



**MASCHINENGUTACHTEN DER WINDENERGIEANLAGE
V162-5.4 MW / V162-5.6 MW / V162-6.0 / V162-6.2 MW
DER FIRMA VESTAS WIND SYSTEMS A/S**

**MIT STAHLTÜRME FÜR 119 M, 148 M UND 166 M NABENHÖHE
SOWIE HYBRID-BETONTÜRME FÜR 166 M UND 169 M NABENHÖHE**

FÜR DIBT 2012 WINDZONE 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-05919-0

Revision: Rev. 6

Berichtsdatum: 2022-07-01

Auftraggeber: Vestas Wind Systems A/S
Hedeager 42
DK – 8200 Aarhus N



1	ZUSAMMENFASSUNG	5
1	PRÜFUNGSGRUNDLAGEN	6
1.1	Normen und Richtlinien	6
1.2	Umweltbedingungen	6
1.3	Anlagedaten der Vestas V162-5.4 MW / V162-5.6 / V162-6.0 MW / V162-6.2 MW	9
1.4	Dokumente	9
2	LASTANNAHMEN	10
2.1	Dokumente	10
2.2	Prüfbemerkungen	10
3	ROTORBLATT	11
3.1	Dokumente	11
3.2	Prüfbemerkungen:	11
4	NABE EINSCHL. BLATTLAGER UND -VERSTELLSYSTEM EINSCHL. VERBINDUNGEN DER NABE MIT BLATTLAGER UND BLATT SOWIE MIT DER HAUPTWELLE	12
4.1	Dokumente	12
4.2	Prüfbemerkungen	12
5	HAUPTWELLE UND -LAGER	13
5.1	Dokumente	13
5.2	Prüfbemerkungen	13
6	HAUPTGETRIEBE INKL. SCHMIERSYSTEM UND VERBINDUNG ZUM GENERATOR UND ADD SOUND SYSTEM	14
6.1	Dokumente	14
6.2	Prüfbemerkungen	14
7	MECHANISCHE BREMSE	15
7.1	Dokumente	15
7.2	Prüfbemerkungen	15
8	MASCHINENTRÄGER UND HAUPTLAGERGEHÄUSE INKL. VERBINDUNGEN VON GETRIEBE UND LAGERGEHÄUSE UND GETRIEBE UND HAUPTWELLE SOWIE ROTORARRETIERUNG	16
8.1	Dokumente	16
8.2	Prüfbemerkungen	16
9	SYSTEM ZUR GONDELNACHFÜHRUNG EINSCHL. TURMVERBINDUNG UND TURMKOPFFLANSCH	17
9.1	Dokumente	17
9.2	Prüfbemerkungen	17
10	MASCHINENHAUSVERKLEIDUNG UND SPINNER	18
10.1	Dokumente	18
10.2	Prüfbemerkungen	18
11	STEUER- UND SICHERHEITSSYSTEM	19
11.1	Dokumente	19
11.2	Prüfbemerkungen	19
12	ELEKTRISCHE ANLAGEN UND KLIMAAANLAGE	20
12.1	Dokumente	20



Page 3 of 67

12.2	Prüfbemerkungen	20
13	BEDIENUNGSANLEITUNG UND WARTUNGSPFLICHTENBUCH	21
13.1	Dokumente	21
13.2	Prüfbemerkungen	21
14	SCHLUSSBEMERKUNG	22
	ANLAGE 1: WINDENERGIEANLAGENSPEZIFIKATION.....	23
	ANLAGE 2: INBETRIEBNAHME PROTOKOLL (VORLAGE)	27
	ANLAGE 3: BEDIENUNGSANLEITUNG	28
	ANLAGE 4: WARTUNGSPFLICHTENHEFT (SIF).....	29
	ANLAGE 5: AUFLISTUNG ALLER EINGEREICHTEN UND GEPRÜFTEN BERECHNUNGEN, ZEICHNUNGEN UND SPEZIFIKATIONEN DER WINDENERGIEANLAGE V162-5.4 / V162- 5.6 / V162-6.0 / V162-6.2 MW	30



