

2.3 Allgemeine Beschreibung der Windenergieanlagen

Die nachfolgenden Angaben zu den Anlagen Vestas V150-4.2 MW und Vestas V136-4.2 MW wurden den Unterlagen des Herstellers entnommen:

- Allgemeine Beschreibung 4-MW-Plattform

Dokument Nr.: 0067-7797.V00 vom 21.06.2017

Die Ausführungen des Herstellers sind verbindliche Planungsgrundlagen für den hier vorliegenden Genehmigungsantrag.

Restricted
Document no.: 0067-7797 V00
2017-06-21

Allgemeine Beschreibung 4-MW-Plattform



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Allgemeine Beschreibung	6
3	Mechanische Konstruktion	7
3.1	Rotor	7
3.2	Blätter	7
3.3	Blattlager	8
3.4	Pitchsystem	8
3.5	Nabe	9
3.6	Hauptwelle	9
3.7	Hauptlagergehäuse	9
3.8	Hauptlager	9
3.9	Getriebe	10
3.10	Generatorlager	10
3.11	Kupplung der schnellen Welle	10
3.12	Azimutsystem	10
3.13	Kran	11
3.14	Türme	11
3.15	Maschinenhausrahmen und -verkleidung	11
3.16	Klimaanlage (auch als Wärmekonditionierungssystem bezeichnet)	12
3.16.1	Generator- und Umrichter Kühlung	12
3.16.2	Getriebe- und Hydraulikkühlung	13
3.16.3	Transformator Kühlung	13
3.16.4	Maschinenhauskühlung	13
3.16.5	Optionale Luken für Lufteinlass	13
4	Elektrisches System	13
4.1	Generator	13
4.2	Converter	14
4.3	Mittelspannungstransformator	14
4.3.1	Ecodesign – IEC 50/60 Hz-Version	15
4.4	Mittelspannungskabel	17
4.5	Mittelspannungsschaltanlage	17
4.5.1	IEC-50-Hz/60-Hz-Version	19
4.5.2	IEEE 60-Hz-Version	20
4.6	AUX-System	20
4.7	Windsensoren	21
4.8	VMP-(Vestas-Multiprozessor-)Steuerung	21
4.9	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)	22
5	WEA-Schutzsysteme	23
5.1	Bremskonzept	23
5.2	Kurzschlusschutz	23
5.3	Überdrehzahlenschutz	23
5.4	Lichtbogendetektor	23
5.5	Rauchmeldesystem	24
5.6	Blitzschutz von Rotorblättern, Maschinenhaus, Rotorblattnabe und Turm	24
5.7	EMV	24
5.8	Erdung	25
5.9	Korrosionsschutz	25
6	Sicherheit	25
6.1	Access (Zugriffsrechte)	26
6.2	Fluchtwege	26
6.3	Räume/Arbeitsbereiche	26
6.4	Böden, Plattformen, Steh- und Arbeitsplätze	26

6.5	Serviceaufzug	26
6.6	Aufstiegsmöglichkeiten	26
6.7	Bewegliche Teile, Schutzeinrichtungen und Sperrvorrichtungen	27
6.8	Beleuchtung	27
6.9	Notstopp	27
6.10	Unterbrechung der Stromversorgung	27
6.11	Brandschutz/Erste Hilfe	27
6.12	Warnschilder	27
6.13	Manuals und Warnhinweise	27
7	Umwelt.....	28
7.1	Chemikalien	28
8	Auslegungsrichtlinien	28
8.1	Auslegungsrichtlinien – Baukonstruktion	28
9	Farben.....	29
9.1	Maschinenhausfarbe	29
9.2	Turmfarbe	29
9.3	Rotorblattfarben	29
10	Leitfaden für Betriebsbereichsbedingungen und Leistungsmerkmale.....	30
10.1	Klima und Standortbedingungen	30
10.2	Betriebsbereich – Temperatur und Höhe	30
10.3	Betriebsbereich – Temperatur und Höhe	31
10.4	Betriebsbereich – Netzanschluss	32
10.5	Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im 4,0-MW-Modus 0	33
10.6	Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im blindleistungsoptimierten 4,0-MW-Modus (QO1).....	34
10.7	Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im leistungsoptimierten 4,2-MW-Modus (PO1)	35
10.8	Leistungsmerkmal – Durchfahren von Netzfehlern.....	37
10.9	Leistung – Blindstrombeitrag.....	38
10.9.1	Symmetrischer Blindstrombeitrag	38
10.9.2	Asymmetrischer Blindstrombeitrag.....	38
10.10	Leistung – Mehrfache Spannungsabfälle	38
10.11	Leistung – Regelung von Wirk- und Blindleistung	39
10.12	Leistungsmerkmal – Spannungsregelung	39
10.13	Leistung – Frequenzregelung	39
10.14	Verzerrung – Störfestigkeit.....	39
10.15	Hauptbeitragende zum Eigenbedarf.....	39
11	Zeichnungen	41
11.1	Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen	41
11.2	Baukonstruktion – Seitenansichtszeichnung	41
12	Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse	42

Der Empfänger bestätigt, dass (i) die vorliegende allgemeine Beschreibung nur zur Information des Empfängers bereitgestellt wird und keine Haftungen, Garantien, Versprechen, Verpflichtungen oder andere Zusicherungen (Zusagen) durch Vestas Wind Systems oder eine seiner Tochtergesellschaften (Vestas) nach sich zieht oder darstellt. Solche werden ausdrücklich von Vestas nicht anerkannt, und (ii) sämtliche Verpflichtungen von Vestas gegenüber dem Empfänger bezüglich dieser allgemeinen Beschreibung (oder sonstiger Inhalte des vorliegenden Dokuments) müssen in unterzeichneten, zwischen dem Empfänger und Vestas geschlossenen schriftlichen Verträgen dargelegt sein; die im vorliegenden Dokument enthaltenen Angaben sind diesbezüglich nicht verbindlich.

Vgl. allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse (einschl. Abschnitt 12 auf S. 42) der vorliegenden allgemeinen Beschreibung.

1 Einleitung

Die in der vorliegenden allgemeinen Beschreibung enthaltenen Konfigurationen einer 4-MW-Plattform-Windenergieanlage sind im Folgenden aufgelistet. Die Bezeichnungen folgen der Norm IEC 61400-22.

Die Windklassen nach DIBt 2012 sind dort angegeben, wo eine entsprechende Beschränkung besteht.

Die vollständige Windklasseneinordnung findet sich in der Leistungsspezifikation zur betreffenden Windenergieanlagenvariante.

Die vorliegende allgemeine Beschreibung enthält Daten und Beschreibungen, die für alle Plattformvarianten gelten.

Die variantenspezifischen Leistungsdaten sind den Leistungsspezifikationen zur jeweiligen Windenergieanlage und dem erforderlichen Betriebsmodus zu entnehmen.

Windenergieanlagentyp	Windenergieanlagentyp Betriebsmodus
V117-4,0/4,2 MW Starker Wind	V117-4,0 MW IEC IB / IEC IIA 50/60 Hz Modus 0
	V117-4,0 MW IEC IB / IEC IIA 50/60 Hz blindleistungsoptimierter Modus (QO1)
	V117-4,2 MW IEC S / IEC IIA 50/60 Hz leistungsoptimierter Modus (PO1)
	V117-3,8 MW IEC IB / IEC IIA 50/60 Hz lastoptimierter Modus (LO1)
	V117-3,6/3,x MW IEC IB / IEC IIA+ 50/60 Hz lastoptimierter Modus (LO2)
V117-4,0/4,2 MW Taifun	V117-4,0 MW IEC IB-T / IEC IIA 50/60 Hz Modus 0
	V117-4,0 MW IEC IB-T / IEC IIA-T 50/60 Hz blindleistungsoptimierter Modus (QO1)
	V117-4,2 MW IEC S-T / IEC IIA-T 50/60 Hz leistungsoptimierter Modus (PO1)
	V117-3,8 MW IEC IB-T / IEC IIA-T 50/60 Hz lastoptimierter Modus (LO1)
	V117-3,6/3,x MW IEC IB-T / IEC IIA+-T 50/60 Hz lastoptimierter Modus (LO2)
V136-4,0/4,2 MW	V136-4,0 MW IEC IIB / IEC S 50/60 Hz Modus 0
	V136-4,0 MW IEC IIB / IEC S 50/60 Hz blindleistungsoptimierter Modus (QO1)
	V136-4,2 MW IEC S 50/60 Hz leistungsoptimierter Modus (PO1)
	V136-3,8 MW IEC IIB / IEC S 50/60 Hz lastoptimierter Modus (LO1)
	V136-3,6 MW IEC IIB / S 50/60 Hz lastoptimierter Modus (LO2)
	V136-4,0 MW DIBt S 50 Hz Modus 0
	V136-4,0 MW DIBt S 50 Hz blindleistungsoptimierter Modus (QO1)
	V136-4,2 MW DIBt S 50 Hz lastoptimierter Modus (PO1)
	V136-3,8 MW DIBt S 50 Hz lastoptimierter Modus (LO1)
	V136-3,6 MW DIBt S 50 Hz lastoptimierter Modus (LO2)
V150-4,0/4,2 MW	V150-4,0 MW IEC IIIB / IEC S 50/60 Hz Modus 0
	V150-4,0 MW IEC IIIB / IEC S 50/60 Hz blindleistungsoptimierter Modus (QO1)
	V150-4,2 MW IEC S 50/60 Hz lastoptimierter Modus (PO1)

Windenergieanlagentyp	Windenergieanlagentyp Betriebsmodus
	V150-3,8 MW IEC IIIB / IEC S 50/60 Hz lastoptimierter Modus (LO1)
	V150-3,6 MW IEC IIIB / S 50/60 Hz lastoptimierter Modus (LO2)
	V150-4,0 MW DIBt S 50 Hz Modus 0
V150-4,0/4,2 MW (fortlaufend)	V150-4,0 MW DIBt S 50 Hz blindleistungsoptimierter Modus (QO1)
	V150-4,2 MW DIBt S 50 Hz lastoptimierter Modus (PO1)
	V150-3,8 MW DIBt S 50 Hz lastoptimierter Modus (LO1)
	V150-3,6 MW DIBt S 50 Hz lastoptimierter Modus (LO2)

Tabelle 1-1: Aufgeführte Konfigurationen einer 4-MW-Plattform-Windenergieanlage

2 Allgemeine Beschreibung

Die 4-MW-Plattform von Vestas umfasst eine Familie von Windenergieanlagen mit der gleichen Konstruktionsgrundlage.

Zu der 4-MW-Plattform-Familie von Windenergieanlagen gehören die Modelle V105-3,45/3,6 MW, V112-3,45/3,6 MW, V117-3,45/3,6 MW, V126-3,45 MW LTq, V126-3,45/3,6 MW HTq, V136-3,45/3,6 MW, V117-4,0/4,2 MW starker Wind, V117-4,0/4,2 MW Taifun, V136-4,0/4,2 MW und V150-4,0/4,2 MW.

Für V105-3,45/3,6 MW, V112-3,45/3,6 MW, V117-3,45/3,6 MW, V126-3,45 MW LTq, V126-3,45/3,6 MW HTq und V136-3,45/3,6 MW siehe allgemeine Beschreibung 0053-3707.

Diese allgemeine Beschreibung gilt nur für V117-4,0/4,2 MW starker Wind, V117-4,0/4,2 MW Taifun, V136-4,0/4,2 MW und V150-4,0/4,2 MW.

Es handelt sich dabei um Aufwindanlagen mit Pitch-Regelung, aktiver Windnachführung und Dreiblattrotor.

Die Windenergieanlagen in dieser allgemeinen Beschreibung sind mit Rotoren mit Durchmessern im Bereich von 117 m bis 150 m und einer Nennleistung von 4,0 MW ausgestattet.

Ein blindleistungsoptimierter 4,0-MW-Modus (QO1) ist für alle Varianten verfügbar.

Ein leistungsoptimierter 4,2-MW-Modus (PO1) ist für alle Varianten verfügbar.

Zudem sind ein lastoptimierter 3,8-MW-Modus (LO1) und ein lastoptimierter 3,6-MW-Modus (LO2) für alle Varianten verfügbar. Für V117 ist die Nennleistung LO2 für starke Turbulenzintensität IEC 2A+ Sollklima noch nicht festgelegt.

