



**MASCHINENGUTACHTEN DER ENVENTUS-WINDENERGIEANLAGEN
V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 MW
DER FIRMA VESTAS WIND SYSTEMS A/S**

**MIT STAHLTÜRME FÜR 105 M, 125 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-05475-0

Revision: Rev. 11

Berichtsdatum: 2024-05-28

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



| | | |
|------|---|----|
| 1 | ZUSAMMENFASSUNG | 5 |
| 2 | PRÜFUNGSGRUNDLAGEN | 6 |
| 2.1 | Normen und Richtlinien | 6 |
| 2.2 | Umweltbedingungen | 6 |
| 2.3 | Anlagedaten der Vestas V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 / V150-6.0 MW | 9 |
| 2.4 | Dokumente | 10 |
| 3 | LASTANNAHMEN | 11 |
| 3.1 | Dokumente | 11 |
| 3.2 | Prüfbemerkungen | 11 |
| 4 | ROTORBLATT | 12 |
| 4.1 | Dokumente | 12 |
| 4.2 | Prüfbemerkungen | 12 |
| 5 | NABE EINSCHL. BLATTLAGER UND -VERSTELLSYSTEM EINSCHL. VERBINDUNGEN DER NABE MIT BLATTLAGER UND BLATT SOWIE MIT DER HAUPTWELLE | 13 |
| 5.1 | Dokumente | 13 |
| 5.2 | Prüfbemerkungen | 13 |
| 6 | HAUPTWELLE UND -LAGER | 14 |
| 6.1 | Dokumente | 14 |
| 6.2 | Prüfbemerkungen | 14 |
| 7 | HAUPTGETRIEBE INKL. SCHMIERSYSTEM UND VERBINDUNG ZUM GENERATOR | 15 |
| 7.1 | Dokumente | 15 |
| 7.2 | Prüfbemerkungen | 15 |
| 8 | MECHANISCHE BREMSE | 17 |
| 8.1 | Dokumente | 17 |
| 8.2 | Prüfbemerkungen | 17 |
| 9 | MASCHINENTRÄGER UND HAUPTLAGERGEHÄUSE INKL. VERBINDUNGEN VON GETRIEBE UND LAGERGEHÄUSE UND GETRIEBE UND HAUPTWELLE SOWIE ROTORARRETIERUNG | 18 |
| 9.1 | Dokumente | 18 |
| 9.2 | Prüfbemerkungen | 18 |
| 10 | SYSTEM ZUR GONDELNACHFÜHRUNG EINSCHL. TURMVERBINDUNG UND TURMKOPFFLANSCH | 19 |
| 10.1 | Dokumente | 19 |
| 10.2 | Prüfbemerkungen | 19 |
| 11 | MASCHINENHAUSVERKLEIDUNG UND SPINNER | 20 |
| 11.1 | Dokumente | 20 |
| 11.2 | Prüfbemerkungen | 20 |
| 12 | STEUER- UND SICHERHEITSSYSTEM | 21 |
| 12.1 | Dokumente | 21 |
| 12.2 | Prüfbemerkungen | 21 |
| 13 | ELEKTRISCHE ANLAGEN | 22 |
| 13.1 | Dokumente | 22 |



Page 3 of 71

| | | |
|------|---|----|
| 13.2 | Prüfbemerkungen | 22 |
| 14 | BEDIENUNGSANLEITUNG UND WARTUNGSPFLICHTENBUCH | 23 |
| 14.1 | Dokumente | 23 |
| 14.2 | Prüfbemerkungen | 23 |
| 15 | SCHLUSSBEMERKUNG | 24 |
| | ANLAGE 1: WINDENERGIEANLAGENSPEZIFIKATION..... | 25 |
| | ANLAGE 2: INBETRIEBNAHME PROTOKOLL (VORLAGE) | 29 |
| | ANLAGE 3: BEDIENUNGSANLEITUNG | 30 |
| | ANLAGE 4: WARTUNGSPFLICHTENHEFT (SIF)..... | 31 |
| | 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 / V150-6.0 MW | 32 |

