

RESTRICTED

Restricted  
Dokumentennr.: 0061-8876 V00  
29.04.2016

# Allgemeine Spezifikation

## V112-3.3/3.45 MW 50/60 Hz BWC



Vestas Wind Systems A/S · Hedeager 42 · 8200 Aarhus N · Denmark · [www.vestas.com](http://www.vestas.com)

**Vestas**

Erstelldatum: 30.08.2019 Version: 1

This document contains confidential information of Vestas Wind Systems A/S. It is protected by copyright law as an unpublished work. Vestas reserves all patent, copyright, trademark, and other proprietary rights to it. The information in this document may not be used, reproduced, or disclosed except if and to the extent rights are expressly granted by Vestas in writing and subject to applicable conditions. Vestas disclaims all warranties except as expressly granted by written agreement and is not responsible for unauthorized uses, for which it may pursue legal remedies against responsible parties.

2/250

Übersetzung der Originalbetriebsanleitung: T05 0058-5119 VER 00

T05 0061-8876 Ver 00 - Approved - Exported from DMS: 2017-04-03 by INVOL

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Allgemeine Beschreibung .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Mechanische Konstruktion .....</b>	<b>6</b>
2.1	Rotor .....	6
2.2	Rotorblätter .....	7
2.3	Blattlager .....	7
2.4	Pitchsystem .....	7
2.5	Nabe .....	8
2.6	Hauptwelle .....	8
2.7	Hauptlagergehäuse .....	8
2.8	Hauptlager .....	8
2.9	Getriebe .....	9
2.10	Generatorlager .....	9
2.11	Kupplung der schnellen Welle .....	9
2.12	Azimutsystem .....	9
2.13	Kran .....	10
2.14	Türme .....	10
2.15	Maschinenhausrahmen und -verkleidung .....	10
2.16	Klimaanlage (auch als Wärmekonditionierungssystem bezeichnet) .....	11
2.16.1	Generator- und Umrichter Kühlung .....	11
2.16.2	Getriebe- und Hydraulikkühlung .....	11
2.16.3	Transformator Kühlung .....	12
2.16.4	Maschinenhauskühlung .....	12
2.16.5	Optionale Luken für Lufteinlass .....	12
<b>3</b>	<b>Elektrisches System .....</b>	<b>12</b>
3.1	Generator .....	12
3.2	Converter .....	13
3.3	Mittelspannungstransformator .....	13
3.3.1	IEC 50-Hz-/60-Hz-Version .....	14
3.3.2	Ecodesign – IEC 50 Hz/60 Hz-Version .....	15
3.3.3	IEEE 60-Hz-Version .....	17
3.4	Mittelspannungskabel .....	19
3.5	Mittelspannungsschaltanlage .....	19
3.5.1	IEC-50-Hz/60-Hz-Version .....	21
3.5.2	IEEE 60-Hz-Version .....	22
3.6	AUX-System .....	22
3.7	Windsensoren .....	22
3.8	VMP-(Vestas-Multiprozessor-)Steuerung .....	23
3.9	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) .....	23
<b>4</b>	<b>WEA-Schutzsysteme .....</b>	<b>24</b>
4.1	Bremskonzept .....	24
4.2	Kurzschlusschutz .....	25
4.3	Überdrehzahlenschutz .....	25
4.4	Lichtbogendetektor .....	25
4.5	Rauchmeldesystem .....	25
4.6	Blitzschutz von Rotorblättern, Maschinenhaus, Rotorblattnabe und Turm .....	25
4.7	EMV .....	26
4.8	Erdung .....	26
4.9	Korrosionsschutz .....	27
<b>5</b>	<b>Sicherheit .....</b>	<b>27</b>
5.1	Zugang .....	27
5.2	Fluchtwege .....	27
5.3	Räume/Arbeitsbereiche .....	28

5.4	Böden, Plattformen, Steh- und Arbeitsplätze.....	28
5.5	Serviceaufzug .....	28
5.6	Aufstiegsmöglichkeiten .....	28
5.7	Bewegliche Teile, Schutzeinrichtungen und Sperrvorrichtungen .....	28
5.8	Beleuchtung.....	28
5.9	Notstopp .....	29
5.10	Unterbrechung der Stromversorgung .....	29
5.11	Brandschutz/Erste Hilfe .....	29
5.12	Warnschilder.....	29
5.13	Handbücher und Warnhinweise .....	29
<b>6</b>	<b>Umwelt.....</b>	<b>29</b>
6.1	Chemikalien .....	29
<b>7</b>	<b>Auslegungsrichtlinien .....</b>	<b>30</b>
7.1	Auslegungsrichtlinien – Baukonstruktion.....	30
<b>8</b>	<b>Farben.....</b>	<b>31</b>
8.1	Maschinenhausfarbe.....	31
8.2	Turmfarbe.....	31
8.3	Rotorblatffarben .....	31
<b>9</b>	<b>Leitfaden für Betriebsbereichsbedingungen und Leistungsmerkmale.....</b>	<b>31</b>
9.1	Klima und Standortbedingungen .....	32
9.2	Betriebsbereich – Temperatur und Höhe .....	32
9.3	Betriebsbereich – Temperatur- und höhenbedingte Drosselung im 3,3-MW-Modus 0.....	32
9.4	Betriebsbereich – Temperatur- und höhenbedingte Drosselung im 3,45-MW-Modus 0.....	33
9.5	Betriebsbereich – Temperatur- und höhenbedingte Drosselung im gedrosselten 3,0-MW-Modus .....	34
9.6	Betriebsbereich – Netzanschluss .....	34
9.7	Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im 3,3-MW-Modus 0. ....	36
9.8	Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im 3,45-MW-Leistungsmodus .....	37
9.9	Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im blindleistungsoptimierten 3,45-MW-Modus (QO1).....	38
9.10	Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im gedrosselten 3,0-MW-Modus .....	39
9.11	Leistungsmerkmal – Durchfahren von Netzfehlern.....	41
9.12	Leistung – Blindstrombeitrag.....	41
9.12.1	Symmetrischer Blindstrombeitrag .....	42
9.12.2	Asymmetrischer Blindstrombeitrag.....	42
9.13	Leistung – Mehrfache Spannungsabfälle .....	42
9.14	Leistung – Regelung von Wirk- und Blindleistung .....	43
9.15	Leistungsmerkmal – Spannungsregelung .....	43
9.16	Leistung – Frequenzregelung .....	43
9.17	Verzerrung – Störfestigkeit.....	43
9.18	Hauptbeitragende zum Eigenbedarf.....	43
<b>10</b>	<b>Typenprüfung und verfügbare Nabenhöhen.....</b>	<b>45</b>
<b>11</b>	<b>Leitfaden für Betriebsbereichsbedingungen und Leistungsmerkmale.....</b>	<b>45</b>
11.1	Klima und Standortbedingungen .....	45
11.1.1	Komplexes Gelände.....	46
11.1.2	Höhenlage .....	46
11.1.3	Anordnung der Windenergieanlagen.....	46
11.2	Betriebsbereich – Wind.....	47
11.3	Betriebsumgebung – Bedingungen für Leistungskurve und $C_t$ -Werte (in Nabenhöhe) .....	47
11.4	Geräuschmodi .....	47
<b>12</b>	<b>Zeichnungen .....</b>	<b>49</b>
12.1	Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen .....	49
12.2	Baukonstruktion – Seitenansichtszeichnung .....	49
<b>13</b>	<b>Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse.....</b>	<b>50</b>

<b>14</b>	<b>Anhänge</b> .....	<b>51</b>
14.1	Betriebsmodus 0 .....	51
14.1.1	Leistungskurven, Betriebsmodus 0 .....	51
14.1.2	C <sub>r</sub> -Werte, Geräuschmodus 0 .....	52
14.1.3	Geräuschkurven, Geräuschmodus 0 .....	53
14.2	Modus 2 .....	54
14.2.1	Leistungskurven, Geräuschmodus 2 .....	54
14.2.2	C <sub>r</sub> -Werte, Geräuschmodus 2 .....	55
14.2.3	Geräuschkurven, Geräuschmodus 2 .....	56
14.3	Modus 3 .....	57
14.3.1	Leistungskurve, Geräuschmodus 3 .....	57
14.3.2	C <sub>r</sub> -Werte, Geräuschmodus 3 .....	58
14.3.3	Geräuschkurven, Geräuschmodus 3 .....	59
14.4	Modus 4 .....	60
14.4.1	Leistungskurven, Geräuschmodus 4 .....	60
14.4.2	C <sub>r</sub> -Werte, Geräuschmodus 4 .....	61
14.4.3	Geräuschkurven, Geräuschmodus 4 .....	62
14.5	Betriebsmodus 5 .....	63
14.5.1	Leistungskurven, Geräuschmodus 5 .....	63
14.5.2	C <sub>r</sub> -Werte, Geräuschmodus 5 .....	64
14.5.3	Geräuschkurven, Geräuschmodus 5 .....	65
14.6	Betriebsmodus 8 .....	66
14.6.1	Leistungskurven, Geräuschmodus 8 .....	66
14.6.2	C <sub>r</sub> -Werte, Geräuschmodus 8 .....	67
14.6.3	Geräuschkurven, Geräuschmodus 8 .....	68
14.7	3,45-MW-Leistungsmodus .....	69
14.7.1	Leistungskurven, 3,45-MW-Leistungsmodus .....	69
14.7.2	C <sub>r</sub> -Werte, 3,45-MW-Leistungsmodus .....	70
14.7.3	Geräuschkurven, 3,45-MW-Leistungsmodus .....	71
14.8	Gedrosselter 3,0-MW-Modus .....	72
14.8.1	Leistungskurven, gedrosselter 3,0-MW-Modus .....	72
14.8.2	C <sub>r</sub> -Werte, gedrosselter 3,0-MW-Modus .....	73
14.8.3	Geräuschkurven, gedrosselter 3,0-MW-Modus .....	74

**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 13 auf S. 50) der vorliegenden allgemeinen Beschreibung.**

## 1 Allgemeine Beschreibung

Die Windenergieanlage V112-3.3/3.45 MW 50/60 Hz BWC ist eine Aufwindanlage mit Pitchregelung, aktiver Windnachführung und Dreiblattrotor. Sie hat einen Rotordurchmesser von 112 m und eine Nennleistung von 3,3/3,45 MW.

Bei der Windenergieanlage kommen das Konzept OptiTip® sowie ein Induktionsgenerator mit Vollumrichter zum Einsatz. Mit diesen Komponenten kann die Windenergieanlage den Rotor mit variabler Drehzahl betreiben. Dies ermöglicht ein Erreichen der (ungefähren) Nennleistung auch bei hohen Windgeschwindigkeiten.

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 WEA im 3,45-MW-Leistungsmodus lässt sich über eine erweiterte Drosselungsstrategie sowie eine gegenüber dem 3,3-MW-Betrieb verringerte Blindleistungskapazität erzielen.

Die Windenergieanlage kann auch im gedrosselten Betriebsmodus bei 3,0 MW betrieben werden.

## 2 Mechanische Konstruktion

### 2.1 Rotor

Die Windenergieanlage V112-3.3/3.45 MW 50/60 Hz BWC ist mit einem 112-Meter-Rotor mit drei Rotorblättern und einer Nabe ausgestattet. Der Anstellwinkel der Rotorblätter wird vom mikroprozessorgesteuerten Pitchsystem OptiTip® reguliert. Die Rotorblätter werden also je nach dem vorherrschenden Wind kontinuierlich auf den optimalen Pitchwinkel eingestellt.

Rotor	
Durchmesser	112 m
Überstrichene Fläche	9852 m <sup>2</sup>
Drehzahl, dynamischer Betriebsbereich	6,2 – 17,7
Drehrichtung	Im Uhrzeigersinn (von vorn gesehen)
Ausrichten	Luvwärts
Neigung	6°
Konischer Winkel der Nabe	4°
Blattzahl	3
Aerodynamische Bremsen	Volle Fahnenstellung

Tabelle 2-1: Rotordaten

## 2.2 Rotorblätter

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

<b>Rotorblätter</b>	
<b>Typbeschreibung</b>	Blattprofile verbunden mit Träger
<b>Rotorblattlänge</b>	54,65 m
<b>Material</b>	Glasfaserverstärktes Epoxidharz, Kohlenstofffasern und massive Metallspitze (SMT)
<b>Befestigung der Rotorblätter</b>	Stahleinsätze zur Verankerung
<b>Blattprofile</b>	Auftriebsprofil
<b>Maximale Profilhöhe</b>	4,0 m

Tabelle 2-2: Rotorblattdaten

## 2.3 Blattlager

Bei den Blattlagern handelt es sich um zweireihige Vierpunktkugellager.

<b>Blattlager</b>	
<b>Schmieren</b>	Fett

Tabelle 2-3: Daten zum Blattlager

## 2.4 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 Ablaufleitung) 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.

<b>Pitchsystem</b>	
<b>Typ</b>	Hydraulik
<b>Anzahl</b>	1 pro Rotorblatt
<b>Bewegungsbereich</b>	-9° bis 90°

Tabelle 2-4: Daten zum Pitchsystem

<b>Hydrauliksystem</b>	
<b>Hauptpumpe</b>	Zwei redundante interne

Hydrauliksystem	
	Getriebeölpumpen
<b>Druck</b>	260 bar
<b>Filtration</b>	3 µm (absolut)

Tabelle 2-5: Daten zum Hydrauliksystem

## 2.5 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	
<b>Typ</b>	Gusskugelschalennabe
<b>Material</b>	Gusseisen

Tabelle 2-6: Nabendaten

## 2.6 Hauptwelle

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

Hauptwelle	
<b>Typbeschreibung</b>	Hohlwelle
<b>Material</b>	Gusseisen

Tabelle 2-7: Daten zur Hauptwelle

## 2.7 Hauptlagergehäuse

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

Hauptlagergehäuse	
<b>Material</b>	Gusseisen

Tabelle 2-8: Daten zum Hauptlagergehäuse

## 2.8 Hauptlager

Das Hauptlager nimmt die Axiallasten auf.

Hauptlager	
<b>Typ</b>	Zweireihiges Pendelrollenlager
<b>Schmieren</b>	Automatische Fettschmierung

Tabelle 2-9: Daten zum Hauptlager



## 2.9 Getriebe

Das Hauptgetriebe übersetzt die Rotordrehung mit niedriger Drehzahl in eine Generator-drehung mit hoher Drehzahl.

Die Scheibenbremse ist auf der schnellen Welle montiert. Das Schmier-system 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 – 1200
Ölreinheitscodes	ISO 4406-/15/12
Wellendichtringe	Labyrinth

Tabelle 2-10: Daten zum Getriebe

## 2.10 Generatorlager

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

## 2.11 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 Generatoreingangswelle montiert.

## 2.12 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°/Sek.
Windnachführgeschwindigkeit (60 Hz)	0,55°/Sek.

Tabelle 2-11: Daten zum Azimutsystem

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

Tabelle 2-12: Daten zum Azimutgetriebe

### 2.13 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 2-13: Daten zum Servicekran

### 2.14 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 2-14: Daten zur Turmkonstruktion

### 2.15 Maschinenhausrahmen und -verkleidung

Die Maschinenhausverkleidung besteht aus GFK. Der Boden weist Luken zum Auf- oder Abkranken 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 Azimutlagersystem 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 2-15: Daten zu Maschinenhausrahmen und -verkleidung

## 2.16 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.
- 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.

### 2.16.1 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.

### 2.16.2 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.

### 2.16.3 Transformator Kühlung

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.

### 2.16.4 Maschinenhauskühlung

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

### 2.16.5 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.

## 3 Elektrisches System

### 3.1 Generator

In die Windenergieanlage ist ein 3-Phasen-Asynchrongenerator mit Kurzschlussläufer eingebaut, der über ein Vollumrichtersystem an das Netz 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.

<b>Generator</b>	
<b>Typ</b>	Asynchron mit Kurzschlussläufer
<b>Nennleistung [P<sub>N</sub>]</b>	3650 kW
<b>Frequenz [f<sub>N</sub>]</b>	0 – 100 Hz
<b>Spannung, Stator [U<sub>NS</sub>]</b>	3 x 750 V (bei Nenndrehzahl)
<b>Anzahl der Pole</b>	4/6
<b>Wicklungstyp</b>	Vakuumdruckimprägniert
<b>Wicklungsverschaltung</b>	Stern oder Delta
<b>Nenndrehzahl</b>	1450 – 1550 U/min
<b>Überdrehzahlgrenze gemäß IEC (2 Minuten)</b>	2400 U/min
<b>Generatorlager</b>	Hybrid/Keramik
<b>Temperatursensoren, Stator</b>	Drei Pt100-Sensoren an kritischen Lastpunkten und drei als Reserve

<b>Temperatursensoren, Lager</b>	1 pro Lager
<b>Isolierstoffklasse</b>	F oder H
<b>Gehäuse</b>	IP54

Tabelle 3-1: Daten zum Generator

### 3.2 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 650 V. Die generatorseitige Nennspannung beträgt je nach Generatordrehzahl bis zu 750 V.

Converter	
<b>Scheinnennleistung [S<sub>N</sub>]</b>	4400 kVA
<b>Nennspannung im Stromnetz</b>	3 x 650 V
<b>Nennspannung im Generator</b>	3 x 750 V
<b>Nennnetzstrom</b>	3900 A (≤ 30 °C Umgebungstemperatur) / 3950 A (≤ 20 °C Umgebungstemperatur)
<b>Generatornennstrom</b>	3400 A (≤ 30 °C Umgebungstemperatur) / 3450 A (≤ 20 °C Umgebungstemperatur)
<b>Gehäuse</b>	IP54

Tabelle 3-2: Umrichterdaten

### 3.3 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-Hz-Regionen ist der Transformator nach den IEC-Normen konstruiert. Auf besonderen Wunsch kann jedoch auch ein auf den IEC-Normen basierender 60-Hz-Transformator geliefert werden. Siehe Tabelle 3-3.
- Windenergieanlagen, die in Mitgliedsstaaten der EU errichtet werden sollen, müssen die von der Europäischen Kommission festgelegte Ökodesign-Verordnung Nr. 548/2014 erfüllen. Siehe Tabelle 3-4.
- Für 60-Hz-Regionen ist der Transformator nach den IEEE-Normen konstruiert; in Regionen, die nicht durch die IEEE-Normen abgedeckt sind, basiert die Konstruktion allerdings ebenfalls auf Teilen der IEC-Normen. Siehe Tabelle 3-5.

### 3.3.1 IEC 50-Hz-/60-Hz-Version

Transformator	
<b>Typbeschreibung</b>	Trockengießharz-Transformator.
<b>Grundstruktur</b>	Dreiphasiger Transformator mit zwei Wicklungen
<b>Zugrunde gelegte Normen</b>	IEC 60076-11, IEC 60076-16, IEC 61936-1.
<b>Kühlung</b>	AF
<b>Nennleistung</b>	4000 kVA
<b>Nennspannung, WEA-seitig</b>	
<b>U<sub>m</sub> 1,1 kV</b>	0,650 kV
<b>Nennspannung, netzseitig</b>	
<b>U<sub>m</sub> 12,0 kV</b>	10,0 – 11,0 kV
<b>U<sub>m</sub> 24,0 kV</b>	11,1 – 22,0 kV
<b>U<sub>m</sub> 36,0 kV</b>	22,1 – 33,0 kV
<b>U<sub>m</sub> 41,5 kV</b>	33,1 – 36,0 kV
<b>Isolationspegel AC / LI / LIC</b>	
<b>U<sub>m</sub> 1,1 kV</b>	3 <sup>1</sup> / – / – kV
<b>U<sub>m</sub> 12,0 kV</b>	28 kV <sup>1</sup> / 75 kV / 75 kV
<b>U<sub>m</sub> 24,0 kV</b>	50 kV <sup>1</sup> / 125 kV / 125 kV
<b>U<sub>m</sub> 36,0 kV</b>	70 kV <sup>1</sup> / 170 kV / 170 kV
<b>U<sub>m</sub> 41,5 kV</b>	80 kV <sup>1</sup> / 170 kV / 170 kV
<b>Stufenschalter für den lastlosen Zustand</b>	±2 x 2,5 %
<b>Frequenz</b>	50 Hz / 60 Hz
<b>Schaltgruppe</b>	Dyn5 / YNyn0
<b>Leerlaufverlust <sup>2</sup></b>	~6,0 kW
<b>Nennlastverlust bei Nennleistung MS, 120 °C <sup>2</sup></b>	~30,1 kW
<b>Leerlaufblindleistung <sup>2</sup></b>	~16 kVAr
<b>Vollastblindleistung <sup>2</sup></b>	~345 kVAr
<b>Leerlaufstrom <sup>2</sup></b>	~0,5 %
<b>Positive Kurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120°C <sup>3</sup></b>	~9,0 %
<b>Positiver Kurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 120°C <sup>2</sup></b>	~0,8 %
<b>Nullkurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120°C <sup>2</sup></b>	~8,2 %

Transformator	
Nullkurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 120°C <sup>2</sup>	~0,7 %
Einschaltspitzenstrom <sup>2</sup>	
Dyn5	6 – 9 x $\hat{I}_n$
YNyn0	8 – 12 x $\hat{I}_n$
Halbe Scheitelwert-Zeit <sup>2</sup>	~0,7 s
Schalleistungspegel	≤ 80 dB(A)
Durchschnittlicher Temperaturanstieg in der max. Höhe	≤90 K
Maximale Höhe <sup>4</sup>	2000 m
Isolierklasse	155 (F)
Umweltklasse	E2
Klimaklasse	C2
Brandschutzklasse	F1
Korrosionsschutzklasse	C4
Gewicht	≤ 9500 kg
Temperaturüberwachung	Pt100-Sensoren in Niederspannungswicklungen und Kern
Überspannungsschutz	Überspannungsableiter an Mittelspannungsklemmen
Temporäre Erdung	Drei Erdungspunkte vom Ø 20 mm

*Tabelle 3-3: Transformator Daten für IEC 50-Hz-/60-Hz-Version*

**HINWEIS**

<sup>1</sup> bei 1000 m. Gemäß IEC 60076-11 ist die Wechselstrom-Prüfspannung höhenabhängig. Alle Werte sind vorläufig.

