

# Geotechnischer Bericht

über die Baugrund- und Gründungsverhältnisse für das

**Bauvorhaben** : Errichtung von 6 WEA am Standort WP Rubkow

**Auftr.-Nr.** : kl - 247/08/18

**gültig als** : geotechnischer Bericht gem. DIN 4020

**Auftraggeber** : Naturwind Schwerin GmbH  
Schelfstraße 35  
  
19055 Schwerin

Halle/S., 14.11.2018



André Köhler

**Anmerkung:** Der Bericht umfasst die Seiten 1 bis 17 und die auf Seite 3 aufgeführten Anlagen.

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Deckblatt .....	1
Inhaltsverzeichnis .....	2
Anlagenverzeichnis .....	3
<b>Bauvorhaben .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Unterlagen .....</b>	<b>5</b>
1.1 Planunterlagen, Gutachten, Normen und Richtlinien .....	5
1.2 Bodenaufschlüsse .....	6
1.3 Laboruntersuchungen .....	6
<b>2. Allgemeine Beschreibung der Bodenverhältnisse .....</b>	<b>5</b>
2.1 Standort und Besonderheiten .....	5
2.2 Geologie .....	6
2.3 Hydrogeologische Verhältnisse .....	7
<b>3. Bautechnische Beschreibung der Schichten .....</b>	<b>9</b>
3.1 Bezeichnung der Schichten .....	9
3.2 Erdstoffeigenschaften .....	10
<b>4. Erdstatische Nachweise .....</b>	<b>10</b>
4.1 Tragfähigkeit .....	10
4.2 Charakteristische Berechnungskennwerte .....	10
<b>5. Zusammenfassende Beurteilung der Bodenverhältnisse und Vorschläge für bautechnische Maßnahmen .....</b>	<b>12</b>
5.1 Gründung und Setzung .....	12
5.2 Gründung von Zuwegungen und Kranstellflächen .....	13
5.3 Erdarbeiten .....	14
5.4 Baugrube und Wasserhaltung .....	15
5.5 Betonaggressivität und Stahlkorrosivität .....	15
<b>6. Vorschläge und zusätzliche Hinweise .....</b>	<b>16</b>

## Anlagenverzeichnis

<b>Anlage 1</b>	Übersichtsplan, unmaßstäblich	1 Blatt
<b>Anlage 2</b>	Zeichnerische Darstellung der Baugrundprofile (BS) und Drucksondierungen (DS), im Höhenmaßstab: 1 : 200	6 Blatt
<b>Anlage 3</b>	Ergebnisse und Auswertung der Drucksondierungen, im Höhenmaßstab: 1 : 200	36 Blatt
<b>Anlage 4</b>	bodenmechanische Laboruntersuchungen	9 Blatt
<b>Anlage 5</b>	Untersuchung von 1 Wasserprobe und von 2 Bodenproben auf Betonaggressivität und Stahlkorrosivität, Prüfberichte Nr.: CDR18-004248-1 und CDR18-004223-1 erstellt durch die WESSLING GmbH am 04./05.10.2018	12 Blatt
<b>Anlage 6</b>	erdstatische Nachweise	3 Blatt

## Bauvorhaben

Die Naturwind Schwerin GmbH plant die Errichtung von 6 Windenergieanlagen (WEA) am Standort WP Rubkow und erteilte dem Baugrundbüro Klein den Auftrag zur Erkundung und Begutachtung des Baugrunds an den dafür vorgesehenen Standorten [1].

An den 6 Standorten soll der WEA-Typ VESTAS V150 4,0/4,2 MW 166m Mk3 DIBtS errichtet werden.

**Tabelle 1: Bezeichnung, Geländehöhe und Lage des Erkundungsstandortes**

Standort	ETRS 89 - UTM Zone 33N		HS 160 - DHHN 92
	Rechtswert	Hochwert	Geländehöhe WEA-Mittelpunkt
WEA 01	413726,0	5975965,0	32,75 m NHN
WEA 02	414246,0	5976450,0	35,10 m NHN
WEA 03	414975,0	5976614,0	33,91 m NHN
WEA 04	414706,0	5976260,0	33,99 m NHN
WEA 05	414397,0	5975931,0	32,78 m NHN
WEA 06	414069,0	5976119,0	33,38 m NHN

Die Absteckung der WEA-Mittelpunkte wurde durch den Auftraggeber veranlasst. Die Geländehöhe bezieht sich auf den Mittelpunkt der WEA-Standorte und wurde auf benachbarte Aufschlüsse übertragen. Die Lage- und Höhenangaben sind von planerischer Seite zu überprüfen.