2024-07-03 08:04 UTC - y.foerster@boreas.de - Yvonne Förster

T04 0089-7922 Ver 11 - Approved- Exported from DMS: 2024-06-06 by INVOL



VERSIONSGESCHICHTE

| Rev. Nr. | Datum | Grund für Herausgabe | Erstellt von | Geprüft von |
|----------|------------|--|--------------|--------------|
| 5 | 28.05.2021 | Update mit L11 Lasten; Handbücher | ANBOC | MARWOL |
| 6 | 31.08.2021 | Winergy PZFF hauptgetriebe geprüft, ADD Sound System integriert | TRINEP | ANBOC |
| 7 | 22.12.2021 | Stahlurm HH105 ergänzt | MARWOL | PR |
| 8 | 31.03.2022 | MkOB update mit hauptlager, hauptgetriebe, maschinenträger, hauptlagergehäuse, system zur gondolnachsührung, turmkopfflansch, Handbücher | MARWOL | TRINEP |
| 9 | 20.01.2023 | Update mit ISM 22-0257 lasten. Hauptgetriebevarianten in Liste der Hauptgetriebe aufgenommen: <ul style="list-style-type: none"> • ZF EF1205A-031 (5.0 / 5.4 / 5.6 MW) • ZF EF1205A-032 (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW) • ZF EF1205B-031 (5.0 / 5.4 / 5.6 MW) • ZF EF1205B-032 (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW) | TRINEP | MARWOL |
| 10 | 08.12.2023 | Inbetriebnahme Protokoll und Wartungspflichtenheft ins Deutsche übersetzt und aktualisiert Hauptswelle aktualisiert | MARWOL | ANBOC/TRINEP |
| 11 | 28.05.2024 | Transformatoren und Getriebe hinzugefügt. Hauptlagerdokumentation aktualisiert. | TRINEP | MATSCHW |



GUTACHTERLICHE STELLUNGNAHME FÜR DIE MASCHINENKONSTRUKTION DER VESTAS ENVENTUS V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 MW WEA

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Vestas EnVentus 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.

Die Windenergieanlage EnVentus Vestas V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 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 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.

2.2 Umweltbedingungen

Wind:

Für die Lastannahmen wurden die Windverhältnisse nach den Windbedingungen der Klasse S für die Nabhöhhen 105 m, 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.

| Windklasse gemäß DIBt 2012 | S | | | | | | |
|---|------------------------------|-----------------|------------------------------|--------|--------|------------------------------|-------|
| | Stahlurm | | | | | Hybridurm | |
| Umweltbedingungen Klasse S | HH 105 | HH125 Starkwind | HH125 | HH148 | HH166 | HH166 | HH169 |
| Umgebungsturbulenzintensität NTM | siehe nachstehende Tabelle 3 | 0.16 | siehe nachstehende Tabelle 1 | | | siehe nachstehende Tabelle 2 | |
| Umgebungsturbulenzintensität ETM | siehe nachstehende Tabelle 3 | 0.15 | 0.16 | | | | |
| Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabhöhe | 7.5m/s | | 7.0m/s | 7.3m/s | 7.5m/s | | |
| Weibull k-Parameter | 2.22 | | | | | | |
| Geländerauigkeitsexponent (normale Bedingungen) | 0.25 | | 0.27 | | | | |
| Geländeneigung | 8° | | | | | | |



| | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---------|---------|-------|----------------------------------|-----------------|
| 50-Jahres-Wind, V_{m50} (10 min) in Nabenhöhe | 41.2m/s | 36.1m/s | 37.0m/s | 37.6m/s | | | |
| 1-Jahres-Wind, V_{m1} (10 min) in Nabenhöhe avg.), $V1$ | 33.0m/s | 28.9m/s | 29.6m/s | 30.1m/s | | | |
| Luftdichte normal Temperatur niedrige Temperatur | 1.224kg/m ³ | 1.224kg/m ³ 1.325kg/m ³ | | | | | |
| Temperaturbereich normal extrem | -20°C to +45°C -40°C to +50°C | -30°C to +45°C -40°C to +50°C | | | | -20°C to +45°C -40°C to +50°C | |
| Relative Luftfeuchtigkeit | bis zu 95% | | | | | | |
| Sicherheitsklasse S | HH105 | HH125 HW | HH125 | HH148 | HH166 | HH166 hybrid | HH169 hybrid |
| Lastsicherheitsbeiwert für DLC8.1 | $\gamma_f=1.35$ | | | | | | |

