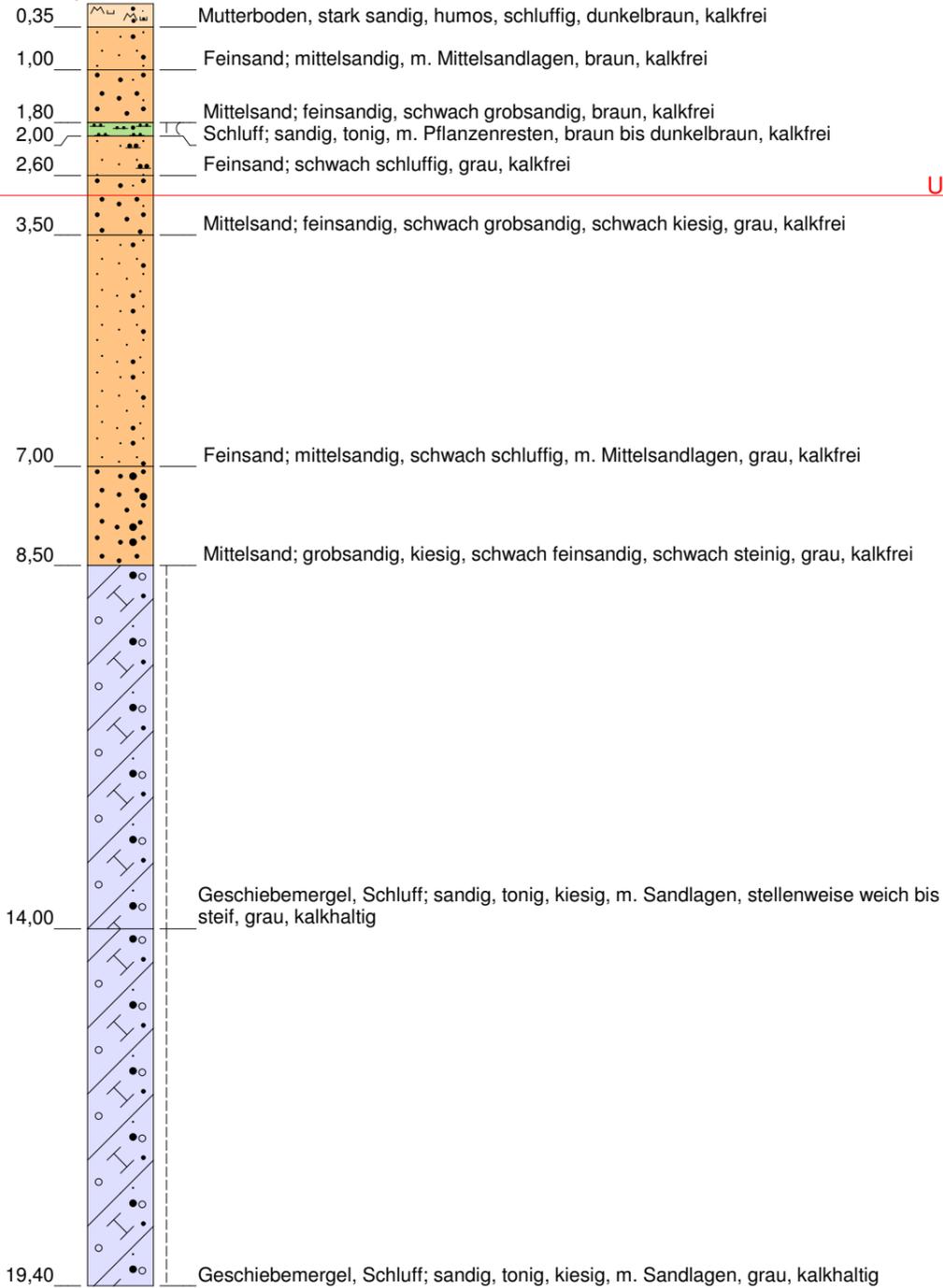


Bauvorhaben: Windpark Ostervesede		 Dipl.-Ing. P. Neumann Marienthaler Str. 6 24340 Eckernförde Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71
Aktenzeichen: 205/16		
Bezeichnung: Prinzipskizze		
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh		
Datum: 05.07.2016	Maßstab: ---	
gezeichnet: Claudia Thießen	Anlage: 1.3	

WEA 1: BS 1c

34,53 m NHN

▼ 0,70
▼ 0,70



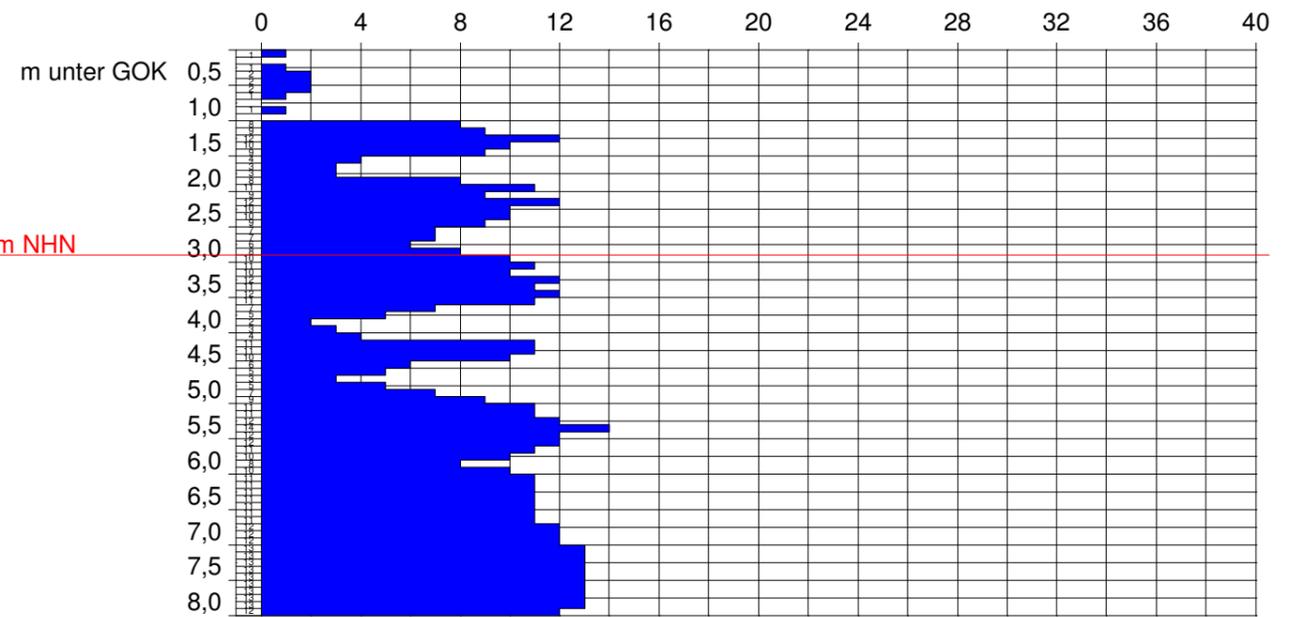
Sondierung abgebrochen!

UK F = 31,63 m NHN

WEA 1: DPH 1c

34,53 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



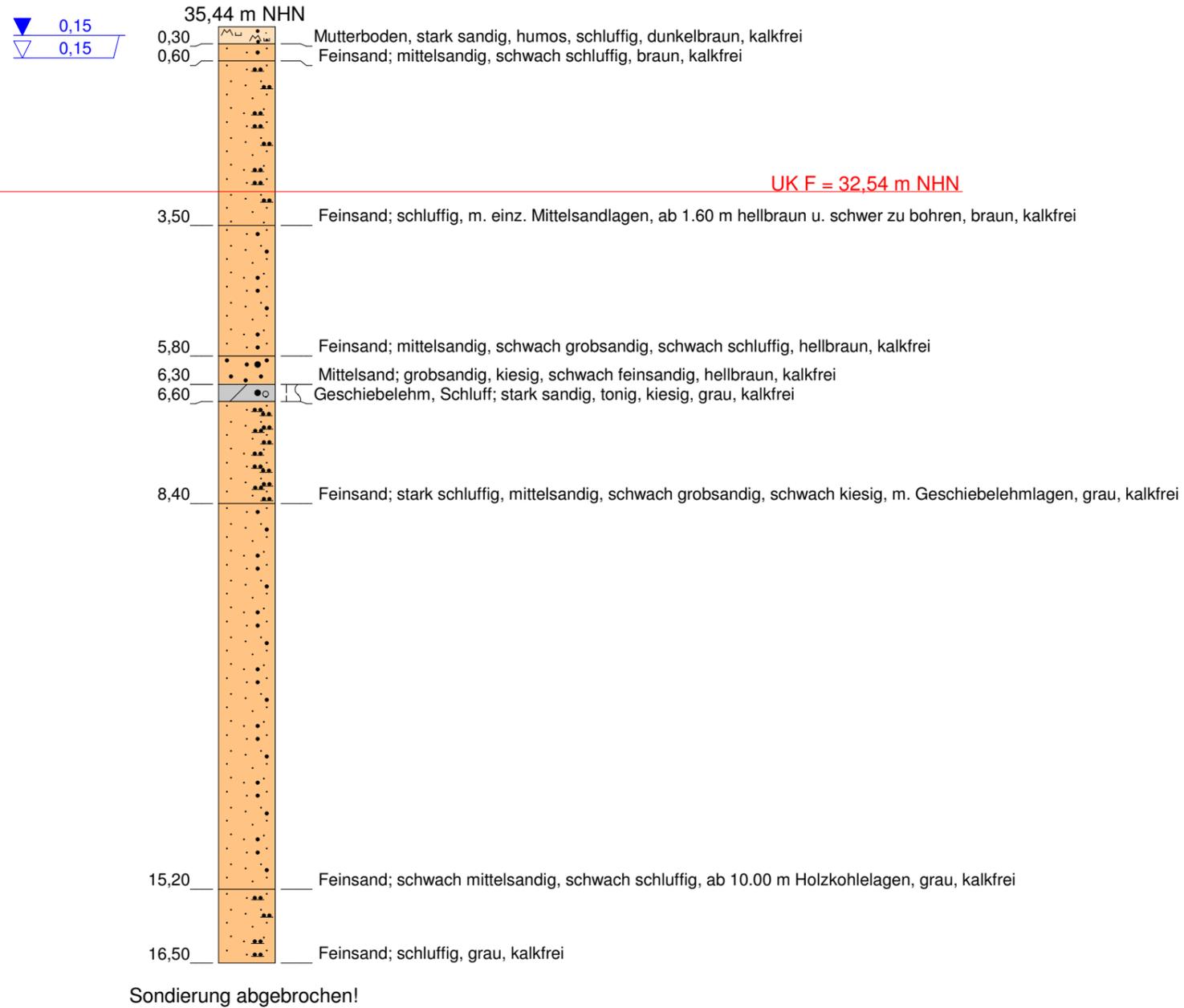
Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.1



Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

NEUMANN

WEA 2: BS 1



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.2



Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

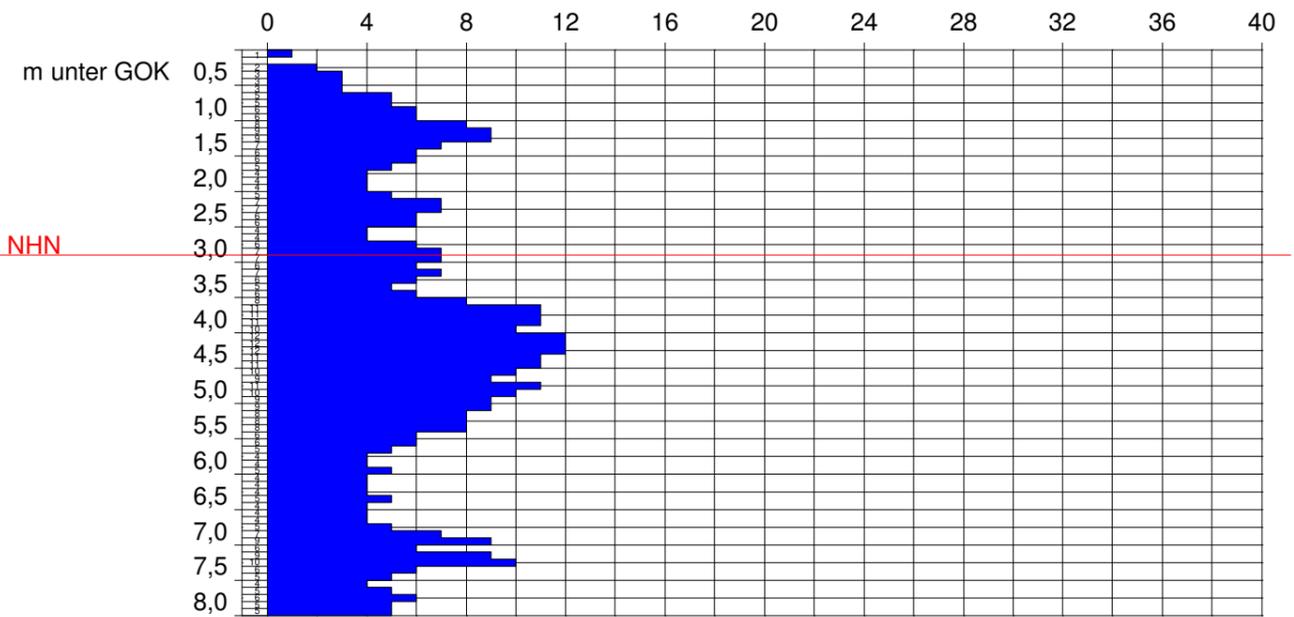
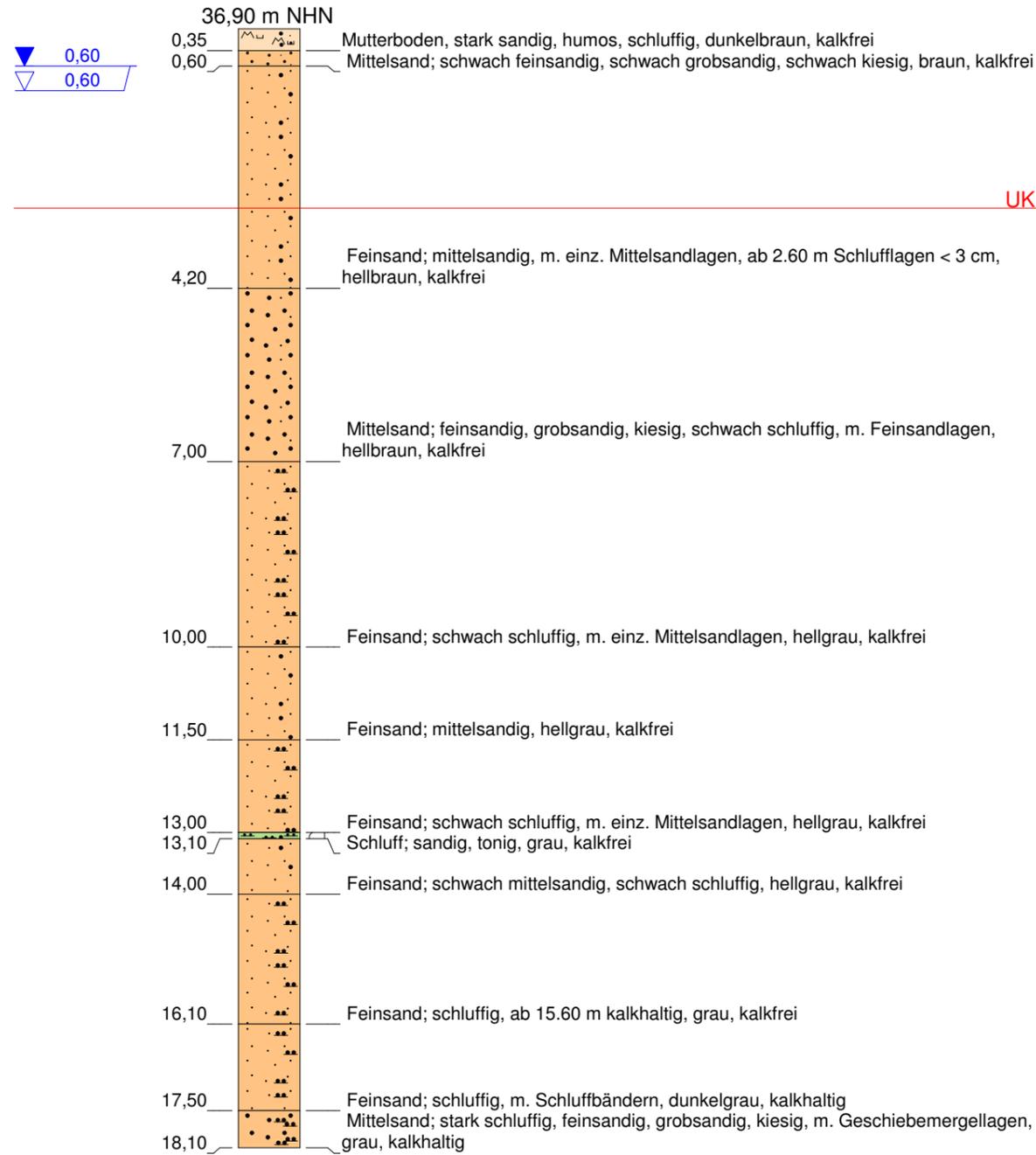
NEUMANN

WEA 3: BS 1

WEA 3: DPH 1

36,90 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



UK F = 34,00 m NHN

Sondierung abgebrochen!

Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.3



Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

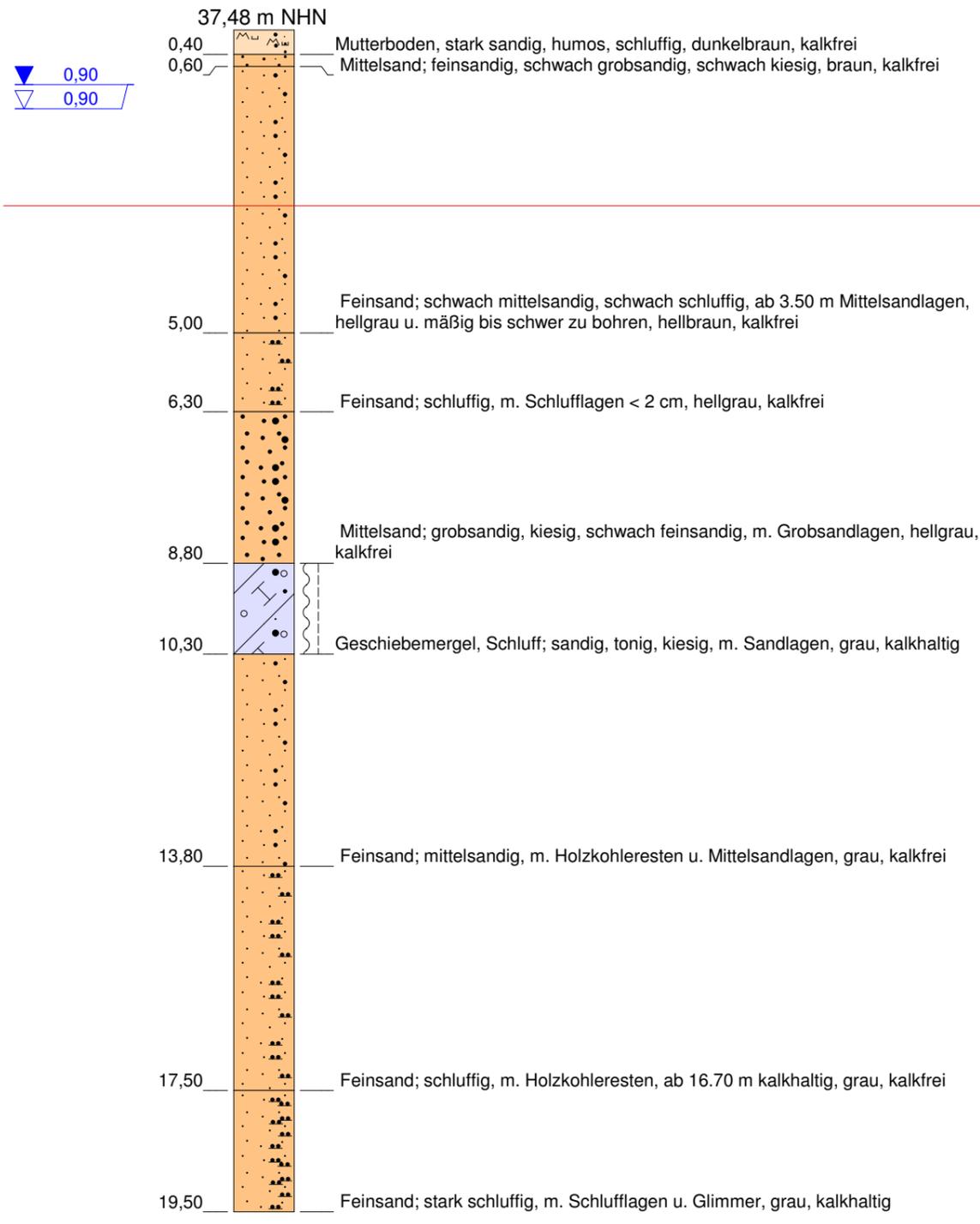
NEUMANN

WEA 4: BS 1

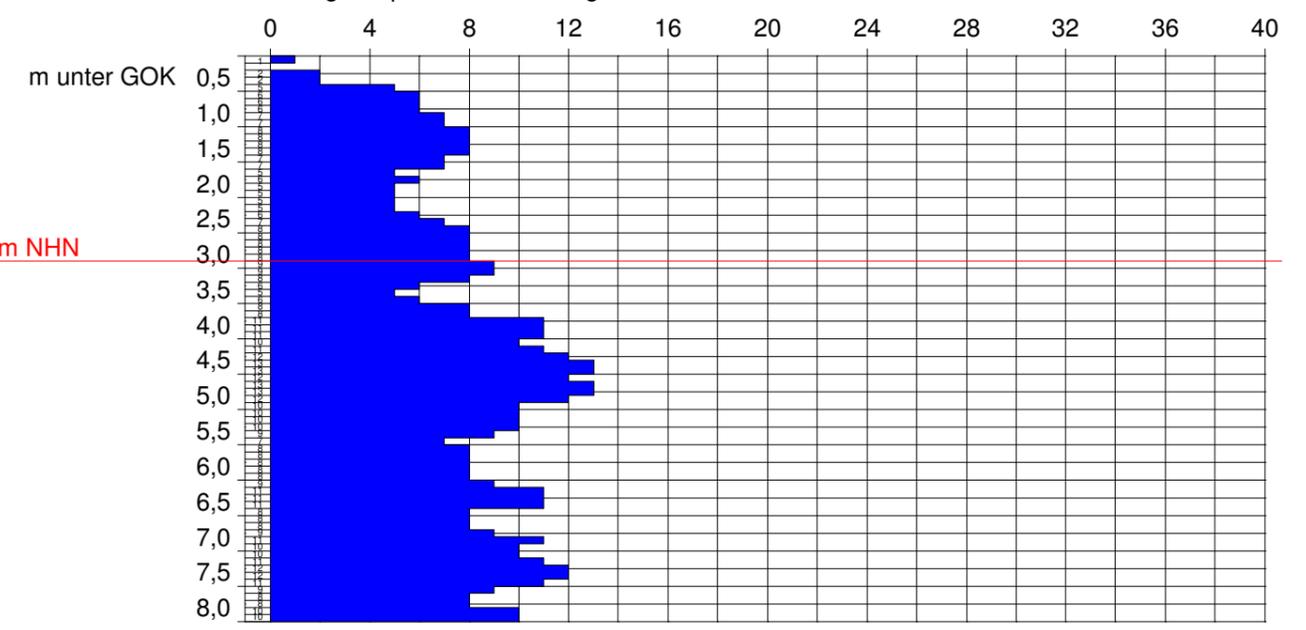
WEA 4: DPH 1

37,48 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



UK F = 34,58 m NHN



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.4

Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

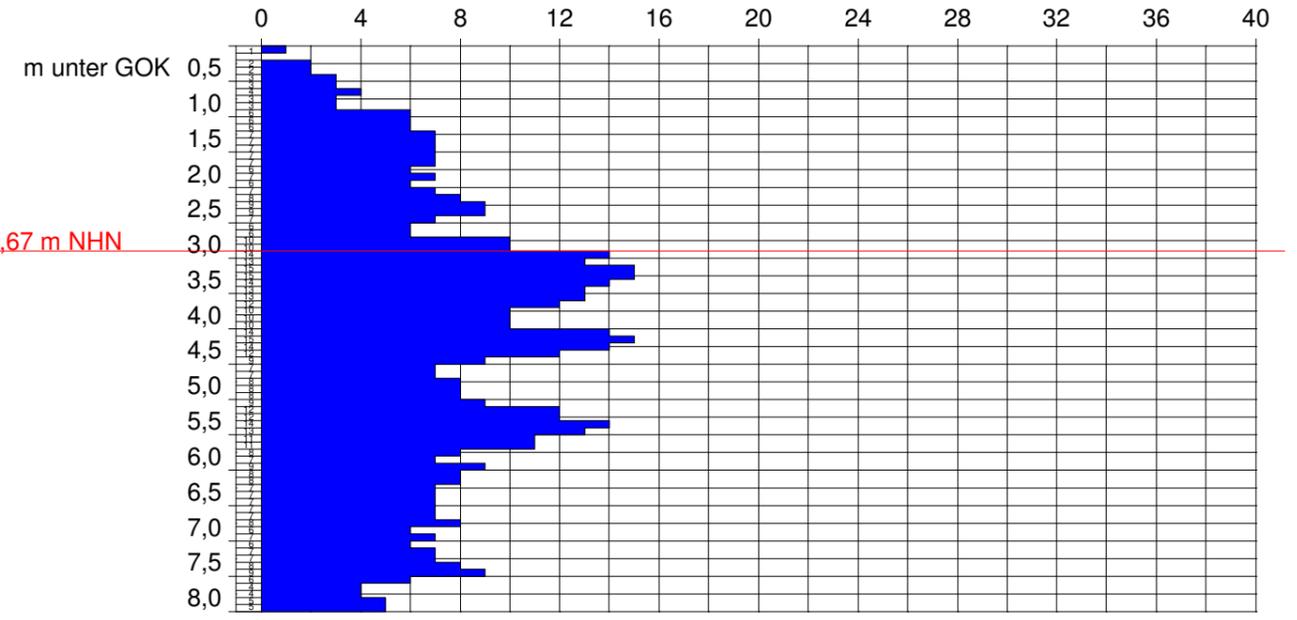
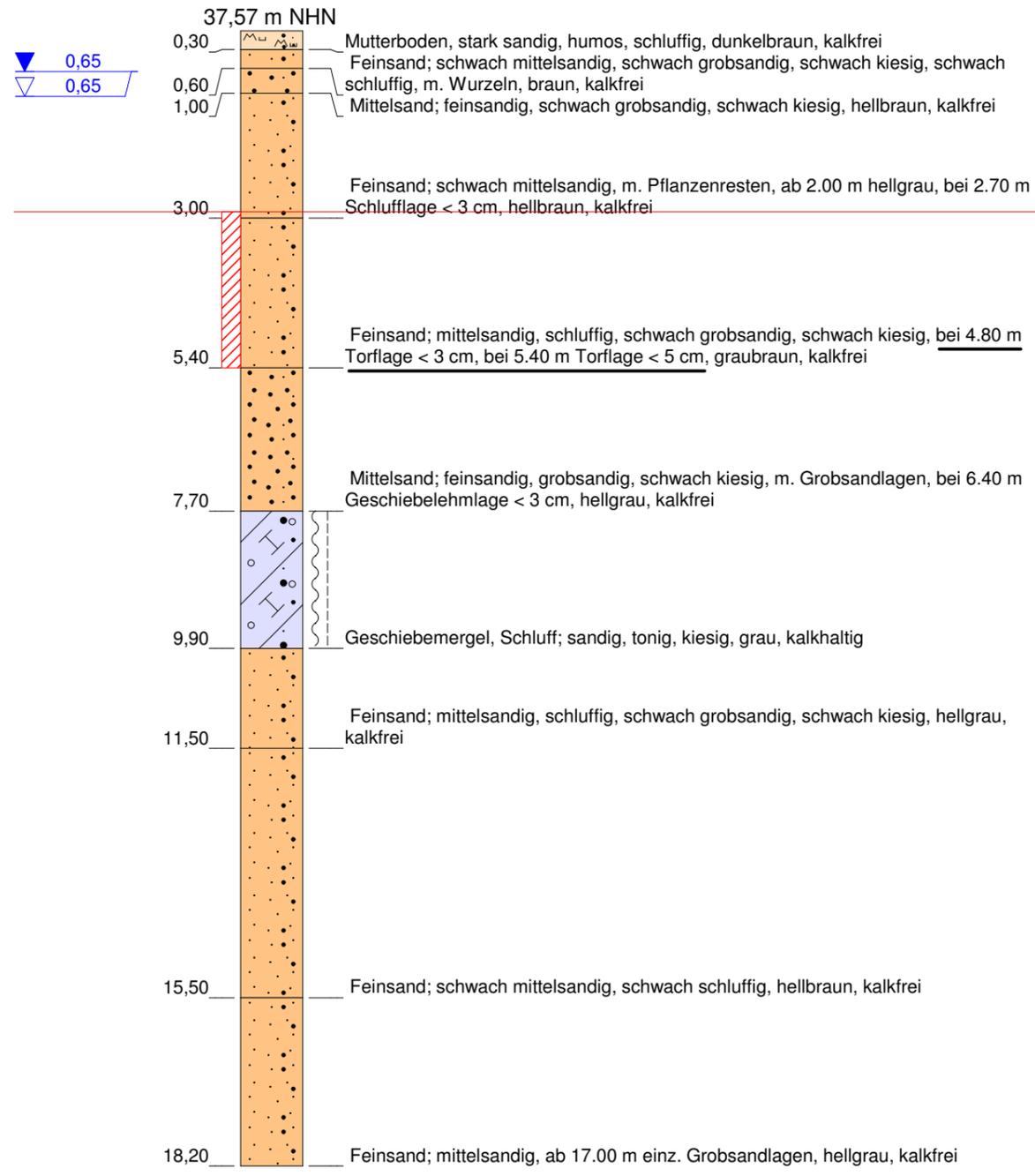
NEUMANN

WEA 5: BS 1

WEA 5: DPH 1

37,57 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



UK F = 34,67 m NHN

Sondierung abgebrochen!

 Bodenaustausch

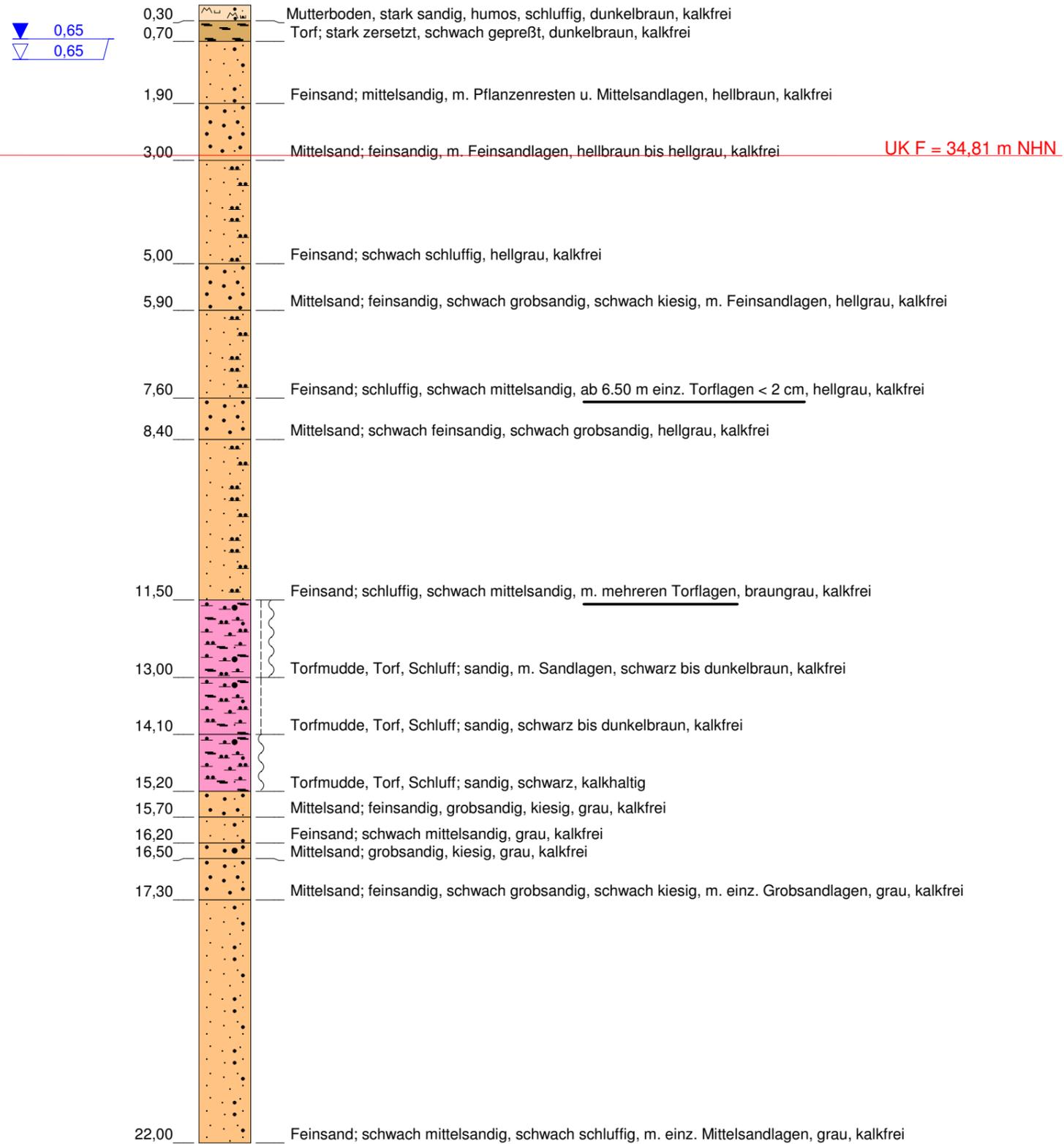
Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.5



Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

NEUMANN

WEA 6: BS 1 37,71 m NHN

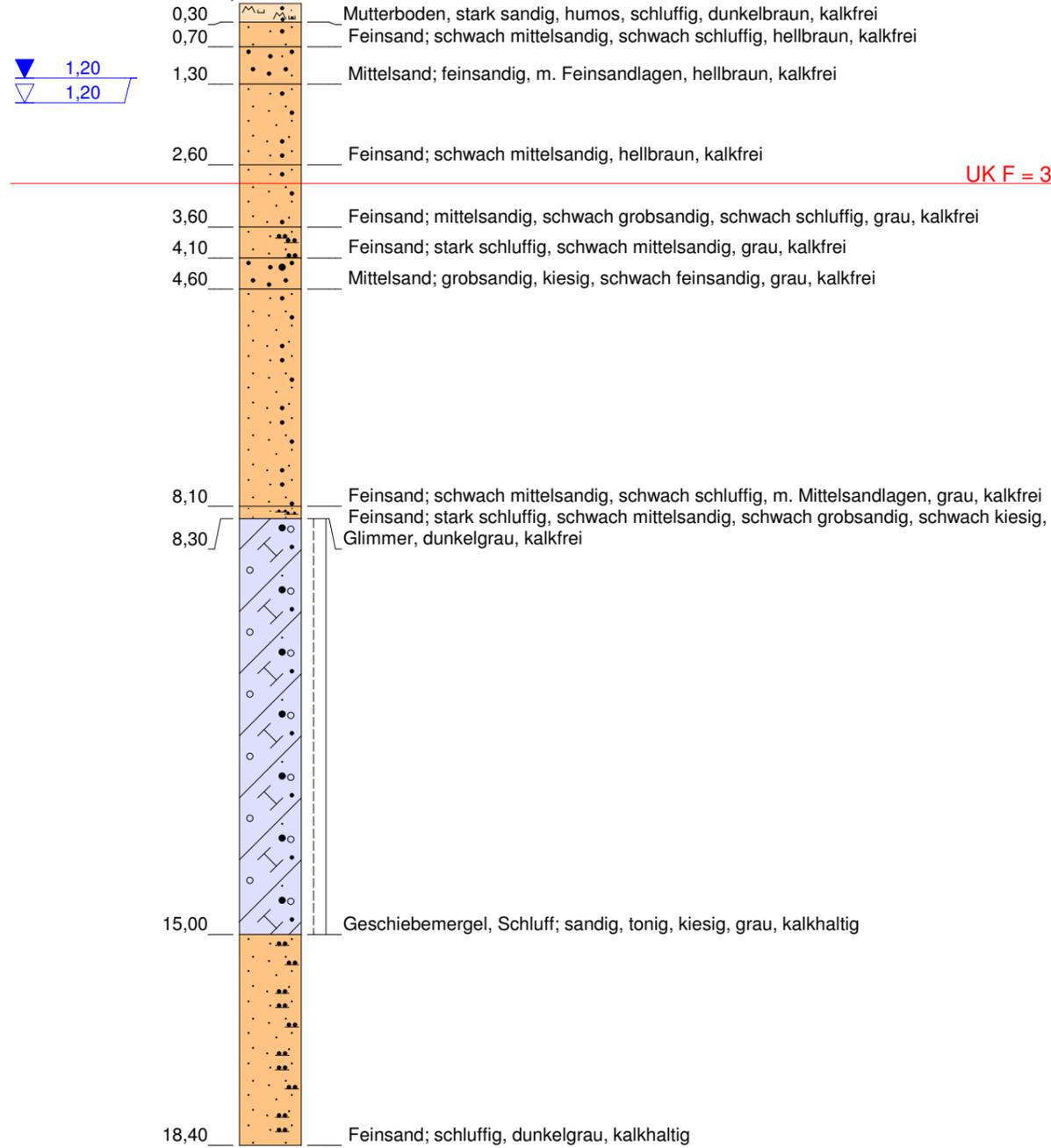


Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.6

 **Dipl.-Ing. P. Neumann**
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71
NEUMANN

WEA 7: BS 1

38,28 m NHN

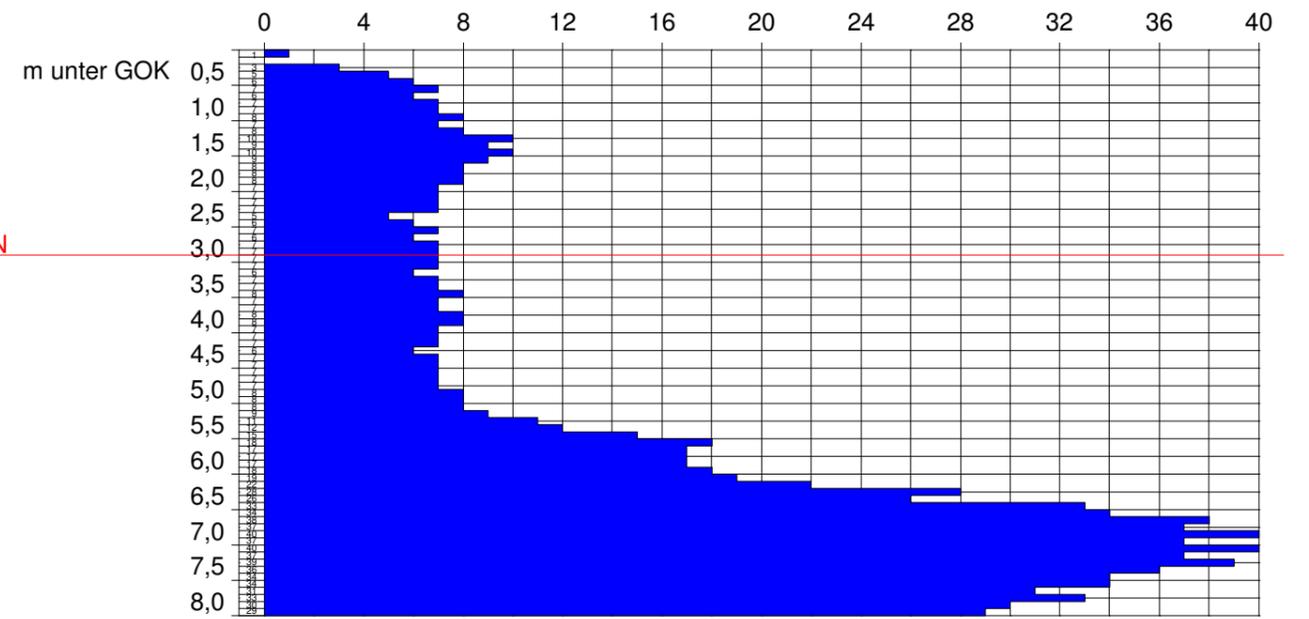


Sondierung abgebrochen!