Der vorliegende Bericht bezieht sich ausschließlich auf die Beurteilung des o. g. Bauvorhabens. Dazu werden die bauwerks- und gründungsrelevanten Ergebnisse der Baugrunderkundung sowie die Laboruntersuchungen ausgewertet, Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen und Nachweise ermittelt sowie Empfehlungen für die Bauwerksgründungen gegeben.

Die Zusammenfassung der erhaltenen Fundament-Daten für eine Flachgründung mit Auftriebs-sicherung für den WEA-Typ VESTAS V150 4,0/4,2 MW 166m ist in Tabelle 2 ersichtlich.

**Tabelle 2: Eckdaten für eine Flachgründung mit Auftriebswirkung [12]**

WEA-Typ	VESTAS V150 4,0/4,2 MW 166m
Gründungsart	Flachgründung mit Auftriebswirkung
Fundament (Außendurchmesser)	kreisrund, Ø 30,05 m
Fundament (Innendurchmesser)	kreisrund, Ø 7,544 m
Fundamentunterkante (außen)	3,348 m u. GOK
Sauberkeitsschicht	ca. 0,10 m
mind. Bodenpressung	136 kN/m <sup>2</sup>
statische Drehfedersteifigkeit	$k_{\varphi \text{ stat}} = 27.100 \text{ MNm/rad}$
dynamische Drehfedersteifigkeit	$k_{\varphi \text{ dyn}} = 120.000 \text{ MNm/rad}$
maximaler Grundwasserstand	max. GOK
zulässige Setzungsdifferenz nach 20 Jahren	$\Delta s \leq 3 \text{ mm/m}$
Wichte der Bodenauflast im Trockenzustand	$\geq 16,2 \text{ kN/m}^3$

## 1. Unterlagen

### 1.1 Planunterlagen, Gutachten, Normen und Richtlinien

- [1] Auftrag der Naturwind Schwerin GmbH
- [2] Lagepläne (u. a. Übersichtsplan, amtlicher Lageplan), vom AG übermittelt
- [3] Firmeninterne Archivunterlagen, geologische Kartenwerke im Maßstab 1 : 25.000, Kartenwerk zu den norddeutschen Vereisungsphasen im Maßstab 1 : 1.000.000, Homepage des Bundesamtes für Naturschutz (Stand: 10/2018), Kartenportal Umwelt Mecklenburg-Vorpommern (Stand: 10/2018)
- [4] Standortbegehung und Durchführung der Aufschlussarbeiten vom 19.09.2018
- [5] **DIN 18 121 bis 18 128** - Baugrund; Untersuchung von Bodenproben
- [6] **DIN 18 196** - Erd-/Grundbau; Bodenklassifikation für bautechn. Zwecke (10/1988)
- [7] **DIN 4020** - Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke (10/1990)

- [8] **DIN EN ISO 22475-1** - Baugrund; Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben (10/1990)
- [9] **DIN EN ISO 22476-1** - Erkundung durch Drucksondierungen
- [10] **DIN 4124** - Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten (10/2002)
- [11] **DIN EN 1998-1/NA:2011-01**, Erdbebenzonenkarte (ehemals DIN 4149:2005-04)
- [12] Prüfbericht für eine Typenprüfung - Flachgründung mit Auftriebswirkung - WEA-Typ VESTAS V150 4,0/4,2 MW 166m Mk3 DIBtS, Prüfnummer 2839951-d Rev.1, erstellt durch Vestas, vom AG übergeben
- [13] DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen, Fassung Oktober 2012, Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik, Reihe B, Heft 8 (Seite 14)

## 1.2 Bodenaufschlüsse

Auftragsgemäß wurde an den WEA-Standorten je 1 Kleinrammbohrung (BS nach DIN EN ISO 22475-1) bis max. 11,00 m Tiefe am Mittelpunkt des WEA-Standortes und zusätzlich je eine Kleinrammbohrung bis max. 3,00 m Tiefe im Bereich der Kranstellfläche durch das Baugrundbüro Klein niedergebracht.

Zur Ermittlung des Spitzendruckes ( $q_c$  in MN/m<sup>2</sup>) und der Mantelreibung ( $f_s$  in MN/m<sup>2</sup>) wurden pro WEA-Standort je 2 Drucksondierungen (DS nach DIN EN ISO 22476-1) bis in Tiefen zwischen 15,5 m und 35,0 m u. GOK ausgeführt (siehe Anlage 3).