Bei der Windenergieanlagenfamilie kommen das Konzept OptiTip® sowie ein Induktionsgenerator mit Vollumrichter zum Einsatz. Mit diesen Komponenten kann die Windenergieanlage den Rotor mit variabler Drehzahl betreiben, wodurch sich auch bei hohen Windgeschwindigkeiten die Nennleistung

(ungefähr) erreichen lässt. Bei geringen Windgeschwindigkeiten arbeiten das Konzept OptiTip® und das Generator-Umrichtersystem zusammen, um die abgegebene Leistung durch eine Optimierung von Rotordrehzahl und Pitchwinkel zu maximieren.

Ein Betrieb der Windenergieanlage im blindleistungsoptimierten 4,0-MW-Modus (QO1) lässt sich über eine gegenüber dem 4,0-MW-Modus-0-Betrieb erweiterte Umgebungstemperatur-Herabregelungsstrategie erzielen.

Ein Betrieb der Windenergieanlage im leistungsoptimierten 4,2-MW-Modus (PO1) lässt sich über eine gegenüber dem 4,0-MW-Modus-0-Betrieb erweiterte Umgebungstemperatur-Herabregelungsstrategie sowie eine verringerte Blindleistungskapazität erzielen.

3 Mechanische Konstruktion

3.1 Rotor

Die Windenergieanlage ist mit einem Rotor mit drei Rotorblättern und einer Nabe ausgestattet. Der Anstellwinkel der Rotorblätter wird vom mikroprozessorgesteuerten Pitchregelungssystem OptiTip® reguliert. Die Rotorblätter werden also je nach dem vorherrschenden Wind kontinuierlich auf den optimalen Pitchwinkel eingestellt.

Rotor	V117	V136	V150
Durchmesser	117 m	136 m	150 m
Drehbereich	10751 m ²	14527 m ²	17671 m ²
Drehzahl, dynamischer Betriebsbereich	6,7-17,5	5,6-14,0	4,9-12,0
Drehrichtung	Im Uhrzeigersinn (von vorn gesehen)		
Ausrichtung	Luvwärts		
Neigung	6°		
Konischer Winkel der Nabe	4°	4°	5,5°
Blattzahl	3		
Aerodynamische Bremsen	Volle Fahnenstellung		

Tabelle 3-1: Rotordaten

3.2 Blätter

Die Rotorblätter werden aus Kohle- und Glasfaser gefertigt und bestehen aus zwei Blattprofilen, die an einem Träger befestigt sind oder mit eingelassener Struktur.

Blätter	V117	V136	V150
Typbeschreibung	Blattprofile	Prepreg oder	Prepreg oder

Blätter	V117	V136	V150
	verbunden mit Träger	strukturell eingegossene Blattprofilschalen	strukturell eingegossene Blattprofilschalen
Rotorblattlänge	57,15 m	66,66 m	73,66 m
Material	Glasfaserverstärktes Epoxidharz, Kohlenstofffasern und massive Metallspitze (SMT)		
Befestigung der Rotorblätter	Stahleinsätze zur Verankerung		
Blattprofile	Auftriebsprofil		
Maximale Profilsehne	4,0 m	4,1 m	4,2 m
Profilsehne bei 90 % Rotorblatradius	1,1 m	1,2 m	1,4 m

Tabelle 3-2: Rotorblattdaten

3.3 Blattlager

Bei den Blattlagern handelt es sich um zweireihige Vierpunktkugellager.

Blattlager	
Schmieren	Fett

Tabelle 3-3: Daten zum Blattlager

3.4 Pitchsystem

Die Windenergieanlage ist mit einem Pitchsystem für jedes Rotorblatt und einem Verteilerblock in der Nabe ausgestattet. Jedes Pitchsystem ist mit flexiblen Schläuchen an den Ventilblock angeschlossen. Der Ventilblock ist mit den Rohren der Drehdurchführung für die Hydraulik in der Nabe über drei Schläuche (Druckleitung, Rücklaufleitung und Ablassleitung) verbunden.

Jedes Pitchsystem besteht aus einem Hydraulikzylinder, der an der Nabe montiert ist. Die Kolbenstange ist über eine Drehmomentwelle am Blattlager montiert. Ventile zum Unterstützen des Pitchzylinderbetriebs sind auf einem Pitchblock montiert, der direkt mit dem Zylinder verschraubt ist.

Pitchsystem	
Typ	Hydraulik
Anzahl	1 pro Rotorblatt
Bereich	-10° bis 95°

Tabelle 3-4: Daten zum Pitchsystem

Hydrauliksystem	
Hauptpumpe	Zwei redundante interne Getriebeölpumpen

Hydrauliksystem	
Druck	260 bar
Filtration	3 µm (absolut)

Tabelle 3-5: Daten zum Hydrauliksystem

3.5 Nabe

Die Nabe nimmt die drei Rotorblätter auf, überträgt die Reaktionslasten auf das Hauptlager und das Drehmoment auf das Getriebe. Die Nabenstruktur stützt ebenfalls die Rotorblattlager und die Pitchzylinder.

Nabe	
Typ	Gusskugelschalennabe
Material	Gusseisen

Tabelle 3-6: Nabendaten

3.6 Hauptwelle

Die Hauptwelle überträgt die Reaktionskräfte auf das Hauptlager und das Drehmoment auf das Getriebe.

Hauptwelle	
Typbeschreibung	Hohlwelle
Material	Gusseisen oder geschmiedeter Stahl

Tabelle 3-7: Daten zur Hauptwelle

3.7 Hauptlagergehäuse

Das Hauptlagergehäuse umschließt das Hauptlager und ist der erste Verbindungspunkt des Triebstrangs mit dem Maschinenhausrahmen.

Hauptlagergehäuse	
Material	Gusseisen

Tabelle 3-8: Daten zum Hauptlagergehäuse

3.8 Hauptlager

Das Hauptlager nimmt die Axiallasten auf.

Hauptlager	
Typ	Zweireihiges Pendelrollenlager
Schmieren	Automatische Fettschmierung

Tabelle 3-9: Daten zum Hauptlager

3.9 Getriebe

Das Hauptgetriebe übersetzt die Rotordrehung mit niedriger Drehzahl in eine Generatordrehung mit hoher Drehzahl.

Die Scheibenbremse ist auf der schnellen Welle montiert. Das Schmiersystem des Getriebes ist eine druckgespeiste Einheit.

Getriebe	
Typ	Planetenstufen + eine Stirnradstufe
Material Getriebegehäuse	Guss
Schmiersystem	Druckgespeiste Ölschmierung
Ersatz-Schmiersystem	Ölsumpfbefüllung aus Falltank
Gesamt-Getriebeölvolumen	1000-1500
Ölreinheitscodes	ISO 4406-/15/12
Wellendichtringe	Labyrinth

Tabelle 3-10: Daten zum Getriebe

3.10 Generatorlager

Die Lager sind fettgeschmiert. Das Fett wird kontinuierlich von einer automatischen Schmiereinheit bereitgestellt.

3.11 Kupplung der schnellen Welle

Die Kupplung überträgt das Drehmoment der schnellen Abtriebswelle des Getriebes auf die Antriebswelle des Generators.

Die Kupplung besteht aus zwei Schichtverbundpackungen mit je vier Verschraubungsstellen und einem Glasfaser-Zwischenrohr mit zwei Metallflanschen.

Die Kupplung ist über zweiarmige Flansche an der Bremsscheibe und der Generatornabe montiert.

3.12 Azimutsystem

Das Azimutsystem ist ein aktives System, dessen Grundlage ein robustes, vorgespanntes Gleitlager und PETP als Reibmaterial bilden.

Azimutsystem	
Typ	Gleitlagersystem
Material	Geschmiedeter Azimutkranz, vergütet. Gleitlagerflächen aus PETP
Windnachführgeschwindigkeit (50 Hz)	0,45°/s
Windnachführgeschwindigkeit (60 Hz)	0,55°/s

Tabelle 3-11: Daten zum Azimutsystem

Azimutgetriebe	
Typ	Mit mehrstufigem Getriebe
Übersetzungsverhältnis gesamt	944:1
Drehzahl bei Volllast	1,4 U/min an der Abtriebswelle

Tabelle 3-12: Daten zum Azimutgetriebe

3.13 Kran

Im Maschinenhaus ist der interne Servicekran für bis zur zulässigen Nutzlast (SWL) reichende Umschlagvorgänge untergebracht. Der Servicekran ist als Einzelsystem-Kettenzug ausgeführt.

Kran	
Hubkapazität	Maximum 800 kg

Tabelle 3-13: Daten zum Servicekran

3.14 Türme

Nach den erforderlichen Bauartzulassungen ausgestattete Rohrtürme mit Flanschverbindungen sind in unterschiedlichen Standardhöhen erhältlich. Bei den Türmen wurden die meisten Innenschweißnähte durch Magnetstützen ersetzt, um eine im Wesentlichen glatte Wand zu erzielen.

Magnete stützen die Last in waagerechter Richtung, und Inneneinbauten wie Plattformen, Leitern usw. werden senkrecht (d. h. in Schwerkraftrichtung) durch eine mechanische Verbindung gestützt. Die glatte Turmkonstruktion reduziert die erforderliche Stahlstärke und macht den Turm im Vergleich zu Türmen mit verschweißten Inneneinbauten leichter.

Verfügbare Nabenhöhen sind in den Leistungsspezifikationen für die jeweilige WEA-Version aufgelistet. Die aufgeführten Nabenhöhen enthalten einen Abstand von der Fundamentsektion zur Bodenhöhe von je nach Stärke des Bodenflansches etwa 0,2 m sowie einen Abstand vom oberen Turmflansch zur Mitte der Nabe von 2,2 m.

Türme	
Typ	Zylindrisches/konisches Rohr

Tabelle 3-14: Daten zur Turmkonstruktion

3.15 Maschinenhausrahmen und -verkleidung

Die Maschinenhausverkleidung besteht aus Glasfaser. Der Boden weist Luken zum Auf- oder Abkranen von Ausrüstung ins Maschinenhaus und zum Evakuieren von Personen auf. Der Dachbereich ist mit Windsensoren und Dachluken ausgestattet.

Die Dachluken können vom Maschinenhausinneren geöffnet werden, um Zugang zum Dach zu erhalten, und von außen, um Zugang zum Maschinenhaus zu

erhalten. Der Zugang zum Maschinenhaus vom Turm aus erfolgt durch das Azimutsystem hindurch.

Der Maschinenhausrahmen besteht aus zwei Teilen, einem Gusseisenteil vorn und einer Trägerkonstruktion hinten. Der Vorderteil des Maschinenhausrahmens dient als Unterbau für den Triebstrang, der die Kräfte über das Azimutsystem vom Rotor auf den Turm überträgt. Die Unterseite ist bearbeitet und mit dem Azimutlager verbunden. Die sechs Azimutgetriebe sind mit dem vorderen Maschinenhausrahmen verschraubt.

Die Kranträger sind am oberen Maschinenhausrahmen befestigt. Die unteren Träger der Trägerkonstruktion sind am hinteren Ende miteinander verbunden. Der hintere Teil des Maschinenhausrahmens dient als Unterbau für die Steuerkonsolen, das Kühlsystem und den Transformator. Die Maschinenhausverkleidung ist auf dem Maschinenhausrahmen installiert.

Typbeschreibung	Material
Maschinenhausdach	GFK
Vorderer Maschinenhausrahmen	Gusseisen
Hinterer Maschinenhausrahmen	Trägerkonstruktion

Tabelle 3-15: Daten zu Maschinenhausrahmen und -verkleidung

3.16 Klimaanlage (auch als Wärmekonditionierungssystem bezeichnet)

Die Klimaanlage besteht aus wenigen, robusten Komponenten:

- Der Vestas CoolerTop® befindet sich oben an der Rückseite des Maschinenhauses. Der CoolerTop® stellt einen Freistrom-Luftkühler dar. Dadurch ist sichergestellt, dass sich keine elektrischen Komponenten der Klimaanlage außerhalb des Maschinenhauses befinden.
- Der CoolerTop® wird standardmäßig ohne Seitenabdeckungen geliefert. Seitenabdeckungen sind optional erhältlich.
- Das Flüssigkühlsystem, das das Getriebe, Hydrauliksysteme, Generator und Umrichter kühlt, wird durch ein elektrisch betriebenes Pumpensystem angetrieben.
- Die Zwangsluftkühlung für den Transformator ist mit einem Elektrolüfter ausgestattet.

