



Industrie Service

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Mehr Sicherheit.
Mehr Wert.

Prüfbericht für eine Typenprüfung

vom: 28.11.2014



Prüfnummer: 2129561-10-d

1. Objekt

Anlage: Kreisrunde Flachgründung Ø 27,60 m mit Ankerkorb für einen Stahlrohturm der Windenergieanlage vom Typ Vestas V126-3.3 MW mit 137 m Nabhöhe, Windzone 2, Geländekategorie II Turbulenzkategorie A, Erdbebenzone 3
Wasserstand maximal bis zur Geländeoberkante – mit Auftrieb

Datum: 28.11.2014

Unsere Zeichen:
IS-FSW-MUC/WH

Dok.-Name:
2129561-10-d_Vestas_V126-3.3-137_DIBI2012_WZ2_FGmA_WH.doc

Bericht Nr. 2129561-10-d

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

Das Dokument besteht aus
7 Seiten.
Seite 1 von 7

Hersteller und Konstruktion: Vestas WIND SYSTEM A/S
Hedeager 44
8200 Aarhus N
Dänemark

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

Statische Berechnung: Vestas WIND SYSTEM A/S
Hedeager 44
8200 Aarhus N
Dänemark

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände.

Auftraggeber: Vestas WIND SYSTEM A/S
Hedeager 44
8200 Aarhus N
Dänemark

Geltungsdauer: bis 27.11.2019



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

Aufsichtsrat:
Karsten Xander (Vorsitzender)
Geschäftsführer:
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),
Dr. Ulrich Klotz, Thomas Kainz

Telefon: +49 89 5791-3146
Telefax: +49 89 5791-2956
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	28.11.2014	Erstfassung

2. Prüfungsunterlagen

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

- [1] Statische Berechnung „Vestas Wind Systems A/S, Flachgründung der Windkraftanlage (WKA) V126 3.3MW 137m DIBt2 HGWL“, Dokument- Nr. 0046-8936, Rev. 1, Seite 1, 1.1 bis 1.44 und 2.1 bis 2.116, vom 17.11.2014
- [2] Schal- und Bewehrungsplan „V126 3.3MW NH137 DIBt WZ2 GKII, GWS in OK Gelände“, Zeichnung Nr. 0046-8937, Rev. 2, vom 26.11.2014
- [3] Ankerkorb „ANCHOR EMB V117 141.5M DIBT2“, Zeichnung Nr. 0043-1632, Rev. 2, vom 25.09.2014

Folgende Unterlagen lagen zur Information vor:

- [4] „Foundation Loads V126-3.3 MW, Mk2a, DIBt2, 137 m - 50 Hz, GS“, Dokument- Nr. 0047-2702, Rev. 0, Seite 1 bis 36, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, vom 19.09.2014
- [5] „Gutachterliche Stellungnahme für die Lastannahmen zur Turm- und Fundamentberechnung der Vestas V126-3.3 MW mit 137 m Nabenhöhe für DIBt 2012 WZ 2 GK II“, Bericht Nr. PD-641802-18RPSIZ-5, Rev. 00, Seite 1 bis 5 mit Anhang, erstellt von Det Norske Veritas, Danmark A/S, vom 27.11.2014
- [6] „Prüfbericht für eine Typenprüfung - Stahlrohrturm mit 137m Nabenhöhe, für Windenergieanlagen vom Typ Vestas V126-3.3MW für Windzone 2, Geländekategorie II, Turbulenzkategorie A, Erdbebenzone 3“, Prüfnummer 2129561-9-d, Rev. 0, 8 Seiten, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, vom 28.11.2014
- [7] Bewehrungsliste „Fundament für zylindrischen Stahlrohrturm V126 3.3MW 137m DIBt2 HGWL“, Dokument- Nr. 0046-8938, Rev. 02, Seite 3.1 bis 3.15, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, vom 26.11.2014

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: Einwirkungen 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
- /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:2011
- /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 Regeln zu DIN EN 1997-1“
- /6/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 439 „Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB/FIP Model Code 1990“, Ausgabe 1994



- /7/ 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
- /8/ 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
- /9/ DAST – Richtlinie 021:2006 “Schraubenverbindungen aus feuerverzinkten Garnituren M 39 bis M 64 entsprechend DIN 6914, DIN 6915, DIN 6916“
- /10/ 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

4. Geltungsbereich

Dieser Teilbericht der Typenprüfung umfasst die Prüfung der in den technischen Unterlagen dargestellten und nachgewiesenen Bauteile auf Basis der in Abschnitt 3. genannten Prüfgrundlagen für das Stahlbetonfundament der Windenergieanlage vom Typ Vestas V126-3.3MW mit Nabenhöhe 137m.