## 2. Allgemeine Beschreibung der Bodenverhältnisse

### 2.1 Standort und Besonderheiten

Das Untersuchungsgebiet befindet sich ca. 12 km nördlich der Stadt Anklam im Landkreis Vorpommern-Greifswald im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern. Das Umland des Standortes ist überwiegend durch landwirtschaftliche Nutzung gekennzeichnet. Nach [3] gehört der Standort zum:

- Landschaftssteckbrief - 72201 Vorpommern,
- Landschaftstyp - Ackergeprägte offene Kulturlandschaft Großlandschaft,
- Großlandschaft - Norddeutsches Tiefland.

Das Gelände am Untersuchungsstandort ist als eben bis flachwellig zu bezeichnen. Typisch sind vernässte Senken, welche im Regelfall als kleinere Seen bzw. Baum- und Buschgruppen innerhalb der landwirtschaftlichen Nutzflächen liegen.

Der Standort liegt nach vorliegenden Unterlagen [3] und Recherchen außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten. In der direkten Umgebung der WEA-Standorte werden Höffigkeitsgebiete für Sande und Kiese mit sehr geringer bis geringer Sicherungswürdigkeit ausgewiesen [3].

Der Standort liegt außerhalb ausgewiesener Artesikgebiete [3] und außerhalb von ausgewiesenen Wasserschutzgebieten [3].

Das Untersuchungsgebiet befindet sich gemäß DIN EN 1998-1/NA:2011-01 [11] außerhalb der Erdbebeneinwirkungszonen. Der Nachweis der Standsicherheit für den Lastfall Erdbeben ist nicht notwendig. Eine Berücksichtigung von Zusatzkräften, resultierend aus der Erdbebenbelastung, ist daher bei der Tragwerksdimensionierung nicht erforderlich.

## 2.2 Geologie

Zur Beurteilung der geologischen Situation im Untersuchungsgebiet wurden vorhandene Unterlagen und Darstellungen mit geowissenschaftlichen Inhalten [3] ausgewertet.

Im Untersuchungsgebiet sind glaziale Ablagerungen des Pleistozäns zu erwarten. Typisch hierfür ist eine flachwellige Morphologie mit z. T. vernässten Senken.

Die geologische Situation am Untersuchungsstandort wird durch Lockergesteine des Quartärs (pleistozäne- sowie nacheiszeitliche holozäne Ablagerungen) geprägt.

Die nachfolgenden Schichtenbezeichnungen basieren auf den maßgeblichen bodenmechanischen Eigenschaften der erkundeten Böden und den Ergebnissen der Drucksondierungen. Sie stellen keine Gliederung im Sinne eines klassischen, auf stratigrafischen o. ä. Merkmalen basierenden, Schichtenmodells dar.

Im Rahmen der Erkundung der Baugrundverhältnisse am 19.09.2018 wurden im Bauvorhaben „Errichtung von 6 WEA am Standort WP Rubkow“ die folgenden Schichten angetroffen:

### **Schicht 1 - Oberboden inkl. Verwitterungshorizont**

Der zwischen 0,3 und 0,5 m mächtige, kalkfreie Oberboden besteht aus einem feinsandigen, humosen Schluff, lokal können auch höhere Mächtigkeiten auftreten. Der Oberboden wurde überwiegend im feuchten Zustand, weich- bis steifplastischer Konsistenz und grauer bis schwarzer Farbgebung angetroffen.

### **Schicht 2 - Geschiebelehm**

Der Geschiebelehm besteht aus einem sandigen bis Schluff mit geringen Kiesanteilen. Die Schicht 2 steht am Standort WEA 13 nur in Oberflächennähe an und besitzt hier eine Mächtigkeit von ca. max. 1,0 m. Die kalkfreie Schicht besitzt eine weich- bis steifplastische Konsistenz und wurde überwiegend im feuchten Zustand erkundet. Die Farbgebung ist hellbraun bis braun.

### **Schicht 3 - Geschiebemergel**

Der Geschiebemergel besteht aus einem sandigen Schluff mit geringen Kiesanteilen. Die Schicht 3 steht an allen Standorten mit großer Mächtigkeit an. Die Schichtunterkante wurde bis 11,0 m u. GOK nicht mit direkten Aufschlüssen durchfahren. Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen und nach den Ergebnissen der Recherche [3] ist von einer Schichtmächtigkeit >20 m auszugehen. Der Geschiebemergel enthält oft wasserführende Sandlinsen. Die kalkhaltige Schicht besitzt eine überwiegend steifplastische Konsistenz und wurde im erdfeuchten bis feuchten Zustand erkundet. Die Farbgebung ist braun.