3.16.1 Generator- und Umrichterkühlung

Generator- und Umrichterkühlsysteme arbeiten parallel. Ein im Kühlkreislauf des Generators montiertes dynamisches Durchflussventil teilt den Kühlstrom. Die Kühlflüssigkeit entzieht dem Generator und der Umrichtereinheit über einen Freistrom-Luftkühler an der Oberseite des Maschinenhauses Wärme. Zusätzlich zu Generator, Umrichtereinheit und Kühler beinhaltet die Umwälzanlage eine Elektropumpe und ein thermostatisches Dreiwegeventil.

3.16.2 Getriebe- und Hydraulikkühlung

Getriebe- und Hydraulikkühlung sind parallel geschaltet. Ein im Kühlkreislauf des Getriebes montiertes dynamisches Durchflussventil teilt den Kühlstrom. Die Kühlflüssigkeit entzieht dem Getriebe und der Hydraulikstation über Wärmetauscher und einen Freistrom-Luftkühler an der Oberseite des Maschinenhauses Wärme. Zusätzlich zu den Wärmetauschern und zum Kühler beinhaltet die Umwälzanlage eine Elektropumpe und ein thermostatisches Dreiwegeventil.

3.16.3 Transformatorkühlung

Der Transformator ist mit einer Zwangsluftkühlung ausgestattet. Das Lüftersystem besteht aus einem mittig platzierten Lüfter unterhalb des Umrichters und einem Ventilationskanal, der zu Stellen unterhalb der und zwischen den Mittel- und Niederspannungswicklungen des Transformators führt.

3.16.4 Maschinenhauskühlung

Die von mechanischen und elektrischen Installationen erzeugte Warmluft wird mittels eines im Maschinenhaus befindlichen Gebläsesystems aus dem Maschinenhaus abgeführt.

3.16.5 Optionale Luken für Lufteinlass

Bestimmte Lufteinlässe im Maschinenhaus können optional mit Luken ausgerüstet werden, die als Teil der Wärmeregulierungsstrategie betrieben werden können. Bei einer Unterbrechung der Stromnetzverbindung der Windenergieanlage werden die Luken automatisch geschlossen.

4 Elektrisches System

4.1 Generator

In die Windenergieanlage ist ein Dreiphasen-Induktionsgenerator mit Kurzschlussläufer eingebaut, der über ein Vollumrichtersystem an das Stromnetz angeschlossen ist. Das Generatorgehäuse ist so beschaffen, dass innerhalb des Stators und des Rotors Kühlluft zirkulieren kann. Der Luft-Wasser-Wärmeaustausch erfolgt in einem externen Wärmetauscher.

Generator	
Typ	Asynchron mit Kurzschlussläufer
Nennleistung [P_N]	4230/4430 kW
Frequenz [f_N]	0 – 100 Hz
Spannung, Stator [U_{NS}]	3 x 800 V (bei Nenndrehzahl)
Anzahl der Pole	4/6
Wicklungstyp	Vakuumdruckimprägniert
Wicklungsverschaltung	Stern oder Delta
Nenndrehzahl	1450 – 1550 U/min

Generator	
Überdrehzahlgrenze gemäß IEC (2 Minuten)	2400 U/min
Generatorlager	Hybrid/Keramik
Temperatursensoren, Stator	Drei Pt100-Sensoren an kritischen Lastpunkten und drei als Reserve
Temperatursensoren, Lager	1 pro Lager
Isolierstoffklasse	F oder H
Gehäuse	IP54

Tabelle 4-1: Daten zum Generator

4.2 Converter

Der Umrichter ist ein Vollumrichtersystem für die Steuerung des Generators und der Qualität des in das Stromnetz gespeisten Stroms. Das Umrichtersystem besteht aus drei maschinenseitigen Umrichtereinheiten und drei leitungsseitigen Umrichtereinheiten, die im Parallelbetrieb mit einer gemeinsamen Steuerung laufen.

Der Umrichter wandelt den frequenzvariablen Wechselstrom vom Generator in Festfrequenz-Wechselstrom mit den gewünschten, für das Stromnetz geeigneten Wirk- und Blindleistungswerten (und weiteren Stromnetzanschlussparametern) um.

Der Umrichter befindet sich im Maschinenhaus und hat eine netzseitige Nennspannung von 720 V. Die generatorseitige Nennspannung beträgt je nach Generatordrehzahl bis zu 750 V.

Converter	
Scheinnennleistung [S_N]	5100 kVA
Nennspannung im Stromnetz	3 x 720 V
Nennspannung im Generator	3 x 800 V
Nennnetzstrom	4100 A ($\leq 30^\circ\text{C}$ Umgebungstemperatur)/4150 A ($\leq 20^\circ\text{C}$ Umgebungstemperatur)
Generatornennstrom	3600 A ($\leq 30^\circ\text{C}$ Umgebungstemperatur)/3650 A ($\leq 20^\circ\text{C}$ Umgebungstemperatur)
Gehäuse	IP54

Tabelle 4-2: Umrichterdaten

4.3 Mittelspannungstransformator

Der Mittelspannungstransformator befindet sich in einem separaten, verschlossenen Raum im hinteren Teil des Maschinenhauses.

Beim Transformator handelt es sich um einen dreiphasigen, selbstauslöschenden Trockentransformator mit zwei Wicklungen. Falls nicht anders angegeben, sind die Wicklungen auf der Mittelspannungsseite dreieckgeschaltet.

Der Transformator ist entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen der Zielmärkte in verschiedenen Ausführungen erhältlich.

- Für 50 und 60 Hz-Regionen ist der Transformator standardmäßig nach IEC-Normen konstruiert, erfüllt aber auch die Ecodesign-Verordnung der Europäischen Kommission Nr. 548/2014. vgl. Tabelle 4-3.

4.3.1 Ecodesign – IEC 50/60 Hz-Version

Transformator			
Typbeschreibung	Ecodesign-Trockengießharz-Transformator		
Grundstruktur	Dreiphasiger Transformator mit zwei Wicklungen		
Zugrunde gelegte Normen	IEC 60076-11, IEC 60076-16, IEC 61936-1, Verordnung der Europäischen Kommission Nr. 548/2014.		
Kühlung	AF		
Nennleistung	4700 kVA		
Nennspannung, WEA-seitig			
U _m 1,1 kV	0,720 kV		
Nennspannung, netzseitig			
U _m 24,0 kV	19,1-22,0 kV		
U _m 36,0 kV	22,1 – 33,0 kV		
U _m 40,5 kV	33,1 – 36,0 kV		
Isolationspegel AC/LI/LIC			
U _m 1,1 kV	3 ¹ /–/– kV		
U _m 24,0 kV	50 ¹ /125/125 kV		
U _m 36,0 kV	70 ¹ /170/170 kV		
U _m 40,5 kV	80 ¹ /170/170 kV		
Stufenschalter für den lastlosen Zustand	±2 x 2,5 %		
Frequenz	50/60 Hz		
Schaltgruppe	Dyn5		
Peak Efficiency Index (PEI) ²	Ecodesign-Anforderung		
U _m 24,0 kV	~ 99.348		
U _m 36,0 kV	~ 99.348		
U _m 40,5 kV	~ 99.158		
Leerlaufverlust ²			
U _m 24,0 kV	~ 8,2 kW		
U _m 36,0 kV	~ 8,2 kW		
U _m 40,5 kV	~ 9,8 kW		
Nennlastverlust bei Energieverbrauch MS, 120°C	bei 4700 kVA ²		
U _m 24,0 kV	~ 29,0 kW		
U _m 36,0 kV	~ 29,0 kW		
U _m 40,5 kV	~ 37,45 kW		
Leerlaufblindleistung ³	~ 20 kVAr		
Volllastblindleistung ³	~ 390 kVAr		

Transformator	
Leerlaufstrom ³	~ 0,5 %
Positive Kurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120 °C ⁴	9,0 %
Positiver Kurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 120°C ³	~ 0,8 %
Kurzschluss-Nullimpedanz bei Nennleistung, 120°C ³	~ 8,2 %
Kurzschluss-Nullwiderstand bei Nennleistung, 120°C ³	~ 0,7 %
Einschaltspitzenstrom ³	
	Dyn5 5-8 x $\hat{I}_n$
	YNyn0 8-12 x $\hat{I}_n$
Halbe Scheitelwert-Zeit ³	~ 0,6 s
Schallleistungspegel	≤ 80 dB(A)
Durchschnittlicher Temperaturanstieg in der max. Höhe	≤ 90 K
Maximale Höhe ⁵	2000 m
Isolierklasse	155 (F)
Umweltklasse	E2
Klimaklasse	C2
Brandschutzklasse	F1
Korrosionsschutzklasse	C4
Gewicht	≤ 10500 kg
Temperaturüberwachung	Pt100-Sensoren in Niederspannungswicklungen und Kern
Überspannungsschutz	Überspannungsableiter an Mittelspannungsklemmen
Temporäre Erdung	Drei Erdungspunkte vom Ø 20 mm

Tabelle 4-3: Transformatoraten zur Ecodesign-IEC-50-Hz-/60-Hz-Version

HINWEIS

¹ bei 1000 m Gemäß IEC 60076-11 ist die Wechselstrom-Prüfspannung höhenabhängig.

² Für Ecodesign-Transformatoren stellt PEI eine gesetzliche Anforderung dar, die gemäß der Verordnung der Europäischen Kommission auf Grundlage der Bemessungsleistung sowie von Leerlauf- und Nennlastverlust zu berechnen ist. Die Verluste stellen Maximalwerte dar, die bei einem gegebenen Modell nicht gleichzeitig auftreten, da dies der PEI-Anforderung widerspräche. Alle Werte sind vorläufig.

³ Basierend auf den berechneten Durchschnittswerten aus Qualifikationsprüfungen bei verschiedenen Spannungen und durch verschiedene Hersteller. Alle Werte sind vorläufig.

⁴ Gemäß IEC-Norm-Toleranzen. Alle Werte sind vorläufig.

⁵ Die max. Höhe des Transformators lässt sich dem Standort der Windenergieanlage entsprechend einstellen. Alle Werte sind vorläufig.

4.4 Mittelspannungskabel

Das Mittelspannungskabel verläuft vom Transformator im Maschinenhaus am Turm hinunter zur Mittelspannungs-Schaltanlage in der untersten Turmsektion. Bei dem Mittelspannungskabel handelt es sich um ein halogenfreies Mittelspannungskabel mit vier Kabelseelen und einer Kautschukisolierung.

Mittelspannungskabel	
Mittelspannungskabelisolierung	Verbesserter Werkstoff EPR auf Ethylen-Propylen-(EP-)Basis oder hochmodularer bzw. Hart-Ethylen-Propylen-Kautschuk HEPR
vorkonfektioniert	MS-Abschluss im Transformatorende T-Verbinder Typ C in Schaltanlagenende
Maximale Spannung	24 kV bei 19,0 – 22,0 kV Nennspannung 42 kV bei 22,1 – 36,0 kV Nennspannung
Leiterquerschnitte	3 x 70/70 mm ² (einzelner PE-Kern) 3 x 70 + 3 x 70/3 mm ² (geteilter PE-Kern)

Tabelle 4-4: Daten zu den Mittelspannungskabeln

4.5 Mittelspannungsschaltanlage

Im Turmkeller wird eine gasisolierte Schaltanlage als integraler Bestandteil der Windenergieanlage installiert. Deren Steuerung ist in das Sicherungssystem der Windenergieanlage integriert, das den Zustand der Schaltanlage sowie der für die Mittelspannungssicherheit relevanten Geräte innerhalb der Windenergieanlage überwacht. Das System wird als „Ready to Protect“ bezeichnet und gewährleistet, dass bei jeglicher Spannungsbeaufschlagung von Mittelspannungskomponenten der Windenergieanlage sämtliche Schutzvorrichtungen zuverlässig funktionieren. Um sicherzustellen, dass die Schaltanlage stets zum Auslösen bereit ist, ist sie mit redundanten Auslösekreisen, die aus einer aktiven Auslösespule und einer Unterspannungsspule bestehen, ausgestattet.

Bei einem Netzausfall trennt der Lasttrenner nach einer einstellbaren Zeit die Windenergieanlage vom Netz.

Wenn das Netz wieder verfügbar ist, werden alle relevanten Schutzeinrichtungen automatisch über die USV hochgefahren.

Sind alle Schutzeinrichtungen wieder in Betrieb, wird der Lasttrenner nach einer einstellbaren Zeit wieder geschlossen. Diese Wiederschließen-Funktion kann außerdem für die Einrichtung einer sequenziellen Unterspannungsetzung eines Windparks verwendet werden, um gleichzeitige Anlaufströme von allen Windenergieanlagen zu vermeiden, sobald nach einem Ausfall wieder Netz vorhanden ist.