<sup>2</sup> Basierend auf den berechneten Durchschnittswerten, über verschiedene Spannungen und Hersteller gemittelt. Alle Werte sind vorläufig.

<sup>3</sup> Gemäß IEC-Norm-Toleranzen. Alle Werte sind vorläufig.

<sup>4</sup> Die max. Höhe des Transformators lässt sich dem Standort der Windenergieanlage entsprechend einstellen.

**3.3.2 Ecodesign – IEC 50 Hz/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	4000 kVA
Nennspannung, WEA-seitig	
$U_m$ 1,1 kV	0,650 kV
Nennspannung, netzseitig	

Transformator		
	<b>U<sub>m</sub> 12,0 kV</b>	10,0 – 11,0 kV
	<b>U<sub>m</sub> 24,0 kV</b>	11,1 – 22,0 kV
	<b>U<sub>m</sub> 36,0 kV</b>	22,1 – 33,0 kV
	<b>U<sub>m</sub> 40,5 kV</b>	33,1 – 36,0 kV
Isolationspegel AC / LI / LIC		
	<b>U<sub>m</sub> 1,1 kV</b>	3 <sup>1</sup> / – / – kV
	<b>U<sub>m</sub> 12,0 kV</b>	28 kV <sup>1</sup> / 75 kV / 75 kV
	<b>U<sub>m</sub> 24,0 kV</b>	50 kV <sup>1</sup> / 125 kV / 125 kV
	<b>U<sub>m</sub> 36,0 kV</b>	70 kV <sup>1</sup> / 170 kV / 170 kV
	<b>U<sub>m</sub> 40,5 kV</b>	80 kV <sup>1</sup> / 170 kV / 170 kV
<b>Stufenschalter für den lastlosen Zustand</b>		±2 x 2,5 %
<b>Frequenz</b>		50 Hz oder 60 Hz
<b>Schaltgruppe</b>		Dyn5 / YNyn0
<b>Peak Efficiency Index (PEI) <sup>2</sup></b>		Ecodesign-Anforderung
	<b>U<sub>m</sub> 12,0 kV</b>	> 99,348
	<b>U<sub>m</sub> 24,0 kV</b>	> 99,348
	<b>U<sub>m</sub> 36,0 kV</b>	> 99,348
	<b>U<sub>m</sub> 40,5 kV</b>	> 99,158
Leerlaufverlust <sup>2</sup>		
	<b>U<sub>m</sub> 12,0 kV</b>	< 5800 W
	<b>U<sub>m</sub> 24,0 kV</b>	< 5800 W
	<b>U<sub>m</sub> 36,0 kV</b>	< 5800 W
	<b>U<sub>m</sub> 40,5 kV</b>	< 6900 W
Nennlastverlust bei Nennleistung MS, 120 °C <sup>2</sup>		
	<b>U<sub>m</sub> 12,0 kV</b>	< 29300 W
	<b>U<sub>m</sub> 24,0 kV</b>	< 29300 W
	<b>U<sub>m</sub> 36,0 kV</b>	< 29300 W
	<b>U<sub>m</sub> 40,5 kV</b>	< 37850 W
<b>Leerlaufblindleistung <sup>3</sup></b>		~25 kVAr
<b>Vollastblindleistung <sup>3</sup></b>		~370 kVAr
<b>Leerlaufstrom <sup>3</sup></b>		~0,5 %
<b>Positive Kurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120 °C <sup>4</sup></b>		~9,0 %
<b>Positiver Kurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 120°C <sup>3</sup></b>		~0,8 %
<b>Kurzschluss-Nullimpedanz bei Nennleistung, 120°C <sup>3</sup></b>		~8,2 %
<b>Kurzschluss-Nullwiderstand bei Nennleistung, 120°C <sup>3</sup></b>		~0,7 %
<b>Einschaltspitzenstrom <sup>3</sup></b>		
	<b>Dyn5</b>	6 – 9 x $\hat{I}_n$
	<b>YNyn0</b>	8 – 12 x $\hat{I}_n$
<b>Halbe Scheitelwert-Zeit <sup>3</sup></b>		~ 0,7 s
<b>Schallleistungspegel</b>		≤ 80 dB(A)
<b>Durchschnittlicher Temperaturanstieg in der max. Höhe</b>		≤90 K
<b>Maximale Höhe <sup>5</sup></b>		2000 m
<b>Isolierklasse</b>		155 (F)
<b>Umweltklasse</b>		E2



Transformator	
<b>Klimaklasse</b>	C2
<b>Brandschutzklasse</b>	F1
<b>Korrosionsschutzklasse</b>	C4
<b>Gewicht</b>	≤ 10 000 kg
<b>Temperaturüberwachung</b>	Pt100-Sensoren in Niederspannungswicklungen und Kern
<b>Überspannungsschutz</b>	Überspannungsableiter an Mittelspannungsklemmen
<b>Temporäre Erdung</b>	Drei Erdungspunkte vom Ø 20 mm

*Tabelle 3-4: Transformator- und Daten zur Ecodesign-IEC-50-Hz-/60-Hz-Version*

**HINWEIS**

<sup>1</sup> bei 1000 m. Gemäß IEC 60076-11 ist die Wechselstrom-Prüfspannung höhenabhängig. Alle Werte sind vorläufig.

<sup>2</sup> 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 widerspricht. Alle Werte sind vorläufig.

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

<sup>4</sup> Gemäß IEC-Norm-Toleranzen. Alle Werte sind vorläufig.

<sup>5</sup> Die max. Höhe des Transformators lässt sich dem Standort der Windenergieanlage entsprechend einstellen.

**3.3.3 IEEE 60-Hz-Version**

Transformator	
<b>Typbeschreibung</b>	Trockengießharz-Transformator.
<b>Grundstruktur</b>	Dreiphasiger Transformator mit zwei Wicklungen
<b>Zugrunde gelegte Normen</b>	UL 1562, CSA C22.2 Nr. 47, IEEE C57.12, IEC 60076-11, IEC 60076-16, IEC 61936-1.
<b>Kühlung</b>	AFA
<b>Nennleistung</b>	4000 kVA
<b>Nennspannung, WEA-seitig</b>	
<b>N<sub>LL</sub> 1,2 kV</b>	0,650 kV
<b>Nennspannung, netzseitig</b>	
<b>N<sub>LL</sub> 15,0 kV</b>	10,0 – 15,0 kV
<b>N<sub>LL</sub> 25,0 kV</b>	15,1 – 25,0 kV
<b>N<sub>LL</sub> 34,5 kV</b>	25,1 – 34,5 kV
<b>Isolierung AC/LI und LIC</b>	
<b>N<sub>LL</sub> 1,2 kV</b>	4 <sup>1</sup> / +10 kV
<b>N<sub>LL</sub> 15,0 kV</b>	34 <sup>1</sup> / +95 kV
<b>N<sub>LL</sub> 25,0 kV</b>	50 <sup>1</sup> / +125 kV

Transformator	
<b>N<sub>LL</sub> 34,5 kV</b>	70 <sup>1</sup> / (+150 und -170) oder +170 kV
<b>Stufenschalter für den lastlosen Zustand</b>	±2 x 2,5 %
<b>Frequenz</b>	60 Hz
<b>Schaltgruppe</b>	Dyn5 / YNyn0
<b>Leerlaufverlust <sup>2</sup></b>	~6,0 kW
<b>Nennlastverlust bei Nennleistung MS, 120 °C <sup>2</sup></b>	~30,1 kW
<b>Leerlaufblindleistung <sup>2</sup></b>	~16 kVAr
<b>Vollastblindleistung <sup>2</sup></b>	~345 kVAr
<b>Leerlaufstrom <sup>2</sup></b>	~0,5 %
<b>Positive Kurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120°C <sup>3</sup></b>	~9,0 %
<b>Kurzschluss-Mitwiderstand bei Nennleistung, 120 °C<sup>2</sup></b>	~0,7 %
<b>Kurzschluss-Nullimpedanz bei Nennleistung, 120 °C<sup>2</sup></b>	~8,3 %
<b>Kurzschluss-Nullwiderstand bei Nennleistung, 120 °C<sup>2</sup></b>	~0,7 %
<b>Einschaltspitzenstrom <sup>2</sup></b>	
<b>Dyn5</b>	6 – 9 x $\hat{I}_n$
<b>YNyn0</b>	8 – 12 x $\hat{I}_n$
<b>Halbe Scheitelwert-Zeit <sup>2</sup></b>	~ 0,7 s
<b>Schalleistungspegel</b>	≤ 80 dB(A)
<b>Durchschnittlicher Temperaturanstieg in der max. Höhe</b>	≤90 K
<b>Maximale Höhe <sup>4</sup></b>	2000 m
<b>Isolierklasse</b>	150 °C
<b>Umweltklasse</b>	E2
<b>Klimaklasse</b>	C2
<b>Brandschutzklasse</b>	F1
<b>Korrosionsschutzklasse</b>	C4
<b>Gewicht</b>	≤9500 kg
<b>Temperaturüberwachung</b>	Pt100-Sensoren in Niederspannungswicklungen und Kern
<b>Überspannungsschutz</b>	Überspannungsableiter an Mittelspannungsklemmen
<b>Temporäre Erdung</b>	Drei Erdungspunkte vom Ø 20 mm

Tabelle 3-5: Transformator Daten zur IEEE 60-Hz-Version

**HINWEIS**

<sup>1</sup> bei 1000 m. Gemäß IEEE C57.12 ist die Wechselstrom-Prüfspannung höhenabhängig. Alle Werte sind vorläufig.

<sup>2</sup> Basierend auf den berechneten Durchschnittswerten, über verschiedene Spannungen und Hersteller gemittelt. Alle Werte sind vorläufig.

<sup>3</sup> Muss den Toleranzen der Norm IEEE-C57.12 genügen. Alle Werte sind vorläufig.

<sup>4</sup> Die max. Höhe des Transformators lässt sich dem Standort der Windenergieanlage entsprechend einstellen.

### 3.4 Mittelspannungskabel

Das Mittelspannungskabel verläuft vom Transformator im Maschinenhaus am Turm hinunter zur MS-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
Leiterquerschnitt	3 x 70 / 70 mm <sup>2</sup>
Maximale Spannung	24 kV bei 10,0 – 22,0 kV Nennspannung 42 kV bei 22,1 – 36,0 kV Nennspannung

Tabelle 3-6: Daten zu den HV-Kabeln

### 3.5 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. Hierdurch ist gewährleistet, dass bei jeglicher Spannungsbeaufschlagung von Mittelspannungskomponenten der Windenergieanlage sämtliche Schutzvorrichtungen zuverlässig funktionieren. Der Erdungsschalter des Lasttrenners birgt ein Schlüsselverriegelungssystem, dessen Gegenstück an der Zugangstür zum Transformatorraum angebracht ist, um unbefugten Zutritt zum Transformatorraum bei aufgeschalteter Spannung zu verhindern.

Die Schaltanlage ist in drei Varianten mit zunehmendem Funktionsumfang erhältlich; siehe Tabelle 3-7. Darüber hinaus lässt sich die Schaltanlage entsprechend der Zahl an Versorgungsnetzka-beln konfigurieren, die in die jeweilige Windenergieanlage eintreten sollen. Die Konstruktion des Schaltanlagensystems ist dahingehend optimiert, dass solche Versorgungsnetzka-bel 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 Spannungs-klasse erhältlich. Die elektrischen Parameter der Schaltanlage zur IEC-Version sind Tabelle 3-8, die zur IEEE-Version Tabelle 3-9 zu entnehmen.

<b>Mittelspannungsschaltanlage</b>			
<b>Variante</b>	<b>Einfach</b>	<b>Optimiert</b>	<b>Standard</b>
IEC-Normen	○	⊙	⊙
IEEE-Normen	⊙	○	⊙
Vakuum-Lasttrennerkonsole	⊙	⊙	⊙
Überstrom-, Kurzschluss- und Erdungsfehlerschutz	⊙	⊙	⊙
Lasttrenner/Erdungsschalter in Leistungsschalterkonsole	⊙	⊙	⊙
Anzeigesystem für an Lasttrenner anliegende Spannung	⊙	⊙	⊙
Anzeigesystem für an Versorgungsnetzka beln anliegende Spannung	⊙	⊙	⊙
Doppelte Versorgungsnetzka belverbindung	⊙	⊙	⊙
Dreifache Versorgungsnetzka belverbindung	⊙	○	○
Vorkonfigurierte Relaiseinstellungen	⊙	⊙	⊙
Integration des WEA-Sicherheitssystems	⊙	⊙	⊙
Redundante Auslösespulenkreise	⊙	⊙	⊙
Auslösespulenüberwachung	⊙	⊙	⊙
Handbedienung außerhalb des Turms	⊙	⊙	⊙
Sequenzielle Unterspannungsetzung	⊙	⊙	⊙
Wiedereinschaltblockadefunktion	⊙	⊙	⊙
Heizelemente	⊙	⊙	⊙
Schlüsselverriegelungssystem für Lasttrennerkonsole	⊙	⊙	⊙
Unterbrechungsfreie Stromversorgung für Schutzkreise	⊙	⊙	⊙
Motorbetätigung der Lasttrenner	⊙	⊙	⊙
Kabelkonsole für Versorgungsnetzka bel (konfigurierbar)	○	⊙	⊙
Lasttrennschalterkonsolen für Versorgungsnetzka bel – max. drei Konsolen (konfigurierbar)	○	⊙	⊙
Erdungsschalter für Versorgungsnetzka bel	○	⊙	⊙
Störlichtbogenqualifikation	○	⊙	⊙
Überwachung der Minileistungsschalter	○	⊙	⊙
Motorbetätigung der Lasttrennschalter	○	○	⊙
SCADA betriebsbereit	○	○	⊙
SCADA-Betätigung der Leistungsschalter	○	○	⊙

Übersetzung der Originalbetriebsanleitung: T05 0058-5119 VER 00

T05 0061-8876 Ver 00 - Approved - Exported from DMS: 2017-04-03 INVOL

Mittelspannungsschaltanlage			
Variante	Einfach	Optimiert	Standard
SCADA-Betätigung der Lasttrennschalter	○	○	⊙

Tabelle 3-7: Varianten und Funktionsumfang der Mittelspannungsschaltanlage

### 3.5.1 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 <sub>6</sub>
Bemessungsspannung	
U <sub>r</sub> 24,0 kV	10,0 – 22,0 kV
U <sub>r</sub> 36,0 kV	22,1 – 33,0 kV
U <sub>r</sub> 40,5 kV	33,1 – 36,0 kV
Bemessungs-Isolationspegel AC // LI Üblicher Wert / über den Isolierabstand	
U <sub>r</sub> 24,0 kV	50 kV / 60 kV // 125 kV / 145 kV
U <sub>r</sub> 36,0 kV	70 kV / 80 kV // 170 kV / 195 kV
U <sub>r</sub> 40,5 kV	85 kV / 90 kV // 185 kV / 215 kV
Bemessungsfrequenz	50 Hz oder 60 Hz
Bemessungs-Betriebsstrom	630 A
Bemessungs-Kurzzeithaltestrom	
U <sub>r</sub> 24,0 kV	20 kA
U <sub>r</sub> 36,0 kV	25 kA
U <sub>r</sub> 40,5 kV	25 kA
Bemessungs-Stehspitzenstrom 50 Hz / 60 Hz	
U <sub>r</sub> 24,0 kV	50 kA / 52 kA
U <sub>r</sub> 36,0 kV	62,5 kA / 65 kA
U <sub>r</sub> 40,5 kV	62,5 kA / 65 kA
Kurzschluss-Bemessungsdauer	1 s
Störlichtbogenqualifikation (optional)	
U <sub>r</sub> 24,0 kV	IAC A FLR 20 kA, 1 s
U <sub>r</sub> 36,0 kV	IAC A FLR 25 kA, 1 s
U <sub>r</sub> 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 3-8: Daten zur Mittelspannungsschaltanlage in der IEC-Version*

### 3.5.2 IEEE 60-Hz-Version

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

*Tabelle 3-9: Daten zur Mittelspannungsschaltanlage in der IEEE-Version*

### 3.6 AUX-System

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

Alle 230-V-Verbraucher werden von einem 400/230-V-Transformator gespeist, der im Turmfundament aufgestellt ist.

Stromanschlüsse	
<b>Einphasig (Maschinenhaus und Turmplattformen)</b>	230 V (16 A) / 110 V (16 A) / 2 x 55 V (16 A)
<b>Dreiphasig (Maschinenhaus und Turmfundament)</b>	3 x 400 V (16 A)

*Tabelle 3-10: Daten zum Hilfssystem*

### 3.7 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.

### 3.8 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

### 3.9 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

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)	N/A	48 Stunden****

Tabelle 3-11: 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.

**4 WEA-Schutzsysteme****4.1 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.



## 4.2 Kurzschlusschutz

Trennschalter	Trennschalter für Power. (nicht festgelegt)	Trennschalter für Umrichtermodule (nicht festgelegt)
Abschaltleistung, I <sub>cu</sub> , I <sub>cs</sub>	noch nicht definiert	noch nicht definiert
Einschaltleistung, I <sub>cm</sub>	noch nicht definiert	noch nicht definiert

Tabelle 4-1: Daten zum Kurzschlusschutz

## 4.3 Überdrehzahlschutz

Die Drehzahl von Generator und Hauptwelle wird von Induktionssensoren erfasst und von der WEA-Steuerung 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 Notfall-Fahnenstellung (volle Fahnenstellung) der drei Rotorblätter aus.

Überdrehzahlschutz	
Sensortyp	Induktiv
Auslösewert (je nach Version)	17,66 (Rotordrehzahl in U/min) / 2000 (Generator Drehzahl in U/min)

Tabelle 4-2: Daten zum Überdrehzahlschutz

## 4.4 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.

## 4.5 Rauchmeldesystem

Die Windenergieanlage ist mit einem Rauchmeldesystem ausgerüstet, das mehrere Rauchmelder im Maschinenhaus (oberhalb der Scheibenbremse), im Transformatorraum 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.

## 4.6 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, einschließlich der Massivmetallspitzen, sind standardmäßig nicht lackiert.
- 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
<b>Stromspitzenwert</b>	$i_{max}$	[kA]	200
<b>Impulsladung</b>	$Q_{impulse}$	[C]	100
<b>Langzeitladung</b>	$Q_{long}$	[C]	200
<b>Gesamtladung</b>	$Q_{total}$	[C]	300
<b>Spezifische Energie</b>	W/R	[MJ/Ω]	10
<b>Durchschnittliche Steilheit</b>	di/dt	[kA/μs]	200

Tabelle 4-3: Blitzschutzkonstruktionsparameter

**HINWEIS** Das Blitzschutzsystem ist nach den IEC-Normen konstruiert (vgl. Abschnitt 7 Auslegungsrichtlinien auf S. 28).

#### 4.7 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.

#### 4.8 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-Verteilungssystem 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.

#### 4.9 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 4-4: Daten zum Korrosionsschutz zu Maschinenhaus, Nabe und Turm

### 5 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.

#### 5.1 Zugang

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. Ein unberechtigter Zugriff auf Elektroschalttafeln und Stromtafeln in der Windenergieanlage ist gemäß IEC 60204-1 2006 untersagt.

#### 5.2 Fluchtwege

Zusätzlich zu den normalen Zugangswegen führen alternative Fluchtwege 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 Fluchtwege.

### 5.3 Räume/Arbeitsbereiche

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

### 5.4 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.

### 5.5 Serviceaufzug

Die Windenergieanlage wird optional mit montiertem Serviceaufzug geliefert.