VERSIONSGESCHICHTE

Rev. Nr.	Datum	Grund für Herausgabe	Erstellt von	Geprüft von
4	31.08.2021	Vestas Lastrevision L11.6 und Reglerversion CTR63, 2020.26 geprüft, Handbücher geprüft, Winergy PZFF hauptgetriebe geprüft, ADD Sound System integriert	MARWOL	ANBOC/TRINEP
5	06.12.2021	Variante mit Leistungsstufe 6.2 MW ergänzt, Transformator ergänzt Schaeffler Hauptlager ergänzt Kleinere Modifikationen am Maschinenträger Rearframe und Cooler-Top Updates	MARWOL	ANBOC/TRINEP
6	01.07.2022	Updates für Nabe, Pitchsystem, Hauptrahmen, Spinner und Gondelabdeckungen, Updates für Berechnung des Turmkopfflansch Updates für Elektrische Bewertung des Umrichters Controller-Version aktualisiert auf 2021.18	MARWOL	ANBOC/TRINEP



GUTACHTERLICHE STELLUNGNAHME FÜR DIE MASCHINENKONSTRUKTION DER VESTAS V162-5.4 MW / V162-5.6 MW / V162-6.0 / V162-6.2 MW WEA

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Vestas V162 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.

Die Windenergieanlage V162-5.4 MW / V162-5.6 / V162-6.0 MW / V162-6.2 der Firma VESTAS Wind Systems A/S ist im Rahmen einer Typenzertifizierung 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.

DNV hat keine Bedenken hinsichtlich der Inbetriebnahme der Windkraftanlage für die zugrunde liegende Entwurfslebensdauer.



1 PRÜFUNGSGRUNDLAGEN

1.1 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.

1.2 Umweltbedingungen

Wind:

Für die Lastannahmen wurden die Windverhältnisse nach den Windbedingungen der Klasse DIBt S für die Nabenhöhen entsprechend der unten stehenden Tabelle 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:

Windklasse gemäß DIBt 2012	S				
Umweltbedingungen Klasse S	148 m Stahlurm	166 m Stahlurm	119 m Stahlurm	166 m Hybridurm	169 m Hybridurm
Umgebungsturbulenzintensität NTM	NTM: Klasse S, siehe nachstehende Tabelle				
Umgebungsturbulenzintensität ETM	0.16				
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (5.4 – 6.0 MW)	7.3 m/s	7.5 m/s	7.1 m/s	7.5 m/s	
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (6.2 MW)	-	-	6.6 m/s	7.5 m/s	
Weibull k-Parameter	2.22				
Geländerauigkeitsexponent (normale Bedingungen)	0.27	0.27	0.25	0.27	
Geländeneigung	8°				
50-Jahres-Wind, Vm50 (10 min) in Nabenhöhe	37.0 m/s	37.6 m/s	39.4 m/s	37.6 m/s	



1-Jahres-Wind, Vm1 (10 min) in Nabenhöhe avg.), V1	29.6 m/s	30.1 m/s	31.5 m/s	30.1 m/s	
Luftdichte normal niedrige Temperatur	1.224 kg/m ³ 1.325 kg/m ³				
Temperaturbereich normal extrem	-30°C bis +45°C -40°C bis +50°C				
Relative Luftfeuchtigkeit	Bis zu 95%				
Sicherheitsklasse S	HH148	HH166	HH119	HH166 hybrid	HH169 hybrid
Lastsicherheitsbeiwert für DLC8.1	$\gamma_f=1.35$				

20 Jahre Lebensdauer

Wind-geschwindigkeit [m/s]	NTM Fatigue [-]	NTM Extreme [-]
2	0.595	0.462
4	0.360	0.280
6	0.307	0.219
8	0.265	0.189
10	0.229	0.170
12	0.187	0.158
14	0.160	0.150
16	0.149	0.143
18	0.142	0.138
20	0.137	0.134
22	0.135	0.131
24	0.131	0.128
26	0.128	0.126
28	0.126	0.124
30	0.125	0.122
32	0.123	0.120
34	0.122	0.119
36	0.120	0.118
41	0.118	0.115

25 Jahre Lebensdauer

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	0.115

Tabelle: Umgebungsturbulenzintensität für DIBt Türme.



