



Industrie Service

**Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.**

 PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
 BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Prüfbericht für eine Typenprüfung

vom: 18.02.2019

Prüfnummer: 2763947-2-d Rev.3

1. Objekt

Anlage: Flachgründung

 Fundament: Ø = 28,50 m (rund) mit Auftrieb
 Turm: Stahlrohrturm mit Ankerkorb
 Nabenhöhe: 166 m NH über GOK
 Anlage: Vestas V136-3.45/3.6 MW,
 Vestas V126-3.6 MW und
 Vestas V136-4.0/4.2 MW
 Windzone S,
 Erdbebenzone 3

 Unser Zeichen:
 IS-ESW3-MUC/CST

 Dok.-Name:
 2763947-2-d-Rev3_V126_V136-
 3.45_4.2MW_HH166_DIBt2012_5
 _WZ2GK2_HGWL.docx

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

 Das Dokument besteht aus
 8 Seiten.
 Seite 1 von 8

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

 Die Prüfergebnisse beziehen sich
 ausschließlich auf die
 untersuchten Prüfgegenstände.

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

Geltungsdauer: bis 07.12.2022

 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®

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



Revision	Datum	Änderungen
0	08.12.2017	Erstfassung
1	16.07.2018	Anlagenvariante V126-3.60 MW hinzugefügt: Dokumente [7] bis [9] hinzugefügt, neue Revision von [4]; Windzone im Berichtstitel korrigiert
2	22.01.2018	Korrektur in Plan [2] und Bewehrungsliste [10] aufgenommen
3	18.02.2019	Anlagenvariante V136-4.0/4.2 MW hinzugefügt. Redaktionelle Änderungen. Dokumente [2], [3] und [15] reversioniert, Dokumente [4], [5], [7], [13], [14] und [17] hinzugefügt. Dokument [1] behält Gültigkeit.

Notiz: Referenzangaben älterer Revisionen könnten sich geändert haben und könnten bei der aktuellen Revision nicht mehr zutreffen.

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) V136 3.45/3.60 MW 166 m Mk3 DIBtS“, Seite 1 bis 1.44 und 2.1 bis 2.116,
Dokument Nr. 0067-7879, Ver. 01, vom 11.09.2017
- [2] Schal- und Bewehrungsplan „V136 3.45/3.60/4.0/4.2 MW 166 m MK3 DIBTS, GWS in OK Gelände“,
Zeichnung Nr. 0067-7898, Ver. 3, vom 17.01.2019
- [3] Ankerkorbzeichnung „ANCH EMB V136 4.0/4.2MW HH166“,
Zeichnung Nr. 0067-7878, Ver. 1, vom 17.01.2019
- [4] Statische Berechnung „Vestas Wind Systems A/S, Flachgründung (mit Auftrieb) der Windkraftanlage (WKA) V136 4.0/4.2 MW 166 m Mk3 DIBtS“, Seite 1.1 bis 1.88 und 2.1 bis 2.116, 3.1 bis 3.2,
Dokument Nr. 0080-7155, Ver. 03, vom 31.01.2019
- [5] „Verification of capacity of V136 HH166 Mk3D foundation to sustain loads of V136 4.0/4.2 MW Mk3E HH166 LDST DIBtS“, 4 Seiten,
Dokument Nr. 0080-5852, Ver. 01, vom 17.01.2019

2.2 Unterlagen zur Information

Zur Information lagen folgende Unterlagen vor:

- [6] „Prüfbericht für eine Typenprüfung - Prüfung der Standsicherheit - Stahlrohrturm, Windenergieanlagen vom Typ Vestas V126-3.60 MW-Mk3 und V136-3.45/3.60 MW-Mk3, Stahlrohrturm vom Typ LDST „T3III591L“, mit 166 m Nabenhöhe, Windzone S, Geländekategorie II, Erdbebenzone 3“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 9 Seiten,
Dokument Nr. 2763947-1-d, Rev.1, vom 16.07.2018