### 5.6 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.

### 5.7 Bewegliche Teile, Schutzeinrichtungen und Sperrvorrichtungen

Alle beweglichen Teile im Maschinenhaus sind abgeschirmt.

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

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

### 5.8 Beleuchtung

Die Windenergieanlage ist in Turm, Maschinenhaus, Transformatorraum und Rotorblattnabe mit einer Beleuchtung versehen.

Für den Fall eines Stromausfalls ist eine Notbeleuchtung vorhanden.

## 5.9 Notstopp

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

## 5.10 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 Turmsection.

## 5.11 Brandschutz/Erste Hilfe

Im Maschinenhaus müssen während Service und Wartung ein 5-kg- bis 6-kg-CO<sub>2</sub>-Feuerlöscher, ein Erste-Hilfe-Kasten und eine Feuerlöschdecke vorhanden sein.

- Ein 5-kg- bis 6-kg-CO<sub>2</sub>-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.
- Feuerlöschdecken müssen nur bei nichtelektrischen heißen Arbeiten vorhanden sein.

## 5.12 Warnschilder

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

## 5.13 Handbücher und Warnhinweise

Das „Vestas Firmenhandbuch zum Arbeitsschutz“ sowie Handbücher für Betrieb, Wartung und Service der Windenergieanlage bieten zusätzliche Sicherheitshinweise und -informationen für Betrieb, Wartung oder Instandhaltung der Windenergieanlage.

## 6 Umwelt

### 6.1 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.

## 7 Auslegungsrichtlinien

### 7.1 Auslegungsrichtlinien – Baukonstruktion

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

Auslegungsrichtlinien	
<b>Maschinenhaus und Nabe</b>	IEC 61400-1: Ausgabe 3 EN 50308
<b>Turm</b>	IEC 61400-1: Ausgabe 3 Eurocode 3
<b>Rotorblätter</b>	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
<b>Getriebe</b>	ISO 81400-4
<b>Generator</b>	IEC 60034
<b>Transformator</b>	IEC 60076-11, IEC 60076-16, CENELEC HD637 S1
<b>Blitzschutz</b>	IEC 62305-1: 2006 IEC 62305-3: 2006 IEC 62305-4: 2006 IEC 61400-24:2010
<b>Drehende elektrische Maschinen</b>	IEC 34
<b>Sicherheit von Maschinen, Sicherheitsrelevante Teile von Steuerungen</b>	IEC 13849-1
<b>Maschinensicherheit – elektrische Ausrüstung von Maschinen</b>	IEC 60204-1

*Tabelle 7-1: Auslegungsrichtlinien*

## 8 Farben

### 8.1 Maschinenhausfarbe

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

Tabelle 8-1: Farbe, Maschinenhaus

### 8.2 Turmfarbe

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

Tabelle 8-2: Farbe, Turm

### 8.3 Rotorblattfarben

Rotorblattfarben	
Standard-Rotorblattfarbe	RAL 7035 (Lichtgrau). Alle Blitzrezeptorflächen an den Rotorblättern, einschließlich der Massivmetallsitzen, sind standardmäßig nicht lackiert.
Farbvarianten Rotorblattspitzen	RAL 2009 (Verkehrsorange), RAL 3020 (Verkehrsrot)
Glanzgrad	< 30 % DS/EN ISO 2813

Tabelle 8-3: Farbe, Rotorblätter

## 9 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.

## 9.1 Klima und Standortbedingungen

Die Werte beziehen sich auf die Nabenhöhe:

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

Tabelle 9-1: Auslegungsparameter für Betrieb unter Extrembedingungen

## 9.2 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 9-2: 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.

## 9.3 Betriebsbereich – Temperatur- und höhenbedingte Drosselung im 3,3-MW-Modus 0

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

Bei Umgebungstemperaturen über einem höhenspezifischen Schwellenwert (+30 °C bei ≤ 1250 m ü. d. M.) hält die Windenergieanlage im 3,3-MW-Modus 0 eine gedrosselte Produktion aufrecht, wie in Abbildung 9-1 gezeigt.



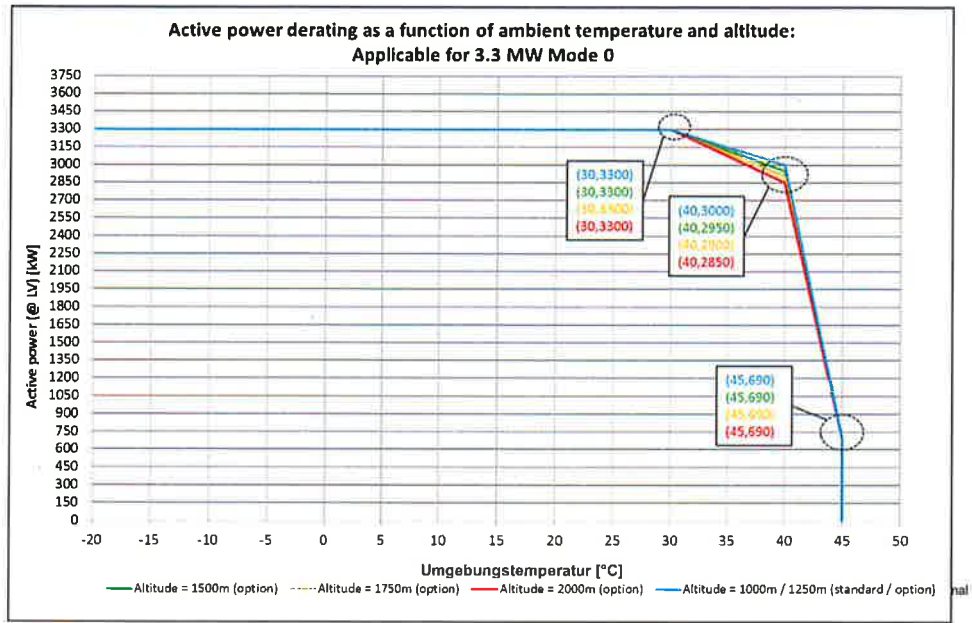
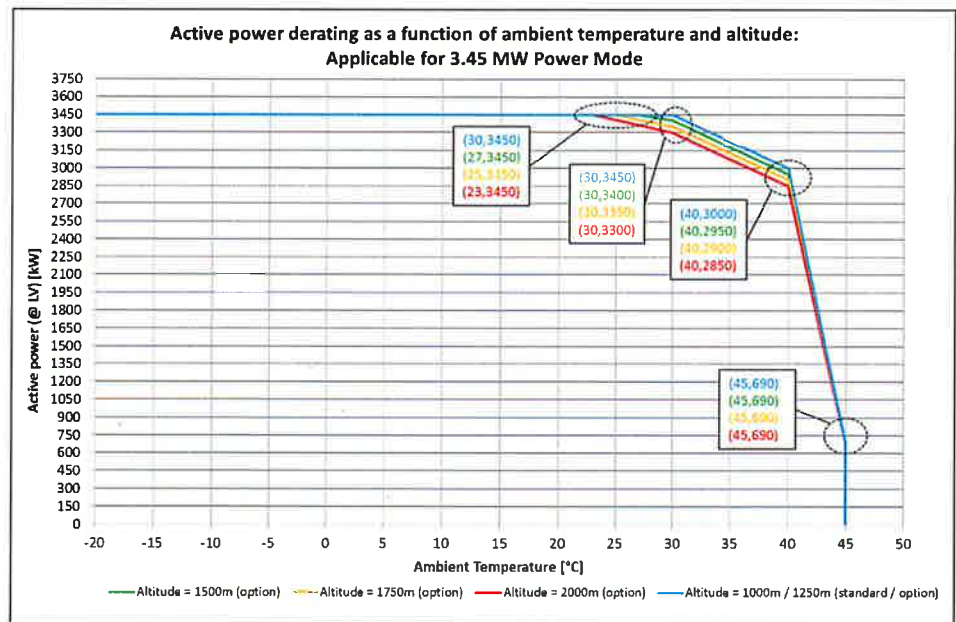


Abbildung 9-1 Temperatur- und höhenbedingter gedrosselter Betrieb im 3,3-MW-Modus 0.

### 9.4 Betriebsbereich – Temperatur- und höhenbedingte Drosselung im 3,45-MW-Modus 0

Abbildung 9-2 ist eine grafische Darstellung der entsprechenden Drosselung im 3,45-MW- Leistungsmodus.

ur und Höhe: Zutreffend für 3,45-



°[°C] m (optional) m (c. Höhe =1000m / 1250m Höhe (Standard / optional

Abbildung 9-2: Temperatur- und höhenbedingter gedrosselter Betrieb im 3,45-MW-Leistungsmodus

### 9.5 Betriebsbereich – Temperatur- und höhenbedingte Drosselung im gedrosselten 3,0-MW-Modus

Abbildung 9-3 ist eine grafische Darstellung der entsprechenden Drosselung im gedrosselten 3,0-MW-Modus.

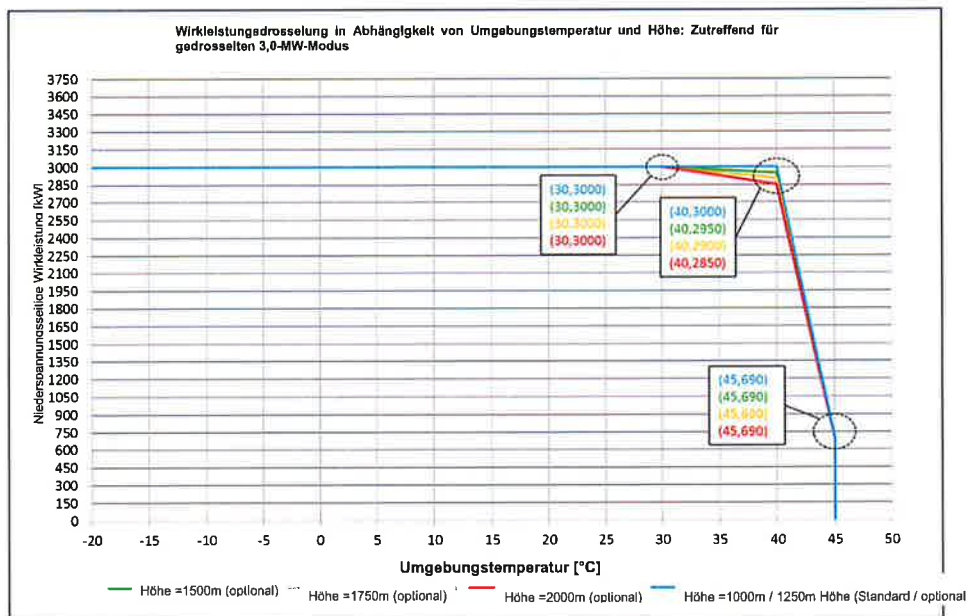


Abbildung 9-3 Temperatur- und höhenbedingter gedrosselter Betrieb im gedrosselten 3,0-MW-Modus.

### 9.6 Betriebsbereich – Netzanschluss

Betriebsbereich – Netzanschluss		
Nennphasenspannung	[U <sub>NP</sub> ]	650 V
Nennfrequenz	[f <sub>N</sub> ]	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	
Maximaler Kurzschlussstrom	1,05 pu (Dauerbetrieb) 1,45 pu (Spitze)	

Tabelle 9-3: Betriebsbereich – Netzanschluss

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

<b>Schutzeinstellungen</b>	
<b>Spannung 3600 s lang über 110 %** des Nennwerts</b>	715 V
<b>Spannung 2 s lang über 121 % des Nennwerts</b>	787 V
<b>Spannung 0,150 s lang über 136 % des Nennwerts</b>	884 V
<b>Spannung 60 s lang unter 90 %** des Nennwerts</b>	585 V
<b>Spannung 10 s lang unter 80 % des Nennwerts</b>	520 V
<b>Frequenz 0,2 s lang über 106 % des Nennwerts</b>	53/63,6 Hz
<b>Frequenz 0,2 s lang unter 94 % des Nennwerts</b>	47 Hz / 56,4 Hz

*Tabelle 9-4: 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  $\pm 13\%$  konfiguriert werden. Die Blindleistungskapazität ist für diesen breiten Einstellungsbereich begrenzt (vgl. Abschnitt 10.4).

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

### 9.7 Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im 3,3-MW-Modus 0.

Die Blindleistungskapazität der 3,3-MW-Windenergieanlage im Modus 0 auf der Niederspannungsseite des Mittelspannungstransformators ist in Abbildung 9-4 dargestellt:

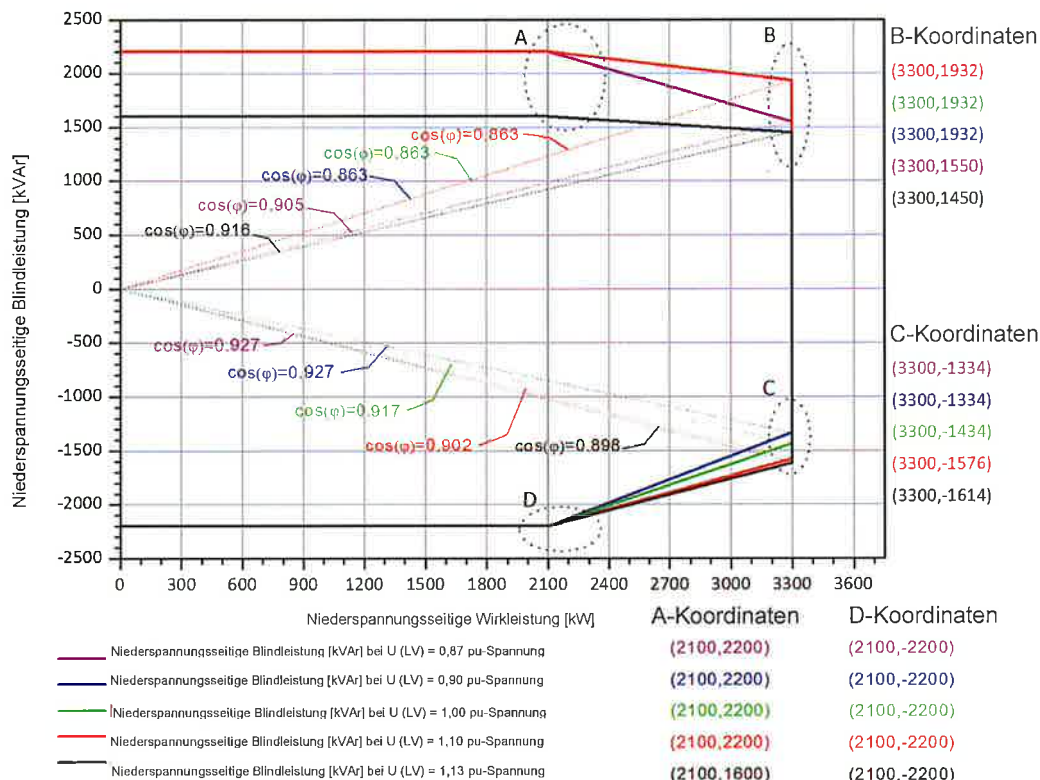


Abbildung 9-4 Blindleistungskapazität im 3,3-MW-Modus 0.

Beim Betrieb im 3,3-MW-Modus 0 auf der Niederspannungsseite des Mittelspannungstransformators beträgt die Blindleistungskapazität auf der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators ca.:

- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,91 kapazitiv bei U (Mittelspannung) = 0,87 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,91/0,91 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 0,89 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,90/0,89 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 0,90 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,90/0,88 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,00 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,91/0,89 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,10 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,95/0,89 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,13 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** Alle Angaben zur Blindleistungskapazität sind vorläufig und können eine Änderung erfahren.

Im 3,3-MW-Modus 0 wird oberhalb von +30 °C Umgebungstemperatur bei ≤ 1250 m ü. d. M. gedrosselt, vgl. Abbildung 9-1.

### 9.8 Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im 3,45-MW-Leistungsmodus

Die Blindleistungskapazität im 3,45-MW-Leistungsmodus auf der Niederspannungsseite des Mittelspannungstransformators ist in Abbildung 9-5 dargestellt:

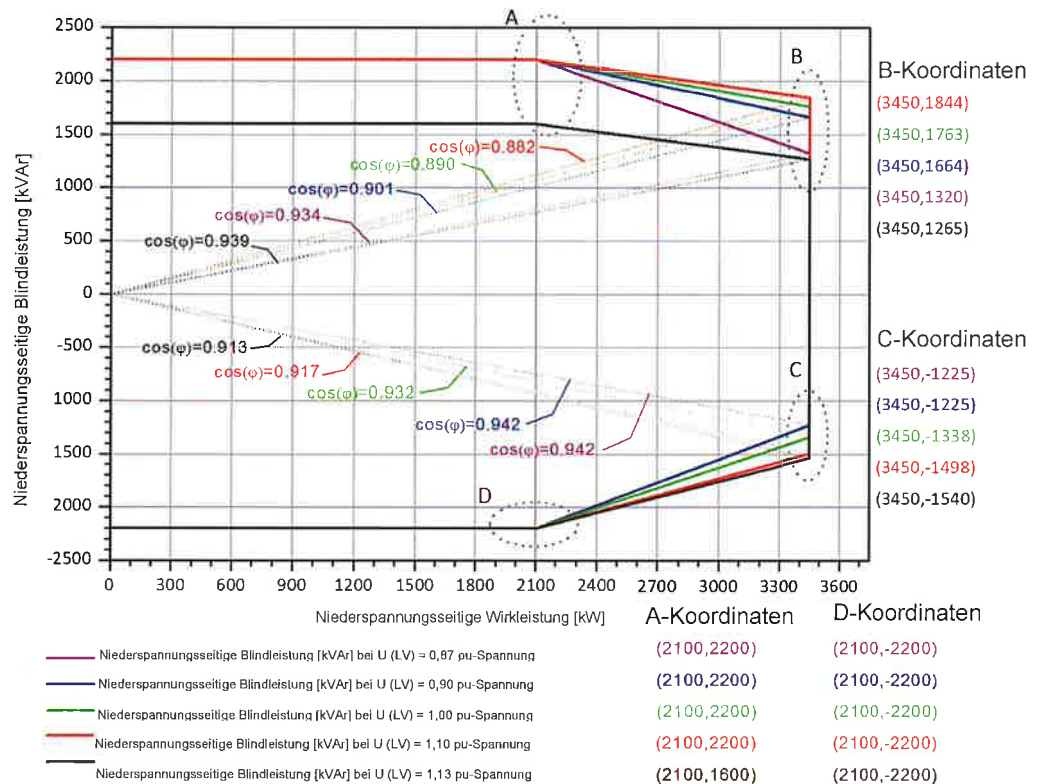


Abbildung 9-5 Blindleistungskapazität im 3,45-MW-Leistungsmodus.

Beim Betrieb im 3,45-MW-Leistungsmodus auf der Niederspannungsseite des Mittelspannungstransformators beträgt die Blindleistungskapazität auf der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators ca.:

- $\cos \phi$  (Mittelspannung) = 0,95 kapazitiv bei U (Mittelspannung) = 0,87 pu-Spannung
- $\cos \phi$  (Mittelspannung) = 0,94/0,94 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 0,88 pu-Spannung
- $\cos \phi$  (Mittelspannung) = 0,93/0,91 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 0,90 pu-Spannung

- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,92/0,90 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,00 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,95/0,89 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,10 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,98/0,89 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,13 pu-Spannung

**HINWEIS** Alle Angaben zur Blindleistungskapazität sind vorläufig und können eine Änderung erfahren.

Im 3,45-MW-Leistungsmodus wird oberhalb von +30 °C Umgebungstemperatur bei  $\leq 1250$  m ü. d. M. gedrosselt, vgl. Abbildung 9-2.

