



VESTAS ENVENTUS V162-6.8 / 7.2 MW MIT 169 M NABENHÖHE,  
WINDZONE S, 25 JAHRE ENTWURFSLEBENSDAUER

# Gutachtliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas Turbinen

Vestas Wind Systems A/S

Report No.: L-08867-A052-0B

Date: 2022-06-24





Projektname: Vestas EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 169 m Nabhöhe,  
 Windzone S, 25 Jahre Entwurfslebensdauer  
 Titel: Gutachtliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas Turbinen  
 Kunde: Vestas Wind Systems A/S, Hedeager 42, 8200 Aarhus N 20457 Hamburg  
 Kontaktperson: Shereef Kather Germany  
 Erstellungsdatum: 2022-06-24 Tel.: +49 40 36149-0  
 Projekt - Nr.: 10367766  
 Bericht - Nr.: L-08867-A052-0B  
 Geltender Vertrag für diesen Bericht: 233187-SFA-20220613

## Objective:

Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 169 m Nabhöhe (Entwurfslebensdauer 25 Jahre) für Windzone S.

Der gegebene Turmname ist HA2A90A.

Erstellt von:

Meike Greusing  
Gutachterin

Geprüft von:

Mark Wollenberg  
Projektleiter

Copyright © DNV 2022. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited.

## DNV Distribution:

- Uneingeschränkter Verteiler (intern und extern)  
 Uneingeschränkter Verteiler innerhalb DNV GL  
 VERTRAULICH. Vertrieb innerhalb von DNV gemäß geltendem Vertrag.\*  
 Geheim. Nur autorisierter Zugriff.

\* Verteilung angeben: DNV Renewables Certification

## Schlüsselwörter:

Vestas EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW, DIBt-Richtlinie: 2012-10, Lastannahmen

Rev. No.	Datum	Grund für Herausgabe	Erstellt von	Geprüft von
0	2022-06-24	Erste Ausgabe	GREU	MARWOL



## Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG .....	1
2	ZERTIFIZIERUNGSSCHEMA (NORMEN UND RICHTLINIEN) .....	1
3	PRÜFUNTERLAGEN .....	1
4	BEWERTUNGSGRUNDLAGEN .....	1
5	PRÜFBEMERKUNGEN FÜR DIE LASTANNAHMEN .....	2
6	SCHLUSSBEMERKUNG .....	3

Anlage A PRÜFUNTERLAGEN



## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Die aufgeführten Lastannahmen werden für die Windenergieanlagen EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW der Firma Vestas mit einer Nabenhöhe von 169 m, für DIBt S angenommen.

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.

## 2 ZERTIFIZIERUNGSSHEMA (NORMEN UND RICHTLINIEN)

Document No.	Title
DIBt-Richtlinie: 2012-10	Richtlinie für Windenergieanlagen Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung

## 3 PRÜFUNTERLAGEN

Die Unterlagen für die Windenergieanlage EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 169 m Nabenhöhe der Firma Vestas sind in Anlage 1 aufgeführt.

## 4 BEWERTUNGSGRUNDLAGEN

### 4.1 Umweltbedingungen für die Lastannahmen

Die Windbedingungen der Vestas EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW Turbinen mit 169 m Nabenhöhe sind entsprechend der Windklasse S gemäß DIBt 2012 angesetzt.

Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe	EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 169 m Nabenhöhe HA2A90A DIBt S 7,5 m/s für 6,8MW 7,0 m/s für 7,2MW
Weibull k-Parameter	2
50-Jahres-Wind, $V_{m50}$ (10 min) in Nabenhöhe	37,60 m/s
1-Jahres-Wind, $V_{m1}$ (10 min) in Nabenhöhe	30,10 m/s
Luftdichte	1,225kg/m <sup>3</sup>
Geländeneigung	8°
Geländerauigkeitsexponent (normale Bedingungen)	0,27
Geländerauigkeitsexponent (extreme Bedingungen)	0,11
Umgebungsturbulenzintensität nach IEC 61400-1 für NTM	Siehe Tabelle 1
Umgebungsturbulenzintensität $I_{ref}$ nach IEC 61400-1 für ETM	0,16
Lastsicherheitsbeiwert für DLC8.1 (Sicherheitsklasse S)	$\gamma_F = 1,35$
Erdbebenzone	Erdbebenzone 3; Bedeutungskategorie II, Baugrundklassen A, B, C mit den geologischen Untergrundklassen R, T, S nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Tabelle NA.4