2024-07-03 08:04 UTC - y.foerster@boreas.de - Yvonne Förster

| 20 Jahre Lebensdauer | | 25 Jahre Lebensdauer | | |
|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------|-------------|
| Wind-geschwindigkeit | NTM Fatigue & Extreme | Wind-geschwindigkeit | NTM Fatigue | NTM Extreme |
| [m/s] | [-] | [m/s] | [-] | [-] |
| 2 | 0.595 | 2 | 0.560 | 0.461 |
| 4 | 0.360 | 4 | 0.340 | 0.279 |
| 6 | 0.307 | 6 | 0.281 | 0.219 |
| 8 | 0.265 | 8 | 0.243 | 0.189 |
| 10 | 0.229 | 10 | 0.216 | 0.170 |
| 12 | 0.187 | 12 | 0.168 | 0.158 |
| 14 | 0.160 | 14 | 0.147 | 0.150 |
| 16 | 0.149 | 16 | 0.136 | 0.143 |
| 18 | 0.142 | 18 | 0.129 | 0.138 |
| 20 | 0.137 | 20 | 0.124 | 0.134 |
| 22 | 0.135 | 22 | 0.122 | 0.131 |
| 24 | 0.131 | 24 | 0.118 | 0.128 |
| 26 | 0.128 | 26 | 0.116 | 0.126 |
| 28 | 0.126 | 28 | 0.114 | 0.124 |
| 30 | 0.125 | 30 | 0.112 | 0.122 |
| 32 | 0.123 | 32 | 0.110 | 0.120 |
| 34 | 0.122 | 34 | 0.109 | 0.119 |
| 36 | 0.120 | 36 | 0.108 | 0.118 |
| 41 | 0.118 | 41 | 0.105 | 0.115 |

Tabelle 1: Umgebungsturbulenzintensität NTM für Stahltürme HH125, HH148, HH166.



| Wind- geschwindigkeit [m/s] | 20 Jahre Lebensdauer | 25 Jahre Lebensdauer | 20 / 25 Jahre Lebensdauer |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| | NTM Fatigue [-] | NTM Fatigue [-] | NTM Extreme [-] |
| 2 | 0.595 | 0.560 | 0.461 |
| 4 | 0.360 | 0.340 | 0.279 |
| 6 | 0.307 | 0.281 | 0.219 |
| 8 | 0.265 | 0.243 | 0.189 |
| 10 | 0.229 | 0.216 | 0.170 |
| 12 | 0.187 | 0.168 | 0.158 |
| 14 | 0.160 | 0.147 | 0.150 |
| 16 | 0.149 | 0.136 | 0.143 |
| 18 | 0.142 | 0.129 | 0.138 |
| 20 | 0.137 | 0.124 | 0.134 |
| 22 | 0.135 | 0.122 | 0.131 |
| 24 | 0.131 | 0.118 | 0.128 |
| 26 | 0.128 | 0.116 | 0.126 |
| 28 | 0.126 | 0.114 | 0.124 |
| 30 | 0.125 | 0.112 | 0.122 |
| 32 | 0.123 | 0.110 | 0.120 |
| 34 | 0.122 | 0.109 | 0.119 |
| 36 | 0.120 | 0.108 | 0.118 |
| 38 | 0.118 | 0.105 | 0.115 |

Tabelle 2: Umgebungsturbulenzintensität NTM für Hybrid-Betontürme HH166, HH169.