### 9.9 Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im blindleistungsoptimierten 3,45-MW-Modus (QO1)

Optional ist im blindleistungsoptimierten 3,45-MW-Modus (QO1) bei einer Umgebungstemperatur von unter +20 °C und einer Höhe von  $\leq 1250$  m ü. d. M. eine erweiterte Blindleistungskapazität möglich. Die entsprechende Blindleistungskapazität ist in Abbildung 9-6 dargestellt:

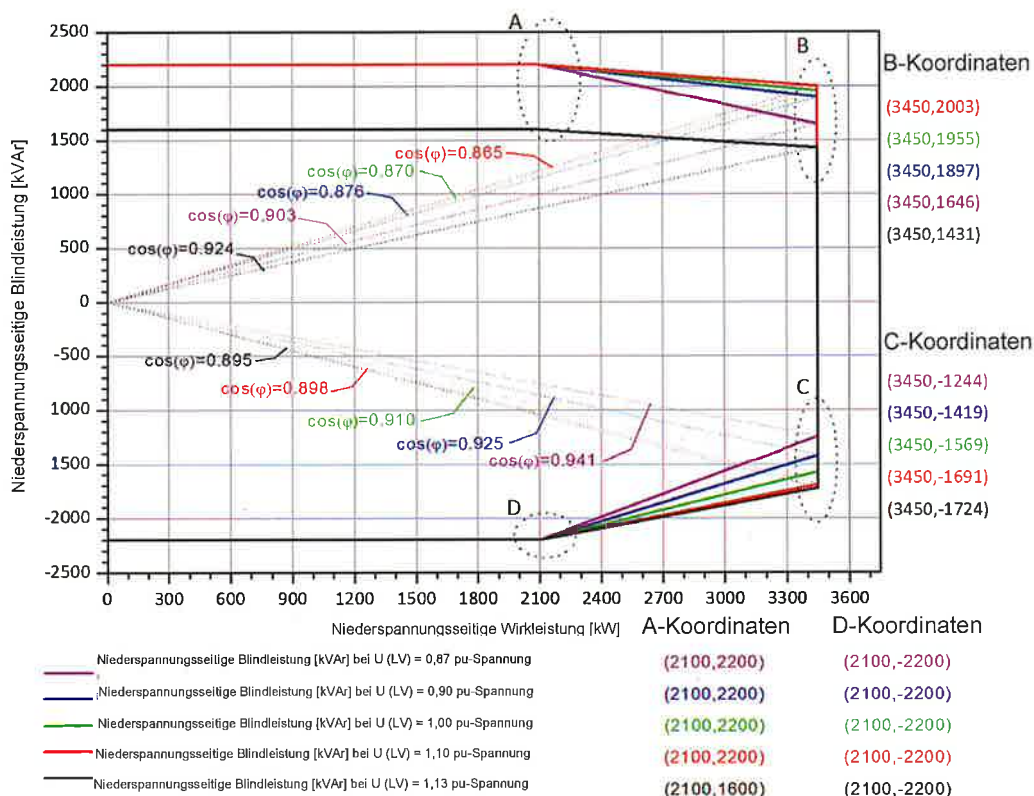


Abbildung 9-6 Blindleistungskapazität im blindleistungsoptimierten 3,45-MW-Modus (QO1).

Beim Betrieb im blindleistungsoptimierten 3,45-MW-Modus (QO1) auf der Niederspannungsseite des Mittelspannungstransformators beträgt die

Blindleistungskapazität auf der Mittelspannungsseite des  
Mittelspannungstransformators ca.:

- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,92 kapazitiv bei U (Mittelspannung) = 0,87 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,92/0,91 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 0,89 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,91/0,90 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 0,90 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,90/0,88 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,00 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,94/0,87 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,10 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,97/0,87 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,13 pu-Spannung

**HINWEIS** Alle Angaben zur Blindleistungskapazität sind vorläufig und können eine Änderung erfahren.

Im blindleistungsoptimierten 3,45-MW-Modus (QO1) wird die Blindleistung bei einer Umgebungstemperatur von mehr als +20 °C und einer Höhe von  $\leq 1250$  m ü. d. M. linear gedrosselt und läuft bei +30 °C mit der Blindleistungskapazität des 3,45-MW-Leistungsmodus, wie in Abbildung 9-5 gezeigt, zusammen.

### 9.10 Betriebsbereich – Blindleistungskapazität im gedrosselten 3,0-MW-Modus

Die Blindleistungskapazität im gedrosselten 3,0-MW-Modus ist in Abbildung 9-7 dargestellt:

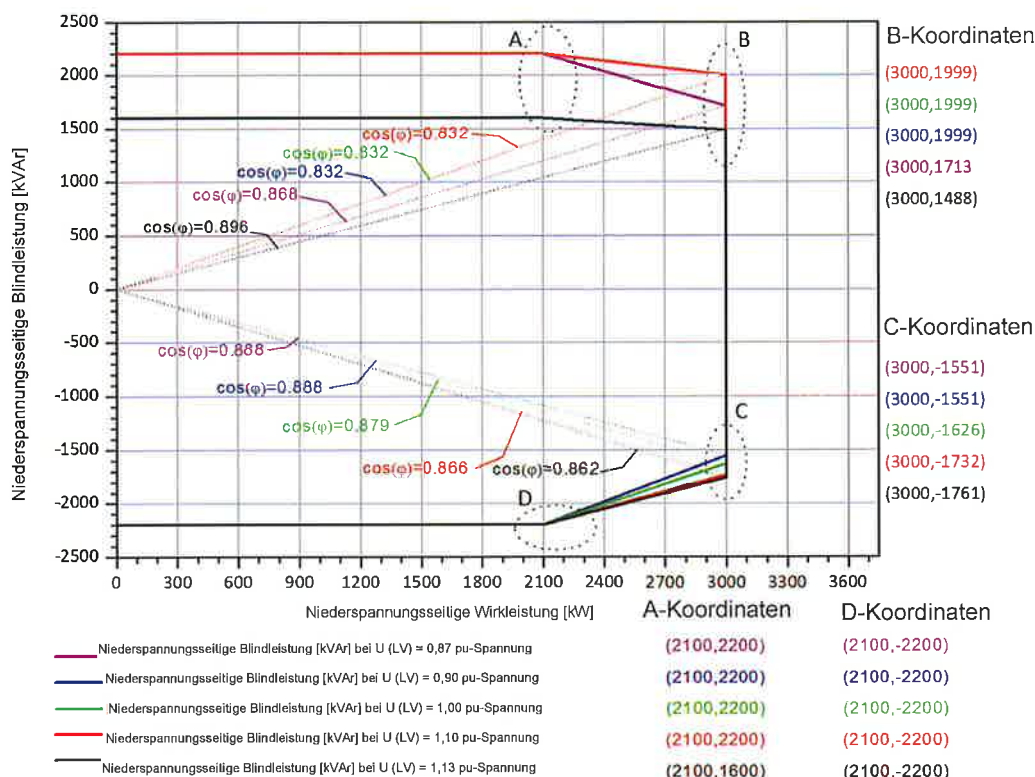


Abbildung 9-7 Blindleistungskapazität im gedrosselten 3,0-MW-Modus.

Beim Betrieb im gedrosselten 3,0-MW-Modus auf der Niederspannungsseite des Mittelspannungstransformators beträgt die Blindleistungskapazität auf der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators ca.:

- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,88 kapazitiv bei U (Mittelspannung) = 0,87 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,88/0,87 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 0,89 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,87/0,85 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 0,90 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,87/0,85 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,00 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,88/0,86 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,10 pu-Spannung
- $\cos \varphi$  (Mittelspannung) = 0,92/0,86 kapazitiv/induktiv bei U (Mittelspannung) = 1,13 pu-Spannung

**HINWEIS** Alle Angaben zur Blindleistungskapazität sind vorläufig und können eine Änderung erfahren.

Im gedrosselten 3,0-MW-Modus wird oberhalb von +30 °C Umgebungstemperatur bei  $\leq 1250$  m ü. d. M. gedrosselt, vgl. Abbildung 9-3.



**9.11 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:

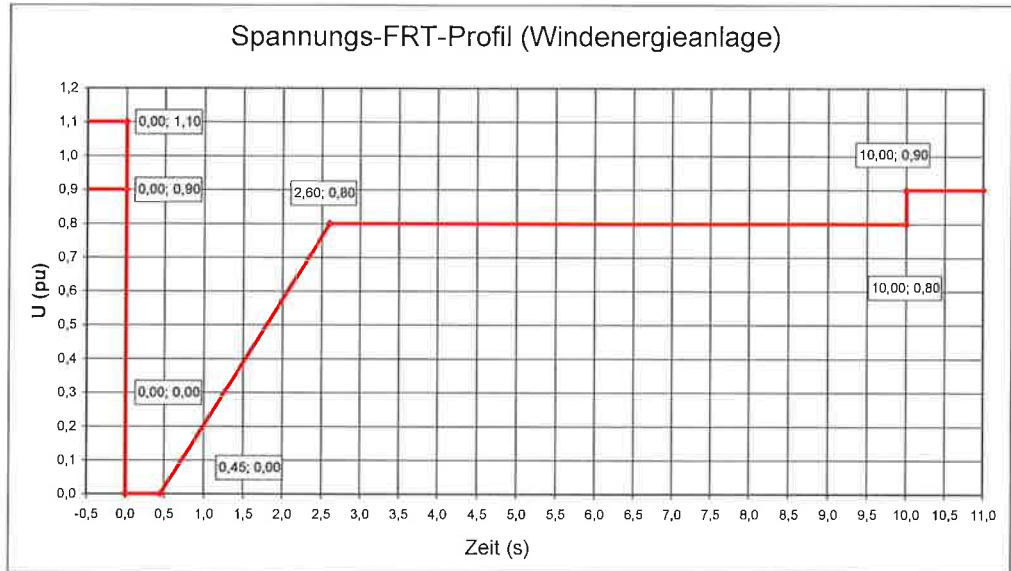


Abbildung 9-8 Niedrige Spannungstoleranzkurve für symmetrische und asymmetrische Störungen, wobei U die gemessene Spannung im Stromnetz darstellt.

Bei Stromnetzstörungen außerhalb der Schutzkurve in Abbildung 9-8 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 9-5: Zeitspanne bis zur Leistungswiederherstellung

**9.12 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.

### 9.12.1 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 9-9 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 9-9 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.

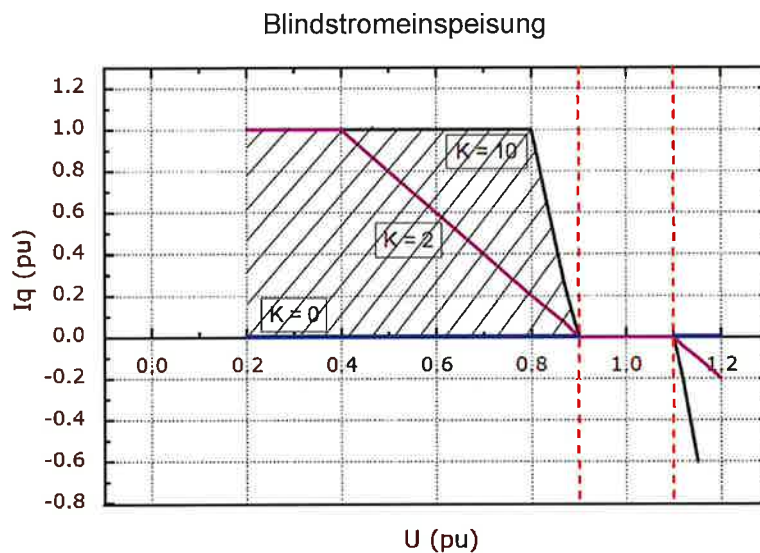


Abbildung 9-9 Blindstromeinspeisung

### 9.12.2 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.

## 9.13 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.

**9.14 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 9-6: 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.

**9.15 Leistungsmerkmal – Spannungsregelung**

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

**9.16 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.

**9.17 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.

**9.18 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 9-7 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 Kühlpumpen ausgeschaltet werden, wenn sich die Windenergieanlage im Leerlauf befindet.

Hauptbeitragende zum Eigenbedarf	
<b>Hydraulikmotor</b>	2 x 15 kW (Master/Slave)
<b>Azimutmotoren</b>	Maximal insgesamt 18 kW
<b>Wassererwärmung</b>	10 kW
<b>Wasserpumpen</b>	2,2 + 4,0 kW
<b>Ölerwärmung</b>	7,9 kW
<b>Ölpumpe für Getriebebeschmierung</b>	10 kW
<b>Steuerung einschließlich Heizelementen für die Hydraulik und alle Steuerungen</b>	ungefähr 3 kW
<b>Leerlaufverlust Mittelspannungstransformator</b>	Siehe Abschnitt 3.3 Mittelspannungstransformator, S.13

*Tabelle 9-7: Daten zu den Hauptbeitragenden zum Eigenbedarf (Werte sind vorläufig).*

## 10 Typenprüfung und verfügbare Nabenhöhen

Die Windenergieanlage ist nach folgenden Zertifizierungsrichtlinien und verfügbaren Nabenhöhen typengeprüft:

Zertifizierung	Windklasse	Nabenhöhe
IEC 61400-22	IEC IIA	84 m / 94 m
	IEC IIIA	119 m
DIBt 2012	WZ3, GKII, TKA	140 m
	WZ4, GKI, TKA	94 m / 119 m

Tabelle 10-1: Typenprüfungsdaten und verfügbare Nabenhöhen

## 11 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.

### 11.1 Klima und Standortbedingungen

Die Standard-Windenergieanlage ist für die im Folgenden aufgeführten windklimatischen Bedingungen ausgelegt. Die Werte beziehen sich auf die Nabenhöhe.

Auslegungsparameter-Extremwerte		
Windklima	IEC IIA	
Extreme Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Durchschnitt), $V_{50}$	42,5 m/s	
Überlebenswindgeschwindigkeit (3-s-Bö), $V_{e50}$	59,5 m/s	
Auslegungsparameter-Extremwerte für nach DIBt 2012 konstruierte Türme		
Nabenhöhe	HH 94 m / 119 m (DIBt 2012)	HH 140 m (DIBt 2012)
Extreme Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Durchschnitt), $V_{50}$	46,32 m/s / 47,65 m/s	41,95 m/s
Überlebenswindgeschwindigkeit (3-s-Bö), $V_{e50}$	64,85 m/s / 66,71 m/s	58,73 m/s

Tabelle 11-1: Auslegungsparameter für Betrieb unter Extrembedingungen

Auslegungsparameter-Mittelwerte	
Windklima	IEC IIA

Auslegungsparameter-Mittelwerte		
Windklima	IEC IIA	
Windgeschwindigkeit (10-Min.-Durchschnitt) $V_{ave}$ (3,3 MW Nennleistung)	8,5 m/s	
Weibull-Skalierungsfaktor, C (3,3 MW Bemessungsleistung)	9,59 m/s	
Windgeschwindigkeit (10-Min.-Durchschnitt) $V_{ave}$ (3,45 MW Nennleistung)	8,5 m/s	
Weibull-Skalierungsfaktor, C (3,45 MW Bemessungsleistung)	9,59 m/s	
Weibull-Formfaktor, k	2,0	
Turbulenzintensität gemäß IEC 61400-1, einschließlich Windparkturbulenz (bei 15 m/s) $I_{ref}$ (90-%-Quantil)	18 %	
Scherwind, $\alpha$	0,20	
Anströmwinkel (senkrecht)	8°	
Auslegungsparameter-Mittelwerte für nach DIBt 2012 konstruierte Türme		
Nabenhöhe	HH 94 m / 119 m (DIBt 2012)	HH 140 m (DIBt 2012)
Windgeschwindigkeit, $V_{ave}$ (3,3 MW Bemessungsleistung)	8,34 m/s / 8,58 m/s	7,55 m/s
Windgeschwindigkeit, $V_{ave}$ (3,45 MW Bemessungsleistung)	8,34 m/s / 8,58 m/s	7,55 m/s
Turbulenzintensität, $I_{ref}$	16 %	16 %

Tabelle 11-2: Auslegungsparameter – Mittelwerte

### 11.1.1 Komplexes Gelände

Klassifizierung von komplexem Gelände gemäß IEC 61400-1:2005. Kapitel 11.2. Bei Standorten, die als „komplex“ klassifiziert sind, müssen bei der Standortanalyse entsprechende Maßnahmen berücksichtigt werden. Die Positionierung jeder Windenergieanlage ist von „Vestas Site Check“ zu prüfen.

### 11.1.2 Höhenlage

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.

### 11.1.3 Anordnung der Windenergieanlagen

Der Abstand der Windenergieanlagen muss standortspezifisch festgelegt werden. Bei einem Abstand unter zwei Rotordurchmessern (2D) kann sektorweise eine Leistungsreduzierung erforderlich sein.

#### HINWEIS

Die Bewertung von Klima- und Standortbedingungen ist komplex. Vestas ist daher bei jedem Projekt zurate zu ziehen. Werden die genannten Anforderungen

von den örtlichen Gegebenheiten nicht erfüllt, ist Vestas auf jeden Fall zu konsultieren.

## 11.2 Betriebsbereich – Wind

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

<b>Nabenhöhe</b>	<b>84 m / 94 m / 119 m / 140 m</b>
<b>Einschalt-Windgeschw., <math>V_{in}</math></b>	3 m/s
<b>Abschalt-Windgeschw. (10 min exponentieller Durchschn.), <math>V_{out}</math></b>	25,0 m/s
<b>Wiedereinschalt-Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Exponentialdurchschnitt)</b>	23,0 m/s

Tabelle 11-3: Betriebsbereich – Wind – IEC

## 11.3 Betriebsumgebung – Bedingungen für Leistungskurve und $C_t$ -Werte (in Nabenhöhe)

Abschnitt 14 Anhänge auf S. 51 enthält Informationen zu Leistungskurven und  $C_t$ -Werten.

<b>Bedingungen für Leistungskurve und <math>C_t</math>-Werte (in Nabenhöhe)</b>	
<b>Scherwind, <math>\alpha</math></b>	0,00 – 0,30 (10-Minuten-Durchschnitt)
<b>Turbulenzintensität, <math>I</math></b>	6 – 12 % (10-Minuten-Durchschnitt)
<b>Rotorblätter</b>	Reinigen
<b>Regen</b>	Nein
<b>Eis/Schnee auf Rotorblättern</b>	Nein
<b>Vorderkante</b>	Keine Schäden
<b>Gelände</b>	IEC 61400-12-1
<b>Einströmwinkel (senkrecht)</b>	$0 \pm 2^\circ$
<b>Netzspannung</b>	Nennspannung $\pm 2,5$ %
<b>Stromnetzfrequenz</b>	Nennfrequenz $\pm 0,5$ Hz
<b>Netzblindleistung (auf der NS-Seite des Windenergieanlagen-Transformators)</b>	Leistungsfaktor 1,0

Tabelle 11-4: Bedingungen für Leistungskurve und  $C_t$ -Werte

## 11.4 Geräuschmodi

Die hierunter aufgelisteten Geräuschmodi sind für die Windenergieanlage verfügbar.

<b>Verfügbare Geräuschmodi für V112-3.3 MW</b>		
<b>Modus</b>	<b>Maximaler Geräuschpegel</b>	<b>Standard/Option</b>
<b>0</b>	105,8 dB	Standard
	104,4 dB	Option
<b>2</b>	104,5 dB	Standard
	103,2 dB	Option
<b>3</b>	102,3 dB	Standard
	101,3 dB	Option
<b>4</b>	100,9 dB	Standard
	100,0 dB	Option
<b>5</b>	104,2 dB	Standard
	103,1 dB	Option
<b>8</b>	99,4 dB	Standard
	98,1 dB	Option
<b>Zum WEA-Modell V112 zur Verfügung stehende Leistungsmodi/Drosselungsmodi</b>		
<b>Modus</b>	<b>Maximaler Geräuschpegel</b>	<b>Standard/Option</b>
<b>3,45 MW</b>	105,8 dB	Standard
	104,4 dB	Option
<b>3,0 MW</b>	105,8 dB	Standard
	104,4 dB	Option

*Tabelle 11-5: Verfügbare Geräuschleistung*

**HINWEIS**

Alle optionalen geräuschreduzierten Betriebsmodi erfordern eine besondere Rotorblattkonfiguration mit Sägezahn-Hinterkante.

Die Geräusch-/Leistungsmodi sind für die Nabenhöhen verfügbar, die in der Tabelle Turmstrukturdaten in Abschnitt 10 Typenprüfung und verfügbare Nabenhöhen, auf S. 45 aufgeführt sind, ausgenommen Geräuschmodus 4, der für die Nabenhöhe 119 m (DIBt) nicht verfügbar ist.

Weitere Informationen zu Geräuschmodi sind in Abschnitt 14 Anhänge auf Seite 51 aufgeführt oder über Vestas Wind Systems A/S erhältlich.



**12 Zeichnungen**

**12.1 Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen**

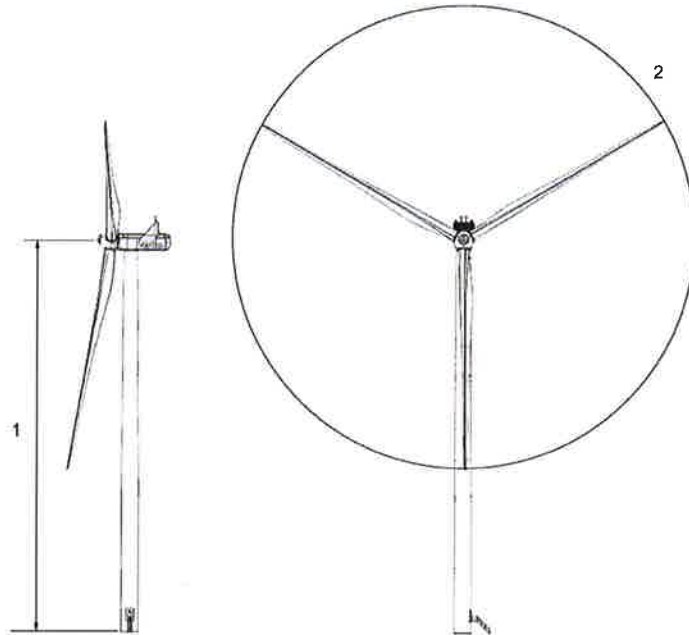


Abbildung 12-1: Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen

- 1 Nabenhöhen: Siehe Abschnitt 10 Typenprüfung und verfügbare Nabenhöhen, S. 45
- 2 Rotordurchmesser: 112 m

**12.2 Baukonstruktion – Seitenansichtszeichnung**



Abbildung 12-2: Seitenansichtszeichnung

## 13 Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse

- © 2016 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 in diesem Dokument beschriebenen allgemeinen Spezifikationen gelten für die aktuelle Version der Windenergieanlage V112-3.3/3.45 MW. Die Spezifikationen möglicher künftiger Versionen der Windenergieanlage V112-3.3/3.45 MW können hiervon abweichen. Falls Vestas eine neuere Version der Windenergieanlage V112-3.3/3.45 MW anbieten sollte, wird das Unternehmen hierzu eine aktualisierte allgemeine Spezifikation 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/Stopp-Parameter (z. B. 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.