## **2.3 Hydrogeologische Verhältnisse**

Aufgrund der Erkundungs- und Untersuchungsergebnisse sowie der durchgeführten Recherchen können folgende Faktoren zur hydrogeologischen Situation angeführt werden:

Während der Feldarbeiten am 19.09.2018 wurde anhand direkter und indirekter Aufschlüsse im Bereich des WEA-Standortes unterirdisches Wasser erkundet. Die Angabe eines zuverlässigen Schwankungsbereiches des unterirdischen Wassers ist aufgrund der kurzen Beobachtungszeit nicht möglich.

Die angegebenen Wasserstände sind keine Höchstwasserstände und es muss mit höheren Wasserständen gerechnet werden. Standortbezogen ist spätestens ab den jeweiligen, in nachfolgender Tabelle 3 angegebenen Wasserständen jederzeit mit z. T. reichhaltigem Schichtwasserandrang zu rechnen.

Die oberflächennah anstehenden, gering durchlässigen Böden schränken eine Versickerung des Oberflächenwassers (Niederschläge) flächenhaft sehr stark ein. Dementsprechend muss z. B. nach Starkniederschlägen von sehr geringen Flurabständen und einer Pfützenbildung in Geländetiefen ausgegangen werden.

Des Weiteren ist im Hinterfüllbereich mit temporär aufgestautem Oberflächen- bzw. Sickerwasser zu rechnen (Badewanneneffekt).

Zum Zeitpunkt der Feldarbeiten wurden unmittelbar nach Einstellung der Aufschlussarbeiten nachfolgende Wasserstände angetroffen:

**Tabelle 3: Erkundete Wasseranschnitte / Ruhewasserstände (am 19.09.2018)**

Standort	Wasseranschnitt	Ruhewasserstand
WEA 01		6,0 m u. GOK
WEA 02		4,0 m u. GOK
WEA 03	2,7 m u. GOK	3,3 m u. GOK
WEA 04		3,0 m u. GOK
WEA 05		4,6 m u. GOK
WEA 06		3,8 m u. GOK

Tabelle 4 fasst die durchschnittlichen Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Werte) für die einzelnen Schichten (nach DIN 18 130, Teil-1 - Einteilung der Durchlässigkeitsbereiche für bautechnische Zwecke) zusammen.

**Tabelle 4: Durchschnittliche Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ ) der erkundeten Schichten**

Schicht	Bezeichnung	$k_f$ -Wert [m/s]	Einschätzung nach DIN 18 130, Teil 1
1	Oberboden	$10^{-6} \dots 10^{-8}$	schwach durchlässig
2	Geschiebelehm Sandlinsen	$10^{-7} \dots 10^{-9}$ $10^{-4} \dots 10^{-6}$	schwach bis sehr schwach durchlässig durchlässig
3	Geschiebemergel Sandlinsen	$10^{-9} \dots 10^{-11}$ $10^{-4} \dots 10^{-6}$	sehr schwach durchlässig durchlässig

Eine gezielte Versickerung von Niederschlagswässern an den WEA-Standorten ist nach DWA-Arbeitsblatt 138 aufgrund der überwiegend geringen Durchlässigkeit der oberflächennahen Schichtenfolgen grundsätzlich nicht möglich.

### 3. Bautechnische Beschreibung der Schichten

#### 3.1 Bezeichnung der Schichten

Anhand der Feldbefunde lässt sich der anstehende Baugrund nach DIN 18 196, DIN 18 300 und ZTVE-StB wie folgt unterteilen und bautechnisch charakterisieren:

<b>Schicht 1</b>	:	<b>Oberboden inkl. Verwitterungshorizont</b>
Bodengruppe	:	<b>OU, OH</b>
<i>Bodenklasse</i>	:	<i>1, 4 gemäß DIN 18300 geltend bis 08/2015</i>
Konsistenz	:	weich- bis steifplastisch
Wasserdurchlässigkeit	:	gering
Wasserempfindlichkeit	:	hoch
Frostempfindlichkeit	:	sehr stark (F3)
Verdichtungsfähigkeit	:	sehr schlecht (V3)
Zusammendrückbarkeit	:	sehr groß

