

Classification: **Restricted**

GP JOULE GmbH
Cecilienkoog 16
D-25821 Reußenköge

Datum
Hamburg, 11.04.2019/PAPUP

Typenprüfungsstatus Windpark Ostbevern SW1

Sehr geehrte Damen und Herren,

für das Projekt Ostbevern SW1 wird die Anlage Vestas V136 4.0/4.2MW mit einer Nabenhöhe von 149m geplant.

Nachfolgend bestätigen wir Ihnen die aktuellsten Typenprüfungsunterlagen:

- 0081-4668 V00 - Lastgutachten_V136_4.0_4.2MW 149 m
- 0081-5236 V00 - TP Turm_V136-4.0_4.2MW 149m (Lastenberechnung Turm & Berechnung Stahlrohrturm (TP Turm))
- ~~0081-5242 V00 - TP Fundament LGWL_V136-4.0_4.2MW 149m~~
- 0081-5243 V00 - TP Fundament HGWL_V136-4.0_4.2MW 149m

Das Maschinengutachten wird nach den abgeschlossenen Tests am Prototyp, voraussichtlich Anfang des dritten Quartals diesen Jahres, vorliegen.

Wir hoffen mit dieser Bestätigung Ihre Anfrage hinreichend beantwortet und Ihnen damit weiter geholfen zu haben.

Mit freundlichen Grüßen
Vestas Deutschland GmbH



i. A. Patrick Puphal

Technical Bid Lead Engineer
Technical Sales & Siting Solutions (T3S), TSM NCE
Power Solutions

Kapstadtring 7, DE-22297 Hamburg
PAPUP@vestas.com

Vestas Deutschland GmbH

Kapstadtring 7, 22297 Hamburg, Deutschland
Tel: +49 4841 971 0, Fax: +49 4841 971 360, vestas-centraleurope@vestas.com, www.vestas.com
Bank: UniCredit Bank - HypoVereinsbank, München
IBAN: DE45 7002 0270 0666 8897 54, BIC: HYVEDEMMXXX
Commerzbank, Frankfurt, IBAN: DE96 5008 0000 0980 8140 00, BIC: DRESDEFFXXX
Nordea Bank, Frankfurt, IBAN: DE59 5143 0300 2125 7100 01, BIC: NDEADEFFXXX
Handelsregister: Hamburg HRB 154968, Umsatzsteueridentifikationsnummer: DE 134 657 783,
Steueridentifikationsnummer: 1 529 211 237
Geschäftsführer: Cornelis de Baar, Hans Martin Smith, Guido Hinrichs,
Company reg. name: Vestas Deutschland GmbH

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 149 m Nabenhöhe

Projekt-Nr. 10057899

Berichts-Nr. L-03642-9_20181218

Datum: 2018-12-18

Adresse:

DNV GL Energy
Renewables Certification
Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH
Brooktorkai 18
20457 Hamburg
Deutschland

Auftraggeber:

Vestas Wind Systems A/S
Hedeager 42
DK - 8200 Aarhus N

1.0 PRÜFUNTERLAGEN

Dokumente

<i>Dokument Nr.</i>	<i>Revision</i>	<i>Titel</i>
[1] 0076-9813	V02	Compare Load Spectrum V136 4.0/4.2MW, Mk3E, 50/60 Hz, GS
[2] 0076-9575	V02	Combine tower loads V136-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 149 m 50/60 Hz, GS
[3] 0076-9577	V02	Combine Foundation loads V136 4.0/4.2MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 149 m 50/60 Hz, GS

Referenzdokumente (informativ):

<i>Dokument Nr.</i>	<i>Revision</i>	<i>Titel</i>
[4] 0071-3495	01	Interpretation of IEC load cases V117/V136/V150 Mk3E - 4MW platform
[5] 0072-6482	01	Load extrapolation - V136-4.0 & 4.2 MW, Mk3E
[6] 0068-4020	04	4MW Mk3E Rotor Lock and Parking Tool loads V117, V136 and V150

Zeichnungen (informativ)

<i>Dokument Nr.</i>	<i>Revision</i>	<i>Titel</i>
[7] 0076-6378	V00	T889500 - V136-4.0/4.2 MW-MK3 NH149 DIBt S (WZ2 GK2) LDST

2.0 BEWERTUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Umweltbedingungen

Die Windbedingungen der Vestas V136-4.0/4.2 MW HH149 Mk3E Turbinen sind entsprechend der Windklasse S, gemäß IEC 61400-1:2005 ed. 3.

	V136-4.0/4.2 MW HH149 Mk3E DIBt S
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe	7,63 m/s
Weibull k-Parameter [-]	2,0
50-Jahres-Wind, Vm50 (10 min) in Nabenhöhe	38,5 m/s
1-Jahres-Wind, Vm1 (10 min) in Nabenhöhe	30,80 m /s
Luftdichte	1,225 kg/m ³
Geländeneigung	8°
Geländerauigkeitsexponent (normale Bedingungen)	0,20
Geländerauigkeitsexponent (extreme Bedingungen)	0,11
Umgebungsturbulenzintensität I _{ref} nach IEC 61400-1, ed. 3, 2005	14 %
Turbulenzintensität bei Vm50	12,3%

Der Einfluss der Turbulenzintensität aufgrund der Nachlaufströmung benachbarter Anlagen ist in den o.g. Angaben nicht berücksichtigt.

2.2 Normen und Richtlinien

- DIBt-Richtlinie: „Richtlinie für Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“; Fassung Oktober 2012.
- IEC 61400-1:2005 ed. 3, Wind turbines-Part 1: Design Requirements.

