RESTRICTED

Industrie Service

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

Original Instruction: T05 0088-8869 VER 00

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 30.09.2019

Prüfnummer: **3015984-3-d**

Objekt: **Prüfung der Standsicherheit - Flachgründung**
Windenergieanlage Vestas V162-5.4/5.6 MW
Turm: Stahlrohrturm
Nabenhöhe: 166 m über GOK
Windzone S, Erdbebenzone 3

Hier: Ø = 27,00 m (rund) ohne Auftrieb

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

Hersteller und Konstruktion: Vestas Wind Systems A/S
Hedeager 42
8200 Aarhus N
Dänemark

Statische Berechnung: HCE Ingenieurgesellschaft mbH
Bleicherweg 6
21073 Hamburg

Auftraggeber: HCE Ingenieurgesellschaft mbH
Bleicherweg 6
21073 Hamburg

Geltungsdauer: bis 29.09.2024

Sankt Wendel Ostwind

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC/CST

Dokument:
3015984-3-d_Vestas_V162_5.4-5.6MW HH166_FGoA_27.0m.docx

Das Dokument besteht aus
7 Seiten.

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.

swiss safety center ISO 9001 certified system

T05 0088-8869 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2019-10-23 by INVOL

Sitz: München
Amtsgericht München HRB 96 869
USt-IdNr. DE129484218
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV
unter www.tuev-sued.de/impressum

Aufsichtsrat:
Reiner Block (Vorsitzender)
Geschäftsführer:
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),
Christian Bauerschmidt, Thomas Kainz

Telefon: +49 89 5791-3146
Telefax: +49 89 5791-2956
www.tuev-sued.de/is

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit für die
Bautechnische Prüfung von
Windenergieanlagen
Westendstraße 199
80686 München
Deutschland

VESTAS PROPRIETARY NOTICE: This document contains valuable confidential information of Vestas Wind Systems A/S. It is protected by copyright law as an unpublished work. Vestas reserves all patent, copyright, trade secret, and other proprietary rights to it. The information in this document may not be used, reproduced, or disclosed except if and to the extent rights are expressly granted by Vestas in writing and subject to applicable conditions. Vestas disclaims all warranties except as expressly granted by written agreement and is not responsible for unauthorized uses, for which it may pursue legal remedies against responsible parties.

RESTRICTED

Industrie Service

Original Instruction: T05 0088-8869 VER 00

Revision	Datum	Änderungen
0	30.09.2019	Erstfassung

Inhaltsverzeichnis

1. Unterlagen 3
1.1. Geprüfte Unterlagen 3
1.2. Eingesehene Unterlagen 3
2. Prüfgrundlage 4
3. Beschreibung 4
3.1. Baustoffe 5
3.2. Lastannahmen 5
3.3. Baugrund 5
4. Prüfumfang 5
5. Prüfbemerkungen 6
6. Prüfergebnis 6
6.1. Auflagen 6

Sankt Wendel Ostwind

T05 0088-8869 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2019-10-23 by INVOL

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

RESTRICTED

Industrie Service

Original Instruction: T05 0088-8869 VER 00

1. Unterlagen

1.1. Geprüfte Unterlagen

Folgende Dokumente, sofern nicht anders angegeben von HCE Ingenieurgesellschaft mbH erstellt, wurden zur Prüfung vorgelegt:

[1] Statische Berechnung „Flachgründung mit niedrigem Wasserstand (LGWL) Winenergieanlage vom Typ Vestas V162-5.4/5.6 MW, EnVentus™, DIBt(S), HH 166m“, 317 Seiten inklusive Anlage 2 Schädigungsberechnung,
Dokument Nr. 19085St1, Rev. 0, Datum 2019-08-05

[2] Schalplan „Windenergieanlage Vestas V162-5.4/5.6 MW, 166m, Nabenhöhe 166 m Flachgründung mit niedrigem Wasserstand“,
Dokument Nr. 085-19 V162 1 SP 001, Rev. 0, Datum 2019-08-09

[3] Bewehrungsplan „Windenergieanlage Vestas V162-5.4/5.6 MW, 166m, Nabenhöhe 166 m Flachgründung mit niedrigem Wasserstand“,
Dokument Nr. 085-19 V162 1 BP 002, Rev. 0, Datum 2019-08-09

[4] Bewehrungsplan „Windenergieanlage Vestas V162-5.4/5.6 MW, 166m, Nabenhöhe 166 m Flachgründung mit niedrigem Wasserstand“,
Dokument Nr. 085-19 V162 1 BP 003, Rev. 0, Datum 2019-08-09