## 14 Anhänge

### 14.1 Betriebsmodus 0

#### 14.1.1 Leistungskurven, Betriebsmodus 0

Luftdichte [kg/m <sup>3</sup> ]														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	22	8	9	10	11	12	14	15	16	17	19	20	23	25
3.5	73	44	47	50	52	55	57	60	62	65	68	70	75	78
4.0	134	93	97	100	104	108	112	116	119	123	127	131	138	142
4.5	209	151	156	161	167	172	177	183	188	193	198	204	214	220
5.0	302	222	229	237	244	251	258	266	273	280	287	295	309	316
5.5	415	309	318	328	338	347	357	367	376	386	396	405	425	434
6.0	552	414	427	440	452	465	477	490	502	515	527	540	565	577
6.5	714	540	556	572	587	603	619	635	651	667	683	699	730	746
7.0	906	688	708	728	748	767	787	807	827	847	866	886	925	945
7.5	1123	857	881	905	930	954	978	1002	1027	1051	1075	1099	1147	1171
8.0	1370	1049	1078	1107	1137	1166	1195	1225	1254	1283	1312	1341	1399	1428
8.5	1648	1264	1300	1335	1370	1405	1440	1475	1509	1544	1579	1613	1682	1716
9.0	1950	1502	1544	1585	1626	1667	1708	1748	1789	1830	1870	1910	1990	2030
9.5	2268	1756	1804	1851	1898	1946	1992	2039	2085	2131	2177	2222	2313	2357
10.0	2586	2022	2075	2128	2181	2234	2286	2337	2389	2440	2489	2537	2631	2677
10.5	2868	2284	2342	2400	2459	2517	2570	2624	2677	2731	2777	2822	2907	2946
11.0	3071	2526	2586	2646	2706	2766	2815	2864	2913	2963	2999	3035	3098	3126
11.5	3201	2741	2799	2856	2914	2972	3011	3050	3090	3129	3153	3177	3217	3233
12.0	3266	2923	2972	3021	3071	3120	3147	3173	3200	3227	3240	3253	3273	3280
12.5	3291	3064	3101	3138	3175	3212	3228	3243	3258	3273	3279	3285	3293	3296
13.0	3298	3164	3188	3212	3236	3260	3268	3276	3284	3291	3293	3296	3298	3299
13.5	3299	3219	3234	3249	3263	3278	3282	3287	3291	3295	3297	3298	3299	3300
14.0	3300	3256	3265	3273	3282	3290	3292	3294	3296	3299	3299	3300	3300	3300
14.5	3300	3276	3281	3286	3291	3296	3297	3298	3299	3300	3300	3300	3300	3300
15.0	3300	3288	3291	3293	3296	3298	3299	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300
15.5	3300	3294	3295	3296	3298	3299	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16.0	3300	3296	3297	3298	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16.5	3300	3298	3298	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
17.0	3300	3299	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
17.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
18.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
18.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
19.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
19.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
20.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
20.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
21.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
21.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
22.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
22.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
23.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
23.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
24.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
24.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
25.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300

Tabelle 14-1: Leistungskurve, Geräuschmodus 0

14.1.2 Ct-Werte, Geräuschmodus 0

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m <sup>3</sup>													
	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	0.904	0.908	0.908	0.907	0.907	0.907	0.906	0.906	0.906	0.905	0.905	0.904	0.904	0.903
3.5	0.857	0.860	0.860	0.860	0.859	0.859	0.859	0.858	0.858	0.858	0.858	0.857	0.857	0.856
4.0	0.828	0.831	0.831	0.830	0.830	0.830	0.830	0.829	0.829	0.829	0.829	0.828	0.828	0.828
4.5	0.819	0.822	0.822	0.822	0.821	0.821	0.821	0.820	0.820	0.820	0.819	0.819	0.818	0.818
5.0	0.814	0.818	0.818	0.818	0.817	0.817	0.816	0.816	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.814
5.5	0.812	0.817	0.817	0.816	0.816	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813	0.812	0.811
6.0	0.807	0.814	0.813	0.812	0.812	0.811	0.811	0.810	0.810	0.809	0.808	0.808	0.807	0.806
6.5	0.802	0.809	0.809	0.808	0.807	0.807	0.806	0.805	0.805	0.804	0.803	0.802	0.801	0.800
7.0	0.795	0.804	0.803	0.803	0.802	0.801	0.800	0.799	0.798	0.797	0.797	0.796	0.794	0.793
7.5	0.788	0.799	0.798	0.797	0.796	0.795	0.794	0.793	0.792	0.791	0.790	0.789	0.787	0.786
8.0	0.781	0.794	0.793	0.792	0.790	0.789	0.788	0.787	0.786	0.785	0.783	0.782	0.780	0.779
8.5	0.773	0.788	0.786	0.785	0.784	0.783	0.781	0.780	0.779	0.777	0.776	0.775	0.772	0.771
9.0	0.763	0.778	0.777	0.775	0.774	0.773	0.771	0.770	0.769	0.767	0.766	0.764	0.762	0.760
9.5	0.745	0.763	0.762	0.760	0.759	0.758	0.756	0.754	0.753	0.751	0.749	0.747	0.742	0.740
10.0	0.711	0.739	0.738	0.736	0.734	0.733	0.730	0.728	0.725	0.722	0.719	0.715	0.706	0.702
10.5	0.657	0.702	0.700	0.698	0.695	0.693	0.689	0.685	0.681	0.676	0.670	0.664	0.649	0.641
11.0	0.587	0.652	0.648	0.645	0.642	0.638	0.632	0.626	0.620	0.613	0.605	0.596	0.577	0.567
11.5	0.514	0.598	0.593	0.588	0.583	0.578	0.570	0.561	0.553	0.545	0.534	0.524	0.503	0.492
12.0	0.445	0.543	0.536	0.529	0.522	0.516	0.506	0.496	0.486	0.476	0.466	0.455	0.435	0.425
12.5	0.385	0.489	0.480	0.472	0.463	0.455	0.445	0.435	0.424	0.414	0.404	0.395	0.376	0.367
13.0	0.335	0.437	0.427	0.418	0.409	0.399	0.390	0.380	0.370	0.361	0.352	0.344	0.328	0.320
13.5	0.296	0.389	0.380	0.371	0.362	0.352	0.344	0.335	0.327	0.318	0.311	0.304	0.290	0.283
14.0	0.263	0.346	0.338	0.329	0.320	0.311	0.304	0.297	0.289	0.282	0.275	0.269	0.257	0.251
14.5	0.234	0.309	0.301	0.293	0.285	0.277	0.270	0.264	0.257	0.251	0.245	0.240	0.229	0.224
15.0	0.209	0.275	0.268	0.261	0.254	0.246	0.241	0.235	0.229	0.223	0.219	0.214	0.205	0.201
15.5	0.189	0.247	0.241	0.234	0.228	0.222	0.217	0.212	0.207	0.201	0.197	0.193	0.185	0.181
16.0	0.171	0.223	0.217	0.212	0.206	0.200	0.196	0.191	0.187	0.182	0.179	0.175	0.168	0.164
16.5	0.156	0.202	0.197	0.192	0.187	0.182	0.178	0.174	0.170	0.166	0.163	0.159	0.153	0.150
17.0	0.142	0.184	0.180	0.175	0.171	0.166	0.162	0.159	0.155	0.152	0.148	0.145	0.140	0.137
17.5	0.131	0.168	0.164	0.160	0.156	0.152	0.149	0.146	0.142	0.139	0.136	0.133	0.128	0.126
18.0	0.120	0.154	0.151	0.147	0.143	0.140	0.137	0.134	0.131	0.128	0.125	0.123	0.118	0.116
18.5	0.111	0.142	0.139	0.135	0.132	0.129	0.126	0.123	0.121	0.118	0.116	0.113	0.109	0.107
19.0	0.102	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118	0.116	0.113	0.111	0.108	0.106	0.104	0.100	0.098
19.5	0.095	0.121	0.118	0.115	0.112	0.110	0.107	0.105	0.103	0.100	0.099	0.097	0.093	0.091
20.0	0.088	0.112	0.109	0.107	0.104	0.102	0.100	0.098	0.095	0.093	0.092	0.090	0.087	0.085
20.5	0.082	0.104	0.102	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.084	0.081	0.079
21.0	0.077	0.097	0.095	0.093	0.091	0.088	0.087	0.085	0.083	0.081	0.080	0.078	0.075	0.074
21.5	0.072	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.071	0.070
22.0	0.068	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.076	0.075	0.073	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066
22.5	0.064	0.080	0.079	0.077	0.075	0.073	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062
23.0	0.060	0.075	0.073	0.072	0.070	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058
23.5	0.056	0.071	0.069	0.068	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058	0.057	0.055	0.054
24.0	0.053	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.052	0.051
24.5	0.050	0.063	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.049	0.049
25.0	0.048	0.059	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046

Tabelle 14-2: C<sub>T</sub>-Werte, Geräuschmodus 0

## 14.1.3 Geräuschkurven, Geräuschmodus 0

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 0		
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): $0 \pm 2^\circ$ Luftdichte: $1,225 \text{ kg/m}^3$	
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter ohne optionale Sägezahn-Hinterkante)	Schalleistungspegel in Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	91,3	91,1
4	91,9	91,5
5	94,1	93,4
6	97,3	96,3
7	100,6	99,5
8	103,4	102,3
9	105,1	103,9
10	105,8	104,4
11	105,8	104,4
12	105,8	104,4
13	105,8	104,4
14	105,8	104,4
15	105,8	104,4
16	105,8	104,4
17	105,8	104,4
18	105,8	104,4
19	105,8	104,4
20	105,8	104,4

Tabelle 14-3: Geräuschkurven, Geräuschmodus 0

**14.2 Modus 2**

**14.2.1 Leistungskurven, Geräuschmodus 2**

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte [kg/m³]													
	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	22	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	20	23	25
3.5	73	44	47	50	52	55	57	60	62	65	68	70	75	78
4.0	134	93	97	100	104	108	112	116	119	123	127	131	138	142
4.5	209	151	156	161	167	172	177	183	188	193	198	204	214	219
5.0	302	222	229	237	244	251	258	266	273	280	287	295	309	316
5.5	415	309	318	328	338	347	357	367	376	386	395	405	424	434
6.0	552	414	427	439	452	464	477	489	502	514	527	539	564	577
6.5	713	539	555	571	587	603	619	635	650	666	682	698	729	745
7.0	904	687	707	727	746	766	786	806	825	845	865	884	924	943
7.5	1120	855	879	903	928	952	976	1000	1024	1048	1072	1096	1144	1168
8.0	1362	1044	1073	1102	1131	1160	1188	1217	1246	1275	1304	1333	1390	1419
8.5	1626	1250	1285	1319	1353	1388	1422	1456	1490	1524	1558	1592	1660	1693
9.0	1907	1472	1512	1552	1592	1632	1672	1711	1751	1790	1829	1868	1945	1984
9.5	2191	1700	1745	1791	1836	1881	1926	1970	2015	2059	2103	2147	2235	2278
10.0	2464	1921	1971	2021	2071	2122	2171	2220	2270	2319	2368	2416	2511	2558
10.5	2697	2114	2169	2223	2277	2332	2385	2438	2492	2545	2596	2646	2744	2791
11.0	2870	2272	2330	2388	2445	2503	2557	2612	2667	2721	2771	2820	2912	2954
11.5	3005	2416	2476	2536	2595	2655	2710	2764	2818	2873	2917	2961	3040	3074
12.0	3106	2557	2617	2677	2737	2797	2847	2896	2946	2995	3032	3069	3131	3156
12.5	3185	2707	2764	2821	2879	2936	2978	3021	3063	3106	3132	3158	3201	3217
13.0	3241	2860	2911	2962	3013	3064	3096	3128	3160	3193	3209	3225	3250	3258
13.5	3270	3002	3042	3082	3121	3161	3181	3201	3220	3240	3250	3260	3275	3280
14.0	3286	3114	3141	3168	3195	3223	3235	3247	3259	3272	3276	3281	3288	3291
14.5	3294	3189	3207	3225	3243	3261	3268	3274	3281	3287	3289	3292	3295	3296
15.0	3298	3240	3251	3261	3272	3282	3285	3288	3292	3295	3296	3297	3298	3298
15.5	3299	3268	3274	3280	3286	3292	3293	3295	3296	3298	3298	3299	3299	3299
16.0	3300	3284	3287	3290	3293	3297	3297	3298	3299	3299	3299	3300	3300	3300
16.5	3300	3292	3294	3295	3297	3298	3299	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300
17.0	3300	3296	3297	3298	3299	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
17.5	3300	3297	3297	3298	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
18.0	3300	3298	3299	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
18.5	3300	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
19.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
19.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
20.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
20.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
21.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
21.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
22.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
22.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
23.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
23.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
24.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
24.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
25.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300

Tabelle 14-4: Leistungskurve, Geräuschmodus 2

14.2.2 C<sub>r</sub>-Werte, Geräuschmodus 2

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m <sup>3</sup>														
	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275	
3.0	0.904	0.908	0.907	0.907	0.907	0.906	0.906	0.906	0.905	0.905	0.905	0.904	0.904	0.903	
3.5	0.856	0.860	0.859	0.859	0.859	0.858	0.858	0.858	0.858	0.857	0.857	0.857	0.856	0.856	
4.0	0.826	0.828	0.828	0.828	0.828	0.827	0.827	0.827	0.827	0.826	0.826	0.826	0.825	0.825	
4.5	0.811	0.814	0.814	0.814	0.813	0.813	0.813	0.812	0.812	0.812	0.812	0.811	0.810	0.810	
5.0	0.807	0.813	0.812	0.811	0.811	0.810	0.810	0.809	0.809	0.809	0.808	0.807	0.806	0.806	
5.5	0.804	0.811	0.810	0.810	0.810	0.809	0.808	0.808	0.807	0.806	0.806	0.805	0.804	0.804	
6.0	0.801	0.808	0.807	0.807	0.806	0.806	0.804	0.803	0.802	0.801	0.801	0.801	0.800	0.800	
6.5	0.794	0.803	0.802	0.801	0.800	0.798	0.798	0.798	0.798	0.797	0.796	0.795	0.793	0.792	
7.0	0.784	0.793	0.792	0.792	0.791	0.791	0.790	0.789	0.788	0.787	0.786	0.785	0.783	0.783	
7.5	0.775	0.785	0.785	0.784	0.783	0.782	0.781	0.780	0.779	0.778	0.777	0.776	0.774	0.773	
8.0	0.759	0.770	0.769	0.769	0.768	0.767	0.766	0.765	0.763	0.762	0.761	0.760	0.758	0.757	
8.5	0.739	0.751	0.750	0.749	0.748	0.747	0.746	0.745	0.744	0.743	0.741	0.740	0.738	0.737	
9.0	0.715	0.727	0.726	0.725	0.724	0.722	0.721	0.720	0.719	0.718	0.717	0.716	0.713	0.712	
9.5	0.684	0.696	0.695	0.694	0.693	0.692	0.691	0.690	0.688	0.687	0.686	0.685	0.683	0.682	
10.0	0.643	0.655	0.654	0.653	0.652	0.651	0.650	0.649	0.648	0.647	0.645	0.644	0.641	0.640	
10.5	0.588	0.602	0.601	0.600	0.599	0.598	0.597	0.596	0.594	0.593	0.592	0.590	0.586	0.583	
11.0	0.526	0.542	0.541	0.541	0.540	0.539	0.537	0.536	0.534	0.533	0.531	0.528	0.522	0.518	
11.5	0.466	0.489	0.488	0.487	0.486	0.485	0.483	0.481	0.479	0.477	0.473	0.470	0.461	0.456	
12.0	0.413	0.443	0.442	0.440	0.439	0.438	0.435	0.432	0.429	0.426	0.422	0.417	0.407	0.401	
12.5	0.367	0.407	0.405	0.403	0.401	0.399	0.395	0.391	0.387	0.383	0.378	0.372	0.361	0.354	
13.0	0.327	0.378	0.374	0.371	0.368	0.365	0.360	0.355	0.350	0.345	0.339	0.333	0.321	0.314	
13.5	0.292	0.352	0.347	0.343	0.338	0.334	0.328	0.322	0.316	0.310	0.304	0.298	0.287	0.281	
14.0	0.261	0.324	0.319	0.313	0.307	0.302	0.296	0.290	0.284	0.278	0.272	0.267	0.256	0.250	
14.5	0.234	0.297	0.291	0.285	0.279	0.273	0.267	0.261	0.255	0.249	0.244	0.239	0.229	0.224	
15.0	0.209	0.269	0.263	0.257	0.251	0.245	0.239	0.234	0.228	0.223	0.218	0.214	0.205	0.200	
15.5	0.189	0.244	0.238	0.233	0.227	0.221	0.216	0.211	0.206	0.201	0.197	0.193	0.185	0.181	
16.0	0.171	0.222	0.216	0.211	0.206	0.200	0.196	0.191	0.187	0.182	0.179	0.175	0.168	0.164	
16.5	0.156	0.202	0.197	0.192	0.187	0.182	0.178	0.174	0.170	0.166	0.163	0.159	0.153	0.150	
17.0	0.142	0.184	0.180	0.175	0.171	0.166	0.162	0.159	0.155	0.152	0.148	0.145	0.140	0.137	
17.5	0.131	0.168	0.164	0.160	0.156	0.152	0.149	0.145	0.142	0.139	0.136	0.133	0.128	0.126	
18.0	0.120	0.154	0.151	0.147	0.143	0.140	0.137	0.134	0.131	0.128	0.125	0.123	0.118	0.116	
18.5	0.111	0.142	0.139	0.135	0.132	0.129	0.126	0.123	0.121	0.118	0.116	0.113	0.109	0.107	
19.0	0.102	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118	0.116	0.113	0.111	0.108	0.106	0.104	0.100	0.098	
19.5	0.095	0.121	0.118	0.115	0.112	0.110	0.107	0.105	0.103	0.100	0.099	0.097	0.093	0.091	
20.0	0.088	0.112	0.109	0.107	0.104	0.102	0.100	0.098	0.095	0.093	0.092	0.090	0.087	0.085	
20.5	0.082	0.104	0.102	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.084	0.081	0.079	
21.0	0.077	0.097	0.095	0.093	0.091	0.088	0.087	0.085	0.083	0.081	0.080	0.078	0.075	0.074	
21.5	0.072	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.071	0.070	
22.0	0.068	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.076	0.075	0.073	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	
22.5	0.064	0.080	0.079	0.077	0.075	0.073	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062	
23.0	0.060	0.075	0.073	0.072	0.070	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058	
23.5	0.056	0.071	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058	0.057	0.055	0.054	
24.0	0.053	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.052	0.051	
24.5	0.050	0.063	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.049	0.049	
25.0	0.048	0.059	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	

Tabelle 14-5: C<sub>r</sub>-Werte, Geräuschmodus 2

### 14.2.3 Geräuschkurven, Geräuschmodus 2

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 2		
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m <sup>3</sup>	
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter ohne optionale Sägezahn-Hinterkante)	Schalleistungspegel in Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	91,3	91,1
4	91,8	91,5
5	94,0	93,3
6	97,2	96,2
7	100,3	99,1
8	102,7	101,5
9	104,0	102,7
10	104,5	103,2
11	104,5	103,2
12	104,5	103,2
13	104,5	103,2
14	104,5	103,2
15	104,5	103,2
16	104,5	103,2
17	104,5	103,2
18	104,5	103,2
19	104,5	103,2
20	104,5	103,2

