

**Maschinengutachten der Windenergieanlage
VESTAS EnVentus V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW
der Firma Vestas Wind Systems A/S**

**mit 125 m Nabenhöhe für DIBt 2012 Klasse S
mit 148 m Nabenhöhe für DIBt 2012 Klasse S
mit 166 m Nabenhöhe für DIBt 2012 Klasse S
mit 166 m Nabenhöhe Hybrid-Betonturm für DIBt 2012 Klasse S
mit 169 m Nabenhöhe Hybrid-Betonturm für DIBt 2012 Klasse 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

Berichtsnummer: M-05475-0

Revision: Rev. 2

Berichtsdatum: 2020-08-28

Auftraggeber: Vestas Wind Systems A/S

Hedeager 42

DK – 8200 Aarhus N

Page 2 of 57

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	PRÜFUNGSGRUNDLAGEN	4
2.1	Anlagedaten und Umweltbedingungen	4
2.2	Normen und Richtlinien	9
2.3	Dokumente	9
3	LASTANNAHMEN	10
3.1	Dokumente	10
3.2	Prüfbemerkungen	10
4	ROTORBLATT	11
4.1	Dokumente	11
4.2	Prüfbemerkungen:	11
5	NABE EINSCHL. BLATTLAGER UND -VERSTELLSYSTEM EINSCHL. VERBINDUNGEN DER NABE MIT BLATTLAGER UND BLATT SOWIE MIT DER HAUPTWELLE	11
5.1	Dokumente	11
5.2	Prüfbemerkungen	11
6	HAUPTWELLE UND -LAGER.....	12
6.1	Dokumente	12
6.2	Prüfbemerkungen	12
7	HAUPTGETRIEBE INKL. SCHMIERSYSTEM UND VERBINDUNG ZUM GENERATOR	13
7.1	Dokumente	13
7.2	Prüfbemerkungen	13
8	MECHANISCHE BREMSE.....	13
8.1	Dokumente	13
8.2	Prüfbemerkungen	13
9	MASCHINENTRÄGER UND HAUPTLAGERGEHÄUSE INKL. VERBINDUNGEN VON GETRIEBE UND LAGERGEHÄUSE UND GETRIEBE UND HAUPTWELLE SOWIE ROTORARRETIERUNG	14
9.1	Dokumente	14
9.2	Prüfbemerkungen	14
10	SYSTEM ZUR GONDELNACHFÜHRUNG EINSCHL. TURMVERBINDUNG.....	15
10.1	Dokumente	15
10.2	Prüfbemerkungen	15
11	MASCHINENHAUSVERKLEIDUNG UND SPINNER.....	15
11.1	Dokumente	15
11.2	Prüfbemerkungen	15
12	STEUER- UND SICHERHEITSSYSTEM.....	16
12.1	Dokumente	16
12.2	Prüfbemerkungen	16
13	ELEKTRISCHE ANLAGEN	16
13.1	Dokumente	16



Page 3 of 57

13.2	Prüfbemerkungen	16
14	BEDIENUNGSANLEITUNG UND WARTUNGSPFLICHTENBUCH	17
14.1	Dokumente	17
14.2	Prüfbemerkungen	17
15	SCHLUSSBEMERKUNG	18
	ANLAGE 1: WINDENERGIEANLAGENSPEZIFIKATION	19
	ANLAGE 2: INBETRIEBNAHME PROTOKOLL (VORLAGE)	23
	ANLAGE 3: BEDIENUNGSANLEITUNG	24
	ANLAGE 4: WARTUNGSPFLICHTENHEFT (SIF)	25
	ANLAGE 5: AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN, ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER WINDENERGIEANLAGE V150-5.0 MW / V150-5.4 MW/ V150-5.6 MW	26

GUTACHTERLICHE STELLUNGNAHME

für die Maschinenkonstruktion

der VESTAS V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW WEA

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Windenergieanlage Vestas V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW der Firma VESTAS Wind Systems A/S ist für den Nachweis der Sicherheitseinrichtungen, der Rotorblätter, der maschinenbaulichen Komponenten einschließlich der Verkleidung von Maschinenhaus und Nabe, der elektrotechnischen Komponenten und des Blitzschutz sowie der Bedienungsanleitung, des Inbetriebnahmeprotokoll und des Wartungspflichtenbuches begutachtet worden.

Bei Berücksichtigung der Prüfbemerkungen bestehen keine Bedenken gegen eine Inbetriebnahme der Windkraftanlage für die zugrunde liegende Entwurfslebensdauer.

2 PRÜFUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Anlagedaten und Umweltbedingungen

Die Vestas V150 ist eine für variable Geschwindigkeiten pitch-geregelte Windturbine mit Getriebe und permanenterregtem Synchrongenerator für 50Hz/60Hz Netzanschlüsse (50Hz/60Hz Grid Streamer GS) und ausgelegt für unterschiedliche Nabenhöhen.