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

Weitere Prüfungen wie die Bauausführung und die Überprüfung der Standorteignung sind nicht Gegenstand dieses Berichtes.

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

Es wird davon ausgegangen, dass Hersteller und Betreiber ihren Verpflichtungen zur Gewährleistung des sicheren Betriebes der Anlage nachkommen und über im Betrieb festgestellte, auslegungsrelevante Auffälligkeiten, wie z.B. Schwingungsphänomene, berichten und gegebenenfalls veranlassen, dass entsprechende Untersuchungen durchgeführt und neue Berechnungen zur Prüfung vorgelegt werden.

5. Baubeschreibung

Der Stahlrohrturm für die Windenergieanlage vom Typ Vestas V126-3.3 MW, Nabenhöhe 137m, Windzone 2 gemäß DIBt-Richtlinie 2012 /1/, besteht aus einem konischen Stahlrohr, das auf einem kreisrunden Stahlbetonfundament verankert ist.

Der Außendurchmesser des Turmes beträgt am Turmfußflansch 6,30 m (Höhenlage 0,20 m über OK Gelände). Der T-förmige Turmfußflansch hat Abmessungen von 300 x 110 mm. Ein untergelegter Druckring ist nicht vorgesehen. Das unterste Turmsegment wird mit 2 x 108 vorgespannten Ankerschrauben M36-10.9 und einem einbetonierten Ankerring mit den Abmessungen von 320 x 80 mm auf dem Fundament verankert.



Das Fundament für die Flachgründung besteht aus einem kreisrunden Stahlbetonsockel mit 7,704 m Durchmesser und einer Gesamthöhe von 3,40 m sowie einem daran anschließenden Kegelstumpf mit 27,60 m Außendurchmesser und einer veränderlichen Höhe von 2,35 m am Fundamentsockel und von 0,70 m am Rand der Fundamentplatte. Der Sockel wird aus Beton der Festigkeitsklasse C45/55 und das Fundament wird in der Betongüte C 35/45 hergestellt.

Die Oberkante des Fundamentsockels ragt 30 cm über die Oberkante der Geländeaufschüttung. Die Höhe der Erdüberschüttung ($\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$) beträgt zwischen 0,51 m am Fundamentsockel und 2,16 m am Fundamentrand.

In der Berechnung wurde Auftrieb durch anstehendes Wasser berücksichtigt. Der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand darf maximal bis zur Geländeoberkante heranreichen.

6. Lastannahmen

Die dimensionierenden Lasten aus dem Turm für die Fundamentauslegung sind in Dokument [4] für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und für den Betriebsfestigkeitsnachweis angegeben. Die Gültigkeit der Lasten aus [4] für die vorliegende Fundamentbemessung wurde in [5] bestätigt und im Folgenden als richtig vorausgesetzt.

In Dokument [6] wird bestätigt, dass Einwirkungen aus Erdbeben Bedeutungskategorie II, Erdbebenzone 3 nach DIN EN 1998-1 und DIN EN 1998-1/NA /10/ in den Lasten berücksichtigt sind.

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

7. Baustoffe

Ankerbolzen	M36-10.9 nach DIN EN ISO 898-1:2013 / DASt-Richtlinie 021
Ankerplattenring	S355J0 nach DIN EN 10025-2:2005
Vergussmörtel	C80/95 nach DIN EN 1992-1-1 /3/ und DIN EN 206-1:2001
Beton für Sockel	C45/55 nach DIN EN 1992-1-1 /3/ und DIN EN 206-1:2001
Beton für Fundament	C35/45 nach DIN EN 1992-1-1 /3/ und DIN EN 206-1:2001
Betonstahl im Fundament	B 500 B nach DIN EN 1992-1-1 /3/ und DIN 488:2009

8. Baugrund

Ein Baugrundgutachten mit den Mindestanforderungen der geotechnischen Kategorie GK3 gemäß DIN EN 1997-1/4/ ist einzuholen. Darin sind neben den zulässigen Bodenpressungen auch Angaben zu den statischen und dynamischen Bodenkennwerten zu machen.

Der Mindestwert für die zulässige Bodenpressung beträgt $p \geq 138 \text{ kN/m}^2$ (Kantenpressung).

Die Mindestwerte für den dynamischen Steifemodul betragen für nichtbindige Böden (Sand: $v=0,35$) 32.000 kN/m^2 und für bindige Böden (Ton: $v=0,40$) 41.000 kN/m^2 . Die ermittelten Werte sind einzuhalten.