| 20 Jahre Lebensdauer | | | | |
|----------------------|---------|---------|---------|--------|
| Vhub [m/s] | DETwind | NTM_Fat | NTM_Ext | ETM |
| 1 - 3 | 0.5680 | 0.5680 | 0.5680 | 1.3667 |
| 3 - 5 | 0.3440 | 0.3440 | 0.3440 | 0.7222 |
| 5 - 7 | 0.2690 | 0.2690 | 0.2690 | 0.5068 |
| 7 - 9 | 0.2320 | 0.2320 | 0.2320 | 0.4000 |
| 9 - 11 | 0.2100 | 0.2100 | 0.2100 | 0.3362 |
| 11 - 13 | 0.1950 | 0.1950 | 0.1950 | 0.2931 |
| 13 - 15 | 0.1840 | 0.1840 | 0.1840 | 0.2619 |
| 15 - 17 | 0.1760 | 0.1760 | 0.1760 | 0.2389 |
| 17 - 19 | 0.1700 | 0.1700 | 0.1700 | 0.2213 |
| 19 - 21 | 0.1650 | 0.1650 | 0.1650 | 0.2069 |
| 21 - 23 | 0.1610 | 0.1610 | 0.1610 | 0.1953 |
| 23 - 25 | 0.1570 | 0.1570 | 0.1570 | 0.1848 |
| 25 - 27 | 0.1540 | 0.1540 | 0.1540 | 0.1764 |
| 27 - 29 | 0.1520 | 0.1520 | 0.1520 | 0.1698 |
| 29 - 31 | 0.1500 | 0.1500 | 0.1500 | 0.1638 |
| 31 - 33 | 0.1480 | 0.1480 | 0.1480 | 0.1583 |
| 33 - 35 | 0.1460 | 0.1460 | 0.1460 | 0.1532 |
| 35 - 37 | 0.1450 | 0.1450 | 0.1450 | 0.1495 |
| 37 - 45 | 0.1420 | 0.1420 | 0.1420 | 0.1440 |

Tabelle 3 Umgebungsturbulenzintensität NTM und ETM für Stahlturm HH105.



Erdbebenmodell:

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 ($\xi = 5\%$)

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

2.3 Anlagedaten der Vestas V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 / V150-6.0 MW

Der Nachweis der Anlage erfolgte unter Berücksichtigung folgender Kenndaten:

| EnVentus V150 | HH105 Stahlurm | HH125* Starkwind Stahlurm | HH125 Stahlurm | HH148 Stahlurm | HH166 Stahlurm | HH166 Hybridurm | HH169 Hybridurm |
|-------------------------|--------------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Leistungsregulierung | pitch-gesteuert | | | | | | |
| Rotororientierung | Luvläufer | | | | | | |
| Achsneigung | 6° | | | | | | |
| Konuswinkel des Rotors | -6° | | | | | | |
| Nennleistung | 5.6/6.0 MW | 5.0/5.4/5.6/6.0 MW | | | | 5.4/5.6/6.0 MW | |
| Nennwindgeschwindigkeit | 10.8/11.2 m/s | 10.3/10.6/10.8/11.2 m/s | | | | 10.6/10.8/11.2 m/s | |
| Rotor-Nennrehzahl | 10.13 U/min | 9.87 U/min für 5.0/5.4 MW 10.13 U/min für 5.6/6.0 MW | | | | | |
| Rotorblatt | V150 Rotorblatt, 73.65 m | | | | | | |



| | | | | | | |
|--------------------------|----------|--|---------|---------|---------|---------|
| Rotordurchmesser | 150 m | | | | | |
| Nabenhöhen | 105m | 125m | 148m | 166m | 166m | 169m |
| Turmbezeichnung | T966914 | T967D00 | S969400 | S96A602 | H96A600 | H96A900 |
| Einschaltwindgeschw. | 3 m/s | | | | | |
| Abschaltgeschwindigkeit | 25 m/s | | | | | |
| Rechnerische Lebensdauer | 20 Jahre | 20 Jahre und 25 Jahre (abhängig von der örtlichen Tubulenzintensität) | | | | |
| Software Version | 2020.17 | | | | | |

2.4 Dokumente

Die Unterlagen für Windenergieanlage EnVentus Vestas V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 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 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 V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 MW Windenergieanlagen decken sowohl Varianten mit Stahlrohr-Türmen mit den Nabenhöhen 105m, 125m, 148m und 166m, als auch Hybrid-Stahl-Beton-Türme mit den Nabenhöhen 166 m und 169 m 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.



Page 12 of 71

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 EnVentus 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 V07) überprüft und eine ausreichende Festigkeit des V150-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 V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 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.