Wind:

Für die Lastannahmen wurden die Windverhältnisse nach den Windbedingungen der Klasse S für die Nabenhöhen 125 m, 148 m, 166 m (Stahltürme) sowie 166 m und 169 m (Hybrid-Betontürme) gemäß der DIBt-Richtlinie „Richtlinie für Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“; Fassung Oktober 2012, DIN EN 1991-1-4/NA und DIN EN 61400-1 verwendet.

Der Nachweis der Anlage erfolgte unter Berücksichtigung folgender Kenndaten:

	125m HW Stahlurm (Starkwind)	125m Stahlurm	148m Stahlurm	166m Stahlurm
Windturbinenklasse DIBt	S			
Leistungssteuerung	Pitchregelung			
Rotororientierung	Luvläufer			
Achsneigung	6°			
Konuswinkel des Rotors	-6°			
Nennleistung	5000kW / 5400kW / 5600kW			
Nennwindgeschwindigkeit	10.6m/s / 11.0m/s / 11.2m/s			
Rotordurchmesser	150m			
Nabenhöhen	125m	125m	148m	166m
Betriebsbereich der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe $v_{in} - v_{out}$	3-25m/s			
Entwurfslebensdauer	20 Jahre	20 Jahre und 25 Jahre		
Softwareversion	2018-11			
Klasse S Umweltbedingungen	HH125m HW	HH125m	HH148m	HH166m
Turbulenzintensität NTM in Nabenhöhe	0.16	NTM: Klasse S, siehe Tabelle unten		
Turbulenzintensität ETM in Nabenhöhe	0.15	0.16		
Jahresmittel in Nabenhöhe	7.5m/s	7.0m/s	7.3m/s	7.5m/s
Weibull Faktor k	2.22			
Wind shear exponent for normal wind conditions α	0.25	0.27		
Mean flow inclination	8°			
50-Jahreswindgeschwindigkeit (10min mittel), V50	41.2m/s	36.1m/s	37.0m/s	37.6m/s
1-Jahreswindgeschwindigkeit (10min mittel), V1	33.0m/s	28.9m/s	29.6m/s	30.1m/s
Luftdichte	normal niedrige	1.224kg/m ³ 1.325kg/m ³		

Temperatur				
Erdbebenmodell und Parameter	Siehe Tabelle unten			
Temperaturbereich normal extrem	-10°C bis +40°C -20°C bis +50°C			
Relative Luftfeuchtigkeit	Bis zu 95%			
Klasse S Sicherheitsklasse	HH125m HW	HH125m	HH148m	HH166m
Load safety factor DLC 8.1 (maintenance)	$\gamma_f=1.35$			

Lebensdauer 20 Jahre

Windgeschwindigkeit [m/s]	NTM [-]	ETM [-]
2	0.595	1.367
4	0.360	0.722
6	0.307	0.507
8	0.265	0.400
10	0.229	0.336
12	0.187	0.293
14	0.160	0.262
16	0.149	0.239
18	0.142	0.221
20	0.137	0.207
22	0.135	0.195
24	0.131	0.185
26	0.128	0.177
28	0.126	0.170
30	0.125	0.164
32	0.123	0.158
34	0.122	0.154
36	0.120	0.149
41	0.118	0.141

Lebensdauer 25 Jahre

Windgeschwindigkeit [m/s]	NTM Fatigue [-]	NTM Extrem [-]	NTM [-]
2	0.560	0.461	1.367
4	0.340	0.279	0.722
6	0.281	0.219	0.507
8	0.243	0.189	0.400
10	0.216	0.170	0.336
12	0.168	0.158	0.293
14	0.147	0.150	0.262
16	0.136	0.143	0.239
18	0.129	0.138	0.221
20	0.124	0.134	0.207
22	0.122	0.131	0.195
24	0.118	0.128	0.185
26	0.116	0.126	0.177
28	0.114	0.124	0.170
30	0.112	0.122	0.164
32	0.110	0.120	0.158
34	0.109	0.119	0.154
36	0.108	0.118	0.149
41	0.105	0.115	0.141

Erbebenmodell und Parameter:

- Seismic zone 3 (agR = 0.8)
- Ground types (A, B & C)
- Geology ground types (R, T & S)
- Importance class II (Importance factor $\gamma_I = 1.0$)
- Viscous damping ratio ($\xi = 5\%$)

Der Nachweis der Anlage erfolgte unter Berücksichtigung folgender Kenndaten:

	166 m Hybrid-Betonturm	169 m Hybrid-Betonturm
Windturbinenklasse DIBt	S	
Leistungssteuerung	Pitchregelung	
Rotororientierung	Luvläufer	
Achsneigung	6°	
Konuswinkel des Rotors	-6°	
Nennleistung	5400kW / 5600kW	
Nennwindgeschwindigkeit	11.0m/s / 11.2m/s	
Rotordurchmesser	150m	
Nabenhöhen	166 m	169 m
Betriebsbereich der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe $V_{in} - V_{out}$	3-25m/s	
Entwurfslebensdauer	20 Jahre / 25 Jahre	
Softwareversion	CTR54, 2018-11	
Klasse S Umweltbedingungen		
Turbulenzintensität NTM in Nabenhöhe	NTM: Klasse S, siehe Tabelle unten	
Turbulenzintensität ETM in Nabenhöhe	ETM: Klasse S, siehe Tabelle unten	
Jahresmittel in Nabenhöhe	7.5m/s	
Weibull Faktor k	2.22	
Wind shear exponent for normal wind conditions α	0.27	
Mean flow inclination	8°	
50-Jahrewindgeschwindigkeit (10min mittel), V50	37.6m/s	
1-Jahreswindgeschwindigkeit (10min mittel), V1	30.1m/s	
Luftdichte	1.224kg/m ³	

Erdbebenmodell und Parameter	Siehe Tabelle unten
Temperaturbereich normal extrem	-10°C bis +40°C -20°C bis +50°C
Relative Luftfeuchtigkeit	Bis zu 95%
Klasse S Sicherheitsklasse	
Load safety factor DLC 8.1 (maintenance)	$\gamma_f=1.35$

Lebensdauer:

Lebensdauer	20 Jahre	25 Jahre	20 Jahre / 25 Jahre
Windgeschwindigkeit	NTM	NTM	ETM
[m/s]	[-]	[-]	[-]
2	0.595	0.560	1.367
4	0.360	0.340	0.722
6	0.307	0.281	0.507
8	0.265	0.243	0.400
10	0.229	0.216	0.336
12	0.187	0.168	0.293
14	0.160	0.147	0.262
16	0.149	0.136	0.239
18	0.142	0.129	0.221
20	0.137	0.124	0.207
22	0.135	0.122	0.195
24	0.131	0.118	0.185
26	0.128	0.116	0.177
28	0.126	0.114	0.170
30	0.125	0.112	0.164
32	0.123	0.110	0.158
34	0.122	0.109	0.154
36	0.120	0.108	0.149
38	0.118	0.105	0.141

Erbebenmodell und Parameter:

- Seismic zone 3 (agR = 0.8)
- Ground types (A, B & C)
- Geology ground types (R, T & S)
- Importance class II (Importance factor $\gamma_I = 1.0$)
- Viscous damping ratio ($\xi = 5\%$)

Page 9 of 57*Eisbedingungen:*

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

Korrosionsbedingungen:

Windenergieanlagen außen: Normale Korrosionsklasse DIN EN ISO 12944-2 C5

Windenergieanlagen innen: Normale Korrosionsklasse DIN EN ISO 12944-2 C3/C4

2.2 Normen und Richtlinien

Die Prüfung der Maschinenbaulichen Komponenten, der Rotorblätter, des Überwachungs- und Sicherheitssystems, der Sicherheitseinrichtung und der Handbücher erfolgte nach IEC 61400-1, Ed. 4:2019: "Wind turbines – Part 1: Design requirements" unter Berücksichtigung der gemäß „Liste der Technischen Baubestimmungen“ - Erlass des Innenministeriums vom 23. Februar 2009 - IV 661 - 516.50 Fundstelle: Amtsblatt Schleswig-Holstein 2009 S. 232 enthaltenen Richtlinien DIBt: „Richtlinie für Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“, Fassung Oktober 2012, und der dazugehörigen Anlage 2.7/10. Das Überwachungs- und Sicherheitssystem erfüllt den Standard der ISO 13849-1.

Die Festigkeitsnachweise für den Stahlbau sind nach Eurocode 3 geführt.

2.3 Dokumente

Die Unterlagen für Windenergieanlage Vestas V150-5.0 MW / V150-5.4 MW/ V150-5.6 MW der Firma Vestas sind in Anlage 5 aufgeführt.

3 LASTANNAHMEN

3.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

3.2 Prüfbemerkungen

Die vorliegenden Lastannahmen entsprechen den Windbedingungen der DIBt 2012 Klasse S. Die Bestimmung der Betriebsfestigkeitslasten werden unter Berücksichtigung eines dreidimensionalen Turbulenzfeldes für die Turbulenzintensität der Turbulenzkategorie S nach DIBt 2012 durchgeführt. Einwirkungen aus Erdbeben Bedeutungskategorie II und Erdbebenzone 3 (DIN EN 1998-1/NA/2011-01) sind berücksichtigt. Die Lastberechnungen entsprechen der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen, 2012. Die Betriebsfestigkeitslasten sowie die Funktionslasten für Maschinenhaus mit Rotor (RNA) wurden überprüft und für korrekt befunden.

Die eingereichten Lastannahmen für die Vestas V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW Windenergieanlagen decken sowohl Varianten mit Stahlrohr Türmen mit den Nabenhöhen 125m, 148m und 166m, als auch Hybrid Stahl-Beton Türme mit den Nabenhöhen HH166 und HH169 ab.