2.3 Daten für die Lastannahme

	V136-4.00 MW HH149 Mk3E DIBt S	V136-4.20 MW HH149 Mk3E DIBt S
Nennleistung:	4.0 MW	4.20 MW
Rotordurchmesser	136,0 m	
Einschaltgeschwindigkeit	3 m/s	
Nennwindgeschwindigkeit	10,7 m/s	11,0 m/s
Abschaltgeschwindigkeit (HWO inaktiv)	25,0 m/s	
Abschaltgeschwindigkeit (HWO aktiv)	30,0 m/s	
Nennrotordrehzahl	10,8 U/min	
Nabenhöhe	149 m	
Stahlrohrturm mit 1. Biegeeigenfrequenz	0,147 Hz	
Erschütterungsüberwachungsgrenze in Nabenhöhe	2,3 m/s ² (max. Beschleunigung)	
Rechnerische Lebensdauer	20 Jahre	
Version des Controllers	2017.12	
Erdbebenzone 3; Bedeutungskategorie II, Baugrundklassen A, B, C mit den geologischen Untergrundklassen R, T, S nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01		

3.0 PRÜFBEMERKUNGEN

Extremlastfälle:

Die Übereinstimmung der Extremlastfälle wurde mit der DIBt-Richtlinie „Richtlinie für Windenergieanlagen: Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“; Oktober 2012 bei Anwendung standortspezifischer Windbedingungen geprüft. Die Extremlasten sind in den Vestas Wind System A/S Berichten gemäß DIBt-Richtlinie einschließlich Lastsicherheitsbeiwerten aufgeführt.

Erdbebenlasten wurden nach DIN EN 1998-1/2010-10 und NA/2011-01 für Erdbebenzone 3, Bedeutungskategorie II, für die Untergrundverhältnisse nach Tabelle NA.4 im nationalen Anhang zur DIN EN 1998-1 berechnet und geprüft.

Betriebsfestigkeit:

Die Lastannahmen für den Betriebsfestigkeitsnachweis basieren auf die DIBt-Richtlinie: „Richtlinie für Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“; Fassung Oktober 2012. Die Lastkollektive wurden mit dem Vestas Turbinen Simulator (VTS), Version VTS002, des aeroelastischen PC-Programmes Flex5 berechnet und für den Turmkopf, den Turmfuß sowie für unterschiedliche Turmschnitte angegeben. Die Fundamentlasten sind gesondert im Dokument [3] aufgeführt.

Die Berechnung der Betriebsfestigkeitslasten wurde unter Berücksichtigung eines dreidimensionalen Turbulenzfeldes durchgeführt.

4.0 SCHLUSSBEMERKUNG

Die aufgeführten Lastannahmen werden für die Windenergieanlagen V136-4.0MW Mk3E und V136-4.20MW Mk3E der Firma Vestas mit einer Nabenhöhe von 149 m, für DIBt S angenommen.

Die Typenzertifizierung der Windenergieanlagen V136-4.0/4.2 MW Mk3E HH149 DiBt S ist nicht Bestandteil dieser Prüfung. Die Konfiguration der Windenergieanlage (Anlagedaten für die Lastsimulation und der Controller, Version 2017.12) ist daher von Vestas vorgegeben und nicht Bestandteil dieser Prüfung.

Wirbelerregte Querschwingungen auf die Turmlasten wurden nicht berücksichtigt. Einwirkungen daraus sollten bei der Turmauslegung betrachtet werden. Das Inbetriebnahmehandbuch muss die Verhinderung unzulässiger Turmschwingungen, wie von Vestas definiert, beschreiben. Die Transportlasten wurden nicht berücksichtigt.

Die Erschütterungsüberwachung muss die Windenergieanlage in den „PAUSE“-Zustand setzen, falls die Turmkopfbeschleunigung $2,3 \text{ m/s}^2$ überschreitet.

Die maximale erlaubte Windgeschwindigkeiten bei Wartungsarbeiten sind in Dokument [4] für die verschiedenen Wartungszustände der Windenergieanlage aufgelistet. Die 10-min-Mittel der Windgeschwindigkeiten sind $v_{ma1} = 13 \text{ m/s}$, $v_{ma2} = 21 \text{ m/s}$ und $v_{ma3} = 22 \text{ m/s}$.


Erdbebenlasten wurden nach DIN EN 1998-1/2010-10 und NA/2011-01 für Erdbebenzone 3, Bedeutungskategorie II, für die Untergrundverhältnisse nach Tabelle NA.4 im nationalen Anhang zur EN 1998-1 berechnet und geprüft.

Es wurden keine Ride-Through Lastfälle (Stützung der Netzspannung durch Windenergieanlagen bei Netzstörung) bei Spannungsabfall definiert oder berechnet. Ride-Through Lastfälle bei Spannungsabfall sind nicht Bestandteil dieses Gutachtens.

Die Lasten sind gültig unter folgenden Bedingungen:

- für Standorte mit einer Geländehöhe bis zu 800 m über NN gemäß DIN1991-1-4/NA A.2 (1).
- für eine Umgebungsturbulenzintensität I_{ref} unter 14% (bei 15m/s Windgeschwindigkeit) nach IEC 61400-1, ed. 3, 2005.
- bei Mindestabständen von Windturbinen zu einander, solange die folgenden Bedingungen laut Kapitel 7.3.3 der DIBt-Richtlinie erfüllt sind.
 - der Abstand der Turmachsen benachbarter Windenergieanlagen darf den 8-fachen Rotor-durchmesser für $V_{m50} \leq 40$ m/s auf Nabenhöhe nicht unterschreiten
 - der Abstand der Turmachsen benachbarter Windenergieanlagen darf den 5-fachen Rotor-durchmesser für $V_{m50} \geq 45$ m/s auf Nabenhöhe nicht unterschreiten.
 - Zwischenwerte von V_{m50} ist der Abstand linear zu interpolieren.
- für einen Eigenfrequenzbereich des Turmes von 0,140 Hz bis 0,154 Hz, welches eine Abweichung von der zugrunde gelegten ersten Turmeigenfrequenz von 0,147 Hz ist.
- für einen Mindestwert der (dynamischen) Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament von ≥ 159 GNm/rad, siehe Tabelle 5.1 in Dokument [3].