Page 8 of 67

Erdbebenmodell:

DIBt - Richtlinie für Windenergieanlagen, DIN EN 1998-1/NA:2011-01.

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

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



1.3 Anlagedaten der Vestas V162-5.4 MW / V162-5.6 / V162-6.0 MW / V162-6.2 MW

Der Nachweis der Anlage erfolgte unter Berücksichtigung folgender Kenndaten:

V162 – 50 Hz und 60 Hz	HH148 Stahlurm	HH166 Stahlurm	HH119 Stahlurm	HH166 Hybridurm	HH169 Hybridurm
Leistungsregulierung	pitch-gesteuert				
Rotororientierung	Luvläufer				
Achsneigung	6°				
Konuswinkel des Rotors	-6°				
Nennleistung	5400 kW / 5600 kW		5400 kW / 5600 kW / 6000 kW / 6200 kW		
Nennwindgeschwindigkeit	10.0 m/s / 10.2 m/s		10.0 m/s / 10.2 m/s / 10.5 m/s / 10.7 m/s		
Rotor-Nennrehzahl	9.33 U/min (5.4 – 6.0 MW), 9.53 U/min (6.2 MW)				
Rotorblatt	V162 Rotorblatt, 79.35 m				
Rotordurchmesser	162 m				
Nabenhöhen	148 m	166 m	119 m	166 m hybrid	169 m hybrid
Turmbezeichnung	SA29400	SA2A600	TA27700	HA2A600	HA2A900
Einschaltwindgeschwindigkeit	3 m/s				
Abschaltgeschwindigkeit	24 m/s				
Rechnerische Lebensdauer	20 Jahre und 25 Jahre (abhängig von der örtlichen Turbulenzintensität)				
Software Version	CTR63, 2021.18				

1.4 Dokumente

Die Unterlagen für Windenergieanlage V162-5.4 MW / V162-5.6 MW / V162-6.0 MW / V162-6.2 MW der Firma Vestas sind in Anlage 5 aufgeführt.



2 LASTANNAHMEN

2.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

2.2 Prüfbemerkungen

Die vorliegenden Lastannahmen entsprechen den Windbedingungen der DIBt 2012 Klasse S. Die Bestimmung der Betriebsfestigkeitslasten wurden 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 EnVentus V162 Windenergieanlagen decken sowohl Varianten mit Stahlrohr-Türmen als auch Hybrid-Stahl-Beton-Türmen ab. Die EnVentus V162-5.4 MW / V162-5.6 MW / V162-6.0 MW / V162-6.2 MW Windenergieanlagen können dabei mit Stahlrohr-Türmen mit der Nabenhöhen 166 m sowie mit Hybrid-Stahl-Beton-Türmen mit den Nabenhöhen 166 m und 169 m kombiniert werden. Für die EnVentus V162-5.4 MW / V162-5.6 MW Windenergieanlagen sind zudem Kombinationen mit Stahlrohr-Türmen der Nabenhöhen 119 m und 148 m zulässig.

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.



3 ROTORBLATT

3.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

3.2 Prüfbemerkungen:

Die vom Hersteller eingereichten Unterlagen für das Vestas V162 Rotorblatt 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 79.35 m lange Vestas Rotorblatt in der notwendigen statischen und dynamischen Stärke ausgeführt ist. Die Strukturintegrität des V162-Blattes wurde hinsichtlich der Blatt-Lastannahmen überprüft und eine ausreichende Festigkeit des V162-Blattes gegen Extrem- und Ermüdungslasten wurde festgestellt.

Die Testspezifikationen für die statischen, Ermüdungs- und Nachermüdungs-Rotorblatttests im Vollmaßstab wurden von DNV auf der Grundlage der Anforderungen von IEC 61400-23:2014 bewertet. Darüber hinaus wurden die statischen, Ermüdungs- und Nachermüdungs-Rotorblatttests entsprechend der Testpläne gemäß den Anforderungen in IEC 61400-23:2014 durchgeführt und dokumentiert.