Hiermit sind die Lastannahmen des Maschinenhauses und des Rotors geprüft. Allerdings sind die Lastannahmen für Turm und Gründung der hier untersuchten Varianten lediglich zur Kenntnis genommen worden und sind separat im Rahmen des entsprechenden Lastgutachtens zu prüfen.

Die eingereichten Lastsets sind auf Vollständigkeit geprüft worden. Die richtige Anwendung der gegebenen externen und internen Bedingungen sowie das Simulationsmodell einschließlich des Controllers und der Steuerungsparameter wurden geprüft. Die resultierenden Lasten wurden durch Vergleiche mit ähnlichen Anlagen auf Plausibilität geprüft. Das Postprocessing wurde durch Parallelrechnung überprüft. Die korrekte Anwendung der Lastfalldefinitionen wurde geprüft.

Weiterhin wurde für eine ausgewählte Variante eine komplett unabhängige Lastberechnung mit BLADED durchgeführt. Die Ergebnisse aus der mit BLADED berechneten Lasten bestätigen die Lasten aus der mit FLEX von Vestas durchgeführten Simulation dieser Variante.

Für die Entwurfslebensdauer der Windanlagenkomponenten wurden 20 Jahre bzw. 25 Jahre angesetzt.

4 ROTORBLATT

4.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

4.2 Prüfbemerkungen:

Die vom Hersteller eingereichten Unterlagen für das Vestas V150 Rotorblatt (Infused) sowie die entsprechenden Aero Add-ons (Serrated trailing edges (STE's) & Root Vortex generators (RVG's)) erfüllen die Anforderungen gemäß IEC 61400-1 Ed. 4.

Die Berechnungen ergaben, dass das 73.65 m lange Vestas Rotorblatt in der notwendigen statischen und dynamischen Stärke ausgeführt ist. Die Strukturintegrität des V150-Blattes wurde hinsichtlich der Blatt-Lastannahmen (0085-8167 V04) überprüft und eine ausreichende Festigkeit des V150-Blattes gegen Extrem und Ermüdungslasten wurde festgestellt.

Aero add-on (Serrated trailing edges (STE's) und Root Vortex Generators (RVG's)):

Auf Grundlage der eingesehenen Dokumente für die Aero add-ons kann der Schluss gezogen werden, dass diese keinen signifikanten Einfluss auf die Designlasten haben und sich die Lasten auf einem akzeptablen Niveau befinden.

Die Lasten für die Vestas V150-5.0 MW / V150-5.4 MW/ V150-5.6 MW Windturbine unter Berücksichtigung des Einflusses der Aero add-ons erfüllen die Anforderungen gemäß IEC 61400-22:2010 und IEC 61400-1 Ed. 4.

5 NABE EINSCHL. BLATTLAGER UND -VERSTELLSYSTEM EINSCHL. VERBINDUNGEN DER NABE MIT BLATTLAGER UND BLATT SOWIE MIT DER HAUPTWELLE

5.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

5.2 Prüfbemerkungen

Die Berechnungen dokumentieren, dass das Blattlager sowie das Blattverstellsystem die notwendige statische und dynamische Tragsicherheit für die aufgeführten Extrem- und Betriebsfestigkeitslasten besitzen. Die Tragfähigkeit der Arretierung der Blattverstellanlage ist für die auf das blockierte Rotorblatt einwirkenden Lasten ausreichend bemessen.

Page 12 of 57

Die vorgespannten Schraubenverbindungen zwischen Blattverstellungslager/Blatt und Blattverstellungslager/Nabe sowie die entsprechenden Metalleinsätze an den Blättern sind für Extrem und Ermüdungslasten ausreichend bemessen. Weiterhin ist die Verbindung zwischen Hauptwelle und Nabe im Stande, die Kräfte und Momente zu übertragen.

Die vom Hersteller eingereichten Unterlagen für die Nabe erfüllen die Anforderungen gemäß IEC 61400-1 Ed. 4.

Maßgebliche zerstörungsfreie Prüfungen (NDT) wurden für die gusseiserne Nabe spezifiziert.

6 HAUPTWELLE UND -LAGER

6.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

6.2 Prüfbemerkungen

Die vom Hersteller eingereichten Unterlagen für die Hauptwelle und das Hauptlager erfüllen die Anforderungen gemäß IEC 61400-1 Ed. 4.

Die Hauptwelle ist sowohl für die Extremlasten als auch für die Betriebsfestigkeit ausreichend bemessen. Spannungen in der Hauptwelle, unter Berücksichtigung der Kerbfaktoren, sind ermittelt worden.

Die Hauptwelle ist für die angenommenen Extremlasten und die Entwurfslebensdauer ausreichend bemessen.

Die Berechnungen für die Hauptlager mit den Bezeichnungen EDD F-636693.TR1-WPOS 000 (Rev. AD) und EDD F-636694.TR1-WPOS 000 (Rev. AC) dokumentieren, dass die Hauptlager für die angenommenen Extremlasten und die Entwurfslebensdauer ausreichend bemessen sind.