Die Richtigkeit der vorgelegten Lasten, sowie die Übereinstimmung der Lasten mit den Anforderungen der DIBt "Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung", Fassung Oktober 2012 wurden anhand von Plausibilitätsprüfungen unter Berücksichtigung der dimensionierenden Eingangsdaten geprüft und soweit vorliegend bestätigt.



Farid Reha
Senior Engineer

- Anlage 1 Lasten Rotor-Gondel-Baugruppe (25 Seiten)
- Anlage 2 Lasten Turm (15 Seiten)
- Anlage 3 Lasten Fundament (116 Seiten)

14

15

16

17

18

19

20

21

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN



Industrie Service

Mehr Sicherheit.
Mehr Wert.

Prüfbericht für eine Typenprüfung

Datum: 2018-12-20

Prüfnummer: 2839951-21-d

Objekt: Prüfung der Standsicherheit - Stahlrohrturm
Windenergieanlage Vestas V136-4.0/4.2MW-MK3
LDST, 149 m Nabenhöhe
Windzone S, Erdbebenzone 3

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

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

**Konstruktion
und 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

Gültig bis: 2023-12-19

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC/AF

Dokument:
2839951-21-d-rev0-Vestas-
V136-4MW-T149DIBIS.docx

Das Dokument besteht aus
9 Seiten.
Seite 1 von 9

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/is



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



Industrie Service

Revision	Datum	Änderungen
0	2018-12-20	Erstfassung

Inhaltsverzeichnis

1.	Unterlagen.....	3
1.1	Geprüfte Unterlagen.....	3
1.2	Eingesehene Unterlagen.....	3
2.	Prüfgrundlage.....	4
3.	Beschreibung.....	5
4.	Prüfumfang.....	6
5.	Prüfbemerkungen.....	6
6.	Prüfergebnis.....	8
	Auflagen.....	8

1. Unterlagen

1.1 Geprüfte Unterlagen

Folgende Dokumente wurden zur Prüfung vorgelegt:

- [1] "Tower Strength Calculation Hub Height 149m - For Vestas Wind Turbine V136-4.0/4.2MW-MK3 DiBt S (WZ2GK2) LDST", erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 56 Seiten mit Anhang A1 und A2, Dokument Nr. 0076-5969, Revision 01, Datum 2018-10-16
- [2] Zeichnung „T885900 - V136-4.0/4.2 MW-MK3 NH149 DIBTS (WZ2 GK2) LDST“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, Zeichnungs Nr. 0076-6378, Revision 0, Datum 2018-08-01
- [3] "LDST – FE Analysis on the Vertical Joints of the V136-4.0/4.2MW MK3 HH 149 DiBt S Tower", erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 74 Seiten, Dokument Nr. 0077-1271, Revision 01, Datum 2018-07-25
- [4] "Extreme and Fatigue Assessment of Fillet Welds along Vertical Flanges for Tower - V136-4.0/4.2 MW HH149 DIBTS LDST", erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 14 Seiten, Dokument Nr. 0077-1940, Revision 00, Datum 2018-08-21
- [5] Technische Zeichnung „Stress Distributer Plate“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S Zeichnungs Nr. 75953971, Revision 0, Datum 2018-09-28

1.2 Eingesehene Unterlagen

Folgende Dokumente wurden im Rahmen der Prüfung zusätzlich zur Information herangezogen:

- [6] "Combine Tower Loads V136-4.0/4.2 MW, Mk3, WZ2GK2 (S), 149 m – 50/60 Hz, GS", erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 15 Seiten, Dokument Nr. 0076-9575, Revision 02, Datum 2018-10-08
- [7] "Combine Foundation Loads V136-4.0/4.2 MW, Mk3, WZ2GK2 (S), 149 m – 50/60 Hz, GS", erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 116 Seiten, Dokument Nr. 0076-9577, Revision 02, Datum 2018-10-08
- [8] "Gutachterliche Stellungnahme für 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 149 m Nabenhöhe, erstellt von DNV GL, 7 Seiten Bericht Nr. L-03642-9_20181218, Datum 2018-12-18
- [9] Zeichnung "Flange Ø3268/Ø3010x400 (Ø3100)", erstellt von Vestas Wind Systems A/S, Zeichnung Nr. 75953283, Revision 0, Datum 2018-02-14
- [10] "Tower Top Flange FE analysis 4MW platform Mk3e", erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 42 Seiten, Dokument Nr. 0072-2517, Revision 01, Datum 2018-02-13
- [11] "Verification Letter Tower Top Flange, 4MW Platform MK3E", erstellt von DNV GL, 3 Seiten, Dokument Nr. LTR-03642-20180503, Datum 2018-05-03
- [12] „Large Diameter Steel Tower – FE Analysis on the Buckling Strength of the V136 3.45MW HH149 DIBtS LDST Tower“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 21 Seiten, Dokument Nr. 0057-0443, Revision 00, Datum 2016-01-22
- [13] „Buckling Strength of Door Region – V136- 3.45MW-Mk3A HH149-DIBtS, LDST Tower“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 17 Seiten, Dokument Nr. 0056-8796, Revision 00, Datum 2016-01-21



Industrie Service

- [14] "Prüfbericht für eine Typenprüfung Stahlrohrturm mit 149 m Nabenhöhe, für Windenergieanlagen vom Typ Vestas V 136-3.45/3.60 MW LDST für Windzone S Erdbebenzone 3", erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 9 Seiten, Dokument Nr. 2494662-1-d, Revision 2, Datum 2017-11-13
- [15] „Design Guidelines for Calculation of Tubular Towers DIBt version“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S Vestas, 41 Seiten, Dokument Nr. 0014-2731, Revision 02, Datum 2014-04-02

2. Prüfgrundlage

Die Prüfung der Unterlagen erfolgte gemäß folgender Richtlinie:

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

Zur Prüfung wurden zusätzlich folgende Normen und Richtlinien herangezogen:

- /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:2010
- /3/ DIN EN 1991-1-4:2010 „Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010“, mit nationalem Anhang DIN EN 1991-1-4/NA:2010
- /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:2015
- /5/ DIN EN 1993-1-6:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen; Deutsche Fassung EN 1993-1-6:2007 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-6/NA:2010
- /6/ 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
- /7/ 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
- /8/ DIN EN 1993-1-10:2010 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung; Deutsche Fassung EN 1993-1-10:2005 + AC:2009“, mit nationalem Anhang DIN EN 1993-1-10/NA:2010
- /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/ DIN EN 1090-2:2011 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008+A1:2011“

- /12/ DIN EN 14399-4:2006 „Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 4: System HV – Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern; Deutsche Fassung EN 14399-4:2005“
- /13/ DAST – Richtlinie 021:2013 “Schraubenverbindungen aus feuerverzinkten Garnituren M 39 bis M 72 entsprechend DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6“

3. Beschreibung

Der Stahlrohrturm für die Windenergieanlage Vestas V136-4.0/4.2MW-MK3 besteht aus einer zylindrischen und vier konischen Sektionen.

Die Stöße der Turmsektionen sind als L-Ringflanschverbindungen mit innenliegenden, vorgespannten Schrauben ausgeführt.

Die Wanddickenstöße der Turmsegmente sind als Stumpfnähte ausgeführt.

Die Türöffnung in der untersten Turmsektion ist mit einem Blech verstärkt.

Die untersten zwei Turmsektionen sind längs in drei gleichgroße Segmente (3 x 120°) geteilt. Die Mantelbleche dieser Teilsegmente werden miteinander durch vertikale Flansche und innenliegende, vorgespannte Schrauben verbunden.

Die Anbindung an das Fundament erfolgt über einen T-Ringflansch. Die Anbindung an das Turmkopflager erfolgt über einen L-Ringflansch.

Maße:

Nabenhöhe:	149,00 m
Gesamtlänge Turm:	146,60 m
Außendurchmesser Turmwandung am Turmfuß:	6,033 m
Außendurchmesser Turmwandung am Turmkopf:	3,258 m

Weitere Angaben können der Zeichnung [2] entnommen werden.

Baustoffe:

Turmwand	S355 J0 gemäß DIN EN 10025
Türverstärkung	S355 J0 gemäß DIN EN 10025
Ringflansche	S355 NL gemäß DIN EN 10025 mit Z25 Güte gemäß DIN EN 10164 für aus Blech hergestellte Flansche, die senkrecht zur Walzebene beansprucht werden
Turmfußflansch	S355 NL gemäß DIN EN 10025 mit Z25 Güte gemäß DIN EN 10164 für aus Blech hergestellte Flansche, die senkrecht zur Walzebene beansprucht werden
vertikaler Flansch	S355 J0 gemäß DIN EN 10025
Zwischenstück	AW 6082 T6 gemäß DIN EN 755-2
Schraubengarnituren	M36-10.9 gemäß DIN EN 14399-4 /12/ M48-10.9 gemäß DAST-Richtlinie 021 /13/ M56-10.9 gemäß DAST-Richtlinie 021 /13/ M64-10.9 gemäß DAST-Richtlinie 021 /13/

Lastannahmen:

Die dimensionierenden Lasten für den Stahlrohrturm sind in Dokument [6] für die Grenzzustände der Tragfähigkeit angegeben. Die Fundamentlasten sind in [7] angegeben. In Dokument [8] wurden diese Lasten bestätigt.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [6] 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.

Turmkopfmasse: 205 t

4. Prüfumfang

Dieser Prüfbericht für eine Typenprüfung umfasst die Prüfung hinsichtlich der Standsicherheit der in den technischen Unterlagen dargestellten und nachgewiesenen Bauteile auf Basis der in Abschnitt 2 genannten Prüfgrundlagen für den in Abschnitt 3 beschriebenen Stahlrohrturm.

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 Überprüfung der Bauausführung, von Bau- und Transportzuständen, der Standorteignung, des Fundaments, des Blitzschutz-/Erdungskonzepts und der Turmeinbauten 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. Prüfbemerkungen

Die vorgelegten Nachweise wurden durch eigene Vergleichsrechnungen überprüft.

Die vorliegenden Nachweise in Dokument [1] weisen für verschiedene Teilbereiche Auslastungen von nahezu 100% sowohl für die Betriebs- als auch für die Extremlasten aus. Überschreiten die begutachteten Lasten die Lastannahmen gemäß [6] sind neue Nachweise zur Prüfung vorzulegen.

Schnittstellen:

Die Prüfung der Ankerschrauben ist nicht Gegenstand dieses Prüfberichtes.

Die Berechnung des Turmkopfflansches, mit dem Nachweis der Schweißverbindung im Einflussbereich des Turmkopfflansches und des Radius gemäß Zeichnung [9] wurden in [1] anhand von Spannungskonzentrationsfaktoren aus [10] durchgeführt. Dokument [10] wurde mit [11] bestätigt.



Industrie Service

Eigenfrequenzen:

Die in [1] berechnete erste Eigenfrequenz liegt innerhalb des im Lastgutachten [8] angegebenen Gültigkeitsbereichs (0,140 Hz bis 0,154 Hz). Die dynamische Rotationsfedersteifigkeit aus der Interaktion von Fundament und Baugrund muss mindestens $k_{\phi, \text{dyn}} = 159 \text{ GNm/rad}$ betragen.

Die Eigenfrequenz liegt im Bereich der möglichen Erregerfrequenzen der Anlage. Daher ist eine betriebliche Schwingungsüberwachung vorzusehen, die mit dem Betriebs- und Sicherheitssystem der Anlage verbunden ist, siehe Auflage 3.

