

Restricted
Dokument-Nr.: 0038-6039_V08
19.10.2015

Allgemeine Spezifikation

V126-3.3/3.45 MW 50/60 Hz



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Beschreibung.....	6
2	Mechanische Konstruktion.....	6
2.1	Rotor.....	6
2.2	Rotorblätter.....	6
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.....	11
2.16	Klimaanlage.....	12
2.16.1	Generator- und Umrichter Kühlung.....	12
2.16.2	Getriebe- und Hydraulikkühlung.....	12
2.16.3	Transformator Kühlung.....	12
2.16.4	Maschinenhauskühlung.....	12
2.16.5	Optionale Luken für Lufteinlass.....	13
3	Elektrisches System.....	13
3.1	Generator.....	13
3.2	Umrichter.....	13
3.3	Mittelspannungstransformator.....	14
3.3.1	IEC 50-Hz-/60-Hz-Version.....	14
3.3.2	Ecodesign – IEC 50 Hz/60 Hz-Version.....	16
3.3.3	IEEE 60-Hz-Version.....	18
3.4	Mittelspannungskabel.....	19
3.5	Mittelspannungsschaltanlage.....	20
3.5.1	IEC-50-Hz/60-Hz-Version.....	22
3.5.2	IEEE 60-Hz-Version.....	23
3.6	AUX-System.....	23
3.7	Windsensoren.....	23
3.8	VMP-(Vestas-Multiprozessor-)Steuerung.....	24
3.9	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV).....	24
4	WEA-Schutzsysteme.....	25
4.1	Bremskonzept.....	25
4.2	Kurzschlusschutz.....	26
4.3	Überdrehzahlschutz.....	26
4.4	Lichtbogendetektor.....	26
4.5	Rauchmeldesystem.....	26
4.6	Blitzschutz von Rotorblättern, Maschinenhaus, Rotorblattnabe und Turm.....	27
4.7	EMV-System.....	27
4.8	Erdung.....	27
4.9	Korrosionsschutz.....	28
5	Sicherheit.....	28
5.1	Zugang.....	28

5.2	Fluchtwege	29
5.3	Räume/Arbeitsbereiche	29
5.4	Böden, Plattformen, Steh- und Arbeitsplätze	29
5.5	Serviceaufzug	29
5.6	Aufstiegsmöglichkeiten	29
5.7	Bewegliche Teile, Schutzeinrichtungen und Sperrvorrichtungen	29
5.8	Beleuchtung	30
5.9	Notstopp	30
5.10	Unterbrechung der Stromversorgung	30
5.11	Brandschutz/Erste Hilfe	30
5.12	Warnschilder	30
5.13	Handbücher und Warnhinweise	30
6	Ambiente	30
6.1	Chemikalien	30
7	Genehmigungen und Auslegungskriterien	31
7.1	Typenprüfungen	31
7.2	Auslegungsrichtlinien – Baukonstruktion	31
8	Farben	32
8.1	Maschinenhausfarbe	32
8.2	Turmfarbe	32
8.3	Rotorblattfarben	32
9	Leitfaden für Betriebsbereichsbedingungen und Leistungsmerkmale	33
9.1	Klima und Standortbedingungen	33
9.1.1	Komplexes Gelände	34
9.1.2	Höhenlage	34
9.1.3	Anordnung der Windenergieanlagen	34
9.2	Betriebsbereich – Temperatur und Wind	34
9.3	Betriebsbereich – Netzanschluss	36
9.4	Betriebsbereich – Blindleistungskapazität	38
9.5	Leistungsmerkmal – Durchfahren von Netzfehlern	39
9.6	Leistungsmerkmal – Blindstrombeitrag	40
9.6.1	Symmetrischer Blindstrombeitrag	40
9.6.2	Asymmetrischer Blindstrombeitrag	41
9.7	Leistungsmerkmal – Mehrfache Spannungsabfälle	41
9.8	Leistungsmerkmal – Regelung von Wirk- und Blindleistung	41
9.9	Leistungsmerkmal – Spannungsregelung	42
9.10	Leistungsmerkmal – Frequenzregelung	42
9.11	Hauptbeitragende für Eigenbedarf	42
9.12	Betriebsumgebung – Bedingungen für Leistungskurve und Ct-Werte (in Nabenhöhe)	43
9.13	Geräusch-/Leistungsmodi	43
10	Zeichnungen	45
10.1	Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen	45
10.2	Baukonstruktion – Seitenansichtszeichnung	46
11	Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse	47
12	Anhänge	48
12.1	Betriebsmodus 0	48
12.1.1	Leistungskurven, Betriebsmodus 0	48
12.1.2	C _T -Werte, Geräuschmodus 0	49
12.1.3	Geräuschkurve, Geräuschmodus 0	50
12.2	Modus 1	51
12.2.1	Leistungskurven, Betriebsmodus 1	51
12.2.2	C _T -Werte, Geräuschmodus 1	52
12.2.3	Geräuschkurve, Geräuschmodus 1	53
12.3	Modus 2	54

12.3.1	Leistungskurven, Geräuschmodus 2	54
12.3.2	C _f -Werte, Geräuschmodus 2	55
12.3.3	Geräuschkurve, Geräuschmodus 2	56
12.4	Modus 3	57
12.4.1	Leistungskurve, Geräuschmodus 3	57
12.4.2	C _f -Werte, Geräuschmodus 3	58
12.4.3	Geräuschkurve, Geräuschmodus 3	59
12.5	Modus 4	60
12.5.1	Leistungskurven, Geräuschmodus 4	60
12.5.2	C _f -Werte, Geräuschmodus 4	61
12.5.3	Geräuschkurve, Geräuschmodus 4	62
12.6	Betriebsmodus 5	63
12.6.1	Leistungskurven, Geräuschmodus 5	63
12.6.2	C _f -Werte, Geräuschmodus 5	64
12.6.3	Geräuschkurve, Geräuschmodus 5	65
12.7	3,45-MW-Leistungsmodus	66
12.7.1	Leistungskurven, 3,45-MW-Leistungsmodus	66
12.7.2	C _f -Werte, 3,45-MW-Leistungsmodus	67
12.7.3	Geräuschkurven, 3,45-MW-Leistungsmodus	68

Der Empfänger bestätigt, dass (i) die vorliegende allgemeine Spezifikation 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 Spezifikation (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. hierzu allgemeine Vorbehalte, Hinweise und Haftungsausschlüsse (einschl. Abschnitt 11 auf S. 50) der vorliegenden allgemeinen Spezifikation.

1 Allgemeine Beschreibung

Die Windenergieanlage Vestas V126-3.3/3.45 MW ist eine Aufwindanlage mit Pitchregulierung, aktiver Windnachführung und Dreiblattrotor. Sie hat einen Rotordurchmesser von 126 m und eine Nennleistung von 3,3 MW bzw. 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 optimale Rotordrehzahl und richtigen 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.

2 Mechanische Konstruktion

2.1 Rotor

Das Modell V126-3.3/3.45 MW ist mit einem 126-Meter-Rotor mit drei Rotorblättern an einer Rotorblattnabe 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	126 m
Überstrichene Fläche	12469 m ²
Drehzahl, dynamischer Betriebsbereich	5,3-16,5
Drehrichtung	Im Uhrzeigersinn (von vorn gesehen)
Orientierung	luvwärts
Neigung	6°
Konuswinkel der Rotorblätter	4°
Anzahl der Rotorblätter	3
Aerodynamische Bremsen	Volle Fahnenstellung

Tabelle 2-1: Rotordaten

2.2 Rotorblätter

Die Rotorblätter werden aus Kohle- und Glasfaser gefertigt und bestehen aus zwei strukturell eingegossenen Blattprofilschalen.

Rotorblätter	
Typbeschreibung	Strukturell eingegossene Blattprofilschalen
Rotorblattlänge	61,66 m
Material	Glasfaserverstärktes Epoxidharz, Kohlenstofffasern und massive Metallspitze (SMT)
Befestigung der Rotorblätter	Stahleinsätze zur Verankerung
Blattprofile	Auftriebsprofil
Maximale Profilsehne	4,0 m

Tabelle 2-2: Rotorblattdaten

2.3 Blattlager

Bei den Blattlagern handelt es sich um zweireihige Vierpunktkugellager.

Blattlager	
Schmierung	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 Rotorblatt montiert. Ventile zum Unterstützen des Pitchzylinderbetriebs sind auf einem Pitchblock montiert, der direkt mit dem Zylinder verschraubt ist.

Pitchsystem	
Typ	Hydraulisch
Anzahl	1 pro Rotorblatt
Bewegungsbereich	-9,5° bis 90°

Tabelle 2-4: Daten zum Pitchsystem

Hydrauliksystem	
Hauptpumpe	Zwei redundante interne Getriebeölpumpen
Druck	260 bar

Hydrauliksystem	
Filtration	3 µm (absolut)

Tabelle 2-5: Daten zum Hydrauliksystem

2.5 Nabe

Die Nabe nimmt die drei Rotorblätter auf, überträgt die Reaktionskräfte auf das Hauptlager und das Drehmoment auf das Getriebe. In der Nabe sind außerdem die Blattlager und die Pitchzylinder untergebracht.

Nabe	
Typ	Gusskugelschalennabe
Material	Gusseisen

Tabelle 2-6: Nabendaten

2.6 Hauptwelle

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

Hauptwelle	
Typbeschreibung	Hohlwelle
Material	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	
Material	Gusseisen

Tabelle 2-8: Daten zum Hauptlagergehäuse

2.8 Hauptlager

Das Hauptlager nimmt die Axiallasten auf.

Hauptlager	
Typ	Zweireihiges Pendelrollenlager
Schmierung	Automatische Fettschmierung

Tabelle 2-9: Daten zum Hauptlager

2.9 Getriebe

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

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

Getriebe	
Typ	Planetenstufen + eine Stirnradstufe
Material Getriebegehäuse	Guss
Schmiersystem	Druckgespeiste Ölschmierung
Ersatz-Schmiersystem	Ölsumpfbefüllung aus Falltank
Gesamt-Getriebeölvolumen	1000-1200
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.

Die Azimutgetriebe verfügen über einen Drehmomentbegrenzer.

Azimutsystem	
Typ	Gleitlagersystem
Material	Geschmiedeter Azimutkranz, vergütet. Gleitlagerflächen aus PETP
Windnachführgeschwindigkeit (50 Hz)	0,46°/Sek.

Azimutsystem	
Windnachföhrgeschwindigkeit (60 Hz)	0,60°/Sek.

