



Industrie Service

Mehr Sicherheit.
Mehr Wert.

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Prüfbericht für eine Typenprüfung

vom: 08.05.2018

Prüfnummer: 2839951-2-d

1. Objekt

Flachgründung

Windenergieanlage Vestas V150-4.0/4.2 MW

Turm: Stahlrohrturm mit Ankerkorb

Nabenhöhe: 166 m über GOK

Windzone S, Geländekategorie II,

Turbulenzkategorie A, Erdbebenzone 3

Hier: $\varnothing = 30,05$ m (rund) mit Auftrieb

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

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

Statische Berechnung: Vestas Wind Systems A/S
Hedeager 42
8200 Aarhus N
Dänemark

Auftraggeber: Vestas Wind Systems A/S
Hedeager 42
8200 Aarhus N
Dänemark

Geltungsdauer: bis 07.05.2023

Datum: 08.05.2018

Unser Zeichen:
IS-ESW3-MUC/WH

Dok.-Name:
2839951-2-d Vestas_V150-4.0-
4.2-166_DIBIS_FGmA.docx

Bericht Nr. 2839951-2-d

Das Dokument besteht aus
6 Seiten.
Seite 1 von 6

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.



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 (Vors.)
Geschäftsführer:
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),
Christian Bauerschmidt, Thomas Kainz

Telefon: +49 89 5791-1994
Telefax: +49 89 5791-2022
www.tuev-sued.de



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

Revision	Datum	Änderungen
0	08.05.2018	Erstfassung

2. Prüfunterlagen

2.1 Geprüfte Unterlagen

Zur Prüfung lagen folgende durch Vestas Wind Systems A/S erstellte Unterlagen vor und wurden mit rundem Prüfstempel versehen:

- [1] Statische Berechnung „Vestas Wind Systems A/S, Flachgründung (mit Auftrieb) der Windkraftanlage (WKA) V150 4,0/4,2MW 166m Mk3 DIBtS“, Seite 1 bis 1.44 und 2.1 bis 2.116, Dokument Nr. 0072-5971, Rev. 02, vom 24.04.2018
- [2] Schal- und Bewehrungsplan „V150 4,0/4,2MW 166M Mk3 DIBtS DHGWL, GWS in OK Gelände“, Zeichnung Nr. 0072-5972, Rev. 02, vom 24.04.2018
- [3] Ankerkorbzeichnung „AC1.5 V150 4,0/4,2MW 166m Mk3 DIBtS“, Zeichnung Nr. 0072-5433, Rev. 0, vom 08.02.2018

2.2 Unterlagen zur Information

Zur Information lagen folgende Unterlagen vor:

- [4] „Combine Foundation loads V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m, 50/60 Hz, GS“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 63 Seiten, Dokument Nr. 0071-9515, Ver. 01, vom 26.03.2018
- [5] Bewehrungsliste „V150 4,0/4,2MW HH166m Mk3 DIBtS Fundament für zylindrischen Stahlrohrturm“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 14 Seiten, Dokument Nr. 0072-5973, Ver. 02, vom 24.04.2018
- [6] Turmzeichnung „T96A600 - V150-4.0/4.2 MW-MK3 NH166 DIBt S (WZ2 GK2) LDST“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, Zeichnung Nr. 0072-0477, Rev. 0, vom 14.02.2018
- [7] „Prüfbericht für eine Typenprüfung - Stahlrohrturm mit 166 m Nabenhöhe, für Windenergieanlagen vom Typ Vestas V150-4.0/4.2 MW-Mk3 LDST für Windzone S, Geländekategorie II, Erdbebenzone 3“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 8 Seiten, Prüfnummer 2839951-1-d, Rev. 0, vom 07.05.2018
- [8] „Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas V150-4.0MW / 4.2MW mit 166 m Nabenhöhe für Windzone WZ2GK2 (S)“, erstellt von DNVGL, Seite 1 bis 6, Bericht: L-03642-A052-0, Rev. 2, vom 04.05.2018