- [7] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Prüfung der Standsicherheit – Stahlrohrturm LDST, Windenergieanlagen Vestas V136-4.0/4.2 MW-Mk3, 166 m Nabenhöhe, Windzone S, Erdbebenzone 3“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 10 Seiten, Dokument Nr. 2839951-9-d, Rev. 0, vom 18.02.2019
- [8] „Foundation loads V136-3.45/3.6 MW, Mk3, WZ2GK2(S), 166 m, 50/60 Hz, GS“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 58 Seiten, Dokument Nr. 0067-5158, Ver. 01, vom 04.07.2017
- [9] „Gutachterliche Stellungnahme Lastannahmen zur Berechnung des Turmes für die Vestas Wind Turbinen V136-3.45MW HTq für DiBt Windzone S, Geländekategorie 2 und V136-3.60MW HTq für DiBt Windzone S, Geländekategorie 2 mit 166 m Nabenhöhe“, erstellt von DNV-GL, 6 Seiten, Dokument Nr. L-03100-20171204, Rev. 0, vom 04.12.2017
- [10] „Foundation loads V126-3.6 MW, Mk3 HTq, WZ2GK2(S), 166 m, 50/60 Hz, GS“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 37 Seiten, Dokument Nr. 0074-9172, Rev. 00, vom 04.05.2018
- [11] „Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas V126-3.6MW Mk3 mit 166 m Nabenhöhe für Windzone WZ2GK2 (S)“, erstellt von DNV-GL, 6 Seiten, Bericht: L-03986-A052-1, Rev. 0, vom 03.07.2018
- [12] „Tower & Foundation Loads Comparison V126-3.6 MW, Mk3 HTq, WZ2GK2(S), 166 m, 50/60 Hz, GS“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 9 Seiten, Dokument Nr. 0076-2822, Ver. 00, vom 20.06.2018
- [13] „Combine Foundation loads V136-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2 (S), 166 m, 50/60 Hz, GS“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 79 Seiten, Dokument Nr. 0080-1663, Ver. 00, vom 06.11.2018
- [14] Gutachterliche Stellungnahme – Lastannahmen zur Berechnung des Turmes für die Vestas Wind Turbinen V136-4.00MW Mk3E für DIBt S und V136-4.20MW Mk3E für DIBt S mit 166 m Nabenhöhe“, erstellt von DNV-GL, 7 Seiten, Bericht: L-04553-1, Rev. 0, vom 15.02.2019
- [15] Bewehrungsliste „V136 3.45/3.6MW 166m Mk3 DIBtS, V136 4.0/4.2 MW Mk3 DIBtS, Fundament für zylindrischen Stahlrohrturm“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 14 Seiten, Dokument Nr. 0067-7880, Ver. 03, vom 18.01.2019
- [16] Zeichnung „T3III591L – V136-3.45/3.6 MW-MK3 NH166 DIBt S (WZ2 GK2) LDST“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, Zeichnung Nr. 0067-8142, Rev. 1, vom 29.08.2017
- [17] Zeichnung „S88A601-V136-4.0/4.2 MW-MK3 NH166 DIBt S (WZ2 GK2) LDST“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, Zeichnung Nr. 0080-3601, Rev. 0, Datum 2019-01-15

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/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 439 „Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIP Model Code 1990“, Ausgabe 1994
- /10/ 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 hinsichtlich der Standsicherheit auf Basis der in Abschnitt 3 genannten Prüfgrundlagen der Windenergieanlagen vom Typ:

- Vestas V136-3.45/3.6 MW oder
- Vestas V126-3.6 MW oder
- Vestas V136-4.0/4.2 MW

mit 166 m Nabenhöhe über GOK.

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 120
Außendurchmesser Fundament.....	28,50 m
Höhe Fundamentplatte am Anschnitt Sockel.....	2,85 m
Höhe Fundamentplatte am äußeren Rand.....	0,70 m
Gesamthöhe Fundament im Sockelbereich.....	3,89 m
Höhe Erdüberschüttung am Anschnitt Sockel.....	0,50 m
Höhe Erdüberschüttung am Rand.....	2,65 m
Sockelhöhe über Erdüberschüttung.....	0,29 m

6. Lastannahmen

Die dimensionierenden Lasten für die Fundamentauslegung sind im Fundamentlastdokument [8] für den Grenzzustand der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit sowie für die Ermüdungsnachweise angegeben. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 20 Jahre. Die Lasten wurden mit [9] bestätigt.