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 Hauptlager mit den Bezeichnungen

- EDD F-673255.02 TR1-WPOS 000, (Rev. 00) / EDD F-673256.01 TR1-WPOS 000 (Rev. 00) (Schaeffler)
- BT1-8279, Rev. 7 / BT1-8280, Rev. 5 (SKF)

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 die in Anlage 5 aufgeführten 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

- EF1205A-001 (5.0 / 5.4 / 5.6 MW)
- EF1205B-001 (5.0 / 5.4 / 5.6 MW)
- EF1205A-002 (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW)
- EF1205B-002 (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW)
- EF1205B-011 (5.0 / 5.4 / 5.6 MW)
- EF1205B-012 (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW)
- ZF EF1205A-031 (5.0 / 5.4 / 5.6 MW)
- ZF EF1205A-032 (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW)
- ZF EF1205B-031 (5.0 / 5.4 / 5.6 MW)
- ZF EF1205B-032 (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW)
- EF1205A-501.P1 (5.6 MW)
- Winergy PZFF 2660 (5.0 / 5.4 / 5.6 MW)
- Winergy PZFF 2661 (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW)
- Winergy PZFF 2660.1 (5.0 / 5.4 / 5.6 MW)
- Winergy PZFF 2661.1 (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 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 V150-Windturbinen installiert werden kann. DNV hat sich die eingereichten Vestas-Dokumentationen angesehen und hat keine Einwände gegen die



Page 16 of 71

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.



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 EnVentus 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 UND TURMKOPFFLANSCH

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 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 im Dokumenten Nr. 0087-3549 (Mk0A) und 0110-9432 (Mk0B) beschrieben.

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

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



Page 20 of 71

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, 2020.17 |

Die vom Hersteller eingereichten Unterlagen für das Steuer- und Sicherheitssystem der Vestas EnVentus 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 EnVentus V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 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 die elektrischen Anlagen der Vestas EnVentus V150 Windenergieanlage erfüllen die Anforderungen gemäß IEC 61400-1 Ed. 4.

Die elektrischen Komponenten einschließlich Blitzschutz wie in Anhang 5 aufgeführt wurden geprüft und für die Vestas EnVentus V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 MW Windenergieanlagen genehmigt.



14 BEDIENUNGSANLEITUNG UND WARTUNGSPFLICHTENBUCH

14.1 Dokumente

Berechnungen, Zeichnungen und Spezifikationen:

Siehe Anlage 5 dieses Gutachtens.

14.2 Prüfbemerkungen

Die Montageanleitung, die Inbetriebnahmeanleitung einschließlich Muster für das Inbetriebnahmeprotokoll, die Bedienungsanleitung sowie das Wartungshandbuch einschl. Wartungspflichtenheft für die Vestas V150 5.0/5.4/5.6/6.0 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.

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 Gütern durch sich lösende Eisstücke durch entsprechende Maßnahmen auszuschließen sind.



15 SCHLUSSBEMERKUNG

Die Windenergieanlage EnVentus V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 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 V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 MW Windenergieanlagen decken Varianten mit Stahlrohr-Türmen mit den Nabenhöhen 105m, 125 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.

Pedersen, Trine Bjerre
2024.05.28 09:47:23
+02'00'

Trine Bjerre Pedersen
Projektleiter

Digitally signed
by Matthias-Klaus
Schwarz
Date: 2024.05.28
12:36:46 +02'00'

Matthias-Klaus Schwarz
Principal Engineer

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



ANLAGE 1: WINDENERGIEANLAGENSPEZIFIKATION

Allgemeines

| Stahlurm | |
|-------------------------------------|---|
| DIBT 2012 | Klasse S (NH 105m, NH 125 m, NH 148 m, NH 166 m) |
| Rotordurchmesser | 150 m |
| Nennleistung | 5000 kW / 5400 kW / 5600 kW / 6000 kW |
| Nennwindgeschwindigkeit | 10.3 m/s / 10.8 m/s / 10.6m/s / 11.0m/s / 11.2m/s |
| Nabenhöhen | 105 m, 125 m, 148 m und 166 m |
| Betriebswindgeschwindigkeitsbereich | 3-25 m/s (HWO) |
| Auslegungslbensdauer | 20 Jahre / 25 Jahre |