Tabelle 14-6: Geräuschkurven, Geräuschmodus 2



### 14.3 Modus 3

#### 14.3.1 Leistungskurve, Geräuschmodus 3

Windgeschwindigkeit t [m/s]	Luftdichte [kg/m <sup>3</sup> ]													
	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	22	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	20	23	25
3.5	73	44	47	50	52	55	57	60	62	65	68	70	75	78
4.0	134	93	97	100	104	108	112	116	119	123	127	131	138	142
4.5	209	151	156	161	167	172	177	183	188	193	198	204	214	219
5.0	302	222	229	237	244	251	258	266	273	280	287	295	309	316
5.5	415	309	318	328	338	347	357	367	376	386	396	405	425	434
6.0	552	414	427	439	452	464	477	490	502	515	527	540	565	577
6.5	714	539	555	571	587	603	619	635	651	666	682	698	730	745
7.0	903	686	706	726	746	765	785	805	825	844	864	884	923	942
7.5	1109	847	871	895	919	943	967	990	1014	1038	1061	1085	1132	1156
8.0	1330	1021	1049	1078	1106	1134	1162	1190	1218	1246	1275	1303	1358	1386
8.5	1564	1205	1238	1271	1303	1336	1369	1401	1434	1466	1499	1531	1596	1628
9.0	1795	1388	1426	1463	1500	1537	1574	1611	1648	1685	1722	1758	1831	1867
9.5	2015	1564	1606	1647	1689	1730	1771	1812	1853	1894	1934	1974	2055	2095
10.0	2219	1730	1775	1820	1865	1911	1955	1999	2044	2088	2132	2175	2261	2303
10.5	2416	1896	1945	1994	2043	2092	2139	2186	2234	2281	2326	2371	2457	2499
11.0	2593	2074	2126	2178	2230	2282	2329	2376	2423	2470	2511	2552	2628	2663
11.5	2749	2253	2307	2361	2415	2469	2513	2558	2603	2647	2681	2715	2774	2799
12.0	2864	2433	2486	2538	2591	2644	2682	2720	2758	2796	2819	2841	2879	2894
12.5	2944	2606	2654	2701	2749	2797	2824	2851	2879	2906	2919	2932	2951	2958
13.0	3004	2766	2804	2842	2880	2919	2935	2952	2969	2986	2992	2998	3007	3010
13.5	3056	2909	2934	2959	2983	3008	3018	3027	3037	3046	3050	3053	3058	3060
14.0	3099	3010	3025	3042	3058	3074	3079	3084	3089	3094	3095	3097	3100	3100
14.5	3129	3077	3086	3096	3106	3116	3118	3121	3124	3126	3127	3128	3129	3129
15.0	3145	3118	3123	3129	3134	3140	3141	3142	3143	3144	3145	3145	3145	3146
15.5	3158	3142	3145	3148	3152	3155	3156	3156	3157	3158	3158	3158	3158	3158
16.0	3166	3156	3158	3160	3162	3164	3165	3165	3166	3166	3166	3166	3166	3166
16.5	3172	3165	3166	3168	3169	3170	3171	3171	3171	3171	3171	3171	3171	3172
17.0	3175	3171	3172	3172	3173	3174	3174	3174	3174	3175	3175	3175	3175	3175
17.5	3177	3172	3173	3174	3175	3176	3176	3176	3176	3177	3177	3177	3177	3177
18.0	3178	3174	3175	3176	3176	3177	3177	3177	3177	3178	3178	3178	3178	3178
18.5	3178	3175	3176	3176	3177	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178
19.0	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178
19.5	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178
20.0	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178
20.5	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178
21.0	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178
21.5	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178
22.0	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178
22.5	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178
23.0	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178
23.5	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178
24.0	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178
24.5	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178
25.0	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178	3178

Tabelle 14-7: Leistungskurve, Geräuschmodus 3

14.3.2  $C_t$ -Werte, Geräuschmodus 3

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m <sup>3</sup>													
	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	0.904	0.908	0.908	0.907	0.907	0.907	0.906	0.906	0.906	0.905	0.905	0.904	0.904	0.903
3.5	0.857	0.860	0.860	0.860	0.859	0.859	0.859	0.858	0.858	0.858	0.858	0.857	0.857	0.856
4.0	0.828	0.830	0.830	0.830	0.829	0.829	0.829	0.829	0.828	0.828	0.828	0.828	0.827	0.827
4.5	0.817	0.821	0.820	0.820	0.820	0.820	0.819	0.819	0.819	0.818	0.818	0.818	0.817	0.817
5.0	0.814	0.818	0.818	0.817	0.817	0.816	0.816	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813
5.5	0.813	0.817	0.817	0.816	0.816	0.816	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813	0.812	0.812
6.0	0.808	0.814	0.813	0.813	0.812	0.812	0.811	0.811	0.810	0.809	0.809	0.808	0.807	0.807
6.5	0.802	0.810	0.809	0.808	0.808	0.807	0.806	0.806	0.805	0.804	0.803	0.803	0.801	0.801
7.0	0.788	0.796	0.796	0.795	0.794	0.793	0.793	0.792	0.791	0.790	0.789	0.789	0.787	0.786
7.5	0.756	0.765	0.764	0.764	0.763	0.762	0.761	0.760	0.759	0.759	0.758	0.757	0.755	0.754
8.0	0.717	0.726	0.726	0.725	0.724	0.723	0.722	0.721	0.721	0.720	0.719	0.718	0.716	0.715
8.5	0.678	0.687	0.686	0.686	0.685	0.684	0.683	0.682	0.682	0.681	0.680	0.679	0.677	0.676
9.0	0.636	0.645	0.644	0.643	0.643	0.642	0.641	0.640	0.639	0.639	0.638	0.637	0.635	0.634
9.5	0.591	0.599	0.599	0.598	0.597	0.596	0.596	0.595	0.594	0.593	0.593	0.592	0.590	0.589
10.0	0.543	0.551	0.550	0.550	0.549	0.548	0.548	0.547	0.546	0.546	0.545	0.544	0.542	0.541
10.5	0.500	0.510	0.509	0.508	0.508	0.507	0.506	0.505	0.505	0.504	0.502	0.501	0.498	0.496
11.0	0.458	0.477	0.476	0.475	0.475	0.474	0.472	0.470	0.468	0.467	0.464	0.461	0.454	0.450
11.5	0.418	0.449	0.447	0.446	0.445	0.444	0.441	0.438	0.434	0.431	0.427	0.422	0.412	0.407
12.0	0.376	0.423	0.420	0.418	0.416	0.414	0.409	0.404	0.400	0.395	0.389	0.383	0.370	0.363
12.5	0.337	0.397	0.393	0.389	0.386	0.382	0.376	0.370	0.364	0.357	0.350	0.344	0.330	0.323
13.0	0.301	0.370	0.365	0.360	0.354	0.349	0.342	0.335	0.328	0.322	0.315	0.308	0.294	0.288
13.5	0.271	0.345	0.338	0.331	0.325	0.318	0.311	0.304	0.297	0.290	0.284	0.278	0.266	0.260
14.0	0.244	0.316	0.309	0.302	0.295	0.288	0.281	0.275	0.268	0.262	0.256	0.250	0.239	0.234
14.5	0.221	0.287	0.281	0.274	0.267	0.260	0.254	0.248	0.242	0.236	0.231	0.226	0.216	0.211
15.0	0.198	0.259	0.253	0.246	0.240	0.234	0.228	0.223	0.217	0.212	0.207	0.203	0.194	0.190
15.5	0.180	0.235	0.229	0.223	0.217	0.211	0.207	0.202	0.197	0.192	0.188	0.184	0.176	0.173
16.0	0.164	0.213	0.208	0.202	0.197	0.192	0.187	0.183	0.179	0.175	0.171	0.167	0.160	0.157
16.5	0.149	0.194	0.189	0.184	0.179	0.175	0.171	0.167	0.163	0.159	0.156	0.153	0.146	0.144
17.0	0.137	0.177	0.173	0.168	0.164	0.160	0.156	0.153	0.149	0.146	0.143	0.140	0.134	0.131
17.5	0.126	0.162	0.158	0.154	0.150	0.146	0.143	0.140	0.137	0.134	0.131	0.128	0.123	0.121
18.0	0.116	0.149	0.145	0.141	0.138	0.134	0.131	0.129	0.126	0.123	0.120	0.118	0.113	0.111
18.5	0.107	0.137	0.134	0.130	0.127	0.124	0.121	0.119	0.116	0.113	0.111	0.109	0.105	0.103
19.0	0.098	0.126	0.123	0.120	0.117	0.114	0.111	0.109	0.107	0.104	0.102	0.100	0.096	0.095
19.5	0.091	0.116	0.114	0.111	0.108	0.105	0.103	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.089	0.088
20.0	0.085	0.108	0.105	0.103	0.100	0.098	0.096	0.094	0.092	0.090	0.088	0.086	0.083	0.082
20.5	0.079	0.100	0.098	0.096	0.093	0.091	0.089	0.087	0.086	0.084	0.082	0.081	0.078	0.076
21.0	0.074	0.094	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.073	0.071
21.5	0.070	0.088	0.086	0.084	0.082	0.080	0.079	0.077	0.075	0.074	0.072	0.071	0.068	0.067
22.0	0.065	0.082	0.081	0.079	0.077	0.075	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.067	0.064	0.063
22.5	0.061	0.077	0.076	0.074	0.072	0.070	0.069	0.068	0.066	0.065	0.064	0.063	0.060	0.059
23.0	0.057	0.072	0.071	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.056	0.055
23.5	0.054	0.068	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.053	0.052
24.0	0.051	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.050	0.049
24.5	0.048	0.060	0.059	0.058	0.057	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047
25.0	0.046	0.057	0.056	0.055	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.047	0.045	0.044

Tabelle 14-8:  $C_t$ -Werte, Geräuschmodus 3

### 14.3.3 Geräuschkurven, Geräuschmodus 3

Schallleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 3		
<b>Bedingungen für Schallleistungspegel:</b>	<b>Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3</b> Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m <sup>3</sup>	
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schallleistungspegel auf Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter ohne optionale Sägezahn-Hinterkante)	Schallleistungspegel in Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	91,3	91,1
4	91,8	91,5
5	94,1	93,3
6	97,2	96,2
7	100,1	98,9
8	101,6	100,4
9	102,2	101,0
10	102,3	101,1
11	102,3	101,0
12	102,3	101,0
13	102,3	101,1
14	102,3	101,3
15	102,3	101,3
16	102,3	101,3
17	102,3	101,3
18	102,3	101,3
19	102,3	101,3
20	102,3	101,3

Tabelle 14-9: Geräuschkurven, Geräuschmodus 3

**14.4 Modus 4**

**14.4.1 Leistungskurven, Geräuschmodus 4**

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte [kg/m <sup>3</sup> ]													
	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	22	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	20	23	25
3.5	73	44	47	50	52	55	57	60	62	65	68	70	75	78
4.0	134	93	97	100	104	108	112	116	119	123	127	131	138	142
4.5	207	150	155	160	165	170	176	181	186	191	196	201	212	217
5.0	293	216	223	230	237	244	251	258	265	272	279	286	300	307
5.5	401	300	309	318	327	336	346	355	364	373	382	392	410	419
6.0	534	403	415	427	439	451	463	475	486	498	510	522	546	558
6.5	693	525	541	556	571	586	602	617	632	647	663	678	708	723
7.0	880	670	689	708	727	746	766	785	804	823	842	861	899	918
7.5	1085	830	853	877	900	923	946	969	992	1016	1039	1062	1108	1131
8.0	1300	998	1025	1053	1080	1108	1135	1163	1190	1218	1245	1272	1327	1354
8.5	1508	1162	1193	1225	1256	1288	1319	1351	1383	1414	1446	1477	1539	1570
9.0	1700	1314	1349	1384	1420	1456	1491	1526	1561	1596	1631	1665	1734	1769
9.5	1879	1457	1495	1534	1573	1612	1650	1688	1727	1765	1803	1841	1916	1954
10.0	2044	1590	1632	1674	1716	1758	1799	1840	1882	1923	1963	2004	2085	2125
10.5	2201	1718	1762	1807	1852	1897	1941	1985	2029	2073	2115	2158	2242	2283
11.0	2350	1851	1898	1946	1993	2040	2086	2132	2177	2223	2266	2308	2389	2428
11.5	2496	1994	2045	2095	2145	2195	2240	2286	2331	2376	2416	2456	2530	2564
12.0	2630	2160	2210	2261	2311	2362	2404	2447	2489	2532	2564	2597	2655	2679
12.5	2744	2340	2389	2438	2487	2536	2571	2606	2641	2676	2699	2722	2760	2775
13.0	2821	2509	2553	2596	2640	2683	2708	2733	2758	2784	2796	2808	2828	2835
13.5	2863	2655	2687	2719	2752	2784	2799	2814	2828	2843	2850	2856	2867	2871
14.0	2893	2751	2775	2798	2822	2845	2854	2863	2872	2882	2885	2889	2895	2896
14.5	2910	2816	2833	2849	2866	2882	2888	2893	2899	2904	2906	2908	2911	2912
15.0	2920	2857	2869	2880	2891	2903	2906	2910	2913	2916	2917	2918	2920	2920
15.5	2926	2885	2892	2900	2907	2915	2917	2920	2922	2924	2925	2925	2926	2926
16.0	2929	2901	2906	2912	2917	2923	2924	2926	2927	2929	2929	2929	2930	2930
16.5	2932	2913	2916	2920	2924	2928	2928	2929	2930	2931	2931	2932	2932	2932
17.0	2933	2920	2922	2925	2928	2930	2931	2932	2932	2933	2933	2933	2933	2933
17.5	2934	2921	2923	2926	2928	2935	2935	2932	2932	2933	2933	2933	2934	2934
18.0	2934	2924	2926	2928	2929	2935	2935	2932	2933	2934	2934	2934	2934	2934
18.5	2934	2926	2928	2929	2931	2935	2935	2933	2934	2934	2934	2934	2934	2934
19.0	2934	2930	2931	2932	2933	2935	2935	2934	2934	2934	2934	2934	2934	2934
19.5	2934	2931	2932	2933	2933	2935	2935	2934	2934	2934	2934	2934	2934	2934
20.0	2935	2932	2933	2933	2934	2935	2935	2934	2935	2935	2935	2935	2935	2935
20.5	2935	2934	2934	2934	2934	2935	2935	2934	2935	2935	2935	2935	2935	2935
21.0	2935	2934	2934	2934	2934	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935
21.5	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935
22.0	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935
22.5	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935
23.0	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935
23.5	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935
24.0	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935
24.5	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935
25.0	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935	2935

Tabelle 14-10: Leistungskurve, Geräuschmodus 4

### 14.4.2 C<sub>r</sub>-Werte, Geräuschmodus 4

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m <sup>3</sup>													
	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	0.904	0.908	0.908	0.907	0.907	0.907	0.906	0.906	0.906	0.905	0.905	0.904	0.904	0.903
3.5	0.857	0.860	0.860	0.860	0.859	0.859	0.859	0.858	0.858	0.858	0.858	0.857	0.857	0.856
4.0	0.826	0.829	0.828	0.828	0.828	0.828	0.828	0.827	0.827	0.827	0.827	0.826	0.826	0.826
4.5	0.788	0.790	0.790	0.790	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.788	0.788	0.788	0.788	0.787
5.0	0.745	0.747	0.747	0.747	0.746	0.746	0.746	0.746	0.746	0.745	0.745	0.745	0.744	0.744
5.5	0.739	0.741	0.741	0.741	0.740	0.740	0.740	0.740	0.739	0.739	0.739	0.739	0.739	0.738
6.0	0.744	0.747	0.747	0.747	0.746	0.746	0.746	0.746	0.745	0.745	0.745	0.744	0.744	0.743
6.5	0.748	0.753	0.752	0.752	0.751	0.751	0.751	0.750	0.750	0.750	0.749	0.749	0.748	0.747
7.0	0.747	0.752	0.752	0.751	0.751	0.750	0.750	0.749	0.749	0.748	0.748	0.747	0.746	0.746
7.5	0.732	0.739	0.738	0.738	0.737	0.736	0.736	0.735	0.735	0.734	0.734	0.733	0.732	0.731
8.0	0.699	0.706	0.705	0.705	0.704	0.703	0.703	0.702	0.701	0.701	0.700	0.700	0.698	0.698
8.5	0.650	0.656	0.656	0.655	0.655	0.654	0.653	0.653	0.652	0.652	0.651	0.650	0.649	0.648
9.0	0.593	0.599	0.599	0.598	0.598	0.597	0.596	0.596	0.595	0.595	0.594	0.593	0.592	0.592
9.5	0.539	0.545	0.545	0.544	0.543	0.543	0.542	0.542	0.541	0.541	0.540	0.540	0.539	0.538
10.0	0.490	0.495	0.495	0.494	0.494	0.493	0.493	0.492	0.492	0.491	0.491	0.490	0.489	0.488
10.5	0.445	0.451	0.450	0.450	0.449	0.449	0.449	0.448	0.448	0.447	0.447	0.446	0.444	0.444
11.0	0.406	0.414	0.414	0.413	0.413	0.412	0.412	0.411	0.410	0.410	0.408	0.407	0.404	0.403
11.5	0.372	0.385	0.384	0.384	0.383	0.383	0.381	0.380	0.379	0.378	0.376	0.374	0.369	0.366
12.0	0.340	0.364	0.363	0.362	0.360	0.359	0.357	0.355	0.352	0.350	0.347	0.343	0.336	0.332
12.5	0.311	0.348	0.346	0.344	0.342	0.340	0.336	0.332	0.328	0.325	0.320	0.315	0.306	0.300
13.0	0.281	0.330	0.327	0.324	0.321	0.317	0.312	0.307	0.302	0.298	0.292	0.287	0.276	0.270
13.5	0.253	0.311	0.307	0.302	0.297	0.292	0.287	0.281	0.275	0.270	0.264	0.259	0.248	0.243
14.0	0.228	0.287	0.281	0.276	0.271	0.265	0.260	0.254	0.249	0.243	0.238	0.233	0.223	0.218
14.5	0.205	0.262	0.257	0.251	0.246	0.240	0.235	0.230	0.224	0.219	0.214	0.210	0.201	0.196
15.0	0.184	0.237	0.232	0.226	0.221	0.216	0.211	0.206	0.201	0.196	0.192	0.188	0.180	0.176
15.5	0.167	0.216	0.210	0.205	0.200	0.195	0.191	0.187	0.182	0.178	0.174	0.170	0.163	0.160
16.0	0.151	0.196	0.191	0.187	0.182	0.177	0.173	0.169	0.165	0.161	0.158	0.155	0.148	0.145
16.5	0.138	0.179	0.174	0.170	0.166	0.161	0.158	0.154	0.151	0.147	0.144	0.141	0.135	0.133
17.0	0.126	0.163	0.159	0.155	0.151	0.148	0.144	0.141	0.138	0.134	0.132	0.129	0.124	0.121
17.5	0.116	0.149	0.146	0.142	0.139	0.135	0.132	0.129	0.126	0.123	0.121	0.118	0.114	0.112
18.0	0.107	0.137	0.134	0.131	0.128	0.124	0.122	0.119	0.116	0.114	0.111	0.109	0.105	0.103
18.5	0.099	0.127	0.124	0.121	0.118	0.115	0.112	0.110	0.107	0.105	0.103	0.101	0.097	0.095
19.0	0.091	0.116	0.114	0.111	0.108	0.105	0.103	0.101	0.099	0.096	0.094	0.093	0.089	0.087
19.5	0.084	0.108	0.105	0.103	0.100	0.098	0.096	0.093	0.091	0.089	0.088	0.086	0.083	0.081
20.0	0.078	0.100	0.098	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.081	0.080	0.077	0.075
20.5	0.073	0.093	0.091	0.089	0.087	0.084	0.083	0.081	0.079	0.077	0.076	0.074	0.072	0.070
21.0	0.068	0.087	0.085	0.083	0.081	0.079	0.077	0.075	0.074	0.072	0.071	0.070	0.067	0.066
21.5	0.064	0.082	0.080	0.078	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.066	0.063	0.062
22.0	0.060	0.076	0.075	0.073	0.071	0.069	0.068	0.067	0.065	0.064	0.063	0.061	0.059	0.058
22.5	0.057	0.072	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.058	0.056	0.055
23.0	0.053	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.052	0.051
23.5	0.050	0.063	0.062	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.049	0.048
24.0	0.047	0.059	0.058	0.057	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.046	0.046
24.5	0.045	0.056	0.055	0.054	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043
25.0	0.042	0.053	0.052	0.051	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.045	0.044	0.043	0.041	0.041

Tabelle 14-11: C<sub>r</sub>-Werte, Geräuschmodus 4

### 14.4.3 Geräuschkurven, Geräuschmodus 4

Schallleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 4		
Bedingungen für Schallleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m <sup>3</sup>	
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schallleistungspegel auf Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter ohne optionale Sägezahn-Hinterkante)	Schallleistungspegel in Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	91,3	91,1
4	91,7	91,4
5	92,5	91,9
6	95,1	94,1
7	98,2	96,9
8	100,2	98,9
9	100,7	99,5
10	100,7	99,5
11	100,7	99,6
12	100,8	99,7
13	100,9	99,9
14	100,9	100,0
15	100,9	100,0
16	100,9	100,0
17	100,9	100,0
18	100,9	100,0
19	100,9	100,0
20	100,9	100,0