Wind Geschwindigkeit [m/s]	NTM Fatigue [-]	NTM Extreme [-]
2	0,560	0,462
4	0,340	0,280
6	0,281	0,219
8	0,243	0,189
10	0,216	0,170



12	0,168	0,158
14	0,147	0,150
16	0,136	0,143
18	0,129	0,138
20	0,124	0,134
22	0,122	0,131
24	0,118	0,128
26	0,116	0,126
28	0,114	0,124
30	0,112	0,122
32	0,110	0,120
34	0,109	0,119
36	0,108	0,118
41	0,105	0,114

**Tabelle 1 Turbulenzintensität für NTM.**

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

## 4.2 Anlagedaten für die Lastannahmen

	EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 169 m Nabenhöhe HA2A90A
	DIBt S
Nennleistung	6,8 MW / 7,2 MW
Rotordurchmesser	162 m
Einschaltgeschwindigkeit	3,0 m/s
Nennwindgeschwindigkeit	11,0 m/s / 11,4 m/s
Abschaltgeschwindigkeit	25,0 m/s
Nennrotordrehzahl	9,18 rpm / 9,57 rpm
Nabenhöhe	169 m
Stahl-Beton Hybrid Turm mit 1. Biegeeigenfrequenz mit	
Steifer Einspannung	0,196 Hz
Weicher Einspannung	0,193 Hz
Rechnerische Lebensdauer	25 Jahre
Version des Reglers	1

## 4.3 Gültigkeit für die Lastannahmen

Eigenfrequenzbereich des Turmes	von 0,183 Hz bis 0,206 Hz
Dynamischen Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament	≥ 200 GNm/rad, siehe Tabelle 5.1 in Dokument [5]
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.

## 5 PRÜFBEMERKUNGEN FÜR DIE LASTANNAHMEN

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 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 [5] aufgeführt.

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

## 5.1 OFFENE PUNKTE

Die Turmzeichnung wurde weder bei DNV eingereicht noch bewertet. Aus diesem Grund muss die statische Abbildung des Turms im Lastmodell zusammen mit der Turmbewertung verifiziert werden.

## 6 SCHLUSSBEMERKUNG

Die aufgeführten Lastannahmen werden für die Windenergieanlagen EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW der Firma Vestas mit einer Nabenhöhe von 169 m, für DIBt S angenommen.

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.

Erdbebenlasten wurden nach DIN EN 1998-1/2010-10 und NA/2011-01 berechnet und geprüft, siehe Abschnitt 4.1 (Umweltbedingungen).

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.

Turmzeichnungen lagen für die Prüfung nicht vor. Die Überprüfung des Turm-Simulationsmodells zur Berechnung der Betriebsfestigkeits- und Extremlasten wurde mittels Vergleich zu den Turmmodelldaten im Turmdokument [4] vollzogen.

Die Lasten sind gültig für die in Abschnitt 4 sowie im folgenden gelisteten Bedingungen:

- Beiträge aus Eigengewichtsmomenten aufgrund von Schiefstellung der Turmachse sind nicht in den ausgewiesenen Lasten enthalten. Diese Lasten müssen später den extremalen Auslegungslasten für Turm- und Gründung gemäß Anforderungen in DIBt [1], Abschnitt 7.4.1 hinzugefügt werden.
- die aufgeführten Windgeschwindigkeiten in Abschnitt 4.1 müssen die Windgeschwindigkeiten gemäß DIN EN1991-1-4/NA abdecken.
- Dass sich das Lastniveau bei gleichen externen Bedingungen nach dem Typenzertifizierungsprozess (Validierung der Lastannahmen durch Lastmessungen) nicht erhöht.