Falls der Lasttrenner aufgrund einer Fehlererkennung ausgelöst hat, wird der Lasttrenner so lange für eine Wiederverbindung blockiert, bis ein manuelles Rücksetzen durchgeführt worden ist.

Um unbefugten Zutritt zum Transformatorraum bei aufgeschalteter Spannung zu verhindern, enthält der Erdungsschalter des Lasttrenners ein Schlüsselverriegelungssystem, dessen Gegenstück an der Zugangstür zum Transformatorraum angebracht ist.

Die Schaltanlage ist in drei Varianten mit zunehmendem Funktionsumfang erhältlich; siehe Tabelle 4-5. Darüber hinaus lässt sich die Schaltanlage entsprechend der Zahl an Versorgungsnetzkabeln konfigurieren, die in die jeweilige Windenergieanlage eintreten sollen. Die Konstruktion des Schaltanlagensystems ist dahingehend optimiert, dass solche Versorgungsnetzkabel sich noch vor Errichtung des Turms an die Schaltanlage anschließen lassen; dank ihrer gasdichten Abdichtung bietet sie dennoch bereits dann Schutz vor Niederschlag- und Kondenswasserabscheidung im Innern.

Die Schaltanlage steht in einer IEC- und in einer IEEE-Version zur Verfügung. Letztere ist allerdings nur in der höchsten Spannungsstufe erhältlich. Die elektrischen Parameter der Schaltanlage zur IEC-Version sind Tabelle -, die zur IEEE-Version Tabelle - zu entnehmen.

Mittelspannungsschaltanlage			
Variante	Einfach	Optimiert	Standard
IEC-Normen	○	⊙	⊙
IEEE-Normen	⊙	○	⊙
Vakuum-Lasttrennerkonsole	⊙	⊙	⊙
Überstrom-, Kurzschluss- und Erdungsfehlerschutz	⊙	⊙	⊙
Lasttrenner/Erdungsschalter in Leistungsschalterkonsole	⊙	⊙	⊙
Anzeigesystem für an Lasttrenner anliegende Spannung	⊙	⊙	⊙
Anzeigesystem für an Versorgungsnetzkabeln anliegende Spannung	⊙	⊙	⊙
Doppelte Versorgungsnetzkabelverbindung	⊙	⊙	⊙
Dreifache Versorgungsnetzkabelverbindung	⊙	○	○
Vorkonfigurierte Relaisstellungen	⊙	⊙	⊙
Integration des WEA-Sicherheitssystems	⊙	⊙	⊙
Redundante Auslösespulenkreise	⊙	⊙	⊙
Auslösespulenüberwachung	⊙	⊙	⊙
Handbedienung außerhalb des Turms	⊙	⊙	⊙
Sequenzielle Unterspannungsetzung	⊙	⊙	⊙
Wiedereinschaltblockadefunktion	⊙	⊙	⊙
Heizelemente	⊙	⊙	⊙

Mittelspannungsschaltanlage			
Variante	Einfach	Optimiert	Standard
Schlüsselveriegelungssystem für Lasttrennerkonsole	⊙	⊙	⊙
Motorbetätigung der Lasttrenner	⊙	⊙	⊙
Kabelkonsole für Versorgungsnetzkabel (konfigurierbar)	○	⊙	⊙
Lasttrennschalterkonsolen für Versorgungsnetzkabel – max. drei Konsolen (konfigurierbar)	○	⊙	⊙
Erdungsschalter für Versorgungsnetzkabel	○	⊙	⊙
Interne Störlichtbogenklassifizierung	○	⊙	⊙
Überwachung der Minileistungsschalter	○	⊙	⊙
Motorbetätigung der Lasttrennschalter	○	○	⊙
SCADA-Betätigung und Rückmeldung der Lasttrenner	○	○	⊙
SCADA-Betätigung und Rückmeldung der Lasttrennschalter	○	○	⊙

Tabelle 4-5: Varianten und Funktionsumfang der Mittelspannungsschaltanlage

4.5.1 IEC-50-Hz/60-Hz-Version

Mittelspannungsschaltanlage	
Typbeschreibung	Gasisolierte Schaltanlage
Zugrunde gelegte Normen	IEC 62271-103 IEC 62271-1, 62271-100, 62271-102, 62271-200, IEC 60694
Isoliermedium	SF ₆
Bemessungsspannung	
U _r 24,0 kV	19,1-22,0 kV
U _r 36,0 kV	22,1 – 33,0 kV
U _r 40,5 kV	33,1 – 36,0 kV
Bemessungs-Isolationspegel AC // LI Üblicher Wert/über den Isolierabstand	
U _r 24,0 kV	50/60/125/145 kV
U _r 36,0 kV	70/80/170/195 kV
U _r 40,5 kV	85/90/185/215 kV
Bemessungsfrequenz	50/60 Hz
Nennbetriebsstrom	630 A
Bemessungs-Kurzzeithaltestrom	
U _r 24,0 kV	20 kA
U _r 36,0 kV	25 kA
U _r 40,5 kV	25 kA
Bemessungs-Stehspitzenstrom 50/60 Hz	
U _r 24,0 kV	50/52 kA

Mittelspannungsschaltanlage	
U_r 36,0 kV	62,5/65 kA
U_r 40,5 kV	62,5/65 kA
Kurzschluss-Bemessungsdauer	1 s
Störlichtbogenqualifikation (optional)	
U_r 24,0 kV	IAC A FLR 20 kA, 1 s
U_r 36,0 kV	IAC A FLR 25 kA, 1 s
U_r 40,5 kV	IAC A FLR 25 kA, 1 s
Anschlusschnittstelle	Außenkegel-Plug-in-Buchsen, IEC-Schnittstelle C1.
Kategorie der Betriebsverfügbarkeit (LSC)	LSC2
Eindringschutz	
Gasvorratsbehälter	IP65
Gehäuse	IP 2X
Niederspannungs-Schaltschrank	IP 3X
Korrosionsschutzklasse	C3

Tabelle -: Daten zur Mittelspannungsschaltanlage in der IEC-Version

4.5.2 IEEE 60-Hz-Version

Mittelspannungsschaltanlage	
Typbeschreibung	Gasisolierte Schaltanlage
Zugrunde gelegte Normen	IEEE 37.20.3, IEEE C37.20.4, IEC 62271-200, ISO 12944.
Isoliermedium	SF ₆
Bemessungsspannung	
U_r 38,0 kV	22,1 – 36,0 kV
Bemessungs-Isolationspegel AC/LI	70/150 kV
Bemessungsfrequenz	60 Hz
Nennbetriebsstrom	600 A
Bemessungs-Kurzzeithaltestrom	25 kA
Bemessungs-Stehspitzenstrom	65 kA
Kurzschluss-Bemessungsdauer	1 s
Störlichtbogenqualifikation (optional)	IAC A FLR 25 kA, 1 s
Anschlusschnittstellen-Versorgungsnetzkabel	Außenkegel-Plug-in-Buchsen, IEEE-386-Schnittstelle vom Typ Deadbreak, 600 A.
Eindringschutz	
Gasvorratsbehälter	NEMA 4X/IP 65
Gehäuse	NEMA 2/IP 2X
Niederspannungs-Schaltschrank	NEMA 2/IP 3X
Korrosionsschutzklasse	C3

Tabelle -: Daten zur Mittelspannungsschaltanlage in der IEEE-Version

4.6 AUX-System

Das AUX-(Hilfs-)System wird von einem separaten 650/400/230-V-Transformator gespeist, der im Maschinenhaus im Umrichterschrank aufgestellt ist. Alle Motoren, Pumpen, Lüfter und Heizungen werden von diesem System versorgt.

230-V-Verbraucher werden von einem 400/230-V-Transformator gespeist, der im Turmfundament aufgestellt ist. Die interne Heizung und die Lüftung der

Schaltschränke sowie eine spezifische Option für 230-V-Verbraucher werden von einem Eigenbedarfstransformator im Umrichterschrank gespeist.

Stromanschlüsse	
Einphasig (Maschinenhaus)	230 V (16 A) (Standard) 110 V (16 A) (Option) 2 x 55 V (16 A) (Option)
Einphasig (Turmplattformen)	230 V (10 A) (Standard) 110 V (16 A) (Option) 2 x 55 V (16 A) (Option)
Dreiphasig (Maschinenhaus und Turmfundament)	3 x 400 V (16 A)

Tabelle 4-6: Daten zum Hilfssystem

4.7 Windsensoren

Die Windenergieanlage ist entweder mit zwei Ultraschallwindsensoren oder optional mit einem Ultraschallwindsensor und einer mechanischen Windfahne und Anemometer ausgestattet. Die Sensoren sind mit integrierten Heizelementen ausgerüstet, um Störungen durch Eis/Schnee zu minimieren. Da die Windsensoren redundant sind, ist die Windenergieanlage auch mit nur einem Sensor funktionsfähig.

4.8 VMP-(Vestas-Multiprozessor-)Steuerung

Die Windenergieanlage wird von der Steuerung VMP8000 gesteuert und überwacht.

Bei VMP8000 handelt es sich um eine Multiprozessor-Steuerung, die aus einer Hauptsteuerung, dezentralen Steuerungsknoten, dezentralen IO-Knoten und Ethernet-Schaltern sowie anderen Netzwerkkomponenten besteht. Die Hauptsteuerung befindet sich im Turmfuß der Windenergieanlage. Sie führt die Steueralgorithmen der Windenergieanlage aus und ist für die IO-Kommunikation zuständig.

Bei dem Kommunikationsnetzwerk handelt es sich um ein zeitgesteuertes Ethernet-Netzwerk (TTEthernet).

Das VMP8000-Steuerungssystem erfüllt folgende Hauptfunktionen:

- Überwachung des Gesamtbetriebs.
- Synchronisierung des Generators mit dem Netz während des Aufschaltvorgangs.
- Betrieb der Windenergieanlage bei unterschiedlichen Fehlerzuständen
- Automatische Windnachführung des Maschinenhauses
- OptiTip®-Rotorblatt-Pitchregelung
- Blindleistungsregelung und Betrieb mit variabler Drehzahl
- Verringerung der Geräuschemissionen
- Überwachung der Umgebungsbedingungen.
- Stromnetzüberwachung

- Überwachung des Rauchmeldesystems

4.9 Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)

Bei einem Netzausfall versorgt eine USV bestimmte Komponenten mit Strom.

Das USV-System besteht aus drei Teilsystemen:

1. der 230-VAC-USV als Reservespannungsversorgung für das Maschinenhaus und die Nabensteuerungssysteme
2. der 24-VDC-USV als Reservespannungsversorgung für die Steuerungssysteme im Turmfuß und optional für den SCADA Power Plant Controller
3. der 230-VAC-USV als Reservespannungsversorgung für Innenbeleuchtung in Turm und Maschinenhaus. Die Innenbeleuchtung in der Nabe wird durch integrierte Batterien in den Leuchten gespeist.

USV		
Autonomiezeitraum	Standard	optional
Steuerung* (230-VAC- und 24-VDC-USV)	15 min	Bis zu 400 min**
Innenbeleuchtung (230-VAC-USV)	30 min	60 min***
Optionaler SCADA Power Plant Controller (24-VDC-USV)	Nicht zutreffend	48 Stunden****

Tabelle 4-7: USV-Daten

* Die Steuerung umfasst: die Steuerung der Windenergieanlage (VMP8000), Mittelspannungsschaltanlagenfunktionen und Fernüberwachung.

** Upgrade der 230-VAC-USV für Steuerungssystem mit zusätzlichen Batterien notwendig.

*** Upgrade der 230-VAC-USV für Innenbeleuchtung mit zusätzlichen Batterien notwendig.

**** Upgrade der 24-VDC-USV mit zusätzlichen Batterien notwendig.

HINWEIS Angaben zu alternativen Autonomiezeiträumen können bei Vestas erfragt werden.

5 WEA-Schutzsysteme

5.1 Bremskonzept

Die Hauptbremse der Windenergieanlage ist aerodynamischer Art. Das Anhalten der Windenergieanlage erfolgt durch Bringen der drei Rotorblätter in volle Fahnenstellung (einzelnes Drehen der einzelnen Rotorblätter). Jedes Rotorblatt verfügt über einen hydraulischen Druckspeicher als Energieversorgung zum Drehen des Rotorblatts.

Zusätzlich ist eine mechanische Scheibenbremse an der schnellen Welle des Getriebes mit einem separaten Hydrauliksystem vorhanden. Die mechanische Bremse wird ausschließlich als Feststellbremse und beim Betätigen der Not-Stopp-Taster verwendet.