<b>Schicht 2</b>	:	<b>Geschiebelehm</b>
Bodengruppe	:	<b>ST*, SU*, TL</b>
<i>Bodenklasse</i>	:	<i>4 gemäß DIN 18300 geltend bis 08/2015</i>
Bindigkeit	:	bindig, schwach plastisch
Konsistenz	:	weich- bis steifplastisch
Wasserempfindlichkeit	:	sehr hoch
Wasserdurchlässigkeit	:	gering
Frostempfindlichkeit	:	sehr groß (F3)
Verdichtungsfähigkeit	:	sehr schlecht (V3)
Zusammendrückbarkeit	:	mittel

<b>Schicht 3</b>	:	<b>Geschiebemergel</b>
Bodengruppe	:	<b>ST*, SU*, TL</b>
<i>Bodenklasse</i>	:	<i>4 gemäß DIN 18300 geltend bis 08/2015</i>
Bindigkeit	:	bindig, schwach plastisch
Konsistenz	:	überwiegend steifplastisch
Wasserempfindlichkeit	:	sehr hoch
Wasserdurchlässigkeit	:	gering
Frostempfindlichkeit	:	sehr groß (F3)
Verdichtungsfähigkeit	:	sehr schlecht (V3)
Zusammendrückbarkeit	:	mittel bis gering

Für das Bauvorhaben wird aufgrund der geologischen sowie hydrogeologischen Verhältnisse und unter Berücksichtigung der Aufgabenstellung die - **geotechnische Kategorie 3** - nach der DIN 4020 [7] festgelegt.

## 3.2 Erdstoffeigenschaften

### Schicht 1 - Oberboden inkl. Verwitterungshorizont

- angetroffene max. Mächtigkeit ca. 0,5 m, lokal können höhere Mächtigkeiten auftreten,
- überwiegend weich- bis steifplastische Konsistenz,
- nicht bebaubar, unterliegt dem Aushub und ist als Geländeregulierung vorzusehen,
- als Gründungsunterlage nicht geeignet.

### Schicht 2 - Geschiebelehm

- weich- bis steifplastische Konsistenz,
- Schichtwasserführung erkundet,
- sehr stark frost- und wasserempfindlich,
- bei Wasserzutritt bzw. flächenhafter Durchfeuchtung sind Aufweichungen und damit Konsistenzveränderungen möglich,
- als Gründungsunterlage nicht geeignet.

### Schicht 3 - Geschiebemergel

- überwiegend steifplastische Konsistenz,
- Schichtwasserführung in Sandlinsen erkundet,
- sehr stark frost- und wasserempfindlich,
- bei Wasserzutritt bzw. flächenhafter Durchfeuchtung sind Aufweichungen und damit Konsistenzveränderungen möglich,
- mit Bezug auf das Bauvorhaben als Gründungsunterlage geeignet.

## 4. Erdstatische Nachweise

### 4.1 Tragfähigkeit

Der Oberboden inklusive des Verwitterungshorizontes (Schicht 1) und der oberflächennah anstehende Geschiebelehm (Schicht 2) sind grundsätzlich nicht tragfähig und mit den Gründungselementen zu durchfahren.

Der Geschiebemergel (Schicht 3) ist mit Bezug auf das Bauvorhaben ausreichend tragfähig und als Gründungshorizont für eine Flachgründung zu erschließen.

## 4.2 Charakteristische Berechnungskennwerte

Für erdstatische Berechnungen können die in Tabelle 5 angegebenen geotechnischen Kennwerte angesetzt werden.

Die Festlegungen basieren auf der makroskopischen Schichtansprache, den ausgeführten Drucksondierungen und die in der DIN 1055 angegebenen Richtwerten für Lockergesteine bzw. lockergesteinsähnliche Böden. Die für Berechnungen maßgebenden Schichtgrenzen und Wasserstände des jeweiligen Standortes sind den Aufschlussprofilen (Anlage 2) zu entnehmen.

**Tabelle 5: Charakteristische Kennwerte für erdstatische Berechnungen**

charakteristische Berechnungswerte [Schicht Nr.]			Polster [-]	Geschiebelehm [2]	Geschiebemergel [3]
Wichte	$\gamma$	[kN/m <sup>3</sup> ]	20	18	20
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	10	8	10
Reibungswinkel	$\phi'_{k}$	[°]	35	20	≥ 22
Kohäsion	c	[kN/m <sup>2</sup> ]	0	3	5
Querdehnungszahl	v	-	0,25	0,45 ... 0,40	≤ 0,40
Steifemodul, stat.	$E_{s,stat.}$	[MN/m <sup>2</sup> ]	80	5 ... 15	≥ 15
Steifemodul, dyn.	$E_{s,dyn.}$	[MN/m <sup>2</sup> ]	220	55 ... 95	≥ 95

Für erdstatische Nachweise sind die standortbezogenen Tiefen und Kennwerte aus Anlage 2 zu verwenden. Wegen der weitestgehend gleichbleibenden Baugrundverhältnisse kann alternativ ein allgemeiner Nachweis der Tragfähigkeit auf Grundlage der in Tabelle 5 dargestellten Mindestwerte geführt werden. Für den Oberboden (Schicht 1) werden keine Kennwerte vergeben.