7 HAUPTGETRIEBE INKL. SCHMIERSYSTEM UND VERBINDUNG ZUM GENERATOR

7.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

7.2 Prüfbemerkungen

Die vom Hersteller eingereichten Unterlagen für das in Anlage 5 aufgeführte Getriebe sowie die zugehörigen Schraubenverbindungen zum Generator erfüllen die Anforderungen gemäß IEC 61400-1 Ed. 4.

Die Prüfung hat ergeben, dass das in der Anlage aufgeführte Getriebe ausreichend bemessen ist.

Die Schraubenverbindungen zwischen Getriebe und Generator sind ausreichend bemessen.

8 MECHANISCHE BREMSE

8.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

8.2 Prüfbemerkungen

Die mechanische Bremse wird benutzt, um den Rotor in Ruhestellung zu bringen. Die mechanische Bremse wird auch bei Notausschaltungen aktiviert. Die mechanische Bremse befindet sich an der Kupplung zwischen Getriebe und Generator.

Die beschriebene mechanische Bremse erfüllt die Anforderungen gemäß IEC 61400-1, Ed. 4.

9 MASCHINENTRÄGER UND HAUPTLAGERGEHÄUSE INKL. VERBINDUNGEN VON GETRIEBE UND LAGERGEHÄUSE UND GETRIEBE UND HAUPTWELLE SOWIE ROTORARRETIERUNG

9.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

9.2 Prüfbemerkungen

Der Maschinenträger für die Vestas V150 Windenergieanlage besteht aus einer gusseisernen Frontsektion, einer Maschinenhausrahmenkonstruktion und dem Generatorträger sowie den dazugehörigen Schraubverbindungen. Der Maschinenträger trägt das Hauptlagergehäuse, an welches das Getriebegehäuse mit einer Schraubverbindung angeflanscht ist.

Für eine gefahrlose Inspektion und Montage besitzt die Windenergieanlage weiterhin eine Arretierungseinrichtung für den Rotor. Getriebe und Hauptwelle sind mittels einer Pressverbindung gekuppelt.

Die vom Hersteller eingereichten Unterlagen für beschriebenen Maschinenträger erfüllen die Anforderungen gemäß IEC 61400-1 Ed. 4.

Eine FEM-Analyse der gusseisernen Frontsektion dokumentiert, dass sie für die Extremlast- und Betriebsfestigkeit ausreichend dimensioniert wurde.

Die Dokumentation der Maschinenhausrahmenkonstruktion und dem Generatorträger beinhalten Tragfähigkeitsberechnungen für Extremlasten während des Betriebes. Die Berechnungen verifizieren, dass die Tragfähigkeit der Konstruktion ausreichend dimensioniert ist. Die Zeichnungen umfassen alle wichtigen Elemente und Verbindungen.

Das Lagergehäuse und die Schraubenverbindung mit dem Maschinenträger sind sowohl für die Extremlasten als auch für die Betriebsfestigkeit ausreichend bemessen. Das Lagergehäuse und die Schraubenverbindung besitzen ausreichende Abmessungen.

Bei der Berechnung der Getriebeabstützung wurden die Zusatzkräfte durch die Rotorbelastung und die Reaktionskräfte aus dem Getriebe berücksichtigt. Die Schraubenverbindung ist ausreichend bemessen.

Die Verbindung zwischen Hauptwelle und Getriebe ist sowohl für die Extremlasten als auch für die Betriebsfestigkeitslasten ausreichend bemessen.

Maßgebliche zerstörungsfreie Prüfungen (NDT) wurden für die gusseisernen Lagergehäuse spezifiziert.

10 SYSTEM ZUR GONDELNACHFÜHRUNG EINSCHL. TURMVERBINDUNG

10.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

10.2 Prüfbemerkungen

Das System zur Gondelnachführung besteht aus einer Gleitlagerung, den Schraubverbindungen zwischen Gleitlager und Maschinenträger sowie zwischen Gleitlager und Turmkopf, und den Azimutantrieben.

Die vom Hersteller eingereichten Unterlagen für genannte Gondelnachführungssystem erfüllen die Anforderungen gemäß IEC 61400-1 Ed. 4.

Die vorliegenden Unterlagen sind auf Vollständigkeit geprüft. Die Berechnungen sind richtig und entsprechen den Zeichnungen.

Die Yawklammern sowie die Schraubenverbindung zwischen Yawklammern und Gondelrahmen sind ausreichend bemessen.

Die Schraubenverbindung zum Turmkopf ist ebenfalls ausreichend bemessen.

Der Azimutantrieb des Maschinenhauses hat eine ausreichende Tragfähigkeit für die Extremlasten.

11 MASCHINENHAUSVERKLEIDUNG UND SPINNER

11.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

11.2 Prüfbemerkungen

Die vom Hersteller eingereichten Unterlagen für die Verkleidungen von Maschinenhaus und Rotornabe erfüllen die Anforderungen gemäß IEC 61400-1 Ed. 4.