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 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“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-1/NA:2010
- /5/ DIN EN 1993-1-8:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-8/NA:2010
- /6/ 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
- /7/ 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
- /8/ DIN 1054:2010 „Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“
- /9/ 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
- /10/ DIN 4149:2005 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“
- /11/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 439 „Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIP Model Code 1990“, Ausgabe 1994
- /12/ 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 Vestas V150-4.0/4.2 MW mit 166 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 Stahlrohrturm für die oben genannte Windenergieanlage wird auf einem kreisrunden Stahlbetonfundament verankert. Das unterste Turmsegment wird mit vorgespannten Ankerbolzen und einem einbetonierten Ankerring auf dem Fundament verankert.

Die Flachgründung besteht aus einer kreisförmigen Fundamentplatte mit veränderlicher Höhe sowie einem darauf aufgesetzten Sockel. Zwischen Turmfußflansch und Sockel ist eine Mörtelausgleichsschicht angeordnet.

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

Außendurchmesser Turmfußflansch	6,40 m
Breite Turmfußflansch	400 mm
Anzahl Ankerbolzen	2 x 132
Außendurchmesser Fundament	30,05 m
Höhe Fundamentplatte am Anschnitt Sockel	2,98 m
Höhe Fundamentplatte am äußeren Rand	1,25 m
Gesamthöhe Fundament im Sockelbereich	3,89 m
Höhe Erdüberschüttung am Anschnitt Sockel	0,37 m
Höhe Erdüberschüttung am Rand	2,10 m
Sockelhöhe über Erdüberschüttung	0,29 m

6. Lastannahmen

Die dimensionierenden Lasten für die Fundamentauslegung sind im Fundamentlastdokument [4] für den Grenzzustand der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit sowie für die Ermüdungsnachweise angegeben. Diese Lasten wurden mit der gutachtlichen Stellungnahme [8] bestätigt.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [8] auf Basis der DIN EN 1998-1 /9/ für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland abgedeckt. Hiermit sind auch alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen nach DIN 4149 /10/ in Deutschland abgedeckt.

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

7. Baustoffe

Beton für Fundament	C35/45 mit Expositionsklassen XC4, XD1, XS1, XF3, XA1 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Beton für Sockel	C50/60 mit Expositionsklassen XC4, XD1, XS1, XF3, XA1 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/
Ankerbolzen	M42-10.9 gemäß DAST-Richtlinie 021
Ankerplatte	S355J0 gemäß DIN EN 10025-2

8. Baugrund

Die Mindestwerte der dynamischen und statischen Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament betragen gemäß Zeichnung [2] $k_{\varphi, \text{dyn}} \geq 120 \text{ GNm/rad}$ und $k_{\varphi, \text{stat}} \geq 27,1 \text{ GNm/rad}$.

Der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand liegt bei Geländeoberkante.

9. Prüfbemerkungen

Die vorgelegten Nachweise wurden durch eigene Vergleichsrechnung überprüft.

Die Lasten aus [4] 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.

Die Nachweise des Ankerkorbs (bestehend aus Ankerbolzen und Ankerring) sowie 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 und den Ankerkorb 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.
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.



Industrie Service

Ausführung Fundament:

5. Auf einen ausreichenden Korrosionsschutz für den Ankerkorb ist zu achten. Sollte 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. 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 gemäß [3] zum Zeitpunkt des Vorspannens $\geq 70 \text{ N/mm}^2$ 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 planmäßige Vorspannung der Ankerbolzen ist nach Inbetriebnahme analog den Vorgaben in /1/ zu Ringflanschverbindungen erneut zu kontrollieren und ggf. nachzuspannen.
10. 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
 Prüfamts für Standsicherheit für die
 bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen**

Der Bearbeiter

S. Mayer
 S. Mayer

Der Leiter

gez. T. Uhrig
 T. Uhrig