## **5. Zusammenfassende Beurteilung der Bodenverhältnisse und Vorschläge für bautechnische Maßnahmen**

### **5.1 Gründung und Setzung**

Unter Berücksichtigung der Erkundungsergebnisse und mit Bezug auf die Anforderungen der Typenstatik [12] können die 6 WEA als Flachgründung in Verbindung auf einem 0,55 m mächtigen Gründungspolster errichtet werden. Als Gründungshorizont ist der mindestens steifplastische Geschiebemergel (Schicht 3) zu erschließen. Die Flachgründung ist aufgrund der hydrologischen Rahmenbedingungen mit Auftriebssicherung herzustellen.

#### **Folgender Verfahrensweg ist bei der Gründung der 6 WEA umzusetzen:**

- die Fundamente sind fachgerecht und unter Berücksichtigung der örtlichen Geländemorphologie zu gründen,
- der Bodenaushub ist bis zu den vorgegebenen Gründungstiefen auszuführen,
- die Aushubsohlen sind durch den Unterzeichner des Gutachtens für die Überbauung freizugeben,
- tiefer reichende, aufgelockerte oder aufgeweichte Bereiche sind bei der Baugrubenherstellung komplett aufzunehmen und gegen einbau- und verdichtungsfähige Materialien (u. a. Brechkorngemisch etc.) auszutauschen,
- je nach Situation sind die hergestellten Baugrubensohlen fachgerecht nachzuverdichten,
- danach erfolgt der lagenweise Einbau der Gründungspolster,
- die Gründungspolster sind aus geeignetem, zertifiziertem Brechkornmaterial herzustellen, die Verwendung von Ziegel-Recycling o. ä. ist nicht zulässig,
- die Gründungspolster sind unter Berücksichtigung des Lastabtragungswinkels von 45° ab Fundamentaußenkante einzubauen,
- der lagenweise Einbau (max. Einbauhöhe 0,3 m) und das fachgerechte Verdichten der Polster ist bis zur vorgegebenen Gründungsordinate vorzunehmen,
- auf der OK der Polster ist ein Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 100 \%$  bzw. ein Verformungsmodul von  $E_{v2} > 80 \text{ MN/m}^2$  bzw.  $E_{vd} > 35 \text{ MN/m}^2$  nachzuweisen,
- abschließend erfolgt der sofortige Einbau der Sauberkeitsschicht, bei der Herstellung der Sauberkeitsschicht ist am Baugrubenrand ein ca. 0,5 m breiter Streifen umlaufend freizuhalten.

Der allgemeine Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit liegt diesem Bericht als Anlage 6 bei. Die Berechnungen ergaben, dass die Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen als bauwerksverträglich eingeschätzt werden können, da bei ordnungsgemäßer Ausführung der Erdarbeiten maximale Setzungen innerhalb der zulässigen Größenordnungen zu erwarten sind.

## 5.2 Gründung von Zuwegungen und Kranstellflächen

Zuwegungen und Kranstellflächen sind unter Beachtung des Lastausbreitungswinkels von 45° aus geeigneten und gut verdichtbaren Baustoffen (Breckkorngemisch mit Feinkornanteil  $\leq 15\%$ , u. a. Betonrecycling ohne Ziegelanteile) herzustellen.

Zur Gewährleistung der Frostsicherheit sind geeignete, frostunempfindliche und gut verdichtbare Baustoffe (Breckkorngemisch mit Feinkornanteil  $\leq 5\%$ , u. a. Betonrecycling ohne Ziegelanteile) zu verwenden.

Im Gründungsbereich ggf. anstehende aufgeweichte Böden sowie humose bzw. organische Böden sind vollständig aus dem Gründungsbereich zu entfernen und durch geeignete Baustoffe zu ersetzen.

Der Oberboden (Schicht 1) und der Geschiebemergel (Schicht 2) sind stark wasserempfindlich. Die Gründungsarbeiten sollten bevorzugt außerhalb niederschlagsreicher Zeiträume erfolgen.