Die Maschinenhausverkleidung und das Spinner sind ausreichend bemessen.

12 STEUER- UND SICHERHEITSSYSTEM

12.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

12.2 Prüfbemerkungen

Das Steuer- und Sicherheitssystem der Vestas V150 Windenergieanlage ist durch die nachfolgenden Merkmale gekennzeichnet:

Leistungsregelung	aktive Blattverstellung, Permanentmagnetgenerator
Rotorausrichtung	aktive Gondelnachführung, Luvläufer
Hardware	System 8000
Software	VMP Global, 2018.11

Die vom Hersteller eingereichten Unterlagen für das Steuer- und Sicherheitssystem der Vestas V150 Windenergieanlage erfüllen die Anforderungen gemäß IEC 61400-1 Ed. 4.

Das Steuer- und Sicherheitssystem wie in Anhang 5 wurde geprüft und für die Vestas V150-5.0 MW / V150-5.4 MW/ V150-5.6 MW Windenergieanlage genehmigt.

13 ELEKTRISCHE ANLAGEN

13.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

13.2 Prüfbemerkungen

Die vom Hersteller eingereichten Unterlagen für das Elektrischen Anlagen der Vestas V150 Windenergieanlage erfüllen die Anforderungen gemäß IEC 61400-1 Ed. 4.

Die elektrischen Komponenten einschließlich Blitzschutz wie in Anhang 5 wurde geprüft und für die Vestas V150-5.0 MW / V150-5.4 MW/ V150-5.6 MW Windenergieanlage genehmigt.

14 BEDIENUNGSANLEITUNG UND WARTUNGSPFLICHTENBUCH

14.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

14.2 Prüfbemerkungen

Die vorläufigen Ausgaben für die Montageanleitung, die Inbetriebnahmeanleitung einschließlich Muster für das Inbetriebnahmeprotokoll, die Bedienungsanleitung, sowie das Wartungshandbuch einschl. Wartungspflichtenheft für die Vestas V150 5.0/5.4/5.6 MW Windturbine sind bei DNV GL eingereicht worden. Die abschließende Begutachtung steht zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Stellungnahme noch aus. Allerdings sind die Windenergieanlagen vom Typ Vestas V150 5.0/5.4/5.6 MW dem Typ Vestas V136 Mk3 ähnlich, bei dem die Handbücher bereits begutachtet worden sind.

Die im Wartungspflichtenheft aufgeführten Wartungsarbeiten sind ordnungsgemäß auszuführen und zu protokollieren.

Vor Inbetriebnahme der WEA sind das Wartungspflichtenheft und die Bedienungsanleitung in deutscher Sprache vorzulegen.

Sicherheitsvorkehrungen gegen Eisabwurf:

Der Betreiber ist verpflichtet die Windenergieanlage abzustellen sobald mit einer Vereisung der Rotorblätter zu rechnen ist und die Anlage weniger als $1,5 \cdot (\text{Rotordurchmesser} + \text{Nabenhöhe})$ Abstand zu öffentlichen Einrichtungen hat. Ansonsten gilt, dass eine Gefährdung von Personen und Güter durch sich lösende Eisstücke durch entsprechende Maßnahmen auszuschließen sind.

15 SCHLUSSBEMERKUNG

Die Windenergieanlage Vestas V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW der Firma VESTAS Wind Systems A/S Vestas V150 ist eine für variable Geschwindigkeiten pitch-geregelte Windturbine mit Getriebe und permanenterregtem Synchrongenerator für 50Hz/60Hz Netzanschlüsse (50Hz/60Hz Grid Streamer GS) und ausgelegt für unterschiedliche Nabenhöhen.

Diese Windenergieanlage ist für den Nachweis der Sicherheitseinrichtungen, der Rotorblätter, der maschinenbaulichen Komponenten einschließlich der Verkleidung von Maschinenhaus und Nabe, der elektrotechnischen Komponenten und des Blitzschutz sowie der Bedienungsanleitung, des Inbetriebnahmeprotokoll und des Wartungspflichtenbuches begutachtet worden.

Die vorliegenden Lastannahmen entsprechen den Windbedingungen der DIBt 2012 Klasse S. Die Bestimmung der Betriebsfestigkeitslasten werden unter Berücksichtigung eines dreidimensionalen Turbulenzfeldes für die Turbulenzintensität der Turbulenzkategorie S nach DIBt 2012 durchgeführt. Einwirkungen aus Erdbeben Bedeutungskategorie II und Erdbebenzone 3 (DIN EN 1998-1/NA/2011-01) sind berücksichtigt. Die Lastberechnungen entsprechen der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen, 2012. Die Betriebsfestigkeitslasten sowie die Funktionslasten für Maschinenhaus mit Rotor (RNA) wurden überprüft und für korrekt befunden.