5.2 Kurzschlusschutz

Trennschalter	Trennschalter für Power.	Trennschalter 1 für Umrichtermodule	Trennschalter 2 für Umrichtermodule
Abschaltleistung, I_{cu}, I_{cs}	noch nicht definiert	noch nicht definiert	noch nicht definiert
Einschaltleistung, I_{cm}	noch nicht definiert	noch nicht definiert	noch nicht definiert

Tabelle 5-1: Daten zum Kurzschlusschutz

5.3 Überdrehzahlenschutz

Die Drehzahl von Generator und Hauptwelle wird von induktiven Sensoren erfasst und von der Steuerung der Windenergieanlage berechnet, um vor Überdrehzahl und Drehfehlern zu schützen.

Die sicherheitsrelevante Partition der VMP8000-Steuerung überwacht die Rotordrehzahl. Bei Überdrehzahl löst die sicherheitsrelevante Partition der VMP8000-Steuerung unabhängig von der nicht sicherheitsrelevanten Partition die Notfahnenstellung (volle Fahnenstellung) der drei Rotorblätter aus.

Überdrehzahlenschutz	
Sensortyp	Induktiv
Auslösewert (je nach Version)	12,0-17,5 U/min/2000 (Generatordrehzahl)

Tabelle 5-2: Daten zum Überdrehzahlenschutz

5.4 Lichtbogendetektor

Die Windenergieanlage ist mit einem Lichtbogen-Nachweissystem einschließlich mehrerer Lichtbogendetektoren ausgestattet, die im Mittelspannungs-Transformatorraum und im Umrichterschrank angeordnet sind. Das Lichtbogen-Nachweissystem ist an das Sicherheitssystem der Windenergieanlage

angeschlossen, wodurch sichergestellt wird, dass sich die Mittelspannungsschaltanlage sofort öffnet, wenn ein Lichtbogen festgestellt wird.

5.5 Rauchmeldesystem

Die Windenergieanlage ist mit einem Rauchmeldesystem ausgerüstet, das mehrere Rauchmelder im Maschinenhaus (oberhalb der Scheibenbremse), im Transformatorenraum und oberhalb der Mittelspannungsschaltanlage im Turmfuß einschließt. Das Rauchmeldesystem ist an das Sicherheitssystem der Windenergieanlage angeschlossen, wodurch sichergestellt ist, dass sich die Mittelspannungsschaltanlage bei Rauchererkennung sofort öffnet.

5.6 Blitzschutz von Rotorblättern, Maschinenhaus, Rotorblattnabe und Turm

Die Blitzschutzanlage (BSA) schützt die Windenergieanlage vor Sachschäden durch Blitzschläge. Die BSA besteht aus fünf Hauptkomponenten:

- Blitzrezeptoren. Alle Blitzrezeptorflächen an den Rotorblättern, außer den Massivmetallspitzen (SMT), sind unlackiert.
- Ableitungssystem (ein System, um den Blitzstrom durch die Windenergieanlage nach unten abzuleiten, um Schäden am LPS selbst oder an anderen Teilen der Windenergieanlage zu vermeiden oder zu vermindern).
- Überspannungs- und Überstromschutz
- Abschirmung gegen magnetische und elektrische Felder
- Erdungssystem.

Blitzschutzkonstruktionsparameter			Schutzklasse I
Stromspitzenwert	$i_{\max}$	[kA]	200
Impulsladung	q_{impulse}	[C]	100
Langzeitladung	q_{long}	[C]	200
Gesamtladung	Q_{total}	[C]	300
Spezifische Energie	W/R	[MJ/Ω]	10
Durchschnittliche Steilheit	di/dt	[kA/μs]	200

Tabelle 5-3: Blitzschutzkonstruktionsparameter

HINWEIS

Das Blitzschutzsystem ist nach den IEC-Normen konstruiert (vgl. Abschnitt 8 Auslegungsrichtlinien, Seite 28).

5.7 EMV

Die Windenergieanlage und die zugehörige Ausrüstung erfüllen die europäische EMV-Richtlinie:

- RICHTLINIE 2014/30/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 26. Februar 2014 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit.

5.8 Erdung

Das Vestas-Erdungssystem besteht aus einer Reihe von einzelnen Erdungseinheiten, die zu einem gemeinsamen Erdungssystem verbunden sind.

Das Vestas-Erdungssystem umfasst das TN-System und das Blitzschutzsystem für jede Windenergieanlage. Es dient als Erdungssystem für das Mittelspannungs-Verteilsystem innerhalb des Windparks.

Das Vestas-Erdungssystem ist an die unterschiedlichen Fundamentarten angepasst. Das Erdungssystem ist detailliert entsprechend der jeweiligen Fundamentart in separaten Unterlagen beschrieben.

Bezüglich des Blitzschutzes der Windenergieanlage fordert Vestas keinen bestimmten, in Ohm gemessenen Widerstand zur Bezugserde. Die Erdung der Blitzschutzsysteme basiert auf dem Aufbau und der Bauweise des Vestas-Erdungssystems.

Ein wichtiger Teil des Vestas-Erdungssystems ist die Haupterdungsschiene, die sich am Kabeleintritt aller Zuleitungen zur Windenergieanlage befindet. Alle Erdungselektroden sind mit dieser Haupterdungsschiene verbunden. Zusätzlich sind Potenzialausgleichsverbindungen an allen Zu- oder Ableitungen der Windenergieanlage installiert.

Die Anforderungen der Spezifikation und der Arbeitsanweisungen für das Vestas-Erdungssystem entsprechen den Mindestanforderungen von Vestas und den IEC-Normen. Lokale und nationale sowie projektspezifische Anforderungen können gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen erforderlich machen.

5.9 Korrosionsschutz

Die Einstufung des Korrosionsschutzes folgt der EN ISO 12944-2.

Korrosionsschutz	Außenbereiche	Innenbereiche
Maschinenhaus	C5-M	C3
Nabe	C5-M	C3
Turm	C5-I	C3

Tabelle 5-4: Daten zum Korrosionsschutz zu Maschinenhaus, Nabe und Turm

6 Sicherheit

Mit den im vorliegenden Abschnitt enthaltenen Sicherheitsspezifikationen werden in beschränktem Umfang allgemeine Informationen zur Sicherheitsausstattung der Windenergieanlage bereitgestellt. Sie entbinden den Käufer und seine Vertreter nicht von seiner Pflicht, alle erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, zu denen u. a. Folgendes zählt: (a) Erfüllen aller geltenden Vereinbarungen, Anweisungen und Anforderungen bezüglich Sicherheit, Betrieb, Wartung und Service; (b) Erfüllen aller sicherheitsrelevanten Gesetze,

Vorschriften und Verordnungen und (c) Durchführen aller erforderlichen Sicherheitsschulungen und -fortbildungen.

6.1 Access (Zugriffsrechte)

Zugang zur Windenergieanlage besteht von außen über eine Tür an der Eingangsplattform, ca. drei Meter über dem Boden. Die Tür ist mit einem Schloss versehen. Der Zugang zur oberen Plattform im Turm erfolgt über eine Leiter oder einen Serviceaufzug. Zugang zum Maschinenhaus von der oberen Plattform aus besteht über eine Leiter. Der Zugang zum Transformatorraum im Maschinenhaus ist durch ein Schloss gesichert. Unberechtigter Zugriff auf Elektroschalttafeln und Stromtafeln in der Windenergieanlage ist gemäß IEC 60204-1 2006 untersagt.

6.2 Fluchtwege

Zusätzlich zu den normalen Zugangswegen führen alternative Flucht- und Rettungswege aus dem Maschinenhaus durch die Kranluke, aus der Nabenabdeckung durch Öffnen der Spinnernase oder vom Dach des Maschinenhauses. Die Rettungsausrüstung befindet sich im Maschinenhaus.

Die Luke im Dach kann von innen und außen geöffnet werden. Die Flucht aus dem Serviceaufzug erfolgt über die Leiter.

Ein Notfallschutzplan in der Windenergieanlage beschreibt die Evakuierung und die Flucht- und Rettungswege.

6.3 Räume/Arbeitsbereiche

Turm und Maschinenhaus sind mit Stromanschlüssen für Elektrowerkzeuge zur Wartung und Instandhaltung der Windenergieanlage ausgestattet.

6.4 Böden, Plattformen, Steh- und Arbeitsplätze

Alle Plattformen weisen eine rutschfeste Oberfläche auf.

Pro Turmsektion ist ein Boden vorhanden.

Ruheplattformen sind alle neun Meter an der Turmleiter zwischen den Plattformen angebracht.

In der Windenergieanlage sind Fußstützen für Wartungs- und Servicezwecke angebracht.

6.5 Serviceaufzug

Die Windenergieanlage wird optional mit montiertem Serviceaufzug geliefert.

6.6 Aufstiegsmöglichkeiten

Im Turm ist eine Leiter mit Absturzsicherungssystem (fester Handlauf) installiert.

In Turm, Maschinenhaus, Nabe und auf dem Dach sind Verankerungspunkte zum Anbringen von Sicherheitsgeschirr (Auffang- und Rettungsgurt) angebracht. Über der Kranluke befindet sich ein Verankerungspunkt für die Höhenrettungsausrüstung. Verankerungspunkte sind gelb markiert und für 22,2 kN ausgelegt und getestet.

6.7 Bewegliche Teile, Schutzeinrichtungen und Sperrvorrichtungen

Alle beweglichen Teile im Maschinenhaus sind abgeschildert.

Die Windenergieanlage ist mit einer Rotorarretierung zur Sperrung von Rotor und Triebstrang ausgestattet.

Die Zylinderstellung kann mit mechanischen Werkzeugen in der Nabe blockiert werden.

6.8 Beleuchtung

Die Windenergieanlage ist im Turm, im Maschinenhaus und in der Nabe beleuchtet.

Für den Fall eines Stromausfalls ist eine Notbeleuchtung vorhanden.

6.9 Notstopp

In Maschinenhaus, Nabe und in der untersten Turmsektion sind Notstopp-Taster angebracht.

6.10 Unterbrechung der Stromversorgung

Die Windenergieanlage ist mit Trennschaltern ausgestattet, die ein Abschalten der gesamten Stromzufuhr bei Inspektions- oder Wartungsmaßnahmen ermöglichen. Die Schalter sind beschildert und befinden sich im Maschinenhaus und in der untersten Turmsektion.

6.11 Brandschutz/Erste Hilfe

Im Maschinenhaus müssen während Service und Wartung ein 5-kg- bis 6-kg-CO₂-Feuerlöscher, ein Erste-Hilfe-Kasten und eine Brandschutzdecke vorhanden sein.

- Ein 5-kg- bis 6-kg-CO₂-Feuerlöscher ist nur bei Service und Wartung erforderlich, es sei denn, im Maschinenhaus ist die dauerhafte Anbringung eines Feuerlöschers behördlich vorgeschrieben.
- Erste-Hilfe-Kästen sind nur bei Service und Wartung erforderlich.
- Brandschutzdecken müssen nur bei nichtelektrischen heißen Arbeiten vorhanden sein.

6.12 Warnschilder

Im Inneren oder an der Außenseite der Windenergieanlage angebrachte Warnschilder müssen vor Betrieb oder Wartung der Windenergieanlage zur Kenntnis genommen werden.

6.13 Manuals und Warnhinweise

Das „Vestas Firmenmanual zum Arbeitsschutz“ sowie Handbücher für Betrieb, Wartung und Service der Windenergieanlage bieten zusätzliche

Sicherheitshinweise und -informationen für Betrieb, Wartung oder Instandhaltung der Windenergieanlage.

7 Umwelt

7.1 Chemikalien

In der Windenergieanlage verwendete Chemikalien werden gemäß dem Umweltsystem von Vestas Wind Systems A/S beurteilt, das nach ISO 14001:2004 zertifiziert ist. Innerhalb der Windenergieanlage gelangen die folgenden Chemikalien zum Einsatz:

- Frostschutzmittel zum Vermeiden des Einfrierens des Kühlsystems.
- Getriebeöl zum Schmieren des Getriebes.
- Hydrauliköl zum Pitchen der Rotorblätter und Betätigen der Bremse.
- Fett zum Schmieren der Lager.
- Unterschiedliche Reinigungsmittel und -chemikalien zur Wartung der Windenergieanlage.

