



Industrie Service

**Mehr Sicherheit.  
Mehr Wert.**

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE  
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

## Prüfbericht für eine Typenprüfung

vom: 28.02.2018

**Prüfnummer:** 2740209-62-d-7

### 1. Objekt

#### **Flachgründung**

Windenergieanlagen vom Typ Delta4000  
N149/4.0-4.5

Turm: Hybridturm TCS164;  
Nabenhöhe: 164 m über GOK,  
Windzone S, Erdbebenzone 3

Hier: Ø = 24,20 m (rund) mit Auftrieb

**Prüfgrundlage:** DIBt-Richtlinie 2012

**Hersteller und  
Konstruktion:** Ventur GmbH  
Marienhütte 6  
57080 Siegen

**Statische  
Berechnung:** SKI Ingenieures. mbH  
Mengendamm 12  
30177 Hannover

**Auftraggeber:** Nordex Energy GmbH  
Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg

**Geltungsdauer:** bis 27.02.2023

Datum: 28.02.2018

Unser Zeichen:  
IS-ESW3-MUC/CST

Dok.-Name:  
2740209-62-d-7\_FG Nordex NXT  
10\_TCS164\_d 24.2\_mA.docx

Bericht Nr. 2740209-62-d-7

Das Dokument besteht aus  
7 Seiten.  
Seite 1 von 7

Die auszugsweise Wiedergabe des  
Dokumentes und die Verwendung  
zu Werbezwecken bedürfen der  
schriftlichen Genehmigung der  
TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen sich  
ausschließlich auf die  
untersuchten Prüfgegenstände.



Revision	Datum	Änderungen
0	28.02.2018	Erstfassung

## **2. Prüfunterlagen**

### **2.1 Geprüfte Unterlagen**

Zur Prüfung lagen folgende Unterlagen vor und wurden mit rundem Prüfstempel versehen:

- [1] Statische Berechnung „Bemessung eines Spannbetonturmes in Fertigteilbauweise mit aufgesetzten Stahlsektionen für 164 m Nabenhöhe, Teil 9 – Fundamentstatik (mit Auftrieb), Fundament Außendurchmesser 24,2 m“, erstellt von SKI Ingenieures. mbH, Seite 1 bis 211,  
Dokument Nr.: 2017-63-STA-09-04, Rev. 4, vom 20.02.2018,  
Nordex Dokument Nr.: E0004394315
- [2] „Schalplan – Fundament d = 24,20 m“, erstellt von Ventur GmbH  
Zeichnung Nr.: S-03, Rev. 0, vom 30.11.2017  
Nordex Dokument Nr.: E0004470380
- [3] „Bewehrungsplan Fundament d = 24,20 m“, erstellt von Ventur GmbH,  
Zeichnung Nr.: B-03a, Rev. a, vom 31.01.2018  
Nordex Dokument Nr.: E0004470381
- [4] „Kellersohlplatte“, erstellt von Ventur GmbH,  
Zeichnung Nr.: SB 06b, Rev. b, vom 30.01.2018,  
Nordex Dokument Nr.: E0004437234

### **2.2 Unterlagen zur Information**

Zur Information lagen folgende Unterlagen vor:

- [5] „Load Specification – Tower TCS164 Delta4000“, erstellt von Nordex Energy GmbH, 156 Seiten,  
Dokument Nr.: E0004141313, Rev. 3, vom 18.12.2017
- [6] Statische Berechnung „Bemessung eines Spannbetonturmes in Fertigteilbauweise mit aufgesetzten Stahlsektionen für 164 m Nabenhöhe, Teil 8, Spannangweisung“, erstellt von SKI Ingenieures. mbH, 22 Seiten,  
Dokument Nr.: 2017-63-STA-08-02, Rev. 2, vom 21.02.2018,  
Nordex Dokument Nr.: E0004394308
- [7] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Hybridturm mit 164 m Nabenhöhe (TCS 164), Windenergieanlagen vom Typ Delta 4000, N149/4.0-4.5, Windzone S, Erdbebenzone 3“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 14 Seiten,  
Dokument Nr.: 2740209-58-d-6, Rev. 0, vom 28.02.2018
- [8] „Übersichtsplan“, erstellt von Ventur GmbH,  
Dokument Nr.: 1d, Rev. d, vom 25.01.2018  
Nordex Dokument Nr.: E0004394319
- [9] „Details zu Übersichtsplan 1+1.1“, erstellt von Ventur GmbH,  
Dokument Nr.: 8a, Rev. a, vom 12.02.2018  
Nordex Dokument Nr.: E0004460681, Rev. 1