Imperfektionen:

Die Lasten aus [6] 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 einer statischen Bodendrehfeder von $k_{\phi, \text{stat}} = 31,8 \text{ GNm/rad}$.

Bauzustände, Querschwingungen:

Nachweise wirbelerregter Querschwingungen wurden für verschiedene Errichtungszustände gemäß nachstehender Tabelle in [1] geführt. Weitere hiervon abweichende Bau- und Montagezustände sowie Transportzustände sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Bauzustand / vorübergehender Zustand	Gesamte maximale Dauer
Turm ohne oberste Sektion (5)	Errichtung der Sektionen 4, 5 und der Gondel innerhalb einer Woche
Turm ohne Gondel	1 Woche
Stillstandszeiten der fertiggestellten Anlage	1 Jahr über die Lebensdauer

Kerbfallklassen:

Gemäß [1] wurden für die Anschlusspunkte aller zusätzlich an die Turmwand angeschweißten Teile (z.B. Besteigeeinrichtungen) folgende Kerbfallklassen gemäß DIN EN 1993-1-9 /7/ angesetzt:

Lage in Bezug auf die Turmhöhe	Kerbfallklasse
Zwischen 0,000 und 7,390 m:	DC 80
Zwischen 22,040 und 26,550 m:	DC 80
Zwischen 52,505 und 54,800 m:	DC 80
Zwischen 128,18 und 146,400 m:	DC 80
Alle anderen Höhen:	DC 90

Die Schweißnähte der vertikalen Flansche unter Extremlast und Ermüdungslasten wurden in [4] und in [1] anhand der Spannungskonzentrationsfaktoren aus dem Dokument [3] geprüft, welches mit diesem Bericht ebenfalls bestätigt wird.

Gemäß der Zeichnung [2] kann optional ein Schwingungsdämpfer bei der Fertigung des Turmes eingebaut werden.

Beulen des Türbereiches wurde in [1] auf Basis der Ergebnisse von [12] und [13] geprüft. Die Dokumente [12] und [13] wurden mit [14] bestätigt.



Industrie Service

6. Prüfergebnis

Die Berechnung und die zugehörigen Konstruktionszeichnungen für den geprüften Stahlrohturm entsprechen der Richtlinie für Windenergieanlagen des DIBt /1/ und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

Die Anforderungen an die Standsicherheit des Turmtragwerkes 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 den Turm ist hiermit abgeschlossen.

Auflagen

1. Der Turm der Windenergieanlage ist für Standorte entsprechend den Lastannahmen in [6] geeignet. Bei ungünstigeren Aufstellungsorten sind gegebenenfalls in Abstimmung mit dem Lastgutachter erneute statische Berechnungen zu erstellen und zur Prüfung vorzulegen.
2. Sollten Schwingungsphänomene festgestellt werden, die in den Lastannahmen in [6] nicht berücksichtigt wurden, so sind entsprechende Untersuchungen durchzuführen und gegebenenfalls neue Berechnungen zur Prüfung vorzulegen.
3. Die Anlage ist mit einer betrieblichen Schwingungsüberwachung auszurüsten, die in der Lage sein muss, auftretende Schwingungen entsprechend den Annahmen im Lastdokument [6] zu begrenzen.
4. Die in Abschnitt 5 angegebenen Mindestwerte der Steifigkeiten aus dem Zusammenwirken von Fundament und Baugrund dürfen nicht unterschritten werden.
5. Es ist für jeden Standort sicherzustellen, dass der Bereich der zulässigen Eigenfrequenzen gemäß Abschnitt 5 eingehalten wird.
6. Bauzustände und Stillstandszeiten der Anlage sind gemäß den Angaben in Abschnitt 5 zeitlich zu beschränken. Falls die zulässigen Zeiten überschritten werden oder die Gondel zu einem späteren Zeitpunkt vom Turm genommen wird, so sind geeignete Maßnahmen zur Verhinderung von wirbelerregten Querschwingungen zu treffen.
7. Der Korrosionsschutz der Turmaußenseite (Turminnenseite) ist für eine Korrosivitätskategorie C4 (C3) nach DIN EN ISO 12944 auszuführen. Bei Aufstellung in Industrienähe mit hoher Feuchte und aggressiver Atmosphäre oder Meeresnähe mit hoher Salzbelastung ist für die Turmaußenseite eine Korrosivitätskategorie C5-I bzw. C5-M erforderlich. Für die Schutzdauer ist die Klasse „hoch“ gemäß DIN EN ISO 12944-5 anzusetzen, dies entspricht einer angestrebten Zeitspanne von mindestens 15 Jahren bis zur ersten planmäßigen Instandsetzungsmaßnahme aus Korrosionsschutzgründen.
8. Sämtliche in Dickenrichtung belastete Bauteile (z.B. Flansche und Zargen) müssen hinsichtlich der Dopplungsfreiheit nach EN 10160, Qualitätsklasse S1 und E1, oder einem äquivalenten Standard ultraschallgeprüft sein.
9. Der Stahlrohturm darf nur von Herstellern mit einer Qualifizierung gemäß DIN EN 1090-1 für mindestens Ausführungsklasse EXC3 gefertigt werden.
10. Die Fertigung des Stahlrohturmes muss den Anforderungen der DIN EN 1090-2 Ausführungsklasse EXC3 entsprechen.