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 V162-5.4 MW / V162-5.6 MW / V162-6.0 / V162-6.2 MW Windturbine unter Berücksichtigung des Einflusses der Aero Add-ons erfüllen die Anforderungen gemäß IEC 61400-22:2010 und IEC 61400-1 Ed. 4.



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

4.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

4.2 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.

Die vorgespannten Schraubenverbindungen zwischen Blattverstellungslager/Blatt und Blattverstellungslager/Nabe sind ausreichend bemessen. Die Verbindung zwischen Hauptwelle und Nabe ist 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.



5 HAUPTWELLE UND -LAGER

5.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

5.2 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 der Entwurfslebensdauer ausreichend bemessen. Spannungen in der Hauptwelle, unter Berücksichtigung der Kerbfaktoren, sind ermittelt worden.

Die Berechnungen für Hauptlager mit den Bezeichnungen

- EDD F-636693.TR1-WPOS 000 (Rev. AD) / EDD F-636694.TR1-WPOS 000 (Rev. AC) (Schaeffler)
- EDD F-673255.TR1-WPOS 000, (Rev. AG) / EDD F-673256.TR1-WPOS 000 (Rev. AE) (Schaeffler)
- PSL612-436, Rev. 1 / PSL612-437, Rev. 2 (Thyssenkrupp Rothe Erde)
- BT1-8235 A, Rev. 1 / BT1-8236 A, Rev. 5 (SKF)

dokumentieren, dass die Hauptlager für die angenommenen Extremlasten und die Entwurfslebensdauer ausreichend bemessen sind.



6 HAUPTGETRIEBE INKL. SCHMIERSYSTEM UND VERBINDUNG ZUM GENERATOR UND ADD SOUND SYSTEM

6.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

6.2 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 aufgeführten Getriebe von ZF Wind Power und Winergy

- ZF EF1205A-001 (5.4 / 5.6 MW)
- ZF EF1205B-001 (5.4 / 5.6 MW)
- ZF EF1205B-011 (5.4 / 5.6 MW)
- ZF EF1205A-002 (5.4 / 5.6 / 6.0 / 6.2 MW)
- ZF EF1205B-002 (5.4 / 5.6 / 6.0 / 6.2 MW)
- ZF EF1205B-012 (5.4 / 5.6 / 6.0 / 6.2 MW)
- EF1205A-501.P1 (5.6 MW)
- Winergy PZFF 2660 (5.4 / 5.6 MW)
- Winergy PZFF 2661 (5.4 / 5.6 / 6.0 / 6.2 MW)

ausreichend bemessen sind.

Die Schraubenverbindungen zwischen Getriebe und Generator sind ausreichend bemessen.

Vestas Wind Systems A/S hat DNV informiert, dass das ADD-Soundsystem in EnVentus V162-Windturbinen installiert werden kann. DNV hat sich die eingereichten Vestas-Dokumentationen angesehen und hat keine Einwände gegen die Installation eines ADD-Soundsystems. DNV erwartet dabei keine strukturellen oder elektrischen Probleme. Es ist zu beachten, dass seitens DNV die Funktionalität des ADD-Soundsystems nicht geprüft worden ist.

Basierend auf unserer Überprüfung akzeptiert DNV die Installation des ADD-Soundsystems auf EnVentus-Windturbinen, siehe auch Brief LTR.04192-20210611.



7 MECHANISCHE BREMSE

7.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

7.2 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 mechanische Bremse erfüllt die Anforderungen gemäß IEC 61400-1 Ed. 4.



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

8.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

8.2 Prüfbemerkungen

Der Maschinenträger für die Vestas V162 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. Für die EnVentus Turbinenvarianten Mk 0B und Mk 0C wurden der hintere Maschinenträger sowie der Kühlturm angepasst, um beide Varianten des Kühlturms für normale sowie hohe Temperaturen abzudecken.

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.



9 SYSTEM ZUR GONDELNACHFÜHRUNG EINSCHL. TURMVERBINDUNG UND TURMKOPFFLANSCH

9.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

9.2 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 genanntes 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 Schraubverbindung zum Turmkopf ist ebenfalls ausreichend bemessen.