Tabelle 2-11: Daten zum Azimutsystem

Azimutgetriebe	
Typ	Mit mehrstufigem Getriebe
Übersetzungsverhältnis gesamt	944 : 1
Drehzahl bei Vollast	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 (NL) 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 und dergleichen 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.

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
Nabenhöhen	87 m/117 m/128 m/137 m/147 m/149 m

Tabelle 2-14: Daten zur Turmkonstruktion

2.15 Maschinenhausrahmen und -verkleidung

Die Maschinenhausverkleidung besteht aus GFK. Der Boden weist Luken zum Auf- oder Abkranen von Ausrüstung ins Maschinenhaus und zum Evakuieren von Personen auf. Der Dachbereich ist mit Windsensoren und Dachluken ausgestattet. Die Dachluken können vom Maschinenhausinneren geöffnet werden, um Zugang zum Dach zu erhalten, und von außen, um Zugang zum Maschinenhaus zu erhalten. Der Zugang zum Maschinenhaus vom Turm aus erfolgt durch das 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 montiert.

Typbeschreibung	Material
Maschinenhausdach	GFK
Vorderer Maschinenhausrahmen	Gusseisen
Hinterer Maschinenhausrahmen	Trägerkonstruktion

Tabelle 2-15: Daten zu Maschinenhausrahmen und -verkleidung

2.16 Klimaanlage

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 Transformatorkühlung

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

2.16.4 Maschinenhauskühlung

Die durch mechanische und elektrische Ausrüstung erzeugte Warmluft wird mittels eines im Maschinenhaus befindlichen Gebläsesystems aus dem Maschinenhaus abgeführt.

2.16.5 Optionale Luken für Lufteinlass

Die 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, der auf dem Generator installiert ist.

Generator	
Typ	Asynchron mit Kurzschlussläufer
Nennleistung [P_N]	3650 kW
Frequenz [f_N]	0-100 Hz
Spannung, Stator [U_{NS}]	3 x 750 V (bei Nenndrehzahl)
Anzahl der Pole	4/6
Wicklungstyp	Vakuumdruckimprägniert
Wicklungsverschaltung	Stern oder Delta
Nenndrehzahl	1450-1550 U/min
Überdrehzahlgrenze gemäß IEC (2 Minuten)	2400 U/min
Generatorlager	Hybrid/Keramik
Temperatursensoren, Stator	Drei Pt100-Sensoren an kritischen Lastpunkten und drei als Reserve
Temperatursensoren, Lager	1 pro Lager
Isolierstoffklasse	F oder H
Gehäuse	IP54

Tabelle 3-1: Daten zum Generator

3.2 Umrichter

Der Umrichter ist ein Vollumrichtersystem für die Steuerung des Generators und der Qualität des in das Stromnetz gespeisten Stroms.

Das Umrichtersystem besteht aus vier Umrichtereinheiten, die im Parallelbetrieb mit einer gemeinsamen Steuerung laufen.

Der Umrichter wandelt den frequenzvariablen Strom 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.

Umrichter	
Scheinnennleistung [S _N]	4000 kVA
Nennspannung im Stromnetz	650 V
Nennspannung im Generator	750 V
Generatornennstrom	3286 A
Gehäuse	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 nichts anders angegeben, sind die Wicklungen auf der Mittelspannungsseite Dreieck-geschaltet.

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-basierter 60-Hz-Transformator geliefert werden; vgl. 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; vgl. 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; vgl. Tabelle 3-5.

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

Transformator	
Typbeschreibung	Trockengießharz-Transformator.
Grundstruktur	Dreiphasiger Transformator mit zwei Wicklungen
Zugrunde gelegte Normen	IEC 60076-11, IEC 60076-16, IEC

Transformator	
	61936-1.
Kühlung	AF
Nennleistung	3750 kVA
Nennspannung, WEA-seitig	
U_m 1,1 kV	0,650 kV
Nennspannung, netzseitig	
U_m 12,0 kV	10,0-11,0 kV
U_m 24,0 kV	11,1-22,0 kV
U_m 36,0 kV	22,1-33,0 kV
U_m 41,5 kV	33,1-36,0 kV
Isolierung AC/LI/LIC	
U_m 1,1 kV	3 ¹ / - / - kV
U_m 12,0 kV	28 kV ¹ /75 kV/75 kV
U_m 24,0 kV	50 kV ¹ /125 kV/125 kV
U_m 36,0 kV	70 kV ¹ /170 kV/170 kV
U_m 41,5 kV	80 kV ¹ /170 kV/170 kV
Stufenschalter für den lastlosen Zustand	±2 x 2,5 %
Frequenz	50 Hz/60 Hz
Schaltgruppe	Dyn5/YNyn0
Leerlaufverlust²	5,8 kW
Nennlastverlust bei Nennleistung MS, 120 °C²	30,5 kW
Leerlaufblindleistung²	16 kVAr
Volllastblindleistung²	345 kVAr
Leerlaufstrom²	0,5 %
Positive Kurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120°C³	9,0 %
Positiver Kurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 120°C²	0,8 %
Nullkurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120°C²	8,2 %
Nullkurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 120°C²	0,7 %
Einschaltspitzenstrom²	
Dyn5	6-9 x \hat{I}_n
YNyn0	8-12 x \hat{I}_n
Halbe Scheitelwert-Zeit²	ca. 0,7 s
Schalleistungspegel	≤ 80 dB(A)
Durchschnittlicher Temperaturanstieg in max. Höhe	≤ 90 K
Maximale Höhe⁴	2000 m
Isolierklasse	155 (F)
Umweltklasse	E2
Klimaklasse	C2
Brandschutzklasse	F1
Korrosionsschutzklasse	C4
Masse (Gewicht)	≤ 8500 kg
Temperaturüberwachung	Pt100-Sensoren in Niederspannungswicklungen und

Transformator	
	Kern
Überspannungsschutz	Überspannungsableiter an Mittelspannungsklemmen
Temporäre Erdung	3 x Ø20-mm-Erdungspunkte

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

- HINWEIS**
- ¹ in 1000 m Höhe. Gemäß IEC 60076-11 ist die Wechselstrom-Prüfspannung höhenabhängig.
 - ² Basierend auf den berechneten Durchschnittswerten, über verschiedene Spannungen und Hersteller gemittelt.
 - ³ Muss den Standard-Toleranzen der IEC-Norm genügen
 - ⁴ 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	3750 kVA
Nennspannung, WEA-seitig	
U_m 1,1 kV	0,650 kV
Nennspannung, netzseitig	
U_m 12,0 kV	10,0-11,0 kV
U_m 24,0 kV	11,1-22,0 kV
U_m 36,0 kV	22,1-33,0 kV
U_m 40,5 kV	33,1-36,0 kV
Isolierung AC/LI/LIC	
U_m 1,1 kV	3 ¹ / - / - kV
U_m 12,0 kV	28 kV ¹ /75 kV/75 kV
U_m 24,0 kV	50 kV ¹ /125 kV/125 kV
U_m 36,0 kV	70 kV ¹ /170 kV/170 kV
U_m 40,5 kV	80 kV ¹ /170 kV/170 kV
Stufenschalter für den lastlosen Zustand	±2 x 2,5 %
Frequenz	50 Hz oder 60 Hz
Schaltgruppe	Dyn5/YNyn0
Peak Efficiency Index (PEI) ²	Ecodesign-Anforderung
U_m 12,0 kV	≥ 99,348

Transformator	
U_m 24,0 kV	≥ 99,348
U_m 36,0 kV	≥ 99,348
U_m 40,5 kV	≥ 99,158
Leerlaufverlust²	
U_m 12,0 kV	≤ 5,50 kW
U_m 24,0 kV	≤ 5,50 kW
U_m 36,0 kV	≤ 5,40 kW
U_m 40,5 kV	≤ 6,00 kW
Nennlastverlust bei Nennleistung MS, 120 °C²	
U_m 12,0 kV	≤ 27,70 kW
U_m 24,0 kV	≤ 27,70 kW
U_m 36,0 kV	≤ 28,35 kW
U_m 40,5 kV	≤ 25,30 kW
Leerlaufblindleistung³	25 kVAr
Vollastblindleistung³	370 kVAr
Leerlaufstrom³	0,5 %
Positive Kurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 120 °C⁴	9,0 %
Positiver Kurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 120°C³	0,8 %
Kurzschluss-Nullimpedanz bei Nennleistung, 120°C³	8,2 %
Kurzschluss-Nullwiderstand bei Nennleistung, 120°C³	0,7 %
Einschaltspitzenstrom³	
Dyn5	6-9 x \hat{I}_n
YNyn0	8-12 x \hat{I}_n
Halbe Scheitelwert-Zeit³	ca. 0,7 s
Schalleistungspegel	≤ 80 dB(A)
Durchschnittlicher Temperaturanstieg in max. Höhe	≤ 90 K
Maximale Höhe⁵	2000 m
Isolierklasse	155 (F)
Umweltklasse	E2
Klimaklasse	C2
Brandschutzklasse	F1
Korrosionsschutzklasse	C4
Masse (Gewicht)	≤ 8800 kg
Temperaturüberwachung	Pt100-Sensoren in Niederspannungswicklungen und Kern
Überspannungsschutz	Überspannungsableiter an Mittelspannungsklemmen
Temporäre Erdung	3 x Ø20-mm-Erdungspunkte

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

HINWEIS

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

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

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

⁴ Gemäß IEC-Norm-Toleranzen.

⁵ Die max. Höhe des Transformators lässt sich dem Standort der Windenergieanlage entsprechend einstellen.