11. Die planmäßige Vorspannung der Schraubverbindungen ist nach Inbetriebnahme gemäß den Vorgaben der DIBt- Richtlinie /1/ erneut zu kontrollieren und ggf. nachzuspannen.
12. Die Anschlusspunkte aller zusätzlich an die Turmwand angeschweißten Teile (z.B. Besteigeeinrichtungen) müssen mindestens den in Abschnitt 5 angegebenen Kerbfallklassen entsprechen.
13. Die Anforderungen an die wiederkehrende Prüfung gemäß der 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

Der Leiter



A. Felten



T. Uhrig



Industrie Service

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Prüfbericht für eine Typenprüfung

vom: 20.12.2018

Prüfnummer: 2839951-22-d

1. Objekt

Flachgründung

Windenergieanlage Vestas V136-4.0/4.2 MW
Turm: Stahlrohrturm mit Ankerkorb
Nabenhöhe: 149 m über GOK,
Windzone S, Erdbebenzone 3

Hier: Ø = 27,75 m (rund) mit Auftrieb

Unser Zeichen:
IS-ESW3-MUC/FS

Dok.-Name:
2839951-22-d_Vestas_V136-4p0-
4p2-HH149_DIBIS_FGmA.docx

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

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

Das Dokument besteht aus
6 Seiten.
Seite 1 von 6

Statische Berechnung: 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.

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

Die Prüfergebnisse beziehen sich
ausschließlich auf die
untersuchten Prüfgegenstände.

Geltungsdauer: bis 19.12.2023



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
Prüfamt für Standsicherheit für die
bautechnische Prüfung von
Windenergieanlagen
Westendstraße 199
80686 München
Deutschland

Revision	Datum	Änderungen
0	20.12.2018	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) V136 4,0/4,2MW 149m Mk3 DIBtS“, Seite 1 bis 1.88 und 2.1 bis 2.116, 3.1, 3.2,
Dokument Nr. 0077-0742, Rev. 02, vom 04.12.2018
- [2] Schal- und Bewehrungsplan „V136 4.0/4.2MW 149M MK3 DIBTS DHGWL, GWS in OK Gelände“,
Zeichnung Nr. 0077-0741, Rev. 3, vom 11.12.2018
- [3] Ankerkorbzeichnung „AC1.5 V136 4.0/4.2MW 149M MK3 DIBtS“,
Zeichnung Nr. 0077-0385, Rev. 0, vom 19.07.2018

2.2 Unterlagen zur Information

Zur Information lagen folgende Unterlagen vor:

- [4] „Combine Foundation loads V136-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 149 m, 50/60 Hz, GS“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 116 Seiten,
Dokument Nr. 0076-9577, Ver. 02, vom 08.10.2018
- [5] „Gutachterliche Stellungnahme Lastannahmen zur Berechnung des Turmes für die Vestas V136-4.00MW Mk3E DIBt S und V136-4.00MW Mk3E DIBt S mit 149 m Nabenhöhe“, erstellt von DNV GL, 7 Seiten,
Bericht Nr. L-03642-9_20181218, Rev. 0, Datum 2018-12-18
- [6] Bewehrungsliste „V136 4.0/4.2MW 149m Mk3 DIBtS, Fundament für zylindrischen Stahlrohrturm“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S, 14 Seiten,
Dokument Nr. 0077-0740, Ver. 03, vom 12.12.2018
- [7] Turmzeichnung „T889500 – V136-4.0/4.2 MW-MK3 NH149 DIBt S (WZ2 GK2) LDST“, erstellt von Vestas Wind Systems A/S,
Zeichnung Nr.: 0076-6378, Rev. 0, vom 01.08.2018
- [8] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Prüfung der Standsicherheit – Stahlrohrturm; Windenergieanlage Vestas V136-4.0/4.2 MW-Mk3 LDST, 149 m Nabenhöhe, Windzone S, Erdbebenzone 3“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 9 Seiten,
Prüfnummer 2839951-21-d, Rev. 0, vom 20.12.2018

3. Normen und Richtlinien

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

- /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 V136-4.0/4.2 MW mit 149 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	6,400 m
Breite Turmfußflansch	400 mm
Anzahl Ankerbolzen	2 x 96
Außendurchmesser Fundament	27,75 m
Höhe Fundamentplatte am Anschnitt Sockel	2,85 m
Höhe Fundamentplatte am äußeren Rand	0,60 m
Gesamthöhe Fundament im Sockelbereich	3,89 m
Höhe Erdüberschüttung am Anschnitt Sockel	0,51 m
Höhe Erdüberschüttung am Rand	2,76 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 [5] bestätigt. Die angesetzte Entwurfslebensdauer der Windenergieanlage beträgt 20 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß Dokument [5] 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] $k_{\varphi, \text{dyn}} \geq 238,5 \text{ GNm/rad}$ und $k_{\varphi, \text{stat}} \geq 31,8 \text{ GNm/rad}$.

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.



Industrie Service

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 Expositions-klasse XA oder XS gemäß DIN EN 1992-1-1 /3/ abweichend von den gewählten Expositions-klassen 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 beton-technologische 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 $\geq 59 \text{ N/mm}^2$ 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
Prüfamt für Standsicherheit für die
bautechnische Prüfung von Windenergieanlagen

Der Bearbeiter


 F. Singer

Der Leiter


 T. Uhrig



Industrie Service

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.

PRÜFAMT FÜR STANDSICHERHEIT FÜR DIE
BAUTECHNISCHE PRÜFUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

Prüfbescheid für eine Typenprüfung

Datum: 27.08.2019

Prüfnummer: 2839951-24-d

Objekt: Turm und Fundamente
Windenergieanlage Vestas V136-4.0/4.2 MW
Rotorblatt Typ Vestas 66.65
Nabenhöhe 149 m
Windzone S,
Turbulenzkategorie B, Erdbebenzone 3

Prüfgrundlage: DIBt-Richtlinie 2012

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

Hersteller und Konstruktion Turm und Fundament: Vestas Wind Systems A/S
Headeager 42
8200 Aarhus N
Dänemark

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

Gültig bis: 19.12.2023

Unsere Zeichen:
IS-ESW-MUC/DSK

Dokument:
2839951-24-
d_Vestas_V136_HH149_TPB_DI
Bt2012.docx

Das Dokument besteht aus
8 Seiten.
Seite 1 von 8

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 (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



Industrie Service

Revision	Datum	Änderungen
0	27.08.2019	Erstfassung

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeine Bestimmungen.....	3
2.	Baubeschreibung	3
3.	Prüfgrundlage	4
4.	Prüfberichte zur bautechnischen Prüfung.....	4
5.	Gutachterliche Stellungnahmen	5
6.	Zusammenfassung.....	6
7.	Auflage.....	6
	Anlage 1:.....	8

1. Allgemeine Bestimmungen

Die Typenprüfung für die in Abschnitt 2 beschriebene Windenergieanlage besteht aus den unter Abschnitt 4 aufgeführten Prüfberichten sowie diesem Typenprüfbescheid. Grundlage der Typenprüfung sind die in Abschnitt 5 gelisteten Gutachterlichen Stellungnahmen.