WEA 7: DPH 1

38,28 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede

Aktenzeichen: 205/16

Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm

Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh

Datum: 27.06.-05.07.2016 Maßstab: 1 : 100

gezeichnet: Ronja Nickel Anlage 2.7



Dipl.-Ing. P. Neumann

Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde

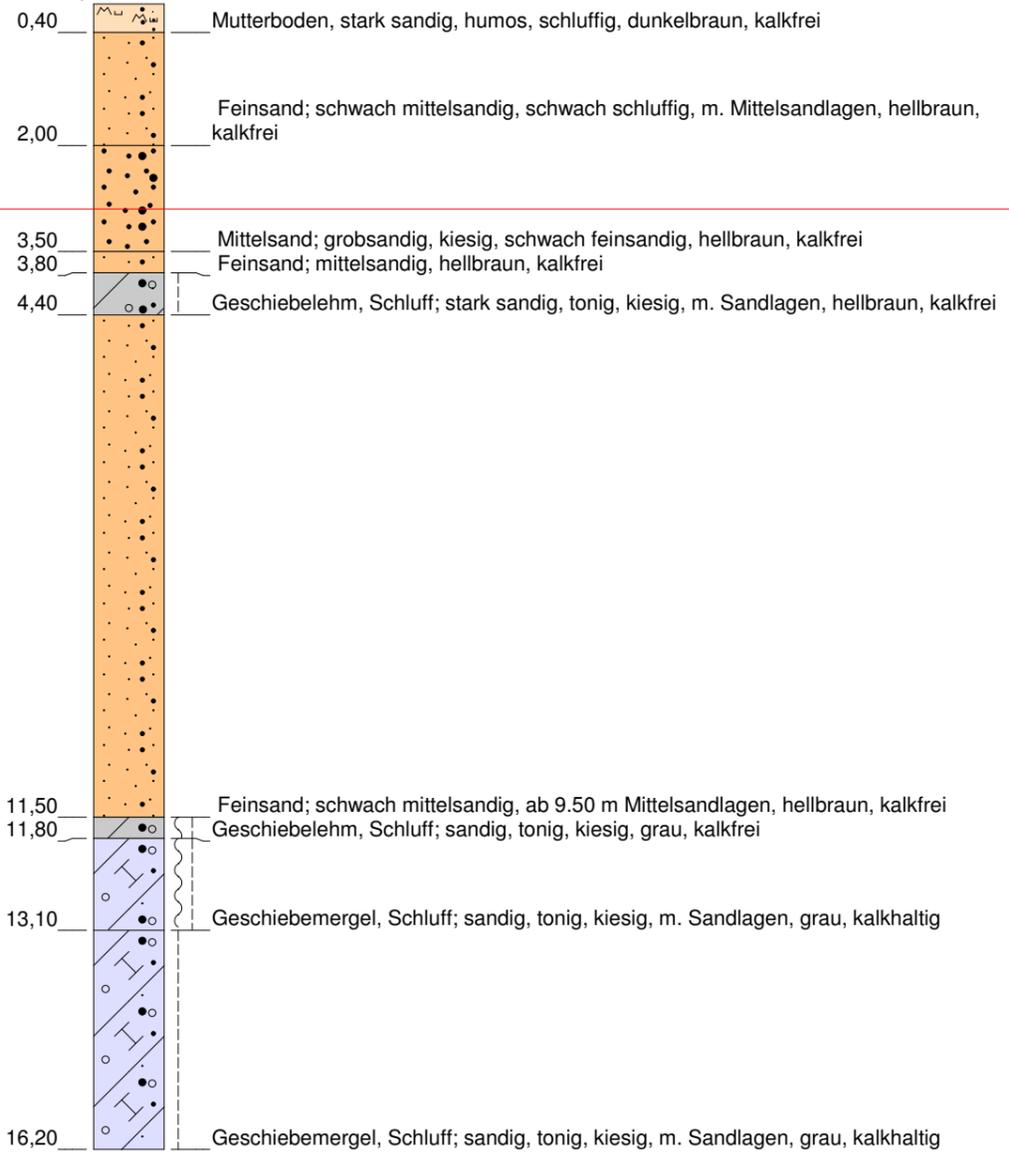
Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

NEUMANN

WEA 8: BS 1

39,47 m NHN

▼ 1,25
▽ 1,25



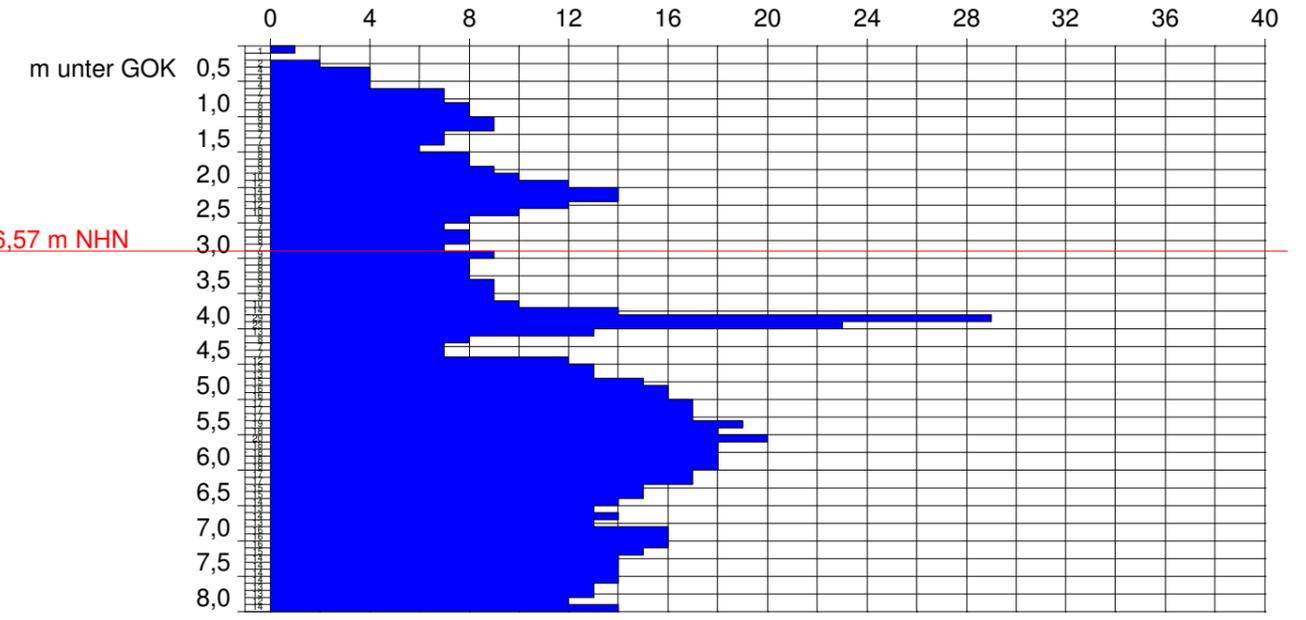
Sondierung abgebrochen!

UK F = 36,57 m NHN

WEA 8: DPH 1

39,47 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.8

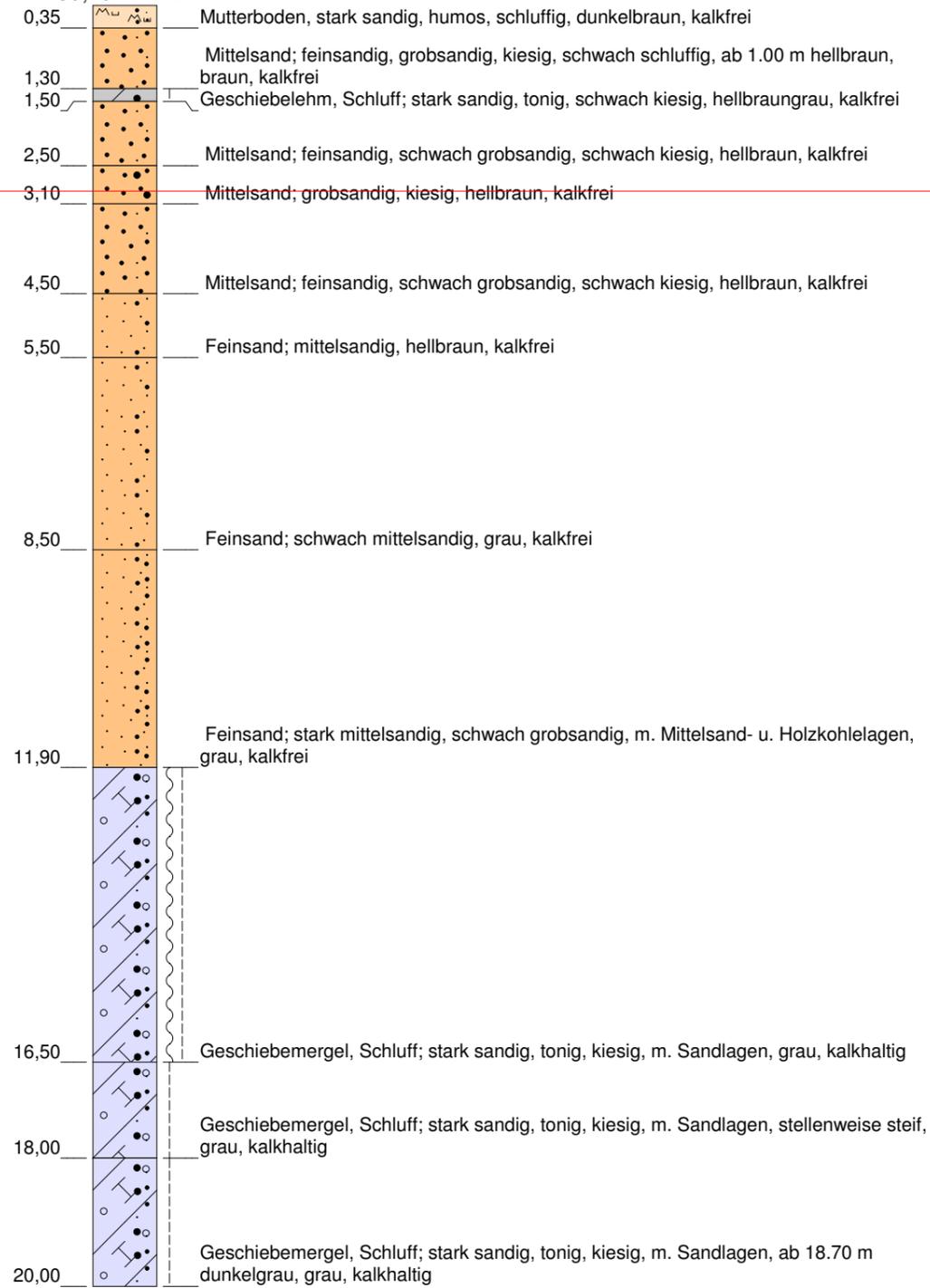
Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

NEUMANN

WEA 9: BS 1

39,19 m NHN

▼ 1,00
▽ 1,00

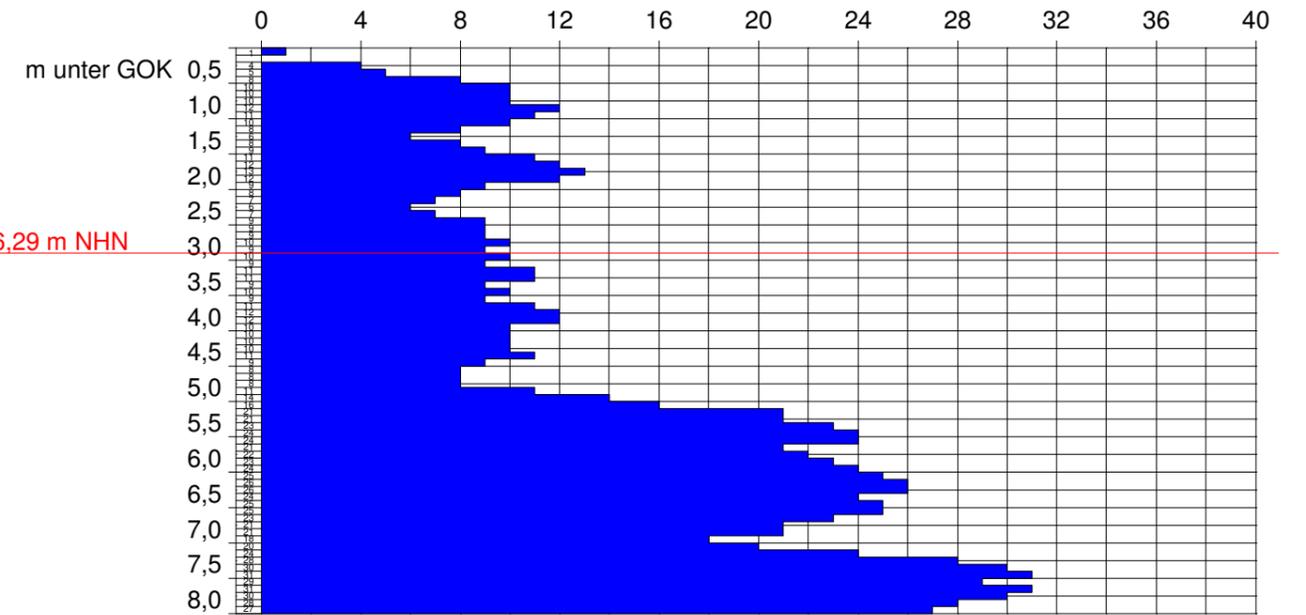


UK F = 36,29 m NHN

WEA 9: DPH 1

39,19 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede

Aktenzeichen: 205/16

Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm

Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh

Datum: 27.06.-05.07.2016 Maßstab: 1 : 100

gezeichnet: Ronja Nickel Anlage 2.9



Dipl.-Ing. P. Neumann

Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde

Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

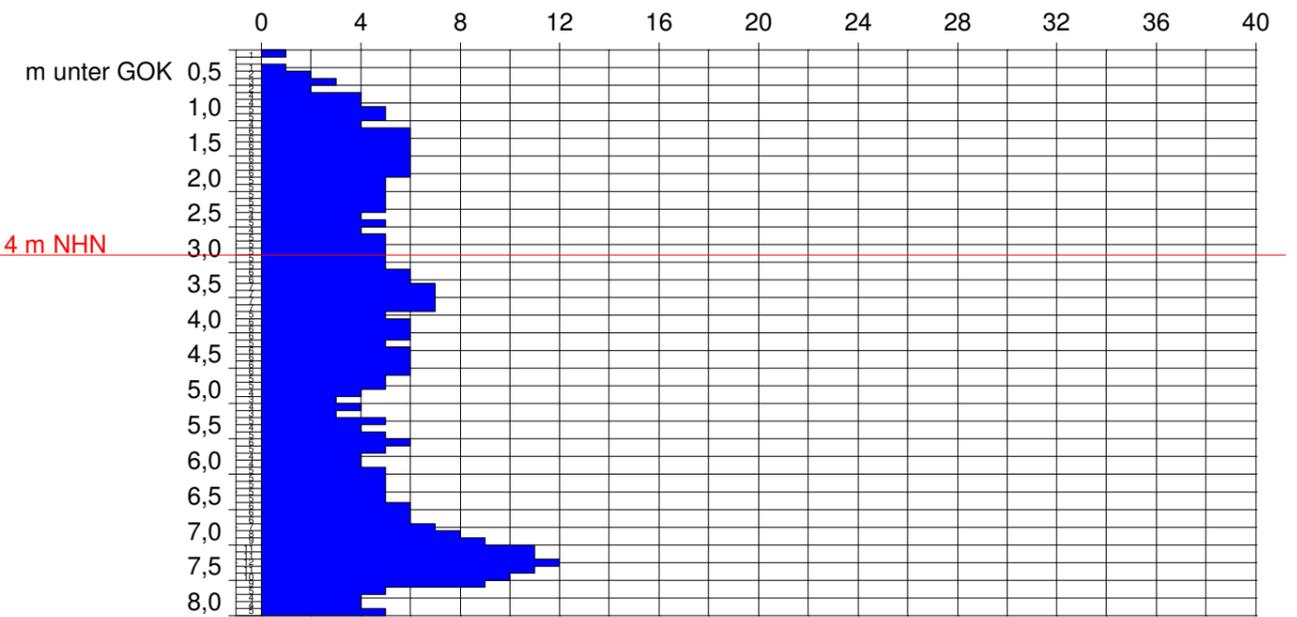
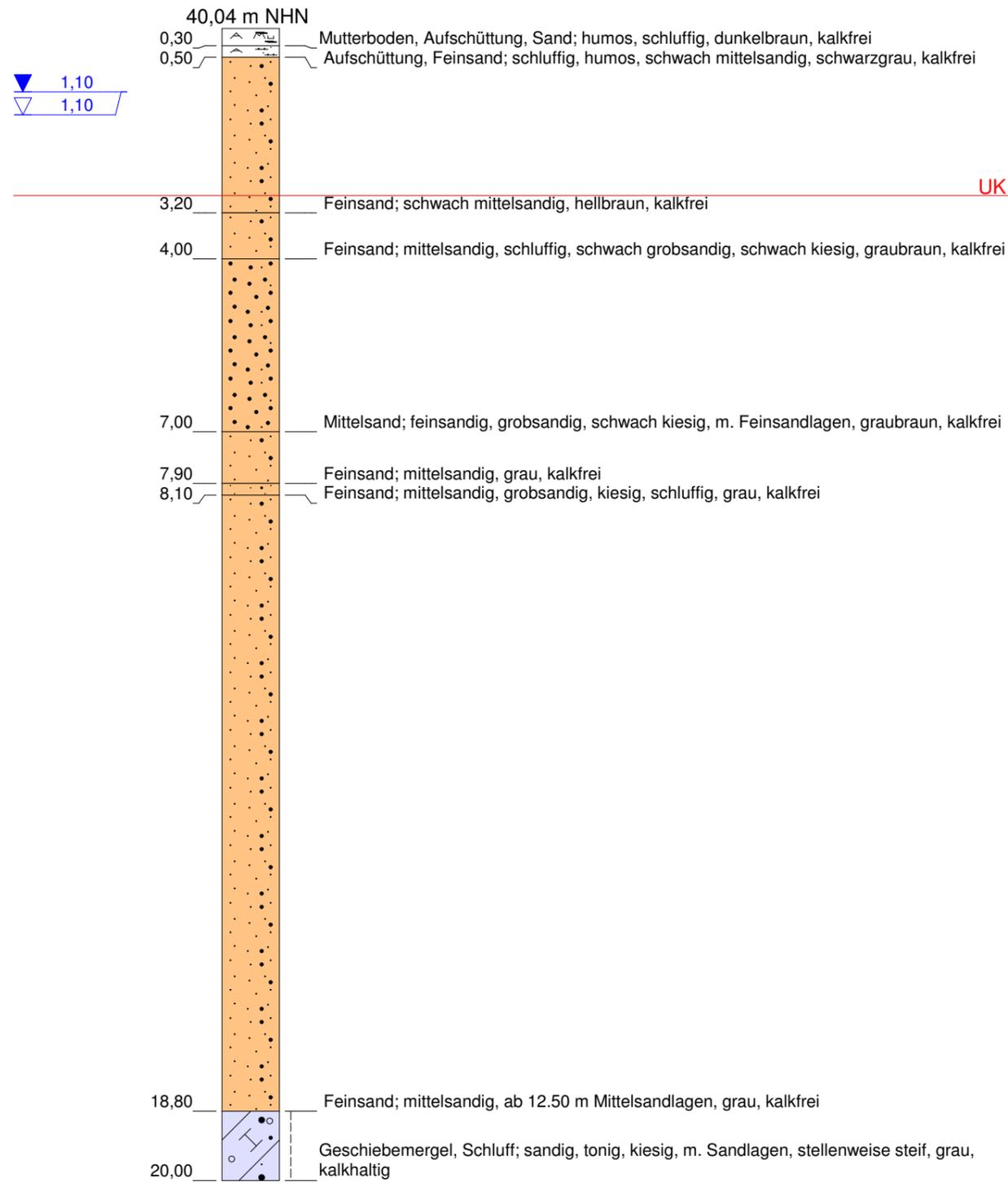
NEUMANN

WEA 10: BS 1

WEA 10: DPH 1

40,04 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede

Aktenzeichen: 205/16

Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm

Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh

Datum: 27.06.-05.07.2016 Maßstab: 1 : 100

gezeichnet: Ronja Nickel Anlage 2.10



Dipl.-Ing. P. Neumann

Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde

NEUMANN

Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

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

Dipl.-Ing. Peter Neumann
Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG

Marienthaler Straße 6
24340 Eckernförde



Prüfbericht-Nr.: 2016P509777 / 1

Auftraggeber	Dipl.-Ing. Peter Neumann Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG
Eingangsdatum	05.07.2016
Projekt	WP Ostervesede
Material	Wasser
Kennzeichnung	siehe Tabelle
Auftrag	205/16
Verpackung	Glas- und PE-Flaschen
Probenmenge	ca. 1,75 L
Auftragsnummer	16506659
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	GBA
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Prüfbeginn / -ende	05.07.2016 - 12.07.2016
Methoden	siehe letzte Seite
Unteraufträge	
Bemerkung	
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 12.07.2016



i. A. Jan-Niklas Franzen
Projektbearbeitung

Anlage 3.1

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

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2016P509777 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2016P509777 / 1

WP Ostervesede

Auftrag		16506659	16506659	16506659	16506659
Probe-Nr.		001	002	003	004
Material		Wasser	Wasser	Wasser	Wasser
Probenbezeichnung		WEA 1 / BS1	WEA 2 / BS1	WEA 3 / BS1	WEA 4 / BS1
Probemenge		ca. 1,75 L	ca. 1,75 L	ca. 1,75 L	ca. 1,75 L
Probeneingang		05.07.2016	05.07.2016	05.07.2016	05.07.2016
Analysenergebnisse	Einheit				
Betonaggressivität					
pH-Wert		6,7	6,4	6,0	5,9
Geruch		unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	86	130	170	93
Gesamthärte	°dH	7,8	7,7	4,9	11
Härtehydrogencarbonat	°dH	4,0	5,4	1,3	0,79
Nichtcarbonathärte	°dH	3,9	2,3	3,7	10
Magnesium	mg/L	5,4	5,5	5,6	11
Ammonium	mg/L	0,82	0,42	2,0	1,0
Sulfat	mg/L	61	40	14	24
Chlorid	mg/L	37	15	9,3	63
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	69	49	58	46

Auftrag		16506659	16506659		16506659
Probe-Nr.		005	006		008
Material		Wasser	Wasser		Wasser
Probenbezeichnung		WEA 5 / BS1	WEA 6 / BS1		WEA 7 / BS1
Probemenge		ca. 1,75 L	ca. 1,75 L		ca. 1,75 L
Probeneingang		05.07.2016	05.07.2016		05.07.2016
Analysenergebnisse	Einheit				
Betonaggressivität					
pH-Wert		5,8	6,1		6,5
Geruch		unauffällig	unauffällig		unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	99	230		110
Gesamthärte	°dH	11	6,5		7,2
Härtehydrogencarbonat	°dH	0,58	4,1		4,0
Nichtcarbonathärte	°dH	11	2,4		3,2
Magnesium	mg/L	11	6,9		4,0
Ammonium	mg/L	1,2	0,99		0,31
Sulfat	mg/L	24	46		23
Chlorid	mg/L	64	38		16
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	40	110		28

Anlage 3.2

Prüfbericht-Nr. 2016P509777 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2016P509777 / 1

WP Ostervesede

Auftrag		16506659
Probe-Nr.		009
Material		Wasser
Probenbezeichnung		WEA 8 / BS1
Probemenge		ca. 1,75 L
Probeneingang		05.07.2016
Analyseergebnisse	Einheit	
Betonaggressivität		
pH-Wert		6,6
Geruch		unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	100
Gesamthärte	°dH	7,2
Härtehydrogencarbonat	°dH	4,1
Nichtcarbonathärte	°dH	3,2
Magnesium	mg/L	4,1
Ammonium	mg/L	0,33
Sulfat	mg/L	22
Chlorid	mg/L	16
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	28

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen

Parameter	Bestimmungs- grenze	Einheit	Methode
Betonaggressivität			DIN EN 16502
pH-Wert			DIN EN ISO 10523 ^a
Geruch			DEV-B1/2 ^a
Permanganat-Verbrauch	2,0	mg KMnO ₄ /L	DIN EN ISO 8467 ^a
Gesamthärte		°dH	DIN 38409-H6/ DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^a
Härtehydrogencarbonat		°dH	DIN 38 405-D8 ^a
Nichtcarbonathärte		°dH	berechnet
Magnesium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22) ^a
Ammonium	0,20	mg/L	DIN EN ISO 11732 (E23) ^a
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Kohlendioxid, kalklösend	5,0	mg/L	DIN 4030 (Heyer) ^a

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

Anlage 3.3

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 001

Probenbezeichnung: WEA 1 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,7		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	69	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,82	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,4	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	61	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	37	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,8	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,0	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	86	mg KMnO ₄ /L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.4

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

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 002

Probenbezeichnung: WEA 2 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,4		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	49	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,42	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,5	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	40	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	15	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,7	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	5,4	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	130	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.5

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

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 003

Probenbezeichnung: WEA 3 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,0		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	58	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	2,0	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,6	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	14	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	9,3	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	4,9	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	1,3	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	170	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.6

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 004

Probenbezeichnung: WEA 4 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,9		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	46	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	1,0	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	11	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	24	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	63	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	11	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,79	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	93	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.7

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

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 005

Probenbezeichnung: WEA 5 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,8		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	40	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	1,2	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	11	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	24	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	64	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	11	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,58	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	99	mg KMnO ₄ /L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

Anlage 3.8

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 006

Probenbezeichnung: WEA 6 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,1		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	110	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,99	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	6,9	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	46	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	38	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	6,5	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,1	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	230	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA3 einzustufen.

Anlage 3.9

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

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 008

Probenbezeichnung: WEA 7 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,5		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	28	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,31	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	4,0	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	23	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	16	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,2	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,0	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	110	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

Anlage 3.10

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

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 009

Probenbezeichnung: WEA 8 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,6		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	28	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,33	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	4,1	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	22	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	16	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,2	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,1	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	100	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

Anlage 3.11

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

Dipl.-Ing. Peter Neumann
Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG

Marienthaler Straße 6
24340 Eckernförde



Prüfbericht-Nr.: 2016P510440 / 1

Auftraggeber	Dipl.-Ing. Peter Neumann Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG
Eingangsdatum	15.07.2016
Projekt	WP Ostervesede
Material	Wasser
Kennzeichnung	siehe Tabelle
Auftrag	205/16
Verpackung	Glas- und PE-Flaschen
Probenmenge	ca. 1,75 L
Auftragsnummer	16507070
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	GBA
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Prüfbeginn / -ende	15.07.2016 - 25.07.2016
Methoden	siehe letzte Seite
Unteraufträge	
Bemerkung	
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 25.07.2016



I. A. Gesine Blinde
Projektbearbeitung

Anlage 3.12

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

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2016P510440 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2016P510440 / 1

WP Ostervesede

Auftrag		16507070	16507070
Probe-Nr.		001	002
Material		Wasser	Wasser
Probenbezeichnung		WEA 9 / BS 1	WEA 10 / BS 1
Probemenge		ca. 1,75 L	ca. 1,75 L
Probeneingang		15.07.2016	15.07.2016
Analysenergebnisse	Einheit		
Betonaggressivität			
pH-Wert		5,5	5,5
Geruch		unauffällig	unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	180	170
Gesamthärte	°dH	5,3	5,5
Härtehydrogencarbonat	°dH	0,91	0,84
Nichtcarbonathärte	°dH	4,3	4,6
Magnesium	mg/L	5,8	6,1
Ammonium	mg/L	0,59	0,60
Sulfat	mg/L	18	18
Chlorid	mg/L	28	28
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	61	58

Anlage 3.13

Prüfbericht-Nr.: 2016P510440 / 1

WP Ostervesede

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen

Parameter	Bestimmungs- grenze	Einheit	Methode
Betonaggressivität			DIN EN 16502
pH-Wert			DIN EN ISO 10523 ^a
Geruch			DEV-B1/2 ^a
Permanganat-Verbrauch	2,0	mg KMnO ₄ /L	DIN EN ISO 8467 ^a
Gesamthärte		°dH	DIN 38409-H6/ DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^a
Härtehydrogencarbonat		°dH	DIN 38 405-D8 ^a
Nichtcarbonathärte		°dH	berechnet
Magnesium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22) ^a
Ammonium	0,20	mg/L	DIN EN ISO 11732 (E23) ^a
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Kohlendioxid, kalklösend	5,0	mg/L	DIN 4030 (Heyer) ^a

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

Anlage 3.14

Anlage zu Prüfbericht 2016P510440

Probe-Nr.: 16507070 / 001

Probenbezeichnung: WEA 9 / BS 1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,5		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	61	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,59	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,8	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	18	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	28	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	5,3	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,91	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	180	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.15

Anlage zu Prüfbericht 2016P510440

Probe-Nr.: 16507070 / 002

Probenbezeichnung: WEA 10 / BS 1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,5		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	58	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,60	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	6,1	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	18	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	28	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	5,5	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,84	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	170	mg KMnO ₄ /L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.16

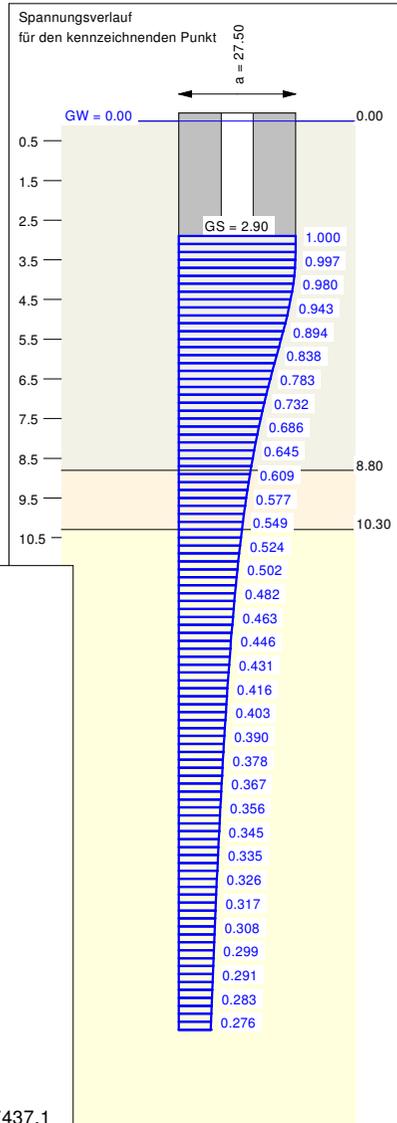
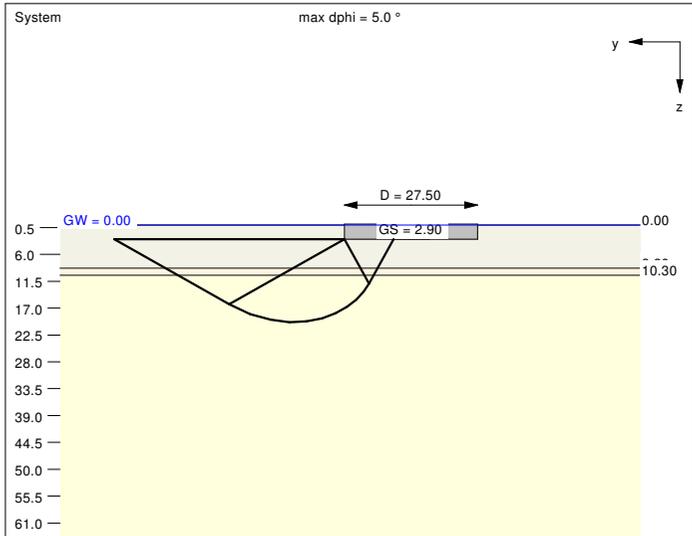
Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand,md
	21.0	11.0	26.5	8.5	12.0	0.00	Mg,md
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand,md

Berechnungsgrundlagen:
 205/16 WP Ostervesede WEA1-4+7-10
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)

$\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_O = 1.50$
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$

$\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{O,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 2.90 m
 Grundwasser = 0.00 m
 Grenztiefe mit festem Wert von 20.00 m u. GS

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



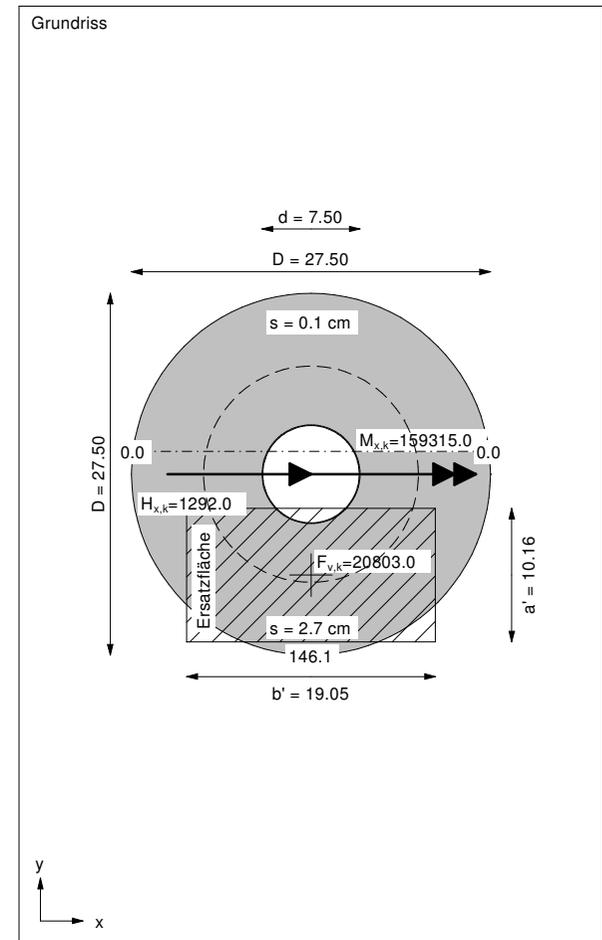
Ergebnisse Einzelfundament:

Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 20803.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 1292.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 159315.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 27.500$ m
 Durchmesser (innen) $d = 7.500$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 3.693 m)
 $a' = 24.236$ m
 $b' = 24.236$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -7.658$ m
 Resultierende im 2. Kern (= 8.221 m)
 $a' = 10.160$ m
 $b' = 19.047$ m

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{0f,k} / \sigma_{0f,d} = 1861.4 / 1329.55$ kN/m²
 $R_{n,k} = 360205.69$ kN
 $R_{n,d} = 257289.78$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 20803.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN

$V_d = 28084.05$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.109
 cal $\phi = 31.5^\circ$
 ϕ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 0.58 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 11.00$ kN/m³
 cal $\sigma_{\bar{v}} = 31.90$ kN/m²
 UK log. Spirale = 19.86 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 69.79 m
 Fläche log. Spirale = 618.99 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{d0} = 33.91$; $N_{d1} = 21.74$; $N_{b0} = 12.69$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.292$; $v_d = 1.278$; $v_b = 0.840$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.913$; $i_d = 0.917$; $i_b = 0.860$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 22.90$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.41 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.09 cm
 unten = 2.73 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 879.6
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 20803.0 \cdot 27.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 257437.1$
 $M_{dst} = 159315.0 \cdot 1.50 = 238972.5$
 $\mu_{EQU} = 238972.5 / 257437.1 = 0.928$



Nachweis der Drehfedersteifigkeit

Bauvorhaben		205/16											
WP Ostervesede													
Datum		19.05.2017											
Turmtyp		SRT											
Gründungsart		FimA						gegebener Fundamentradius in m		13.75			
Nr.	Schichten unter Fundament	Reibungswinkel phi	Schicht	Schichtstärke	E _s (MN/m ²)	E _{sdyn} (MN/m ²)	Querdehnzahl ν	Lastausbreitung in °	Fundamentradius (Ersatzradius)	Kappa phi stat. (MNm/rad)	Kappa phi dyn. (MNm/rad)	Bemerkung	
0									12,25		195.000,00	Sollwerte	
1			OK	0,00	0,00	50	200	0,35	0,0	12,25	87.018,49	348.073,96	
2	Kiessand,md	35,0	UK	6,00	6,00	50	200	0,35	45,0	18,25	287.734,47	1.150.937,87	
3			OK	6,00	0,00	12	90	0,40	0,0	18,25	54.030,14	405.226,04	
4	Mg,w-stf	26,5	UK	7,50	1,50	12	90	0,40	30,0	19,12	62.092,66	465.694,96	
5			OK	7,50	0,00	50	200	0,35	0,0	19,12	330.670,98	1.322.683,91	
6	Sand,d	35,0	UK	20,00	12,50	50	200	0,35	45,0	31,62	1.495.977,63	5.983.910,50	
7			OK										
8			UK										
9			OK										
10			UK										
11			OK										
12			UK										
13			OK										
14			UK										
15			OK										
16			UK										
17			OK										
18			UK										
19			OK										
20			UK										

Naturwind Schwerin GmbH
Schelfstraße 35
19055 Schwerin



Dipl.-Ing.
Peter Neumann
Baugrunduntersuchung
GmbH & Co. KG
Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde
Tel. 0 43 51 7136-0
Fax 0 43 51 7136-71

 Gründungsmitglied
des BD bohr

20.12.2017
tie/cg

Bauvorhaben Nr. 205/16

Neubau von 10 Windkraftanlagen im Windpark Ostervesede
Baugrunduntersuchung – Gründungsbeurteilung
- Vorbericht –

Revision Nr. 2: Änderung der Anzahl der Windkraftanlagen

Nachtrag Nr. 1: Berechnung der Grundwasserabsenkung für die Standorte WEA 1 – 10 /
Wassermengen

1. Vorgang

Die Naturwind Schwerin GmbH plant im Windpark Ostervesede die Errichtung von 10 Windkraftanlagen. Nach Aussage des Planers sollen Vestas V 136 – 3,45 MW mit einer Nabenhöhe von 132 m errichtet werden. Diese Anlagen werden auf einem Kreisfundament (\varnothing 27,50 m) flach gegründet, und zwar in einer Tiefe von ca. 2,90 m unter GOK.