Die Mindestwerte für die dynamische Drehfedersteifigkeit ($k_{\phi, \text{dyn}} \geq 80 \text{ GNm/rad}$) und für die statische Drehfedersteifigkeit ($k_{\phi, \text{stat}} \geq 17,6 \text{ GNm/rad}$) des Gesamtsystems aus Fundament und Baugrund sind vom Bodengutachter für den jeweiligen Standort in seinem Bodengutachten nachzuweisen.

In der Berechnung wurde Auftrieb durch anstehendes Wasser bis zur Oberkante Gelände berücksichtigt. Diese Annahme ist durch einen Bodengutachter zu bestätigen.



9. Prüfbemerkungen

Für die Prüfung wurden die unter Kapitel 3 genannten Normen und Richtlinien zugrunde gelegt. Die nachfolgenden Prüfbemerkungen gelten für die Standsicherheit des Fundamentes einschließlich Ankerkorb.

Die Nachweise des Turmes der Windenergieanlage werden in einem gesonderten Prüfbericht [6] behandelt und sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Die gutachterlich bestätigten Lastangaben aus der Maschine und aus dem Turm werden als richtig vorausgesetzt.

In Dokument [6] wird bestätigt, dass Einwirkungen aus Erdbeben Bedeutungskategorie II, Erdbebenzone 3 nach DIN EN 1998-1 und DIN EN 1998-1/NA /10/ in den Lasten berücksichtigt sind.

Das Blitzschutzkonzept ist nicht Gegenstand dieses Prüfberichts.

Die vorgelegten Nachweise wurden durch eigene Vergleichsrechnung überprüft. Die in den Dokumenten ausgewiesenen Sicherheitsmargen weichen von unseren Vergleichsrechnungen teilweise ab und können daher nicht bestätigt werden. Auf Basis der eingereichten Unterlagen und unseren Vergleichsrechnungen können jedoch ausreichende Sicherheiten bestätigt werden.

10. Prüfergebnis

Die Berechnungen und die zugehörigen Konstruktions- und Bewehrungszeichnungen für das Fundament und den Ankerkorb entsprechen der DIBt-Richtlinie 2012 /1/ sowie den unter Kapitel 3 genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

Gegen die Erteilung einer Baugenehmigung bestehen unsererseits keine Bedenken, vorausgesetzt, die in den Plänen und Berechnungen angegebenen Abmessungen, Werkstoffgüten und die nachstehenden Auflagen sowie alle Auflagen und Bemerkungen der zugehörigen Prüfberichte und Gutachten werden beachtet bzw. vollzogen.

Dieser Prüfbericht ist nur gültig in Verbindung mit dem zugehörigen Turmprüfbericht [6] sowie den zugehörigen Lastgutachten [5] und den weiteren gemäß DIBt-Richtlinie 2012 /1/ Kap. 3 geforderten gutachtlichen Stellungnahmen und Unterlagen.

Ein vorzeitiger Widerruf des Prüfberichtes bleibt dem Prüfamtm für Standsicherheit für die bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen vorbehalten.

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

Auflagen

1. Die vorhandenen Bodenkennwerte, die Zuordnung des Bodens zu Expositionsklassen nach DIN EN 1992-1-1 /3/ bzw. DIN EN 206-1:2001 und der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand sind für den jeweiligen Standort zu ermitteln und in einem Baugrundgutachten zu beschreiben, das die Mindestanforderungen der geotechnischen Kategorie GK 3 gemäß DIN EN 1997-1 /4/ erfüllt. Grundbautechnische Berechnungen sind in Abstimmung mit dem Baugrundgutachter durchzuführen.
2. Die Mindestwerte der dynamischen Drehfedersteifigkeit ($k_{\phi, \text{dyn}} \geq 80 \text{ GNm/rad}$) und der statischen Drehfedersteifigkeit ($k_{\phi, \text{stat}} \geq 17,6 \text{ GNm/rad}$) sowie der dynamischen Horizontalfedersteifigkeit ($k_{h, \text{dyn}} = 5000 \text{ MN/m}$) beim Zusammenwirken von Fundament und Baugrund gemäß [4] müssen vom Baugrundgutachter für den jeweiligen Standort im Baugrundgutachten nachgewiesen werden.