| Windverhältnisse | NH 105 m (V150-6.0 MW) | NH 125 m (HW) (V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 MW) | NH 125 m (V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 MW) | NH 148 m (V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 MW) | NH 166 m (V150-5.0 MW / V150-5.4 MW / V150-5.6 MW / V150-6.0 MW) |
|-------------------------------------|---------------------------|---|--|--|--|
| Jahresmittel | 7.5 m/s | 7.5 m/s | 7.0 m/s | 7.3 m/s | 7.5 m/s |
| 1-Jahreswindgeschwindigkeit | 33.0 m/s | 33.0 m/s | 28.9 m/s | 29.6 m/s | 30.1 m/s |
| 50-Jahreswindgeschwindigkeit | 41.2 m/s | 41.2 m/s | 36.1 m/s | 37.0 m/s | 37.6 m/s |
| Umgebungsturbulenzintensität NTM | nach Tabelle | 0.16 | nach Tabelle | nach Tabelle | nach Tabelle |
| Umgebungsturbulenzintensität ETM | nach Tabelle | 0.15 | 0.16 | 0.16 | 0.16 |
| Mittlerer Einströmwinkel | 8° | 8° | 8° | 8° | 8° |

Umgebungsturbulenzintensität NTM für Stahltürme HH125, HH148, HH166

20 Jahre Lebensdauer

| Wind- geschwindigkeit | NTM Fatigue & Extreme |
|--------------------------|-----------------------|
| [m/s] | [-] |
| 2 | 0.595 |
| 4 | 0.360 |
| 6 | 0.307 |
| 8 | 0.265 |
| 10 | 0.229 |
| 12 | 0.187 |
| 14 | 0.160 |
| 16 | 0.149 |
| 18 | 0.142 |
| 20 | 0.137 |
| 22 | 0.135 |
| 24 | 0.131 |
| 26 | 0.128 |
| 28 | 0.126 |
| 30 | 0.125 |
| 32 | 0.123 |
| 34 | 0.122 |
| 36 | 0.120 |
| 41 | 0.118 |

25 Jahre Lebensdauer

| Wind- geschwindigkeit | 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 |



**Umgebungsturbulenzintensität NTM für Stahlturm HH105
20 Jahre Lebensdauer**

| Wind-geschwindigkeit [m/s] | DETWind [-] | NTM Fatigue [-] | NTM Extreme [-] | ETM [-] |
|-------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|------------|
| 1 - 3 | 0.5680 | 0.5680 | 0.5680 | 1.3667 |
| 3 - 5 | 0.3440 | 0.3440 | 0.3440 | 0.7222 |
| 5 - 7 | 0.2690 | 0.2690 | 0.2690 | 0.5068 |
| 7 - 9 | 0.2320 | 0.2320 | 0.2320 | 0.4000 |
| 9 - 11 | 0.2100 | 0.2100 | 0.2100 | 0.3362 |
| 11 - 13 | 0.1950 | 0.1950 | 0.1950 | 0.2931 |
| 13 - 15 | 0.1840 | 0.1840 | 0.1840 | 0.2619 |
| 15 - 17 | 0.1760 | 0.1760 | 0.1760 | 0.2389 |
| 17 - 19 | 0.1700 | 0.1700 | 0.1700 | 0.2213 |
| 19 - 21 | 0.1650 | 0.1650 | 0.1650 | 0.2069 |
| 21 - 23 | 0.1610 | 0.1610 | 0.1610 | 0.1953 |
| 23 - 25 | 0.1570 | 0.1570 | 0.1570 | 0.1848 |
| 25 - 27 | 0.1540 | 0.1540 | 0.1540 | 0.1764 |
| 27 - 29 | 0.1520 | 0.1520 | 0.1520 | 0.1698 |
| 29 - 31 | 0.1500 | 0.1500 | 0.1500 | 0.1638 |
| 31 - 33 | 0.1480 | 0.1480 | 0.1480 | 0.1583 |
| 33 - 35 | 0.1460 | 0.1460 | 0.1460 | 0.1532 |
| 35 - 37 | 0.1450 | 0.1450 | 0.1450 | 0.1495 |
| 37 - 45 | 0.1420 | 0.1420 | 0.1420 | 0.1440 |

