



**Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen  
zur Turmberechnung der WEA Vestas  
V136-3.45/3.60 MW für DIBt WZ2GK2  
mit 132 m Nabenhöhe**

**Projekt-Nr.** 10021417

**Berichts-Nr.** L-01103-A052-13 Rev02

**Datum:** 2017-11-07

**Adresse:**

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

**Auftraggeber:**

**Vestas Wind Systems A/S  
Hedeager 44  
DK - 8200 Aarhus N**

## 1.0 PRÜFUNTERLAGEN

### Dokumente

<i>Dokument Nr.</i>	<i>Revision</i>	<i>Titel</i>
[1] 0064-7988	02 /2017-05-19	Compare Load spectrum V136-3.45 MW HH132 IECS
[2] 0059-6209	02 /2016-10-05	Tower load V136-3.45 MW HH132 DIBt2 <i>(Prüfung ist beschränkt auf Lasten bezogen auf HH132 m)</i>
[3] 0064-8464	01 /2017-05-19	Foundation load V136-3.45 MW HH132 WZ2GK2
[4] 0064-8098	01 /2017-05-19	Compare Tower loads V136-3.45 MW HH132 WZ2GK2
[5] 0059-0565	03 /2016-10-05	Foundation load V136-3.45 MW HH132 DIBt2

### Referenzdokumente (informativ):

<i>Dokument Nr.</i>	<i>Revision</i>	<i>Titel</i>
[6] 0034-5760	11 /2016-10-25	Interpretation of IEC load cases V105/V112/117/126/136 3MW Mk3 platform
[7] 0038-8006	05 /2016-10-24	Interpretation of DIBt 2012 3MW
[8] 0054-0521	03/2017-05-19	Mk3 3.45MW & 3.60MW Design Loads
[9] 0054-0518	02/2016-07-25	V136 Blade Loads

### Zeichnungen

<i>Dokument Nr.</i>	<i>Revision</i>	<i>Titel</i>
[10] 0059-6616	00/2016-08-05	T3III562L-V136-3.45MW HH132 DIBt WZ2 GK2

### Vestas Lasten-Ordner:

h:\3MW\MK3\V1363600.132\T3III562L.WZ2GK2.VAS.006\Loads\

H:\3MW\MK3\V1363450.132\T3III562L.WZ2GK2.VAS.006\Loads\

## 2.0 BEWERTUNGSGRUNDLAGEN

### 2.1 Umweltbedingungen

Wind:

3.45/3.60 MW –Turbine: Windzone WZ2GK2, gemäß IEC 61400-1:2005 ed. 3.

Die folgenden Windbedingungen wurden in den Lastberechnungen angesetzt:

	V136-3.45/3.60 MW HH132 Mk3 DIBt WZ2GK2
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe	7,48 m/s
Weibull k-Parameter [-]	2,0
50-Jahres-Wind, Vm50 (10 min) in Nabenhöhe	37,8 m/s
1-Jahres-Wind, Vm1 (10 min) in Nabenhöhe	30,2 m/s
Luftdichte	1,225 kg/m <sup>3</sup> (1,273kg/m <sup>3</sup> für -20°C)
Geländeneigung	8°
Geländerauigkeitsexponent (normale Bedingungen)	0,20
Geländerauigkeitsexponent (extreme Bedingungen)	0,11
Umgebungsturbulenzintensität I <sub>ref</sub> nach IEC 61400-1, ed. 3, 2005	16 %
Turbulenzintensität bei Vm50	12,6%

Die Erhöhung der Turbulenzintensität aufgrund von Nachlaufströmung benachbarter Anlagen wurde nicht untersucht.

### 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



	V136-3.45/3.60 MW HH132 Mk3 DIBt WZ2GK2
Nennleistung:	3,45 MW
Rotordurchmesser	136 m
Einschaltgeschwindigkeit	3 m/s
Nennwindgeschwindigkeit	10 m/s / 10,2 m/s
Abschaltgeschwindigkeit (HWO Option aktiviert)	27,5 m/s
(HWO Option deaktiviert)	22,5 m/s
Nennrotordrehzahl	11,67 U/min
Maximale Blattverstellgeschwindigkeit bei folgenden Abschaltmanövern	5 °/s (Emergency Stop, Protection Stop und Control Stop)
Nabenhöhe	132 m
Stahlrohrturm mit 1. Biegeeigenfrequenz	0,172 Hz
Erschütterungsüberwachungsgrenze in Nabenhöhe	2,3 m/s <sup>2</sup> (max. Beschleunigung)
Rechnerische Lebensdauer	20 Jahre
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 mit der DIBt-Richtlinie „Richtlinie für Windenergieanlagen: Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“; Oktober 2012 bei Anwendung standortspezifischer Windbedingungen wurde 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 Lastannahme für den Betriebsfestigkeitsnachweis basiert auf der DIBt-Richtlinie: „Richtlinie für Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“; Fassung Oktober 2012. Die Lastkollektive wurden mit dem Vestas Turbine Simulator (VTS), Version VTS002, des aeroelastischen PC-Programmes Flex5 berechnet. Die Betriebslastkollektive wurden für den Turmkopf, den Turmfuß sowie für die unterschiedlichen Turmschnitte angegeben. Die Fundamentlasten sind gesondert in den Dokument [3] aufgeführt.