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.



## ANLAGE A

### PRÜFUNTERLAGEN

## Prüfung der Vestas EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW mit 169 m Nabenhöhe, Windzone S

### Beschreibung der geprüften EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW Windenergieanlage

Die EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW ist eine mit Getriebe und Dauermagnet Synchrongenerator ausgestattete, pitch geregelte, luv seitig angeströmte Windenergieanlage, mit variabler Rotorgeschwindigkeit. Die EnVentus V162-6.8 / 7.2 MW unterstützt 2 Leistungslevel, 6,8 MW und 7,2 MW. Die hier geprüfte Variante hat einen Stahl-Beton Hybrid Turm mit einer Nabenhöhe von 169m. Die Lasten wurden nach DIBt Klasse S geprüft.

### Schnittstelle zu anderen Gewerken:

Beiträge aus Eigengewichtsmomenten aufgrund von Schiefstellung der Turmachse sind nicht in den ausgewiesenen Lasten enthalten. Diese Lasten müssen später den extremalen Auslegungslasten für Turm- und Gründung gemäß Anforderungen in DIBt [1], Abschnitt 7.4.1 hinzugefügt werden.

Turmzeichnungen lagen für die Prüfung nicht vor. Die Überprüfung des Turm-Simulationsmodells zur Berechnung der Betriebsfestigkeits- und Extremlasten wie Turmdokument [4] angegeben muss später bei Vorlage der Zeichnung überprüft werden.

### Basis der Prüfung

Angewandte Normen und Richtlinien:

Document No.	Revision	Title
[1] DIBt	2012	Richtlinie für Windenergieanlagen

Die Prüfung der Lasten basiert auf:

Document No.	Revision	Title
[2] 0086-8845	06	IEC 61400-1 and DIBt 2012 Vestas design load case interpretations - Generic document

### Prüfunterlagen

Liste der Dokumente:

Dokumenten Nr.	Revision	Titel
[3] 0122-3112	00	Combine Load Spectrum (15 Seiten) EV162-6.8/7.2MW, Mk1B, WZ2GK2(S), 169m, 50/60Hz, GS
[4] 0121-5839	01	Combine Tower Loads (50 Seiten) – HA2A90A, EV162-6.8/7.2MW, Mk1B, WZ2GK2(S), 169m, 50/60Hz, GS
[5] 0122-8671	01	Combine Foundation Loads (282 Seiten) – HA2A90A, EV162-6.8/7.2MW, Mk1B, WZ2GK2(S), 169m, 50/60Hz, GS





## Zeichnungen (informativ):

Dokumenten Nr.	Revision	Titel
Nicht verfügbar		Hybrid Turm HA2A90A EV162-6.8/7.2MW, EnVentus, DIBt (S), 169m

## Referenzdokumente (informativ):

Dokumenten Nr.	Revision	Titel
[6] 0106-8091	01	Design Basis Enventus MK1B/C
[7] 0122-5906	01	Installation and Maintenance Loads – HA2A90A, EV162-6.8/7.2MW, Mk1B, WZ2GK2(S), 169m, 50/60Hz, GS
[8] 0122-0639	00	Load Extrapolation EV162-6.8/7.2MW, Mk1B, HH169m
[9] 0112-2952	00	Turbine Configurations & Operational Properties – EnVentus MK1B/C



Anhang ist geschwärzt und nicht öffentlich Einsehbar

## About DNV

DNV is the independent expert in risk management and assurance, operating in more than 100 countries. Through its broad experience and deep expertise DNV advances safety and sustainable performance, sets industry benchmarks, and inspires and invents solutions.

Whether assessing a new ship design, optimizing the performance of a wind farm, analyzing sensor data from a gas pipeline or certifying a food company's supply chain, DNV enables its customers and their stakeholders to make critical decisions with confidence.

Driven by its purpose, to safeguard life, property, and the environment, DNV helps tackle the challenges and global transformations facing its customers and the world today and is a trusted voice for many of the world's most successful and forward-thinking companies.