Tabelle 14-12: Geräuschkurven, Geräuschmodus 4

## 14.5 Betriebsmodus 5

### 14.5.1 Leistungskurven, Geräuschmodus 5

Luftdichte [kg/m <sup>3</sup> ]														
Windgeschwindigkeit t [m/s]	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	22	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	20	23	25
3.5	73	44	47	50	52	55	57	60	62	65	68	70	75	78
4.0	134	93	97	100	104	108	112	116	119	123	127	131	138	142
4.5	209	151	156	161	167	172	177	183	188	193	198	204	214	220
5.0	302	222	229	237	244	251	258	266	273	280	287	295	309	316
5.5	415	309	318	328	338	347	357	367	376	386	396	405	425	434
6.0	552	414	427	439	452	465	477	490	502	515	527	540	565	577
6.5	714	539	555	571	587	603	619	635	650	666	682	698	730	745
7.0	903	686	706	726	745	765	785	805	824	844	864	884	923	942
7.5	1112	849	873	897	921	945	969	993	1017	1041	1065	1089	1136	1160
8.0	1340	1027	1055	1084	1112	1141	1169	1198	1226	1255	1283	1312	1368	1396
8.5	1576	1212	1246	1279	1312	1345	1378	1411	1444	1478	1510	1543	1609	1641
9.0	1817	1403	1441	1479	1517	1555	1593	1630	1668	1706	1743	1780	1854	1890
9.5	2060	1598	1641	1683	1726	1768	1810	1852	1894	1936	1978	2019	2101	2142
10.0	2310	1799	1846	1893	1940	1987	2034	2080	2126	2172	2218	2264	2354	2398
10.5	2562	2007	2059	2110	2162	2214	2264	2315	2366	2416	2465	2513	2607	2653
11.0	2798	2226	2282	2338	2394	2450	2502	2554	2607	2659	2705	2752	2839	2879
11.5	3004	2456	2513	2571	2629	2686	2736	2786	2835	2885	2925	2964	3035	3066
12.0	3154	2687	2741	2796	2851	2906	2947	2989	3030	3072	3099	3126	3171	3190
12.5	3239	2896	2943	2989	3036	3082	3111	3139	3167	3195	3210	3224	3247	3255
13.0	3278	3066	3099	3133	3166	3199	3215	3230	3246	3262	3267	3273	3281	3283
13.5	3288	3173	3192	3211	3230	3249	3256	3264	3271	3279	3282	3285	3289	3291
14.0	3295	3236	3246	3257	3267	3278	3281	3285	3288	3292	3293	3294	3296	3296
14.5	3298	3269	3275	3280	3286	3291	3293	3294	3296	3298	3298	3298	3298	3298
15.0	3300	3287	3289	3292	3295	3298	3298	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300
15.5	3300	3294	3295	3296	3298	3299	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16.0	3300	3296	3297	3298	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16.5	3300	3298	3298	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
17.0	3300	3299	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
17.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
18.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
18.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
19.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
19.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
20.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
20.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
21.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
21.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
22.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
22.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
23.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
23.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
24.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
24.5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
25.0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300

Tabelle 14-13: Leistungskurve, Geräuschmodus 5

14.5.2 C<sub>t</sub>-Werte, Geräuschmodus 5

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m <sup>3</sup>													
	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	0.904	0.908	0.908	0.907	0.907	0.907	0.906	0.906	0.906	0.905	0.905	0.904	0.904	0.903
3.5	0.857	0.860	0.860	0.860	0.859	0.859	0.859	0.858	0.858	0.858	0.858	0.857	0.857	0.856
4.0	0.828	0.831	0.831	0.830	0.830	0.830	0.830	0.829	0.829	0.829	0.829	0.828	0.828	0.828
4.5	0.819	0.822	0.822	0.822	0.821	0.821	0.821	0.820	0.820	0.820	0.819	0.819	0.818	0.818
5.0	0.814	0.818	0.818	0.818	0.817	0.817	0.816	0.816	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.814
5.5	0.812	0.817	0.816	0.816	0.816	0.815	0.815	0.814	0.814	0.814	0.813	0.813	0.812	0.811
6.0	0.807	0.813	0.812	0.812	0.811	0.811	0.810	0.810	0.809	0.809	0.808	0.807	0.806	0.806
6.5	0.802	0.809	0.809	0.808	0.807	0.807	0.806	0.805	0.804	0.804	0.803	0.802	0.801	0.800
7.0	0.794	0.802	0.801	0.801	0.800	0.799	0.799	0.798	0.797	0.796	0.795	0.795	0.793	0.792
7.5	0.778	0.786	0.785	0.785	0.784	0.783	0.782	0.782	0.781	0.780	0.779	0.778	0.777	0.776
8.0	0.748	0.757	0.756	0.756	0.755	0.754	0.753	0.752	0.752	0.751	0.750	0.749	0.748	0.747
8.5	0.708	0.716	0.715	0.715	0.714	0.713	0.712	0.712	0.711	0.710	0.709	0.709	0.707	0.706
9.0	0.664	0.672	0.671	0.671	0.670	0.669	0.669	0.668	0.667	0.666	0.665	0.665	0.663	0.662
9.5	0.622	0.630	0.629	0.628	0.628	0.627	0.626	0.626	0.625	0.624	0.623	0.622	0.621	0.620
10.0	0.581	0.589	0.589	0.588	0.587	0.587	0.586	0.585	0.584	0.583	0.583	0.582	0.580	0.579
10.5	0.543	0.553	0.552	0.551	0.550	0.550	0.549	0.548	0.547	0.546	0.545	0.544	0.541	0.539
11.0	0.504	0.521	0.520	0.519	0.519	0.518	0.516	0.514	0.513	0.511	0.509	0.506	0.500	0.496
11.5	0.464	0.495	0.494	0.492	0.490	0.489	0.486	0.483	0.480	0.477	0.472	0.468	0.458	0.453
12.0	0.421	0.471	0.468	0.465	0.462	0.459	0.454	0.449	0.444	0.440	0.433	0.427	0.413	0.406
12.5	0.375	0.445	0.440	0.435	0.430	0.425	0.418	0.412	0.405	0.398	0.391	0.383	0.368	0.360
13.0	0.332	0.415	0.408	0.401	0.394	0.387	0.379	0.371	0.363	0.355	0.348	0.340	0.325	0.318
13.5	0.295	0.380	0.371	0.363	0.355	0.347	0.339	0.331	0.323	0.316	0.309	0.302	0.288	0.282
14.0	0.262	0.343	0.334	0.326	0.318	0.309	0.302	0.295	0.288	0.281	0.274	0.268	0.256	0.251
14.5	0.234	0.307	0.300	0.292	0.284	0.276	0.270	0.263	0.257	0.250	0.245	0.239	0.229	0.224
15.0	0.209	0.275	0.268	0.261	0.253	0.246	0.241	0.235	0.229	0.223	0.219	0.214	0.205	0.201
15.5	0.189	0.247	0.241	0.234	0.228	0.222	0.217	0.212	0.207	0.201	0.197	0.193	0.185	0.181
16.0	0.171	0.223	0.217	0.212	0.206	0.200	0.196	0.191	0.187	0.182	0.179	0.175	0.168	0.164
16.5	0.156	0.202	0.197	0.192	0.187	0.182	0.178	0.174	0.170	0.166	0.163	0.159	0.153	0.150
17.0	0.142	0.184	0.180	0.175	0.171	0.166	0.162	0.159	0.155	0.152	0.148	0.145	0.140	0.137
17.5	0.131	0.168	0.164	0.160	0.156	0.152	0.149	0.146	0.142	0.139	0.136	0.133	0.128	0.126
18.0	0.120	0.155	0.151	0.147	0.143	0.140	0.137	0.134	0.131	0.128	0.125	0.123	0.118	0.116
18.5	0.111	0.142	0.139	0.136	0.132	0.129	0.126	0.123	0.121	0.118	0.116	0.113	0.109	0.107
19.0	0.102	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118	0.116	0.113	0.111	0.108	0.106	0.104	0.100	0.098
19.5	0.095	0.121	0.118	0.115	0.112	0.110	0.107	0.105	0.103	0.100	0.099	0.097	0.093	0.091
20.0	0.088	0.112	0.109	0.107	0.104	0.102	0.100	0.098	0.095	0.093	0.092	0.090	0.087	0.085
20.5	0.082	0.104	0.102	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.084	0.081	0.079
21.0	0.077	0.097	0.095	0.093	0.091	0.088	0.087	0.085	0.083	0.081	0.080	0.078	0.075	0.074
21.5	0.072	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.071	0.070
22.0	0.068	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.076	0.075	0.073	0.072	0.071	0.069	0.067	0.066
22.5	0.064	0.080	0.079	0.077	0.075	0.073	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062
23.0	0.060	0.075	0.073	0.072	0.070	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058
23.5	0.056	0.071	0.069	0.068	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058	0.057	0.055	0.054
24.0	0.053	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.052	0.051
24.5	0.050	0.063	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.049	0.049
25.0	0.048	0.059	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046

Tabelle 14-14: C<sub>t</sub>-Werte, Geräuschmodus 5



## 14.5.3 Geräuschkurven, Geräuschmodus 5

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 5		
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m <sup>3</sup>	
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter ohne optionale Sägezahn-Hinterkante)	Schalleistungspegel in Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	91,3	91,1
4	91,9	91,5
5	94,1	93,4
6	97,3	96,3
7	99,9	98,8
8	101,3	100,0
9	102,0	100,7
10	102,8	101,5
11	103,7	102,5
12	104,2	103,1
13	104,2	103,1
14	104,2	103,1
15	104,2	103,1
16	104,2	103,1
17	104,2	103,1
18	104,2	103,1
19	104,2	103,1
20	104,2	103,1

Tabelle 14-15: Geräuschkurven, Geräuschmodus 5

## 14.6 Betriebsmodus 8

### 14.6.1 Leistungskurven, Geräuschmodus 8

Luftdichte [kg/m <sup>3</sup> ]														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	23	9	10	11	12	13	15	16	18	19	21	22	25	27
3.5	74	46	48	51	54	56	59	61	64	67	69	72	77	79
4.0	135	94	98	101	105	109	113	116	120	124	128	132	139	143
4.5	207	150	155	161	166	171	176	181	187	192	197	202	213	218
5.0	294	217	224	231	238	245	252	259	266	273	280	287	301	308
5.5	403	301	310	320	329	338	347	357	366	375	384	393	412	421
6.0	536	404	417	429	441	453	465	477	489	501	513	525	548	560
6.5	694	527	542	557	573	588	603	618	634	649	664	679	710	725
7.0	876	668	687	706	725	744	762	781	800	819	838	857	895	914
7.5	1067	817	840	862	885	908	931	954	976	999	1022	1044	1090	1112
8.0	1257	966	992	1019	1045	1072	1098	1125	1151	1178	1204	1230	1283	1309
8.5	1434	1104	1135	1165	1195	1225	1255	1285	1315	1345	1374	1404	1463	1493
9.0	1592	1229	1262	1295	1329	1362	1395	1428	1461	1494	1526	1559	1624	1657
9.5	1734	1341	1377	1413	1449	1485	1521	1556	1592	1628	1663	1698	1769	1804
10.0	1861	1443	1481	1519	1558	1596	1634	1672	1710	1748	1786	1824	1898	1935
10.5	1977	1538	1578	1619	1659	1700	1740	1780	1820	1860	1899	1938	2015	2052
11.0	2081	1627	1670	1713	1755	1798	1840	1881	1923	1964	2003	2042	2117	2154
11.5	2176	1715	1760	1804	1849	1894	1936	1978	2020	2062	2100	2138	2209	2242
12.0	2254	1799	1845	1891	1937	1982	2024	2066	2107	2149	2184	2219	2282	2310
12.5	2315	1880	1926	1972	2018	2065	2105	2145	2185	2224	2255	2285	2337	2359
13.0	2359	1958	2004	2050	2096	2142	2178	2215	2251	2288	2311	2335	2376	2393
13.5	2389	2032	2076	2120	2165	2210	2240	2271	2302	2332	2351	2370	2401	2414
14.0	2412	2103	2144	2185	2226	2267	2292	2318	2343	2369	2383	2397	2420	2429
14.5	2426	2168	2204	2240	2276	2313	2333	2354	2374	2394	2405	2416	2433	2439
15.0	2434	2215	2247	2279	2311	2342	2359	2376	2392	2409	2417	2426	2439	2444
15.5	2441	2260	2287	2314	2341	2369	2382	2396	2409	2423	2429	2435	2444	2448
16.0	2445	2297	2320	2343	2366	2389	2399	2410	2421	2431	2436	2441	2448	2451
16.5	2449	2329	2348	2367	2386	2405	2413	2422	2430	2438	2442	2445	2451	2453
17.0	2452	2357	2372	2388	2403	2418	2425	2431	2437	2444	2446	2449	2453	2454
17.5	2451	2376	2388	2400	2412	2424	2429	2434	2440	2445	2447	2449	2452	2454
18.0	2453	2394	2403	2413	2423	2432	2436	2440	2444	2448	2450	2451	2454	2455
18.5	2454	2408	2416	2423	2431	2439	2442	2445	2448	2450	2452	2453	2455	2456
19.0	2457	2421	2427	2433	2439	2445	2447	2450	2452	2454	2455	2456	2457	2458
19.5	2458	2429	2434	2439	2444	2448	2450	2452	2454	2456	2457	2457	2458	2458
20.0	2458	2436	2440	2444	2448	2452	2453	2454	2455	2457	2457	2457	2458	2458
20.5	2458	2441	2444	2447	2450	2454	2455	2455	2456	2457	2457	2457	2458	2458
21.0	2458	2444	2447	2450	2452	2455	2456	2456	2457	2458	2458	2458	2458	2458
21.5	2457	2442	2445	2448	2450	2453	2454	2455	2455	2456	2457	2457	2458	2458
22.0	2458	2446	2448	2450	2452	2454	2455	2455	2456	2457	2457	2457	2458	2458
22.5	2458	2449	2450	2452	2454	2455	2456	2456	2457	2457	2457	2457	2458	2458
23.0	2458	2450	2452	2453	2455	2456	2457	2457	2457	2458	2458	2458	2458	2458
23.5	2458	2452	2453	2454	2456	2457	2457	2457	2458	2458	2458	2458	2458	2458
24.0	2458	2454	2454	2455	2456	2457	2457	2457	2458	2458	2458	2458	2458	2458
24.5	2458	2455	2456	2456	2457	2457	2457	2457	2458	2458	2458	2458	2458	2458
25.0	2458	2456	2456	2456	2457	2457	2457	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458

Tabelle 14-16: Leistungskurve, Betriebsmodus 8

14.6.2 C<sub>r</sub>-Werte, Geräuschmodus 8

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m <sup>3</sup>													
	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	0.900	0.904	0.903	0.903	0.903	0.902	0.902	0.902	0.901	0.901	0.901	0.900	0.900	0.899
3.5	0.852	0.855	0.855	0.855	0.854	0.854	0.854	0.854	0.853	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852
4.0	0.823	0.825	0.825	0.825	0.825	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.823	0.823	0.823	0.822
4.5	0.784	0.786	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.784	0.784	0.784	0.784	0.783	0.783
5.0	0.743	0.745	0.745	0.745	0.745	0.744	0.744	0.744	0.744	0.743	0.743	0.743	0.743	0.742
5.5	0.739	0.741	0.741	0.740	0.740	0.740	0.740	0.740	0.739	0.739	0.739	0.739	0.738	0.738
6.0	0.743	0.747	0.746	0.746	0.746	0.746	0.746	0.745	0.745	0.744	0.744	0.744	0.743	0.743
6.5	0.744	0.748	0.748	0.748	0.747	0.747	0.747	0.746	0.746	0.745	0.745	0.745	0.744	0.743
7.0	0.733	0.738	0.737	0.737	0.737	0.736	0.736	0.735	0.735	0.734	0.734	0.733	0.732	0.732
7.5	0.705	0.710	0.710	0.709	0.709	0.708	0.708	0.707	0.707	0.706	0.706	0.705	0.704	0.704
8.0	0.660	0.666	0.665	0.665	0.664	0.664	0.663	0.663	0.662	0.662	0.661	0.661	0.660	0.659
8.5	0.605	0.610	0.609	0.609	0.608	0.608	0.607	0.607	0.607	0.606	0.606	0.605	0.604	0.604
9.0	0.546	0.550	0.550	0.549	0.549	0.549	0.548	0.548	0.547	0.547	0.546	0.546	0.545	0.545
9.5	0.491	0.495	0.494	0.494	0.494	0.493	0.493	0.492	0.492	0.492	0.491	0.491	0.490	0.490
10.0	0.440	0.444	0.444	0.443	0.443	0.443	0.443	0.442	0.442	0.441	0.441	0.441	0.440	0.440
10.5	0.396	0.400	0.400	0.399	0.399	0.399	0.398	0.398	0.398	0.398	0.397	0.397	0.396	0.395
11.0	0.357	0.362	0.362	0.361	0.361	0.361	0.360	0.360	0.360	0.359	0.359	0.358	0.356	0.355
11.5	0.323	0.329	0.329	0.329	0.329	0.328	0.328	0.327	0.327	0.326	0.325	0.324	0.321	0.319
12.0	0.291	0.301	0.301	0.300	0.300	0.300	0.299	0.298	0.297	0.296	0.294	0.292	0.288	0.285
12.5	0.261	0.276	0.276	0.275	0.275	0.274	0.273	0.271	0.270	0.269	0.266	0.264	0.258	0.255
13.0	0.235	0.254	0.253	0.253	0.252	0.251	0.249	0.248	0.246	0.244	0.241	0.238	0.231	0.228
13.5	0.212	0.235	0.234	0.233	0.232	0.231	0.228	0.226	0.224	0.221	0.218	0.215	0.208	0.205
14.0	0.191	0.218	0.216	0.214	0.213	0.211	0.209	0.206	0.203	0.200	0.197	0.194	0.187	0.184
14.5	0.172	0.201	0.199	0.197	0.195	0.193	0.190	0.187	0.184	0.182	0.178	0.175	0.169	0.166
15.0	0.155	0.184	0.182	0.180	0.177	0.175	0.172	0.169	0.166	0.164	0.161	0.158	0.152	0.149
15.5	0.140	0.170	0.167	0.165	0.162	0.160	0.157	0.154	0.152	0.149	0.146	0.143	0.138	0.135
16.0	0.128	0.156	0.154	0.151	0.149	0.146	0.144	0.141	0.138	0.136	0.133	0.130	0.125	0.123
16.5	0.117	0.144	0.142	0.139	0.137	0.134	0.132	0.129	0.126	0.124	0.121	0.119	0.114	0.112
17.0	0.107	0.133	0.131	0.128	0.126	0.123	0.121	0.118	0.116	0.114	0.111	0.109	0.105	0.103
17.5	0.098	0.123	0.121	0.118	0.116	0.113	0.111	0.109	0.107	0.104	0.102	0.100	0.096	0.094
18.0	0.090	0.114	0.112	0.109	0.107	0.105	0.103	0.100	0.098	0.096	0.094	0.092	0.089	0.087
18.5	0.083	0.106	0.104	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.082	0.080
19.0	0.077	0.098	0.096	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.084	0.082	0.080	0.079	0.075	0.074
19.5	0.071	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.081	0.079	0.078	0.076	0.074	0.073	0.070	0.069
20.0	0.066	0.085	0.083	0.081	0.079	0.077	0.075	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.065	0.064
20.5	0.062	0.079	0.077	0.075	0.074	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.061	0.060
21.0	0.058	0.074	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056
21.5	0.054	0.069	0.068	0.066	0.065	0.063	0.062	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.053	0.052
22.0	0.051	0.065	0.063	0.062	0.060	0.059	0.058	0.057	0.055	0.054	0.053	0.052	0.050	0.049
22.5	0.048	0.061	0.059	0.058	0.057	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.047	0.046
23.0	0.045	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.044	0.043
23.5	0.042	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.041	0.041
24.0	0.040	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041	0.041	0.039	0.038
24.5	0.038	0.048	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.042	0.041	0.040	0.039	0.038	0.037	0.036
25.0	0.036	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041	0.040	0.039	0.038	0.038	0.037	0.036	0.035	0.034

Tabelle 14-17: C<sub>r</sub>-Werte, Geräuschmodus 8

### 14.6.3 Geräuschkurven, Geräuschmodus 8

Schallleistungspegel in Nabenhöhe: Geräuschmodus 8		
Bedingungen für Schallleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m <sup>3</sup>	
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schallleistungspegel auf Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter ohne optionale Sägezahn-Hinterkante)	Schallleistungspegel in Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	91,2	91,0
4	91,6	91,3
5	92,5	91,9
6	95,1	94,1
7	97,8	96,6
8	99,2	97,8
9	99,4	98,1
10	99,4	98,1
11	99,4	98,1
12	99,4	98,1
13	99,4	98,1
14	99,4	98,1
15	99,4	98,1
16	99,4	98,1
17	99,4	98,1
18	99,4	98,1
19	99,4	98,1
20	99,4	98,1