Für die Herstellung der Anlagenfundamente muss an allen Standorten für die Baugrubendurchführung eine geschlossene Wasserhaltung eingesetzt werden, um das anstehende Grundwasser bis unter die Baugrubensohle absenken zu können.

BAUGRUNDUNTERSUCHUNG



Die Fa. Dipl.-Ing. Peter Neumann Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG wurde durch die Naturwind Schwerin GmbH beauftragt, basierend auf den vorliegenden Baugrunduntersuchungen (Gutachten vom 30.05.2017) die bei der Grundwasserhaltung anfallenden Wassermengen zu ermitteln.

2 Ermittlung der anfallenden Wassermengen

Die Gründungssohlen der geplanten Windenergieanlagen befinden sich gemäß vorliegender Typenprüfung der Fa. Vestas in einer Tiefe von 2,90 m unter GOK.

Das Grundwasser muss mindestens bis 0,50 m unter diese Aushubtiefe abgesenkt werden, d. h., bis ca. 3,40 m unter GOK. Im Folgenden werden die bei der Grundwasserabsenkung anfallenden Wassermengen für die Fundamentgruben ermittelt, und zwar unter Berücksichtigung von eingefrästen Horizontalbrunnen.

Die Grundwasserstände liegen an den Standorten der WEA zwischen 0,15 m und 1,25 m unter GOK, die Baugrubentiefe max. bei 2,90 m. Die Fundamente haben einen Durchmesser von 27,50 m. Einschließlich der erforderlichen Böschungen (Böschungswinkel $\beta \leq 45^\circ$) und Arbeitsräume ergeben sich Baugrubendurchmesser von ca. 36,00 m. Für ein flächengleiches Quadrat entspricht dies einer Baugrube von $a \times a = 32,00 \times 32,00$ m.

Für die einzelnen Anlagen gelten folgenden Voraussetzungen:

Anlage	Erforderliche Aushubtiefe [m ab GOK]*	Baugrubendurchmesser [m]**	Grundwasserstand [m ab GOK]	Absenktiefe einschl. 0,5 m Sicherheitszuschlag [m ab GOK]	Absenkziel s [m]	Mächtigkeit der aktiven Zone t [m]	Durchlässigkeitsbeiwert k_f * [m/s]
WEA 1	2,90	36,00	0,70	3,40	2,70	2,70	$8,0 \cdot 10^{-5}$
WEA 2	2,90	36,00	0,15	3,40	3,25	3,25	$5,0 \cdot 10^{-5}$
WEA 3	2,90	36,00	0,60	3,40	2,80	2,80	$8,0 \cdot 10^{-5}$
WEA 4	2,90	36,00	0,90	3,40	2,50	2,50	$8,0 \cdot 10^{-5}$
WEA 5	2,90	36,00	0,65	3,40	2,85	2,85	$8,0 \cdot 10^{-5}$
WEA 6	2,90	36,00	0,65	3,40	2,85	2,85	$8,0 \cdot 10^{-5}$
WEA 7	2,90	36,00	1,20	3,40	2,20	2,20	$7,0 \cdot 10^{-5}$
WEA 8	2,90	36,00	1,25	3,40	2,15	2,15	$1,0 \cdot 10^{-4}$
WEA 9	2,90	36,00	1,00	3,40	2,40	2,40	$2,0 \cdot 10^{-4}$
WEA 10	2,90	36,00	1,10	3,40	2,30	2,30	$9,0 \cdot 10^{-5}$

* Die k_f -Werte wurden, da z. Zt. kein Probenmaterial zur Verfügung stand, basierend auf der Ansprache des Baugrundsachverständigen abgeschätzt

Nach dem theoretischen Ansatz von *Davidenkoff* berechnet sich die Wassermenge q , die dem gesamten System zufließt, zu:

$$Q = k_f \cdot s^2 \cdot \left[\left(1 + \frac{t}{s} \right) \cdot m + \frac{L_1}{R} \left(1 + \frac{t}{s} \cdot n \right) \right]$$

mit folgenden Eingangswerten:

Wasserdurchlässigkeitsbeiwert: $k_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} - 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

Absenkziel: $s = 2,15 \text{ m bis } 3,25 \text{ m}$

Mächtigkeit der aktiven Zone (Absenkziel bis wasserundurchlässiger Horizont):

$t = 2,15 \text{ m bis } 3,25 \text{ m}$ (bei $t > s$ wird $t = s$ angesetzt)

Einflussradius der Grundwasserabsenkung: $R = 2000 \cdot s \cdot \sqrt{k_f} = 36,8 \text{ m bis } 67,9 \text{ m}$

Baugrubenlänge und -breite: $L_1 = L_2 = 36,00 \text{ m}$

m und n werden aus Diagrammen in Abhängigkeit von R, t und L_2 entnommen

1. WEA 1:

$$Q = 8 \cdot 10^{-5} \cdot 2,7^2 \cdot \left[(1+1) \cdot 1,90 + \frac{36,0}{48,3} \cdot (1+1 \cdot 1,70) \right] = 3,39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 292,8 \text{ m}^3/\text{d}$$

2. WEA 2:

$$Q = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 3,25^2 \cdot \left[(1+1) \cdot 1,95 + \frac{36,0}{46,0} \cdot (1+1 \cdot 1,69) \right] = 3,17 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 274,0 \text{ m}^3/\text{d}$$

3. WEA 3:

$$Q = 8 \cdot 10^{-5} \cdot 2,80^2 \cdot \left[(1+1) \cdot 1,85 + \frac{36,0}{50,1} \cdot (1+1 \cdot 1,71) \right] = 3,67 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 316,8 \text{ m}^3/\text{d}$$

4. WEA 4:

$$Q = 8 \cdot 10^{-5} \cdot 2,5^2 \cdot \left[(1+1) \cdot 2,00 + \frac{36,0}{44,7} \cdot (1+1 \cdot 1,68) \right] = 3,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 266,0 \text{ m}^3/\text{d}$$

5. WEA 5 + 6:

$$Q = 8 \cdot 10^{-5} \cdot 2,85^2 \cdot \left[(1+1) \cdot 1,80 + \frac{36,0}{51,0} \cdot (1+1 \cdot 1,72) \right] = 3,59 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 309,9 \text{ m}^3/\text{d}$$

6. WEA 7

$$Q = 7 \cdot 10^{-5} \cdot 2,85^2 \cdot \left[(1+1) \cdot 2,30 + \frac{36,0}{36,8} \cdot (1+1 \cdot 1,62) \right] = 4,07 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 351,9 \text{ m}^3/\text{d}$$

7. WEA 8

$$Q = 1 \cdot 10^{-4} \cdot 2,15^2 \cdot \left[(1+1) \cdot 2,15 + \frac{36,0}{43,0} \cdot (1+1 \cdot 1,65) \right] = 2,55 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 220,4 \text{ m}^3/\text{d}$$

8. WEA 9

$$Q = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 2,40^2 \cdot \left[(1+1) \cdot 1,50 + \frac{36,0}{67,9} \cdot (1+1 \cdot 1,80) \right] = 5,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 446,4 \text{ m}^3/\text{d}$$

9. WEA 10

$$Q = 9 \cdot 10^{-5} \cdot 2,30^2 \cdot \left[(1+1) \cdot 2,10 + \frac{36,0}{43,6} \cdot (1+1 \cdot 1,66) \right] = 3,04 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 266,1 \text{ m}^3/\text{d}$$

Es ist zu berücksichtigen, dass die anfallenden Wassermengen maßgeblich vom Durchlässigkeitsbeiwert des anstehenden Baugrundes abhängen, so dass Inhomogenitäten des Untergrundes zu stark abweichenden Ergebnissen führen können. Zur genaueren Eingrenzung wären insitu Versuche (z. B. Pumpversuche) erforderlich.

Für die Beantwortung eventuell noch auftretender Fragen stehen wir weiterhin gern zur Verfügung.

Dipl.-Ing. Peter Neumann
Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG



ppa. Wolfgang Tiedemann



Dipl.-Ing.
Peter Neumann
Baugrunduntersuchung
GmbH & Co. KG
Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde
Tel. 0 43 51 7136-0
Fax 0 43 51 7136-71

Naturwind Schwerin GmbH
Schelfstraße 35
19055 Schwerin

 Gründungsmitglied
des BD bohr

01.12.2021
tie/la

Bauvorhaben Nr. 205/16

Neubau von 10 Windkraftanlagen im Windpark Ostervesede

Baugrunduntersuchung – Gründungsbeurteilung

- Vorbericht –

Revision Nr. 3: Änderung der Anzahl der Windkraftanlagen und des Anlagentyps

1 Vorgang

Die Naturwind Schwerin GmbH plant im Windpark Ostervesede die Errichtung von 5 Windkraftanlagen. Nach Aussage des Planers sollen jetzt drei E-160 EP5E2 mit 166 m NH und zwei E-160 EP5E2 mit 119,5 m NH errichtet werden. Diese Anlagen werden auf jeweils einem Kreisfundament mit Durchmessern von 29,2 m (166 m NH) und 26,8 (119,5 m NH) flach gegründet, und zwar in Tiefen von ca. 1,55 m (166 m NH) und 2,3 m (119,5 m NH) unter GOK. Die Lage der Windkraftanlagen kann den als Anlagen 1. + 1.1 beigelegten Lageplänen entnommen werden.

Die Fa. Neumann wurde durch die Naturwind Schwerin GmbH beauftragt, basierend auf der im Jahre 2016 im Windpark Ostervesede durchgeführten Baugrunduntersuchung (Kleinbohrungen und Sondierungen mit der schweren Rammsonde) eine vorläufige Aussage zur Gründung der Windenergieanlagen zu erarbeiten.

Für die weitere Bearbeitung standen dem Baugrundsachverständigen folgende Unterlagen zur Verfügung:

BAUGRUNDUNTERSUCHUNG



- [1] Fundamentdatenblatt E-160 EP5E2-MST-120-FB-C-01 der Fa. Enercon vom 10.09.2021 Rev. 01

- [2] Fundamentdatenblatt E-160 EP5E2-MST-166-FB-C-01 der Fa. Enercon vom 04.08.2020 Rev. 01

- [3] Lageplan Vergleich alt – aktuell der Naturwind Schwerin GmbH vom 02.03.2021 vom 02.03.2021 M1:7000

- [4] Baugrundgutachten -Vorbericht- Rev. 02 vom 30.05.2017

2 Baugrund

2.1 Durchgeführte Untersuchungen

Der Baugrundaufbau im Bereich des geplanten Windparks ist vom 27.06. - 05.07.2016 durch 11 Kleinbohrungen bis in Tiefen von 16,20 m – 22,00 m unter GOK untersucht worden. Darüber hinaus wurde parallel zu den Kleinbohrungen 9 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH gemäß DIN EN ISO 22476-2) bis in eine Tiefe von 8,00 m ausgeführt.

Die Lage der Baugrundaufschlüsse innerhalb der alten WEA-Standorte kann den Anlagen 1.2 + 1.3 (Prinzipskizzen) entnommen werden. Die Ergebnisse der Kleinbohrungen sind als Bohrprofile, die Ergebnisse der Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) als Rammdiagramme in den Anlagen 2.1 - 2.10 dargestellt worden.

Aus den Kleinbohrungen wurden insgesamt 170 gestörte Bodenproben der Güteklasse 3 – 4 entnommen, die durch den Baugrundsachverständigen im Erdbaulabor bestimmt und beurteilt worden sind.

2.2 Baugrundaufbau

Aus den in den Anlagen 2.1 - 2.10 dargestellten Bohrprofilen ist zu ersehen, dass unter 30 - 70 cm mächtigen Mutterboden bis zur Endteufe bzw. bis in Tiefen zwischen 8,50 m – 18,80 m unter GOK im Wesentlichen rollige Böden anstehen, und zwar handelt es sich hierbei um Fein-



und Mittelsande mit unterschiedlichen Anteilen der übrigen Kornfraktionen. In diese Sande sind an den Standorten WEA 2 – 8 in folgenden Tiefen bindige / organische Böden eingelagert:

WEA 2	Tiefe 6,30 m - 6,60 m	Geschiebelehm, steif-weich
WEA 3	Tiefe 13,00 m – 13,10 m	Schluff, weich-steif
WEA 4	Tiefe 8,80 m - 10,30 m	Geschiebemergel, weich-steif
WEA 5	Tiefe 7,70 m - 9,90 m	Geschiebemergel, weich-steif/Torflage bei 4,80 m + 5,40 m
WEA 6	Tiefe 11,50 m – 15,20 m	Torfmuße, weich / steif + Torflagen 6,50 m + 11,00 m
WEA 7	Tiefe 8,30 m - 15,00 m	Geschiebemergel, steif-halbfest
WEA 8	Tiefe 3,80 m - 4,40 m	Geschiebelehm, steif
WEA 9	Tiefe 1,30 m - 1,50 m	Geschiebelehm, steif

An den Standorten WEA 1 und WEA 8 – WEA 10 wurden die Sande bis zur Endteufe von Geschiebeböden (Geschiebelehm und –mergel) in weich-steifer und steifer Konsistenz unterlagert, und zwar ab einer Tiefe von 8,50 m (WEA 1), 11,50 m (WEA 8) und 11,90 (WEA 10).

2.3 Auswertung der Rammsondierungen

Wie den neben den Kleinbohrungen dargestellten Rammdiagrammen zu entnehmen ist, wurden in den Gründungsrelevanten Tiefen (ca. 3,00 – 8,00 m unter GOK) im Wesentlichen Schlagzahlen von 3 – 40 pro 10 cm Eindringtiefe erreicht, d. h., dass die Sande im Wesentlichen in lockerer und mitteldichter Lagerung anstehen. An den Standorten WEA 7 – WEA 9 wurde ab einer Tiefe von ca. 5,00 m bei Schlagzahlen > 12 auch eine dichte Lagerung der Sande festgestellt.

2.4 Zusammenstellung der bodenmechanischen Kennwerte

Im Folgenden werden die für die weitere Bearbeitung erforderlichen bodenmechanischen Kennziffern anhand der im Erdbaulabor durch den Baugrundsachverständigen erfolgten Bodenansprache und von Erfahrungswerten, die aus vergleichbaren Bodenarten vorliegen, tabellarisch zusammengestellt.

Tabelle 1 Bodenmechanische Kennwerte des für die Gründung relevanten Baugrundes

Bodenart	$E_{stat.}$ [MN/m ²]	$E_{dyn.}$ [MN/m ²]	Reibungs- winkel φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Wichte γ / γ' [kN/m ³]	Quer- dehnzahl ν [-]
Mutterboden	keine baugrundtechnische Relevanz				18,0 / 10,0	--
Sand, locker	20,0	120,0	30,0	--	18,0 / 10,0	0,37
Sand, mitteldicht	50,0	200,0	35,0	--	19,0 / 11,0	0,35
Sand, dicht gela- gert	80,0	280,0	36,0	--	19,0 / 11,0	0,33
Torfmulde	1,0	12,0	14,0	4,0	14,0 / 4,0	0,47
Torf	0,5	8,0	12,5	2,0	12,0 / 2,0	0,47
Geschiebelehm, weich-steif	7,5	75,0	25,0	6,0	20,0 / 10,0	0,41
Geschiebelehm, steif	20,0	120,0	27,0	10,0	21,0 / 11,0	0,40
Geschiebemergel, weich-steif	12,0	90,0	26,5	8,5	21,0 / 11,0	0,40
Geschiebemergel, steif	35,0	165,0	27,5	10,0	22,0 / 12,0	0,38
Geschiebemergel, steif-halbfest	40,0	180,0	28,5	12,0	22,0 / 12,0	0,38

2.5 Grundwasserstand

Der Grundwasserspiegel lag nach Beendigung der Sondierarbeiten im Juli 2016 zwischen 0,15 m und 1,25 m unter der derzeitigen Geländeoberkante. In Abhängigkeit von anfallendem Oberflächenwasser muss mit Schwankungen dieser Wasserstände von einigen Dezimetern nach oben und unten gerechnet werden, d. h., dass an allen Standorten mit einem Anstieg bis zur GOK bzw. ggf. auch darüber hinaus gerechnet werden muss.

2.6 Grundwasserqualität

An allen Standorten wurden aus temporären Rammpegeln Grundwasserproben entnommen und dem chemischen Labor GBA, Pinneberg, zur Analyse auf Betonaggressivität nach DIN



4030 übergeben. Aus den in den Anlagen 3.1 bis 3.16 enthaltenen Laborprotokollen geht folgende Grundwasserqualität hervor:

Standort WEA 1:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 2:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 3:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 4:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 5:	schwach betonangreifend (XA 1)
Standort WEA 6:	sehr stark betonangreifend (XA 3)
Standort WEA 7:	schwach betonangreifend (XA 1)
Standort WEA 8:	schwach betonangreifend (XA 1)
Standort WEA 9:	stark betonangreifend (XA 2)
Standort WEA 10:	stark betonangreifend (XA 2)

Weitere Einzelheiten hierzu sind den Prüfberichten Nr. 2016P509777 / 1 und 2016P510440 / 1 der GBA GmbH zu entnehmen.

3 Vorläufige Gründungsbeurteilung

3.1 WEA 2 – 4

Die Gründungssohlen der geplanten Windenergieanlagen befinden sich gemäß vorliegender Fundamentdatenblätter der Fa. Enercon [1] + [2] in Tiefen von 1,55 m (NH 166 m) und 2,30 m (NH 120) unter Geländeoberkante. Diese Gründungskote ist auf den Anlagen 2.7 – 2.10, diese Baugrundaufschlüsse liegen in unmittelbarer Nähe der neuen WEA-Standorte 2,3 und 4, in die dort aufgetragenen Sondierprofile eingezeichnet worden. Hieraus ist ersichtlich, dass in dieser Tiefe überwiegend Sande in etwa mitteldichter Lagerung anstehen, auf denen die Windkraftanlagen ohne gravierende Zusatzmaßnahmen flach gegründet werden können.

Es ist lediglich erforderlich, die Aushubsohlen durch mehrere Übergänge mit einem schweren Verdichtungsgerät nachzuverdichten, um sowohl aushubbedingte Auflockerungen zu beseitigen als auch die natürliche Lagerungsdichte der Sande ggf. zu verbessern.

Nach EC 7 (Formel DIN 4017:2006) mit dem Programm GGU-Footing durchgeführte Berechnungen haben ergeben, dass aus geotechnischer Sicht die vorhandenen Bodenpressungen von $\sigma_m = 290 \text{ kN/m}^2$ ($\mu = 0,269$) und $\sigma_m = 230 \text{ kN/m}^2$ ($\mu = 0,153$) mit hoher Sicherheit vom Baugrund aufgenommen werden können.

In Anlehnung an die DIN 4019 auf der Grundlage der vorliegenden Baugrundverhältnisse durchgeführte Setzungsberechnungen haben ergeben, dass bei den Windkraftanlagen mit rechnerischen Setzungen bis zu $s = 6,7 \text{ cm}$ und $s = 4,9 \text{ cm}$ sowie Setzungsdifferenzen bis zu $\Delta s \leq 6,5 \text{ cm}$ bzw. $\Delta s \leq 4,7 \text{ cm}$ gerechnet werden muss. Aufgrund der sehr gleichmäßigen Baugrundverhältnisse wird die maximal zulässige Schiefstellung infolge Baugrundsetzung von $\Delta s \leq 87,6 \text{ mm}$ bzw. $80,4 \text{ mm}$ in 20 Jahren nicht überschritten werden.

Einzelheiten der Berechnungen sind den Anlagen 4.1 + 4.2 zu entnehmen.

Die laut Statik einzuhaltenen Mindestdrehfedersteifigkeiten betragen $k_{\varphi, \text{dyn}} = 210.000 \text{ MNm/rad}$ (NH 166 m) und $k_{\varphi, \text{dyn}} = 160.000 \text{ MNm/rad}$ (NH 120 m). Unter Berücksichtigung der für die mitteldichten Sande anzusetzenden Querdehnzahl von $\nu = 0,35$ und Fundamentradien von $r = 14,60 \text{ m}$ und $r = 13,40 \text{ m}$ wird gemäß nachfolgender Formel das erforderliche Steifemodul ermittelt:

$$E_{s, \text{dyn}} = k_{\varphi, \text{dyn}} * \frac{3}{4} * \frac{1}{r^3} * \frac{(1 + \nu) * (1 - \nu)^2}{1 - \nu - 2 * \nu^2}$$

NH 166

$$E_{s, \text{dyn}} = 210.000 * \frac{3}{4} * \frac{1}{14,60^3} * 1,408$$

$$E_{s, \text{dyn}} = 210.000 * 0,75 * 3,21 * 10^{-4} * 1,408$$

$$E_{s, \text{dyn}} = 71,3 \text{ MN/m}^2 < \text{vorh. } E_{s, \text{dyn}} = 200,0 \text{ MN/m}^2$$

NH120

$$Es, dyn = 160.000 * \frac{3}{4} * \frac{1}{13,40^3} * 1,408$$

$$Es, dyn = 160.000 * 0,75 * 4,16 * 10^{-4} * 14,08$$

$$Es, dyn = 70,2MN/m^2 < vorh. Es, dyn = 200,0MN/m^2$$

Der Nachweis der Drehfedersteifigkeiten für alle Baugrundsichten ist dem Gutachten als Anlage 5.1 + 5.2 beigelegt.

Die Berechnungen haben ergeben, dass die gemäß Typenprüfung erforderlichen Drehfedersteifigkeiten eingehalten und die maximal zulässigen Setzungsdifferenzen nicht überschritten werden. Auch die vorhandenen Bodenpressungen können problemlos vom Baugrund aufgenommen werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass für die endgültige Gründungsbeurteilung an jedem Standort weitere Baugrundaufschlüsse (Spitzendrucksondierungen, Kleinbohrungen) sowie Laborversuche erforderlich sind.

3.2 WEA 1 + 5

An den Standorten WEA 1 + WEA 5 kann basierend auf den Baugrundaufschlüssen WEA 5: BS 1 / DPH 1 sowie der Lage dieser Standorte in der Nähe der Bäche die Einlagerung von organischen Böden (Torfe / Torfmudden) in die Sande in unterschiedlichen Tiefen und Mächtigkeiten nicht ausgeschlossen werden. Diese Böden müssen als gering tragfähig und sehr setzungsempfindlich eingestuft werden. Da durch diese Böden die geforderten dynamischen und statischen Mindestdrehfedersteifigkeiten weit unterschritten werden -Berechnungen hierzu sind als Anlagen 6.1 + 6.2 beigelegt-, müssen aus geotechnischer Sicht zusätzliche Maßnahmen getroffen werden. Aus geotechnischer Sicht wird im vorliegenden Fall empfohlen, diese Anlagen auf Pfählen tiefzugründen, und zwar sollten hierfür die in den Fundamentdatenblättern für Tiefgründungen vorgesehenen Ortbeton- und Stahlbetonfertigteiltramppfähle eingeplant werden. Zur Tragfähigkeit dieser Pfähle kann nach Vorlage der Ergebnisse der Spitzendrucksondierungen in dem abschließenden Baugrundgutachten Stellung genommen werden.



Es wird darauf hingewiesen, dass die abschließende Gründungsbeurteilung erst nach Durchführung weiterer Baugrundaufschlüsse [Spitzendrucksondierungen, Kleinbohrungen sowie ggf. Trockenbohrungen zur Entnahme ungestörter Bodenproben] sowie von Laborversuchen vorgelegt werden kann.

4 Technische Hinweise zur Fundamentherstellung

4.1 Baugrubendurchführung

Nicht verbaute Baugruben mit senkrechten Wänden sind nach DIN 4124 nur bis zu einer Tiefe von 1,25 m zulässig. Tiefere Baugruben müssen geböscht oder abgestützt werden. Die Neigung der Böschung darf ohne weitere Nachweise in den erkundeten Sanden 45° und in den erkundeten, wenigstens steifplastischen bindigen Böden 60 ° nicht überschreiten.

Unter Berücksichtigung des erkundeten Baugrundaufbaus, der Grundwasserstände und der Gründungstiefe der Fundamente ($t = 1,55 \text{ m}$ und $2,30 \text{ m}$ unter GOK) muss für die Baugrubendurchführung an allen Standorten eine geschlossene Wasserhaltung (Kleinfilterbrunnen, eingefräste Horizontalbrunnen, Vakuumpumpen) eingeplant werden, um das erkundete Grundwasser bis unter die Baugrubensohlen absenken zu können. Die endgültige Entscheidung hierzu muss vor Beginn der Erdarbeiten auf der Grundlage zusätzlicher Kleinbohrungen getroffen werden.

4.2 Bodenaustausch

Ggf. in den Aushubsohlen bzw. in gründungsrelevanten Tiefen unterhalb der Gründungsohlen anstehende Geschiebeböden in maximal steifplastischer Konsistenz sowie die z.T. erkundeten organischen Böden müssen ausgehoben und durch Kiessande/Mineralgemische, die hoch verdichtet werden müssen, ersetzt werden.



Das einzubringende Material sollte im Körnungsbereich von 0 - 8/16 mm liegen (Schluffanteile $\leq 5\%$) und einen Ungleichförmigkeitsgrad von $U > 3$ haben. Ggf. können hierfür auch geeignete Sande des Aushubs verwendet werden.

Die rolligen Böden müssen in Lagen von maximal 30 cm im Trockenen eingebracht und eine dichte Lagerung gebracht werden. Die erforderliche Verdichtung kann durch wenigstens 4 - 5 Übergänge mit einer mittelschweren Vibrationsplatte erreicht werden.

Die Kiessande sind so einzubauen, dass von den Fundamentaußenkanten Lastabtragungen unter 45° in diesen verdichteten Böden möglich sind. Der verbleibende Bereich zwischen dieser theoretischen Lastabtragungslinie und der Böschung sollte ebenfalls mit Kiessand, der verdichtet werden muss, aufgefüllt werden. Alternativ hierzu kann auch Recyclingmaterial/Mineralgemisch in gleicher Körnung eingebaut werden.

Die endgültige Festlegung dieser Maßnahme muss durch den Baugrundsachverständigen nach Vorlage der standortbezogenen Baugrundaufschlüsse erfolgen.

4.3 Aufnahme des Frischbetongewichtes

Die geplanten Fundamente können aller Voraussicht nach in einem Abschnitt betoniert werden, da die erkundeten Böden in der Lage sind, die Last aus dem Betoneigengewicht aufzunehmen.

4.4 Bodenauflast

Der auf das Fundament als Auflast aufzubringende Boden muss gemäß [1] und [2] im Wesentlichen eine Wichte von $\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$ aufweisen. Da die beim Aushub der Fundamente anfallenden Mutterböden und Sande diese Wichte unterschreiten ($\gamma = 18,0 - 19,0 \text{ kN/m}^3$) können sie aus geotechnischer Sicht nicht als Bodenauflast verwendet werden. Darüber hinaus soll die Aufschüttung aus einem Schottermaterial bestehen, Der Überstand der Aufschüttung sollte von der Außenkante der Fundamente mind. 0,5 – 1,0 m betragen. Die anschließende Böschung sollte eine maximale Neigung von 45° aufweisen.

5 Zusammenfassung

Die durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, dass die geplanten Windenergieanlagen WEA 2 – 4 im Windpark Ostervesede ohne gravierende Zusatzmaßnahmen flach auf je einem kreisförmigen Einzelfundament gegründet werden können. Weitere Einzelheiten zur Gründung sind dem Abschnitt 3.1 des Gutachtens zu entnehmen.

Die Hinweise in Abschnitt 4 sind zu beachten.

Abweichend hiervon sollten aus geotechnischer Sicht für die Anlagen WEA 1 und WEA 5 aufgrund der vorliegenden Baugrundaufschlüsse WEA 5: BS 1 /DPH 1 eine Tiefgründung auf Stahlbeton- bzw. Ortbetonrammpfählen eingeplant werden.

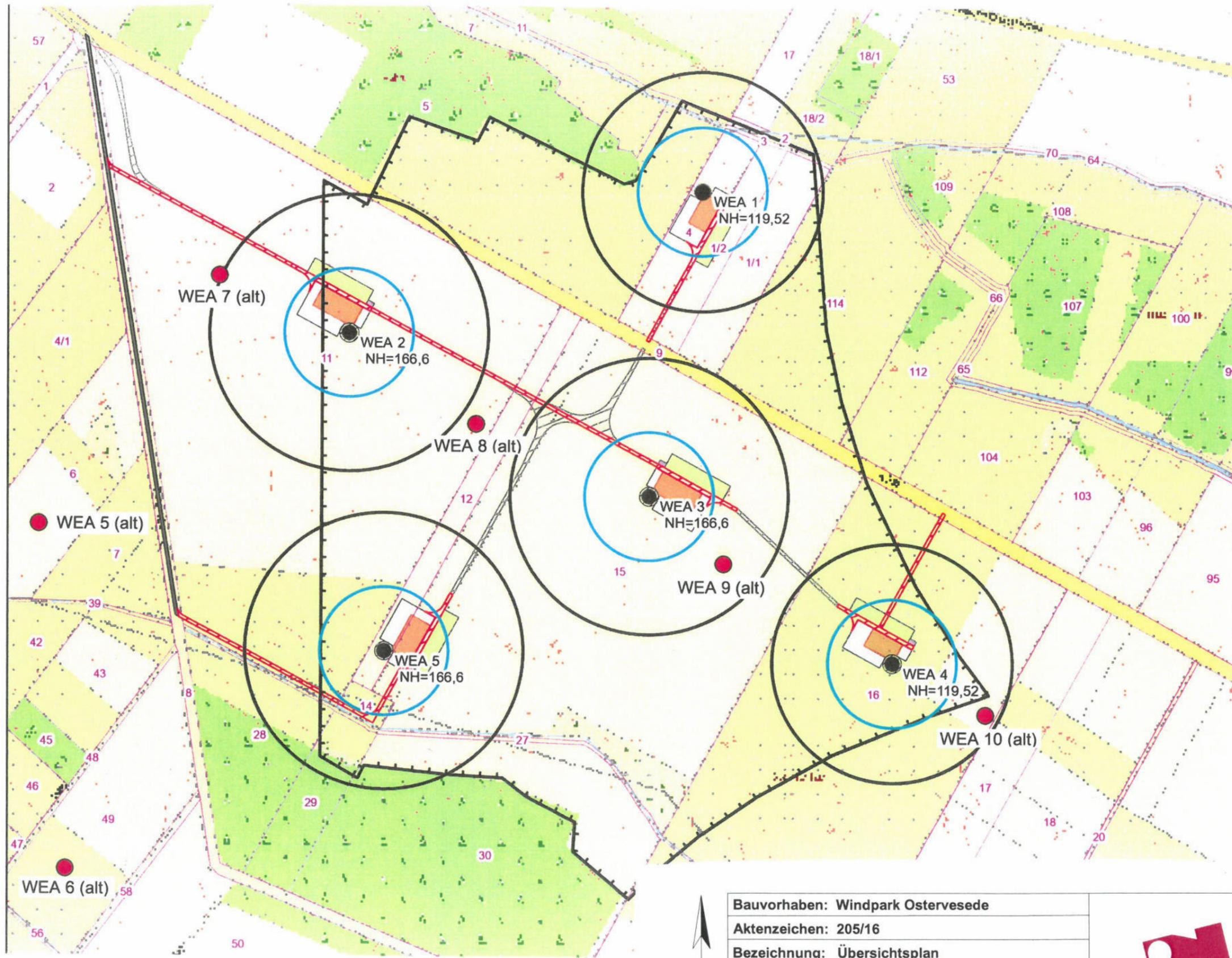
Abschließend muss noch einmal darauf hingewiesen werden, dass es sich bei dieser gutachterlichen Stellungnahme zur Gründung der Windkraftanlagen um eine vorläufige Baugrundbeurteilung handelt. Für die Erstellung des abschließenden geotechnischen Berichtes müssen an jedem Standort Spitzendrucksondierungen und Kleinbohrungen gemäß „Technische Spezifikation - Geotechnischer Entwurfsbericht“ der Fa. Enercon vom 02.06.2021 ausgeführt werden.

Für die Beantwortung eventuell noch auftretender Fragen stehen wir weiterhin gern zur Verfügung.

Dipl.-Ing. Peter Neumann
Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG



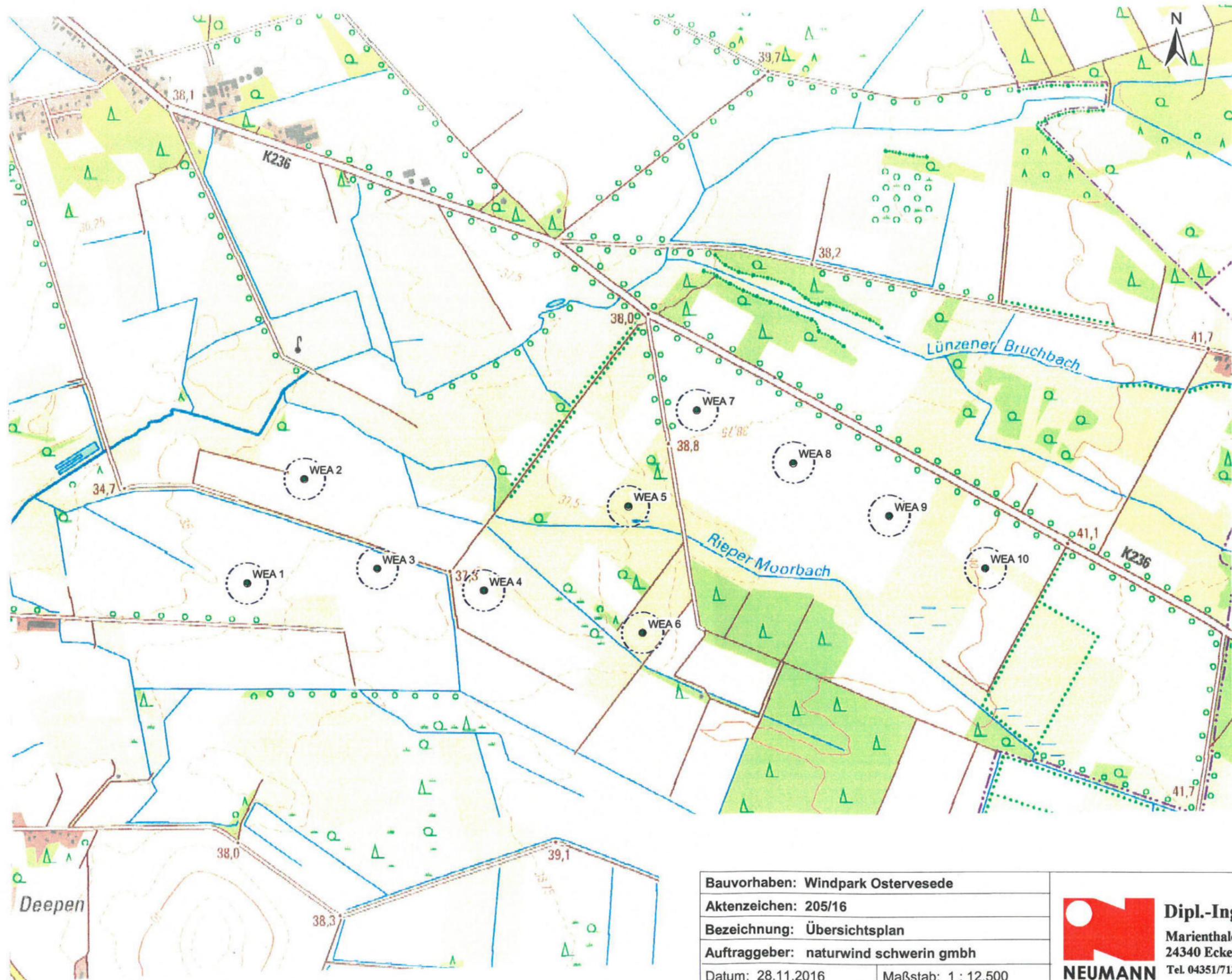
ppa. Wolfgang Tiedemann



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Übersichtsplan	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 26.11.2021	Maßstab: 1 : 5.000
gezeichnet: Claudia Thießen	Anlage 1



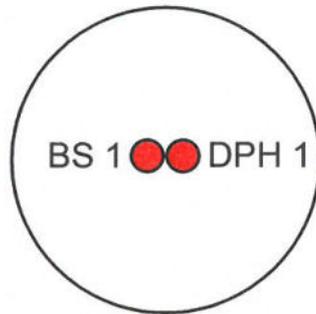
**NEUMANN
BAUGRUND**
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 (+49) 4351 / 7136 0
 neumann-baugrund.de



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Übersichtsplan	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 28.11.2016	Maßstab: 1 : 12.500
gezeichnet: Claudia Thießen	Anlage 1.1

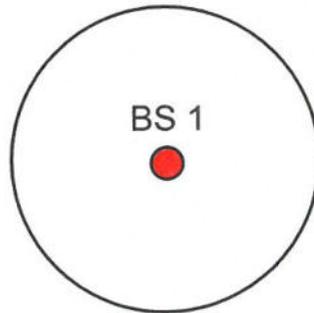

Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71
NEUMANN

WEA 1, 3 - 5, 7 - 10



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede		 Dipl.-Ing. P. Neumann Marienthaler Str. 6 24340 Eckernförde Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71
Aktenzeichen: 205/16		
Bezeichnung: Prinzipskizze		
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh		
Datum: 05.07.2016	Maßstab: ---	
gezeichnet: Claudia Thießen	Anlage: 1.2	

WEA 2 + 6

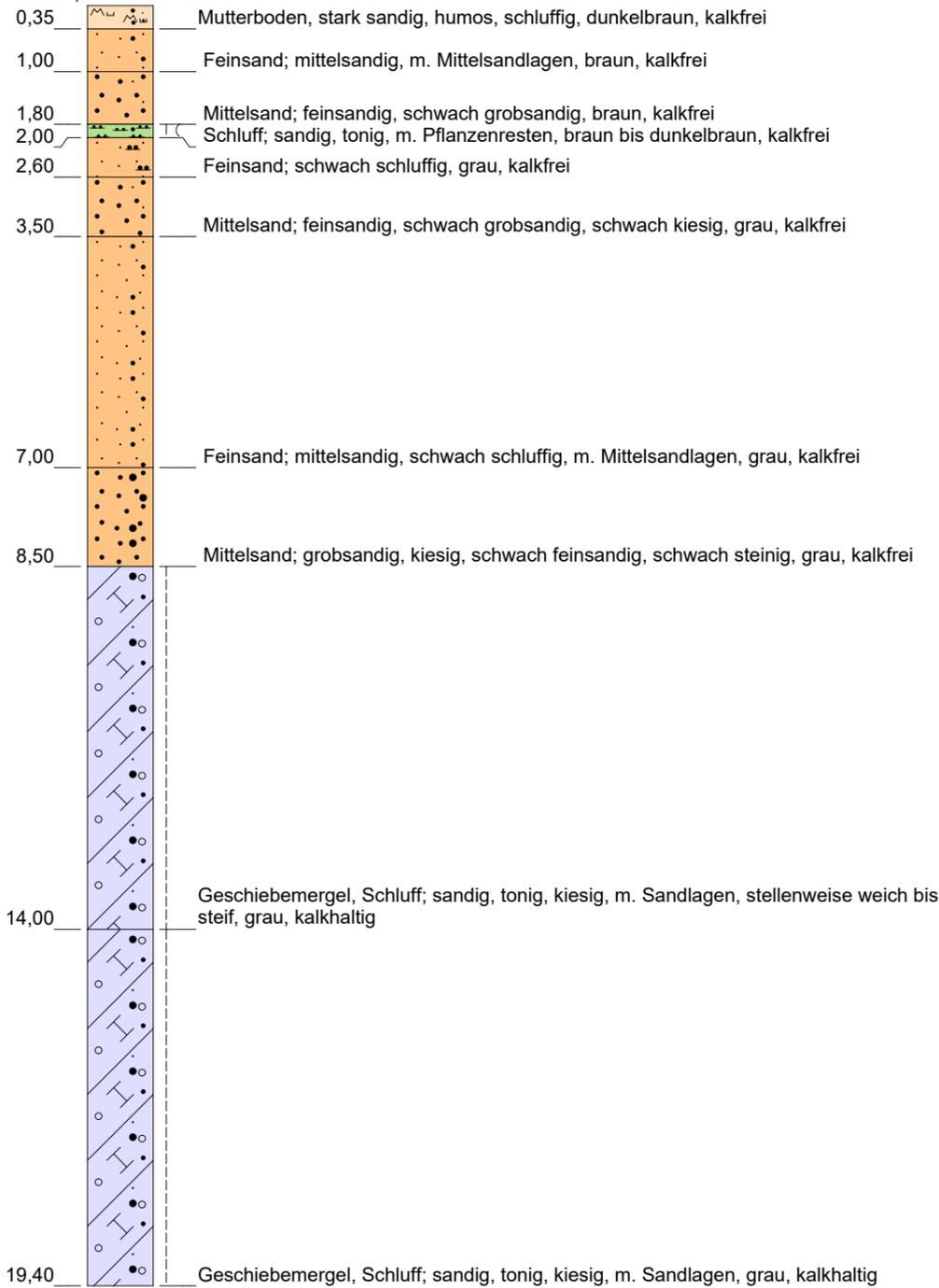


Bauvorhaben: Windpark Ostervesede		 Dipl.-Ing. P. Neumann Marienthaler Str. 6 24340 Eckernförde Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71
Aktenzeichen: 205/16		
Bezeichnung: Prinzipskizze		
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh		
Datum: 05.07.2016	Maßstab: ---	
gezeichnet: Claudia Thießen	Anlage: 1.3	

WEA 1: BS 1c

34,53 m NHN

▼ 0,70
▼ 0,70

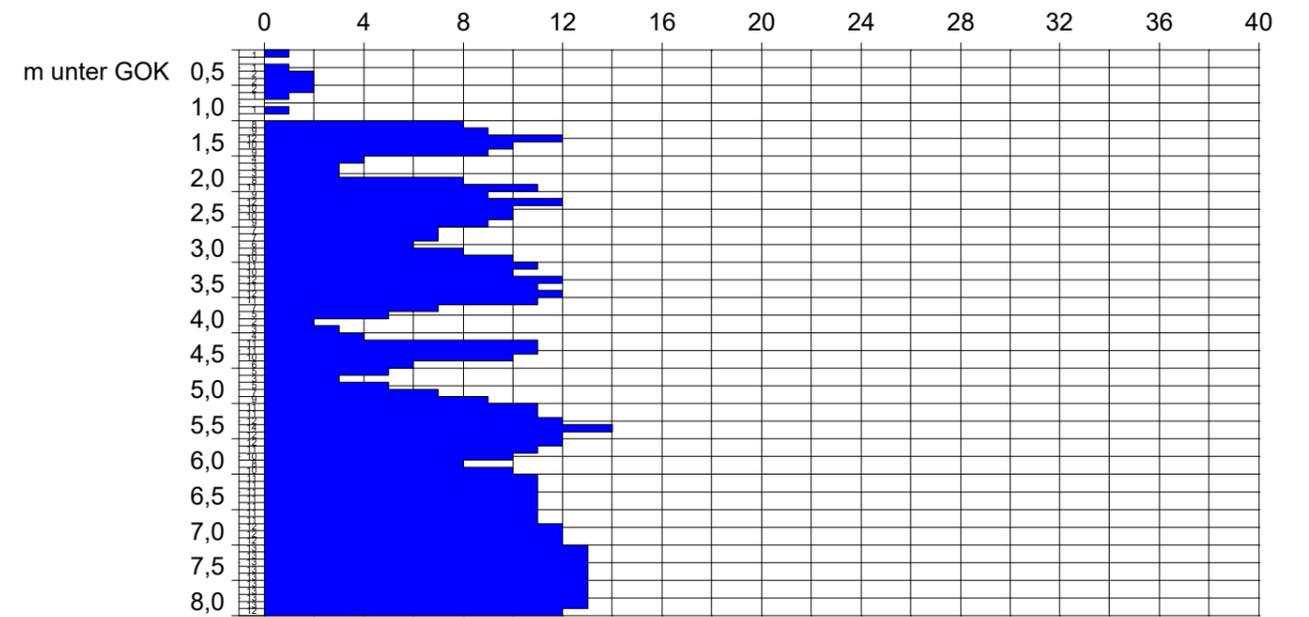


Sondierung abgebrochen!