- [10] „Gutachtliche Stellungnahme – Bewertung der Konstruktion – Lastannahmen, Windenergieanlagen vom Typ Delta4000, Nordex N149/4000 (4000 kW), Nordex N149/4380 (4380 kW) und Nordex N149/4500 (4500 kW), 50/60 Hz, Rotorblatt Typ NR74.5-1, optional mit AIS und Serrations, 164 m Nabenhöhe über Geländeoberkante (Turm TCS164) für WEA Klasse S, Normal- und Kaltklime (CCV-B) gemäß DIN EN 61400-1:2011 (IEC 61400-1:2005 + A1:2010) und für Windzone S, Erdbebenzone 3 gemäß DIBt 2012, hier: Turm- und Fundamentlasten“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 13 Seiten, Dokument Nr.: 2740209-4-d-1, Rev. 1, vom 26.02.2018
- [11] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „Litzenspannverfahren VT-CMM KD für externe Vorspannung“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, 32 Seiten, Zulassungsnr.: Z-13.3-110, vom 20.02.2015, Geltungsdauer bis 01.02.2018
- [12] Allgemeine Bauartgenehmigung „Litzenspannverfahren VT-CMM KD für Windenergieanlagen“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, 15 Seiten, Zulassungsnr.: Z-13.3-143, vom 02.09.2017, Geltungsdauer bis 02.09.2020
- [13] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „Drahtspannsystem SUSPA-Draht EX für externe Vorspannung mit 30 bis 84 Spannstahldrähten nach DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-2“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, 39 Seiten, Zulassungsnr.: Z-13.3-139, vom 29.09.2016, Geltungsdauer bis 15.04.2018
- [14] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „SUSPA-Draht EX für Windenergieanlagen“, erstellt vom Deutschen Institut für Bautechnik, 7 Seiten, Zulassungsnr.: Z-13.3-141, vom 08.03.2017, Geltungsdauer bis 14.04.2019

### **3. Normen und Richtlinien**

- /1/ „Richtlinie für Windenergieanlagen“, herausgegeben vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Ausgabe Oktober 2012
- /2/ DIN EN 1991-1-1:2010 „Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1991-1-1/NA:2010
- /3/ DIN EN 1992-1-1:2011 „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken –Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010“, mit nationalem Anhang DIN EN 1992-1-1/NA:2013
- /4/ DIN EN 1997-1:2009 „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC: 2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1997-1/NA:2010
- /5/ DIN 1054:2010 „Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“
- /6/ DIN EN 1998-1:2010 „Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1998-1/NA:2011
- /7/ DIN 4149:2005 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“

- /8/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 439 „Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIP Model Code 1990“, Ausgabe 1994
- /9/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 600 „Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“, Ausgabe 2012

#### **4. Geltungsbereich**

Dieser Prüfbericht für eine Typenprüfung umfasst die Prüfung der Flachgründung mit Auftrieb der Windenergieanlage vom Typ Nordex Delta4000 mit 164 m Nabenhöhe über GOK hinsichtlich der Standsicherheit auf Basis der in Abschnitt 3 genannten Prüfgrundlagen.

Für eine vollständige Typenprüfung sind alle in Dokument /1/, Kapitel 3 im Abschnitt I gelisteten Unterlagen, der Prüfbericht zum Turm sowie ein zusammenfassender Prüfbescheid zur Typenprüfung erforderlich.

