

Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung der Vestas

V150-5.0/5.4/5.6/6.0 MW mit 148 m Nabenhöhe (Entwurfslebensdauer 25 Jahre)

für

Windzone S

Projekt-Nr. 10158748

Berichts-Nr. L-04353-A052-2b Rev2

Datum: 2021-04-21

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**

VERSIONSGESCHICHTE

<i>Rev. Nr.</i>	<i>Datum</i>	<i>Grund für Herausgabe</i>	<i>Erstellt von</i>	<i>Geprüft von</i>
2	2021-04-21	Vestas lastrevision L11.6 geprüft. Power is erhöht bis 6.0 MW.	GREU	MARWOL

1.0 PRÜFUNTERLAGEN

Dokumente

<i>Dokument Nr.</i>	<i>Revision</i>	<i>Titel</i>
[1] 0094-8023	03	Load Spectrum EV150-5.0/5.4/5.6/6.0MW, EnVentus, 50/60Hz, GS
[2] 0097-2588	01	Tower load comparison EV150 -5.0/5.4/5.6/6.0MW, EnVentus, DIBt, HH125/148/166 (Nur HH148 und HH166 in hier geprüft)
[3] 0080-0566	02	Combine Tower Loads – S969400 EV150-5.0/5.4/5.6MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 148m 50/60Hz GS
[4] 0080-9933	03	Foundation Loads – S969400 EV150-5.0/5.4/5.6/6.0MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 148m 50/60Hz GS

Referenzdokumente (informativ):

<i>Dokument Nr.</i>	<i>Revision</i>	<i>Titel</i>
[5] 0086-8845	03	IEC 61400-1 and DIBt 2012 Vestas design load case interpretation – generic document.
[6] 0094-0360	03	Maintenance Loads Overview EV150 & EV162
[7] 0086-8047	05	Load extrapolation EV150-5.6/5.4/5.0MW, Steel towers (DIBt HH 105m and 166m)

Zeichnungen (informativ)

<i>Dokument Nr.</i>	<i>Revision</i>	<i>Titel</i>
[8] 0078-1057	04	Tower Drawing for S969400 EV150-5.0/5.4/5.6/6.0MW, EnVentus, WZ2GK2(S), 148m

2.0 BEWERTUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Umweltbedingungen

Die Windbedingungen der Vestas V150-5.0/5.4/5.6/6.0 MW HH148 Turbinen sind entsprechend der Windklasse S, gemäß IEC 61400-1:2005 ed. 3.

	V150-5.0/5.4/5.6/6.0 MW HH148 S969400 DIBt S
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe	7,3 m/s
Weibull k-Parameter [-]	2,22
50-Jahres-Wind, V_{m50} (10 min) in Nabenhöhe	37,0 m/s
1-Jahres-Wind, V_{m1} (10 min) in Nabenhöhe	29,6 m/s
Luftdichte	1,224 kg/m ³
Geländeneigung	8°
Geländerauigkeitsexponent (normale Bedingungen)	0,27
Geländerauigkeitsexponent (extreme Bedingungen)	0,11
Umgebungsturbulenzintensität I_{ref} nach IEC 61400-1, ed. 3, 2005 für NTM (Betriebsfestigkeitslasten)	Siehe Tabelle 2-1
Umgebungsturbulenzintensität I_{ref} nach IEC 61400-1, ed. 3, 2005 für ETM	16 %
Lastsicherheitsbeiwert für DLC8.1 (Sicherheitsklasse S)	$\gamma_F = 1,35$

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

25a

Wind speed	NTM Fatigue	NTM Extreme
[m/s]	[-]	[-]
2	0.560	0.461
4	0.340	0.279
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	0.115

Tabelle 2-1 Turbulenzintensität für NTM.

2.2 Normen und Richtlinien

- DIBt-Richtlinie: „Richtlinie für Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“; Fassung Oktober 2012.

2.3 Daten für die Lastannahme

	V150-5.0/5.4/5.6/6.0 MW HH148 S969400 DIBt S
Nennleistung:	5,0 MW / 5,4 MW / 5,6MW / 6,0MW
Rotordurchmesser	150 m
Einschaltgeschwindigkeit	3,0 m/s
Nennwindgeschwindigkeit	10,3m/s / 10,6m/s / 10,8m/s / 11,2m/s
Abschaltgeschwindigkeit	25,0 m/s
Nennrotordrehzahl	9,87 U/min / 9,87 U/min / 10,13 U/min / 10,13 U/min

Nabenhöhe	148 m
Turmname	S969400
Stahlrohrturm mit nominaler 1. Biegeeigenfrequenz	0,162 Hz
Erschütterungsüberwachungsgrenze in Nabenhöhe	2,3 m/s ² (max. Beschleunigung)
Rechnerische Lebensdauer	25 Jahre
Version des Reglers	CTR60, 2020.17
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 [4] aufgeführt.

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

4.0 SCHLUSSBEMERKUNG

Die aufgeführten Lastannahmen werden für die Windenergieanlagen V150-5.0/5.4/5.6/6.0 MW der Firma Vestas mit einer Nabenhöhe von 148 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.

Es ist zu beachten, dass sich die erste Turmeigenfrequenz im Bereich $\pm 5\%$ der 1P Nenndrehzahl Anregung befindet.

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.

Beiträge aus Eigengewichtsmomenten aufgrund von Schiefstellung der Turmachse gemäß DIBt 2012, Abschnitt 7.4.1 sind mit 3mm/m in den ausgewiesenen Lasten, Dokumente [2] und [4], berücksichtigt.

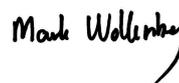
Die Lasten sind gültig unter folgenden Bedingungen:

- die aufgeführten Windgeschwindigkeiten in Abschnitt 2.1 müssen die Windgeschwindigkeiten gemäß DIN EN1991-1-4/NA abdecken.
- für eine Umgebungsturbulenzintensität wie in Abschnitt 2 gegeben
- 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 0,154 Hz bis 0,170 Hz, welches eine Abweichung von der zugrunde gelegten ersten Turmeigenfrequenz von 0,162 Hz ist.
- für einen Mindestwert der (dynamischen) Drehfedersteifigkeit des Gesamtsystems aus Boden und Fundament von ≥ 109 GNm/rad, siehe Tabelle 5.1 in Dokument [4].
- Dass sich das Lastniveau bei gleichen externen Bedingungen nach dem Typenzertifizierungsprozess 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.



Meike Greusing
Gutachterin



Mark Wollenberg
Projektleiter

- Anlage 2 Turm Lastvergleich von aktuellem Lastset zu dem in Revision 0 geprüften Lasten,
(Anlage 3), (18 Seiten)
- Anlage 3 Lasten Turm (16 Seiten)
- Anlage 4 Lasten Fundament (233 Seiten)