



**Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen**  
**zur Turmberechnung der Vestas**  
**V150-4.0MW/4.2MW**  
**mit 166 m Nabenhöhe**  
**für**  
**Windzone WZ2GK2 (S)**

**Projekt-Nr.** 10057899

**Berichts-Nr.** L-03642-A052-0 Rev.03

**Datum:** 2018-01-28

**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>Version</i>	<i>Titel</i>
[1] 0072-6250	01	Load Envelope – DIBT, V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, 50/60 Hz, GS
[2] 0071-9514	00	Combine tower loads, V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m, 50/60 Hz, GS
[3] 0071-9515	01	Combine Foundation loads, V150-4.0/4.2 MW, Mk3E, WZ2GK2(S), 166 m, 50/60 Hz, GS
[4] 0080-9792	01	Clarification to tower loads V150-4.0/4.2MW, MK3E, WKZ2GK2(S), 166m 50Hz, GS

### Referenzdokumente (informativ):

<i>Dokument Nr.</i>	<i>Version</i>	<i>Titel</i>
[4] 0071-3495	00	Interpretation of IEC load cases
[5] 0068.4020	01	4MW Mk3E Rotor Lock and Parking Tool loads
[6] 0070-2150	00	Load extrapolation V150-4.00MW, Mk3E

### Zeichnungen

<i>Dokument Nr.</i>	<i>Version</i>	<i>Titel</i>
[7] 0072-0477	0	T96A600-V150-4,0/4,2MW-Mk3 NH166 DIBt S (WZ2 Gk2) LDST

### Vestas Lasten-Ordner:

V150-4.0MW: Postloads folder:

h:\3MWMk3E\TR2\V150.HH166\006\4000.VAS\_AAO\Loads\Postloads\

V150-4.2MW: Postloads folder:

h:\3MWMk3E\TR2\V150.HH166\006\4200.VAS\_AAO\Loads\Postloads\

## 2.0 BEWERTUNGSGRUNDLAGEN

### 2.1 Umweltbedingungen

Wind: Windklasse S, gemäß IEC 61400-1:2005 ed. 3.

Die folgenden Windbedingungen von dieser Klasse wurden in den Lastberechnungen angesetzt:

	V150-4.0 MW HH166 Mk3E	V150 4.2 MW HH166 Mk3E
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe	7,05 m/s	7,00 m/s
Weibull k-Parameter [-]	2,0	
50-Jahres-Wind, Vm50 (10 min) in Nabenhöhe	37,5 m/s	
1-Jahres-Wind, Vm1 (10 min) in Nabenhöhe	30,00 m /s	
Luftdichte	1,225 kg/m <sup>3</sup>	
Geländeneigung	8°	
Geländerauigkeitsexponent (normale Bedingungen)	0,20	
Geländerauigkeitsexponent (extreme Bedingungen)	0,11	
Umgebungsturbulenzintensität I <sub>ref</sub> nach IEC 61400-1, ed. 3, 2005	14%	
Turbulenzintensität bei Vm50	12,1%	

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

	V150-4.0 MW HH166 Mk3E	V150 4.2MW HH166 Mk3E
Nennleistung;	4,0MW	4,2MW
Rotordurchmesser	150	
Einschaltgeschwindigkeit	3 m/s	
Nennwindgeschwindigkeit	9,8 m/s	10,1 m/s
Abschaltgeschwindigkeit (HWO Option aktiviert)	24,5 m/s	
Nennrotordrehzahl	10,37 U/min	
Nabenhöhe	166 m	
Stahlrohrturm mit 1. Biegeeigenfrequenz	0,137 Hz	
Erschütterungsüberwachungsgrenze in Nabenhöhe	2,3 m/s <sup>2</sup> (max. Beschleunigung)	
Rechnerische Lebensdauer	20 Jahre	
Erdbebenzone 3 (agR=0,8); Bedeutungskategorie II ( $\gamma_I = 1,0$ ); Viskoses Dämpfungsverhältnis $\zeta=5\%$ ; 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 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 Windenergieanlagen V150 4.0MW/4.2 MW Mk3E der Firma Vestas mit Nabenhöhe 166 m, Windzone S, Geländekategorie 2, getroffen. Die Typenzertifizierung der Windenergieanlagen V150 4.0 MW/4.2MW Mk3E sind nicht Bestandteil dieser Prüfung. Die Konfiguration der Windenergieanlage (Anlagedaten 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 14% (für 15m/s Windgeschwindigkeit) nach IEC 61400-1, ed. 3, 2005, gültig.

Die Mindestabstände der Windenergieanlagen untereinander bei Aufstellung in einer Windpark-konfiguration 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 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.

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 der V150-4.0/4.2MW mit 166m Nabenhöhe sind für eine Turmeigenfrequenz von 0.137 Hz (-5%/+5%) gültig.

Der Mindestwert der (dynamischen) Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament muss grösser als 80 GNm/rad sein.

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

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.



Das Inbetriebnahmehandbuch muss die Verhinderung unzulässiger Turmschwingungen, wie von Vestas definiert, beschreiben. Einwirkungen aus Wirbelablösungen sollten während der Auslegung des Turms berücksichtigt werden.

Wartungsarbeiten sind durchzuführen bis zu einer Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe von:

	V150-4.0/4.2 MW HH166 Mk3E		
(10 min Mittel)	Vma1*=15,0 m/s	Vma2*=23 m/s	Vma3*=25,0

(\*: inklusive 5m/s)

Die folgenden maximale Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe dürfen nicht überschritten werden im Fall dass ein Verstellen des Pitchmechanismus während der Wartung/Reparatur erforderlich ist:

	V150-4.0/4.2 MW HH166 Mk3E
(10 min Mittel)	Vma1*=15,0 m/s

(\*: inklusive 5m/s)

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 soweit vorliegend 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.

Andreas Reimann

Gutachter

Ramakrishna Parasrampuram

Project Manager