Die Überprüfung der Standorteignung sowie des Blitzschutz- und Erdungskonzepts sind nicht Gegenstand dieses Berichts.

Abweichungen von den geprüften Unterlagen und Prüfgrundlagen bezüglich Konstruktion, Lastannahmen, Randbedingungen und Ausführung, die Einfluss auf die Standsicherheit haben, sind durch diesen Bericht nicht abgedeckt und erfordern eine Überarbeitung der Berechnung und deren Prüfung.

#### **5. Baubeschreibung**

Der Hybridturm für die oben genannte Windenergieanlage wird mit Spanngliedern extern vorgepannt und im kreisringförmigen Fundamentsockel verankert.

Die Flachgründung besteht aus einer kreisringförmigen Fundamentplatte mit veränderlicher Höhe sowie einem darauf aufgesetzten Sockelring. Der Innenbereich der Fundamentplatte wird mit einer Stahlbetonplatte geschlossen. Zwischen Turmfuß und Sockelring ist eine Mörtelausgleichsschicht angeordnet.

Die Fundamentplatte wird mit Erdreich überschüttet, um die statisch erforderliche Auflast zu erreichen.

Schlüsselweite Turmfuß	9,42 m
Anzahl Spannglieder	22
Außendurchmesser Fundamentplatte	24,20 m
Innendurchmesser Fundamentplatte	9,85 m
Höhe Fundamentplatte am Anschnitt Sockel	2,20 m
Höhe Fundamentplatte am äußeren Rand	1,20 m
Gesamthöhe Fundament im Sockelbereich	3,20 m
Höhe Erdüberschüttung am Anschnitt Sockel	0,80 m
Höhe Erdüberschüttung am Rand	1,80 m
Sockelhöhe über Erdüberschüttung	0,20 m

## **6. Lastannahmen**

Die dimensionierenden Lasten für die Fundamentauslegung sind im Fundamentlastdokument [5] für den Grenzzustand der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit sowie für die Ermüdungsnachweise angegeben. Diese Lasten wurden mit der gutachtlichen Stellungnahme [10] bestätigt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 20 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [5] auf Basis der DIN EN 1998-1 /6/ für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland abgedeckt. Hiermit sind auch alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen nach DIN 4149 /7/ in Deutschland abgedeckt.

Eigengewichte wurden gemäß DIN EN 1991-1-1 /2/ und nach Herstellerangaben berücksichtigt.

## **7. Baustoffe**

Beton für Fundament	C30/37 mit Expositionsclassen XC4, XF1 gem. DIN EN 1992-1-1 /3/
Beton für Sockel	C45/55 mit Expositionsclassen XC4, XF1 gem. DIN EN 1992-1-1 /3/
Vergussmörtel	C70/85 mit Expositionsclassen XC4, XF3 gem. DIN EN 1992-1-1 /3/
Betonstahl	B500A gem. DIN EN 1992-1-1 /3/
Spannsystem	22 Spannglieder System VT-CMM 4x04-165 KD, 7-dräftige Spannstaahlitzen St 1600/1820 mit 165 mm <sup>2</sup> Nennquerschnitt gemäß [11] in Verbindung mit [12]  oder alternativ:  22 Spannglieder System SUSPA Draht EX-72, 72 Spannstaahlidrahte St 1570/1770 mit 38,5 mm <sup>2</sup> Nennquerschnitt gemäß [13] in Verbindung mit [14]

## **8. Baugrund**

Die Mindestwerte der dynamischen und statischen Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament betragen gemäß Zeichnung [2]  $k_{\phi, \text{dyn}} \geq 150 \text{ GNm/rad}$  und  $k_{\phi, \text{stat}} \geq 37,5 \text{ GNm/rad}$ .

Der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand liegt bei Geländeoberkante außerhalb der Fundamentabböschung, 1,40 m über Fundamentunterkante.

## **9. Prüfbemerkungen**

Die vorgelegten Nachweise wurden durch eigene Vergleichsrechnung überprüft.