WEA 1: DPH 1c

34,53 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede

Aktenzeichen: 205/16

Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm

Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh

Datum: 27.06.-05.07.2016 Maßstab: 1 : 100

gezeichnet: Ronja Nickel Anlage 2.1



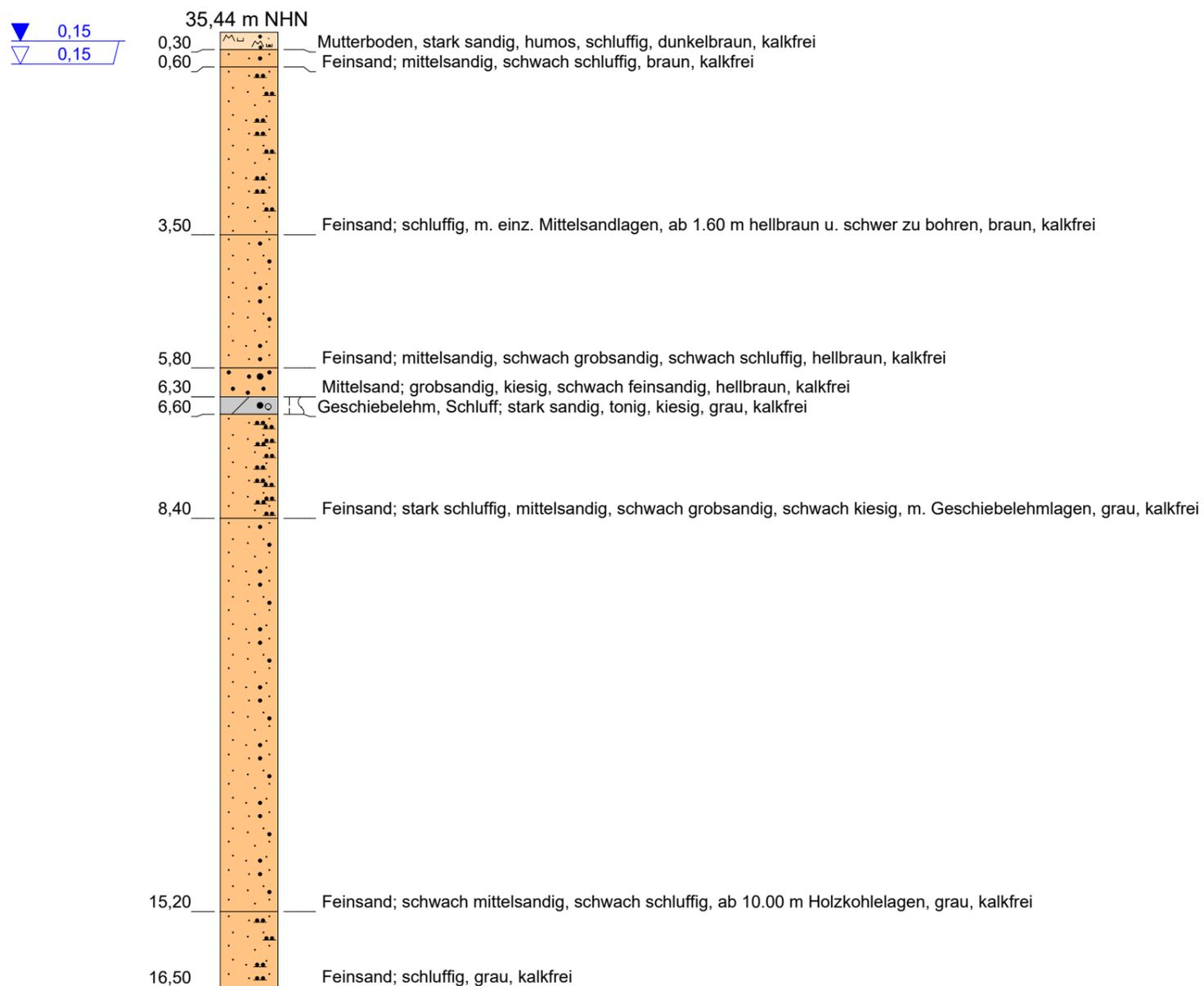
Dipl.-Ing. P. Neumann

Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde

NEUMANN

Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

WEA 2: BS 1



Sondierung abgebrochen!

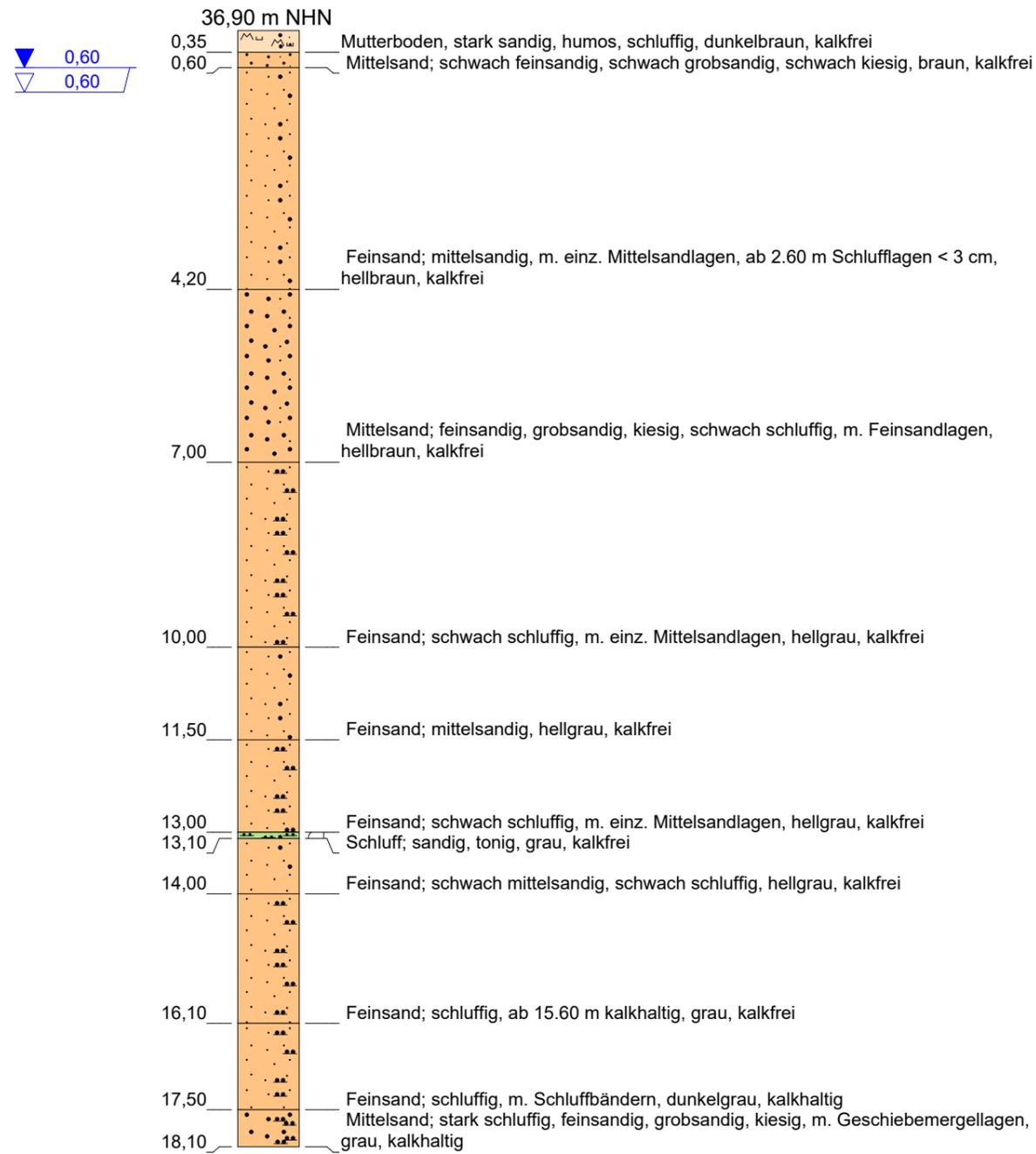
Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.2



Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

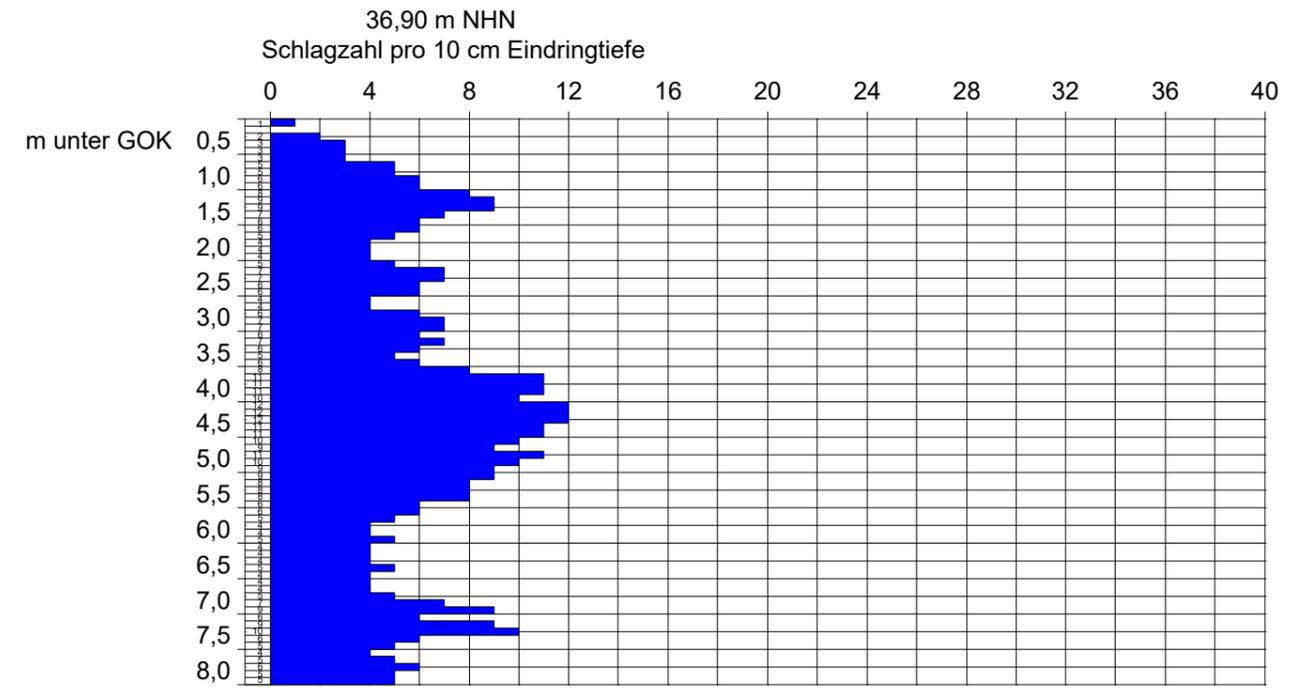
NEUMANN

WEA 3: BS 1



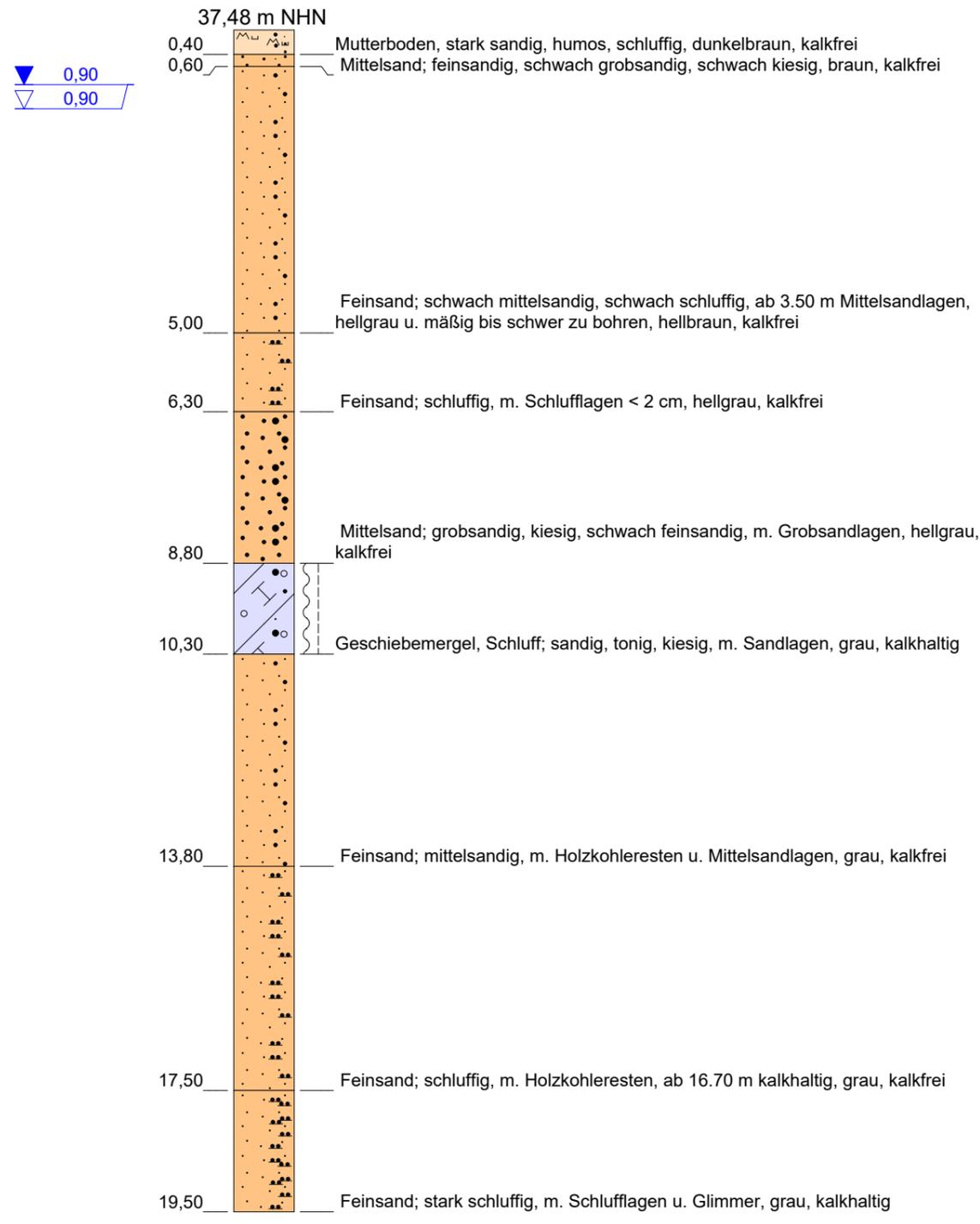
Sondierung abgebrochen!

WEA 3: DPH 1



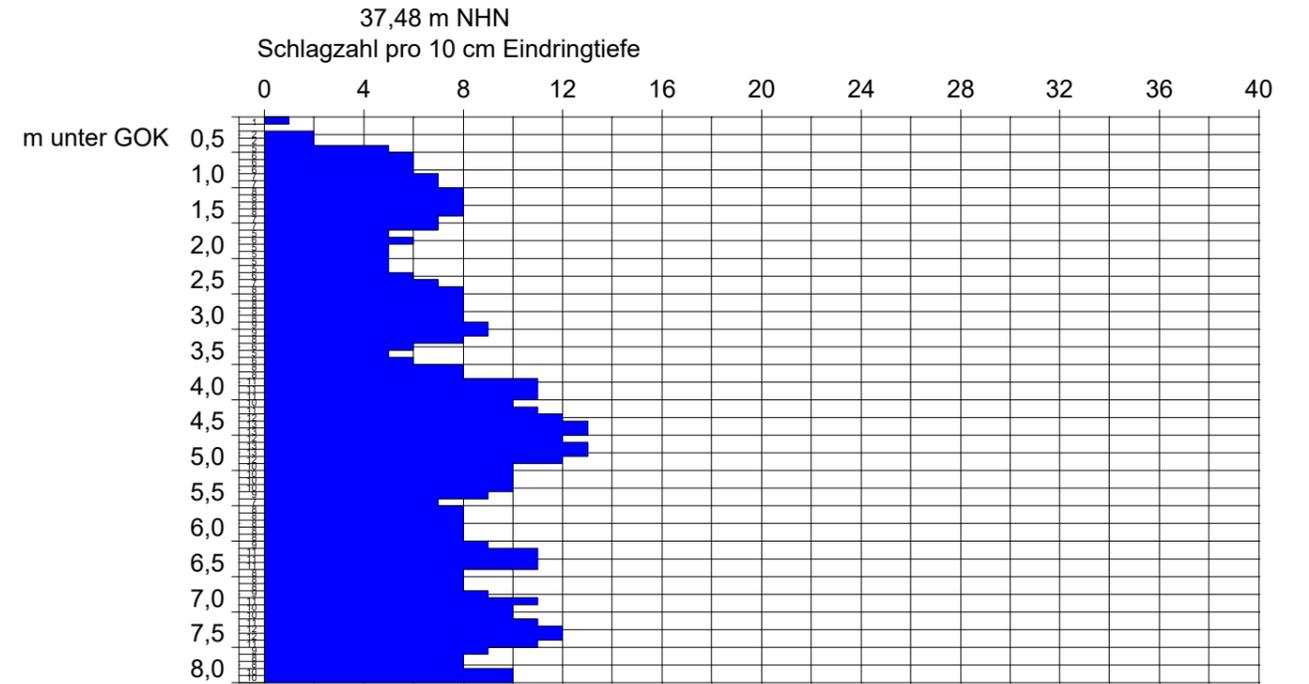
Bauvorhaben: Windpark Ostervesede		 Dipl.-Ing. P. Neumann Marienthaler Str. 6 24340 Eckernförde Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71
Aktenzeichen: 205/16		
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm		
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh		
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100	
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.3	

WEA 4: BS 1



Sondierung abgebrochen!

WEA 4: DPH 1

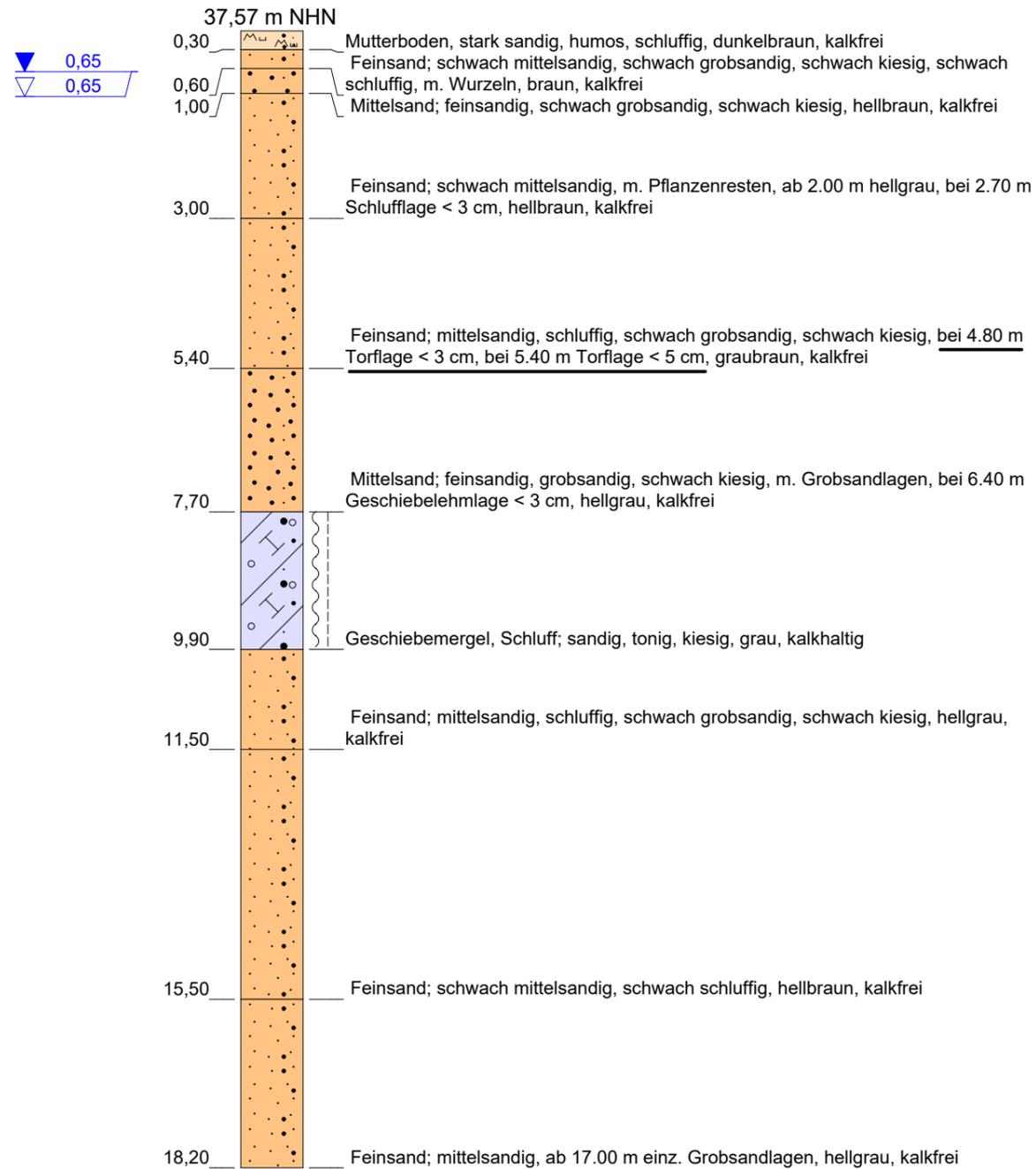


Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.4

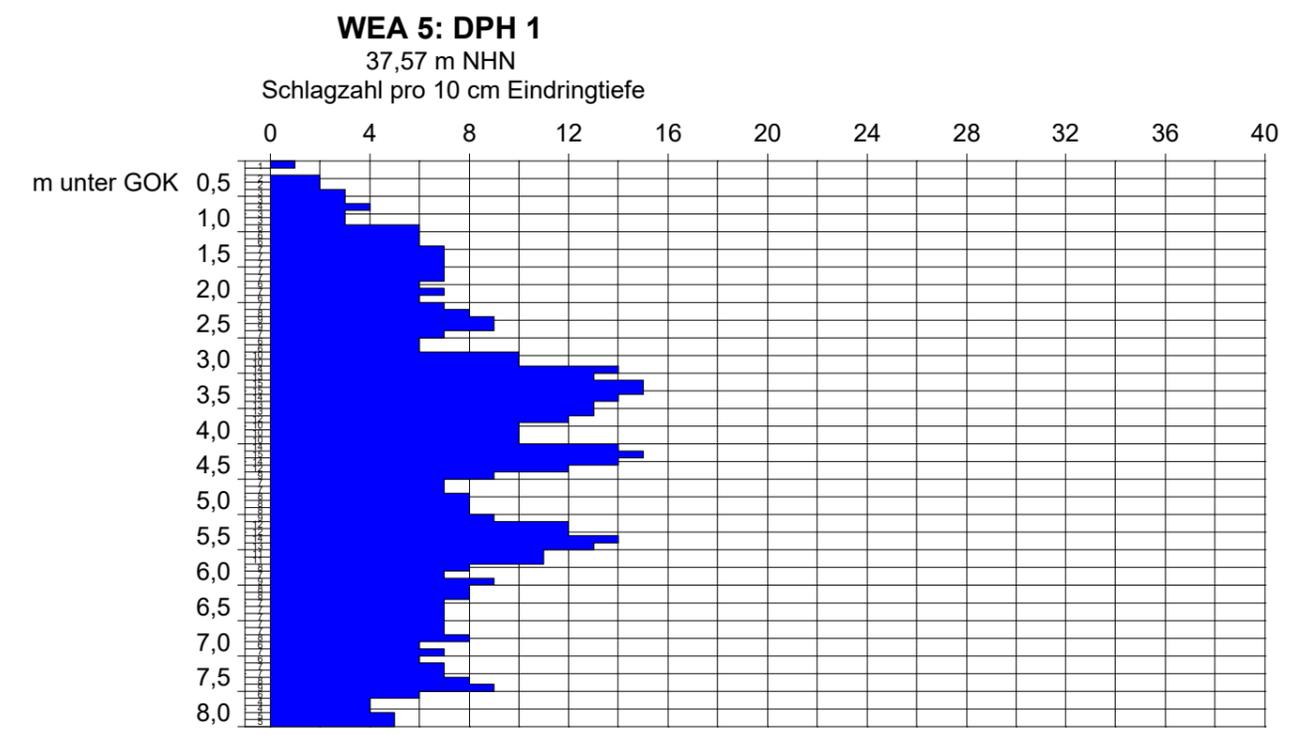
Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

NEUMANN

WEA 5: BS 1



Sondierung abgebrochen!

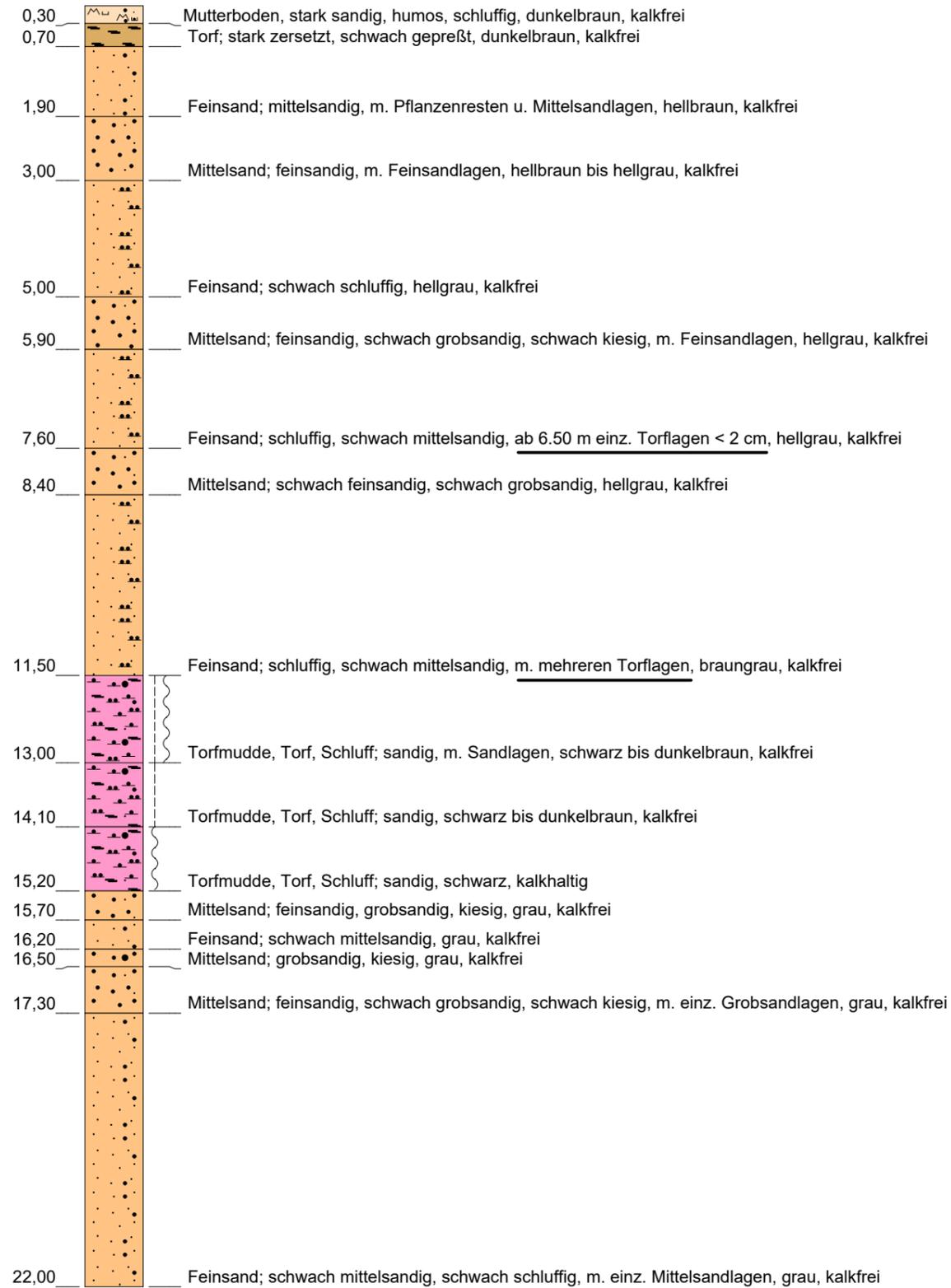


Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.5

Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71
NEUMANN

WEA 6: BS 1 37,71 m NHN

▼ 0,65
▽ 0,65

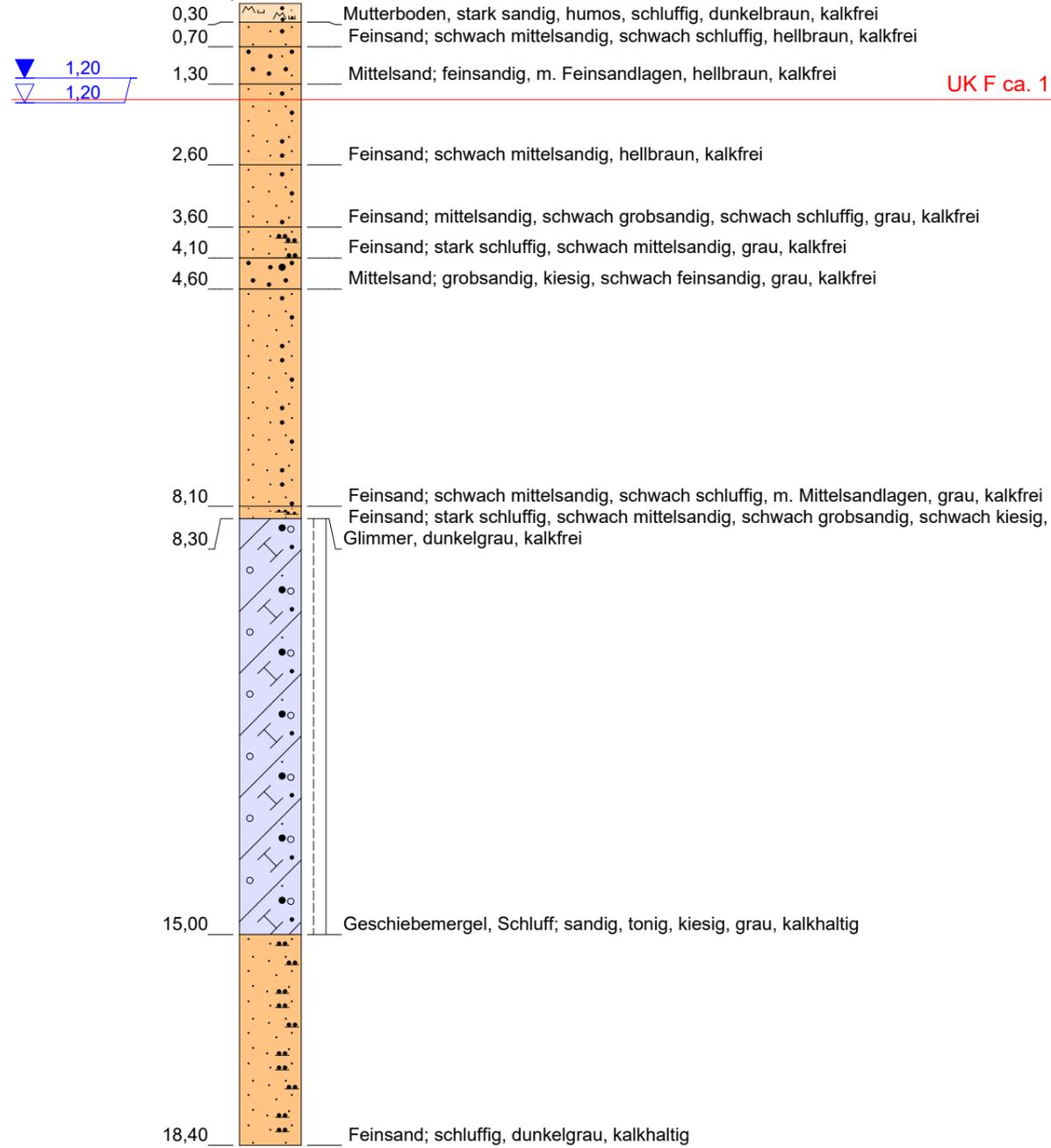


Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.6

 **Dipl.-Ing. P. Neumann**
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

WEA 7: BS 1

38,28 m NHN



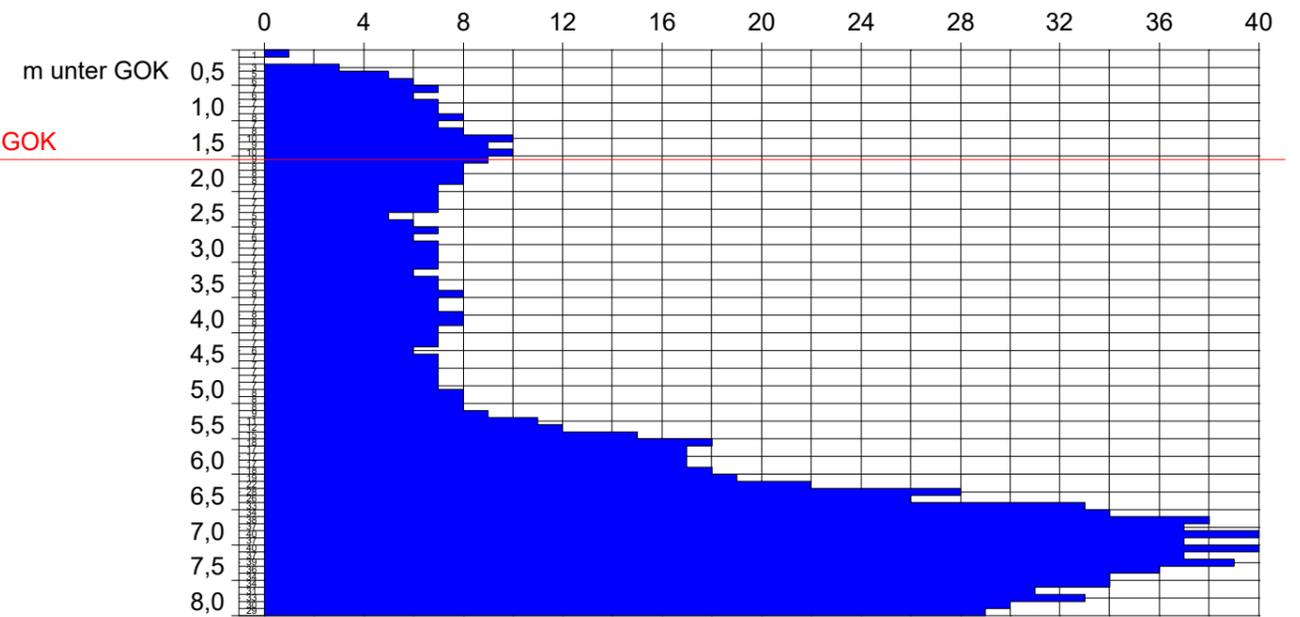
UK F ca. 1,55 m unter GOK

Sondierung abgebrochen!