3.3.3 IEEE 60-Hz-Version

Transformator	
Typbeschreibung	Trockengießharz-Transformator.
Grundstruktur	Dreiphasiger Transformator mit zwei Wicklungen
Zugrunde gelegte Normen	UL 1562, CSA C22.2 Nr. 47, IEEE C57.12, IEC 60076-11, IEC 60076-16, IEC 61936-1.
Kühlung	AFA
Nennleistung	3750 kVA
Nennspannung, WEA-seitig	
N_{LL} 1,2 kV	0,650 kV
Nennspannung, netzseitig	
N_{LL} 15,0 kV	10,0-15,0 kV
N_{LL} 25,0 kV	15,1-25,0 kV
N_{LL} 34,5 kV	25,1-34,5 kV
Isolierung AC/LI & LIC	
N_{LL} 1,2 kV	4 ¹ /+10 kV
N_{LL} 15,0 kV	34 ¹ /+95 kV
N_{LL} 25,0 kV	50 ¹ /+125 kV
N_{LL} 34,5 kV	70 ¹ /(+150 und -170) oder +170 kV
Stufenschalter für den lastlosen Zustand	±2 x 2,5 %
Frequenz	60 Hz
Schaltgruppe	Dyn5/YNyn0
Leerlaufverlust²	5,8 kW
Nennlastverlust bei Nennleistung MS, 120 °C²	30,5 kW
Leerlaufblindleistung²	16 kVAr
Volllastblindleistung²	345 kVAr
Leerlaufstrom²	0,5 %
Positive Kurzschlussimpedanz bei	9,0 %

Transformator	
Nennleistung, 120°C ³	
Kurzschluss-Mitwiderstand bei Nennleistung, 120 °C ²	0,7 %
Kurzschluss-Nullimpedanz bei Nennleistung, 120 °C ²	8,3 %
Kurzschluss-Nullwiderstand bei Nennleistung, 120 °C ²	0,7 %
Einschaltspitzenstrom ²	
	Dyn5 6-9 x \hat{I}_n
	YNyn0 8-12 x \hat{I}_n
Halbe Scheitelwert-Zeit ²	ca. 0,7 s
Schalleistungspegel	≤ 80 dB(A)
Durchschnittlicher Temperaturanstieg in max. Höhe	≤ 90 K
Maximale Höhe ⁴	2000 m
Isolierklasse	150 °C
Umweltklasse	E2
Klimaklasse	C2
Brandschutzklasse	F1
Korrosionsschutzklasse	C4
Masse (Gewicht)	≤ 8500 kg
Temperaturüberwachung	Pt100-Sensoren in Niederspannungswicklungen und Kern
Überspannungsschutz	Überspannungsableiter an Mittelspannungsklemmen
Temporäre Erdung	3 x Ø20-mm-Erdungspunkte

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

- HINWEIS**
- ¹ in 1000 m Höhe. Gemäß IEEE C57.12 ist die Wechselstrom-Prüfspannung höhenabhängig.
- ² Basierend auf den berechneten Durchschnittswerten, über verschiedene Spannungen und Hersteller gemittelt.
- ³ Muss den Toleranzen der Norm IEEE-C57.12 genügen
- ⁴ Die max. Höhe des Transformators lässt sich dem Standort der WEA 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 ²
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 Leistungsschalters 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; vgl. 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.

Mittelspannungsschaltanlage			
Variante	Einfach	Optimiert	Standard
IEC-Normen	○	⊙	⊙
IEEE-Normen	⊙	○	⊙
Vakuum-Leistungsschalterkonsole	⊙	⊙	⊙
Überstrom-, Kurzschluss- und Erdungsfehlerschutz	⊙	⊙	⊙
Lasttrenner/Erdungsschalter in Leistungsschalterkonsole	⊙	⊙	⊙
Anzeigesystem für an Leistungsschalter anliegende Spannung	⊙	⊙	⊙
Anzeigesystem für an Versorgungsnetzka beln anliegende Spannung	⊙	⊙	⊙
Doppelte Versorgungsnetzka belverbindung	⊙	⊙	⊙
Dreifache Versorgungsnetzka belverbindung	⊙	○	○
Vorkonfigurierte Relaisstellungen	⊙	⊙	⊙
Integration des WEA-Sicherheitsystems	⊙	⊙	⊙
Redundante Auslösespulenkreise	⊙	⊙	⊙
Auslösespulenüberwachung	⊙	⊙	⊙
Handbedienung außerhalb des Turms	⊙	⊙	⊙
Sequenzielle Unterspannungsetzung	⊙	⊙	⊙
Wiedereinschaltblockadefunktion	⊙	⊙	⊙
Heizelemente	⊙	⊙	⊙
Schlüsselverriegelungssystem für Leistungsschalterkonsole	⊙	⊙	⊙
Unterbrechungsfreie Stromversorgung für Schutzkreise	⊙	⊙	⊙
Motorbetätigung der Leistungsschalter	⊙	⊙	⊙
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	○	○	⊙

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 ₆
Bemessungsspannung	
U_r 24,0 kV	10,0-22,0 kV
U_r 36,0 kV	22,1-33,0 kV
U_r 40,5 kV	33,1-36,0 kV
Bemessungs-Isolationspegel AC // LI Üblicher Wert/über den Isolierabstand	
U_r 24,0 kV	50 kV/60 kV // 125 kV/145 kV
U_r 36,0 kV	70 kV/80 kV // 170 kV/195 kV
U_r 40,5 kV	85 kV/90 kV // 185 kV/215 kV
Bemessungsfrequenz	50 Hz oder 60 Hz
Bemessungs-Betriebsstrom	630 A
Bemessungs-Kurzzeithaltestrom	
U_r 24,0 kV	20 kA
U_r 36,0 kV	25 kA
U_r 40,5 kV	25 kA
Bemessungs-Stehspitzenstrom 50/60 Hz	
U_r 24,0 kV	50 kA/52 kA
U_r 36,0 kV	62,5 kA/65 kA
U_r 40,5 kV	62,5 kA/65 kA
Kurzschluss-Bemessungsdauer	1 s
Störlichtbogenqualifikation (optional)	
U_r 24,0 kV	IAC A FLR 20 kA/1 s
U_r 36,0 kV	IAC A FLR 25 kA, 1 s
U_r 40,5 kV	IAC A FLR 25 kA, 1 s
Anschlusschnittstelle	Außenkegel-Plug-in-Buchsen, IEC-Schnittstelle C1.
Kategorie der Betriebsverfügbarkeit (LSC)	LSC2
Eindringenschutz	
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	
Typbeschreibung	Gasisolierte Schaltanlage
Zugrunde gelegte Normen	IEEE 37.20.3, IEEE C37.20.4, IEC 62271-200, ISO 12944.
Isoliermedium	SF ₆
Bemessungsspannung	
U_r 38,0 kV	22,1-36,0 kV
Bemessungs-Isolationspegel AC/LI	70 kV/150 kV
Bemessungsfrequenz	60 Hz
Bemessungs-Betriebsstrom	600 A
Bemessungs-Kurzzeithaltestrom	25 kA
Bemessungs-Stehspitzenstrom	65 kA
Kurzschluss-Bemessungsdauer	1 s
Störlichtbogenqualifikation (optional)	IAC A FLR 25 kA, 1 s
Anschlussstellen- Versorgungsnetz-kabel	Außenkegel-Plug-in-Buchsen, IEEE-386-Schnittstelle vom Typ Deadbreak, 600 A.
Eindringenschutz	
Gasvorratsbehälter	NEMA 4X/IP 65
Gehäuse	NEMA 2/IP 2X
Niederspannungs-Schaltschrank	NEMA 2/IP 3X
Korrosionsschutzklasse	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 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	
Einphasig (Maschinenhaus und Turmplattformen)	230 V (16 A)/110 V (16 A)/ 2 x 55 V (16 A)
Dreiphasig (Maschinenhaus und Turmfundament)	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 lediglich einem Sensor funktionsfähig.

3.8 VMP-(Vestas-Multiprozessor-)Steuerung

Die Windenergieanlage wird von der Steuerung VMP6000 gesteuert und überwacht.

Der VMP6000 ist eine Multiprozessorsteuerung mit vier Hauptprozessoren (Turmfuß, Maschinenhaus, Nabe und Umrichter), die durch ein optisches 2,5-Mbit-ArcNet-Netzwerk verbunden sind.

Zusätzlich zu den vier Hauptprozessoren besteht der VMP6000 aus einer Reihe von verteilten E/A-Modulen, die über ein 500-kbit-CAN-Netzwerk miteinander verbunden sind.

Die E/A-Module sind über einen seriellen Digitalbus (CTBus) mit CAN-Schnittstellenmodulen verbunden.

Die VMP6000-Steuerung erfüllt die folgenden 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 3 Teilsystemen:

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

USV		
Backup-Zeitraum	Standard	optional
Steuerung* (230-V _{AC} - und 24-V _{DC} -USV)	15 min	Bis zu 400 min**
Innenbeleuchtung (230-V _{AC} USV)	30 Min.	60 min ***
Optionaler SCADA Power Plant Controller (24 V _{DC} USV)	–	48 Stunden****

Tabelle 3-11: USV-Daten

* Die Steuerung umfasst: die Steuerung der Windenergieanlage (VMP6000), Mittelspannungsschaltanlagenfunktionen und Fernüberwachung.

** Upgrade der 230-V_{AC}-USV für Steuerungssystem mit zusätzlichen Batterien notwendig.

*** Upgrade der 230-V_{AC}-USV für Innenbeleuchtung mit zusätzlichen Batterien notwendig.

**** Upgrade der 24-V_{DC}-USV mit zusätzlichen Batterien notwendig.

HINWEIS Angaben zu alternativen Backup-Zeiträumen 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 Hydraulikdruckspeicher 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 Eigenbedarfsversorgung. T4L 250A TMD 4P 690 V	Trennschalter für Umrichtermodule T7M1200L PR332/P LSIG 1000 A 3P 690 V
Abschaltleistung, I _{cu} , I _{cs}	70 kA bei 690 V	50 kA bei 690 V
Einschaltleistung, I _{cm}	154 kA bei 690 V	105 kA bei 690 V

Tabelle 4-1: Daten zum Kurzschlusschutz

4.3 Überdrehzahlschutz

Zum Schutz vor Überdrehzahl und Drehfehlern wird die Drehzahl von Generator und Hauptwelle von Induktionssensoren erfasst und mit dem von der WEA-Steuerung berechneten Wert verglichen.

Darüber hinaus ist die Windenergieanlage mit einer Sicherheits-SPS ausgestattet. Dieses separate Computermodule misst die Rotordrehzahl. Bei einer Überdrehzahl löst die Sicherheits-SPS unabhängig von der Anlagensteuerung die Notfahnenstellung (volle Fahnenstellung) der drei Rotorblätter aus.

Überdrehzahlschutz	
Sensortyp	Induktiv
Auslösewert	16,5 (Rotordrehzahl in U/min)/1871 (Generator Drehzahl in U/min)

Tabelle 4-3: Daten zum Überdrehzahlschutz

4.4 Lichtbogendetektor

Die Windenergieanlage ist mit einem Lichtbogen-Nachweissystem einschließlich mehrerer Lichtbogendetektoren ausgestattet, die im Mittelspannungs-Transformatorraum und im Stromnetz-Schnittstellenschrank 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
- Ableitungssystem (ein System, um den Blitzstrom durch die Windenergieanlage nach unten abzuleiten, um Schäden an der BSA selbst oder an anderen Teilen der Windenergieanlage zu vermeiden oder zu reduzieren)
- Überspannungs- und Überstromschutz
- Abschirmung gegen magnetische und elektrische Felder
- Erdungssystem

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

Tabelle 4-4: Blitzschutzkonstruktionsparameter

HINWEIS

Das Blitzschutzsystem ist nach den IEC-Normen konstruiert (vgl. 7 Genehmigungen und Auslegungskriterien auf S. 34).