8 Auslegungsrichtlinien

8.1 Auslegungsrichtlinien – Baukonstruktion

Die Konstruktion der Windenergieanlage wurde u. a. gemäß den folgenden Normen entwickelt und getestet:

Auslegungsrichtlinien	
Maschinenhaus und Nabe	IEC 61400-1: Ausgabe 3 EN 50308
Turm	IEC 61400-1: Ausgabe 3 Eurocode 3
Blätter	DNV-OS-J102 IEC 1024-1 IEC 60721-2-4 IEC 61400 (Teile 1, 12 und 23) IEC WT 01 IEC DEFU R25 ISO 2813 DS/EN ISO 12944-2
Getriebe	ISO 81400-4
Generator	IEC 60034
Transformator	IEC 60076-11, IEC 60076-16, CENELEC HD637 S1
Blitzschutz	IEC 62305-1: 2006 IEC 62305-3: 2006 IEC 62305-4: 2006

Auslegungsrichtlinien	
	IEC 61400-24:2010
Drehende elektrische Maschinen	IEC 34
Sicherheit von Maschinen, Sicherheitsrelevante Teile von Steuerungen	IEC 13849-1
Maschinensicherheit – elektrische Ausrüstung von Maschinen	IEC 60204-1

Tabelle 8-1: Auslegungsrichtlinien

9 Farben

9.1 Maschinenhausfarbe

Farbe von Vestas Nacelles	
Standard-Maschinenhausfarbe	RAL 7035 (Lichtgrau)
Standard-Logo	Vestas

Tabelle 9-1: Farbe, Maschinenhaus

9.2 Turmfarbe

Farbe von Vestas-Turmsektionen		
	Außen:	Innen:
Standard-Turmfarbe	RAL 7035 (Lichtgrau)	RAL 9001 (Cremeweiß)

Tabelle 9-2: Farbe, Turm

9.3 Rotorblattfarben

Rotorblattfarben	
Standard-Rotorblattfarbe	RAL 7035 (Lichtgrau). Alle Blitzrezeptorflächen an den Rotorblättern, außer den Massivmetallspitzen (SMT), sind unlackiert.
Farbvarianten Blattspitzen- Ende	RAL 2009 (Verkehrsorange), RAL 3020 (Verkehrsrot)
Glanzgrad	< 30 % DS/EN ISO 2813

Tabelle 9-3: Farbe, Rotorblätter

10 Leitfaden für Betriebsbereichsbedingungen und Leistungsmerkmale

Die tatsächlichen Klima- und Standortbedingungen weisen viele Variablen auf und sind bei der Beurteilung der tatsächlichen Windenergieanlagenleistung zu berücksichtigen. Die Auslegungs- und Betriebsparameter in diesem Abschnitt stellen keine Garantien, Gewährleistungen und Zusicherungen bezüglich der Windenergieanlagenleistung an tatsächlichen Standorten dar.

10.1 Klima und Standortbedingungen

Die Werte beziehen sich auf die Nabenhöhe:

Auslegungsparameter-Extremwerte	
Windklima	Alle
Umgebungstemperaturbereich (Windenergieanlage für Standardtemperatur)	-40 °C bis +50 °C

Tabelle 10-1: Auslegungsparameter für Betrieb unter Extrembedingungen

10.2 Betriebsbereich – Temperatur und Höhe

Nachstehende Werte beziehen sich auf die Nabenhöhe und hängen von den Sensoren und der Steuerung der Windenergieanlage ab.

Betriebsbereich – Temperatur	
Umgebungstemperaturbereich (Standard-WEA)	-20 °C bis +45 °C
Umgebungstemperaturbereich (Niedrigtemperatur-Windenergieanlage)	-30 °C bis +45 °C

Tabelle 10-2: Betriebsbereich – Temperatur

HINWEIS

Die Windenergieanlage stellt die Energieerzeugung ein, sobald die Umgebungstemperaturen auf über +45 °C steigen.

Niedrigtemperatur-Optionen der Windenergieanlage können bei Vestas erfragt werden.

Die Windenergieanlage ist standardmäßig für den Betrieb in Höhen bis 1000 m ü. d. M. und optional für bis zu 2000 m ü. d. M. ausgelegt.

10.3 Betriebsbereich – Temperatur und Höhe

Nachstehende Werte beziehen sich auf die Nabenhöhe und hängen von den Sensoren und der Steuerung der Windenergieanlage ab. Bei Umgebungstemperaturen über einem Grenzwert, der für jeden Betriebsmodus Abbildung 10-1 unten angegeben ist, hält die Windenergieanlage eine gedrosselte Produktion aufrecht. Zusätzliche Drosselung findet bei Höhen über 1000 m ü. d. M. statt.

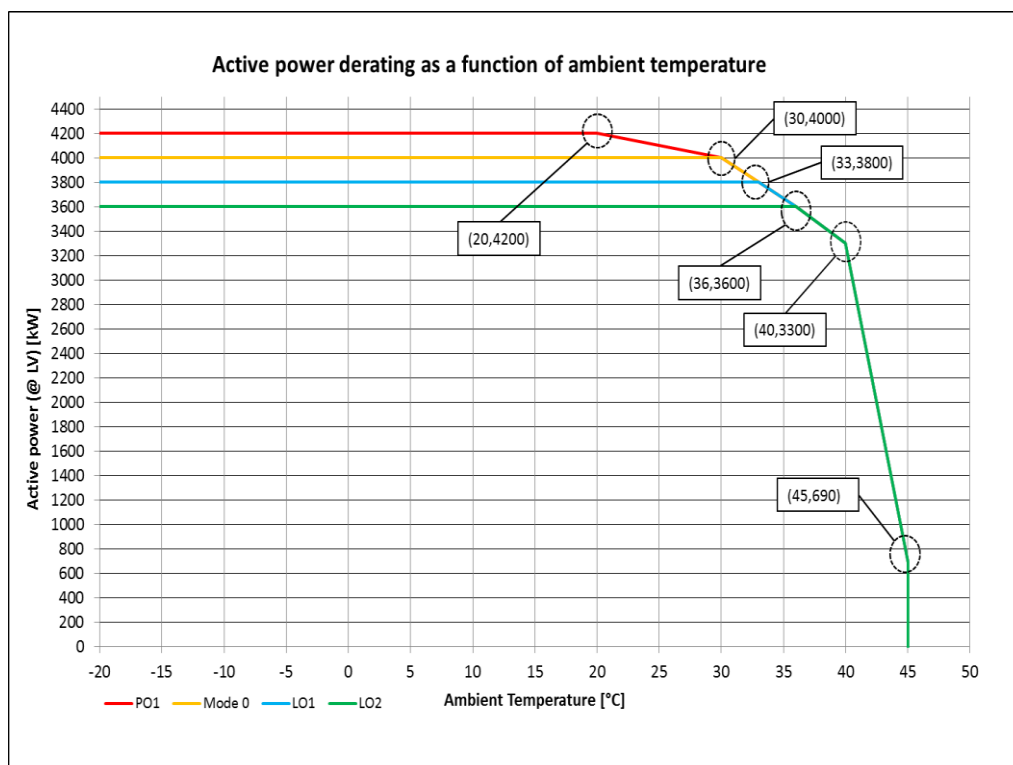


Abbildung 10-1: Temperaturabhängiger gedrosselter Betrieb.

HINWEIS

Alle Angaben zu Drosselungseinstellungen sind vorläufig und können Änderungen unterliegen.

10.4 Betriebsbereich – Netzanschluss

Betriebsbereich – Netzanschluss		
Nennphasenspannung	[U _{NP}]	720 V
Nennfrequenz	[f _N]	50/60 Hz
Max. Frequenzgradient	±4 Hz/s	
Max. negative Gegenspannung	3 % (Anschluss) 2 % (Betrieb)	
Gefordertes Leerlauf-Kurzschluss-Mindestverhältnis beim Anschluss der Windenergieanlage an das Mittelspannungsnetz	5.0 (Vestas für niedrigere Kurzschlussverhältnisse kontaktieren)	
Maximaler Kurzschlussstrom	1,05 pu (Dauerbetrieb) 1,45 pu (Spitze)	

Tabelle 10-3: Betriebsbereich – Netzanschluss

Der Generator und der Umrichter werden in folgenden Fällen getrennt:*

Schutzeinstellungen	
Spannung 1800 s lang über 110 % des Nennwerts	792 V
Spannung 60 s lang über 116 % des Nennwerts	835 V
Spannung 2 s lang über 125 % des Nennwerts	900 V
Spannung 0,150 s lang über 136 % des Nennwerts	979 V
Spannung 180 s lang unter 90 % des Nennwerts (FRT)	648 V
Spannung 12 s lang unter 85 % des Nennwerts (FRT)	612 V
Spannung 4 s lang unter 80 % des Nennwerts (FRT)	576 V
Frequenz 0,2 s lang über 106 % des Nennwerts	53/63,6 Hz
Frequenz 0,2 s lang unter 94 % des Nennwerts	47/56,4 Hz

Tabelle 10-4: Trennwerte für Generator und Umrichter

HINWEIS

* Während der Lebensdauer der Windenergieanlage sollten durchschnittlich nicht mehr als 50 Netzausfälle innerhalb eines Jahres auftreten.

** Die Windenergieanlage kann für einen dauerhaften Betrieb bei Spannungsschwankungen von ±13 % konfiguriert werden. Die Blindleistungskapazität ist für diesen erweiterten Einstellungsbereich auf einen noch festzulegenden Wert begrenzt.

Alle Angaben zu Schutzeinstellungen sind vorläufig und können eine Änderung erfahren.

10.5 Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im 4,0-MW-Modus 0

Die Blindleistungskapazität der 4,0-MW-Windenergieanlage im Modus 0 auf der Niederspannungsseite des Mittelspannungstransformators ist in Abbildung - dargestellt:

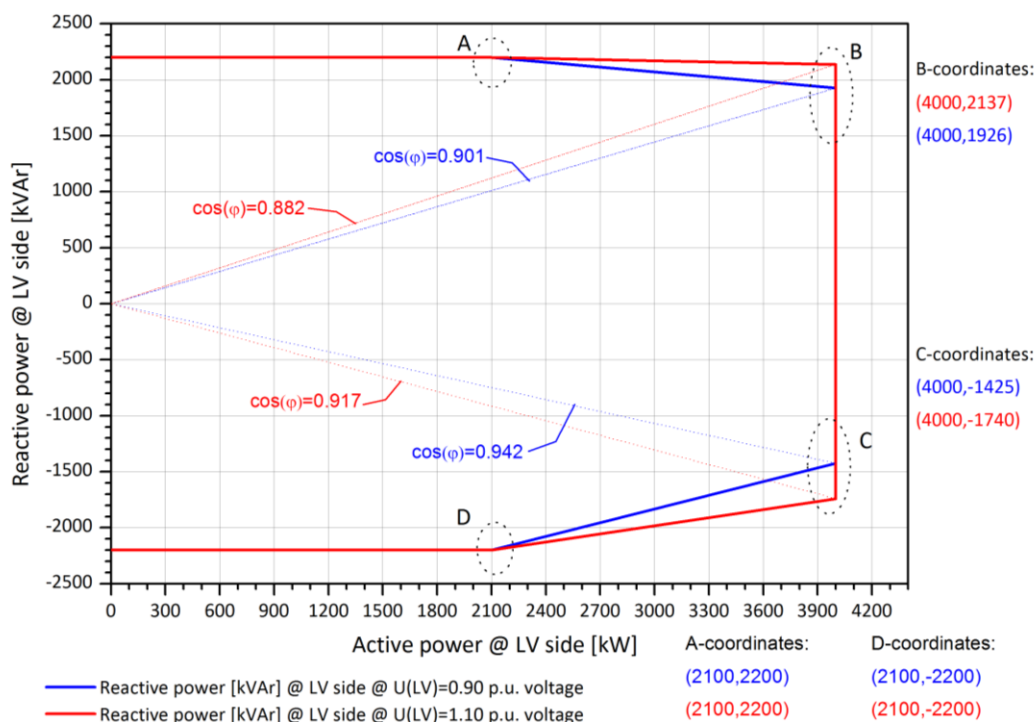


Abbildung -: Blindleistungskapazität im 4,0-MW-Modus 0.

Beim Betrieb mit der Nennleistung von 4,0 MW auf der Niederspannungsseite des Mittelspannungstransformators beträgt die Blindleistungskapazität auf der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators ca.:

- $\cos \varphi$ (Mittelspannung) = 0,93/0,91 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 0,90 pu-Spannung
- $\cos \varphi$ (Mittelspannung) = 0,95/0,89 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,10 pu-Spannung

Blindleistung wird durch den Vollumrichter erzeugt. Daher werden keine herkömmlichen Kondensatoren in der Windenergieanlage verwendet.