### Zuwegungen

Für die Zuwegungen ist eine Tragschicht aus geeigneten Baustoffen mit einer Mindestmächtigkeit von 0,50 m in max. 0,30 m mächtigen Lagen fachgerecht herzustellen und zu verdichten. Auf dem nachverdichteten Planum ist eine Mindesttragfähigkeit von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  nachzuweisen und ggf. ein Vlies mit Trennfunktion zu verlegen.

Erfüllt das Planum die Anforderungen an die Mindesttragfähigkeit nicht, ist zur Stabilisierung zusätzlich eine mindestens 0,20 m mächtige Lage aus grobkörnigen Baustoffen herzustellen und statisch zu verdichten. Alternativ kann eine Bodenstabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln ausgeführt werden.

Auf den Zuwegungen ist eine Mindesttragfähigkeit von  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  auf der Tragschicht nachzuweisen.

### Kranstellflächen

Für die Kranstellflächen ist eine Tragschicht aus geeigneten Baustoffen mit einer Mindestmächtigkeit  $\geq 0,60 \text{ m}$  herzustellen. Die Einbaustärke der einzelnen Lagen beträgt max. 0,30 m. Die einzelnen Lagen sind fachgerecht zu verdichten. Auf dem nachverdichteten Planum ist eine Mindesttragfähigkeit von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  nachzuweisen und ggf. ein Vlies mit Trennfunktion zu verlegen.

Erfüllt das Planum die Anforderungen an die Mindesttragfähigkeit nicht, ist zur Stabilisierung zusätzlich eine mindestens 0,30 m mächtige Lage aus grobkörnigen Baustoffen herzustellen und fachgerecht zu verdichten. Alternativ kann eine vollflächige Bodenstabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln ausgeführt werden.

Auf Kranstellflächen ist eine Mindesttragfähigkeit von  $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$  nachzuweisen.

In Abhängigkeit von der Witterungssituation sind bei der Bauausführung für die Stützen der Krananlage größere Lastverteilerplatten (Baggermatratzen) einzukalkulieren.

### 5.3 Erdarbeiten

Grundsätzlich ist der Oberboden (Schicht 1) für vegetationstechnische Zwecke vorzusehen und nach den Grundsätzen des Landschaftsbaues (DIN 18 915) zu behandeln (gesonderte Deposition).

Der Oberboden sollte bei seiner Bearbeitung nicht verändert, d. h. verdichtet oder verschmiert, werden. In diesem Zusammenhang wird auf die fachgerechte Zwischenlagerung der Aushubmaterialien hingewiesen.

Besondere Beachtung gilt der fachgerechten Anschüttung der Fundamente. Die Anschüttung ist mit verdichtbarem Material ( $\gamma > 16,2 \text{ kN/m}^3$ ) herzustellen.

Anfallende Aushubmassen mit einer mindestens steifplastischen Konsistenz sind für Hinterfüllungen und Anschüttungen prinzipiell geeignet. Aufgeweichte Schichten sind erst nach entsprechenden Austrocknungsmaßnahmen bzw. nach Zugabe hydraulischer Bindemittel einbaufähig. Die Verwendung der Materialien für höhere Beanspruchungen bedarf einer Eignungsprüfung für den speziellen Anwendungszweck.

Bei nicht fachgerechten Einbau und Verdichten der Anschüttung ist mit Nacharbeiten (u. a. Setzungsunterschiede etc.) über einen längeren Zeitraum zu rechnen.

Im Zuge der Aufschlussarbeiten wurden keine Hinweise auf Drainageleitungen festgestellt. Sollten während der Bauarbeiten Drainageleitungen angetroffen werden, sind diese außerhalb der Baugrube fachgerecht umzulegen.

## 5.4 Baugrube und Wasserhaltung

Unbelastete Wände von Baugruben und Leitungsgräben können nach der DIN 4124 [10] bis zu einer Tiefe von 1,25 m senkrecht angelegt werden. Bei größeren Tiefen ist mit max. 45° abzuböschten oder nach statischen und konstruktiven Erfordernissen zu verbauen.

Alle anfallenden Wässer sind mittels offener Wasserhaltung sicher zu fassen und gezielt abzuleiten. Je nach Wasserandrang sind ggf. mehrere Pumpen vorzuhalten und vorauseilend einzubauen und zu betreiben.

Wasserhaltungsanlagen müssen der Größe der Baugrube, eventuellen Starkregenereignissen und dem anstehenden Baugrund angepasst sein. Die Wasserhaltungen sind bis zur fachgerechten Hinterfüllung der Fundamente aufrechtzuerhalten. Entsprechende Positionen sind im Leistungsverzeichnis zu berücksichtigen.