4.7 EMV-System

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

- RICHTLINIE 2004/108/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 15. Dezember 2004 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit und zur Aufhebung der Richtlinie 89/336/EWG.

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

5 Sicherheit

Mit den im vorliegenden Abschnitt enthaltenen Sicherheitspezifikationen 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. 3 m 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 9 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 einem Fallsicherungssystem (fester Handlauf) montiert.

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 im Turm, im Maschinenhaus und in der Nabe beleuchtet.

Für den Fall eines Stromausfalls ist eine Notbeleuchtung vorhanden.

5.9 Notstopp

In Maschinenhaus, Nabe und in der untersten Turmsektion 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 Turmsektion.

5.11 Brandschutz/Erste Hilfe

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

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

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 zur Vermeidung eines Einfrierens des Kühlsystems
- Getriebeöl zum Schmieren des Getriebes
- Hydrauliköl zum Pitchen der Rotorblätter und Betätigen der Bremse
- Fett zum Schmieren der Lager
- Verschiedene Reinigungsmittel und Chemikalien zur Pflege der Windenergieanlage

7 Genehmigungen und Auslegungskriterien

7.1 Typenprüfungen

Die Windenergieanlage ist nach folgenden Zertifizierungsrichtlinien typengeprüft:

Zertifizierung	Windklasse	Nabenhöhe
IEC 61400-22	IEC IIIA	87 m
IEC 61400-22	IEC IIIB	117 m
IEC 61400-22	IEC IIIA	128 m
IEC 61400-22	IEC IIIA	137 m
DIBt 2012	WZ2, GKII, TKA	137 m
IEC 61400-22	IEC IIIA	147 m
DIBt 2012	S	149 m

Tabelle 7-1: Typenprüfungsdaten

7.2 Auslegungsrichtlinien – Baukonstruktion

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

Auslegungsrichtlinien	
Maschinenhaus und Nabe	IEC 61400-1: Ausgabe 3 EN 50308
Turm	IEC 61400-1: Ausgabe 3 Eurocode 3
Rotorblätter	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

Auslegungsrichtlinien	
Getriebe	ISO 81400-4
Generator	IEC 60034
Transformator	IEC 60076-11, IEC 60076-16, CENELEC HD637 S1
Blitzschutz	IEC 62305-1: 2006 IEC 62305-3: 2006 IEC 62305-4: 2006 IEC 61400-24:2010
Drehende elektrische Maschinen	IEC 34
Maschinensicherheit, sicherheitsrelevante Teile der Steuersysteme	IEC 13849-1
Maschinensicherheit – elektrische Ausrüstung von Maschinen	IEC 60204-1

Tabelle 7-2: 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)
Farbvarianten Rotorblattspitzen	RAL 2009 (Verkehrsorange), RAL 3020 (Verkehrsrot)

Rotorblattfarben	
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 müssen bei der Bewertung der tatsächlichen Windenergieanlagenleistung berücksichtigt werden. 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	IEC IIIA	
Umgebungstemperaturbereich (Windenergieanlage für Standardtemperatur)	-40 °C bis +50 °C	
Extreme Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Durchschnitt)	37,5 m/s	
Überlebenswindgeschwindigkeit (3-Sekunden-Böe)	52,5 m/s	
Auslegungsparameter-Extremwerte für nach DIBt 2012 konstruierte Türme		
Nabenhöhe	NH 137 m	NH 149 m
Extreme Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Durchschnitt)	38,0 m/s	39,9 m/s
Überlebenswindgeschwindigkeit (3-Sekunden-Böe)	53,2 m/s	55,8 m/s

Tabelle 9-1: Auslegungsparameter-Extremwerte

Auslegungsparameter-Mittelwerte	
Windklima	IEC IIIA/IEC S
Windgeschwindigkeit (3,3 MW Bemessungsleistung)	7,5 m/s
A-Faktor (3,3 MW Bemessungsleistung)	8,46 m/s
Windgeschwindigkeit (3,45 MW Bemessungsleistung)	6,9 m/s
A-Faktor (3.45-MW-Auslegung)	7,79 m/s
Formfaktor c	2,0
Turbulenzintensität nach IEC 61400-1, einschließlich Windparkturbulenz (bei 15 m/s – 90%-Quantil)	18 %
Scherwind	0,20
Anströmwinkel (senkrecht)	8°

Auslegungsparameter-Mittelwerte für nach DIBt 2012 konstruierte Türme		
Nabenhöhe	NH 137 m	NH 149 m
Windgeschwindigkeit (3,3 MW Bemessungsleistung)	7,5 m/s	7,2 m/s
Windgeschwindigkeit (3,45 MW Bemessungsleistung)	6,9 m/s	6,9 m/s
Turbulenzintensität I_{ref}	16 %	16 %

Tabelle 9-2: Auslegungsparameter-Mittelwerte

9.1.1 Komplexes Gelände

Klassifikation 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 muss anhand des Vestas-Baustellenprüfungsprogramms geprüft werden.

9.1.2 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.

9.1.3 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.

9.2 Betriebsbereich – Temperatur und Wind

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

Betriebsbereich – Temperatur und Wind	
Umgebungstemperaturbereich (Standard-WEA)	-20 °C bis +45 °C
Umgebungstemperaturbereich (Niedrigtemperatur-Windenergieanlage)	-30 °C bis +45 °C
Einschaltwindgeschwindigkeit	3 m/s
Ausschaltwindgeschwindigkeit (10-Minuten-Durchschnitt)	22,5 m/s*

Betriebsbereich – Temperatur und Wind	
Wiedereinschaltwindgeschwindigkeit (10-Minuten-Durchschnitt)	20,0 m/s*

*: Bei 87 m Nabenhöhe beträgt die Ausschaltwindgeschwindigkeit 20 m/s und die Wiedereinschaltwindgeschwindigkeit 18 m/s.

*: Bei 128 m Nabenhöhe beträgt die Ausschaltwindgeschwindigkeit 19 m/s und die Wiedereinschaltwindgeschwindigkeit 17 m/s.

Tabelle 9-3: Betriebsbereich – Temperatur und Wind

HINWEIS Bei Umgebungstemperaturen von über +25/30 °C erhält die Windenergieanlage wie in Abbildungen 9-1 und 9-2 dargestellt die leistungsverminderte Produktion innerhalb der Komponenten-Kapazität aufrecht.

Die Windenergieanlage stoppt die Energieerzeugung, sobald die Umgebungstemperaturen über +45 °C steigen.

Niedrigtemperatur-Optionen der Windenergieanlage können bei Vestas erfragt werden.

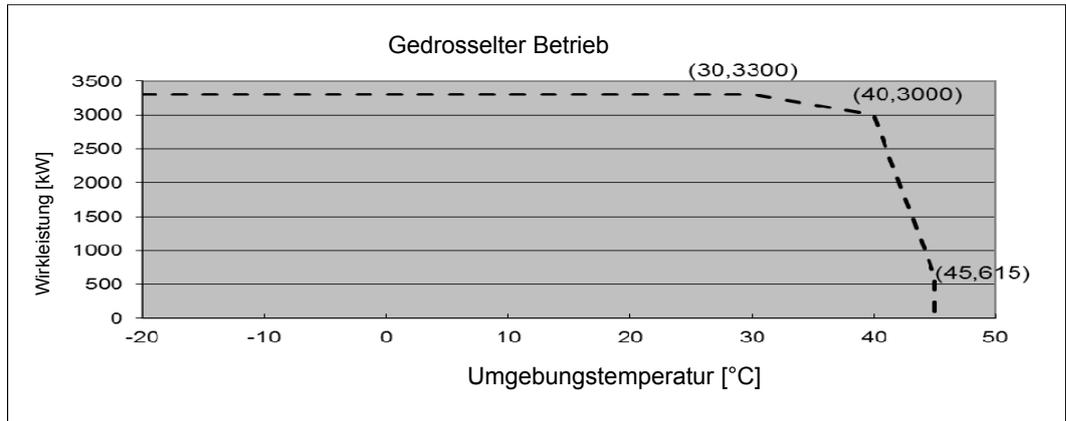


Abbildung 9-1: Heruntergeregelter Betrieb bei 3,3-MW-Bemessung

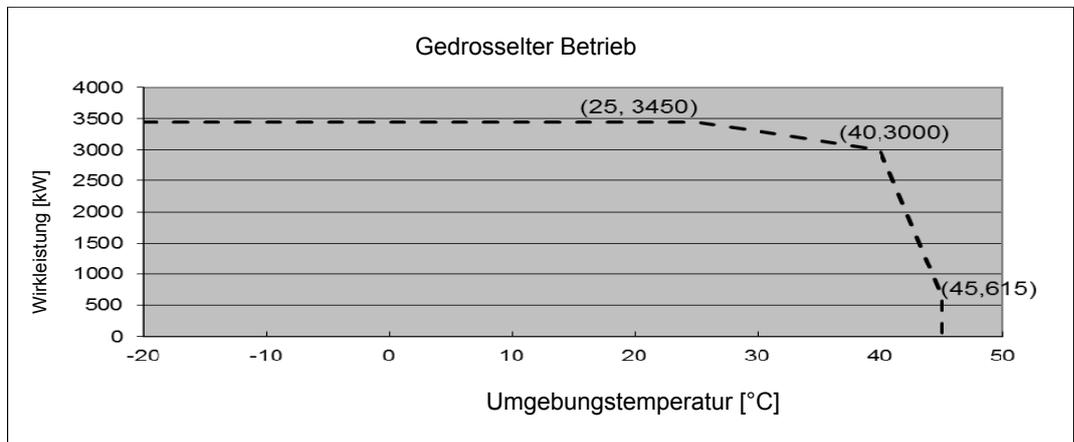


Abbildung 9-2: Heruntergeregelter Betrieb bei 3,45-MW-Bemessung

9.3 Betriebsbereich – Netzanschluss

Betriebsbereich – Netzanschluss		
Nennphasenspannung	[U _{NP}]	650 V
Nennfrequenz	[f _N]	50/60 Hz
Max. Frequenzgradient	±4 Hz/s	
Max. negative Gegenspannung	3% (Verbindung) 2% (Betrieb)	
Mindestens erforderliches Kurzschlussverhältnis am Mittelspannungsanschluss der Windenergieanlage	5,0	
Maximaler Kurzschlussstrom	1,05 pu (Dauerbetrieb)	

Betriebsbereich – Netzanschluss	
	1,45 pu (Spitze)

Tabelle 9-4: Betriebsbereich – Netzanschluss

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

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

Tabelle 9-5: Trennwerte für Generator und Umrichter

HINWEIS

* Über die Lebensdauer der Windenergieanlage gemittelt sollten innerhalb eines Jahres nicht mehr als 50 Netzausfälle auftreten.