WEA 7: DPH 1

38,28 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.7

Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

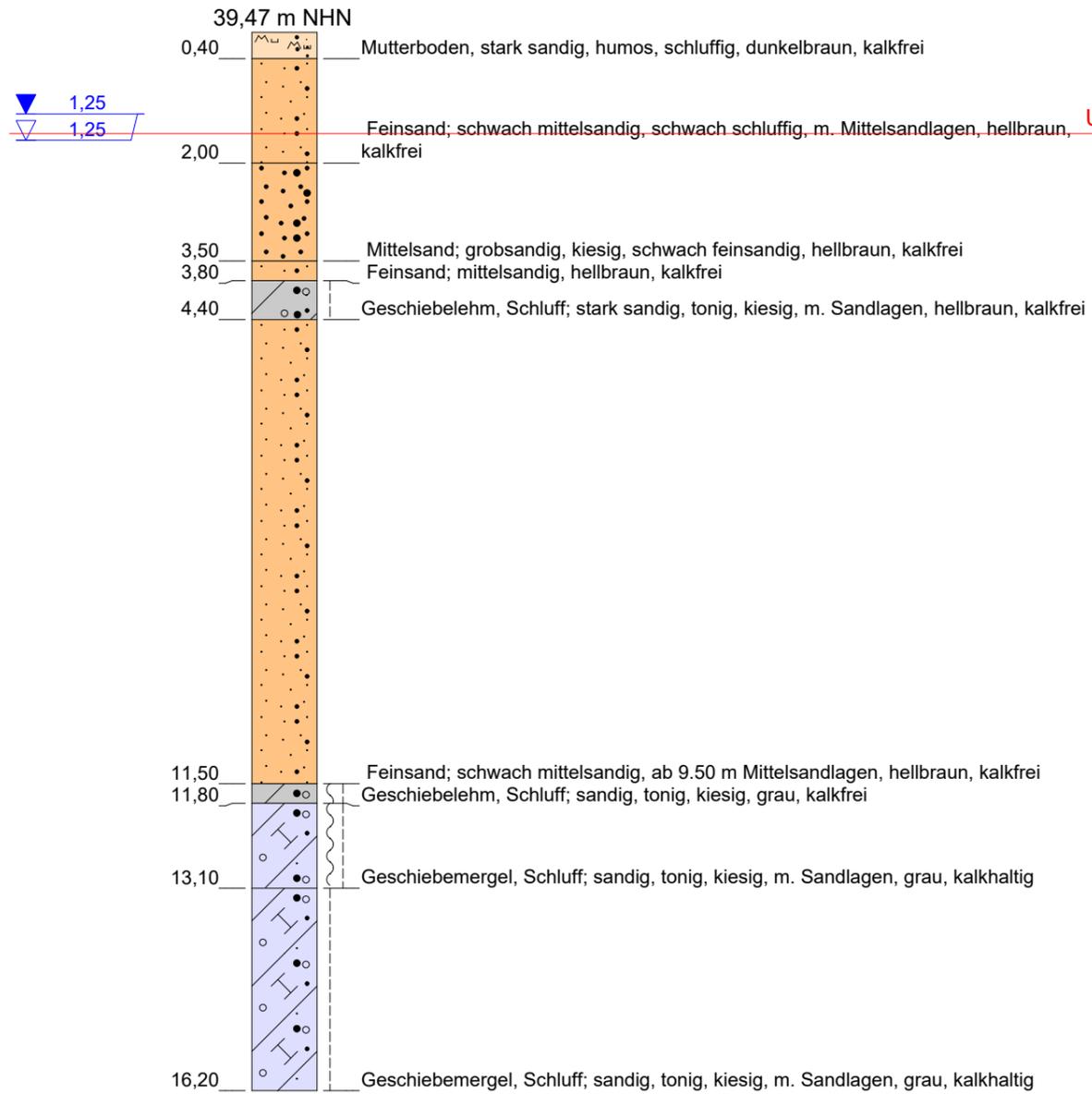
NEUMANN

WEA 8: BS 1

WEA 8: DPH 1

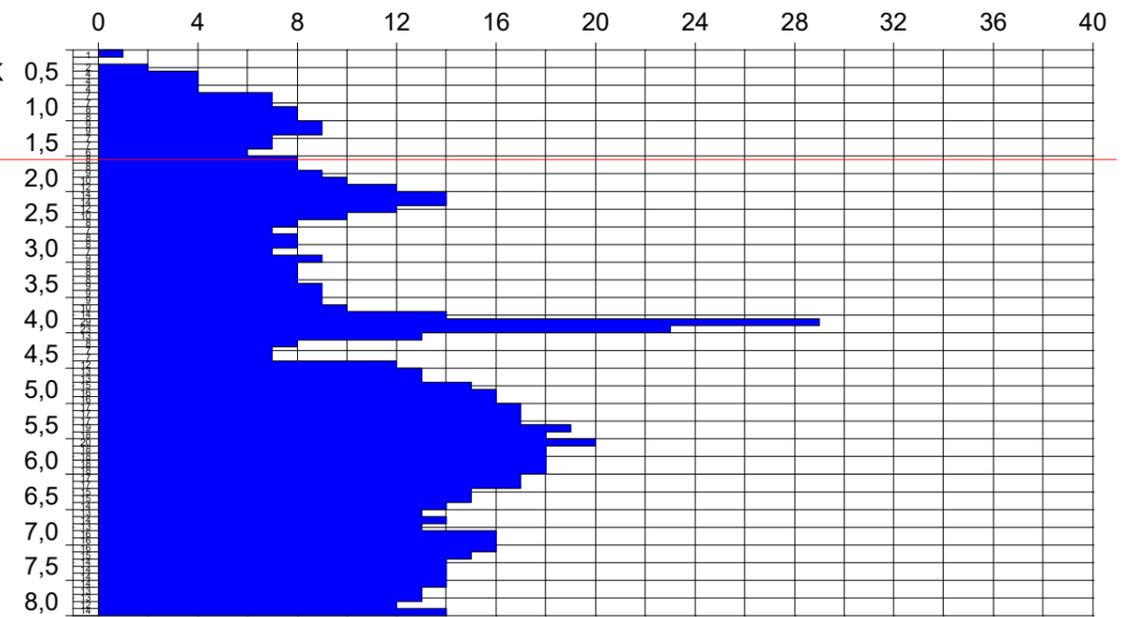
39,47 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



UK F ca. 1,55 m unter GOK

m unter GOK



Sondierung abgebrochen!

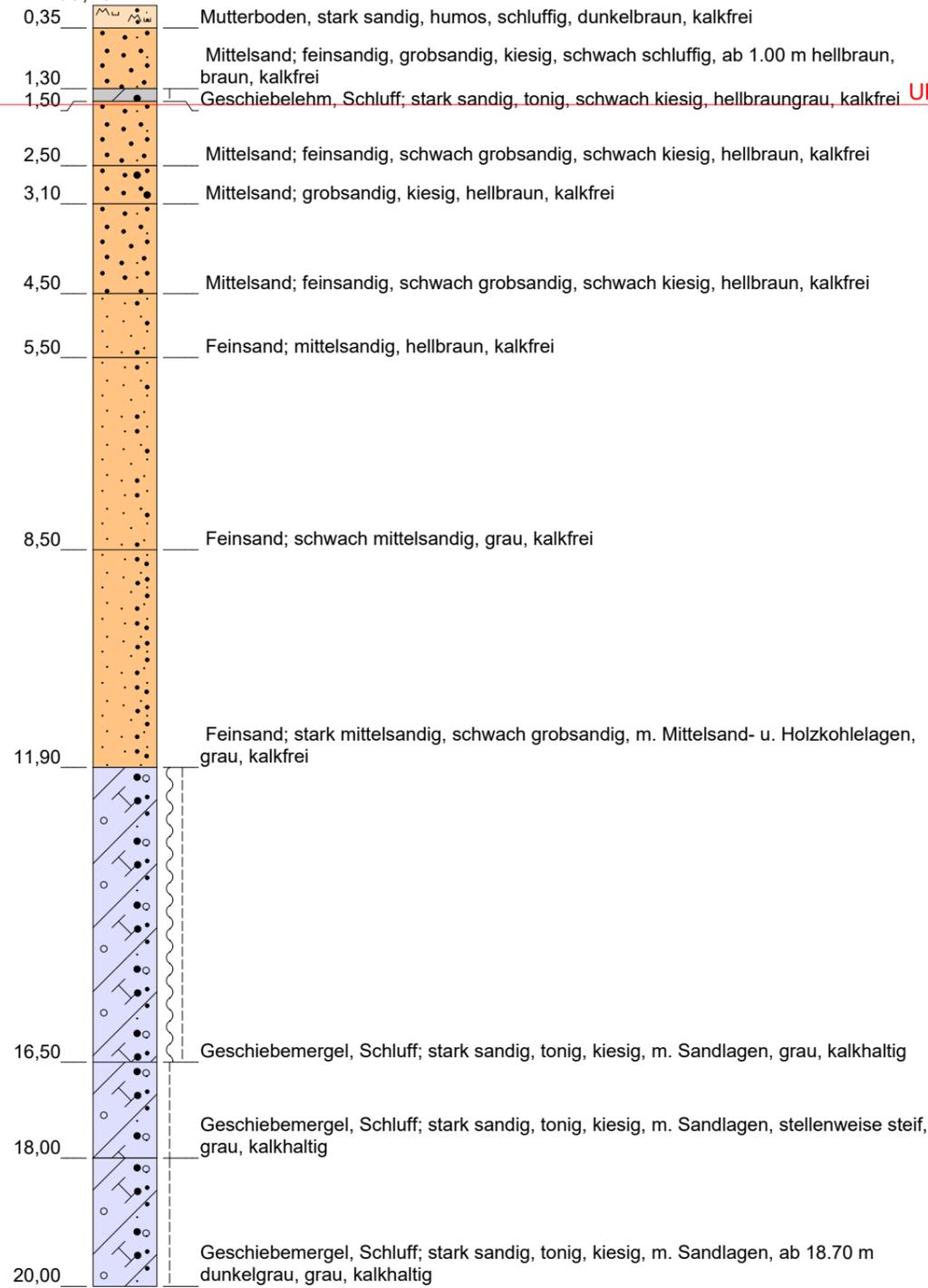
Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.8

NEUMANN  **Dipl.-Ing. P. Neumann**
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

WEA 9: BS 1

39,19 m NHN

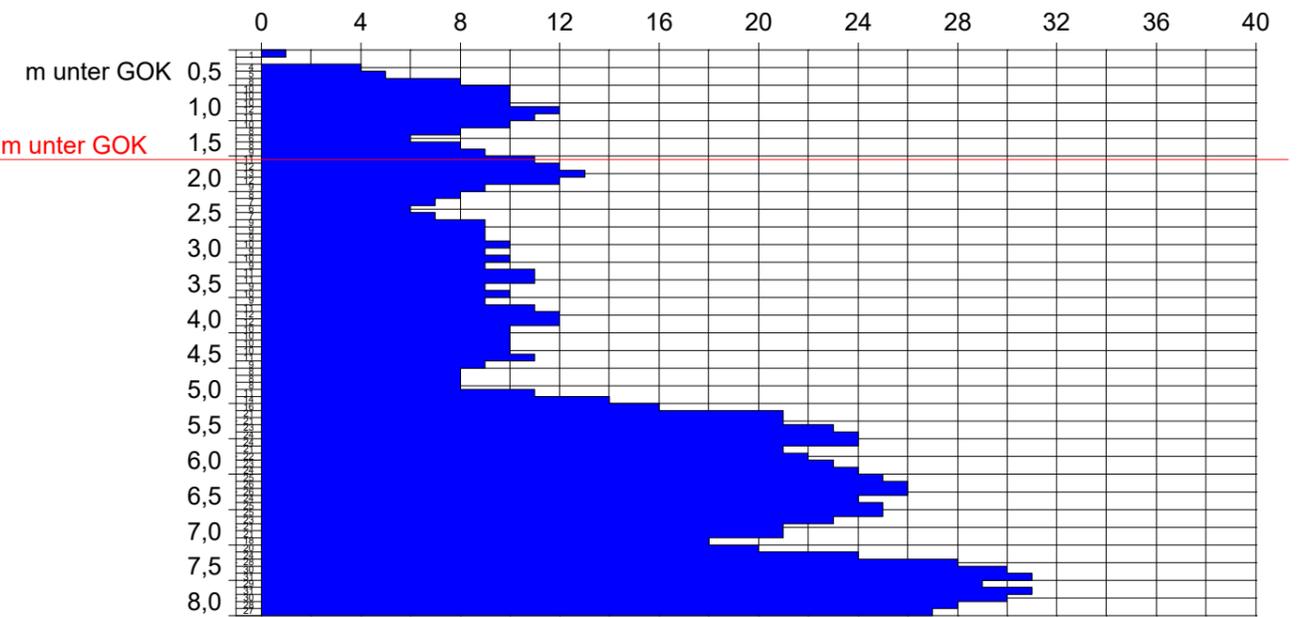
▼ 1,00
▽ 1,00



WEA 9: DPH 1

39,19 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



Bauvorhaben: Windpark Ostervesede

Aktenzeichen: 205/16

Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm

Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh

Datum: 27.06.-05.07.2016 Maßstab: 1 : 100

gezeichnet: Ronja Nickel Anlage 2.9



Dipl.-Ing. P. Neumann

Marienthaler Str. 6
24340 Eckernförde

NEUMANN

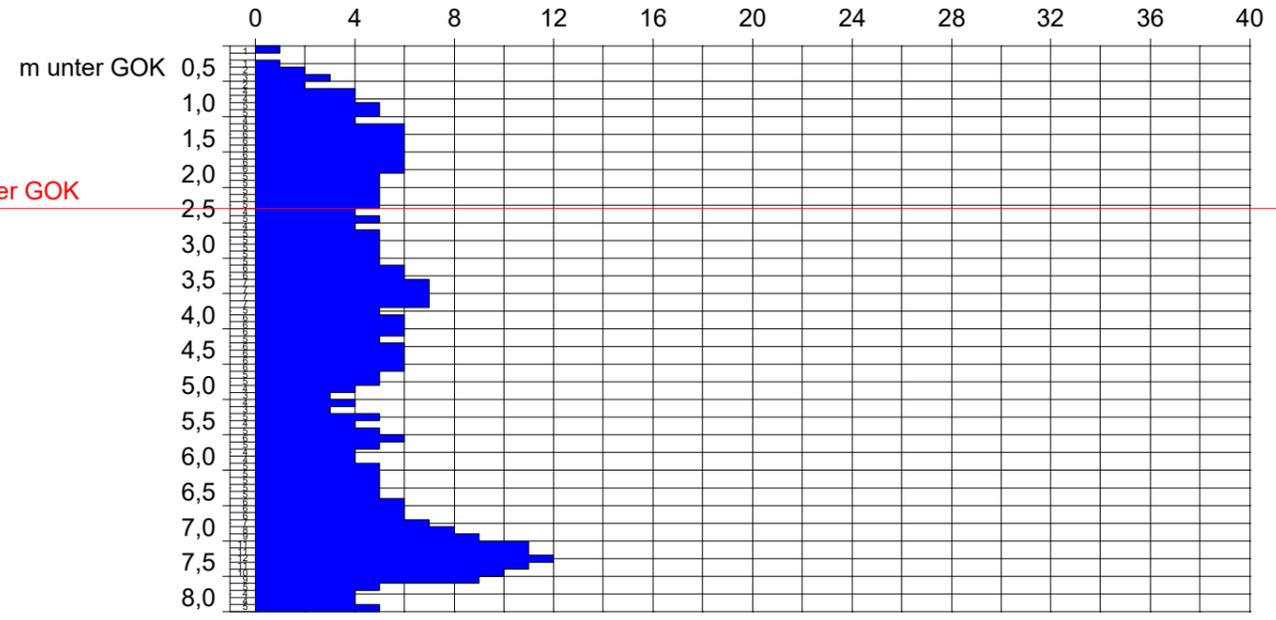
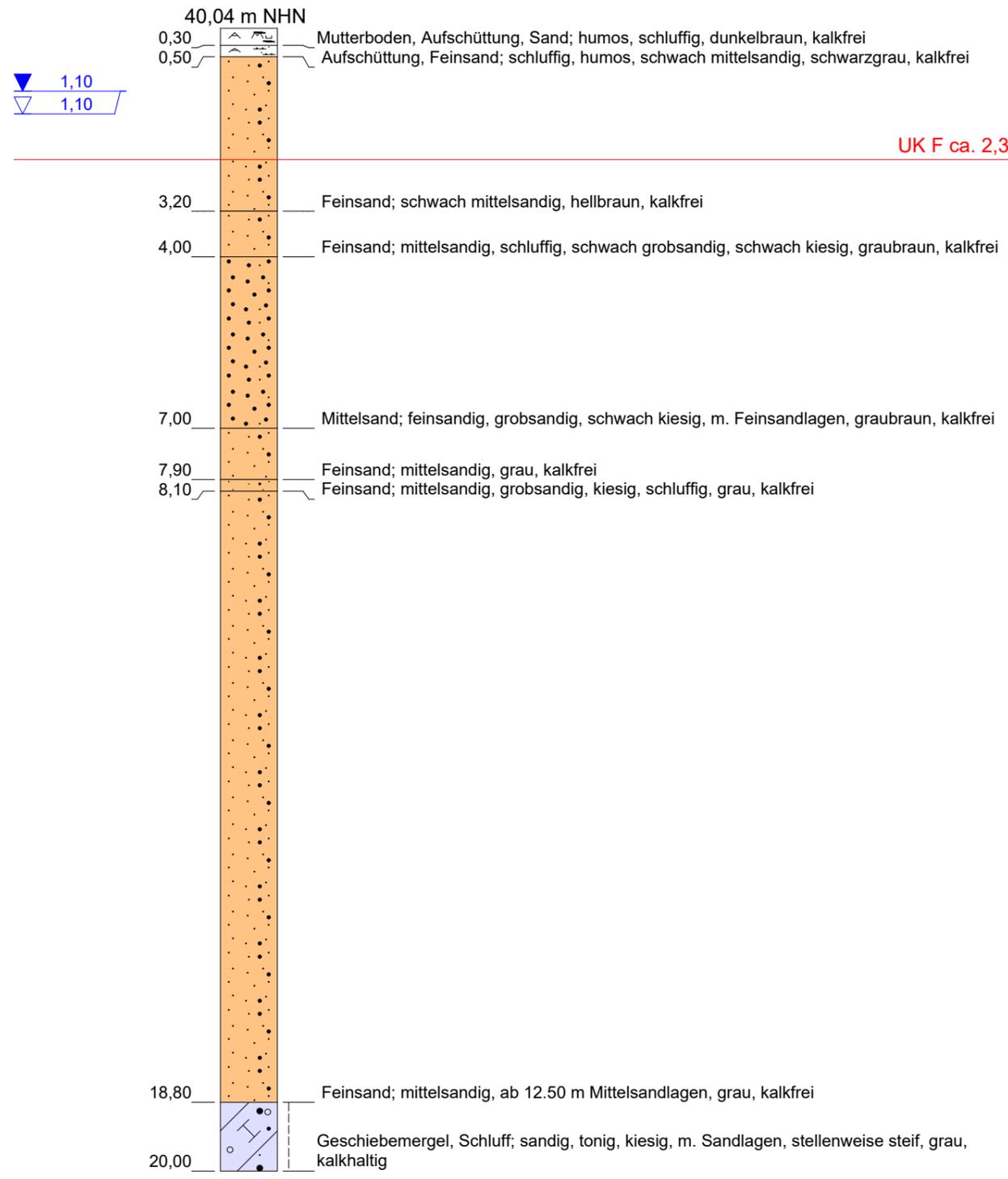
Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

WEA 10: BS 1

WEA 10: DPH 1

40,04 m NHN

Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe



UK F ca. 2,30 m unter GOK

Bauvorhaben: Windpark Ostervesede	
Aktenzeichen: 205/16	
Bezeichnung: Sondierprofil / DPH-Diagramm	
Auftraggeber: naturwind schwerin gmbh	
Datum: 27.06.-05.07.2016	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage 2.10



Dipl.-Ing. P. Neumann
 Marienthaler Str. 6
 24340 Eckernförde
 Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

NEUMANN

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

Dipl.-Ing. Peter Neumann
Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG

Marienthaler Straße 6
24340 Eckernförde



Prüfbericht-Nr.: 2016P509777 / 1

Auftraggeber	Dipl.-Ing. Peter Neumann Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG
Eingangsdatum	05.07.2016
Projekt	WP Ostervesede
Material	Wasser
Kennzeichnung	siehe Tabelle
Auftrag	205/16
Verpackung	Glas- und PE-Flaschen
Probenmenge	ca. 1,75 L
Auftragsnummer	16506659
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	GBA
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Prüfbeginn / -ende	05.07.2016 - 12.07.2016
Methoden	siehe letzte Seite
Unteraufträge	
Bemerkung	
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 12.07.2016



i. A. Jan-Niklas Franzen
Projektbearbeitung

Anlage 3.1

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

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2016P509777 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2016P509777 / 1

WP Ostervesede

Auftrag		16506659	16506659	16506659	16506659
Probe-Nr.		001	002	003	004
Material		Wasser	Wasser	Wasser	Wasser
Probenbezeichnung		WEA 1 / BS1	WEA 2 / BS1	WEA 3 / BS1	WEA 4 / BS1
Probemenge		ca. 1,75 L	ca. 1,75 L	ca. 1,75 L	ca. 1,75 L
Probeneingang		05.07.2016	05.07.2016	05.07.2016	05.07.2016
Analysenergebnisse	Einheit				
Betonaggressivität					
pH-Wert		6,7	6,4	6,0	5,9
Geruch		unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	86	130	170	93
Gesamthärte	°dH	7,8	7,7	4,9	11
Härtehydrogencarbonat	°dH	4,0	5,4	1,3	0,79
Nichtcarbonathärte	°dH	3,9	2,3	3,7	10
Magnesium	mg/L	5,4	5,5	5,6	11
Ammonium	mg/L	0,82	0,42	2,0	1,0
Sulfat	mg/L	61	40	14	24
Chlorid	mg/L	37	15	9,3	63
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	69	49	58	46

Auftrag		16506659	16506659		16506659
Probe-Nr.		005	006		008
Material		Wasser	Wasser		Wasser
Probenbezeichnung		WEA 5 / BS1	WEA 6 / BS1		WEA 7 / BS1
Probemenge		ca. 1,75 L	ca. 1,75 L		ca. 1,75 L
Probeneingang		05.07.2016	05.07.2016		05.07.2016
Analysenergebnisse	Einheit				
Betonaggressivität					
pH-Wert		5,8	6,1		6,5
Geruch		unauffällig	unauffällig		unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	99	230		110
Gesamthärte	°dH	11	6,5		7,2
Härtehydrogencarbonat	°dH	0,58	4,1		4,0
Nichtcarbonathärte	°dH	11	2,4		3,2
Magnesium	mg/L	11	6,9		4,0
Ammonium	mg/L	1,2	0,99		0,31
Sulfat	mg/L	24	46		23
Chlorid	mg/L	64	38		16
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	40	110		28

Anlage 3.2

Prüfbericht-Nr. 2016P509777 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2016P509777 / 1

WP Ostervesede

Auftrag		16506659
Probe-Nr.		009
Material		Wasser
Probenbezeichnung		WEA 8 / BS1
Probemenge		ca. 1,75 L
Probeneingang		05.07.2016
Analyseergebnisse	Einheit	
Betonaggressivität		
pH-Wert		6,6
Geruch		unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	100
Gesamthärte	°dH	7,2
Härtehydrogencarbonat	°dH	4,1
Nichtcarbonathärte	°dH	3,2
Magnesium	mg/L	4,1
Ammonium	mg/L	0,33
Sulfat	mg/L	22
Chlorid	mg/L	16
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	28

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen

Parameter	Bestimmungs- grenze	Einheit	Methode
Betonaggressivität			DIN EN 16502
pH-Wert			DIN EN ISO 10523 ^a
Geruch			DEV-B1/2 ^a
Permanganat-Verbrauch	2,0	mg KMnO ₄ /L	DIN EN ISO 8467 ^a
Gesamthärte		°dH	DIN 38409-H6/ DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^a
Härtehydrogencarbonat		°dH	DIN 38 405-D8 ^a
Nichtcarbonathärte		°dH	berechnet
Magnesium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22) ^a
Ammonium	0,20	mg/L	DIN EN ISO 11732 (E23) ^a
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Kohlendioxid, kalklösend	5,0	mg/L	DIN 4030 (Heyer) ^a

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

Anlage 3.3

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 001

Probenbezeichnung: WEA 1 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,7		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	69	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,82	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,4	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	61	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	37	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,8	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,0	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	86	mg KMnO ₄ /L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.4

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

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 002

Probenbezeichnung: WEA 2 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,4		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	49	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,42	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,5	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	40	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	15	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,7	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	5,4	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	130	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.5

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

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 003

Probenbezeichnung: WEA 3 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,0		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	58	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	2,0	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,6	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	14	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	9,3	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	4,9	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	1,3	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	170	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.6

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

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 004

Probenbezeichnung: WEA 4 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,9		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	46	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	1,0	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	11	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	24	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	63	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	11	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,79	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	93	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.7

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 005

Probenbezeichnung: WEA 5 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,8		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	40	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	1,2	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	11	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	24	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	64	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	11	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,58	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	99	mg KMnO ₄ /L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

Anlage 3.8

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 006

Probenbezeichnung: WEA 6 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,1		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	110	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,99	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	6,9	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	46	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	38	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	6,5	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,1	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	230	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA3 einzustufen.

Anlage 3.9

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 008

Probenbezeichnung: WEA 7 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,5		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	28	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,31	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	4,0	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	23	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	16	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,2	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,0	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	110	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

Anlage 3.10

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

Anlage zu Prüfbericht 2016P509777

Probe-Nr.: 16506659 / 009

Probenbezeichnung: WEA 8 / BS1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,6		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	28	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,33	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	4,1	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	22	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	16	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	7,2	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	4,1	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	100	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

Anlage 3.11

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

Dipl.-Ing. Peter Neumann
Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG

Marienthaler Straße 6
24340 Eckernförde



Prüfbericht-Nr.: 2016P510440 / 1

Auftraggeber	Dipl.-Ing. Peter Neumann Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG
Eingangsdatum	15.07.2016
Projekt	WP Ostervesede
Material	Wasser
Kennzeichnung	siehe Tabelle
Auftrag	205/16
Verpackung	Glas- und PE-Flaschen
Probenmenge	ca. 1,75 L
Auftragsnummer	16507070
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	GBA
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Prüfbeginn / -ende	15.07.2016 - 25.07.2016
Methoden	siehe letzte Seite
Unteraufträge	
Bemerkung	
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 25.07.2016



I. A. Gesine Blinde
Projektbearbeitung

Anlage 3.12

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

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2016P510440 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2016P510440 / 1

WP Ostervesede

Auftrag		16507070	16507070
Probe-Nr.		001	002
Material		Wasser	Wasser
Probenbezeichnung		WEA 9 / BS 1	WEA 10 / BS 1
Probemenge		ca. 1,75 L	ca. 1,75 L
Probeneingang		15.07.2016	15.07.2016
Analysenergebnisse	Einheit		
Betonaggressivität			
pH-Wert		5,5	5,5
Geruch		unauffällig	unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	180	170
Gesamthärte	°dH	5,3	5,5
Härtehydrogencarbonat	°dH	0,91	0,84
Nichtcarbonathärte	°dH	4,3	4,6
Magnesium	mg/L	5,8	6,1
Ammonium	mg/L	0,59	0,60
Sulfat	mg/L	18	18
Chlorid	mg/L	28	28
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	61	58

Anlage 3.13

Prüfbericht-Nr.: 2016P510440 / 1

WP Ostervesede

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen

Parameter	Bestimmungs- grenze	Einheit	Methode
Betonaggressivität			DIN EN 16502
pH-Wert			DIN EN ISO 10523 ^a
Geruch			DEV-B1/2 ^a
Permanganat-Verbrauch	2,0	mg KMnO ₄ /L	DIN EN ISO 8467 ^a
Gesamthärte		°dH	DIN 38409-H6/ DIN EN ISO 17294-2 (E29) ^a
Härtehydrogencarbonat		°dH	DIN 38 405-D8 ^a
Nichtcarbonathärte		°dH	berechnet
Magnesium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22) ^a
Ammonium	0,20	mg/L	DIN EN ISO 11732 (E23) ^a
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1/-2 (D19/20) ^a
Kohlendioxid, kalklösend	5,0	mg/L	DIN 4030 (Heyer) ^a

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

Anlage 3.14

Anlage zu Prüfbericht 2016P510440

Probe-Nr.: 16507070 / 001

Probenbezeichnung: WEA 9 / BS 1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,5		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	61	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,59	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,8	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	18	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	28	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	5,3	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,91	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	180	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.15

Anlage zu Prüfbericht 2016P510440

Probe-Nr.: 16507070 / 002

Probenbezeichnung: WEA 10 / BS 1

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

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,5		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	58	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,60	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	6,1	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	18	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	28	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	5,5	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,84	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	170	mg KMnO ₄ /L	---	---	---

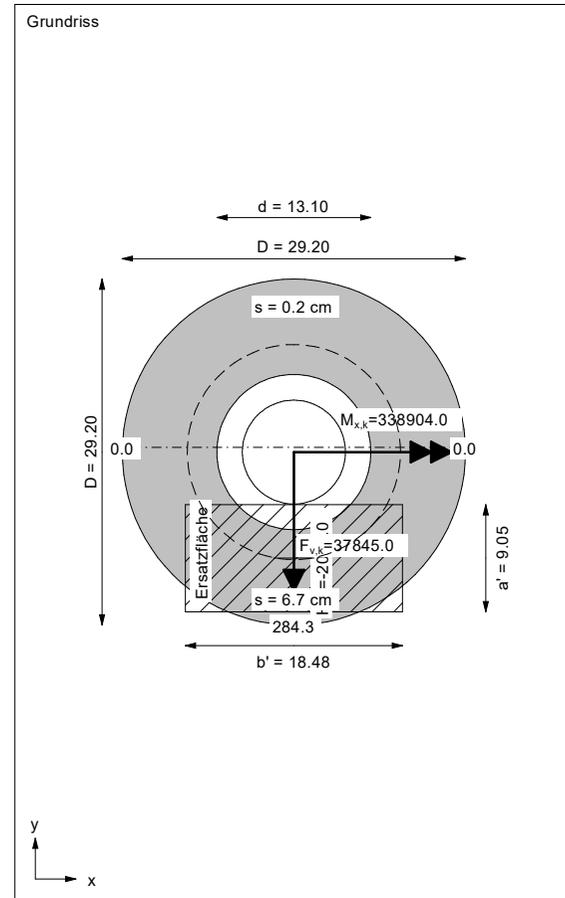
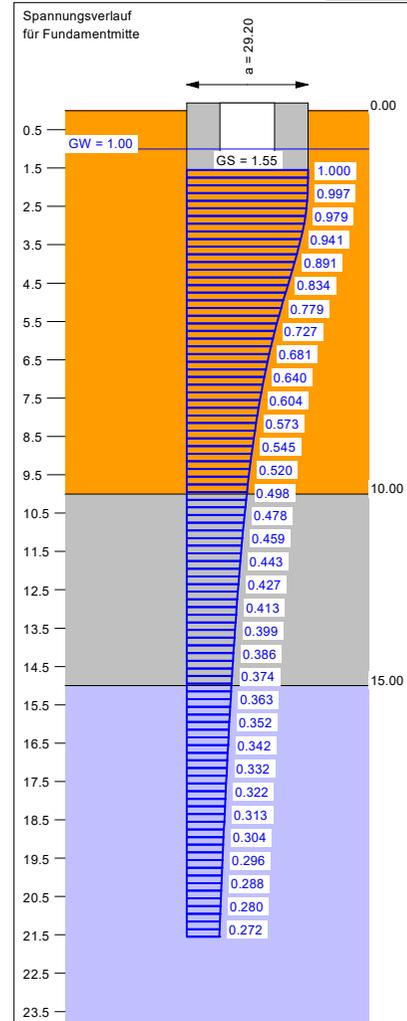
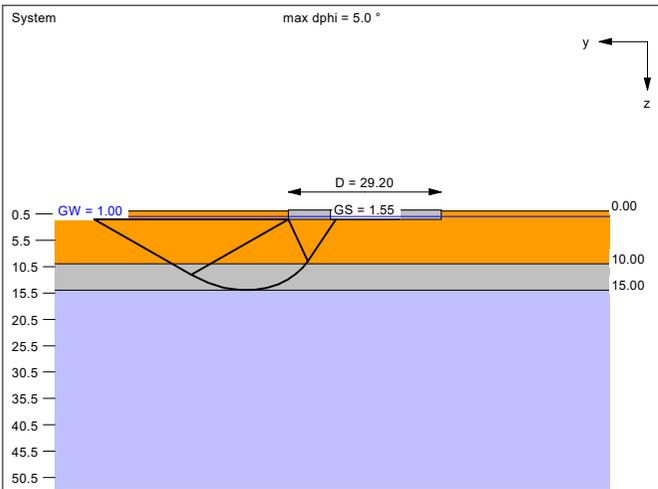
Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

Anlage 3.16

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand, mitteldicht
	21.0	11.0	26.5	8.5	12.0	0.00	Geschiebemergel, w-stf
	22.0	12.0	27.5	12.5	35.0	0.00	Geschiebemergel, steif

Berechnungsgrundlagen:
 Kreisringfundament E-160 NH 166m
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_O = 1.50$
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$

$\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{O,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 1.55 m
 Grundwasser = 1.00 m
 Grenztiefe mit festem Wert von 20.00 m u. GS
 ——— 1. Kernweite
 - - - - 2. Kernweite



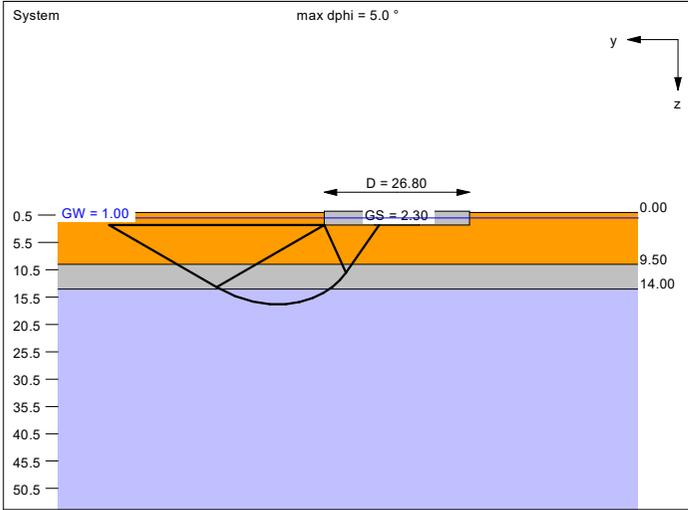
Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 37845.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / -2049.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 338904.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser $D = 29.200$ m
 Durchmesser (innen) $d = 13.100$ m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 4.385 m)
 $a' = 24.830$ m
 $b' = 24.830$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -8.955$ m
 Resultierende im 2. Kern (= 9.071 m)
 $a' = 9.048$ m
 $b' = 18.482$ m
 Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{Of,k} / \sigma_{Of,d} = 1589.3 / 1135.18$ kN/m²
 $R_{n,k} = 265751.89$ kN
 $R_{n,d} = 189822.78$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 37845.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN

$V_d = 51090.75$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.269
 $\text{cal } \varphi = 30.9^\circ$
 $\text{cal } c = 4.30$ kN/m²
 $\text{cal } \gamma_2 = 11.00$ kN/m³
 $\text{cal } \sigma_{\varphi} = 25.05$ kN/m²
 UK log. Spirale = 14.94 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 55.38 m
 Fläche log. Spirale = 388.29 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 32.38$; $N_{d0} = 20.37$; $N_{b0} = 11.59$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.264$; $v_d = 1.251$; $v_b = 0.853$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.907$; $i_d = 0.911$; $i_b = 0.862$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 21.55$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 3.44 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.22 cm
 unten = 6.65 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 383.7
 Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 37845.0 \cdot 29.20 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 497283.3$
 $M_{dst} = 338904.0 \cdot 1.50 = 508356.0$
 $\mu_{EQU} = 508356.0 / 497283.3 = 1.022$

Bauvorhaben: WP Ostervesede
 Aktenzeichen: 205/16 Rev.04
 Auftraggeber: Naturwind Schwerin GmbH
 Anlage: 4.1

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand, mitteldicht
	21.0	11.0	26.5	8.5	12.0	0.00	Geschiebbemergel, w-stf
	22.0	12.0	27.5	12.5	35.0	0.00	Geschiebbemergel, steif



Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 27595.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / -1688.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 202237.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 26.800 m
 Durchmesser (innen) d = 8.150 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern (= 3.660 m)
 $a' = 23.548$ m
 $b' = 23.548$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -7.329$ m
 Resultierende im 2. Kern (= 8.052 m)
 $a' = 10.103$ m
 $b' = 18.667$ m

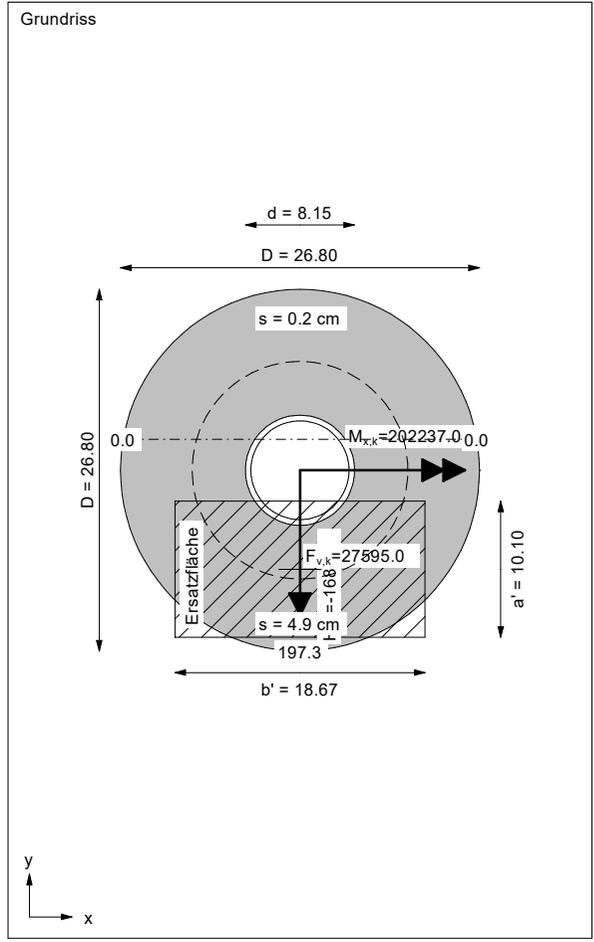
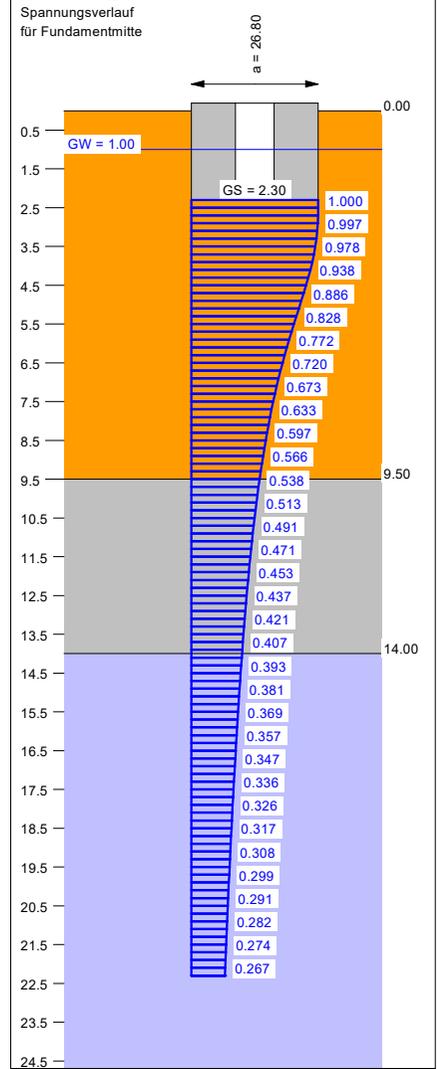
Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht, aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 1804.2 / 1288.69$ kN/m²
 $R_{n,k} = 340245.55$ kN
 $R_{n,d} = 243032.54$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 27595.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN

$V_d = 37253.25$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.153
 $\text{cal } \varphi = 30.3^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\text{cal } c = 6.60$ kN/m²
 $\text{cal } \gamma_2 = 11.08$ kN/m³
 $\text{cal } \sigma_u = 33.30$ kN/m²
 UK log. Spirale = 16.79 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 59.72 m
 Fläche log. Spirale = 452.33 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 30.92$; $N_{d0} = 19.08$; $N_{b0} = 10.58$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.288$; $v_d = 1.273$; $v_b = 0.838$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.896$; $i_d = 0.901$; $i_b = 0.846$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 22.30$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.55 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.24 cm
 unten = 4.86 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 489.9
 Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 27595.0 \cdot 26.80 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 332795.7$
 $M_{dst} = 202237.0 \cdot 1.50 = 303355.5$
 $\mu_{EQU} = 303355.5 / 332795.7 = 0.912$

Berechnungsgrundlagen:
 Kreisringfundament E-160 NH 120 m
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$

$\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 2.30 m
 Grundwasser = 1.00 m
 Grenztiefe mit festem Wert von 20.00 m u. GOS
 ——— 1. Kernweite
 - - - - 2. Kernweite



Bauvorhaben: WP Ostervesede
 Aktenzeichen: 205/16 Rev.04
 Auftraggeber: Naturwind Schwerin GmbH
 Anlage: 4.2

Nachweis der Drehfedersteifigkeit

		gegebener Fundamentradius in m								14,60			
Nr.	Schichten unter Fundament	Reibungswinkel phi	Schicht	Schichtstärke	E_s (MN/m ²)	$E_{s\text{dyn}}$ (MN/m ²)	Querdehnzahl ν	Lastausbreitung in °	Fundamentradius (Ersatzradius)	Kappa phi stat. (MNm/rad)	Kappa phi dyn. (MNm/rad)	Bemerkung	
0									14,60	35.000,00	210.000,00	Sollwerte	
1	Sand, Kiessand, md	35,0	OK	0,00	0,00	50	200	0,35	0,0	14,60	147.320,05	589.280,19	
2			UK	10,00	10,00	50	200	0,35	45,0	24,60	704.707,03	2.818.828,12	
3	Mg, weich-steif	26,5	OK	10,00	0,00	12	90	0,40	0,0	24,60	132.328,32	992.462,40	
4			UK	15,00	5,00	12	90	0,40	30,0	27,49	184.594,06	1.384.455,44	
5	Mg, steif	27,5	OK	15,00	0,00	35	165	0,40	0,0	27,49	538.399,34	2.538.168,31	
6			UK	20,00	5,00	35	165	0,4	30,0	30,37	726.472,05	3.424.796,80	
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

Anlagentyp: E-160 EP5E2-MST-166-FB-C-01 Bauvorhaben: WP Ostervesede
 Gründungsart: FmA Aktenzeichen: 205/16
 Standort: WEA 2+3 Auftraggeber: Naturwind Schwerin
 Datum: 29.11.2021 Anlage: 5.1



Nachweis der Drehfedersteifigkeit

		gegebener Fundamentradius in m								13,40			
Nr.	Schichten unter Fundament	Reibungswinkel phi	Schicht	Schichtstärke	E_s (MN/m ²)	$E_{s\text{dyn}}$ (MN/m ²)	Querdehnzahl ν	Lastausbreitung in °	Fundamentradius (Ersatzradius)	Kappa phi stat. (MNm/rad)	Kappa phi dyn. (MNm/rad)	Bemerkung	
0									13,40	26.666,00	160.000,00	Sollwerte	
1	Sand, Kiessand, md	35,0	OK	0,00	0,00	50	200	0,35	0,0	13,40	113.898,41	455.593,66	
2			UK	9,50	9,50	50	200	0,35	45,0	22,90	568.472,85	2.273.891,41	
3	Mg, weich-steif	26,5	OK	9,50	0,00	12	90	0,40	0,0	22,90	106.746,57	800.599,27	
4			UK	14,00	4,50	12	90	0,40	30,0	25,50	147.356,64	1.105.174,83	
5	Mg, steif	27,5	OK	14,00	0,00	35	165	0,40	0,0	25,50	429.790,21	2.026.153,86	
6			UK	20,00	6,00	35	165	0,4	30,0	28,96	629.836,64	2.969.229,88	
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

Anlagentyp: E-160 EP5E2-MST-120-FB-C-01 Bauvorhaben: WP Ostervesede
 Gründungsart: FmA Aktenzeichen: 205/16
 Standort: WEA 4 Auftraggeber: Naturwind Schwerin
 Datum: 29.11.2021 Anlage: 5.2



Nachweis der Drehfedersteifigkeit

Nr.	Schichten unter Fundament	Reibungswinkel phi	Schicht	Schichtstärke	E _s (MN/m ²)	E _{sdyn} (MN/m ²)	Querdehnzahl ν	Lastausbreitung in °	Fundamentradius (Ersatzradius)	Kappa phi stat. (MNm/rad)	Kappa phi dyn. (MNm/rad)	Bemerkung	
0									14,60	14,60	35.000,00	210.000,00	Sollwerte
1	Sand, Kiessand, md	35,0	OK	0,00	0,00	50	200	0,35	0,0	14,60	147.320,05	589.280,19	
2			UK	2,50	2,50	50	200	0,35	45,0	17,10	236.696,38	946.785,51	
3	Sand mit Torflagen	30,0	OK	2,50	0,00	8	60	0,43	0,0	17,10	22.982,40	172.368,00	
4			UK	5,00	2,50	8	60	0,43	30,0	18,54	29.307,14	219.803,55	
5	Mg, weich-steif	26,5	OK	5,00	0,00	12	90	0,41	0,0	18,54	52.753,93	395.654,51	
6			UK	8,50	3,50	12	90	0,41	30,0	20,56	71.947,83	539.608,71	
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

Anlagentyp: E-160 EP5E2-MST-166-FB-C-01 Bauvorhaben: WP Ostervesede
 Gründungsart: FmA Aktenzeichen: 205/16
 Standort: WEA 5 Auftraggeber: Naturwind Schwerin
 Datum: 29.11.2021 Anlage: 6.1



Nachweis der Drehfedersteifigkeit

		gegebener Fundamentradius in m								13,40			
Nr.	Schichten unter Fundament	Reibungswinkel phi	Schicht	Schichtstärke	E_s (MN/m ²)	$E_{s\text{dyn}}$ (MN/m ²)	Querdehnzahl ν	Lastausbreitung in °	Fundamentradius (Ersatzradius)	Kappa phi stat. (MNm/rad)	Kappa phi dyn. (MNm/rad)	Bemerkung	
0									13,40	26.666,00	160.000,00	Sollwerte	
1	Sand, Kiessand, md	35,0	OK	0,00	0,00	50	200	0,35	0,0	13,40	113.898,41	455.593,66	
2			UK	2,50	2,50	50	200	0,35	45,0	15,90	190.280,66	761.122,65	
3	Sand mit Torflagen	30,0	OK	2,50	0,00	8	60	0,43	0,0	15,90	18.475,59	138.566,96	
4			UK	5,00	2,50	8	60	0,43	30,0	17,34	23.977,72	179.832,92	
5	Mg, weich-steif	26,5	OK	5,00	0,00	12	90	0,41	0,0	17,34	43.160,79	323.705,91	
6			UK	8,50	3,50	12	90	0,41	30,0	19,36	60.073,17	450.548,75	
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

Anlagentyp: E-160 EP5E2-MST-120-FB-C-01	Bauvorhaben: WP Ostervesede
Gründungsart: FmA	Aktenzeichen: 205/16
Standort: 1	Auftraggeber: Naturwind Schwerin
Datum: 29.11.2021	Anlage: 6.2



Wartungsplan

Übersicht über die Wartungstätigkeiten
ENERCON Windenergieanlagen

Herausgeber ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Momme Janssen, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

Urheberrechtshinweis Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

Geschützte Marken Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

Änderungsvorbehalt Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

Dokumentinformation

Dokument-ID	D0788324/2.1-de		
Vermerk	Originaldokument		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2021-10-06	de	DC	WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Bereichsübergreifend	5
3	Bereich Rotorblatt	6
4	Bereich Gondel	7
5	Bereich Mittelspannungsschaltanlage und Transformator	9
6	Bereich Fundament und Turm	10

1 Einleitung

Das Dokument gibt einen Überblick über die Wartungstätigkeiten, die an ENERCON Windenergieanlagen durchgeführt werden müssen. Die Wartungstätigkeiten müssen regelmäßig durchgeführt werden. Die Intervalle ergeben sich aus Herstellervorgaben, örtlichen Vorschriften und klimatischen Besonderheiten.

Zum Planen und Durchführen von Wartungstätigkeiten muss die Wartungsanleitung der Windenergieanlage, insbesondere die darin enthaltenen Sicherheitshinweise, beachtet werden.

Dieses Dokument beschreibt auch optionale Komponenten. Je nach Windenergieanlagen-typ und gewählter Ausstattung kann die tatsächliche Ausführung von den hier beschriebenen Inhalten abweichen.

2 Bereichsübergreifend

Tab. 1: Wartungstätigkeiten bereichsübergreifend

Komponente	Wartungstätigkeit
Anschlagpunkte	An allen Anschlagpunkten wird eine Sichtprüfung auf Beschädigungen durchgeführt.
Befehuerung	Eine Sicht- und Funktionsprüfung der Befehuerung wird durchgeführt.
Beschilderung	Eine Sichtprüfung der Beschilderung auf Vollständigkeit und Unversehrtheit wird durchgeführt.
Blitzschutzsystem	Eine Sichtprüfung des Blitzschutzsystems wird durchgeführt.
Erdungsanlage	Eine Sichtprüfung aller Potenzialausgleichsleitungen wird durchgeführt. Dabei wird auch der feste Sitz aller Potenzialausgleichsleitungen geprüft. Der Erdungswiderstand wird gemessen.
Notabschaltungen	Die Funktion aller Not-Halt-Einrichtungen und Notabschaltungen wird geprüft.
Notbeleuchtung	Eine Sicht- und Funktionsprüfung der Notbeleuchtung im Turmfuß, Turm und Maschinenhaus wird durchgeführt.
Schaltschränke	Eine Sichtprüfung aller Schaltschränke außen und innen wird durchgeführt. Die Erdungsanbindung wird geprüft. Eine Funktionsprüfung der Schaltschranklüfter (falls vorhanden) wird durchgeführt.
Sicherheitssteigleiter	Die Sicherheitssteigleiter wird geprüft.
Verbandkasten	Eine Sichtprüfung der Verbandkästen in Turmfuß und Maschinenhaus wird durchgeführt.
Windenergieanlage	In allen Bereichen der Windenergieanlage wird eine allgemeine Sichtprüfung durchgeführt. Es wird auf Auffälligkeiten und Schäden geprüft, wie z. B. lose Anbauteile, lose Kabel, beschädigte Verkleidungen.

3 Bereich Rotorblatt

Tab. 2: Wartungstätigkeiten Rotorblatt

Komponente	Wartungstätigkeit
Rotorblatt	Eine Sichtprüfung des Rotorblatts wird durchgeführt.
Blattheizung	Eine Sicht- und Funktionsprüfung der Blattheizung wird durchgeführt.

4 Bereich Gondel

Tab. 3: Wartungstätigkeiten Gondel

Komponente	Wartungstätigkeit
Azimutantrieb	Eine Sicht- und Funktionsprüfung der Azimutantriebe wird durchgeführt.
Azimutlager	Das Azimutlager wird auf Laufgeräusche und Vibrationen geprüft. Eine Sichtprüfung von Zahnkranz, Dichtung und Fettauffangeinrichtungen wird durchgeführt. Die Schmierstoffeinrichtungen werden geprüft und nach Bedarf aufgefüllt.
Blattflanschlager	Die Blattflanschlager werden auf Laufgeräusche und Vibrationen geprüft. Eine Sichtprüfung von Zahnkranz, Dichtung und Fettauffangeinrichtungen wird durchgeführt. Die Schmierstoffeinrichtungen werden geprüft und nach Bedarf aufgefüllt.
Blattverstellantrieb	Eine Sicht- und Funktionsprüfung der Blattverstellantriebe wird durchgeführt.
Blattverstellsystem	Eine Funktionsprüfung des Blattverstellsystems wird durchgeführt. Eine Funktionsprüfung des Not-Blattverstellsystems wird durchgeführt.
Generator	Eine Sichtprüfung des Generators wird durchgeführt.
Generatorkühlung	Eine Sichtprüfung der Generatorkühlung wird durchgeführt.
Gussteile	Eine Sichtprüfung der Gussteile (z. B. Maschinenträger und Nabe) auf Beschädigungen wird durchgeführt.
Kabelverdrillschalter	Eine Sichtprüfung von Halterungen, Anschlüssen und Zahnrad des Kabelverdrillschalters wird durchgeführt. Eine Funktionsprüfung des Kabelverdrillschalters wird durchgeführt.
Kran Gondel	Eine Sicht- und Funktionsprüfung des Krans Gondel wird durchgeführt.
Rotorarretierung	Eine Sicht- und Funktionsprüfung der Rotorarretierung inklusive aller Komponenten, Anschlüsse und Leitungen wird durchgeführt.
Rotorhaltebremse	Eine Sicht- und Funktionsprüfung der Rotorhaltebremse inklusive aller Komponenten, Anschlüsse und Leitungen wird durchgeführt.
Rotorlager	Eine Sichtprüfung der zugänglichen Bereiche der Rotorlager wird durchgeführt. Eine Sichtprüfung von Dichtung und Fettauffangeinrichtungen wird durchgeführt.

Komponente	Wartungstätigkeit
	Das Schmiersystem wird geprüft. Die Rotorlager werden auf Laufgeräusche und Vibrationen geprüft.
Schleifringübertrager	Eine Sicht- und Funktionsprüfung des Schleifringübertragers wird durchgeführt.
Überdrehzahlshalter	Eine Funktionsprüfung der Überdrehzahlshalter wird durchgeführt.
Windmessgerät	Eine Sichtprüfung des Windmessgeräts/der Windmessgeräte wird durchgeführt.

5 Bereich Mittelspannungsschaltanlage und Transformator

Tab. 4: Wartungstätigkeiten Mittelspannungsschaltanlage und Transformator

Komponente	Wartungstätigkeit
Mittelspannungsschaltanlage	Eine Sichtprüfung der Mittelspannungsschaltanlage wird durchgeführt.
Transformator	Eine Sichtprüfung des Transformators wird durchgeführt. Das korrekte Auslösen der Mittelspannungsschaltanlage wird geprüft. Ölproben werden entnommen.

6 Bereich Fundament und Turm

Tab. 5: Wartungstätigkeiten Fundament und Turm

Komponente	Wartungstätigkeit
Aufstiegshilfe	Eine Sicht- und Funktionsprüfung der Aufstiegshilfe wird durchgeführt.
Fundament	Eine Sichtprüfung der Erdauflast wird durchgeführt. Eine Sichtprüfung des Fundaments innen und außen wird durchgeführt. Eine Sichtprüfung der Anschlussfahnen der Fundament-erder wird durchgeführt.
Turm	Eine Sichtprüfung des Turms wird durchgeführt. Eine Sichtprüfung der Schraubverbindungen wird durchgeführt.
Turmkühlung	Eine Sichtprüfung der Turmkühlung wird durchgeführt.

TURBULENZABSCHÄTZUNG

für den Standort

IN 27383 OSTERVESEDE

FÜR

Nabenhöhen 119,8 m und 166,6 m

AUFTRAGGEBER: naturwind schwerin GmbH
Schelfstraße 35
19055 Schwerin

AUFTRAGNEHMER: Ingenieurbüro PLANkon
Dipl. Ing. Roman Wagner vom Berg
Blumenstr. 26
26121 Oldenburg
Tel.: 0441-390340

BERICHTSNUMMER: PK 2015014-UTA-B

Datum: 03.12.2021



Inhaltsverzeichnis

0	Einleitung.....	3
1	Standortbeschreibung und Windanströmung.....	3
2	Turbulenzintensität.....	5
3	Datengrundlagen	6
4	Abweichungen von der Akkreditierung	6
5	Ergebnisse.....	7
6	Literatur	11
7	Anlagen zur Turbulenzabschätzung Ostervesede	11

0 Einleitung

In der vorliegenden Berechnung wird der Standort Ostervesede hinsichtlich der mittleren Turbulenzintensität am Standort unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren der Umgebung untersucht.

Mit der sogenannten „Windatlas-Methode“ können anhand gemessener Langzeitdaten der Windverhältnisse einer benachbarten meteorologischen Station die Einflussfaktoren zu den Windverhältnissen am geplanten Standort bestimmt werden. Hierbei werden die geländespezifischen Verhältnisse (Hindernisse, Rauigkeiten und Orographie) unter Hinzuziehung von genauem Kartenmaterial exakt ermittelt und berücksichtigt.

Der sogenannte Windatlas basiert auf den physikalischen Strömungsverhältnissen der atmosphärischen Grenzschicht. Mit der regionalen Windstatistik lässt sich nun das spezielle Windangebot, charakterisiert durch die richtungsabhängigen Weibull-Parameter, für jeden beliebigen Punkt und fast jede beliebige Höhe in dieser Region mit den topographischen Gegebenheiten des Mikrostandortes unter Hinzuziehung der dänischen Computerprogramme „Wind Atlas Analysis and Application Programme“ (WASP (Vers. 10.1)) von Risö und „WindPRO“ (Vers. 3.1) von EMD berechnen.

Die hier vorgenommene Begutachtung erfolgt gemäß der Prozessbeschreibung zur Erstellung einer Abschätzung der Umgebungsturbulenz aus Rauigkeiten laut Anlage zur Akkreditierungsurkunde D-PL-11014-01-00.

1 Standortbeschreibung und Windanströmung

Der geplante Windpark befindet sich etwa 1.200 m südwestlich des Ortsteils Ostervesede (Gemeinde Scheeßel) und liegt im östlichen Teil des Landkreises Rotenburg (Wümme) in Niedersachsen.

Der Nahbereich der Standorte ist bis auf den Südosten durch landwirtschaftlich genutzte Flächen gekennzeichnet und überwiegend offen. Die umgebenden Wege sind meist von Hecken oder nicht sehr hohen Baumreihen gesäumt. Im Südosten des Standortes sind in 200-500 m Entfernung größere Gehölzstrukturen und kleine Waldstrukturen zu finden.

Der geplante Windpark befindet sich zwischen den Ortschaften Ostervesede (Entfernung ca. 1.100 m) im Nordwesten, Fintel (Entfernung ca. 3.860 m) im

Nordosten, Lünzen (Entfernung ca. 4.000 m) im Südosten, Hemslingen (Entfernung ca. 4.250 m) im Süden und Brockel (Entfernung ca. 6.000 m) im Südwesten.

In weiteren Verlauf der Landschaft wechseln sich offene landwirtschaftliche Flächen mit z.T. auch größeren Waldflächen und Besiedlungsstrukturen ab. Bemerkenswert sind die vielen, oft niedrigen Hecken, die insbesondere im Norden des Standortes das Landschaftsbild prägen. Am östlichen Rande des Untersuchungsgebietes erstrecken sich teilweise große Waldbereiche, die aber aufgrund der Entfernung zum Standort keinen großen Einfluss auf die Umgebungsturbulenz haben. In nördlicher und nordwestlicher Richtungen bleibt die weitere Landschaft etwas offener, als in Richtung Osten.

Als städtische Siedlungen im Untersuchungsgebiet sind Schneverdingen sowie Rotenburg (Wümme) zu nennen.

Die Standorte befinden sich in leicht welligem Gelände in Geländehöhen von 35 - 40 m ü NN. In Richtung Osten steigt das Gelände auf Höhen um 70 m ü NN, in südöstliche Richtung bis zu 85 m ü NN an.

Der maßgebliche Einfluss für die Windanströmung und die Turbulenzintensität ist am untersuchten Standort die Umgebungsrauigkeit. Die Orographie hat aufgrund des nur leicht welligen Terrains keinen starken Einfluss.

Insgesamt lässt der Standort aus Sicht der Windanströmung durch die häufigen Wechsel der Landschaftsoberfläche (Waldgebiete, Dörfer, freie Flächen) im weiteren Verlauf der Landschaft ein turbulentes Verhalten erwarten. Dies ist eine für einen Binnenlandstandort in dieser Region typische Situation. Als positiver Einfluss auf die Windturbulenz wirken sich die Nabenhöhen von 119,8 m und 166,6 m aus, da in der Regel mit zunehmender Höhe durch den Abstand von Hindernissen am Boden die Turbulenzintensität des Windes abnimmt.

Zur genaueren Bewertung des Standortes wurde am 03.02.2020 von Herrn Dipl.-Ing Roman Wagner vom Berg eine Ortsbegehung durchgeführt. Es wurden Rundumaufnahmen des Standortes und der näheren Umgebung erstellt sowie Bewuchs und Bebauung im Umkreis auf 1000 m kartiert und im weiteren Umkreis bewertet.

2 Turbulenzintensität

Die Turbulenzintensität T_u wird zur Beschreibung des turbulenten Anteils der Luftströmung bestimmt. Sie ergibt sich aus dem Verhältnis der Standardabweichung S_u der turbulenten Fluktuationen des Windes zum Mittelwert V_m der Windgeschwindigkeit. Die genaue Angabe einer Turbulenzintensität lässt sich nur durch Windmessungen am Standort selbst ermitteln. Sie hängt stark von den Umgebungsbedingungen wie Oberflächenrauigkeit, Höhenprofil, Hindernisse und Höhe über Grund ab. Im nicht gegliederten Gelände (relativ flaches bzw. leicht hügeliges Terrain) lässt sich die Turbulenzintensität gem. den „Guidelines for Design of Wind Turbines“ (DNV/Risø, Second edition, Risø National Laboratory) angegebene Beziehung wie folgt abschätzen:

$$T_u = S_u/V_m = A_x \times k \times 1/\ln(h/z_0)$$

A_x variabler Berechnungsparameter, kann Werte zwischen 1,8-2,5 annehmen,

Hier gewählt: **2,10** für 119,8 m NH und

2,00 für 166,6 m NH

k Karman Konstante (=0,4)

ln natürlicher Logarithmus

h Höhe über Grund in m

z₀ Rauigkeitslänge in m

In den Lastannahmen zu Typenstatiken für Windkraftanlagen wird meist eine zulässige und in der Annahme hohe Turbulenzintensität von 18 % bei einer Referenzwindgeschwindigkeit von 15 m/s festgelegt. Diese Turbulenzintensität wird an diesem Standort durch die umgebenden Anströmungsstörungen nicht erreicht. Zur Untersuchung von Abständen von WEA untereinander muss jedoch auch die Nachlaufströmung der WEA berücksichtigt werden.

Die Jahresmittelwindgeschwindigkeit an diesem Standort beträgt gem. Berechnung PLANKon bei 6,62 m/s in 119,8 m Höhe und 7,32 m/s in 166,6 m Höhe. Der Standort liegt gem. DIN 1055, Lastannahmen, und DIN 4133, Schornsteine aus Stahl, in der Windzone II.

Die Hauptwindrichtung gem. den Aussagen der durchgeführten Windfeldanalyse für den untersuchten Standort ist Westsüdwest. Es ist die Windrichtung mit dem größten

Windaufkommen an dem Standort. Alle anderen Windrichtungen sind als Nebenwindrichtungen zu betrachten.

3 Datengrundlagen

Berechnungshöhen:	119,8 m NH und 166,6 m NH
Koordinate Berechnung:	Germany UTM, ETRS 89, Zone 32 Ost: 541.756, Nord: 5.887.648
Kartenmaterial :	TK-Karten 1 : 25.000 und 1 : 50.000
Rauigkeit:	Radius von 10 km berücksichtigt
Orographie:	Radius von 10 km berücksichtigt
Wetterstation :	angepasster lokaler WRF (Era5) Knotenpunkt N53.127914_E009.519165 (Mesoskalendatensatz), Quelle: EMD

Die Daten wurden wie in Kap. 0 beschrieben mit den Programmen WindPRO (Vers. 3.1) und WAsP (Vers. 10.1) verarbeitet, um eine Windfeldanalyse durchzuführen. Die Rauigkeiten wurden sektorenweise direkt mit dem Programm WAsP (Vers. 10.1) ermittelt.

4 Abweichungen von der Akkreditierung

Im Gutachten und bei der Erstellung des Gutachtens sind folgende Abweichungen zur Akkreditierung zu vermerken:

Abweichung gegenüber /2/ und den Anforderungen der Mindeststandards für Turbulenzgutachten

Es lag nur eine gutachtenreife Ertragsberechnung gem. TR 6 /3/ vor, jedoch kein komplettes Gutachten.

Abweichung gegenüber eigenen Festlegungen / Akkreditierungsanforderungen

Es lag nur eine gutachtenreife Ertragsberechnung gem. TR 6 /3/ vor, jedoch kein komplettes Gutachten.

5 Ergebnisse

Für den Standort Ostervesede sind für die Turbulenzabschätzung die Rauigkeiten und die Windverhältnisse in Höhen von 119,8 m und 166,6 m über Grund berechnet worden. Die Windverhältnisse und der Verlauf des Windprofils werden maßgeblich von den Hindernissen und der Rauigkeit bestimmt. Zur Bestimmung der Turbulenzen wurden die Rauigkeitswerte ermittelt.

Mit der für diese Abschätzung angepassten Windstatistik aus Mesoskalendaten (EMD) sowie den zuvor erläuterten Eingabeparametern für Rauigkeiten und Hindernisse wurden die über das Jahr gemittelten Windanströmungen berechnet. Die Verteilung der Weibull-Parameter A und k und die zugehörige mittlere Windgeschwindigkeit für den Mikrostandort sind den folgenden Tabellen zu entnehmen.

Standort mit 119,8 m Nabenhöhe

Sektor	A-Parameter	Wind- geschwindigkeit	k-Parameter	Häufigkeit
	[m/s]	[m/s]		[%]
N	5,39	4,77	2,127	4,30
NNO	5,34	4,73	2,178	3,70
ONO	6,23	5,53	2,588	5,60
O	7,18	6,40	2,900	7,00
OSO	7,45	6,66	3,088	7,50
SSO	7,28	6,48	2,768	6,30
S	7,50	6,66	2,635	7,80
SSW	8,32	7,40	2,760	13,00
WSW	8,61	7,65	2,662	17,30
W	8,00	7,10	2,502	12,50
WNW	7,13	6,33	2,467	9,00
NNW	5,96	5,28	2,275	6,10
Mittel/Summe	7,47	6,62	2,463	100,00

Standort mit 166,6 m Nabenhöhe

Sektor	A-Parameter	Wind- geschwindigkeit	k-Parameter	Häufigkeit
	[m/s]	[m/s]		[%]
N	5,96	5,28	2,084	4,30
NNO	5,89	5,21	2,135	3,70
ONO	6,89	6,12	2,533	5,60
O	7,95	7,09	2,838	7,00
OSO	8,24	7,36	3,021	7,50
SSO	8,06	7,17	2,709	6,30
S	8,33	7,39	2,580	7,80
SSW	9,19	8,18	2,705	13,00
WSW	9,51	8,44	2,604	17,20
W	8,81	7,81	2,451	12,50
WNW	7,90	7,00	2,412	9,00
NNW	6,60	5,85	2,229	6,10
Mittel/Summe	8,26	7,32	2,416	100,00

Beim Vergleich der Berechnungen mit Erträgen von vorhandenen WEA in der Nähe konnten geringfügig abweichende Ergebnisse der Berechnungen zu den tatsächlichen Ertragswerten festgestellt werden. Es handelt sich bei der Ertragsberechnung um eine gutachtenreife Berechnung, die alle Anforderungen zur Methodik und Untersuchung der TR 6 /3/ erfüllt.

Die Jahresmittelwindgeschwindigkeit an diesem Standort beträgt gem. Berechnung PLANKon 6,62 m/s in 119,8 m und 7,32 m/s in 166,6 m Höhe. Die Ergebnisse der Windfeldberechnung sind die Eingangswerte der Turbulenzabschätzung. Zur Begutachtung des Standortes wurde eine Ortsbegehung durchgeführt.

Die Hauptwindrichtung gem. den Aussagen der durchgeführten Windfeldanalyse für den untersuchten Standort ist Westsüdwest. Es ist die Windrichtung mit dem größten Windaufkommen an dem Standort. Alle anderen Windrichtungen sind als Nebenwindrichtungen zu betrachten.

In den folgenden Tabellen werden die Ergebnisse der mittleren Turbulenzintensität für jeden der zwölf Sektoren in Höhen von 119,8 m und 166,6 m dargestellt. In der dritten Spalte ist die berechnete Turbulenzintensität zu entnehmen. In der vierten Spalte ist die repräsentative /2/ Turbulenzintensität unter Berücksichtigung einer möglichen Abweichung von 20 % zzgl. einer Erhöhung zur Berücksichtigung der 95%igen

Eintrittswahrscheinlichkeit (Faktor $1,28 * 20\%$) berechnet. Hiermit wird der Forderung des Ansatzes der 1,28-fachen Standardabweichung der Turbulenzintensität nach /2/ erfüllt. Die Mittelwerte wurden unter Berücksichtigung der Häufigkeiten berechnet.

Tabellarische Darstellung Berechnungsergebnisse Ostervesede 119,8 m NH

Sektor	Berechnungshöhe	Umgebungsturbulenz	repräsentative Umgebungsturbulenz	Häufigkeit
	[m]	[%]	[%]	[%]
N	119,8	12,0	15,1	4,3
NNO	119,8	12,2	15,4	3,7
ONO	119,8	12,6	15,8	5,6
O	119,8	12,2	15,4	7,0
OSO	119,8	12,2	15,3	7,5
SSO	119,8	12,3	15,4	6,3
S	119,8	12,3	15,5	7,8
SSW	119,8	12,4	15,6	13,0
WSW	119,8	11,9	15,0	17,3
W	119,8	11,5	14,5	12,5
WNW	119,8	11,8	14,8	9,0
NNW	119,8	12,1	15,2	6,1
Mittel/Summe		12,1	15,2	100,0

Tabellarische Darstellung Berechnungsergebnisse Ostervesede 166,6 m NH

Sektor	Berechnungshöhe	Umgebungsturbulenz	repräsentative Umgebungsturbulenz	Häufigkeit
	[m]	[%]	[%]	[%]
N	166,6	10,9	13,7	4,3
NNO	166,6	11,1	13,9	3,7
ONO	166,6	11,4	14,3	5,6
O	166,6	11,1	14,0	7,0
OSO	166,6	11,1	13,9	7,5
SSO	166,6	11,2	14,0	6,3
S	166,6	11,2	14,1	7,8
SSW	166,6	11,3	14,1	13,0
WSW	166,6	10,8	13,6	17,2
W	166,6	10,5	13,2	12,5
WNW	166,6	10,8	13,5	9,0
NNW	166,6	11,0	13,8	6,1
Mittel/Summe		11,0	13,8	100,0

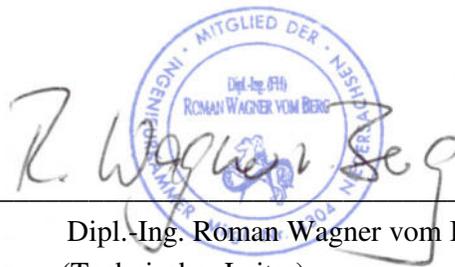
Bezüglich der ermittelten Rauigkeit ist zu beachten, dass diese gem. der vorliegenden Geländehöhen ermittelt wurde und die Veränderung des Einflusses auf die Turbulenz über die Höhe berücksichtigt wurde. Die ermittelte Rauigkeit entspricht einer typischen Rauigkeit für das vorliegende Gelände. Vergleiche mit tatsächlichen Betriebsdaten bestätigen dies.

Die vorliegende Abschätzung der mittleren Umgebungsturbulenzintensität für den Standort Ostervesede ist nur für die natürliche Umgebung des untersuchten Standortes gültig. Sie stellt nicht die Veränderungen der Turbulenzintensität, die durch das Aufstellen von WEA verursacht wird, dar. Diese Veränderungen sind bei Bedarf gesondert zu untersuchen.

Eine Gewähr für die sich tatsächlich einstellenden Turbulenzen kann aufgrund der komplexen physikalischen Zusammenhänge nicht übernommen werden. Für die Umgebungsturbulenz wurde bei Berechnung der repräsentativen Turbulenz in Kenntnis dieser Umstände ein Zuschlag von 20 % zzgl. einer Erhöhung zur Berücksichtigung der 95%igen Eintrittswahrscheinlichkeit (Faktor $1,28 * 20\%$) berücksichtigt. Hiermit wird der Forderung des Ansatzes der 1,28fachen Standardabweichung der Turbulenzintensität nach /2/ erfüllt.

Die vorliegende Berechnung wurde von Ing.-Büro PLANKon gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik nach besten Wissen und Gewissen unparteiisch erstellt.

Oldenburg, den 03.12.2021



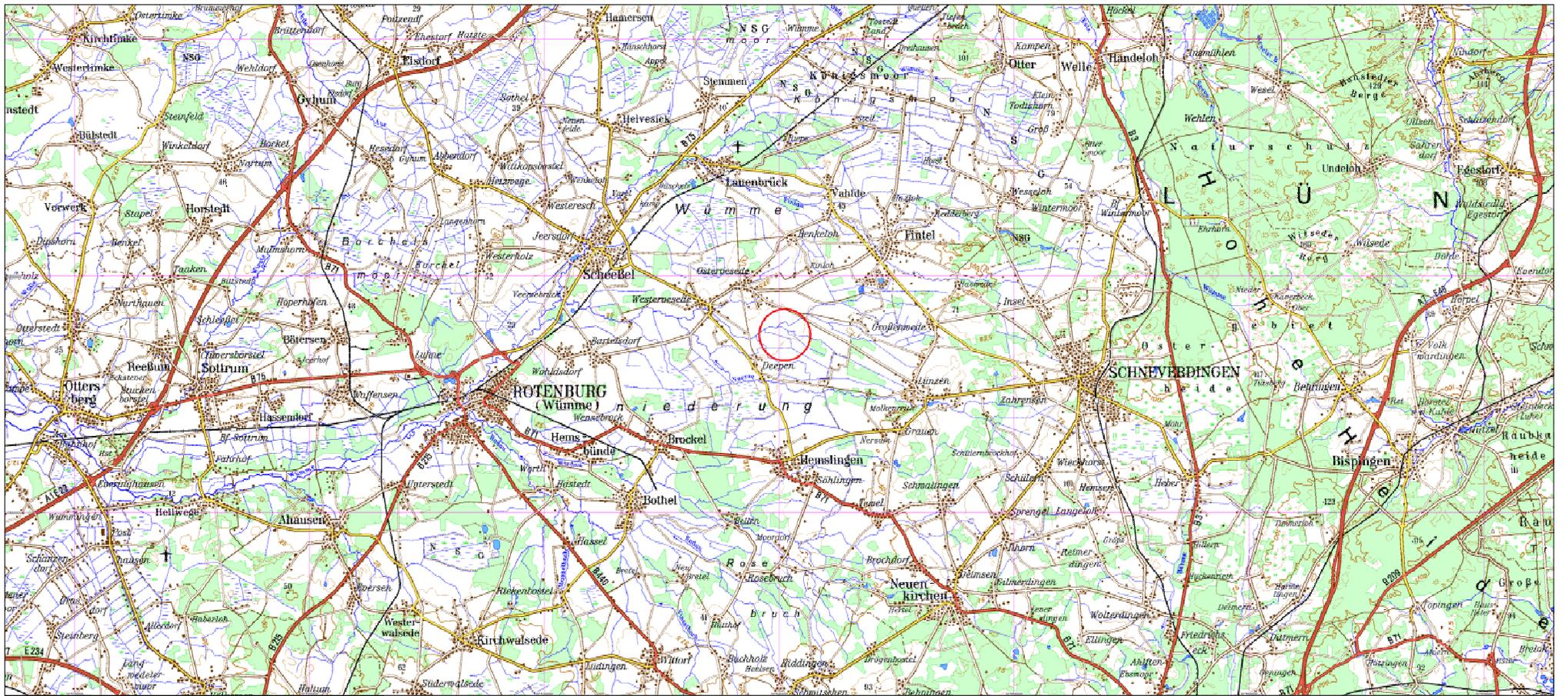
Dipl.-Ing. Roman Wagner vom Berg
(Technischer Leiter)

6 Literatur

- /1/ Richtlinie des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt) „, Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ Fassung März 2004; DIBt, Berlin
- /2/ Richtlinie des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt) „, Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ Fassung Oktober 2012; 2. Auflage 2012; DIBt, Berlin
- /3/ Technische Richtlinie Teil 6 (TR 6) „Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen“ der Fördergesellschaft für Windenergie, Revision 9 vom 22.09.2014

7 Anlagen zur Turbulenzabschätzung Ostervesede

1 Blatt Übersichtskarte mit Markierung des Standortes



GUTACHTEN ZUR GESAMTTURBULENZ UND STANDORTEIGNUNG GEM. DIBT 2012

für den Standort

IN 27383 OSTERVESEDE

FÜR

5 geplante WEA

Typ

ENERCON E-160/EP5/E3 MIT 119,8 M UND 166,6 M NABENHÖHE

AUFTRAGGEBER: naturwind schwerin GmbH
Schelfstraße 35
19055 Schwerin

AUFTRAGNEHMER: Ingenieurbüro PLANkon
Dipl. Ing. Roman Wagner vom Berg
Blumenstr. 26
26121 Oldenburg
Tel.: 0441-390340

BERICHTSNUMMER: PK 2015014-GTG-B

DATUM: 03.12.2021



Inhaltsverzeichnis

0	Einleitung	3
1	Standortbeschreibung und Anlagenkonfiguration	4
2	Turbulenzintensität der Umgebung und Windverteilungen	5
3	Nachweiserfordernis und Nachweis des 50-Jahres Windes in Nabenhöhe	8
4	Nachweis der Topografischen Komplexität	9
5	Turbulenzannahmen gemäß DIBt /1/, /2/, /3/	11
6	Methodik zur Ermittlung Gesamtturbulenz für jeden WEA Standort	12
7	Ermittlung Gesamtturbulenz i_{eff} für jeden WEA Standort	14
8	Schlussbetrachtung	17
9	Literaturhinweise	19
10	Anlagen zum Gutachten der Gesamtturbulenz am Standort Ostervesede	19

0 Einleitung

In der vorliegenden Berechnung wird der Standort Ostervesede hinsichtlich der Gesamtturbulenz, entspricht I_{eff} gemäß /2/ unter Berücksichtigung der Nachstromturbulenz benachbarter WEA und der sektoriellen Turbulenzintensität der natürlichen Umgebung am Standort untersucht.