Die Typenprüfung bestätigt die Prüfung der Standsicherheit der gelisteten Türme und Gründungen.

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung ersetzt nicht die Bestätigung des Auflagenvollzugs. Er ersetzt keine für die Durchführung von Bauvorhaben erforderlichen Genehmigungen.

Bei Abweichungen von diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung oder den unter Abschnitt 4 und 5 aufgeführten zugehörigen Prüfberichten und Stellungnahmen sowie den darin geprüften Unterlagen und gelisteten Prüfgrundlagen ist die Standsicherheit im Einzelfall nachzuweisen und zu prüfen.

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.

2. Baubeschreibung

Die hier behandelte Windenergieanlage vom Typ Vestas V136-4.0/4.2 MW mit 149 m Nabenhöhe besteht aus einem luvseitig angeordneten Dreiblatt-Rotor der über die Rotorwelle mit dem Hauptgetriebe verbunden ist.

Die Anlage wird mittels Blattwinkelverstellung und variabler Rotordrehzahl geregelt.

Umgebungsbedingungen und Daten der Maschine gemäß Herstellerangaben:

Nennleistung	4,0 MW	4,2 MW
Windzone	S	
Erdbebenzone nach DIN 4149	3	
Nabenhöhe	149 m	
Rotorblatttyp	Vestas 66.65	
Rotordurchmesser	136 m	
Rotordrehzahlbereich (Produktionsbetrieb)	10,8 U/min	
Nennwindgeschwindigkeit, V_r (1 Sekunden Mittelwert)	10,7 m/s	11,0 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit (10 Minuten Mittelwert)	30,0 m/s (HWO Option aktiviert) 25,0 m/s (HWO Option deaktiviert)	
Einschaltwindgeschwindigkeit (10 Minuten Mittelwert)	3 m/s	
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (1 Jahres Mittelwert)	7,63 m/s	
Extremer 50-Jahres-Wind, V_{ref} (10 Minuten Mittelwert)	38,5 m/s	
1-Jahres-Wind, V_{m1} (10 Minuten Mittelwert) in Nabenhöhe	30,8 m/s	



Industrie Service

Turbulenzkategorie	B
Luftdichte	1,225 kg/m ³
Geländerauigkeitsexponent (normale Bedingungen)	0,20
Geländerauigkeitsexponent (extreme Bedingungen)	0,11
Umgebungsturbulenzintensität I_{ref} gemäß /2/	0,14
Turbulenzintensität bei V_{m50}	12,3 %
Lebensdauer	20 Jahre

Tabelle 1

In der folgenden Tabelle sind die möglichen Turm- und Gründungsvarianten mit den entsprechenden Prüfberichten gelistet:

Nabenhöhe	149 m	
Turmkonstruktion	Stahlurm [1]	
Fundament	Flachgründung mit Auftrieb [2]	Flachgründung ohne Auftrieb [3]

Tabelle 2

3. Prüfgrundlage

Der Prüfung wurden die folgenden Normen und Richtlinien zugrunde gelegt:

- /1/ „Richtlinie für Windenergieanlagen“, herausgegeben vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Version 2012, korrigierte Fassung März 2015
- /2/ DIN EN 61400-1:2011 „Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“
- /3/ IEC 61400-1:2005 „Wind turbines – Part 1: Design requirements“
- /4/ Änderungen 1 (2010) zur Norm IEC 61400-1:2005 „Wind Turbines – Part 1: Design requirements“

Nach den Anerkennungsnotizen im Vorwort von /2/ entspricht die Norm /2/ inhaltlich /3/ und /4/. Entsprechend kann in den in Abschnitt 5 gelisteten Gutachterlichen Stellungnahmen gleichwertig /2/ oder /3/ in Kombination mit /4/ als Prüfgrundlage verwendet werden.

In den Prüfberichten in Abschnitt 4 und Gutachterlichen Stellungnahmen in Abschnitt 5 sind die jeweils zugrunde gelegten Normen und Richtlinien genannt.

4. Prüfberichte zur bautechnischen Prüfung

Gegenstand der Typenprüfung ist die Prüfung der Standsicherheitsnachweise sowie die Prüfung der zugehörigen Konstruktionszeichnungen für die Türme und die zugehörigen Gründungen entsprechend Tabelle 2.

Die im Rahmen der Prüfungen eingereichten Unterlagen sind in den folgenden Prüfberichten aufgelistet.



Industrie Service

Die geprüften und mit rundem Prüfstempel versehenen Unterlagen entsprechen den Anforderungen der DIBt Richtlinie /1/ sowie den in den folgenden Prüfberichten genannten Normen und Richtlinien und sind im Wesentlichen vollständig und richtig.

Die Prüfung der Podeste, Besteigeeinrichtungen und Innenausbauten des Turmes ist nicht Bestandteil dieser Typenprüfung.