** Die Windenergieanlage kann für einen dauerhaften Betrieb bei Spannungsschwankungen von ±13 % konfiguriert werden. Die Blindleistungskapazität ist für diesen breiten Einstellungsbereich begrenzt (vgl. Abschnitt „Betriebsbereich – Blindleistungskapazität“).

9.4 Betriebsbereich – Blindleistungskapazität

Die Blindleistungskapazität der 3,3-MW-Windenergieanlage auf der Niederspannungsseite ist in Abbildung 9-3 dargestellt:

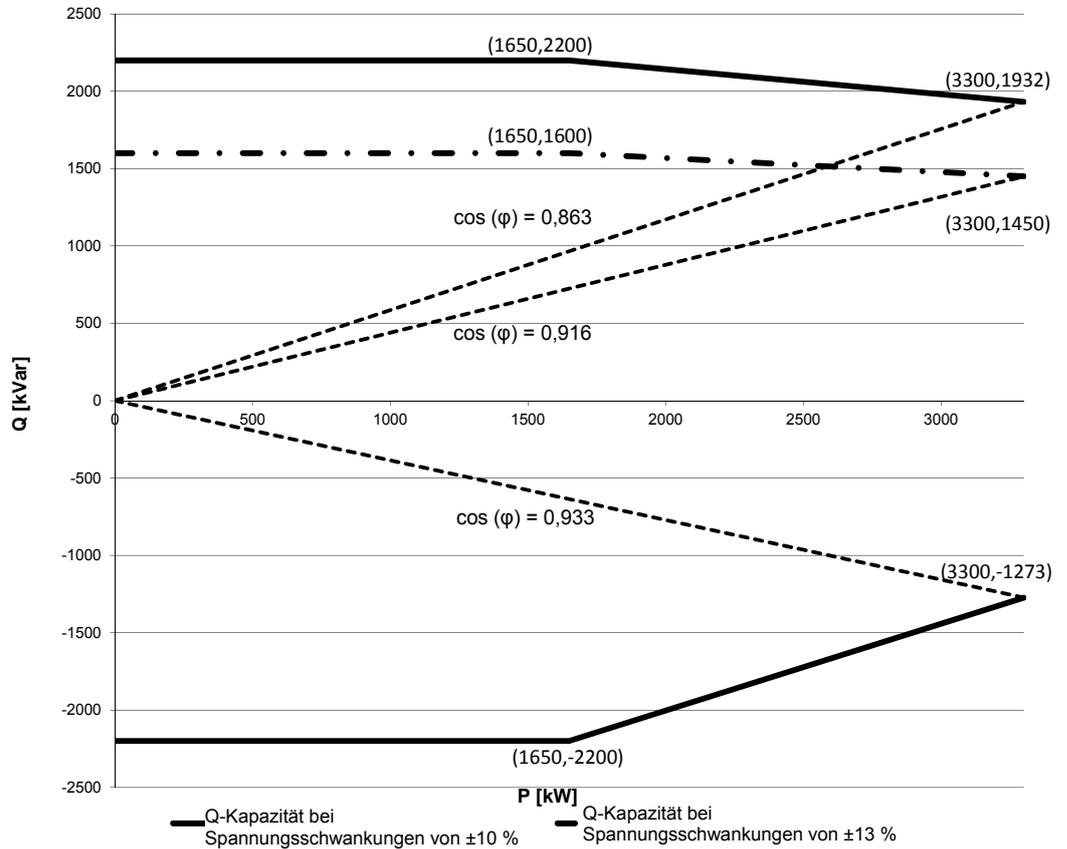


Abbildung 9-3: Blindleistungskapazität bei 3,3-MW-Bemessungsleistung

Die Blindleistungskapazität an der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators beträgt bei Vollast ca.: $\cos \varphi = 0,90/0,90$ kapazitiv/induktiv bei Spannungsschwankungen von $\pm 10 \%$ und $0,95/0,90$ kapazitiv/induktiv bei Spannungsschwankungen von $\pm 13 \%$.

Die Blindleistungskapazität der 3,45-MW-Windenergieanlage an der Niederspannungsseite des Mittelspannungstransformators ist in Abbildung 9-4 aufgetragen:

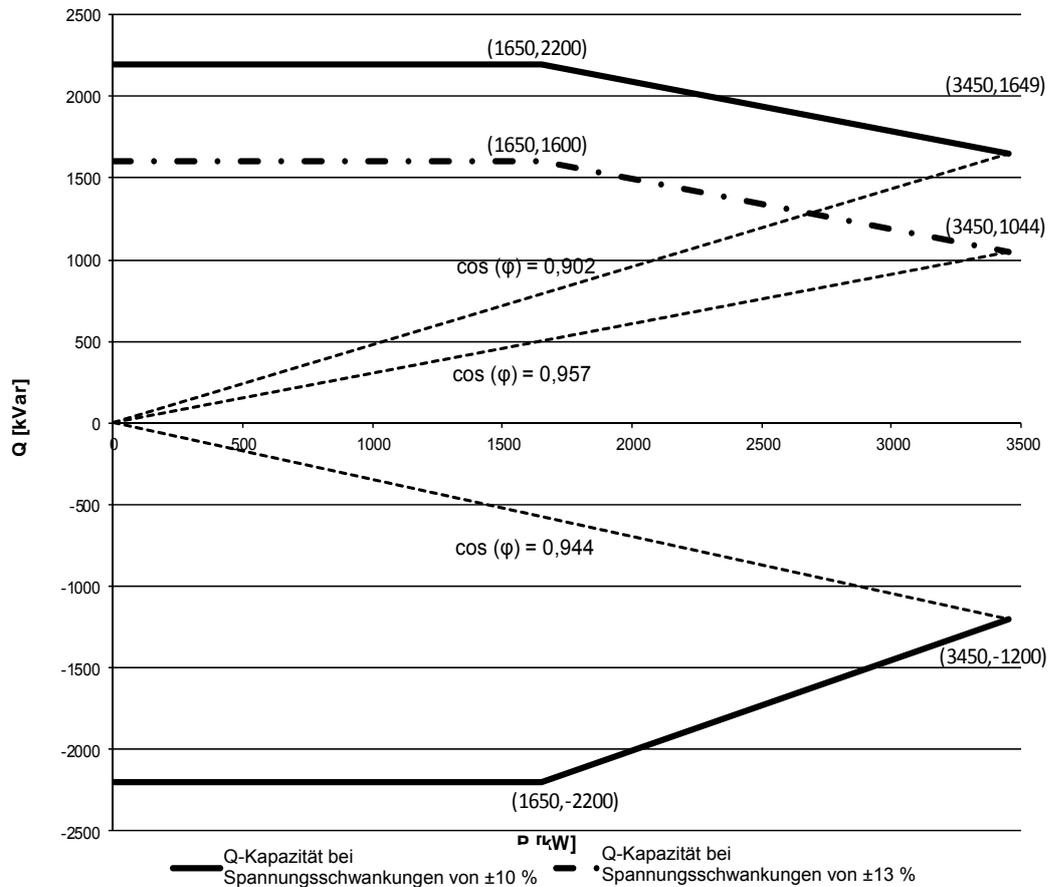


Abbildung 9-4: Blindleistungskapazität bei 3,45 MW Bemessungsleistung

Die Blindleistungskapazität an der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators beträgt bei Vollast ca.: $\cos \varphi = 0,93/0,91$ kapazitiv/induktiv bei Spannungsschwankungen von $\pm 10 \%$ und $0,98/0,91$ kapazitiv/induktiv bei Spannungsschwankungen von $\pm 13 \%$.

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.

9.5 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:

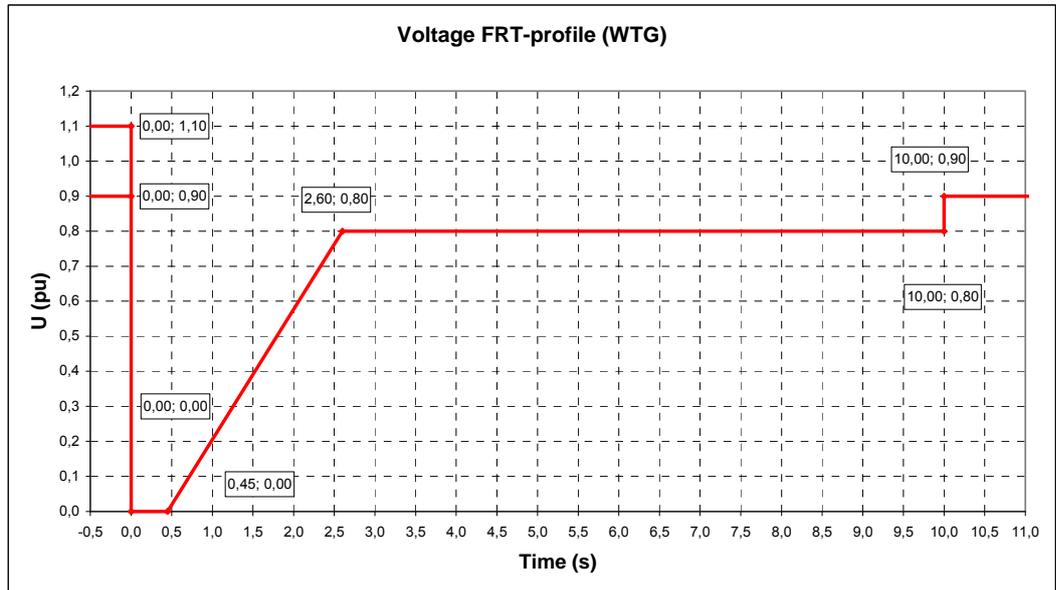


Abbildung 9-5: Niedrige Spannungstoleranzkurve für symmetrische und asymmetrische Störungen, wobei U die gemessene Spannung im Stromnetz darstellt

Bei Stromnetzstörungen außerhalb der Schutzkurve in Abbildung 9-5 wird die Windenergieanlage vom Stromnetz getrennt.