Zu Revision 1 dieses Berichts:

Für V126-3.6 MW wurde über den Lastvergleich in [12] gezeigt, dass die Auslegung des Fundaments auch für die Lasten aus [10] gültig ist. Die Lasten wurden mit [11] bestätigt.

Zu Revision 3 dieses Berichts:

Für V136-4.0/4.2 MW wurde über den Lastvergleich in [5] und zusätzliche Nachweise in [4] gezeigt, dass die Auslegung des Fundamentes für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit auch für die Lasten aus [13] gültig ist. Die Lasten wurden mit [14] bestätigt.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [9], [11] und [14] auf Basis der DIN EN 1998-1 für alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen in Deutschland abgedeckt. Hiermit sind auch alle Erdbebenzonen sowie Baugrund- und Untergrundklassen nach DIN 4149 in Deutschland abgedeckt.

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

7. Baustoffe

Beton für Fundament	C35/45 mit Expositionsclassen XC4, XD1, XS1, XF3, XA1 gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/
Beton für Sockel	C50/60 mit Expositionsclassen 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] $k_{\varphi, \text{dyn}} \geq 140 \text{ GNm/rad}$ und $k_{\varphi, \text{stat}} \geq 24,7 \text{ GNm/rad}$.

Der höchste für den Auftrieb maßgebende Wasserstand liegt bei Geländeoberkante.

9. Prüfbemerkungen

Die vorgelegten Nachweise wurden durch eigene Vergleichsrechnung überprüft.

Die Lasten aus [8], [10] und [13] enthalten bereits Effekte aus einer Turmschiefstellung von 5 mm/m, von Differenzsetzungen des Fundaments von 3 mm/m.

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

Zu Revision 1 dieses Berichts:

Die Anlagenvariante 3.60 MW mit neuen Fundamentlastangaben [10] und zugehörigem Lastgutachten [11] wurde aufgenommen. In Dokument [12] wird durch Vergleich der Lasten aus [10] mit den zur Bemessung verwendeten Lasten aus [8] gezeigt, dass die Bemessung des Fundaments auch für die Lasten aus [10] gültig ist. Der Lastvergleich [12] wird mit dem Prüfbericht zum Turm [6] bestätigt.

Zu Revision 2 dieses Berichts:

In der Biegeliste [15] und im Bewehrungsplan [2] wurde eine Korrektur aufgenommen.

Zu Revision 3 dieses Berichts:

Die Anlagenvariante V136/4.0-4.2 MW mit neuen Fundamentlastangaben [13] und zugehörigem Lastgutachten [14] wurde aufgenommen. In Dokument [5] wird durch Vergleich der Lasten aus [13] mit den zur Bemessung verwendeten Lasten aus [8] gezeigt, dass die Bemessung des Fundaments auch für die Lasten aus [13] für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit gültig ist. Aufgrund der Erhöhung der Ermüdungslasten in [13] gegenüber [8] wurde das Fundament in der statischen Berechnung [4] für die Lasten aus [13] nachgewiesen. Der mit [7] geprüfte Turm kann für das Fundament verwendet werden.

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. 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. 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 Expositionsclassen 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 zum Zeitpunkt des Vorspannes $\geq 73 \text{ N/mm}^2$ 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.



Industrie Service

Prüfintervalle:

9. Innerhalb des ersten Halbjahres nach der Turmmontage, jedoch nicht unmittelbar nach der Inbetriebnahme, muss die planmäßige Vorspannung der Ankerbolzen durch Überprüfung und gegebenenfalls Nachspannen sichergestellt werden. Für die Schrauben ist regelmäßig mindestens eine Sicht- und Lockerheitskontrolle durchzuführen.
10. Der sichtbare Teil des Fundaments (Fundamentsockel) 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.

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 'S. Mayer'.

i. V. S. Mayer