Allgemeines

Hybrid-Betonturm

| | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| DIBt 2012 | Klasse S (NH 166 m, NH 169 m) |
| Rotordurchmesser | 150 m |
| Nennleistung | 5400kW / 5600 kW / 6000 kW |
| Nennwindgeschwindigkeit | 10.6 m/s / 10.8 m/s / 11.2 m/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 |
| Umgebungsturbulenzintensität NTM | nach Tabelle | nach Tabelle |
| Umgebungsturbulenzintensität ETM | 0.16 | 0.16 |
| Mittlerer Einstromwinkel | 80 | 80 |

Umgebungsturbulenzintensität NTM für Hybrid-Betontürme

20 Jahre Lebensdauer 25 Jahre Lebensdauer 20 / 25 Jahre Lebensdauer

| Wind-geschwindigkeit [m/s] | NTM Fatigue [-] | NTM Fatigue [-] | NTM Extreme [-] |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 2 | 0.595 | 0.560 | 0.461 |
| 4 | 0.360 | 0.340 | 0.279 |



| | | | |
|----|-------|-------|-------|
| 6 | 0.307 | 0.281 | 0.219 |
| 8 | 0.265 | 0.243 | 0.189 |
| 10 | 0.229 | 0.216 | 0.170 |
| 12 | 0.187 | 0.168 | 0.158 |
| 14 | 0.160 | 0.147 | 0.150 |
| 16 | 0.149 | 0.136 | 0.143 |
| 18 | 0.142 | 0.129 | 0.138 |
| 20 | 0.137 | 0.124 | 0.134 |
| 22 | 0.135 | 0.122 | 0.131 |
| 24 | 0.131 | 0.118 | 0.128 |
| 26 | 0.128 | 0.116 | 0.126 |
| 28 | 0.126 | 0.114 | 0.124 |
| 30 | 0.125 | 0.112 | 0.122 |
| 32 | 0.123 | 0.110 | 0.120 |
| 34 | 0.122 | 0.109 | 0.119 |
| 36 | 0.120 | 0.108 | 0.118 |
| 38 | 0.118 | 0.105 | 0.115 |

Elektrische Netzbedingungen

| | |
|---|--------------------------|
| Normale Versorgungsspannung und Spannungsbereich (Niederspannungsseite) | 720 V ± 10 % |
| Normale Versorgungsfrequenz und Frequenzbereich | 50 / 60 Hz ± 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 (std. temp.) 1.325 kg/m ³ (low temp.) |
| Standard-Temperatur | Normal: -30 °C bis +45 °C Extrem: -40 °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 γ _I = 1.0) Viscous damping ratio (ξ = 5 %) |