Leistungsrückgewinnungszeit	
Leistungsrückgewinnung auf 90 % des Niveaus vor einer Störung	Max. 0,1 s

Tabelle 9-6: Leistungsrückgewinnungszeit

9.6 Leistungsmerkmal – Blindstrombeitrag

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

9.6.1 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 9-6 stellt den Blindstrombeitrag als eine Funktion der Spannung dar. Der Blindstrombeitrag ist unabhängig von den aktuellen Windbedingungen und dem Leistungsniveau vor einer Störung.

Wie in Abbildung 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.

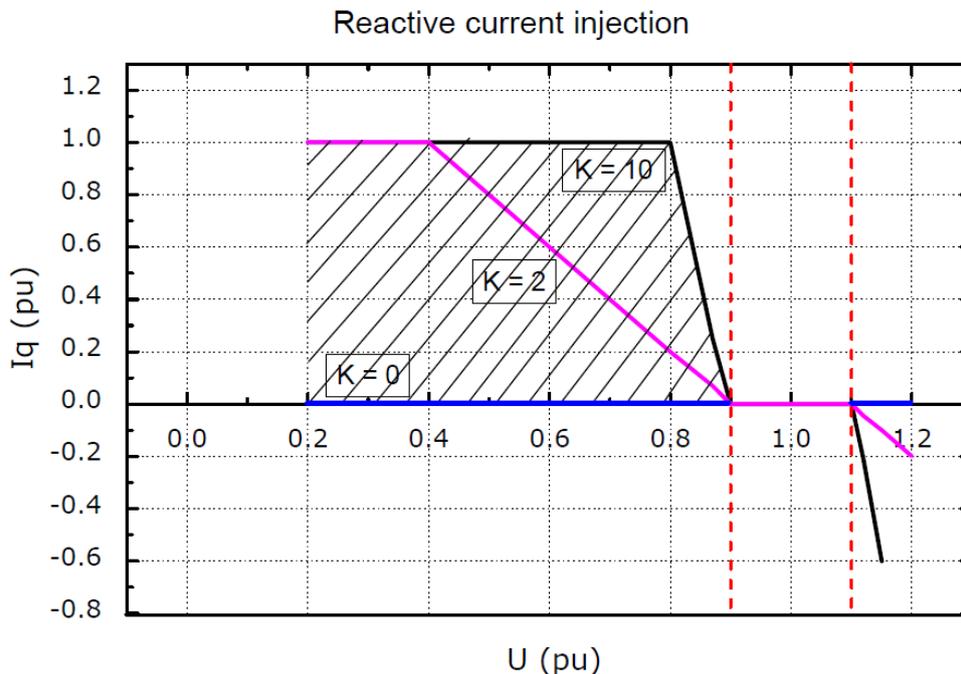


Abbildung 9-6: Blindstromeinspeisung

9.6.2 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.

9.7 Leistungsmerkmal – 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 mit einer Dauer von 200 ms auf 20 % der Spannung innerhalb von 30 Minuten in der Regel kein Problem für die Windenergieanlage dar.

9.8 Leistungsmerkmal – Regelung von Wirk- und Blindleistung

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

Max. Anstiegsrate für externe Steuerung	
Wirkleistung	330 kW/s (0,1 pu/s) bei max. Leistungsniveauänderung um 990 kW (0,3 pu)

Max. Anstiegsrate für externe Steuerung	
	990 kW/s (0,3 pu/s) bei max. Leistungsniveauänderung um 330 kW (0,1 pu)
Blindleistung	20 pu/s (66 MVar/s)

Tabelle 9-7: Anstiegsraten für Wirk-/Blindleistung

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 sich die Windenergieanlage vom Stromnetz trennen.

9.9 Leistungsmerkmal – Spannungsregelung

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

9.10 Leistungsmerkmal – 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.

9.11 Hauptbeitragende für 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 folgenden Komponenten haben den größten Einfluss auf den Eigenbedarf der Windenergieanlage (der durchschnittliche Eigenbedarf hängt von den vorherrschenden Bedingungen, vom Klima, von der Windenergieanlagenleistung, von den Abschaltzeiten und dergleichen ab):

Hauptbeitragende für Eigenbedarf	
Hydraulikmotor	2 x 15 kW (Master/Slave)
Azimutmotoren	Maximal insgesamt 18 kW
Wassererwärmung	10 kW
Wasserpumpen	2,2 + 5,5 kW
Ölerwärmung	7,9 kW
Ölpumpe für Getriebschmierung	10 kW
Steuerung einschließlich Heizelementen für Hydraulik und alle Steuerungen	Ungefähr 3 kW

Hauptbeitragende für Eigenbedarf	
Leerlaufverlust Mittelspannungstransformator	Vgl. Abschnitt 3.3 HV Transformer auf S. 1

Tabelle 9-8: Hauptbeitragende für Daten über den Eigenbedarf

9.12 Betriebsumgebung – Bedingungen für Leistungskurve und Ct-Werte (in Nabenhöhe)

Vgl. Leistungskurven und C_t -Werte in Abschnitt 12 Anhänge auf S. 51.

Bedingungen für Leistungskurve und C_t -Werte (in Nabenhöhe)	
Scherwind	0,00-0,30 (10-Minuten-Durchschnitt)
Turbulenzintensität	6-12 % (10-Minuten-Durchschnitt)
Rotorblätter	Sauber
Regen	Nein
Eis/Schnee auf Rotorblättern	Nein
Vorderkante	Keine Schäden
Gelände	IEC 61400-12-1
Einströmwinkel (senkrecht)	0 ±2°
Stromnetzfrequenz	Nennfrequenz ±0,5 Hz

Tabelle 9-9: Bedingungen für Leistungskurve und C_t -Werte

9.13 Geräusch-/Leistungsmodi

Die in der nachfolgenden Tabelle **Error! Reference source not found.** aufgelisteten Geräusch-/Leistungsmodi stehen zur Windenergieanlage V126 zur Verfügung.

Zum WEA-Modell V126-3.3 MW zur Verfügung stehende Geräuschmodi		
Modus	Maximaler Geräuschpegel	Standard/Option
0	108,5 dB	Standard
	106,0 dB	Option
1	105,8 dB	Option
2	104,5 dB	Option
3	102,5 dB	Option
4	98,3 dB	Option
5	101,2 dB	Option
Zum WEA-Modell V126 zur Verfügung stehende Leistungsmodi		
Modus	Maximaler Geräuschpegel	Standard/Option
3,45 MW	108,5 dB	Standard
	106,0 dB	Option

*Tabelle 9-6: Zur Verfügung stehende Geräusch-/Leistungsmodi***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 2.14 Türme auf S. 13 aufgeführt sind, außer für Geräuschmodus 5, der nicht für die Nabenhöhen 137 m (DIBt) und 149 m (DIBt) verfügbar ist.

Weitere Informationen zu Geräuschmodi sind in Abschnitt 12 „Anhänge“ auf S. 51 aufgeführt oder über Vestas Wind Systems A/S erhältlich.

10 Zeichnungen

10.1 Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen

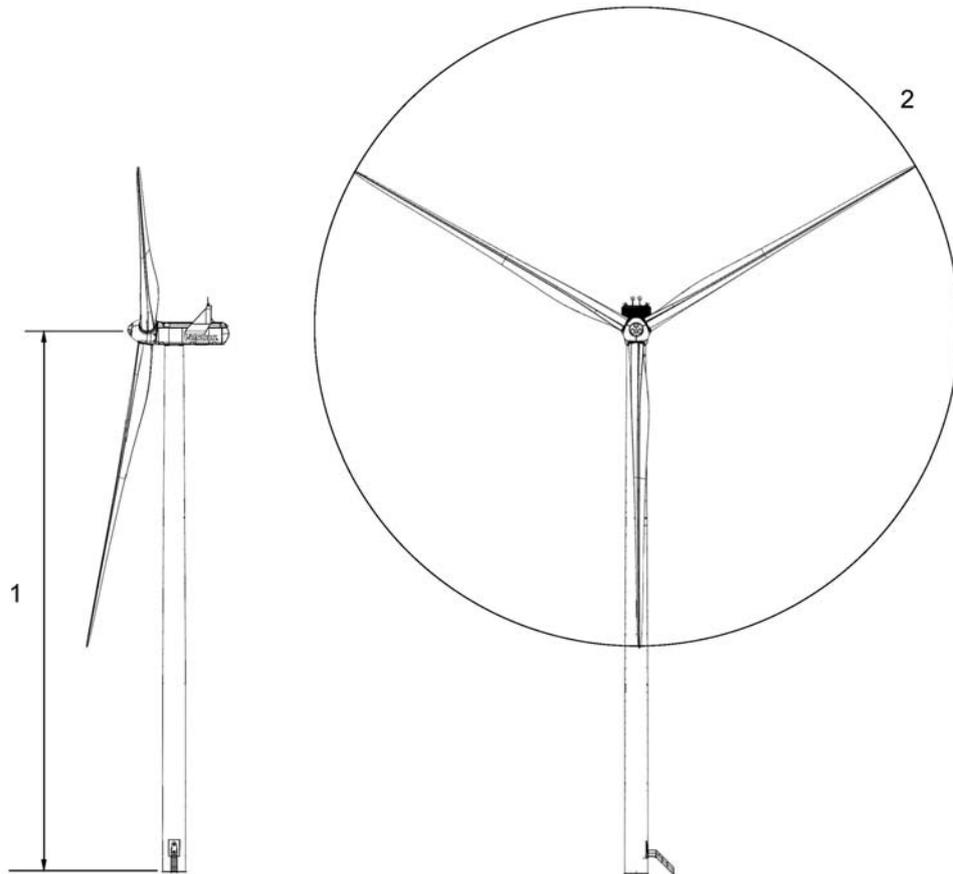


Abbildung 10-1: Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen

- | | |
|---|------------------------------------|
| <p>1 Nabhöhe
 87 m/117 m/128 m/137 m/147 m/149 m</p> | <p>2 Durchmesser: 126 m</p> |
|---|------------------------------------|

10.2 Baukonstruktion – Seitenansichtszeichnung



Abbildung 10-2: Seitenansichtszeichnung

11 Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse

- © 2013 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, Bandozeichnungen 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 im vorliegenden Dokument beschriebenen allgemeinen Spezifikationen gelten für die aktuelle Version der Windenergieanlage V126-3.3/3.45 MW. Die Spezifikationen möglicher künftiger Versionen der Windenergieanlage V126-3.3/3.45 MW können hiervon abweichen. Falls Vestas eine neuere Version der Windenergieanlage V126-3.3/3.45 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/Stop-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 entsprechend den Umgebungsbedingungen die angegebenen Betriebsparametergrenzwerte nicht überschritten werden.
- Das Erdungssystem muss die Mindestanforderungen von Vestas sowie die lokalen und nationalen Anforderungen und Normen erfüllen.
- Die vorliegende allgemeine Spezifikation 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.