Die Windenergieanlage kann die Blindleistungskapazität bei schwachem Wind ohne erzeugte Wirkleistung halten.

HINWEIS

Im 4,0-MW-Modus 0 wird oberhalb von +30 °C Umgebungstemperatur bei ≤ 1000 m ü. d. M. gedrosselt, vgl. Abbildung 10-1.

Alle Angaben zur Blindleistungskapazität sind vorläufig und können Änderungen unterliegen.

10.6 Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im blindleistungsoptimierten 4,0-MW-Modus (QO1)

Optional ist im blindleistungsoptimierten 4,0-MW-Modus (QO1) bei einer Umgebungstemperatur von unter +20 °C und einer Höhe von ≤ 1000 m ü. d. M. eine erweiterte Blindleistungskapazität möglich. Die entsprechende Blindleistungskapazität ist in Abbildung - dargestellt:

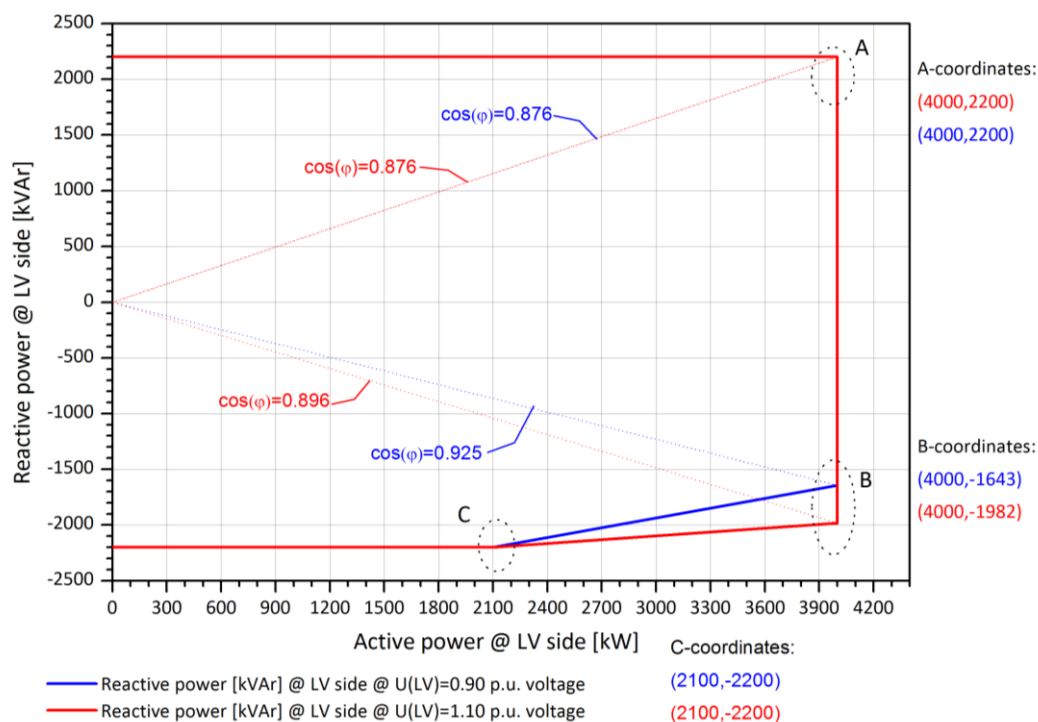


Abbildung -: Blindleistungskapazität im blindleistungsoptimierten 4,0-MW-Modus (QO1).

Beim Betrieb im blindleistungsoptimierten 4,0-MW-Modus (QO1) auf der Niederspannungsseite des Mittelspannungstransformators beträgt die Blindleistungskapazität auf der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators ca.:

- $\cos \phi$ (Mittelspannung) = 0,91/0,90 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 0,90 pu-Spannung
- $\cos \phi$ (Mittelspannung) = 0,94/0,87 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,10 pu-Spannung

Die Windenergieanlage kann die Blindleistungskapazität bei schwachem Wind ohne erzeugte Wirkleistung halten.

HINWEIS

Im blindleistungsoptimierten 4,0-MW-Modus (QO1) wird die Blindleistung bei einer Umgebungstemperatur von mehr als +20 °C und einer Höhe von ≤ 1000 m ü. d. M. linear heruntergeregelt und konvergiert bei +30 °C mit der Blindleistungskapazität des 4,0-MW-Modus-0, wie in Abbildung - gezeigt.

Alle Angaben zur Blindleistungskapazität sind vorläufig und können Änderungen unterliegen.

10.7 Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im leistungsoptimierten 4,2-MW-Modus (PO1)

Die Blindleistungskapazität im leistungsoptimierten 4,2-MW-Modus (PO1) ist in Abbildung - dargestellt:

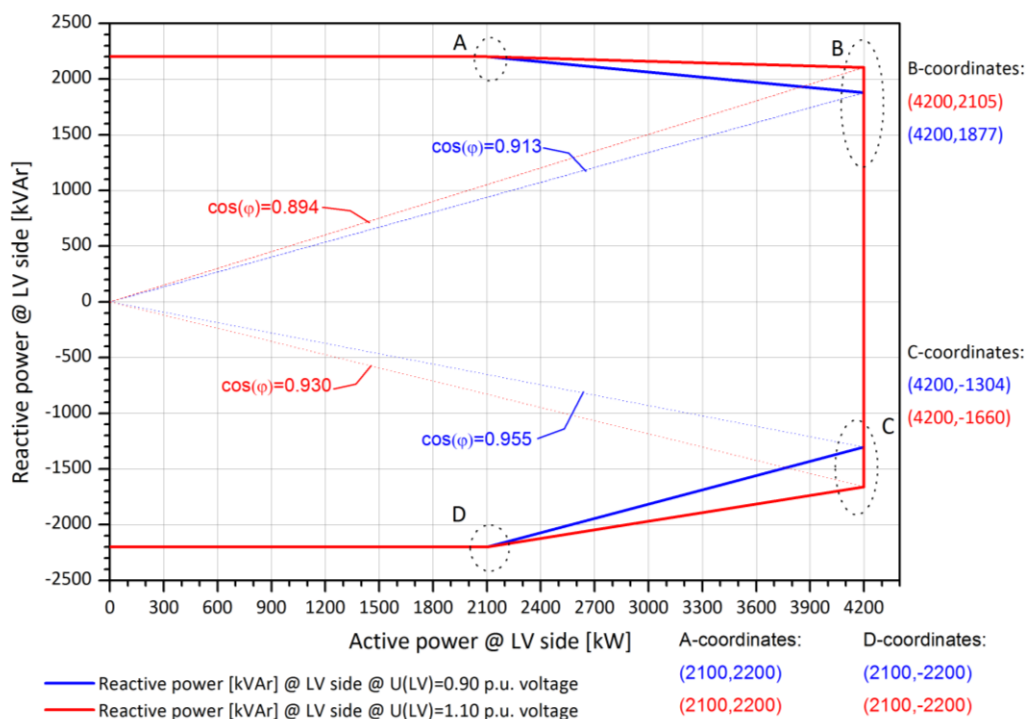


Abbildung -: Die Blindleistungskapazität im leistungsoptimierten 4,2-MW-Modus (PO1).

Beim Betrieb im leistungsoptimierten 4,2-MW-Modus (PO1) auf der Niederspannungsseite des Mittelspannungstransformators beträgt die Blindleistungskapazität auf der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators ca.:

- $\cos \varphi$ (Mittelspannung) = 0,95/0,92 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 0,90 pu-Spannung
- $\cos \varphi$ (Mittelspannung) = 0,96/0,91 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,10 pu-Spannung

Die Windenergieanlage kann die Blindleistungskapazität bei schwachem Wind ohne erzeugte Wirkleistung halten.

HINWEIS

Im leistungsoptimierten 4,2-MW-Modus (PO1) wird oberhalb von +20 °C Umgebungstemperatur bei ≤ 1000 m ü. d. M. heruntergeregelt, vgl. Abbildung 10-1. **Error! Reference source not found..**

Der leistungsoptimierte 4,2-MW-Modus (PO1) und der 4,0 MW blindleistungsoptimierte Modus (QO1) schließen sich gegenseitig aus (da Q gegen P getauscht wird).

Alle Angaben zur Blindleistungskapazität sind vorläufig und können Änderungen unterliegen.

10.8 Leistungsmerkmal – Durchfahren von Netzfehlern

Die Windenergieanlage ist mit einem Vollumrichter ausgestattet, damit sie bei Stromnetzstörungen besser geregelt werden kann. Die Steuerung der Windenergieanlage ist auch bei Netzstörungen voll funktionsfähig.

Die Windenergieanlage ist so ausgelegt, dass sie sich bei Stromnetzstörungen innerhalb der Spannungstoleranzkurve wie dargestellt nicht vom Stromnetz trennt:

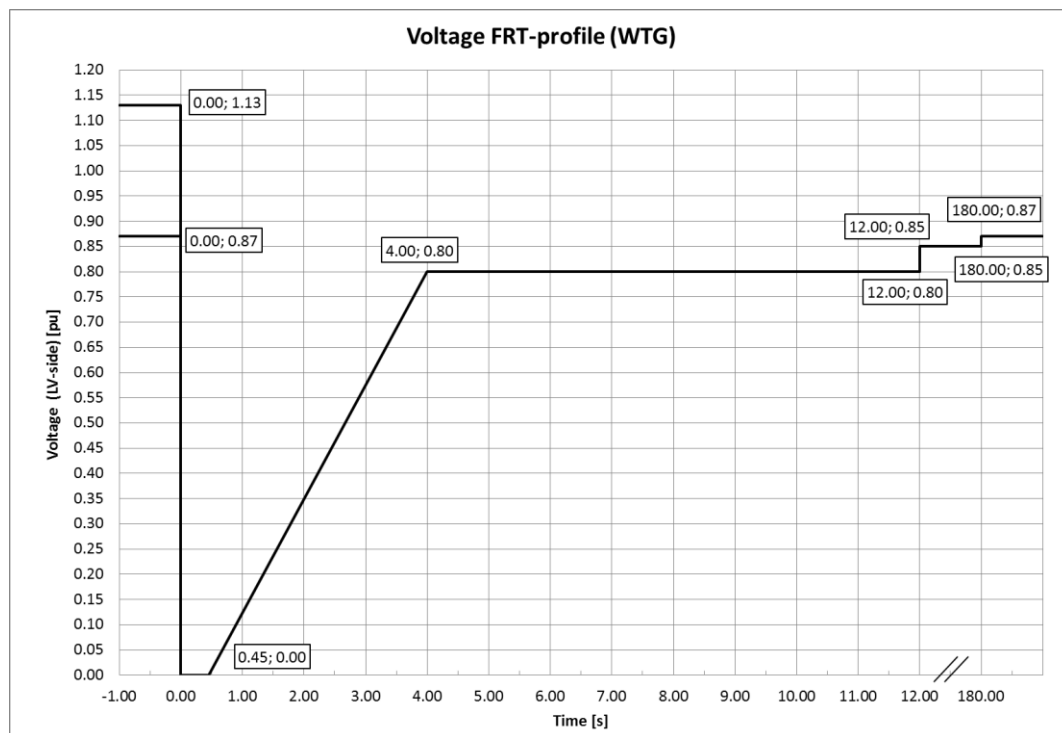


Abbildung 10-2: Niedrige Spannungstoleranzkurve für symmetrische und asymmetrische Störungen, wobei U die gemessene Spannung im Stromnetz darstellt.

Bei Stromnetzstörungen außerhalb der Schutzkurve in Abbildung 10-2 wird die Windenergieanlage vom Stromnetz getrennt.

HINWEIS

Alle Angaben zur Kapazität beim Durchfahren von Netzfehlern sind vorläufig und vorbehaltlich etwaiger Änderungen.

Zeitspanne bis zur Leistungswiederherstellung

Leistungswiederherstellung auf 90 % des Niveaus vor einer Störung

max. 0,1 s

Tabelle 10-5: Zeitspanne bis zur Leistungswiederherstellung

10.9 Leistung – Blindstrombeitrag

Der Blindstrombeitrag hängt davon ab, ob die auf die Windenergieanlage einwirkende Störung symmetrischer oder asymmetrischer Art ist.

HINWEIS

Alle Angaben zum Blindstrombeitrag sind vorläufig und vorbehaltlich etwaiger Änderungen.

10.9.1 Symmetrischer Blindstrombeitrag

Während symmetrischer Spannungsabfälle speist der Windpark zur Stützung der Stromnetzspannung Blindstrom ein. Der eingespeiste Blindstrom ist eine Funktion der gemessenen Stromnetzspannung.