Die Lasten aus [5] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung von 2 mm/m, von Differenzsetzungen des Fundaments von 3 mm/m sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung infolge der Berücksichtigung statischer Bodenkennwerte.

Die Nachweise der Lasteinleitung in den Vergussmörtel und Beton des Fundaments werden mit diesem Prüfbericht bestätigt.

## **10. Prüfergebnis**

Die Berechnungen und die zugehörigen Konstruktions- und Bewehrungszeichnungen für das Fundament entsprechen den in Abschnitt 3 genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

Die Anforderungen an die Standsicherheit der Gründung sind erfüllt, vorausgesetzt, die nachstehenden Auflagen sowie alle Auflagen und Bemerkungen der zugehörigen Prüfberichte und Gutachten werden beachtet bzw. vollzogen.

Die Prüfung der technischen Unterlagen für das Fundament ist hiermit abgeschlossen.

## **Auflagen**

### **Baugrund:**

1. Die vorhandenen Bodenkennwerte, die Zuordnung des Bodens zu Expositionsklassen nach DIN EN 1992-1-1 /3/ und der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand sind für den jeweiligen Standort zu ermitteln und im geotechnischen Untersuchungsbericht zu beschreiben.
2. Grundbautechnische Berechnungen sind im Rahmen des geotechnischen Entwurfsberichts durchzuführen. Die Schnittgrößen an Fundamentunterkante sind in [2] angegeben.
3. Die Mindestwerte der dynamischen und statischen Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament gemäß Abschnitt 8 müssen für den jeweiligen Standort nachgewiesen werden. Dabei kann das Fundament in guter Näherung als Starrkörper angenommen werden.
4. Die im geotechnischen Entwurfsbericht angenommenen Baugrundverhältnisse sind beim Baugrubenaushub vom Bodengutachter zu überprüfen und zu bestätigen. Vor Aufbringen der Sauberkeitsschicht ist die Tragfähigkeit der Baugrubensohle durch den Bodengutachter zu bestätigen.

### **Ausführung Fundament:**

5. Sollten Expositionsklasse XA oder XS gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/ abweichend von den gewählten Expositionsklassen gemäß Abschnitt 7 am Standort zu berücksichtigen sein, so sind gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen zum Schutz des Betons und der Bewehrung zu ergreifen.
6. Die Bestimmungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für die Spannverfahren [11] bis [14] in der hier spezifizierten Fassung sind zu beachten.
7. Zum Zeitpunkt der Genehmigung ist eine gültige Version der Zulassungen [11] bis [14] vorzulegen.
8. Zur Begrenzung der Rissbildung infolge Hydratationswärmeentwicklung sind geeignete betontechnologische Maßnahmen zu ergreifen.
9. Der Zeitpunkt des Erreichens der erforderlichen Festigkeit des Vergussmörtels und Betons für das Vorspannen ist zu bestimmen und durch fachgerecht, unter Berücksichtigung der standortspezifischen Umgebungsbedingungen gelagerte Proben zu überprüfen und zu dokumentieren.
10. Das Fundament ist mit einer Bodenaufschüttung gemäß [2] dauerhaft zu überschütten. Das Material der Überschüttung muss die in [2] spezifizierte Mindestwichte im Trockenzustand aufweisen und muss maschinell verdichtet werden.



**Prüfintervalle:**

11. Die Anforderungen an die wiederkehrenden Prüfungen gemäß DIBt-Richtlinie /1/ sind zu beachten.

**Für die Verlängerung der Typenprüfung sind die Zeichnungen und die Berechnungen zu einer erneuten Überprüfung, in Hinsicht auf geänderte Vorschriften oder Richtlinien, wieder vorzulegen.**

**TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Prüfamt für Standsicherheit für die  
bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen**

Der Bearbeiter

A handwritten signature in green ink, appearing to read 'C. Stiglmeier'.

C. Stiglmeier

Der Leiter

A handwritten signature in green ink, appearing to read 'T. Uhrig'.

T. Uhrig