Die eingereichten Lastannahmen für die Vestas V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW Windenergieanlagen decken Varianten mit Stahlrohr Türmen mit den Nabenhöhen 125m, 148m und 166m, als auch Hybrid Stahl-Beton Türme mit den Nabenhöhen HH166 und HH169 ab.

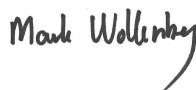
Hiermit sind die Lastannahmen des Maschinenhauses geprüft. Allerdings sind die Lastannahmen für Turm und Gründung der hier untersuchten Varianten lediglich zur Kenntnis genommen worden und sind separat im Rahmen des entsprechenden Lastgutachtens zu prüfen.

Im Rahmen dieses Maschinengutachtens sind die Lastannahmen für das Maschinenhaus mit Rotor (RNA), den Turm und die Gründung der Vestas V150 mit Nabenhöhe 125m (normal und Starkwind) geprüft worden. Hiermit sind auch die Lastannahmen des Maschinenhauses und des Rotors (RNA) für die Varianten mit 148m und 166m Nabenhöhe geprüft. Allerdings sind die Lastannahmen für Turm und Gründung dieser Varianten hier lediglich zur Kenntnis genommen worden und sind separat im Rahmen des entsprechenden Lastgutachtens zu prüfen.

Berechnungen und Zeichnungen stimmen miteinander überein. Sie basieren auf den heutigen anerkannten Regeln der Technik und dem Mindestsicherheitsniveau gemäß IEC 61400-1 Ed. 4. Die Rotorkräfte werden vom Blatt zum Turm sicher übertragen. Die Bemessungen sind für eine Entwurfslebensdauer der Windanlagenkomponenten von 20 Jahren bzw. 25 Jahren angesetzt Die Fertigungskontrolle ist nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

Bei Berücksichtigung der Prüfbemerkungen bestehen keine Bedenken gegen eine Inbetriebnahme der Windkraftanlage für die zugrunde liegende Entwurfslebensdauer.

Mark Wollenberg
Projektmanager



Digitally signed by
Wollenberg, Mark
Date: 2020.08.28
13:10:46 +02'00'

Ali Muhammad
Senior Engineer



Digitally
signed by
Muhammad,
Ali

DNV GL Denmark A/S
Renewables Certification
Tuborg Parkvej 8, 2nd floor
2900 Hellerup, Denmark

ANLAGE 1: WINDENERGIEANLAGENSPEZIFIKATION

Allgemeines **Stahlurm**

DIBt 2012

Rotordurchmesser

Nennleistung

Nennwindgeschwindigkeit

Nabenhöhen

Betriebswindgeschwindigkeitsbereich

Auslegungslebensdauer

Klasse S

(NH 125 m, NH 148 m,
NH 166 m)

150 m

5000 kW / 5400 kW / 5600 kW

10.6m/s / 11.0m/s / 11.2m/s

125 m, 148 m und 166 m

3-25 m/s (HWO)

20 Jahre / 25 Jahre

Windverhältnisse	NH 125 m (HW)	NH 125 m	NH 148 m	NH 166 m
	(V150-5.0 MW / V150-5.4 MW/ V150-5.6 MW)	(V150-5.0 MW / V150-5.4 MW/ V150-5.6 MW)	(V150-5.0 MW / V150-5.4 MW/ V150-5.6 MW)	(V150-5.0 MW / V150-5.4 MW/ V150-5.6 MW)
Jahresmittel	7.5 m/s	7.0 m/s	7.3 m/s	7.5 m/s
1-Jahreswindgeschwindigkeit	33.0 m/s	28.9 m/s	29.6 m/s	30.1 m/s
50-Jahreswindgeschwindigkeit	41.2 m/s	36.1 m/s	37.0 m/s	37.6 m/s
Turbulenzintensität I15	0.15	nach Tabelle	nach Tabelle	nach Tabelle
Mittlerer Einströmwinkel	8°	8°	8°	8°

Turbulenzintensität I15

Lebensdauer 20 Jahre

Windgeschwindigkeit	NTM	ETM
[m/s]	[-]	[-]
2	0.595	1.367
4	0.360	0.722
6	0.307	0.507
8	0.265	0.400
10	0.229	0.336
12	0.187	0.293
14	0.160	0.262
16	0.149	0.239
18	0.142	0.221
20	0.137	0.207
22	0.135	0.195
24	0.131	0.185
26	0.128	0.177
28	0.126	0.170
30	0.125	0.164
32	0.123	0.158
34	0.122	0.154
36	0.120	0.149
41	0.118	0.141

Lebensdauer 25 Jahre

Windgeschwindigkeit	NTM Fatigue	NTM Extrem	ETM
[m/s]	[-]	[-]	[-]
2	0.560	0.461	1.367
4	0.340	0.279	0.722
6	0.281	0.219	0.507
8	0.243	0.189	0.400
10	0.216	0.170	0.336
12	0.168	0.158	0.293
14	0.147	0.150	0.262
16	0.136	0.143	0.239
18	0.129	0.138	0.221
20	0.124	0.134	0.207
22	0.122	0.131	0.195
24	0.118	0.128	0.185
26	0.116	0.126	0.177
28	0.114	0.124	0.170
30	0.112	0.122	0.164
32	0.110	0.120	0.158
34	0.109	0.119	0.154
36	0.108	0.118	0.149
41	0.105	0.115	0.141