Auf der Leeseite von Windenergieanlagen bilden sich in der sogenannten Nachstromblase (engl.: wake) infolge von Windverwirbelungen Turbulenzen. Ein mit den Turbulenzen verbundener Über- und Unterdruck ist als Belang der Standsicherheit im Sinne der Bauordnung und als Umwelteinwirkung im Sinne des § 3 Abs. 2 BImSchG zu beurteilen.

Die Turbulenzen können im Nachstrom einer WEA je nach Abstand auch auf andere Windenergieanlagen einwirken. Dies kann zu Ermüdungserscheinungen des Materials mit Folgen für die Lebensdauer der Anlagen führen. Beträgt der Abstand zwischen WEA weniger als das Fünffache des Rotordurchmessers der beantragten Anlage, kann durch ein standortbezogenes Gutachten nachgewiesen werden, dass der Abstand sicherheitstechnisch keine nachteiligen Folgen für die in Lee befindlichen Anlage(n) haben kann.

Unter Verwendung der Software „WindPRO“ (Vers. 3.1) von EMD wird unter Eingabe des Turbulenzwertes je Sektor die Gesamtturbulenz für jeden WEA-Standort unter Berücksichtigung der Beeinflussung durch benachbarte WEA gemäß der entsprechenden DIBt-Richtlinien /1/, /2/, /3/ für Windkraftanlagen ermittelt.

Die hier vorgenommene Begutachtung erfolgt gemäß der Prozessbeschreibung zur Erstellung eines Turbulenzgutachtens der Gesamtturbulenz nach DIBt-Richtlinie /1/, /2/ und /3/ laut Anlage zur Akkreditierungsurkunde D-PL-11014-01-00.

Die Umgebungsturbulenz wurde durch eine vorgeschaltete Turbulenzabschätzung /6/ durch die Fa. PLANKon bestimmt. Die Details zur Ermittlung der Umgebungsturbulenz sind diesem Gutachten zu entnehmen.

In diesem Gutachten werden ebenso die gemäß /2/ notwendigen Parameter der Standorteignung untersucht und mit den Vorgaben gemäß /2/ und der Typenstatik verglichen.

1 Standortbeschreibung und Anlagenkonfiguration

Der geplante Windpark befindet sich etwa 1.200 m südwestlich des Ortsteils Ostervesede (Gemeinde Scheeßel) und liegt im östlichen Teil des Landkreises Rotenburg (Wümme) in Niedersachsen.

Für den Standort Ostervesede ist die Aufstellung von fünf Windenergieanlagen (WEA) des Typs Enercon E-160/EP5/E3 geplant. Die geplanten Nabenhöhen betragen 2-mal 119,8 m und 3-mal 166,6 m, der Rotordurchmesser misst 160,0 m und die Nennleistung je Anlage beträgt 5.560 kW.

Der folgenden Tabelle können die Koordinaten (*System: UTM ETRS89, Zone 32*) der WEA sowie die nächste benachbarte WEA mit Entfernung entnommen werden:

WEA Nr.	Typ	Rechtswert	Hochwert	naheste WEA	Entfernung	Entfernung
		m	m		m	Durchmesser
WEA 1	E-160/EP5/E3	541.888	5.888.025	WEA 3	387	2,4
WEA 2	E-160/EP5/E3	541.449	5.887.847	WEA 5	400	2,5
WEA 3	E-160/EP5/E3	541.822	5.887.644	WEA 4	368	2,3
WEA 4	E-160/EP5/E3	542.125	5.887.436	WEA 3	368	2,3
WEA 5	E-160/EP5/E3	541.493	5.887.449	WEA 3	382	2,4

Die Aufstellung der WEA zueinander können auch dem Lageplan im Anhang entnommen werden. Die Koordinaten der WEA wurden durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt und werden als richtig vorausgesetzt.

Die Standortbeschreibung der Umgebung ist dem Turbulenzgutachten /6/ zu entnehmen.

Zur genaueren Bewertung des Standortes wurde am 03.02.2020 von Herrn Dipl.-Ing. Roman Wagner vom Berg eine Ortsbegehung durchgeführt. Es wurden Rundumaufnahmen des Standortes und der näheren Umgebung erstellt sowie Bewuchs und Bebauung im Umkreis auf 1000 m kartiert und im weiteren Umkreis bewertet.

2 Turbulenzintensität der Umgebung und Windverteilungen

Die Turbulenzintensität T_u wird zur Beschreibung des turbulenten Anteils der Luftströmung bestimmt. Sie ergibt sich aus dem Verhältnis der Standardabweichung S_u der turbulenten Fluktuationen des Windes zum Mittelwert V_m der Windgeschwindigkeit. Die genaue Angabe einer Turbulenzintensität lässt sich nur durch Windmessungen am Standort selbst ermitteln. Sie hängt stark von den Umgebungsbedingungen wie Oberflächenrauigkeit, Höhenprofil, Hindernisse und Höhe über Grund ab.

Im vorliegenden Gutachten /6/ wurden die Turbulenzintensitäten der Umgebung bei 15,0 m/s in Nabenhöhen 119,8 m und 166,6 m wie folgt bestimmt:

Tabellarische Darstellung Berechnungsergebnisse Ostervesede 119,8 m Nabenhöhe

Sektor	Berechnungshöhe [m]	Umgebungsturbulenz [%]	repräsentative Umgebungsturbulenz [%]	Häufigkeit [%]
N	119,8	12,0	15,1	4,3
NNO	119,8	12,2	15,4	3,7
ONO	119,8	12,6	15,8	5,6
O	119,8	12,2	15,4	7,0
OSO	119,8	12,2	15,3	7,5
SSO	119,8	12,3	15,4	6,3
S	119,8	12,3	15,5	7,8
SSW	119,8	12,4	15,6	13,0
WSW	119,8	11,9	15,0	17,3
W	119,8	11,5	14,5	12,5
WNW	119,8	11,8	14,8	9,0
NNW	119,8	12,1	15,2	6,1
Mittel/Summe		12,1	15,2	100,0

Tabellarische Darstellung Berechnungsergebnisse Ostervesede 166,6 m Nabenhöhe

Sektor	Berechnungshöhe	Umgebungsturbulenz	repräsentative Umgebungsturbulenz	Häufigkeit
	[m]	[%]	[%]	[%]
N	166,6	10,9	13,7	4,3
NNO	166,6	11,1	13,9	3,7
ONO	166,6	11,4	14,3	5,6
O	166,6	11,1	14,0	7,0
OSO	166,6	11,1	13,9	7,5
SSO	166,6	11,2	14,0	6,3
S	166,6	11,2	14,1	7,8
SSW	166,6	11,3	14,1	13,0
WSW	166,6	10,8	13,6	17,2
W	166,6	10,5	13,2	12,5
WNW	166,6	10,8	13,5	9,0
NNW	166,6	11,0	13,8	6,1
Mittel/Summe		11,0	13,8	100,0

Zur Bestimmung der repräsentativen Turbulenzintensität wird die ermittelte Umgebungsturbulenzintensität infolge möglicher Unsicherheiten um 20 % zzgl. einer Erhöhung zur Berücksichtigung der 95%igen Eintrittswahrscheinlichkeit (Faktor 1,28 * 20 %) erhöht. Hiermit wird die Forderung des Ansatzes der 1,28-fachen Standardabweichung der Turbulenzintensität nach /2/ erfüllt.

Die Jahresmittelwindgeschwindigkeit an diesem Standort beträgt gem. Berechnung PLANKon 6,62 m/s in 119,8 m und 7,32 m/s in 166,6 m Nabenhöhe. Der Standort liegt gem. DIN 1055, Lastannahmen, und DIN 4133, Schornsteine aus Stahl, in der Windzone II.

Die Hauptwindrichtung gem. den Aussagen der durchgeführten Windfeldanalyse für den untersuchten Standort ist Westsüdwest. Es ist die Windrichtung mit dem größten Windaufkommen an dem Standort. Alle anderen Windrichtungen sind als Nebenwindrichtungen zu betrachten.

Die Windverteilungen bzw. Häufigkeitsverteilungen sind gemäß Berechnungen der Fa. PLANKon auf 119,8 m und 166,6 m NH wie folgt dargestellt:

Standort mit 119,8 m Nabenhöhe

Sektor	A-Parameter	Wind- geschwindigkeit	k-Parameter	Häufigkeit
	[m/s]	[m/s]		[%]
N	5,39	4,77	2,127	4,30
NNO	5,34	4,73	2,178	3,70
ONO	6,23	5,53	2,588	5,60
O	7,18	6,40	2,900	7,00
OSO	7,45	6,66	3,088	7,50
SSO	7,28	6,48	2,768	6,30
S	7,50	6,66	2,635	7,80
SSW	8,32	7,40	2,760	13,00
WSW	8,61	7,65	2,662	17,30
W	8,00	7,10	2,502	12,50
WNW	7,13	6,33	2,467	9,00
NNW	5,96	5,28	2,275	6,10
Mittel/Summe	7,47	6,62	2,463	100,00

Standort West mit 166,6 m Nabenhöhe

Sektor	A-Parameter	Wind- geschwindigkeit	k-Parameter	Häufigkeit
	[m/s]	[m/s]		[%]
N	5,96	5,28	2,084	4,30
NNO	5,89	5,21	2,135	3,70
ONO	6,89	6,12	2,533	5,60
O	7,95	7,09	2,838	7,00
OSO	8,24	7,36	3,021	7,50
SSO	8,06	7,17	2,709	6,30
S	8,33	7,39	2,580	7,80
SSW	9,19	8,18	2,705	13,00
WSW	9,51	8,44	2,604	17,20
W	8,81	7,81	2,451	12,50
WNW	7,90	7,00	2,412	9,00
NNW	6,60	5,85	2,229	6,10
Mittel/Summe	8,26	7,32	2,416	100,00

Die ermittelte Luftdichte ρ auf den dargestellten Höhen beträgt 1,224-1,230 kg/m³.

Die erforderlichen Daten gemäß /2/ der Windverteilung mit Angaben der mittleren Windgeschwindigkeit für jede Windrichtung und im Mittel, der Windverteilung inklusive der Häufigkeiten für jede Windrichtung, sowie der k-Parameter für jede für jede Windrichtung und im Mittel sind den oben abgebildeten Tabellen zu entnehmen.

3 Nachweiserfordernis und Nachweis des 50-Jahres Windes in

Nabenhöhe

Gemäß /2/ ist standortspezifisch ist zu untersuchen, ob durch lokale Turbulenzerhöhungen infolge der Einflüsse benachbarter Windenergieanlagen oder durch die Standortwindbedingungen die Standorteignung gefährdet wird.

Die auf die Windenergieanlage einwirkenden Lasten wurden in diesem Gutachten den standortspezifisch errechneten gemessenen Werten der Windparameter ermittelt.

Der Einfluss der lokalen Turbulenzerhöhung auf die Standorteignung braucht gemäß /2/ nicht untersucht zu werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$a \geq 8D \quad \text{für} \quad v_{b,0}(h) \leq 40 \text{ m/s} \quad (\text{GL5})$$

$$a \geq 5D \quad \text{für} \quad v_{b,0}(h) \geq 45 \text{ m/s} \quad (\text{GL6})$$

a: Abstand zwischen den Turmachsen benachbarter Windenergieanlagen

D: der jeweils größere Rotordurchmesser

$v_{b,0}(h)$: maximaler 50-Jahres-Wind in Nabenhöhe als 10 min Mittelwert

Für Zwischenwerte von $v_{b,0}(h)$ ist a linear zu interpolieren. Dabei sind die in Deutschland auftretenden Kombinationen von Windgeschwindigkeit und Geländekategorie bereits berücksichtigt.

h: Nabenhöhe

Die zulässigen Abstände werden in der untersuchten Konfiguration unterschritten und diese macht eine Untersuchung erforderlich.

Die 50-Jahr-Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe $v_{b,0}(h)$ muss weiterhin unterhalb des für die in der Zertifizierung angegebenen Windzone liegen. Diese ist bei der

vorliegenden WEA des Typs Enercon E160/EP5/E3 die Windzone 2 gemäß DIBt 2012. Es ergibt sich eine zulässige 50-Jahr-Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe $v_{b,0}(h)$ von 37,5 m/s.

Die Berechnung des Wertes für den Standort erfolgt über eine 20-jährige Reanalysedatenreihe von WRF Mesoskalendaten (Era 5/ Fa. EMD), die in Ihrem Mittelwert über die errechnete mittlere Windgeschwindigkeit skaliert wurde und nicht über langjährige Messdaten am Standort. Da die WRF/Era 5 Datenreihe nur mit stündlichen Werten vorliegt, wurde über eine Gumbel-Verteilung eine Annäherung an einen 10-min-Mittelwert vorgenommen. Gemäß Angabe des Software-Herstellers hat diese Annäherung einen möglichen Fehler von 5-10 %. Der von der Software berechnete Mittelwert für $v_{b,0}(h)$ beträgt 26,2 m/s auf 119,8 m NH und 27,6 m/s auf 166,6 m NH. Bei einem Unsicherheitsaufschlag von 30 % für den möglichen Berechnungsfehler für die Ableitung von 10-min-Mittelwerten aus 1-h-Mittelwerten ergibt sich ein Wert von 34,1 m/s für $v_{b,0}(h)$ auf 119,8 m NH und 35,9 m/s für $v_{b,0}(h)$ auf 166,6 m NH. Die Werte liegen unter dem Auslegungswert der Windzone 2 gemäß Typenprüfung für den WEA-Typ Enercon E-160/EP5/E3.

Die Ergebnisse für alle untersuchten WEA sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

WEA Nr.	Typ	Turbulenzklasse	max. $v_{b,0}(h)$ zul.	ber. $v_{b,0}(h)$	$v_{b,0}(h)$ zzgl. U 30 %
		gem. /2/	m/s	m/s	m/s
WEA 1	E-160/EP5/E3	A	37,5	26,2	34,1
WEA 2	E-160/EP5/E3	A	37,5	27,6	35,9
WEA 3	E-160/EP5/E3	A	37,5	27,6	35,9
WEA 4	E-160/EP5/E3	A	37,5	26,2	34,1
WEA 5	E-160/EP5/E3	A	37,5	27,6	35,9
Mittelwert	-	-	-	27,0	35,2

4 Nachweis der Topografischen Komplexität

Für die Standorteignung muss gemäß /2/ die topographische Komplexität des Standortes nachgewiesen werden. Dazu muss im Nahfeld um jede WEA die Geländeneigung und-veränderlichkeit geprüft werden. Die Prüfung der topographischen Komplexität des Geländes ist kein alleiniges KO-Kriterium. Es soll helfen komplexe Standorte zu erkennen. Bei komplexen Standorten wird dann ggf. die Umgebungsturbulenz mit einem Korrekturfaktor für die Turbulenzstruktur korrigiert. Durch die Korrektur wird

der Umstand, dass die sich sonst meist maßgeblich aus der horizontale Komponente sich ergebende Umgebungsturbulenz im komplexen Gelände durch relevante Anteile aus der vertikalen Komponente erhöht werden kann.

Die folgende Tabelle zeigt die Grenzwerte der topographischen Komplexität gemäß /2/:

Radius / Abstand	Anzahl	Anpassungsart	Max. Neigung	Max. vertikale Abweichung	Max. zulässige Fläche mit Überschreitung der Abweichung
5xNH	1	Omni. (360°)	10°	0.3xNH	5xNH ²
10xNH	12	Sektor (30°)	10°	0.6xNH	5xNH ²
20xNH	12	Sektor (30°)	10°	1.2xNH	5xNH ²

In der verwendeten Software Windpro wird eine Anzahl von Ebenen in Form von Ringen und „Tortenstücken“ um die WEA an das Gelände und die –neigung angenähert. Die Veränderungen jeder Ebene werden einzeln evaluiert. Im Folgenden werden die Anforderungen näher beschrieben. Die Software nutzt dazu das digitale Höhenmodell (DHM), welches im Projekt hinterlegt ist.

Die Auflösung eines Höhenrasters wurde mit maximal 100 m gewählt. Dies entspricht den Forderungen nach /2/. Alternativ ist auch nach /2/ ein maximales Raster von 1,5 x NH möglich. Das gewählte Raster wird durch die Auflösung der verwendeten Höhendaten abgedeckt.

Im Ergebnis wird der Komplexitäts-Index i_c gemäß /2/ für jede WEA-Position dargestellt. Ist der Index 1, so ist eine Anlagen-Position komplex, ist der Index 0, ist sie nicht komplex. Liegt der Index zwischen 0 und 1, deutet das auf einen teilweise komplexen Standort hin. Die diesbezüglichen Ergebnisberichte aus der verwendeten Software liegen im Anhang bei.

Tabelle mit Ergebnis der Geländekomplexitäten

WEA Nr.	Komplexitäts-Index i_c
WEA 1	0
WEA 2	0
WEA 3	0
WEA 4	0
WEA 5	0

Bei den untersuchten WEA ist an jedem Standort der Komplexitäts-Index $i_c = 0$. Der Standort jeder untersuchten WEA ist somit als nicht-komplex zu bewerten. Weitere Zuschläge zu den Turbulenzwerten sind nicht erforderlich.

5 Turbulenzannahmen gemäß DIBt /1/, /2/, /3/

Gemäß der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2/ ist der Einfluss benachbarter WEA auf Auswirkungen für die Turbulenzintensität zu untersuchen.

In der neueren Fassung der DIBt-Richtlinie von 2012 /2/ werden WEA auf Basis einer windgeschwindigkeitsabhängigen Turbulenzintensität, ausgelegt. Die Turbulenzintensität, auf deren Basis eine WEA auszulegen ist, wurde in der älteren Fassung der DIBt-Richtlinie für Windkraftanlagen von 1993 /3/ konstant mit 20% für alle Windgeschwindigkeiten angenommen.

Nur die neue Fassung der DIBt-Richtlinie /2/ für Windenergieanlagen ist aufgrund der geplanten WEA, die auf Grundlage der neuen DIBt-Richtlinie von 2012 /2/ typengeprüft sind, zu berücksichtigen.

Es wird hier ermittelt, welche sich durch den Windpark und seine Konfiguration entstehenden Turbulenzintensitäten ergeben. Diese werden mit der in der Auslegung der WEA zugrunde gelegten maximal zulässigen Turbulenzintensität verglichen.

Im vorliegenden Fall wird aufgrund der geplanten WEA nur auf Basis der neuen DIBt-Richtlinie von 2012 /2/ gerechnet.

Für die verschiedenen WEA ergibt sich zulässige Turbulenzintensitäten je Anlagentyp und Auslegung gemäß der nachfolgenden Tabelle:

WEA Nr.	Typ	Durchmesser Rotor	max. TI zul.	bei v Wind *)	Turbulenzklasse*)	Windzone
		m	%	m/s	gem. /2/	gem. /2/
WEA 1	E-160/EP5/E3	160,0	18,0	15,0	A	2
WEA 2	E-160/EP5/E3	160,0	18,0	15,0	A	2
WEA 3	E-160/EP5/E3	160,0	18,0	15,0	A	2
WEA 4	E-160/EP5/E3	160,0	18,0	15,0	A	2
WEA 5	E-160/EP5/E3	160,0	18,0	15,0	A	2

*) Die windgeschwindigkeitsabhängige Darstellung der zulässigen Turbulenzintensität erfolgt hier vereinfacht für das Intervall 15 m/s, die Darstellung der übrigen Intervalle ist der Ergebnistabelle zu entnehmen. Die Turbulenzklasse ergibt sich gemäß den festgesetzten Annahmen in der Typenstatik der jeweiligen WEA.

Diese zulässigen Turbulenzintensitäten werden an diesem Standort durch die umgebenden Anströmungsstörungen nicht erreicht. Zur Untersuchung der zulässigen Turbulenzintensitäten muss jedoch auch die Nachlaufströmung der WEA berücksichtigt werden.

6 Methodik zur Ermittlung Gesamtturbulenz für jeden WEA Standort

Die Annahmen des verwendeten Berechnungsmodells in der Software „WindPRO“ (Vers. 3.1) für die Turbulenzberechnung des Nachlaufes basieren auf dem Modell von S. Frandsen und M.L. Thogersen /4/. Die Implementierung dieses Modells ist auch Gegenstand der DIBt - Richtlinie /1/ und /2/ und wird in den Richtlinien empfohlen. Die zugrundeliegenden Formeln der DIBt-Richtlinie aus dem Modell /4/ sind im Folgenden dargestellt.

Die Gesamtturbulenz I_{eff} (Umgebung und Nachstrom benachbarter WEA) für jede WEA wird für die verschiedenen Windgeschwindigkeitsintervalle gemäß /1/ und /2/ mit den nachfolgenden Formeln ermittelt. Der Einfluss erhöhter Turbulenzen in der Nachlaufströmung während des Betriebes benachbarter, im Abstand a_i von der betrachteten Anlage stehender Windenergieanlagen i , darf beim Nachweis der Ermüdungssicherheit durch eine effektive Turbulenzintensität I_{eff} berücksichtigt werden.

Mit $s_i = a_i/D$, wobei für D der jeweils größere Rotordurchmesser einzusetzen ist, gilt für den Fall, dass $\min s_i \geq 10$:

$$I_{eff} = \frac{\sigma_1}{v_{hub}} \quad (1)$$

für den Fall das $\min s_i < 10$

$$I_{eff} = \left[(1 - n \cdot p_w) \cdot \left(\frac{\sigma_1}{v_{hub}} \right)^m + p_w \sum_{i=1}^n I_T^m \cdot (s_i) \right]^{1/m} \quad (2)$$

Dabei ist:

p_w die Wahrscheinlichkeit der Nachlaufsituation; sie wird mit $p_w = 0,06$ angenommen

I_T die maximale Turbulenzintensität in Nabenhöhe der jeweiligen Anlage

$$I_T = \sqrt{\frac{1}{\left[1,5 + 0,8 \cdot \frac{s_i}{\sqrt{C_T}}\right]^2} + \left(\frac{\sigma_1}{v_{hub}}\right)^2} \quad (3)$$

s_i der auf den größten Rotordurchmesser bezogene dimensionslose Abstand von der Turmachse der betrachteten Windenergieanlage zur Turmachse der benachbarten Windenergieanlage i

n die Anzahl der benachbarten Windenergieanlagen

m der Exponent der Wöhler-Kurve für den Werkstoff des betrachteten Bauteiles, für Stahl $m = 3$, für GFK $m = 10$

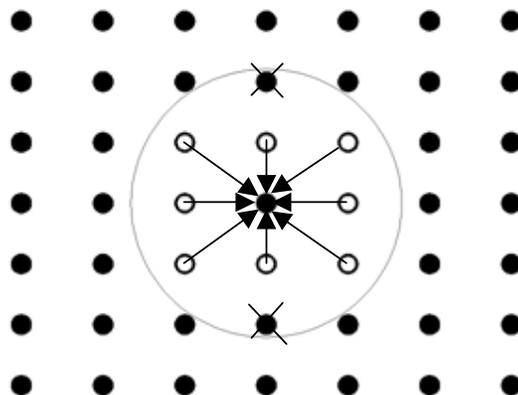
σ_1 die Standardabweichung der örtlichen Umgebungsturbulenz in Meter pro Sekunde

v_{hub} die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe in Meter pro Sekunde

C_T Schubbeiwert des Rotors, bezogen auf die umschriebene Rotorfläche

Einflüsse durch die Nachlaufströmung von Windenergieanlagen, die durch weitere Anlagen verdeckt sind, brauchen gemäß /1/ und /2/ nicht berücksichtigt zu werden. So sind z. B von den in einer Reihe angeordneten Anlagen nur die beiden unmittelbar benachbarten Anlagen zu berücksichtigen. Bei einer Windparkanordnung ist die Anzahl n der bei der Ermittlung von I_{eff} zu berücksichtigenden benachbarten Windenergieanlagen dem Bild unten zu entnehmen.

Die Anzahl der benachbarten WEA wird wie folgt festgelegt:



Als benachbart gelten die WEA in dem Kreis

Für nur 2 WEA wird $N = 1$ gesetzt.

Für 1 Reihe von WEA wird $N = 2$ gesetzt.

Für 2 Reihen von WEA wird $N = 5$ gesetzt.

Für mehr als 2 Reihen von WEA wird $N = 8$ gesetzt.

Sollten im Park mehr als fünf Reihen hintereinander gelegen sein, die mit dem gewählten Modell nicht mehr abgedeckt sind, ist davon auszugehen, dass der Park selbst stark das umgebende Windgeschehen beeinflusst. Ebenso, wenn der Abstand zwischen WEA in Reihen senkrecht zur Hauptwindrichtung weniger als drei Rotordurchmesser beträgt, muss ein Anstieg der durchschnittlichen Turbulenz berücksichtigt werden. In diesem Falle werden die Berechnungen der Turbulenzintensität durch die Formeln (4) und (5) vorgenommen.

$$\sigma'_1 = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_1^2} + \sigma_1 \quad (4)$$

Dabei ist

$$\sigma_w = \frac{0,36 \cdot v_{hub}}{1 + 0,2 \cdot \sqrt{\frac{s_r \cdot s_f}{C_T}}} \quad (5)$$

mit

s_r, s_f die auf den größten Rotordurchmesser bezogenen dimensionslosen Abstände innerhalb einer Reihe bzw. zwischen den Reihen

C_T Schubbeiwert des Rotors, bezogen auf die umschriebene Rotorfläche

7 Ermittlung Gesamtturbulenz i_{eff} für jeden WEA Standort

Mit den in Kap. 6 beschriebenen Methoden bei Annahme des Wöhler Exponenten $m = 10$ für GFK wurden für jeden WEA-Standort die Nachstromturbulenzen unter Berücksichtigung der in /6/ ermittelten Umgebungsturbulenz bzw. der repräsentativen Umgebungsturbulenz ermittelt. Maßgeblich ist die sich durch Wichtung der Windhäufigkeiten ergebende mittlere auftretende Turbulenzintensität. Unter Berücksichtigung der Umgebungsturbulenzen nach /4/ und /5/ ergeben sich dann durch die benachbarten WEA gemäß dem Modell in /2/ max. Gesamtturbulenzen für jeden WEA Standort entsprechend der nachfolgenden Tabelle:

Tabellarische Darstellung der Berechnungsergebnisse

WEA Nr.	DIBt 2012											
	Windgeschwindigkeitsklassen in m/s											
	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26
	zulässige Auslegungswerte Turbulenzintensität in %											
	42,0	29,9	24,8	22,0	20,1	18,9	18,0	17,3	16,7	16,3	15,9	15,6
gem. DIBt 2012 berechnete Werte I_{eff} in %												
WEA 1	23,1	21,4	20,3	19,6	19,0	18,5	<i>18,1</i>	17,8	17,5	17,3	17,1	16,9
WEA 2	21,1	19,7	18,8	18,2	17,7	17,3	17,0	16,7	16,5	16,3	16,1	15,9
WEA 3	27,2	24,8	23,2	22,0	21,2	20,5	19,9	19,4	19,0	18,6	18,2	18,0
WEA 4	22,3	20,9	19,9	19,3	18,8	18,4	18,0	17,7	17,5	17,3	17,1	16,9
WEA 5	19,1	18,2	17,5	17,1	16,7	16,5	16,2	16,0	15,9	15,7	15,6	15,5

Die maximale mittlere Gesamtturbulenz bei Windgeschwindigkeiten 14-16 m/s ergibt sich an WEA 3 mit 19,9 %. Etwaige Überschreitungen bei den jeweiligen Bins sind *kursiv* dargestellt.

Es ergeben sich gemäß den getätigten Berechnungen an allen WEA außer WEA 5 teilweise massive Überschreitungen der zulässigen Turbulenzintensitäten. Dies resultiert aus den recht geringen Abständen der WEA untereinander von 2,3D bis 2,5D (D=Rotordurchmesser). Vor allem die sich im Zentrum der Windpark-Planung befindliche WEA 3 ist davon massiv betroffen. Dadurch entstehen an den WEA 1 – 4 recht hohe Belastungshäufigkeiten, die nach den Auslegungskriterien des Anlagenherstellers, analog den Anforderungen gemäß DIBt 2012 /2/ als nicht verträglich anzusehen sind. Ebenso sind Berechnungen von I_{eff} bei Abständen unter 2,5 D nur bedingt belastbar. Nur durch sektorielles Management kann die Standsicherheit in Bezug auf die Turbulenzbelastungen gewährleistet werden.

Die geplante WEA 1 muss wegen Überschreitungen der zulässigen Turbulenzwerte I_{eff} an WEA 2 ab 23,0 m/s (Bin 22-24 m/s) abgeschaltet werden. Die Abschaltung erfolgt nur bei Windanströmung in einem Gradbereich von 44,5° bis 92,3° (68,4°±23,9°). Die Winkel beziehen sich auf den geographischen Norden, wobei Nord gleich 0° ist. Alternativ ist auch die Abschaltung der beeinflussten WEA 2 bei den gleichen Anströmungswinkeln möglich.

Die geplante WEA 1 muss wegen Unterschreitung des Abstandes von 2,5-mal Rotordurchmesser zu WEA 3 voll, d.h. bei allen Windgeschwindigkeiten abgeschaltet

werden. Die Abschaltung erfolgt nur bei Windanströmung in einem Gradbereich von $341,8^\circ$ bis $38,8^\circ$ ($10,3^\circ \pm 28,5^\circ$). Die Winkel beziehen sich auf den geographischen Norden, wobei Nord gleich 0° ist. Alternativ ist auch die Abschaltung der betroffenen *WEA 3* bei den gleichen Anströmungswinkeln möglich.

Die geplante *WEA 2* muss wegen Überschreitungen der zulässigen Turbulenzwerte I_{eff} an *WEA 1* ab $23,0$ m/s (Bin 22-24 m/s) abgeschaltet werden. Die Abschaltung erfolgt nur bei Windanströmung in einem Gradbereich von $224,8^\circ$ bis $272,0^\circ$ ($248,4^\circ \pm 23,6^\circ$). Die Winkel beziehen sich auf den geographischen Norden, wobei Nord gleich 0° ist. Alternativ ist auch die Abschaltung der beeinflussten *WEA 1* bei den gleichen Anströmungswinkeln möglich.

Die geplante *WEA 3* muss wegen Unterschreitung des Abstandes von 2,5-mal Rotordurchmesser zu *WEA 1* voll, d.h. bei allen Windgeschwindigkeiten abgeschaltet werden. Die Abschaltung erfolgt nur bei Windanströmung in einem Gradbereich von $162,1^\circ$ bis $218,5^\circ$ ($190,3^\circ \pm 28,2^\circ$). Die Winkel beziehen sich auf den geographischen Norden, wobei Nord gleich 0° ist. Alternativ ist auch die Abschaltung der betroffenen *WEA 1* bei den gleichen Anströmungswinkeln möglich.

Die geplante *WEA 3* muss wegen Unterschreitung des Abstandes von 2,5-mal Rotordurchmesser zu *WEA 4* voll abgeschaltet werden. Die Abschaltung erfolgt nur bei Windanströmung in einem Gradbereich von $275,4^\circ$ bis $334,6^\circ$ ($305,0^\circ \pm 29,6^\circ$). Die Winkel beziehen sich auf den geographischen Norden, wobei Nord gleich 0° ist. Alternativ ist auch die Abschaltung der betroffenen *WEA 4* bei den gleichen Anströmungswinkeln möglich.

Die geplante *WEA 3* muss wegen Unterschreitung des Abstandes von 2,5-mal Rotordurchmesser zu *WEA 5* voll abgeschaltet werden. Die Abschaltung erfolgt nur bei Windanströmung in einem Gradbereich von $31,2^\circ$ bis $88,4^\circ$ ($59,8^\circ \pm 28,6^\circ$). Die Winkel beziehen sich auf den geographischen Norden, wobei Nord gleich 0° ist. Alternativ ist auch die Abschaltung der betroffenen *WEA 5* bei den gleichen Anströmungswinkeln möglich.

Die geplante *WEA 4* muss wegen Unterschreitung des Abstandes von 2,5-mal Rotordurchmesser zu *WEA 3* voll abgeschaltet werden. Die Abschaltung erfolgt nur bei Windanströmung in einem Gradbereich von $95,1^\circ$ bis $154,9^\circ$ ($125,0^\circ \pm 29,9^\circ$). Die Winkel beziehen sich auf den geographischen Norden, wobei Nord gleich 0° ist.

Alternativ ist auch die Abschaltung der betroffenen WEA 3 bei den gleichen Anströmungswinkeln möglich.

Die geplante WEA 5 muss wegen Unterschreitung des Abstandes von 2,5-mal Rotordurchmesser zu WEA 3 voll abgeschaltet werden. Die Abschaltung erfolgt nur bei Windanströmung in einem Gradbereich von $211,2^\circ$ bis $268,4^\circ$ ($239,8^\circ \pm 28,6^\circ$). Die Winkel beziehen sich auf den geographischen Norden, wobei Nord gleich 0° ist. Alternativ ist auch die Abschaltung der betroffenen WEA 3 bei den gleichen Anströmungswinkeln möglich.

Mit dem hier eingesetzten Verfahren, sowie den angesetzten Randbedingungen ergeben sich gegenüber einer detaillierten Lastberechnung konservative Werte für die effektiven Turbulenzintensitäten sowie deren Auswirkungen auf die Standsicherheit. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei Durchführung einer detaillierten Lastrechnung im Vergleich zum verwendeten Verfahren eventuell ein geringeres sektorielles Management möglich ist.

8 Schlussbetrachtung

Für den Standort Ostervesede sind für den Nachweis der Standsicherheit die gemäß /2/ notwendigen Parameter der Standorteignung und die Gesamtturbulenz I_{eff} berechnet worden. Die in die Berechnung eingehenden Umgebungsturbulenzen sowie die durchschnittlichen und sektoriellen Windparameter sind dem Kap. 2 zu entnehmen.

Die Jahresmittelwindgeschwindigkeit an diesem Standort beträgt gem. Berechnungen PLANKon $6,62 \text{ m/s}$ in $119,8 \text{ m}$ und $7,32 \text{ m/s}$ in $166,6 \text{ m}$ Nabenhöhe. Die Ergebnisse der Umgebungsturbulenzberechnungen /6/ sind die Eingangswerte der Gesamtturbulenzberechnungen. Zur Begutachtung des Standortes wurde von PLANKon eine Ortsbegehung durchgeführt.

Die Parameter der Standorteignung liegen alle im Rahmen der Vorgaben gemäß /2/.

Die zulässige Gesamtturbulenz I_{eff} wird an mehreren WEA-Standorten überschritten (vgl. Kap. 7).

Die Aufstellung ist mit den Auslegungsgrundlagen gemäß /2/ der betroffenen Standorte unter dem Gesichtspunkt der Gesamtturbulenz I_{eff} je WEA gemäß der vorliegenden Berechnung zur Zeit nicht als verträglich anzusehen. Es muss ein sektorielles

Management gemäß Kap. 7 durchgeführt werden, da sonst die Standsicherheit aus Sicht der Turbulenzwerte I_{eff} nicht gewährleistet ist. Das sektorielle Management gem. Kap. 7 kann reduziert werden, wenn dies durch den Hersteller im Zuge einer detaillierten Lastrechnung nachgewiesen wird.

Eine Gewähr für die sich tatsächlich einstellenden Turbulenzen kann aufgrund der komplexen physikalischen Zusammenhänge der Thematik nicht übernommen werden.

Für die Umgebungsturbulenz wurde in Kenntnis dieser Umstände ein Sicherheitszuschlag von 20 % zzgl. einer Erhöhung zur Berücksichtigung der 95%igen Eintrittswahrscheinlichkeit (Faktor $1,28 * 20 \%$) berücksichtigt. Hiermit wird die Forderung des Ansatzes der 1,28 fachen Standardabweichung der Turbulenzintensität nach /2/ erfüllt.

Die vorliegende Berechnung wurde vom Ing.-Büro PLANKon gemäß dem Stand der Technik nach bestem Wissen und Gewissen unparteiisch erstellt.