1.2. Eingesehene Unterlagen

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich herangezogen:

[5] „Foundation loads V162-5.6/5.4 MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 166m, 50/60 Hz, GS“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 37 Seiten,
Dokument Nr. 0086-6686, Rev. 01, Datum 2019-07-10

[6] „Anlage 1 Ermüdungslasten („LS2“), Verkämmte Markov Matrizen gemäß [A.1]“, erstellt von HCE Ingenieurgesellschaft mbH, 30 Seiten,
Dokument Nr. 19085St1, Rev. 0, Datum 2019-08-05

[7] „Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas V162-5.6 MW mit 166 m Nabenhöhe für Windzone WZ2GK2 (S)“, erstellt von DNV GL Energy Renewables Certification, 6 Seiten,
Dokument Nr. L-05099-A052-0, Revision 1, Datum 2019-09-30

[8] „AC 1.5 V162 5.4/5.6MW HH166 DIBT LDST“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S,
Dokument Nr. A005-8820, Rev. 1, Datum 2019-08-13

[9] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Prüfung der Standsicherheit - Ankerkorb Windenergieanlage vom Typ Vestas V162-5.4/5.6 MW EnVentus, Turm: Stahlrohrturm, Nabenhöhe: 166 m über GOK, Windzone S, Erdbebenzone 3, Entwurfslebensdauer: 20 Jahre“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 6 Seiten,
Dokument Nr. 3045136-21-d, Rev. 0, Datum 2019-09-30

[10] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Prüfung der Standsicherheit – Stahlrohrturm LDST, Windenergieanlage Vestas V162-5.6/5.4 MW, EnVentus, 166 m Nabenhöhe, Windzone S, Erdbebenzone 3, Entwurfslebensdauer: 20 Jahre“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 9 Seiten,
Dokument Nr. 3045136-11-d, Rev. 0, vom 2019-09-30

[11] Leerrohrplan „Windenergieanlage Vestas V162-5.4/5.6 MW, 166m, Nabenhöhe 166 m Flachgründung mit niedrigem Wasserstand“,
Dokument Nr. 085-19 V162 1 LE 005, Rev. 0, Datum 2019-08-09

Sankt Wendel Ostwind

T05 0088-8869 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2019-10-23 by INVOL

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

RESTRICTED

Industrie Service

Original Instruction: T05 0088-8869 VER 00

2. Prüfgrundlage

Die Prüfung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Richtlinie:

/1/ „Richtlinie für Windenergieanlagen“, herausgegeben vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Ausgabe Oktober 2012, korrigierte Fassung März 2015

Zur Prüfung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

/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 + DIN EN 1991-1-1/NA/A1:2015

/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“ + DIN EN 1992-1-1/A1:2015, mit nationalem Anhang DIN EN 1992-1-1/NA:2013 + DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015

/4/ DIN EN 1993-1-1:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009“ + DIN EN 1993-1-1/A1:2014, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-1/NA:2015

/5/ DIN EN 1993-1-9:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-9/NA:2010

/6/ 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

/7/ DIN 1054:2010 „Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“ + DIN 1054/A1:2012 und DIN 1054/A2:2015

/8/ 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

/9/ DIN 4149:2005 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“

/10/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 439 „Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIP Model Code 1990“, Ausgabe 1994

/11/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 600 „Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“, Ausgabe 2012

3. Beschreibung

Der Stahlrohrturm für die Windenergieanlage vom Typ Vestas V162-5.4/5.6 MW mit 166 m Nabenhöhe wird auf einem kreisrunden Stahlbetonfundament verankert. Die unterste Stahlsektion wird mit vorgespannten Ankerbolzen und einem einbetonierten Ankerring auf dem Fundament verankert.

Die Flachgründung besteht aus einer kreisförmigen Fundamentplatte mit 27,00 m Außendurchmesser, mit veränderlicher Höhe sowie einem darauf aufgesetzten Sockel. Unter dem Fußflansch wird eine Lastverteilplatte angeordnet. Zwischen Lastverteilplatte und Sockel ist eine Mörtelausgleichsschicht angeordnet.

Sanit Wendel Ostwind

T05 0088-8869 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2019-10-23 by INVOL

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

RESTRICTED

Industrie Service

Original Instruction: T05 0088-8869 VER 00

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

Die genauen Abmessungen des Fundaments können dem Schalplan [2] entnommen werden.