| Hauptkomponenten | | | |
|---|---|--|----------|
| Blatttyp: | Vestas V150 P2, 73.65 m, Infused | | |
| Getriebetyp: | ZF EF1205A-001 | (5.0 / 5.4 / 5.6 MW) | i=43.875 |
| | ZF EF1205B-001 | (5.0 / 5.4 / 5.6 MW) | i=43.875 |
| | ZF EF1205B-011 | (5.0 / 5.4 / 5.6 MW) | i=43.875 |
| | ZF EF1205A-002 | (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW) | i=43.875 |
| | ZF EF1205B-002 | (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW) | i=44.100 |
| | ZF EF1205B-012 | (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW) | i=44.100 |
| | ZF EF1205A-501.P1 | (5.6 MW) | i=43.740 |
| | ZF EF1205A-031 | (5.0 / 5.4 / 5.6 MW) | i=43.875 |
| | ZF EF1205A-032 | (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW) | i=43.875 |
| | ZF EF1205B-031 | (5.0 / 5.4 / 5.6 MW) | i=43.875 |
| | ZF EF1205B-032 | (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW) | i=43.875 |
| | Winergy PZFF 2660 | (5.0 / 5.4 / 5.6 MW) | i=43.875 |
| | Winergy PZFF 2661 | (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW) | i=43.875 |
| | Winergy PZFF 2660.1 | (5.0 / 5.4 / 5.6 MW) | i=44.1 |
| | Winergy PZFF 2661.1 | (5.0 / 5.4 / 5.6 / 6.0 MW) | i=44.1 |
| | Hauptlager | Two single row tapered roller bearings | |
| EDD F-673255.02.TR1-WPOS 000, rev. 00, Schaeffler | | | |
| EDD F-673256.01.TR1-WPOS 000, rev. 00, Schaeffler | | | |
| BT1-8279, rev.7, SKF GmbH | | | |
| BT1-8280, rev. 5, SKF GmbH | | | |
| Hauptwelle | EN-GJS-500-14 | | |
| Generatortyp | Synchronous generator with permanent magnet excitation, Vestas Wind Systems A/S | | |
| Convertertyp | Full quadrant IGBT | | |
| Transformatortyp: | 33 kV/0.72 kV, 7000 kVA, MINERA MP, Schneider Electric, 50 Hz | | |
| | 34.5 kV/0.72 kV, 7000 kVA, MINERA MP, Schneider Electric, 60 Hz | | |
| | 33 kV/0.72 kV, 7000 kVA, TDU-703A03W1N-TU, Siemens, 50 Hz | | |
| | 33 kV/0.72 kV, 7300 kVA, MINERA MP, Schneider Electric, 50 Hz | | |
| | 34.5 kV/0.72 kV, 7300 kVA, MINERA MP, Schneider Electric, 60 Hz | | |
| | 31.5 kV/0.72 kV, 7300 kVA, TDU-753A03W1N-TU, Siemens, 50 Hz | | |
| | 35 kV/0.72 kV, 7300 kVA, MINERA MP, Schneider Electric, 50 Hz | | |
| | 33 kV/0.72 kV, 7500 kVA, MINERA MP, Schneider Electric, 50 Hz | | |
| | 33 kV/0.72 kV, 7000 kVA, SRBSPTL-7000/33, TBEA, 50 Hz | | |
| | 33 kV/0.72 kV, 7000 kVA, SRBSPTL-7300/33, TBEA, 50 Hz | | |
| | 33 kV/0.72 kV, 7500 kVA, SRSPLB-7500/33/0.72, SUNTEN, 50 Hz | | |
| | 33 kV/0.72 kV, 7500 kVA, TDU-753A03W1N-TU, Siemens Energy, 50 Hz | | |
| | 33 kV/0.72 kV, 7500 kVA, SRBSPTL-7500/33, TBEA, 50 Hz | | |
| | 20 kV/0.72 kV, 7500 kVA, VEGETA, Schneider Electric, 50 Hz | | |
| | 21 kV/0.72 kV, 7500 kVA, VEGETA, Schneider Electric, 50 Hz | | |
| | 20 kV/0.72 kV, 7000 kVA, MINERA MP, GreenTransfo (Schneider Electric), 50 Hz | | |
| | 20 kV/0.72 kV, 7000 kVA, MINERA MP, Schneider Electric, 50 Hz, | | |
| | 20 kV/0.72 kV, 7300 kVA, Vegeta, Schneider Electric, 50 Hz, | | |
| 21 kV/0.72 kV, 7500 kVA, Vegeta, Schneider Electric, 50 Hz, | | | |
| 20 kV/0.72 kV, 7500 kVA, Vegeta, Schneider Electric, 50 Hz, | | | |
| 20 kV/0.72 kV, 7300 kVA, E-TRAFO 7300 20 D 5, TBEA, 50 Hz, | | | |
| 20 kV/0.72 kV, 7500 kVA, E-TRAFO 7500 20 D 5, TBEA, 50 Hz, | | | |
| Yawgetriebetyp: | Bevel Gear. Comer/Bonfiglioli | | |
| Servicelift | - | | |
| Interner Kran | - | | |
| Controller | System 8000 - VMP Global (Build 2020.17) | | |



ANLAGE 2: INBETRIEBNAHME PROTOKOLL (VORLAGE)

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



ANLAGE 3: BEDIENUNGSANLEITUNG

| Dok Nr. | Rev. | Titel |
|-----------|------|---|
| 0098-7505 | 7 | Betriebshandbuch EnVentus™ Mk 0A/0B/0C 50 Hz und 60 Hz, Onshore |

**ANLAGE 4: WARTUNGSPFLICHTENHEFT (SIF)**

| Dok Nr. | Rev. | Titel |
|-----------|------|---|
| 0093-1908 | 1 | Prüfprotokoll für Wartung nach drei Monaten |
| 0093-1909 | 5 | Prüfprotokoll zur Jahreswartung |