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

Die Berechnungen der Extremlasten in Bezug auf den Turmkopfflansch sind in den Dokumenten Nr. 0087-3549 (Mk0A) und 0110-9432 (Mk0B/C) beschrieben.

Außerdem sind die für den Ermüdungsfestigkeitsnachweis verwendeten Übertragungsfunktionen von Einheitslasten an der Hohlkehle im Turmkopfflansch auf Beanspruchungen der Schweißverbindung zur Turmschale, aufgeführt in den Dokumenten Nr. 0087-3549 (Mk0A) und 0110-9432 (Mk0B/C), geprüft worden.

Der Ermüdungsfestigkeitsnachweis des Turmkopfflansches ist anhand der oben genannten Übertragungsfunktionen im Rahmen des Nachweises für den jeweiligen Turm durchzuführen.



Page 18 of 67

10 MASCHINENHAUSVERKLEIDUNG UND SPINNER

10.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

10.2 Prüfbemerkungen

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

Die Maschinenhausverkleidung und das Spinner einschließlich der Verbindungen der Verkleidungen mit der Maschinenstruktur sind ausreichend bemessen.



11 STEUER- UND SICHERHEITSSYSTEM

11.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

11.2 Prüfbemerkungen

Das Steuer- und Sicherheitssystem der Vestas V162 Windenergieanlage ist durch die nachfolgenden Merkmale gekennzeichnet:

Leistungsregelung	aktive Blattverstellung (hydraulisch), Permanentmagnetgenerator
Rotorausrichtung	aktive Gondelnachführung (elektrisch), Luvläufer
Hardware	System 8000
Software	2021.18

Die vom Hersteller eingereichten und in Anhang 5 aufgeführten Unterlagen für das Steuer- und Sicherheitssystem der Vestas V162 Windenergieanlage erfüllen die Anforderungen gemäß IEC 61400-1 Ed. 4.



Page 20 of 67

12 ELEKTRISCHE ANLAGEN UND KLIMAANLAGE

12.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

12.2 Prüfbemerkungen

Die vom Hersteller eingereichten Unterlagen für die elektrischen Anlagen der Vestas V162 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 V162 Windenergieanlage genehmigt.



13 BEDIENUNGSANLEITUNG UND WARTUNGSPFLICHTENBUCH

13.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

13.2 Prüfbemerkungen

Die Montageanleitung, die Inbetriebnahmeanleitung einschließlich Muster für das Inbetriebnahmeprotokoll, die Bedienungsanleitung sowie das Wartungshandbuch einschl. Wartungspflichtenheft für die Vestas EnVentus V162-5.4 MW / V162-5.6 / V162-6.0 / V162-6.2 MW Windturbine sind bei DNV eingereicht und geprüft worden.

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

Dieses Gutachten darf als Grundlage für die Erteilung einer Genehmigung genutzt werden, wobei vor Inbetriebnahme der WEA das Wartungspflichtenheft und die Bedienungsanleitung in deutscher Sprache vorliegen müssen.

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.



14 SCHLUSSBEMERKUNG

Die Windenergieanlage EnVentus V162-5.4 MW / V162-5.6 / V162-6.0 / V162-6.2 MW der Firma VESTAS Wind Systems A/S 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 wurden 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 EnVentus V162-5.4 MW / V162-5.6 / V162-6.0/ V162-6.2 MW Windenergieanlagen decken Varianten mit Stahlrohr-Türmen mit den Nabenhöhen 119 m, 148 m und 166 m, als auch Hybrid-Stahl-Beton-Türme mit den Nabenhöhen 166 m und 169 m ab.

Hiermit sind die Lastannahmen des Maschinenhauses mit Rotor (RNA) 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.