*Tabelle 14-18: Schallkurven, Geräuschmodus 8*

**14.7 3,45-MW-Leistungsmodus**

**14.7.1 Leistungskurven, 3,45-MW-Leistungsmodus**

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte [kg/m <sup>3</sup> ]													
	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	22	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	20	23	25
3.5	73	44	47	49	52	55	57	60	62	65	68	70	75	78
4.0	134	93	97	100	104	108	112	116	119	123	127	131	138	142
4.5	209	151	156	161	167	172	177	182	188	193	198	204	214	220
5.0	302	222	229	237	244	251	258	266	273	280	287	295	309	316
5.5	415	309	318	328	338	347	357	367	376	386	396	405	425	434
6.0	552	414	427	439	452	465	477	490	502	515	527	540	565	577
6.5	714	540	556	572	587	603	619	635	651	667	683	699	730	746
7.0	906	688	708	728	748	768	787	807	827	847	866	886	926	945
7.5	1123	857	881	905	930	954	978	1002	1027	1051	1075	1099	1147	1171
8.0	1371	1049	1078	1108	1137	1166	1196	1225	1254	1284	1313	1342	1400	1429
8.5	1648	1265	1300	1335	1370	1405	1440	1475	1509	1544	1579	1613	1682	1716
9.0	1950	1503	1544	1585	1626	1667	1708	1749	1789	1830	1870	1910	1990	2030
9.5	2268	1757	1804	1851	1898	1946	1992	2039	2085	2132	2177	2223	2313	2357
10.0	2586	2022	2075	2128	2182	2235	2286	2338	2389	2440	2489	2537	2632	2678
10.5	2878	2284	2342	2401	2459	2517	2571	2625	2679	2733	2781	2830	2921	2963
11.0	3107	2526	2588	2649	2711	2773	2825	2877	2930	2982	3024	3066	3141	3174
11.5	3273	2745	2806	2867	2928	2989	3036	3084	3131	3178	3210	3241	3296	3319
12.0	3374	2934	2991	3049	3106	3164	3200	3237	3274	3311	3332	3353	3386	3399
12.5	3422	3092	3141	3190	3238	3287	3312	3337	3362	3387	3399	3410	3428	3434
13.0	3441	3217	3254	3290	3327	3364	3379	3394	3409	3425	3430	3436	3443	3446
13.5	3445	3302	3326	3351	3375	3400	3409	3418	3427	3436	3439	3442	3447	3448
14.0	3449	3358	3375	3391	3408	3425	3429	3434	3439	3444	3446	3447	3449	3450
14.5	3450	3396	3406	3417	3427	3437	3440	3443	3445	3448	3449	3449	3450	3450
15.0	3450	3419	3425	3431	3437	3444	3445	3446	3448	3449	3449	3450	3450	3450
15.5	3450	3431	3435	3439	3443	3447	3448	3448	3449	3450	3450	3450	3450	3450
16.0	3450	3439	3441	3443	3446	3448	3449	3449	3449	3450	3450	3450	3450	3450
16.5	3450	3443	3445	3446	3448	3449	3449	3449	3450	3450	3450	3450	3450	3450
17.0	3450	3445	3446	3447	3448	3449	3449	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
17.5	3450	3445	3446	3447	3448	3449	3449	3449	3450	3450	3450	3450	3450	3450
18.0	3450	3446	3447	3448	3449	3449	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
18.5	3450	3448	3448	3449	3449	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
19.0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
19.5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
20.0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
20.5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
21.0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
21.5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
22.0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
22.5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
23.0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
23.5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
24.0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
24.5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
25.0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450

Tabelle 14-19: Leistungskurven, 3,45-MW-Leistungsmodus

14.7.2 C<sub>r</sub>-Werte, 3,45-MW-Leistungsmodus

Luftdichte kg/m <sup>3</sup>														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	0.904	0.908	0.908	0.907	0.907	0.907	0.906	0.906	0.906	0.905	0.905	0.904	0.904	0.903
3.5	0.857	0.860	0.860	0.860	0.859	0.859	0.859	0.858	0.858	0.858	0.858	0.857	0.857	0.856
4.0	0.828	0.831	0.831	0.830	0.830	0.830	0.830	0.829	0.829	0.829	0.829	0.828	0.828	0.828
4.5	0.819	0.822	0.822	0.822	0.821	0.821	0.821	0.820	0.820	0.820	0.820	0.819	0.819	0.818
5.0	0.814	0.818	0.818	0.818	0.817	0.817	0.816	0.816	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.814
5.5	0.812	0.817	0.817	0.816	0.816	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813	0.812	0.811
6.0	0.807	0.814	0.813	0.813	0.812	0.811	0.811	0.810	0.810	0.809	0.808	0.808	0.807	0.806
6.5	0.802	0.809	0.809	0.808	0.807	0.807	0.806	0.805	0.805	0.804	0.803	0.802	0.801	0.800
7.0	0.795	0.804	0.803	0.803	0.802	0.801	0.800	0.799	0.798	0.797	0.797	0.796	0.794	0.793
7.5	0.788	0.799	0.798	0.797	0.796	0.795	0.794	0.793	0.792	0.791	0.790	0.789	0.787	0.786
8.0	0.781	0.794	0.793	0.792	0.790	0.789	0.788	0.787	0.786	0.785	0.783	0.782	0.780	0.779
8.5	0.773	0.788	0.786	0.785	0.784	0.783	0.781	0.780	0.779	0.777	0.776	0.775	0.772	0.771
9.0	0.763	0.778	0.777	0.775	0.774	0.773	0.771	0.770	0.769	0.767	0.766	0.764	0.762	0.760
9.5	0.745	0.763	0.762	0.760	0.759	0.758	0.756	0.754	0.753	0.751	0.749	0.747	0.742	0.740
10.0	0.711	0.739	0.738	0.736	0.734	0.733	0.730	0.727	0.725	0.722	0.718	0.715	0.706	0.702
10.5	0.660	0.702	0.700	0.697	0.695	0.693	0.689	0.685	0.681	0.677	0.671	0.666	0.653	0.646
11.0	0.596	0.652	0.649	0.646	0.643	0.640	0.635	0.629	0.624	0.619	0.611	0.604	0.587	0.578
11.5	0.529	0.599	0.595	0.591	0.587	0.583	0.576	0.569	0.563	0.556	0.547	0.538	0.519	0.509
12.0	0.464	0.546	0.541	0.536	0.530	0.525	0.517	0.509	0.501	0.492	0.483	0.473	0.454	0.444
12.5	0.404	0.495	0.488	0.482	0.475	0.469	0.460	0.451	0.442	0.432	0.423	0.414	0.395	0.386
13.0	0.353	0.446	0.439	0.431	0.423	0.415	0.406	0.397	0.388	0.379	0.370	0.361	0.345	0.337
13.5	0.312	0.402	0.393	0.385	0.377	0.368	0.360	0.351	0.343	0.334	0.327	0.319	0.305	0.298
14.0	0.276	0.359	0.351	0.343	0.335	0.326	0.319	0.311	0.303	0.296	0.289	0.282	0.270	0.264
14.5	0.246	0.322	0.314	0.306	0.299	0.291	0.284	0.277	0.270	0.263	0.257	0.252	0.241	0.235
15.0	0.219	0.287	0.280	0.273	0.266	0.259	0.253	0.247	0.241	0.234	0.229	0.224	0.215	0.210
15.5	0.198	0.259	0.252	0.246	0.239	0.233	0.227	0.222	0.217	0.211	0.207	0.202	0.194	0.190
16.0	0.179	0.234	0.228	0.222	0.216	0.210	0.205	0.201	0.196	0.191	0.187	0.183	0.176	0.172
16.5	0.163	0.212	0.207	0.201	0.196	0.191	0.187	0.182	0.178	0.174	0.170	0.167	0.160	0.157
17.0	0.149	0.193	0.188	0.183	0.179	0.174	0.170	0.166	0.162	0.159	0.155	0.152	0.146	0.143
17.5	0.137	0.176	0.172	0.168	0.163	0.159	0.156	0.152	0.149	0.145	0.142	0.139	0.134	0.131
18.0	0.126	0.162	0.158	0.154	0.150	0.146	0.143	0.140	0.137	0.134	0.131	0.128	0.123	0.121
18.5	0.116	0.149	0.145	0.142	0.138	0.135	0.132	0.129	0.126	0.123	0.121	0.118	0.114	0.112
19.0	0.107	0.137	0.133	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118	0.116	0.113	0.111	0.109	0.105	0.103
19.5	0.099	0.126	0.123	0.120	0.117	0.114	0.112	0.110	0.107	0.105	0.103	0.101	0.097	0.095
20.0	0.092	0.117	0.114	0.112	0.109	0.106	0.104	0.102	0.100	0.097	0.096	0.094	0.090	0.089
20.5	0.086	0.109	0.106	0.104	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.084	0.083
21.0	0.080	0.102	0.099	0.097	0.095	0.092	0.090	0.088	0.087	0.085	0.083	0.082	0.079	0.077
21.5	0.075	0.096	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.078	0.077	0.074	0.073
22.0	0.071	0.089	0.087	0.085	0.083	0.081	0.080	0.078	0.076	0.075	0.073	0.072	0.069	0.068
22.5	0.066	0.084	0.082	0.080	0.078	0.076	0.075	0.073	0.072	0.070	0.069	0.068	0.065	0.064
23.0	0.062	0.078	0.077	0.075	0.073	0.071	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.061	0.060
23.5	0.059	0.074	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.058	0.057
24.0	0.055	0.069	0.068	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053
24.5	0.052	0.065	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.058	0.056	0.055	0.054	0.053	0.051	0.051
25.0	0.049	0.062	0.061	0.059	0.058	0.057	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048

Tabelle 14-20: C<sub>r</sub>-Werte, 3,45-MW-Leistungsmodus

14.7.3 Geräuschkurven, 3,45-MW-Leistungsmodus

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe, 3,45-MW-Leistungsmodus		
<b>Bedingungen für Schalleistungspegel:</b>	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m <sup>3</sup>	
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter ohne optionale Sägezahn-Hinterkante)	Schalleistungspegel in Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	91,3	91,1
4	91,9	91,5
5	94,2	93,4
6	97,3	96,3
7	100,6	99,5
8	103,4	102,3
9	105,8	104,4
10	105,8	104,4
11	105,8	104,4
12	105,8	104,4
13	105,8	104,4
14	105,8	104,4
15	105,8	104,4
16	105,8	104,4
17	105,8	104,4
18	105,8	104,4
19	105,8	104,4
20	105,8	104,4

Tabelle 14-21: Geräuschkurven, 3,45-MW-Leistungsmodus

**14.8 Gedrosselter 3,0-MW-Modus**

**14.8.1 Leistungskurven, gedrosselter 3,0-MW-Modus**

Luftdichte [kg/m <sup>3</sup> ]														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	22	8	9	10	11	12	14	15	16	17	19	20	23	25
3.5	73	44	47	50	52	55	57	60	62	65	68	70	75	78
4.0	134	93	97	100	104	108	112	116	119	123	127	131	138	142
4.5	209	151	156	161	167	172	177	183	188	193	198	204	214	220
5.0	302	222	229	237	244	251	258	266	273	280	287	295	309	316
5.5	415	309	318	328	338	347	357	367	376	386	396	405	425	434
6.0	552	414	427	440	452	465	477	490	502	515	527	540	565	577
6.5	714	540	556	572	587	603	619	635	651	667	683	699	730	746
7.0	906	688	708	728	748	767	787	807	827	847	866	886	925	945
7.5	1123	857	881	905	930	954	978	1002	1027	1051	1075	1099	1147	1171
8.0	1370	1049	1078	1107	1137	1166	1195	1225	1254	1283	1312	1341	1399	1428
8.5	1647	1264	1299	1334	1369	1404	1439	1474	1509	1544	1578	1613	1681	1716
9.0	1948	1501	1542	1583	1624	1665	1705	1746	1787	1827	1868	1908	1988	2028
9.5	2262	1752	1800	1847	1894	1941	1988	2034	2081	2127	2172	2217	2306	2350
10.0	2562	2014	2067	2120	2173	2226	2276	2327	2377	2427	2472	2517	2600	2640
10.5	2785	2268	2325	2381	2438	2495	2541	2588	2635	2682	2716	2750	2812	2839
11.0	2915	2491	2543	2596	2648	2701	2737	2774	2811	2848	2870	2893	2930	2944
11.5	2975	2676	2719	2762	2806	2850	2873	2896	2919	2942	2953	2964	2980	2986
12.0	2994	2812	2842	2872	2902	2933	2945	2957	2969	2981	2985	2990	2995	2997
12.5	2999	2900	2918	2936	2954	2973	2978	2983	2989	2994	2996	2997	2999	3000
13.0	3000	2950	2960	2970	2980	2989	2992	2994	2996	2998	2999	2999	3000	3000
13.5	3000	2971	2977	2983	2988	2994	2996	2997	2998	3000	3000	3000	3000	3000
14.0	3000	2986	2989	2992	2995	2998	2999	2999	3000	3000	3000	3000	3000	3000
14.5	3000	2993	2995	2996	2998	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
15.0	3000	2997	2997	2998	2999	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
15.5	3000	2998	2998	2999	2999	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
16.0	3000	2999	2999	2999	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
16.5	3000	2999	2999	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
17.0	3000	2999	2999	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
17.5	3000	2999	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
18.0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
18.5	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
19.0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
19.5	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
20.0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
20.5	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
21.0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
21.5	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
22.0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
22.5	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
23.0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
23.5	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
24.0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
24.5	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
25.0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000

Tabelle 14-19: Leistungskurven, gedrosselter 3,0-MW-Modus



14.8.2 C<sub>r</sub>-Werte, gedrosselter 3,0-MW-Modus

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m <sup>3</sup>													
	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3.0	0.904	0.908	0.908	0.907	0.907	0.907	0.906	0.906	0.906	0.905	0.905	0.904	0.904	0.903
3.5	0.857	0.860	0.860	0.860	0.859	0.859	0.859	0.858	0.858	0.858	0.858	0.857	0.857	0.856
4.0	0.828	0.831	0.831	0.830	0.830	0.830	0.830	0.829	0.829	0.829	0.829	0.828	0.828	0.828
4.5	0.819	0.822	0.822	0.822	0.821	0.821	0.821	0.820	0.820	0.820	0.819	0.819	0.818	0.818
5.0	0.814	0.818	0.818	0.818	0.817	0.817	0.816	0.816	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.814
5.5	0.812	0.817	0.817	0.816	0.816	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813	0.812	0.811
6.0	0.807	0.814	0.813	0.812	0.812	0.811	0.811	0.810	0.810	0.809	0.808	0.808	0.807	0.806
6.5	0.802	0.809	0.809	0.808	0.807	0.807	0.806	0.805	0.805	0.804	0.803	0.802	0.801	0.800
7.0	0.795	0.804	0.803	0.803	0.802	0.801	0.800	0.799	0.798	0.797	0.797	0.796	0.794	0.793
7.5	0.788	0.799	0.798	0.797	0.796	0.795	0.794	0.793	0.792	0.791	0.790	0.789	0.787	0.786
8.0	0.781	0.794	0.793	0.792	0.791	0.789	0.788	0.787	0.786	0.785	0.784	0.782	0.780	0.779
8.5	0.773	0.787	0.786	0.785	0.783	0.782	0.781	0.780	0.778	0.777	0.776	0.775	0.772	0.771
9.0	0.762	0.777	0.775	0.774	0.773	0.772	0.770	0.769	0.768	0.766	0.765	0.763	0.761	0.759
9.5	0.742	0.760	0.759	0.758	0.756	0.755	0.753	0.752	0.750	0.749	0.747	0.745	0.740	0.737
10.0	0.701	0.734	0.733	0.731	0.730	0.728	0.725	0.722	0.720	0.717	0.712	0.707	0.694	0.687
10.5	0.630	0.694	0.691	0.689	0.686	0.683	0.677	0.671	0.665	0.659	0.649	0.640	0.620	0.609
11.0	0.546	0.638	0.633	0.627	0.622	0.616	0.607	0.598	0.589	0.580	0.569	0.558	0.534	0.522
11.5	0.466	0.577	0.569	0.561	0.553	0.545	0.534	0.523	0.512	0.501	0.489	0.477	0.455	0.443
12.0	0.398	0.514	0.504	0.494	0.484	0.474	0.463	0.452	0.440	0.429	0.419	0.408	0.388	0.379
12.5	0.344	0.454	0.443	0.432	0.422	0.411	0.401	0.391	0.380	0.370	0.361	0.352	0.336	0.328
13.0	0.300	0.399	0.389	0.379	0.368	0.358	0.349	0.340	0.332	0.323	0.315	0.308	0.294	0.287
13.5	0.266	0.353	0.344	0.335	0.325	0.316	0.309	0.301	0.293	0.286	0.279	0.273	0.261	0.255
14.0	0.236	0.312	0.304	0.296	0.288	0.280	0.273	0.267	0.260	0.253	0.248	0.242	0.232	0.227
14.5	0.211	0.278	0.271	0.264	0.256	0.249	0.243	0.238	0.232	0.226	0.221	0.216	0.207	0.203
15.0	0.189	0.247	0.241	0.235	0.229	0.222	0.217	0.212	0.207	0.202	0.198	0.193	0.185	0.182
15.5	0.171	0.223	0.217	0.212	0.206	0.200	0.196	0.191	0.187	0.182	0.179	0.175	0.168	0.164
16.0	0.155	0.201	0.196	0.191	0.186	0.181	0.177	0.173	0.169	0.165	0.162	0.159	0.152	0.149
16.5	0.142	0.183	0.178	0.174	0.169	0.165	0.161	0.158	0.154	0.151	0.148	0.145	0.139	0.136
17.0	0.129	0.167	0.163	0.159	0.155	0.151	0.147	0.144	0.141	0.138	0.135	0.132	0.127	0.125
17.5	0.119	0.153	0.149	0.145	0.142	0.138	0.135	0.132	0.129	0.126	0.124	0.121	0.117	0.115
18.0	0.110	0.140	0.137	0.134	0.130	0.127	0.124	0.122	0.119	0.116	0.114	0.112	0.108	0.106
18.5	0.101	0.129	0.126	0.123	0.120	0.117	0.115	0.112	0.110	0.107	0.105	0.103	0.099	0.098
19.0	0.093	0.119	0.116	0.113	0.110	0.108	0.105	0.103	0.101	0.099	0.097	0.095	0.091	0.090
19.5	0.086	0.110	0.107	0.105	0.102	0.100	0.098	0.096	0.094	0.092	0.090	0.088	0.085	0.083
20.0	0.080	0.102	0.100	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.084	0.082	0.079	0.078
20.5	0.075	0.095	0.093	0.091	0.088	0.086	0.085	0.083	0.081	0.079	0.078	0.077	0.074	0.072
21.0	0.070	0.089	0.087	0.085	0.083	0.081	0.079	0.077	0.076	0.074	0.073	0.072	0.069	0.068
21.5	0.066	0.083	0.082	0.080	0.078	0.076	0.075	0.073	0.072	0.070	0.069	0.068	0.065	0.064
22.0	0.062	0.078	0.076	0.075	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.066	0.065	0.063	0.061	0.060
22.5	0.058	0.073	0.072	0.070	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.060	0.057	0.056
23.0	0.055	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053
23.5	0.052	0.064	0.063	0.062	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.054	0.054	0.053	0.051	0.050
24.0	0.049	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.051	0.051	0.050	0.048	0.047
24.5	0.046	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.045	0.045
25.0	0.044	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042

Tabelle 14-20: C<sub>r</sub>-Werte, gedrosselter 3,0-MW-Modus

### 14.8.3 Geräuschkurven, gedrosselter 3,0-MW-Modus

Schallleistungspegel auf Nabenhöhe, gedrosselter 3,0-MW-Modus		
Bedingungen für Schallleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): $0 \pm 2^\circ$ Luftdichte: $1,225 \text{ kg/m}^3$	
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schallleistungspegel auf Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter ohne optionale Sägezahn-Hinterkante)	Schallleistungspegel in Nabenhöhe [dBA] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	91,3	91,1
4	91,9	91,5
5	94,2	93,4
6	97,3	96,3
7	100,6	99,5
8	103,4	102,3
9	105,8	104,4
10	105,8	104,4
11	105,8	104,4
12	105,8	104,4
13	105,8	104,4
14	105,8	104,4
15	105,8	104,4
16	105,8	104,4
17	105,8	104,4
18	105,8	104,4
19	105,8	104,4
20	105,8	104,4

*Tabelle 14-21: Geräuschkurven, gedrosselter 3,0-MW-Modus*