Oldenburg, den 03.12.2021

Dipl.-Ing. Roman Wagner vom Berg
(Technischer Leiter)

9 Literaturhinweise

- /1/ Richtlinie des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt) „Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ Fassung März 2004; DIBt, Berlin
- /2/ Richtlinie des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt) „Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ Fassung Oktober 2012; DIBt, Berlin
- /3/ Richtlinie des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt) „Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“ Fassung Juni 1993; 2. Auflage 1995; DIBt, Berlin
- /4/ S. Frandsen M.L. Thorgersen, Integrated Fatigue Loading for Wind Turbines in Wind Farms by Combining Ambient Turbulence and Wakes, Wind Engineering, Volume 23, No. 6. 1999
- /5/ DIN EN 61400-1 Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen; Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010
- /6/ PLANKon, Turbulenzabschätzung am Standort Ostervesede, Bericht Nr. PK 2015014-UTA-B vom 03.12.2021

10 Anlagen zum Gutachten der Gesamtturbulenz am Standort Ostervesede

1 Blatt Lageplan mit Darstellung der WEA

5 Blatt Berechnung des 50-Jahres Windes

2 Blatt Berechnung Nachweis der topografischen Komplexität des Geländes i_c

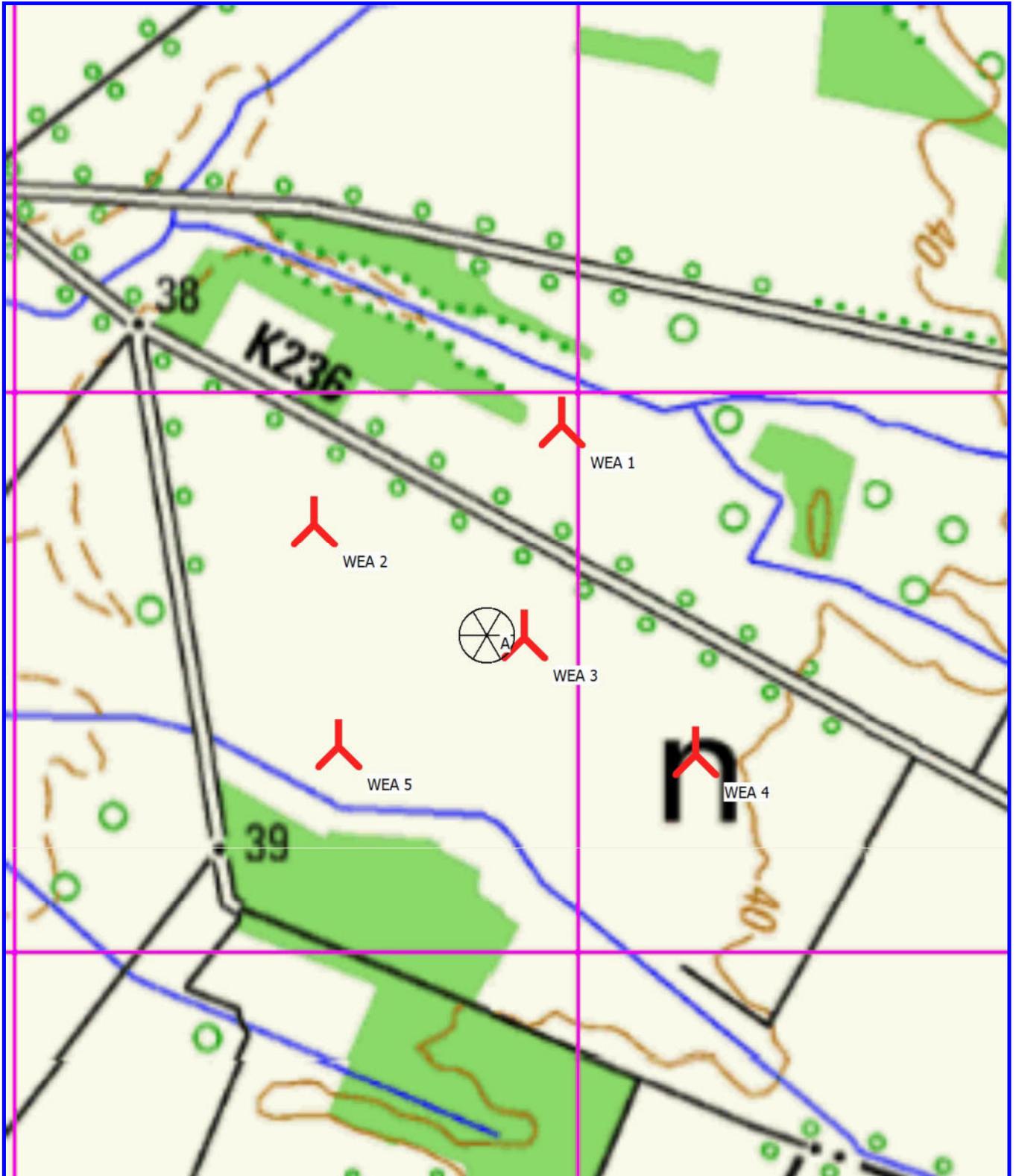
Projekt:
Ostervesede

Lizenzierter Anwender:
Ingenieurbüro PLANKon
Blumenstrasse 26
DE-26121 Oldenburg
0441 390 34 - 0
ceglarek / ceglarek@plankon.de
Berechnet:
30.11.2021 17:38/3.1.617



PARK - Karte

Berechnung: 5 Enercon E-160/EP5/E3/5,56MW mit 2x 119,8 m und 3x mit 166,6 m Nh



0 100 200 300 400 m

Karte: TK50t , Maßstab 1:10.000, Mitte: ETRS 89 Zone: 32 Ost: 541.787 Nord: 5.887.730
Standortdaten

Neue WEA



SITE COMPLIANCE - Extremwind

Berechnung: 2 von 5 Enercon E-160/EP5/E3 mit 119,8 m NH

Auslegungsnorm: IEC61400-1 ed. 4 (2019)

Ergebnis: **OK**

Grundlagen der Prüfung

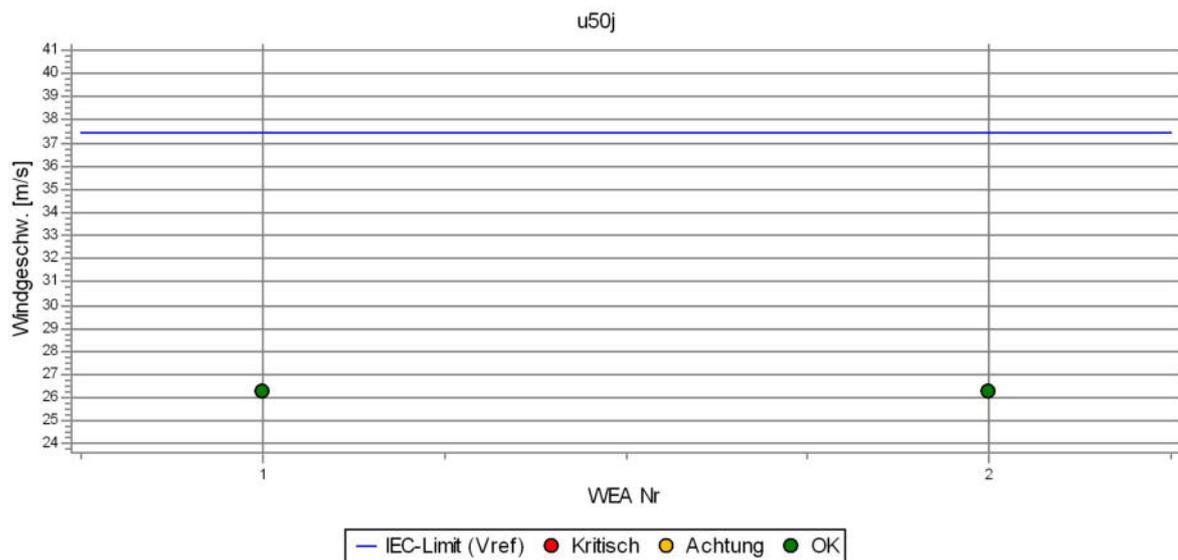
Verwendete Methode	AM_Kein Modell	(Qualität: A+C)	
Methodendetails	<u>Statistisches Modell</u>	Jährliches Maximum & Gumbel *)	
	<u>Ausbreitungsmodell</u>	Kein Modell (Mast ist repräsentativ)	
	<u>Weitere Einstellungen</u>	Luftdichtekorrektur	Individuelle Mittelwerte aus Luftdichte-Prüfung verwenden
		Sicherheitsfaktor für COV > 0,15 (IEC61400-1 Ed. 4)	
Verfügbare Methoden	<u>Statistisches Modell</u>	<u>Ausbreitungsmodell</u>	<u>Weitere Einstellungen</u>
	AM (A)	WAsP-CFD / Flowres (erweiterte Mast-WEA Speed-ups) (C)	Luftdichtekorrektur
	POT-N (B)	WEng (Sektorweise Mast-zu-WEA Speed-Up) (C)	Langzeit-Indexkorrektur
	Weibull (C)	WAsP (Sektorweise Speed-Up) (C)	k-Parameter vorkonditioniert
		Shear (nur sektorweise Vertikalextrapolation) (C)	3s-Bö Schätzung
		Kein Modell (Mast ist repräsentativ) (C)	Sicherheitsfaktor für COV > 0,15 (IEC61400-1 Ed. 4)

Anwender-Anmerkung

IEC-Limits

IEC-Klasse	Max Extremwind (Vref)
	[m/s]
IIIA	37,5

Ergebnis (Grafik)

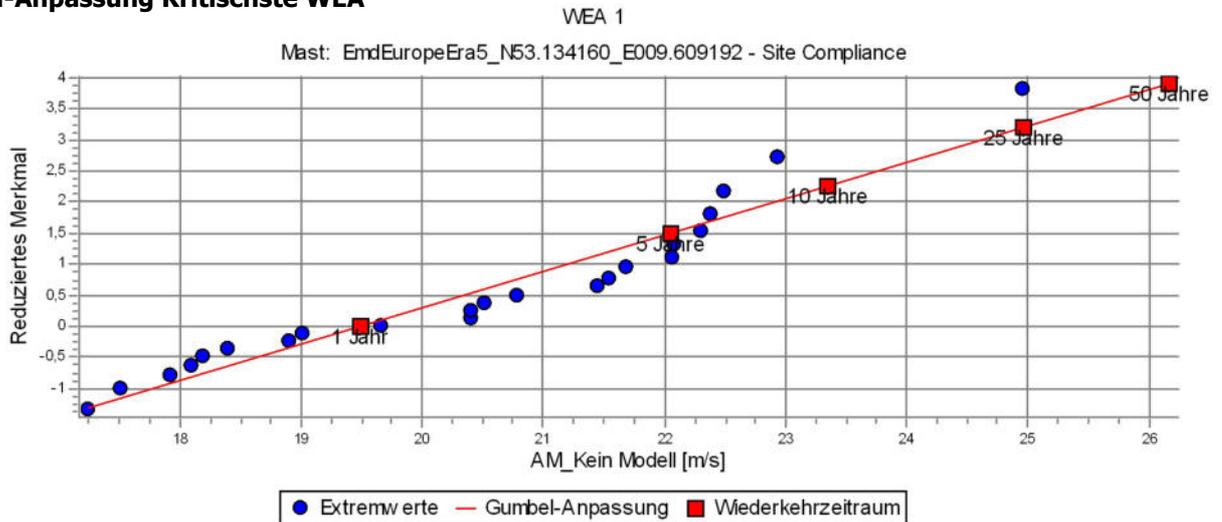


Ergebnis (Tabelle)

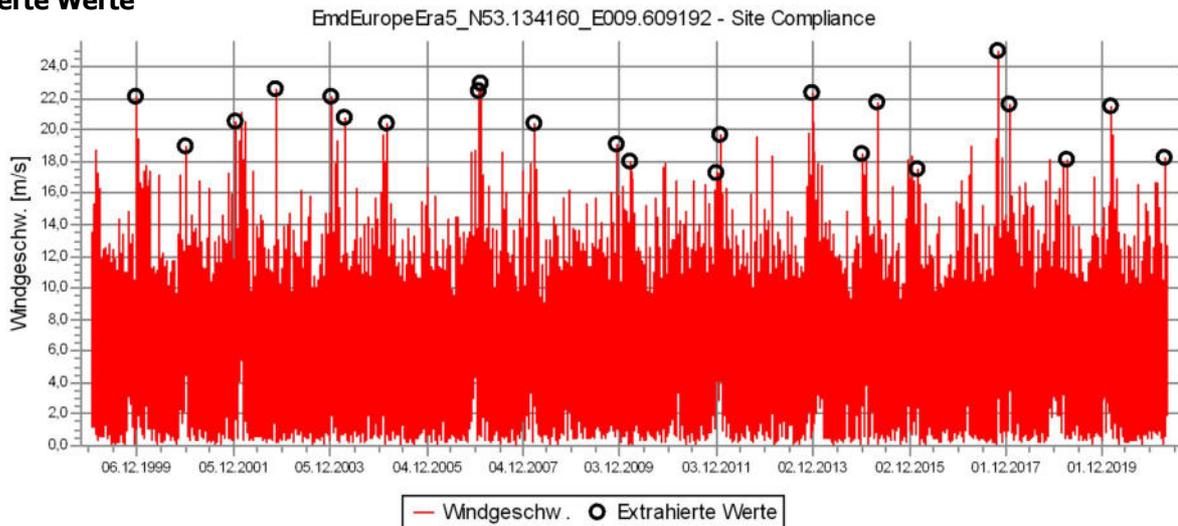
WEA	Klasse	Mast	u50j	Luftdichtekorrektur	Sqrt(?) (Sicherheitsfaktor)
			[m/s]	[-]	[-]
WEA 1	IIIA	A	26,2	1,00	1,00
WEA 4	IIIA	A	26,2	1,00	1,00

SITE COMPLIANCE - Extremwind

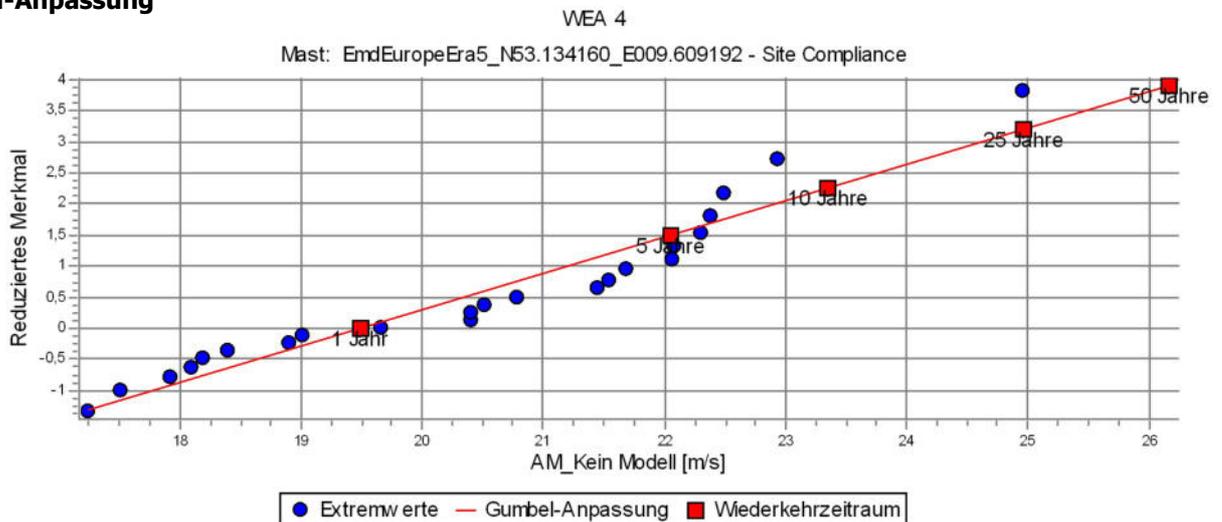
Berechnung: 2 von 5 Enercon E-160/EP5/E3 mit 119,8 m NH
Gumbel-Anpassung Kritischste WEA



Extrahierte Werte



Gumbel-Anpassung



SITE COMPLIANCE - Extremwind

Berechnung: 3 von 5 Enercon E-160/EP5/E3 mit 166,6 m NH

Auslegungsnorm: IEC61400-1 ed. 4 (2019)

Ergebnis: **OK**

Grundlagen der Prüfung

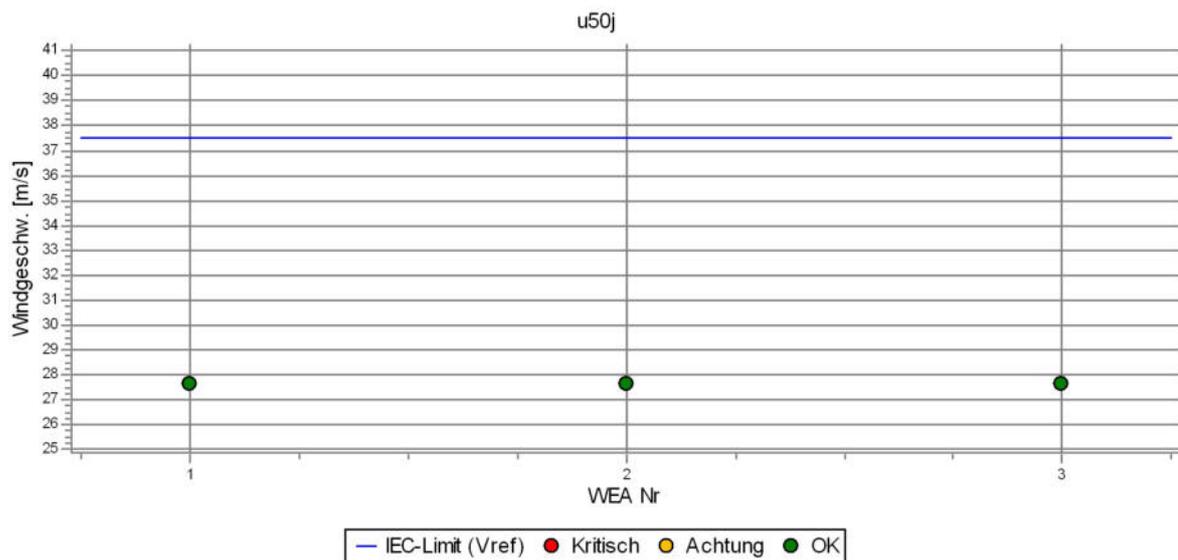
Verwendete Methode	AM_Kein Modell	(Qualität: A+C)	
Methodendetails	<u>Statistisches Modell</u>	Jährliches Maximum & Gumbel *)	
	<u>Ausbreitungsmodell</u>	Kein Modell (Mast ist repräsentativ)	
	<u>Weitere Einstellungen</u>	Luftdichtekorrektur	Individuelle Mittelwerte aus Luftdichte-Prüfung verwenden
		Sicherheitsfaktor für COV > 0,15 (IEC61400-1 Ed. 4)	
Verfügbare Methoden	<u>Statistisches Modell</u>	<u>Ausbreitungsmodell</u>	<u>Weitere Einstellungen</u>
	AM (A)	WAsP-CFD / Flowres (erweiterte Mast-WEA Speed-ups) (C)	Luftdichtekorrektur
	POT-N (B)	WEng (Sektorweise Mast-zu-WEA Speed-Up) (C)	Langzeit-Indexkorrektur
	Weibull (C)	WAsP (Sektorweise Speed-Up) (C)	k-Parameter vorkonditioniert
		Shear (nur sektorweise Vertikalextrapolation) (C)	3s-Bö Schätzung
		Kein Modell (Mast ist repräsentativ) (C)	Sicherheitsfaktor für COV > 0,15 (IEC61400-1 Ed. 4)

Anwender-Anmerkung

IEC-Limits

IEC-Klasse	Max Extremwind (Vref)
	[m/s]
IIIA	37,5

Ergebnis (Grafik)

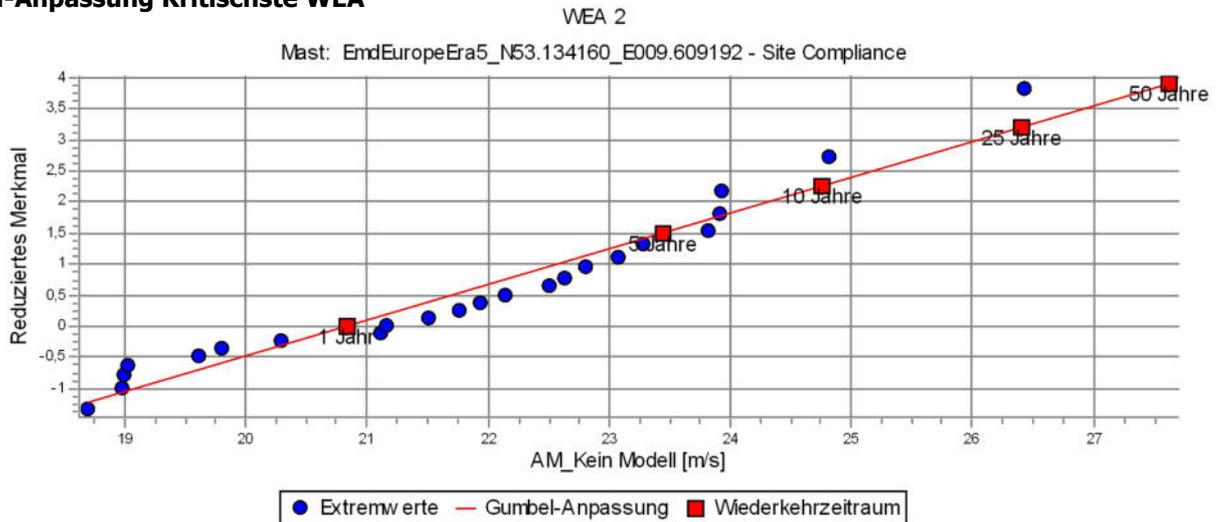


Ergebnis (Tabelle)

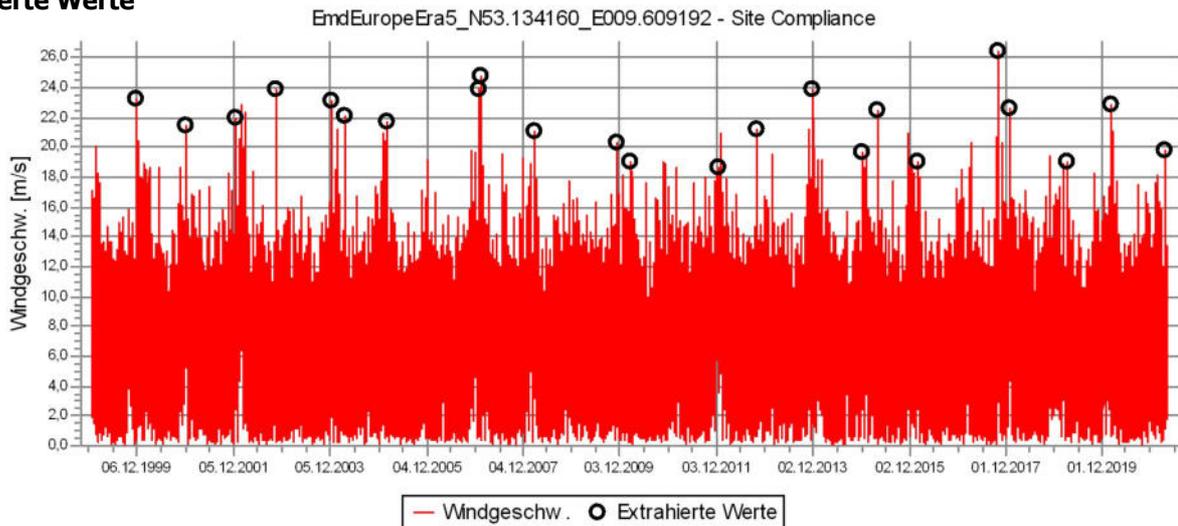
WEA	Klasse	Mast	u50j [m/s]	Luftdichtekorrektur [-]	Sqrt(?) (Sicherheitsfaktor) [-]
WEA 2	IIIA	A	27,6	1,00	1,00
WEA 3	IIIA	A	27,6	1,00	1,00
WEA 5	IIIA	A	27,6	1,00	1,00

SITE COMPLIANCE - Extremwind

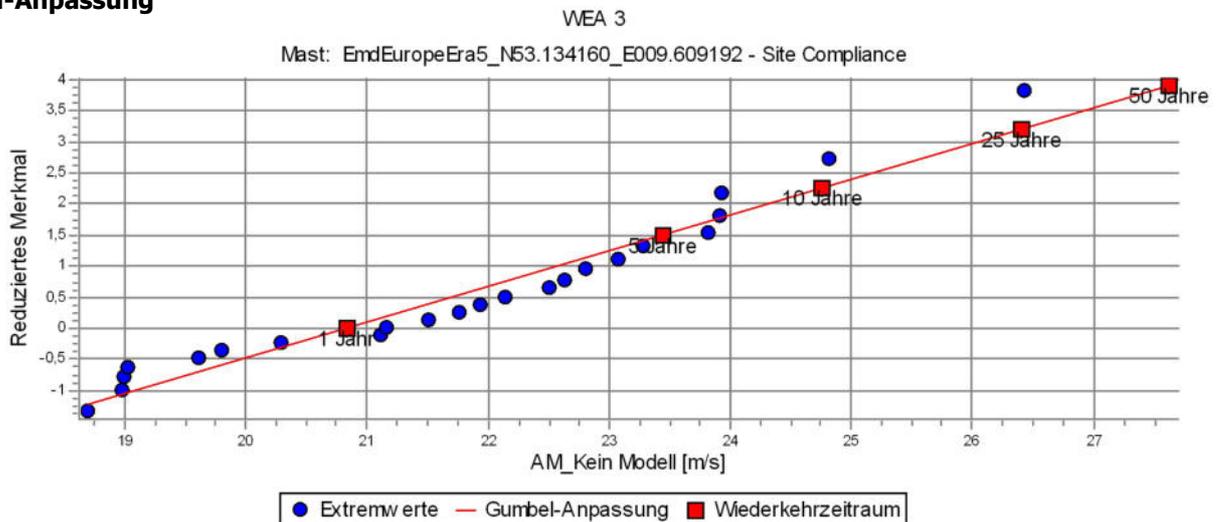
Berechnung: 3 von 5 Enercon E-160/EP5/E3 mit 166,6 m NH
Gumbel-Anpassung Kritischste WEA



Extrahierte Werte



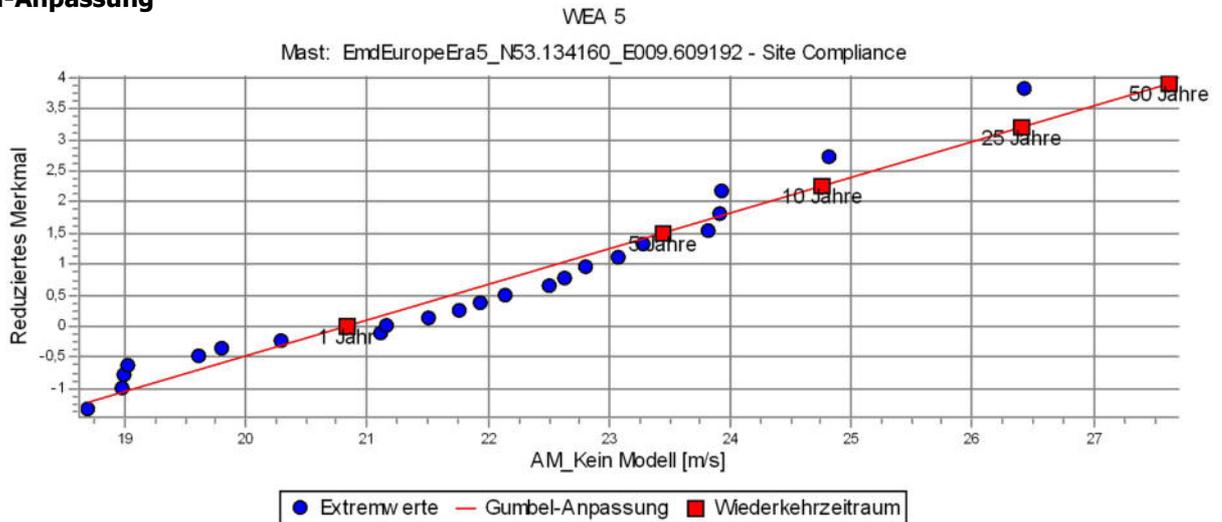
Gumbel-Anpassung



SITE COMPLIANCE - Extremwind

Berechnung: 3 von 5 Enercon E-160/EP5/E3 mit 166,6 m NH

Gumbel-Anpassung



SITE COMPLIANCE - Komplexität Gelände

Berechnung: 2 von 5 Enercon E-160/EP5/E3 mit 119,8 m NH

Auslegungsnorm: IEC61400-1 ed. 4 (2019)

Ergebnis: **OK**

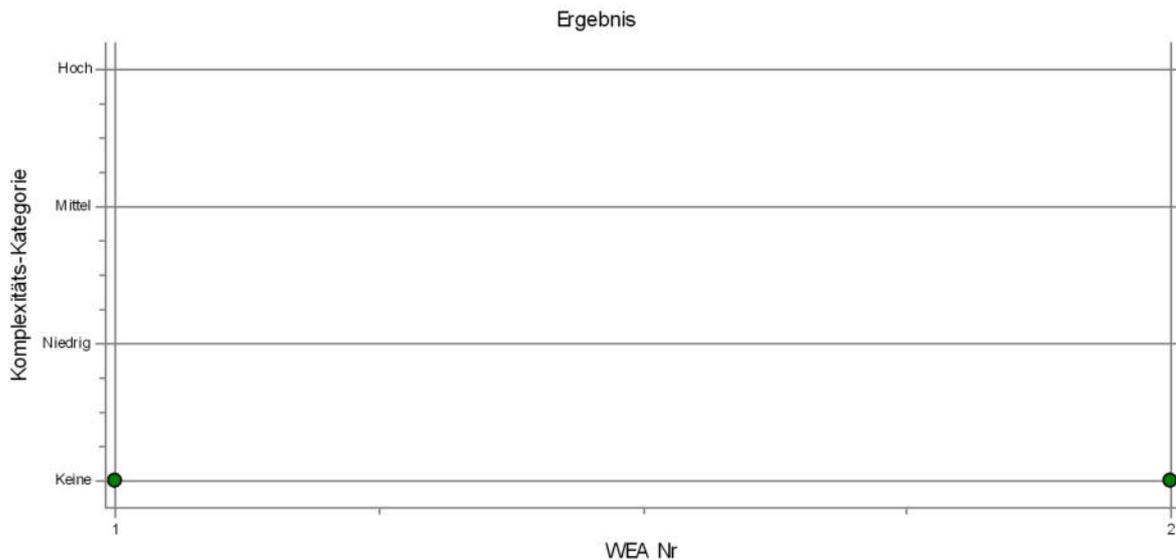
Grundlagen der Prüfung

Verwendete Methode	Aktives DHM
Methodendetails	Höhenmodell (Linien- oder Höhenraster-Objekt)
	Rasterweite: 50,00 m
Verfügbare Methoden	Aktives DHM
Anwender-Anmerkung	

IEC-Limits

	Keine	Niedrig	Mittel	Hoch
Höchste TVI	<2%	=2%	=4%	=6%
Höchste TSI	<10°	=10°	=15°	=20°
Cct	1,00	1,05	1,10	1,15

Ergebnis (Grafik)



Ergebnis (Tabelle)

WEA	Klasse	Komplexitäts-Kategorie	Cct	Höchste TSI [Deg]	Höchste TVI [%]
WEA 1	IIIA	Keine	1,00	0,1	0,0
WEA 4	IIIA	Keine	1,00	0,2	0,0

SITE COMPLIANCE - Komplexität Gelände

Berechnung: 3 von 5 Enercon E-160/EP5/E3 mit 166,6 m NH

Auslegungsnorm: IEC61400-1 ed. 4 (2019)

Ergebnis: **OK**

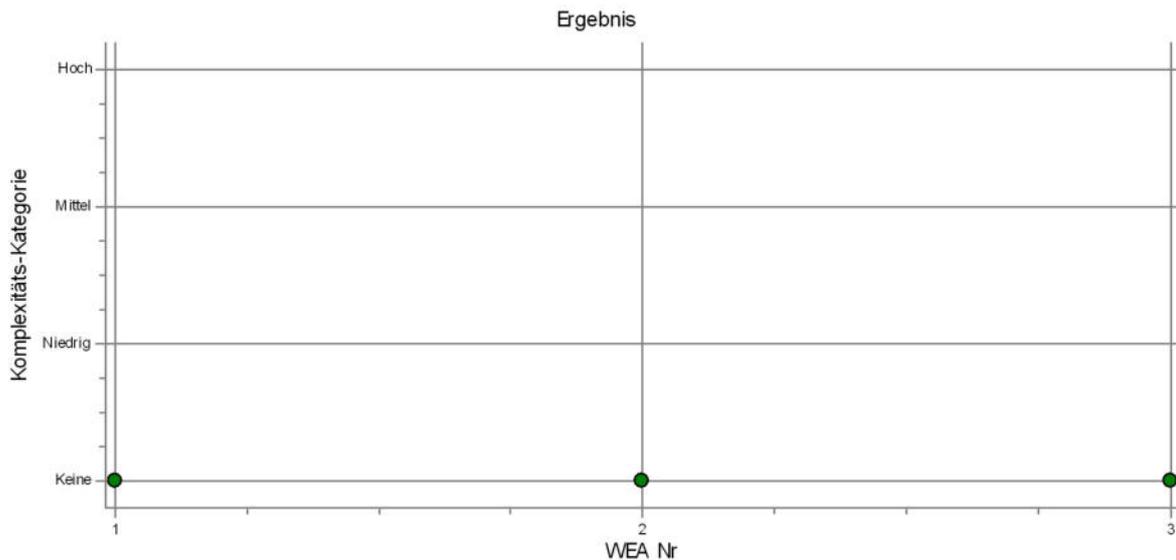
Grundlagen der Prüfung

Verwendete Methode	Aktives DHM
Methodendetails	Höhenmodell (Linien- oder Höhenraster-Objekt)
	Rasterweite: 50,00 m
Verfügbare Methoden	Aktives DHM
Anwender-Anmerkung	

IEC-Limits

	Keine	Niedrig	Mittel	Hoch
Höchste TVI	<2%	=2%	=4%	=6%
Höchste TSI	<10°	=10°	=15°	=20°
Cct	1,00	1,05	1,10	1,15

Ergebnis (Grafik)



Ergebnis (Tabelle)

WEA	Klasse	Komplexitäts-Kategorie	Cct	Höchste TSI [Deg]	Höchste TVI [%]
WEA 2	IIIA	Keine	1,00	0,2	0,0
WEA 3	IIIA	Keine	1,00	0,2	0,0
WEA 5	IIIA	Keine	1,00	0,2	0,0

SITE COMPLIANCE - Luftdichte

Berechnung: 2 von 5 Enercon E-160/EP5/E3 mit 119,8 m NH

Auslegungsnorm: IEC61400-1 ed. 4 (2019)

Ergebnis: **Achtung**

Grundlagen der Prüfung

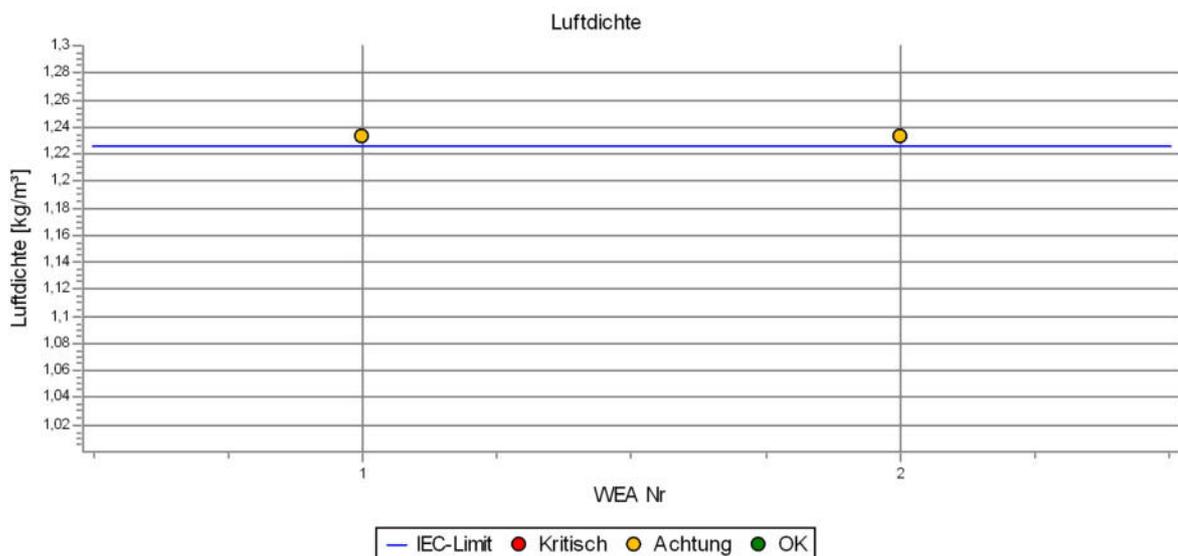
Verwendete Methode	Mast_EmdEuropeEra5_N53.134160_E009.609192 - Site Compliance (Qualität: A/B)
Methodendetails	Standort- oder Messmast mit Temperaturdaten (+ Druck) Mast: EmdEuropeEra5_N53.134160_E009.609192 - Site Compliance Keine Korrektur der mittl. Windgeschw.
Verfügbare Methoden	Mast (Qualität: A/B) GHCN (Qualität: C)
Anwender-Anmerkung	

IEC-Limits

Mittlere Luftdichte

[kg/m³]
Max 1,225

Ergebnis (Grafik)



Ergebnis (Tabelle)

WEA	Klasse	Mittlere Luftdichte [kg/m ³]	Höhenunterschied [m]	Mittlere Temperatur Nabenhöhe [°C]	Mittlerer Druck Nabenhöhe [hPa]
WEA 1	IIIA	1,232	119	7,8	994
WEA 4	IIIA	1,232	120	7,8	994

Basisdaten

Mittlere Temperatur	8,6 °C
Höhe über Meeresspiegel	39 m
Atmosph. Temperaturgradient	-0,0065 K/m
Molare Masse trockene Luft	0,02896442 kg/mol
Erdbeschleunigung	9,80665 m/s ²
Mittlerer Druck Meeresspiegel	1013,25 hPa
Luftdichte	1,247 kg/m ³

SITE COMPLIANCE - Luftdichte

Berechnung: 3 von 5 Enercon E-160/EP5/E3 mit 166,6 m NH

Auslegungsnorm: IEC61400-1 ed. 4 (2019)

Ergebnis: *Achtung*

Grundlagen der Prüfung

Verwendete Methode	Mast_EmdEuropeEra5_N53.134160_E009.609192 - Site Compliance (Qualität: A/B)
Methodendetails	Standort- oder Messmast mit Temperaturdaten (+ Druck) Mast: EmdEuropeEra5_N53.134160_E009.609192 - Site Compliance Keine Korrektur der mittl. Windgeschw.
Verfügbare Methoden	Mast (Qualität: A/B) GHCN (Qualität: C)

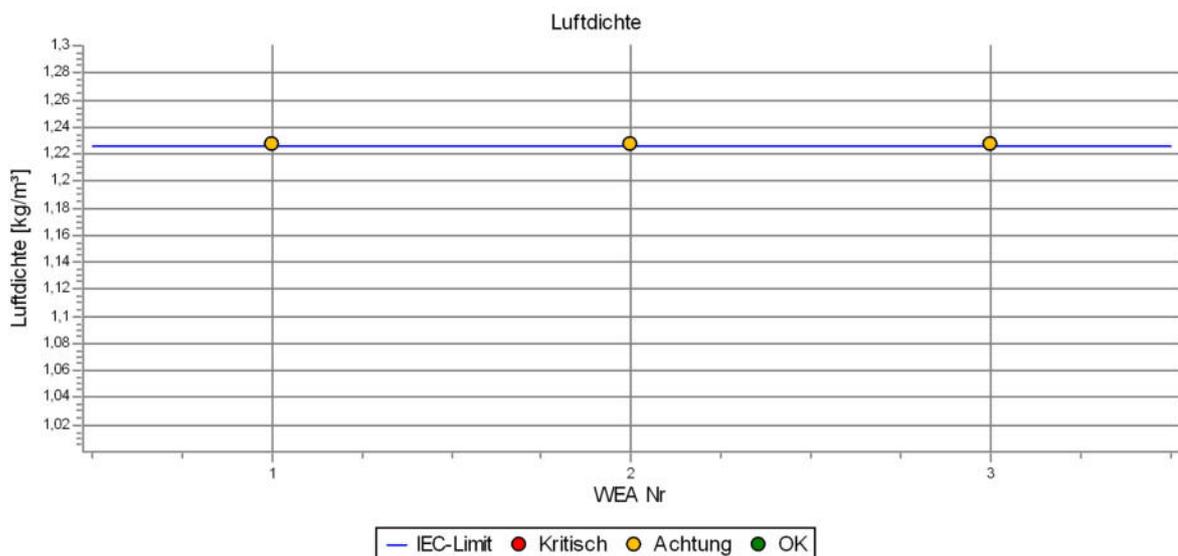
Anwender-Anmerkung

IEC-Limits

Mittlere Luftdichte

[kg/m³]
Max 1,225

Ergebnis (Grafik)



Ergebnis (Tabelle)

WEA	Klasse	Mittlere Luftdichte [kg/m ³]	Höhenunterschied [m]	Mittlere Temperatur Nabenhöhe [°C]	Mittlerer Druck Nabenhöhe [hPa]
WEA 2	IIIA	1,227	166	7,5	988
WEA 3	IIIA	1,227	167	7,5	988
WEA 5	IIIA	1,227	167	7,5	988

Basisdaten

Mittlere Temperatur	8,6 °C
Höhe über Meeresspiegel	39 m
Atmosph. Temperaturgradient	-0,0065 K/m
Molare Masse trockene Luft	0,02896442 kg/mol
Erdbeschleunigung	9,80665 m/s ²
Mittlerer Druck Meeresspiegel	1013,25 hPa
Luftdichte	1,247 kg/m ³