3.1. Baustoffe

Beton für Fundament	C45/55 mit Expositionsklassen XC4, XS1, XF3 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Beton für Sockel	C50/60 mit Expositionsklassen XC4, XS1, XF3 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Vergussmörtel	C80/95 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Betonstahl	B500B gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/

3.2. Lastannahmen

Die dimensionierenden Lasten für die Fundamentauslegung sind im Fundamentlastdokument [5] für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit angegeben. Diese Lasten wurden mit der gutachtlichen Stellungnahme [7] bestätigt und werden als richtig vorausgesetzt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 20 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [7] auf Basis der DIN EN 1998-1 /8/ für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland abgedeckt. Hiermit sind auch alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen nach DIN 4149 /8/ in Deutschland abgedeckt.

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

3.3. Baugrund

Bei Flachgründung:

Die Mindestwerte der dynamischen und statischen Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament betragen gemäß Zeichnung [2] $k_{\varphi,dyn} \geq 99$ GNm/rad und $k_{\varphi,stat} \geq 49{,}5$ GNm/rad.

Der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand liegt bei Fundamentunterkante, Höhenkote s. [2].

4. Prüfumfang

Dieser Prüfbericht für eine Typenprüfung umfasst die Prüfung hinsichtlich der Standsicherheit der in Abschnitt 3 beschriebenen Flachgründung ohne Auftrieb auf Basis der in Abschnitt 2 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.

Sankt Wendel Ostwind

T05 0088-8869 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2019-10-23 by INVOL

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

RESTRICTED

Industrie Service

Original Instruction: T05 0088-8869 VER 00

5. Prüfbemerkungen

Die vorgelegten Nachweise wurden durch eigene Vergleichsrechnungen überprüft. Auf Basis der eingereichten Unterlagen und unserer Vergleichsrechnungen können ausreichende Sicherheiten bestätigt werden. Die Zeichnungen wurden auf Übereinstimmung mit den Annahmen der Berechnungen sowie den Vorgaben der in Abschnitt 2 genannten Prüfgrundlagen geprüft.

Schnittstellen:

Die Nachweise des Ankerkorbs (bestehend aus Lastverteilplatte, Ankerbolzen und Ankerring) wurden mit Prüfbericht [9] bestätigt. Die Nachweise der Lasteinleitung in den Vergussmörtel und Beton des Fundaments inklusive der gewählten Spaltzugbewehrung werden mit dem vorliegenden Prüfbericht bestätigt.

Imperfektionen:

Die Lasten aus [5] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung von 5 mm/m, von Differenzsetzungen des Fundaments von 3 mm/m sowie aus einer zusätzlichen Schiefstellung infolge der Berücksichtigung statischer Bodenkennwerte in Höhe von 6 mm/m.

6. Prüfergebnis

Die Berechnungen und die zugehörigen Konstruktions- und Bewehrungszeichnungen für das Fundament entsprechen den in Abschnitt 2 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.

6.1. 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 3.3. 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.

Sankt Wendel Ostwind

T05 0088-8869 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2019-10-23 by INVOL

VESTAS PROPRIETARY NOTICE

RESTRICTED

Industrie Service

Original Instruction: T05 0088-8869 VER 00

Ausführung Fundament

5. Auf einen ausreichenden Korrosionsschutz für den Ankerkorb ist zu achten. Sollte Expositionsklasse XA gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/ abweichend von den gewählten Expositionsklassen gemäß Abschnitt 3.1. am Standort zu berücksichtigen sein, so sind gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen zum Schutz des Betons und der Bewehrung zu ergreifen.

6. Zur Begrenzung der Rissbildung infolge Hydratationswärmeentwicklung sind geeignete betontechnologische Maßnahmen zu ergreifen.

7. Der Zeitpunkt des Erreichens der erforderlichen Festigkeit des Vergussmörtels und Betons für das Vorspannen der Ankerbolzen ist zu bestimmen und durch fachgerecht, unter Berücksichtigung der standortspezifischen Umgebungsbedingungen gelagerte Proben zu überprüfen und zu dokumentieren. Die Druckfestigkeit des Vergussmörtels muss zum Zeitpunkt des Vorspannes ≥ 53 N/mm² betragen

8. 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

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

Sankt Wendel Ostwind

Für die Verlängerung der Typenprüfung sind die Zeichnungen und die Berechnungen zu einer erneuten Überprüfung hinsichtlich geänderter Vorschriften oder Richtlinien vorzulegen.

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

Der Bearbeiter	Der Leiter
C. Stiglmeier	i.V. S. Mayer

T05 0088-8869 Ver 00 - Approved- Exported from DMS: 2019-10-23 by INVOL

VESTAS PROPRIETARY NOTICE