12 Anhänge

12.1 Betriebsmodus 0

12.1.1 Leistungskurven, Betriebsmodus 0

Luftdichte [kg/m ³]														
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	30	13	14	16	17	19	20	22	23	25	27	28	32	33
3,5	97	63	66	69	72	75	78	81	84	87	91	94	100	103
4,0	179	128	133	138	142	147	152	156	161	166	170	175	184	189
4,5	278	205	212	219	225	232	239	245	252	259	265	272	285	292
5,0	397	297	306	315	324	333	342	351	360	369	378	388	406	415
5,5	539	407	420	432	444	455	467	479	491	503	515	527	551	563
6,0	711	541	557	572	588	603	619	634	650	665	680	696	726	742
6,5	913	699	718	738	758	777	797	816	836	855	874	894	933	952
7,0	1150	884	909	933	957	982	1006	1030	1054	1078	1102	1126	1174	1198
7,5	1420	1095	1125	1155	1184	1214	1244	1273	1302	1332	1361	1390	1448	1477
8,0	1723	1336	1371	1407	1442	1478	1513	1548	1584	1619	1654	1688	1757	1791
8,5	2060	1606	1648	1690	1732	1774	1815	1857	1898	1939	1979	2020	2100	2140
9,0	2434	1906	1955	2004	2053	2102	2150	2197	2245	2293	2340	2387	2480	2526
9,5	2804	2232	2287	2343	2399	2455	2507	2559	2611	2664	2710	2757	2845	2886
10,0	3090	2574	2632	2689	2747	2805	2850	2896	2941	2987	3021	3056	3117	3143
10,5	3238	2887	2933	2980	3026	3073	3102	3131	3160	3189	3205	3221	3248	3258
11,0	3290	3100	3130	3161	3191	3222	3235	3248	3261	3275	3280	3285	3293	3295
11,5	3299	3227	3240	3254	3268	3282	3285	3289	3293	3296	3297	3298	3299	3300
12,0	3300	3277	3282	3287	3291	3296	3297	3298	3299	3300	3300	3300	3300	3300
12,5	3300	3293	3295	3296	3298	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
13,0	3300	3298	3298	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
13,5	3300	3299	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
14,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
14,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
15,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
15,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
17,0	3300	3300	3300	3300	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

Tabelle 12-1: Leistungskurve, Geräuschmodus 0

12.1.2 C_r-Werte, Geräuschmodus 0

Luftdichte kg/m ³														
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	0,918	0,927	0,926	0,925	0,924	0,924	0,923	0,922	0,921	0,920	0,920	0,919	0,917	0,917
3,5	0,886	0,893	0,892	0,892	0,891	0,890	0,890	0,889	0,889	0,888	0,887	0,887	0,885	0,885
4,0	0,844	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,843	0,843
4,5	0,814	0,820	0,819	0,819	0,818	0,817	0,817	0,816	0,816	0,815	0,815	0,814	0,814	0,813
5,0	0,801	0,807	0,807	0,806	0,806	0,805	0,805	0,804	0,804	0,803	0,803	0,802	0,801	0,800
5,5	0,797	0,804	0,804	0,803	0,802	0,802	0,801	0,800	0,800	0,799	0,798	0,798	0,796	0,795
6,0	0,790	0,799	0,798	0,797	0,796	0,796	0,795	0,794	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788
6,5	0,782	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788	0,787	0,786	0,785	0,784	0,783	0,781	0,779
7,0	0,772	0,786	0,784	0,783	0,782	0,781	0,780	0,778	0,777	0,776	0,775	0,773	0,771	0,770
7,5	0,763	0,779	0,777	0,776	0,774	0,773	0,772	0,770	0,769	0,767	0,766	0,764	0,761	0,760
8,0	0,753	0,771	0,769	0,768	0,766	0,764	0,763	0,761	0,759	0,758	0,756	0,754	0,751	0,749
8,5	0,742	0,764	0,762	0,760	0,758	0,756	0,754	0,752	0,750	0,748	0,746	0,744	0,741	0,739
9,0	0,733	0,756	0,754	0,752	0,750	0,748	0,746	0,744	0,742	0,740	0,738	0,735	0,731	0,728
9,5	0,706	0,748	0,745	0,743	0,740	0,737	0,734	0,730	0,726	0,722	0,717	0,712	0,700	0,693
10,0	0,646	0,731	0,726	0,721	0,716	0,711	0,702	0,694	0,685	0,677	0,666	0,656	0,635	0,623
10,5	0,556	0,690	0,680	0,669	0,659	0,649	0,636	0,623	0,610	0,597	0,583	0,570	0,543	0,530
11,0	0,469	0,617	0,603	0,590	0,577	0,563	0,549	0,535	0,521	0,507	0,494	0,481	0,457	0,446
11,5	0,396	0,536	0,522	0,507	0,493	0,478	0,466	0,453	0,440	0,427	0,417	0,406	0,387	0,378
12,0	0,340	0,459	0,446	0,433	0,420	0,407	0,397	0,386	0,376	0,366	0,357	0,349	0,333	0,325
12,5	0,296	0,395	0,384	0,373	0,362	0,351	0,343	0,334	0,326	0,317	0,310	0,303	0,290	0,284
13,0	0,260	0,343	0,334	0,325	0,316	0,307	0,299	0,292	0,285	0,278	0,272	0,266	0,255	0,250
13,5	0,232	0,303	0,295	0,288	0,280	0,272	0,266	0,259	0,253	0,247	0,242	0,237	0,227	0,222
14,0	0,207	0,269	0,262	0,255	0,248	0,241	0,236	0,231	0,225	0,220	0,216	0,211	0,203	0,199
14,5	0,185	0,239	0,234	0,228	0,222	0,216	0,211	0,207	0,202	0,197	0,193	0,189	0,182	0,178
15,0	0,166	0,214	0,209	0,204	0,198	0,193	0,189	0,185	0,181	0,177	0,173	0,170	0,163	0,160
15,5	0,151	0,193	0,188	0,184	0,179	0,175	0,171	0,167	0,164	0,160	0,157	0,154	0,148	0,145
16,0	0,137	0,175	0,171	0,167	0,163	0,159	0,155	0,152	0,149	0,146	0,143	0,140	0,135	0,132
16,5	0,125	0,159	0,156	0,152	0,148	0,145	0,142	0,139	0,136	0,133	0,130	0,128	0,123	0,121
17,0	0,115	0,146	0,142	0,139	0,136	0,132	0,130	0,127	0,124	0,122	0,119	0,117	0,113	0,111
17,5	0,106	0,134	0,131	0,128	0,125	0,122	0,119	0,117	0,114	0,112	0,110	0,108	0,104	0,102
18,0	0,098	0,123	0,120	0,117	0,115	0,112	0,110	0,108	0,105	0,103	0,101	0,099	0,096	0,094
18,5	0,090	0,113	0,111	0,108	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,094	0,092	0,089	0,087
19,0	0,083	0,104	0,102	0,100	0,098	0,095	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,085	0,082	0,081
19,5	0,078	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,082	0,080	0,079	0,076	0,075
20,0	0,072	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,081	0,079	0,078	0,076	0,075	0,074	0,071	0,070
20,5	0,068	0,084	0,082	0,081	0,079	0,077	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,065
21,0	0,063	0,079	0,077	0,075	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,067	0,066	0,064	0,062	0,061
21,5	0,060	0,074	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058
22,0	0,056	0,070	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055
22,5	0,053	0,065	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,052

Tabelle 12-2: C_r-Werte, Geräuschmodus 0

12.1.3 Geräuschkurve, Geräuschmodus 0

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 0		
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³	
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] (Rotorblätter ohne optionale Sägezahn-Hinterkante)	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	94,6	93,2
4	94,8	93,2
5	95,6	93,7
6	98,4	96,4
7	101,4	99,6
8	105,1	102,7
9	107,9	105,1
10	108,5	106,0
11	108,5	106,0
12	108,5	106,0
13	108,5	106,0
14	108,5	106,0
15	108,5	106,0
16	108,5	106,0
17	108,5	106,0
18	108,5	106,0
19	108,5	106,0
20	108,5	106,0

Tabelle 12-3: Geräuschkurve, Geräuschmodus 0

12.2 Modus 1

12.2.1 Leistungskurven, Betriebsmodus 1

Luftdichte [kg/m ³]														
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	30	13	14	16	17	19	20	22	23	25	27	28	32	33
3,5	97	63	66	69	72	75	78	81	84	87	91	94	100	103
4,0	179	128	133	138	142	147	152	156	161	166	170	175	184	189
4,5	278	205	212	219	225	232	239	245	252	259	265	272	285	292
5,0	396	297	306	315	324	333	342	351	360	369	378	387	406	415
5,5	539	407	419	432	444	455	467	479	491	503	515	527	551	563
6,0	711	541	557	572	588	603	619	634	650	665	680	696	726	742
6,5	913	699	718	738	758	777	797	816	836	855	874	894	932	952
7,0	1150	884	909	933	957	982	1006	1030	1054	1078	1102	1126	1174	1198
7,5	1419	1096	1125	1155	1185	1214	1244	1273	1302	1332	1361	1390	1448	1478
8,0	1723	1336	1371	1407	1443	1478	1513	1549	1584	1619	1654	1689	1758	1792
8,5	2046	1595	1637	1679	1720	1762	1803	1844	1884	1925	1965	2005	2085	2125
9,0	2354	1849	1896	1943	1989	2036	2082	2128	2173	2219	2264	2309	2397	2441
9,5	2632	2083	2134	2186	2237	2288	2338	2388	2438	2488	2536	2584	2678	2724
10,0	2856	2288	2343	2398	2453	2508	2559	2611	2663	2715	2762	2809	2896	2937
10,5	3036	2498	2555	2612	2668	2725	2774	2823	2872	2921	2959	2998	3065	3095
11,0	3168	2728	2779	2830	2881	2932	2972	3011	3051	3090	3116	3142	3185	3203
11,5	3250	2939	2981	3023	3064	3106	3131	3157	3182	3207	3221	3235	3257	3265
12,0	3285	3114	3141	3168	3194	3221	3233	3246	3258	3270	3275	3280	3288	3290
12,5	3297	3226	3238	3251	3264	3277	3281	3285	3289	3293	3294	3296	3297	3298
13,0	3300	3279	3283	3287	3291	3295	3296	3297	3298	3299	3299	3299	3300	3300
13,5	3300	3288	3290	3292	3294	3296	3297	3298	3299	3300	3300	3300	3300	3300
14,0	3300	3296	3297	3298	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
14,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
15,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
15,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
17,0	3300	3300	3300	3300	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