Zusätzlich wird empfohlen, die Ausführung einer geschlossenen Wasserhaltung in das Leistungsverzeichnis als Eventualposition aufzunehmen. Es wird darauf hingewiesen, dass die Ausführung geschlossener Wasserhaltungen genehmigungspflichtig ist und ggf. zusätzliche Untersuchungen erfordert.

Das Freilegen der Gründungssohlen hat im glatten Bodenanschnitt zu erfolgen. Ein „Aufreißen“ der Baugrubensohlen ist unbedingt zu vermeiden.

Die Baugrubensohlen sind durch den Baugrundgutachter abzunehmen. Danach erfolgt unverzüglich der Einbau der Gründungspolster. Die Sauberkeitsschicht ist so zu errichten, dass niedergehendes Oberflächen- bzw. Schichtwasser sicher gefasst und gezielt abgeleitet werden kann.

## 5.5 Betonaggressivität und Stahlkorrosivität

Zur Bestimmung der Betonaggressivität sowie der Stahlkorrosivität wurde 1 Wasserprobe vom Standort WEA 04 und 2 Bodenproben von den Standorten WEA 01 und WEA 04 in der WESSLING GmbH nach den DIN-Komplexen 4030 und 50 929 untersucht (Anlage 5).

Nach den Prüfkriterien der DIN 4030 sind die untersuchte Wasserprobe und die beiden Bodenproben als nicht betonangreifend einzustufen.

Als Ergebnis der Untersuchung der Wasserprobe ist die Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen im Unterwasserbereich und an der Wasser-Luft-Grenze nach DIN 50 929 hinsichtlich Loch-, Mulden- und Flächenkorrosion als sehr gering zu bewerten.

Als Ergebnis der Untersuchung der beiden Bodenproben ist die Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen nach DIN 50 929 hinsichtlich der Mulden- und Lochkorrosion als gering und bezüglich der Flächenkorrosion als sehr gering zu bewerten. Der Boden ist schwach aggressiv und in die Bodenklasse Ib einzuordnen.

Die weiterführenden Festlegungen hinsichtlich Expositionsklassen (u. a. Bauteile, nutzungsbedingte Einflüsse etc.) sind von planerischer Seite vorzunehmen.

Einbaumassen für Bettungsschichten baugrundverbessernder Maßnahmen dürfen keine betonangreifenden Inhaltsstoffe beinhalten. Entsprechende Zertifikate sind von der bauausführenden Firma vorzuhalten.

## **6. Vorschläge und zusätzliche Hinweise**

Evtl. örtlich im Gründungsbereich vorhandene, organogene oder hohlraumreiche Auffüllungen (Müll, Holz, Ziegel, Bauschutt o. ä.) sowie aufgeweichte Erdstoffe sind vollständig aufzunehmen. Gruben und Gräben sind mit Magerbeton oder verdichtbaren Material zu verfüllen.

Die entnommenen Bodenproben zeigen nach organoleptischen Merkmalen keine Hinweise auf schädliche Verunreinigungen oder Kontaminationen. Chemische Analysen als zuverlässiger Nachweis sind nicht Gegenstand der Beauftragung.

Aufgrund des punktförmigen Charakters der Aufschlüsse ist die Möglichkeit nicht vollkommen ausgeschlossen, dass örtliche Unregelmäßigkeiten nicht erfasst wurden. Die angegebenen Tiefen der Schichtgrenzen können Schwankungen unterliegen. Aus genannten Gründen sind die Aushubsohlen vor der Überbauung aus baugrundtechnischer Sicht freizugeben.

Ergeben sich bei der weiteren Bearbeitung Fragen, die den Sektor Bodenmechanik und Grundbau berühren oder wird ein anderer WEA-Typ bzw. eine andere Gründung als die im Bericht angegebene Variante realisiert, so ist dies mit dem Baugrundbüro Klein abzustimmen. Gleiches gilt insbesondere auch für laterale Verschiebungen der WEA-Standorte.

Der vorliegende geotechnische Bericht ist nur in seiner Gesamtheit verbindlich und gilt in seiner inhaltlichen und räumlichen Abgrenzung für das beschriebene Bauvorhaben „Errichtung von 6 WEA am Standort WP Rubkow“.

Alle Empfehlungen und Folgerungen basieren ausschließlich auf den aufgeführten Unterlagen und dem zum Zeitpunkt der Berichtserstellung vorliegenden Planungsstand.

\* \* \* \* \*