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 Anlagenkomponenten 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
Projektleiter

Andreas Bockstedte
Senior Engineer

Pedersen, Trine Bjerre
2022.07.04 11:45:53
+02'00'

Trine Bjerre Pedersen
Principal Engineer

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



ANLAGE 1: WINDENERGIEANLAGENSPEZIFIKATION

Allgemein

	HH148 Stahlurm	HH166 Stahlurm	HH119 Stahlurm	HH166 Hybridurm	HH169 Hybridurm
Windklasse gemäß DIBt 2012	S				
Leistungsregulierung	pitch-gesteuert				
Rotororientierung	Luvläufer				
Achsneigung	6°				
Konuswinkel des Rotors	-6°				
Nennleistung	5400kW / 5600kW		5400kW / 5600kW / 6000kW / 6200kW		
Nennwindgeschwindigkeit	10.0m/s / 10.2m/s		10.0m/s / 10.2m/s / 10.5m/s / 10.7m/s		
Rotordurchmesser	162m				
Nabenhöhen	148m	166m	119m	166m hybrid	169m hybrid
Turmbezeichnung	SA29400	SA2A600	TA27700	HA2A600	HA2A900
Einschaltwindgeschwindigkeit	3m/s				
Abschaltgeschwindigkeit	24m/s				
Rechnerische Lebensdauer	20 Jahre und 25 Jahre (siehe nachstehende Turbulenztabelle)				
Software Version	CTR63, 2021.18				
Umweltbedingungen Klasse S	HH148	HH166	HH119	HH166 hybrid	HH169 hybrid
Umgebungsturbulenzintensität NTM	NTM: Klasse S, siehe nachstehende Tabelle				
Umgebungsturbulenzintensität ETM	0.16				
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (5.4 – 6.0MW)	7.3m/s	7.5m/s	7.1m/s	7.5m/s	
Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (6.2MW)	-	-	6.6m/s	7.5m/s	
Weibull k-Parameter	2.22				
Geländerauigkeitsexponent (normale Bedingungen)	0.27	0.27	0.25	0.27	
Geländeneigung	8°				
50-Jahres-Wind, Vm50 (10 min) in Nabenhöhe	37.0m/s	37.6m/s	39.4m/s	37.6m/s	
1-Jahres-Wind, Vm1 (10 min) in Nabenhöhe avg.), V1	29.6m/s	30.1m/s	31.5/s	30.1m/s	
Luftdichte normal niedrige Temperatur	1.224kg/m ³ 1.325kg/m ³				
Temperaturbereich normal extrem	-30°C bis +45°C -40°C bis +50°C				
Relative Luftfeuchtigkeit	Bis zu 95%				
Sonnenstrahlung	1000 W/m ²				
Sicherheitsklasse S	HH148	HH166	HH119	HH166 hybrid	HH169 hybrid
Lastsicherheitsbeiwert für DLC8.1	$\gamma_f=1.35$				



20 Jahre

Wind-geschw.	NTM Fatigue	NTM Extreme
[m/s]	[-]	[-]
2	0.595	0.462
4	0.360	0.280
6	0.307	0.219
8	0.265	0.189
10	0.229	0.170
12	0.187	0.158
14	0.160	0.150
16	0.149	0.143
18	0.142	0.138
20	0.137	0.134
22	0.135	0.131
24	0.131	0.128
26	0.128	0.126
28	0.126	0.124
30	0.125	0.122
32	0.123	0.120
34	0.122	0.119
36	0.120	0.118
41	0.118	0.115

25 Jahre

Wind-geschw.	NTM Fatigue	NTM Extreme
[m/s]	[-]	[-]
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	0.115

Tabelle: Umgebungsturbulenzintensität für DIBt Türme.



Elektrische Netzbedingungen	
Normale Versorgungsspannung und Spannungsbereich	720 V ± 10 %
Normale Versorgungsfrequenz und Frequenzbereich	50 / 60 Hz ± 6 %
Spannungsschwankungen	IEC 61000-3-6 TR max 2 %
Höchstdauer von elektrischen Netzausfällen	Zwei 3-monatige Zeiträume
Anzahl von elektrischen Netzausfällen	Max 50 pro Jahr