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

Die in der Lastdokumentation von Vestas Wind Systems A/S für den Betriebsfestigkeitsnachweis angegebenen Beanspruchungskollektive berücksichtigen alle in der DIBt-Richtlinie aufgeführten Einwirkungen und Einflüsse.

### 4.0 SCHLUSSBEMERKUNG

Die aufgeführten Lastannahmen werden für die Windenergieanlage V136-3.45/3.60 MW Mk3 der Firma Vestas mit Nabenhöhe 132 m, Windzone WZ2, Geländekategorie 2 angenommen.

Die Typenzertifizierung der Windenergieanlage V136 3.45/3.60 MW Mk3 ist nicht Bestandteil dieser Prüfung. Die Konfiguration der Windenergieanlage (Anlagendaten für die Lastsimulation) ist daher von Vestas vorgegeben und nicht Bestandteil dieser Prüfung.

Die Lastannahmen sind gültig für Standorte mit einer Geländehöhe bis zu 800 m über NN gemäß DIN1991-1-4/NA A.2 (1).

Die Lastannahmen sind nur für die Umgebungsturbulenzintensität  $I_{ref}$  unter 16% (für 15m/s Windgeschwindigkeit) nach IEC 61400-1, ed. 3, 2005, gültig.

Die Mindestabstände der Windenergieanlagen untereinander bei Aufstellung in einer Windparkkonfiguration in Abhängigkeit der örtlichen Umgebungsturbulenzintensität wurden nicht untersucht, d.h. der Einfluss der Turbulenzerhöhungen braucht nicht untersucht werden, solange die folgenden Bedingungen laut Kapitel 7.3.3 der DIBt-Richtlinie erfüllt sind:

- der Abstand der Turmachsen benachbarter Windenergieanlagen darf den 8-fachen Rotordurchmesser 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.

Für Zwischenwerte von  $V_{m50}$  ist der Abstand linear zu interpolieren.

Die in den Lastannahmen von Vestas Wind Systems A/S für den Betriebsfestigkeitsnachweis angegebenen Beanspruchungskollektive berücksichtigen alle in der DIBt-Richtlinie aufgeführten Einwirkungen und Einflüsse.

Die begutachteten Lastannahmen sind für einen Turmeigenfrequenzbereich von 0.164 Hz bis 0.181 Hz gültig. Das entspricht einer Abweichung von der zugrunde gelegten ersten Turmeigenfrequenz (0.172 Hz) von etwa -5,0 % bis +5,0%.

Ferner sind die begutachteten Lastannahmen nur für Blattverstellgeschwindigkeiten gültig, welche während eines Notstopmanövers 5 °/s nicht überschreiten.

Der Mindestwert der (dynamischen) Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament muss  $\geq 130$  GNm/rad sein, weitere Werte siehe Tabelle 5.1 in Dokument [3].

Die Erschütterungsüberwachung muss die Windenergieanlage in den „PAUSE“-Zustand setzen, falls die Turmkopfbeschleunigung  $2,3$  m/s<sup>2</sup> überschreitet.

Die Windenergieanlage ist mit einer „High-Wind-Operation“ Option, kurz „HWO“, ausgestattet, die einen Produktionsbetrieb bis zur genannten Abschaltwindgeschwindigkeit erlaubt. Bei aktivierter HWO wird die Leistungsabgabe ab einer Windgeschwindigkeit von 21,5 m/s kontinuierlich reduziert.

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.

Unzulässige Turmschwingungen müssen vermieden werden und die Anlage muss mit einer betrieblichen Schwingungsüberwachung ausgerüstet sein.

Wirbelerregte Querschwingungen wurden nicht betrachtet. Einwirkungen aus Wirbelablösungen sollten während der Auslegung des Turms berücksichtigt werden.

Transportlasten wurden nicht berücksichtigt.

Die Designlasten im Dokument [1] sind nicht Bestandteil der Prüfung und des vorliegenden Berichts.

Maximale erlaubte Windgeschwindigkeiten bei Wartungsarbeiten sind in Dokument [5] für die verschiedenen Wartungszustände der Windenergieanlage aufgelistet. Die 10-min-Mittel der Windgeschwindigkeiten sind  $v_{ma1} = 11$  m/s,  $v_{ma2} = 17,5$  m/s und  $v_{ma3} = 19$  m/s.

Gegenüber der Turmlasten in 0059-6209 V01 ergeben sich in 0064-8098 V01 Lastüberschreitungen von 5% am Turmkopf und bis zu 9% in verschiedenen Abschnitten, wie der Vergleich in 0064-8098 V01 ergibt.

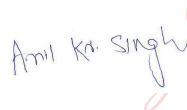
Die Richtigkeit der vorgelegten Lasten, sowie die Übereinstimmung der Lasten mit den Anforderungen der DIBt "Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung", Fassung Oktober 2012 wurden anhand von Plausibilitätsprüfungen der dimensionierenden Eingangsdaten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



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.

Abweichungen von den hierin dargelegten Angaben machen das Lastgutachten ungültig.

Anlage 1	Lasten Turm
Anlage 2	Turmlastenvergleich
Anlage 3	Lasten Fundament

 Singh, Anil Kumar  
2017.11.07  
15:35:00 +08'00'

Anil Kumar Singh  
Senior Engineer



Parasarampuram,  
Ramakrishna  
2017.11.07 08:21:01  
+01'00'

Ramakrishna Parasarampuram  
Project Manager