Allgemeines Hybrid-Betonturm

DIBt 2012	Klasse S (NH 166 m, NH 169 m)
Rotordurchmesser	150 m
Nennleistung	5400kW / 5600 kW
Nennwindgeschwindigkeit	11.0m/s / 11.2m/s
Nabenhöhen	166 m, 169 m
Betriebswindgeschwindigkeitsbereich	3-25 m/s (HWO)
Auslegungslebensdauer	20 Jahre / 25 Jahre

Windverhältnisse	NH 166 m (V150-5.4 MW / 5 V150-5.6 MW	NH 169 m (V150-5.4 MW / 5 V150-5.6 MW
Jahresmittel	7.5 m/s	7.5 m/s
1-Jahreswindgeschwindigkeit	30.1 m/s	30.1 m/s
50-Jahreswindgeschwindigkeit	37.6 m/s	37.6 m/s
Turbulenzintensität I15	nach Tabelle	nach Tabelle
Mittlerer Einströmwinkel	8°	8°

Turbulenzintensität I15

Lebensdauer	20 Jahre	25 Jahre	20 Jahre / 25 Jahre
Windgeschwindigkeit	NTM	NTM	ETM
[m/s]	[-]	[-]	[-]
2	0.595	0.560	1.367
4	0.360	0.340	0.722
6	0.307	0.281	0.507
8	0.265	0.243	0.400
10	0.229	0.216	0.336
12	0.187	0.168	0.293
14	0.160	0.147	0.262
16	0.149	0.136	0.239
18	0.142	0.129	0.221
20	0.137	0.124	0.207
22	0.135	0.122	0.195
24	0.131	0.118	0.185
26	0.128	0.116	0.177
28	0.126	0.114	0.170
30	0.125	0.112	0.164
32	0.123	0.110	0.158
34	0.122	0.109	0.154
36	0.120	0.108	0.149
38	0.118	0.105	0.141

Page 21 of 57

Elektrische Netzbedingungen

Normale Versorgungsspannung und Spannungsbereich (Niederspannungsseite)	720 V \pm 10 %
Normale Versorgungsfrequenz und Frequenzbereich	50 / 60 Hz \pm 6 %
Spannungsschwankungen	IEC 61000-3-6 TR max 2 %
Höchstdauer von elektrischen Netzausfällen	Two 3 months periods
Anzahl von elektrischen Netzausfällen	Max 50 pro Jahr

Weitere Umweltbedingungen (die Berücksichtigung finden)

Luftdichte	1.224 kg/m ³
Standard-Temperatur	Normal: -10 °C bis +40 °C Extrem: -20 °C bis +50 °C
Relative Luftfeuchtigkeit	Bis zu 95%
Blitzschutzsystem	Design acc. to IEC 61400-24 Ed. 2, Schutzklasse I
Erdbebenmodell parameter	DIBt - Richtlinie für Windenergieanlagen, DIN EN 1998-1/NA:2011-01. Seismic zone 3 (agR = 0.8) Ground types (A, B & C) Geology ground types (R, T & S)
	Importance class II (Importance factor $\gamma_I = 1.0$) Viscous damping ratio ($\xi = 5 \%$)

Hauptkomponenten

Blatttyp:	Vestas, 73.65 m, Infused
Getriebetyp:	ZF, EF 1205, i=43,875
Hauptlager	EDD F-636693.TR1-WPOS 000, rev. AD, Schaeffler EDD F-636694.TR1-WPOS 000, rev. AC, Schaeffler PSL612-436, rev. 1, Thyssenkrupp rothe erde Germany GmbH PSL612-437, rev. 2, Thyssenkrupp rothe erde Germany GmbH
Hauptwelle	EN-GJS-500-14
Generatortyp	Synchronous generator with permanent magnet excitation, Vestas Wind Systems A/S
Convertertyp	Full quadrant IGBT
Transformortyp:	33 kV, Minera MP, Schneider Electronics, 50 Hz 33 kV, TDU-703A03W1N-TU, Siemens, 50 Hz 34.5 kV, Minera MP, Schneider Electronics, 60 Hz
Yawgetriebetyp:	Bevel Gear. Comer/Bonfiglioli
Servicelift	-
Interner Kran	-
Controller	System 8000 - VMP Global (Build 2018.11)

ANLAGE 2: INBETRIEBNAHME PROTOKOLL (VORLAGE)

Prüfung ausstehend



Page 24 of 57

ANLAGE 3: BEDIENUNGSANLEITUNG

Prüfung ausstehend

ANLAGE 4: WARTUNGSPFLICHTENHEFT (SIF)

Prüfung ausstehend