- [1] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Prüfung der Standsicherheit – Stahlrohrturm, Windenergieanlage Vestas V136-4.0/4.2 MW-Mk3, LDST, 149 m Nabenhöhe, Windzone S, Erdbebenzone 3“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 9 Seiten, Dokument Nr. 2839951-21-d, Rev. 0, Datum 2018-12-20
- [2] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Flachgründung Windenergieanlage Vestas V136-4.0/4.2 MW, Turm: Stahlrohrturm mit Ankerkorb, Nabenhöhe: 149 m über GOK, Windzone S, Erdbebenzone 3, Hier: $\varnothing = 27,75$ m (rund) mit Auftrieb“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 6 Seiten, Dokument Nr. 2839951-22-d, Rev. 0, Datum 2018-12-20
- [3] „Prüfbericht für eine Typenprüfung – Flachgründung Windenergieanlage Vestas V136-4.0/4.2 MW, Turm: Stahlrohrturm mit Ankerkorb, Nabenhöhe: 149 m über GOK, Windzone S, Erdbebenzone 3, Hier: $\varnothing = 24,90$ m (rund) ohne Auftrieb“, erstellt von TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 6 Seiten, Dokument Nr. 2839951-23-d, Rev. 0, Datum 2018-12-20

5. Gutachterliche Stellungnahmen

Die folgenden gutachterlichen Stellungnahmen gemäß /1/ Abs. 3.I. wurden im Rahmen dieser Typenprüfung vorgelegt:

- Bestätigung der Schnittgrößen für den Nachweis von Turm und Gründung, Rotorblätter und Maschinenbau (Lastgutachten)
- Nachweis der Sicherheitseinrichtungen (Sicherheitsgutachten)
- Nachweis der Rotorblätter
- Nachweis der maschinenbaulichen Komponenten (Maschinengutachten)
- Nachweis der Verkleidung von Maschinenhaus und Nabe
- Nachweis für die elektrotechnischen Komponenten und den Blitzschutz

Darüber hinaus wurden die folgenden Unterlagen gemäß /1/ Abs. 3.G. und J. bis L. im Rahmen der Typenprüfung vorgelegt:

- Bedienungsanleitung
- Inbetriebnahmeprotokoll (Vordruck)
- Wartungspflichtenbuch

Als Grundlage für die Lastannahmen gilt die folgende gutachterliche Stellungnahme:

- [4] 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 149 m Nabenhöhe“, erstellt von DNV GL, 7 Seiten, Dokument Nr. L-03642-9_20181218, Rev. 0, Datum 2018-12-18

Für die weiteren oben genannten Unterlagen gilt die folgende Zusammenstellung der gutachtlichen Stellungnahmen:



Industrie Service

- [5] „Maschinengutachten der Windenergieanlage VESTAS V136-4.0 MW / V136-4.2 MW der Firma Vestas Wind Systems A/S
 mit 112 m Nabenhöhe für DIBt 2012 WZ 4 GK 2(S)
 mit 149 m Nabenhöhe für DIBt 2012 WZ 2 GK 2(S)
 mit 166 m Nabenhöhe für DIBt 2012 WZ 2 GK 2(S)
 beinhaltend Gutachterliche Stellungnahmen zu den Nachweisen- der Rotorblätter, der maschinenbaulichen Komponenten einschl. der Verkleidung von Maschinenhaus und der Nabe, der Sicherheitseinrichtungen (Sicherheitsgutachten) und der elektrotechnischen Komponenten und des Blitzschutzes, sowie zu Bedienungsanleitung, Inbetriebnahmeprotokoll (Vordruck) und Wartungspflichtenbuch“, erstellt von DNV GL, 66 Seiten, Dokument Nr. M-04979-3, Rev. 3, Datum 2019-08-23

Die Zusammenstellung von gutachterlichen Stellungnahmen ist im Sinne der DIBt Richtlinie /1/ Abschnitt 3.1 vollständig. Die darin vorgegebenen Werte und Eigenschaften wurden in den Nachweisen von Turm und Gründungen berücksichtigt. Die gutachterlichen Stellungnahmen bestätigen die Übereinstimmung mit den in Abschnitt 3 gelisteten Prüfgrundlagen.

Die gutachterliche Stellungnahme [5] beinhaltet keine Bestätigung des statischen und dynamischen Tests des Rotorblatts.

6. Zusammenfassung

Die eingereichten Gutachterlichen Stellungnahmen und Prüfberichte für den Turm und die zugehörigen Gründungen der Windenergieanlage vom Typ V136-4.0/4.2 MW entsprechen den Anforderungen der DIBt-Richtlinie /1/.

Die Anforderungen an die Standsicherheit des Turmes und der Gründungen sind erfüllt, vorausgesetzt, alle in den Prüfberichten und diesem Prüfbescheid genannten Auflagen sowie alle Auflagen und Bemerkungen der zugehörigen gutachterlichen Stellungnahmen werden beachtet bzw. vollzogen. Eine Übersicht der Auflagen kann Anlage 1 dieses Typenprüfbescheids entnommen werden.

Der Turm und die zugehörigen Gründungen sind 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.

7. Auflage

1. Bis zur Inbetriebnahme der ersten Anlage muss der Nachweis des statischen und dynamischen Blatttests erbracht und eine entsprechende gutachtliche Stellungnahme vorgelegt werden.

Für die Verlängerung der Typenprüfung sind die eingereichten Unterlagen, insbesondere die Zeichnungen und die Berechnungen für den Turm und die zugehörigen Gründungen, zu einer erneuten Überprüfung hinsichtlich geänderter Vorschriften oder Richtlinien vorzulegen.



Industrie Service

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

Der Bearbeiter

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'D. Schettler-Köhler'.

D. Schettler-Köhler

Der Leiter

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'S. Mayer'.

i.V. S. Mayer

Anlage 1:

Detaillierter Verweis auf die einzelnen Auflagen der zugrundeliegenden Prüfberichte und Gutachterlichen Stellungnahmen:

[1]	Kapitel 6, Auflagen 1 bis 13
[2]	Kapitel 10, Auflagen 1 bis 10
[3]	Kapitel 10, Auflagen 1 bis 10
[4]	Kapitel 4.0
[5]	Alle in der gutachterlichen Stellungnahme genannten Prüfbemerkungen sind zu beachten beziehungsweise zu vollziehen.