Der Standardwert ergibt einen Blindstromanteil von 1 pu des Nennstroms an der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators. Abbildung 10-3 stellt den Blindstrombeitrag als eine Funktion der Spannung dar. Der Blindstrombeitrag ist unabhängig von den tatsächlichen Windbedingungen und dem Leistungsniveau vor einer Störung. Wie in Abbildung 10-3 dargestellt, ist der Gradient für die Blindstromeinspeisung mit einem Blindstrom von 2 % des Nennstroms pro 1 % Spannungsfall definiert. Der Anstieg kann zur Anpassung an die standortspezifischen Anforderungen auf einen Wert von 0 – 10 % parametrisiert werden.

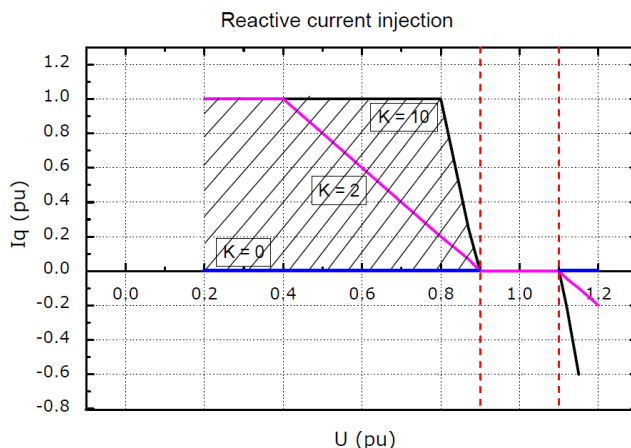


Abbildung 10-3: Blindstromeinspeisung

10.9.2 Asymmetrischer Blindstrombeitrag

Der Blindstrom beruht auf der gemessenen positiven Sequenzspannung und dem verwendeten k-Faktor. Während asymmetrischer Spannungsabfälle wird die Blindstromeinspeisung auf ca. 0,4 pu beschränkt, um einen möglichen Spannungsanstieg auf die gesunden Phasen zu begrenzen.

10.10 Leistung – Mehrfache Spannungsabfälle

Die Windenergieanlage ist so ausgelegt, dass sie Automatische Wiedereinschaltungen (AWE) und mehrfache Spannungsabfälle innerhalb einer kurzen Zeitspanne vertragen kann, da solche Spannungsabfälle nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt sind. Beispielsweise stellen zehn

Spannungsabfälle einer Dauer von jeweils 200 ms innerhalb von 30 Minuten auf 20 % der Spannung in der Regel kein Problem für die Windenergieanlage dar.

10.11 Leistung – Regelung von Wirk- und Blindleistung

Die Windenergieanlage kann Wirk- und Blindleistung über das VestasOnline®-SCADA-System regeln.

Max. Anstiegsrate für externe Steuerung	
Wirkleistung	0,1 pu/s bei einer max. Leistungsniveauänderung um 0,3 pu
	0,3 pu/s bei einer max. Leistungsniveauänderung um 0,1 pu
Blindleistung	20 pu/s

Tabelle 10-6: Anstiegsraten für Wirk-/Blindleistung (Werte sind vorläufig)

Zur Unterstützung der Stromnetzstabilität ist die Windenergieanlage in der Lage, bei Wirkleistungsreferenzen bis 10 % der Nennleistung der Windenergieanlage mit dem Stromnetz verbunden zu bleiben. Bei Wirkleistungsreferenzen unter 10 % kann es zur Trennung der Windenergieanlage vom Stromnetz kommen.

10.12 Leistungsmerkmal – Spannungsregelung

Die Windenergieanlage ist für eine Integration in die Spannungsregelung VestasOnline® durch Ausnutzung der Blindleistungskapazität der Anlage konzipiert.

10.13 Leistung – Frequenzregelung

Die Windenergieanlage lässt sich zur Frequenzregelung durch Begrenzung der abgegebenen Leistung als Funktion der Netzfrequenz (Überfrequenz) konfigurieren. Totbereich und Anstieg sind für die Frequenzregelungsfunktion einstellbar.

10.14 Verzerrung – Störfestigkeit

Die Windenergieanlage lässt sich mit einem (Hintergrund-)Spannungsklirrfaktor von 8 % vor Anschluss an die Netzschnittstelle anschließen und nach Anschluss mit einem Spannungsklirrfaktor von 8 % betreiben.

10.15 Hauptbeitragende zum Eigenbedarf

Der Stromverbrauch der Windenergieanlage ist als der Energiebetrag definiert, den die Windenergieanlage aufnimmt, wenn sie keine Energie an das Stromnetz liefert. Dies ist im Steuersystem als Production Generator 0 (Null) definiert.

Die in Tabelle 10-7 aufgeführten Komponenten haben den größten Einfluss auf den Eigenbedarf der Windenergieanlage (Der durchschnittliche Eigenverbrauch hängt von den vorherrschenden Bedingungen, dem Klima, der Windenergieanlagenleistung, den Abschaltzeiten usw. ab.).

Die VMP8000-Steuerung verfügt über einen Ruhemodus, durch den der Eigenbedarf nach Möglichkeit reduziert wird. Ebenso können die Kühlturmpumpen ausgeschaltet werden, wenn sich die Windenergieanlage im Leerlauf befindet.

Hauptbeitragende zum Eigenbedarf	
Hydraulikmotor	2 x 15 (V117)/18,5 kW (V136 + V150) (master-slave)
Azimutmotoren	Maximal insgesamt 21 kW
Wassererwärmung	10 kW
Wasserpumpen	2,2 + 5,5 kW
Ölerwärmung	7,9 kW
Ölpumpe für Getriebschmierung	12,5 kW
Steuerung einschließlich Heizelementen für die Hydraulik und alle Steuerungen	ungefähr 3 kW
Leerlaufverlust Mittelspannungstransformator	Siehe Abschnitt 4.3 Mittelspannungstransformator auf Seite 14

Tabelle 10-7: Daten zu den Hauptbeitragenden zum Eigenbedarf (Werte sind vorläufig).

11 Zeichnungen

11.1 Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen

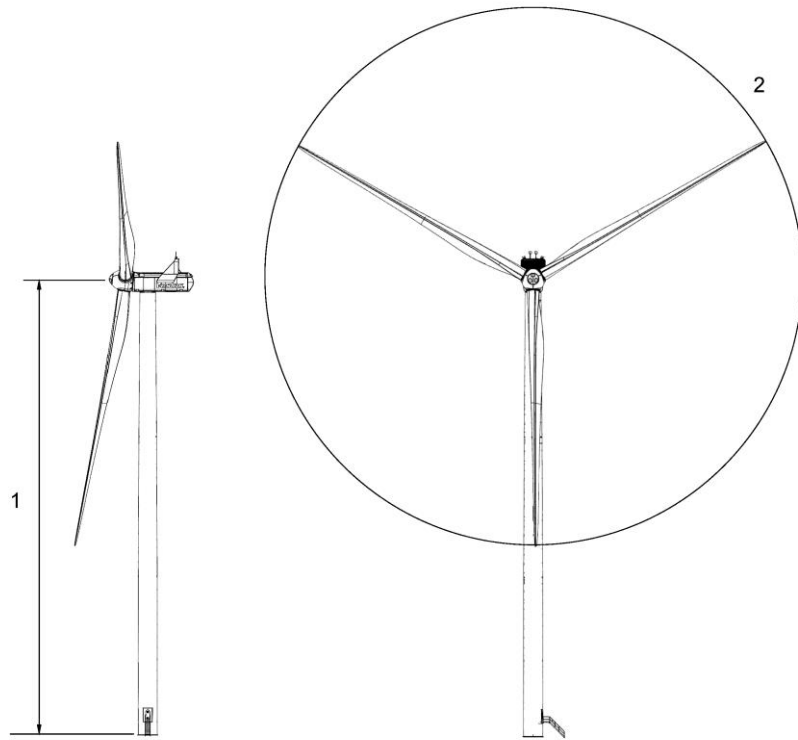


Abbildung 11-1: Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen

1 Nabenhöhen: vgl. Leistungsspezifikationen

2 Rotordurchmesser: 117-150 m

11.2 Baukonstruktion – Seitenansichtszeichnung

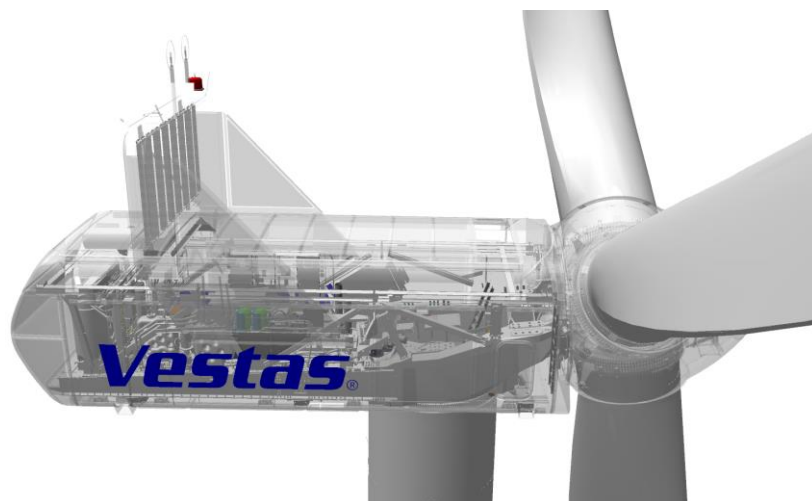


Abbildung 11-2: Seitenansichtszeichnung

12 Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse

- © 2017 Vestas Wind Systems A/S. Das vorliegende Dokument wurde von Vestas Wind Systems A/S und/oder einer seiner Tochtergesellschaften erstellt und enthält urheberrechtlich geschütztes Material, Markenzeichen und andere geschützte Informationen. Alle Rechte vorbehalten. Das Dokument darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis durch Vestas Wind Systems A/S weder als Ganzes noch in Teilen reproduziert oder in irgendeiner Weise oder Form – sei es grafisch, elektronisch oder mechanisch, einschließlich Fotokopien, Bandaufzeichnungen oder mittels Datenspeicherungs- und Datenzugriffssystemen – vervielfältigt werden. Die Nutzung dieses Dokuments über den ausdrücklich von Vestas Wind Systems A/S gestatteten Umfang hinaus ist untersagt. Marken-, Urheberrechts- oder sonstige Vermerke im Dokument dürfen nicht geändert oder entfernt werden.
- Die allgemeinen Beschreibungen in diesem Dokument gelten für die aktuelle Version der 4-MW-Plattform-Windenergieanlagen. Bei neueren Versionen der 4-MW-Plattform-Windenergieanlagen, die ggf. zukünftig hergestellt werden, gilt u. U. eine andere allgemeine Beschreibung. Falls Vestas eine neuere Version der 4-MW-Plattform-Windenergieanlagen liefern sollte, wird das Unternehmen hierzu eine aktualisierte allgemeine Beschreibung vorlegen.
- Vestas empfiehlt, dass die Werte des Stromnetzes so dicht wie möglich an den Nennwerten liegen und Frequenz und Spannung nur geringfügig vom Nennwert abweichen.
- Im Anschluss an einen Stromnetzausfall und/oder an Zeiträume mit sehr geringer Umgebungstemperatur muss ein gewisser Zeitraum für das Aufwärmen der Windenergieanlage eingeplant werden.
- Für alle angegebenen Start/Stop-Parameter (z. g. Windgeschwindigkeiten und Temperaturen) ist eine Hysterese-Steuerung vorhanden. Dadurch kann es in bestimmten Grenzsituationen dazu kommen, dass die Windenergieanlage angehalten wird, obwohl unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen die angegebenen Betriebsparametergrenzwerte nicht überschritten worden sind.
- Das Erdungssystem muss die Mindestanforderungen von Vestas sowie die lokalen und nationalen Anforderungen und Normen erfüllen.
- Die vorliegende allgemeine Beschreibung stellt kein Verkaufsangebot dar; sie beinhaltet keine Garantie oder Zusage und auch keine Prüfung der Leistungskurve und Geräusche (einschließlich und ohne Einschränkung Prüfverfahren für Leistungskurve und Geräusche). Garantien, Zusagen und/oder Prüfungen von Leistungskurve und Geräuschen (einschließlich und ohne Einschränkung Prüfverfahren für Leistungskurve und Geräusche) müssen separat schriftlich vereinbart werden.