Weitere Umweltbedingungen (die Berücksichtigung finden)	
Blitzschutzsystem	Design acc. to IEC 61400-24, Schutzklasse I
Erdbebenmodell und -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	EnVentus V162-5.6MW Blatt, 79.35 m, Kohle- und Glasfaserverstärkter Kunststoff
Getriebetyp	ZF EF1205A-001 (LTq, 5.4 / 5.6 MW), i = 43.875 ZF EF1205A-002 (HTq, 5.4 / 5.6 / 6.0 / 6.2 MW), i= 43.875 ZF EF1205B-001 (LTq, 5.4 / 5.6 MW), i= 43.875 ZF EF1205B-002 (HTq, 5.4 / 5.6 / 6.0 / 6.2 MW), i=43.875 ZF EF1205B-011 (LTq, 5.4 / 5.6 MW), i=44.100 ZF EF1205B-012 (HTq, 5.4 / 5.6 / 6.0 / 6.2 MW), i=44.100 EF1205A-501.P1 (LTq, 5.6 MW), i=43.740 Winergy PZFF 2660 (LTq, 5.4 / 5.6 MW), i=1:43.875 Winergy PZFF 2661 (HTq, 5.4 / 5.6 / 6.0 / 6.2 MW), i=1:43.875
Hauptlager	Two single row tapered roller bearings EDD F-636693.TR1-WPOS 000, rev. AD, Schaeffler EDD F-636694.TR1-WPOS 000, rev. AC, Schaeffler EDD F-673255.TR1-WPOS 000, rev. AG, Schaeffler EDD F-673256.TR1-WPOS 000, rev. AE, Schaeffler PSL612-436, rev. 1, ThyssenKrupp Rothe Erde Germany GmbH PSL612-437, rev. 2, ThyssenKrupp Rothe Erde Germany GmbH BT1-8235 A, rev. 1, SKF GmbH BT1-8236 A, rev. 5, SKF GmbH
Hauptwelle	EN-GJS-500-14
Generatortyp	Permanenterregter Generator, V14-7/V14-14, Vestas Wind Systems A/S
Convertertyp	CubePower 4415/4416, Full quadrant IGBT, Vestas Wind Systems A/S



Transformatorotyp	33.0 / 0.72 kV, 7000 kVA, Minera MP, Schneider Electronics, 50 Hz (bis 6.0 MW) 34.5 / 0.72 kV, 7000 kVA, Minera MP, Schneider Electronics, 60 Hz (bis 6.0 MW) 33.0 / 0.72 kV, 7000 kVA, TDU-703A03W1N-TU, Siemens, 50 Hz (bis 6.0 MW) 33.0 / 0.72 kV, 7300 kVA, Minera MP, Schneider Electronics, 50 Hz (bis 6.2 MW) 34.5 / 0.72 kV, 7300 kVA, Minera MP, Schneider Electronics, 60 Hz (bis 6.2 MW) 31.5 / 0.72 kV, 7300 kVA, TDU-753A03W1N-TU, Siemens, 50 Hz (bis 6.2 MW) 35.0 / 0.72 kV, 7300 kVA, Minera MP, Schneider Electronics, 50 Hz (bis 6.2 MW) 33.0 / 0.72 kV, 7500 kVA, Minera MP, Schneider Electronics, 50 Hz (bis 6.2 MW) 33.0 / 0.72 kV, 7000 kVA, SRBSPTL-7000/33, TBEA, 50 Hz (bis 6.0 MW) 33.0 / 0.72 kV, 7300 kVA, SRBSPTL-7300/33, TBEA, 50 Hz (bis 6.2 MW)
Yawgetriebetyp	Bevel Gear. Comer / Bonfiglioli
Servicelift	-
Interner Kran	-
Controller	System 8000 (Build 2021.18)



ANLAGE 2: INBETRIEBNAHME PROTOKOLL (VORLAGE)

Dok Nr.	Rev.	Titel
0015-7982	0	Inbetriebnahme Protokoll



ANLAGE 3: BEDIENUNGSANLEITUNG

Dok Nr.	Rev.	Titel
0098-7505	1	Operating manual EnVentus™ V150 EnVentus™ V162 50 Hz and 60 Hz, onshore

**ANLAGE 4: WARTUNGSPFLICHTENHEFT (SIF)**

Dok Nr.	Rev.	Titel
0093-1908	1	SIF for 3-month inspection
0093-1909	2	SIF for yearly inspection