3. Die zulässigen Beanspruchungen des Baugrundes und der Wasserstand gemäß Bodengutachten sind bei Baugrubenaushub vom Bodengutachter zu überprüfen und zu bestätigen
4. Der höchste Wasserstand darf maximal bis zur Geländeoberkante stehen. Diese Annahme ist durch den Bodengutachter zu bestätigen
5. Die Bewehrung, die Ausführung und die Abmessungen des Fundamentes sind vor dem Betonieren einer Prüfung auf plan- und fachgerechte Fertigung durch einen Sachverständigen des Prüfamtes oder durch den Statikersteller oder durch den verantwortlichen Bauleiter zu unterziehen. Hierüber ist ein detaillierter Bericht zu erstellen. Maßtoleranzen nach DIN EN 13670:2011 sind einzuhalten.
6. Bei der Herstellung des Fundamentes ist auf ausreichende konstruktive Ausführung der Bewehrung und auf Einhaltung der geforderten Betondeckung zu achten. Die Güte der verwendeten Baustoffe (Bewehrung, Betongüte) ist durch Atteste gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/ bzw. DIN EN 206-1:2001 sowie DIN 488:2009 zu dokumentieren. Die Anforderungen an Personal, Unternehmen und Baustelle sowie an die Güte der Baustoffe gemäß DIN EN 13670:2011 sind zu beachten. Entsprechende Montageanleitungen bzw. Herstellenweisungen für die Gründung gemäß DIN EN 13670:2011 sind vorzulegen und zu beachten.
7. Auf einen ausreichenden Korrosionsschutz für den Ankerkorb und alle Bewehrungsstähle ist zu achten. Bei Aufstellung in Küstennähe (besonders starker Salzangriff) sind zusätzliche Maßnahmen für Korrosionsschutz der Bewehrung zu ergreifen. Bezüglich Bauteilen in betonschädlichen Wässern und Böden ist die DIN EN 206-1:2001 zu beachten.
8. Die Bestimmungen der DIN EN 13670:2011 sind zu beachten; insbesondere auch die Bestimmungen für Arbeitsfugen und Betonierabschnitte sowie Ausschalfristen. Zur Begrenzung der Rissbildung infolge Hydratationswärmeentwicklung sind geeignete betontechnologische Maßnahmen zu ergreifen.
9. Der verwendete Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung weist eine langsamere Festigkeitsentwicklung auf. Der Zeitpunkt bis zum Erreichen der erforderlichen Festigkeit des Betons für das Vorspannen der Ankerbolzen ist von der Bauleitung zu bestimmen und durch am Aufstellort gelagerte Proben zu überprüfen.
10. Die vorgespannten Schraubenverbindungen im Ankerkorb sind vor der Montage einer sorgfältigen Sichtprüfung zu unterziehen. Die planmäßige Vorspannung der Ankerschrauben ist entsprechend der Angaben auf Plan [3] durch Überprüfung und gegebenenfalls Nachspannen sicherzustellen. Für die Schrauben ist regelmäßig mindestens eine Sicht- und Lockerheitskontrolle durchzuführen.
11. Das Fundament ist mindestens mit einer Bodenaufschüttung zwischen 0,51 m und 2,16 m, gemäß Zeichnung [2], dauerhaft zu überschütten. Das Material der Überschüttung muss eine Mindestwichte von 18 kN/m³ im Trockenzustand aufweisen und muss maschinell verdichtet werden. Die Bodenaufschüttung ist mindestens 1,50 m über die Fundamentaussenkante hinaus anzufüllen und ab da mit einer Neigung von max. 1:1,5 anzuböschten.
12. Die Oberseite des Stahlbetonsockels ist mit einem konstruktiven Gefälle herzustellen. Der Übergang vom Ankerkorb zum Stahlbetonsockel ist mit einem UV-beständigen, rissüberbrückenden Abdichtungssystem herzustellen.
13. Das Blitzschutzkonzept ist von einem Sachverständigen unter Berücksichtigung der Anforderungen sowie Eignung für dieses Windenergieanlagenkonzept zu prüfen.



14. Die ordnungsgemäße Ausführung des Fundamentes ist durch das Prüfamnt für Standsicherheit von Windenergieanlagen oder durch eine vom zuständigen Bauamt zu bestimmende Stelle zu bescheinigen. In einem Abnahmegutachten ist der Vollzug der Auflagen dieses Prüfberichtes darzustellen. Das Abnahmegutachten ist den Unterlagen des Baugenehmigungsverfahrens beizufügen.
15. Das Fundament ist mindestens alle 2 Jahre durch einen Sachverständigen für Windenergieanlagen auf den Erhaltungszustand hin zu überprüfen. Wenn von der Herstellerfirma eine laufende (mindestens jährliche) Überwachung und Wartung der Windenergieanlage durchgeführt wird, kann der Zeitraum der Fremdüberwachung auf 4 Jahre verlängert werden. Über die Überprüfung bzw. Überwachung und Wartung ist mindestens alle 2 Jahre ein Bericht zu erstellen. Dieser ist unaufgefordert der zuständigen Bauaufsicht zu übersenden, falls dies in der Baugenehmigung so festgelegt wurde.

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
Prüfamnt für Standsicherheit
für die bautechnische Prüfung
von Windenergieanlagen

Der Bearbeiter


W. Hörmann

Der Leiter


i. V. Th. Uhrig