Tabelle 12-4: Leistungskurve, Geräuschmodus 1

12.2.2 C_t-Werte, Geräuschmodus 1

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m ³													
	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	0,918	0,927	0,926	0,925	0,924	0,924	0,923	0,922	0,921	0,920	0,920	0,919	0,917	0,917
3,5	0,886	0,893	0,892	0,892	0,891	0,890	0,890	0,889	0,889	0,888	0,887	0,887	0,885	0,885
4,0	0,844	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,843	0,843
4,5	0,814	0,820	0,819	0,819	0,818	0,817	0,817	0,816	0,816	0,815	0,815	0,814	0,814	0,813
5,0	0,801	0,807	0,807	0,806	0,806	0,805	0,805	0,804	0,804	0,803	0,803	0,802	0,801	0,800
5,5	0,797	0,804	0,804	0,803	0,802	0,802	0,801	0,800	0,800	0,799	0,798	0,798	0,796	0,795
6,0	0,790	0,799	0,798	0,797	0,796	0,796	0,795	0,794	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788
6,5	0,782	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788	0,787	0,786	0,785	0,784	0,783	0,781	0,779
7,0	0,772	0,786	0,784	0,783	0,782	0,781	0,780	0,778	0,777	0,776	0,775	0,773	0,771	0,770
7,5	0,763	0,779	0,777	0,776	0,774	0,773	0,772	0,770	0,769	0,767	0,766	0,764	0,761	0,760
8,0	0,752	0,770	0,769	0,767	0,765	0,764	0,762	0,760	0,759	0,757	0,755	0,754	0,750	0,749
8,5	0,729	0,749	0,747	0,746	0,744	0,742	0,740	0,738	0,737	0,735	0,733	0,731	0,727	0,726
9,0	0,685	0,705	0,704	0,702	0,700	0,698	0,696	0,694	0,693	0,691	0,689	0,687	0,683	0,681
9,5	0,627	0,649	0,647	0,645	0,643	0,641	0,639	0,638	0,636	0,634	0,632	0,630	0,625	0,622
10,0	0,559	0,584	0,583	0,581	0,579	0,577	0,575	0,573	0,571	0,569	0,566	0,563	0,555	0,551
10,5	0,497	0,533	0,531	0,529	0,526	0,524	0,521	0,518	0,514	0,511	0,506	0,501	0,491	0,484
11,0	0,439	0,495	0,491	0,487	0,483	0,479	0,474	0,469	0,464	0,459	0,452	0,446	0,432	0,425
11,5	0,386	0,459	0,453	0,447	0,442	0,436	0,429	0,422	0,415	0,408	0,401	0,394	0,379	0,371
12,0	0,338	0,422	0,414	0,407	0,399	0,392	0,384	0,376	0,368	0,360	0,353	0,345	0,331	0,324
12,5	0,296	0,381	0,373	0,364	0,356	0,347	0,339	0,332	0,324	0,316	0,309	0,302	0,289	0,283
13,0	0,260	0,340	0,331	0,323	0,314	0,306	0,299	0,292	0,285	0,278	0,272	0,266	0,255	0,250
13,5	0,232	0,301	0,294	0,286	0,279	0,271	0,265	0,259	0,253	0,247	0,242	0,237	0,227	0,222
14,0	0,207	0,268	0,261	0,255	0,248	0,241	0,236	0,231	0,225	0,220	0,216	0,211	0,203	0,199
14,5	0,185	0,239	0,234	0,228	0,222	0,216	0,211	0,207	0,202	0,197	0,193	0,189	0,182	0,178
15,0	0,166	0,214	0,209	0,204	0,198	0,193	0,189	0,185	0,181	0,177	0,173	0,170	0,163	0,160
15,5	0,151	0,193	0,188	0,184	0,179	0,175	0,171	0,167	0,164	0,160	0,157	0,154	0,148	0,145
16,0	0,137	0,175	0,171	0,167	0,163	0,159	0,155	0,152	0,149	0,146	0,143	0,140	0,135	0,132
16,5	0,125	0,159	0,156	0,152	0,148	0,145	0,142	0,139	0,136	0,133	0,130	0,128	0,123	0,121
17,0	0,115	0,146	0,142	0,139	0,136	0,132	0,130	0,127	0,124	0,122	0,119	0,117	0,113	0,111
17,5	0,106	0,134	0,131	0,128	0,125	0,122	0,119	0,117	0,114	0,112	0,110	0,108	0,104	0,102
18,0	0,098	0,123	0,120	0,117	0,115	0,112	0,110	0,108	0,105	0,103	0,101	0,099	0,096	0,094
18,5	0,090	0,113	0,111	0,108	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,094	0,092	0,089	0,087
19,0	0,083	0,104	0,102	0,100	0,098	0,095	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,085	0,082	0,081
19,5	0,078	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,082	0,080	0,079	0,076	0,075
20,0	0,072	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,081	0,079	0,078	0,076	0,075	0,074	0,071	0,070
20,5	0,068	0,084	0,082	0,081	0,079	0,077	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,065
21,0	0,063	0,079	0,077	0,075	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,067	0,066	0,064	0,062	0,061
21,5	0,060	0,074	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058
22,0	0,056	0,070	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055
22,5	0,053	0,065	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,052

Tabelle 12-5: C_t-Werte, Geräuschmodus 1

12.2.3 Geräuschkurve, Geräuschmodus 1

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 1	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	93,2
4	93,2
5	93,7
6	96,4
7	99,6
8	102,5
9	104,4
10	105,2
11	105,6
12	105,8
13	105,8
14	105,8
15	105,8
16	105,8
17	105,8
18	105,8
19	105,8
20	105,8

Tabelle 12-6: Geräuschkurve, Geräuschmodus 1

12.3 Modus 2

12.3.1 Leistungskurven, Geräuschmodus 2

Luftdichte [kg/m ³]														
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	30	13	14	16	17	19	20	22	23	25	27	28	32	33
3,5	97	63	66	69	72	75	78	81	84	87	91	94	100	103
4,0	179	128	133	138	142	147	152	156	161	166	170	175	184	189
4,5	278	205	212	219	225	232	239	245	252	259	265	272	285	292
5,0	396	297	306	315	324	333	342	351	360	369	378	387	405	415
5,5	539	407	419	431	443	455	467	479	491	503	515	527	551	563
6,0	711	541	557	572	588	603	619	634	649	665	680	696	726	742
6,5	913	698	718	738	757	777	796	816	835	855	874	893	932	951
7,0	1146	882	906	931	955	979	1003	1027	1051	1075	1099	1123	1170	1194
7,5	1403	1085	1114	1143	1172	1201	1230	1259	1288	1317	1345	1374	1431	1460
8,0	1672	1300	1335	1369	1403	1437	1471	1505	1539	1573	1606	1639	1705	1738
8,5	1944	1520	1560	1599	1638	1677	1716	1754	1793	1831	1869	1906	1981	2018
9,0	2213	1741	1785	1828	1872	1916	1959	2002	2045	2088	2129	2171	2254	2295
9,5	2470	1964	2013	2061	2109	2158	2204	2250	2296	2342	2385	2427	2508	2546
10,0	2689	2198	2249	2301	2353	2405	2449	2494	2539	2584	2619	2654	2717	2745
10,5	2846	2441	2491	2541	2591	2640	2675	2709	2744	2778	2801	2823	2861	2876
11,0	2946	2656	2697	2738	2779	2820	2844	2867	2890	2913	2924	2935	2952	2958
11,5	3000	2834	2862	2890	2918	2946	2956	2967	2978	2989	2992	2996	3001	3003
12,0	3036	2955	2971	2986	3001	3017	3021	3025	3029	3033	3034	3035	3037	3037
12,5	3068	3026	3034	3042	3050	3059	3061	3062	3064	3066	3067	3067	3068	3068
13,0	3094	3060	3067	3073	3079	3085	3087	3089	3091	3092	3093	3093	3094	3094
13,5	3120	3098	3102	3106	3110	3114	3116	3117	3118	3119	3119	3120	3120	3120
14,0	3138	3107	3112	3118	3123	3129	3131	3132	3134	3136	3136	3137	3138	3138
14,5	3151	3113	3120	3127	3133	3140	3142	3144	3146	3148	3149	3150	3151	3152
15,0	3157	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3145	3149	3152	3154	3155	3158	3158
15,5	3163	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3152	3156	3159	3160	3162	3164	3164
16,0	3167	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3159	3162	3164	3165	3166	3168	3168
16,5	3170	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3165	3166	3168	3169	3170	3170	3171
17,0	3172	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3168	3170	3171	3171	3172	3172	3172
17,5	3173	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3170	3171	3172	3172	3173	3173	3174
18,0	3174	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3172	3173	3174	3174	3174	3174	3174
18,5	3174	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3174	3174	3174	3174	3174	3175	3175
19,0	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
19,5	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
20,0	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
20,5	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
21,0	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
21,5	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
22,0	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175
22,5	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175	3175

Tabelle 12-7: Leistungskurve, Geräuschmodus 2

12.3.2 C_t-Werte, Geräuschmodus 2

Luftdichte kg/m ³														
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	0,918	0,927	0,926	0,925	0,924	0,924	0,923	0,922	0,921	0,920	0,920	0,919	0,917	0,917
3,5	0,886	0,893	0,892	0,892	0,891	0,890	0,890	0,889	0,889	0,888	0,887	0,887	0,885	0,885
4,0	0,844	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,843	0,843
4,5	0,814	0,820	0,819	0,819	0,818	0,817	0,817	0,816	0,816	0,815	0,815	0,814	0,813	0,813
5,0	0,801	0,807	0,807	0,806	0,806	0,805	0,805	0,804	0,804	0,803	0,802	0,802	0,801	0,800
5,5	0,797	0,804	0,804	0,803	0,802	0,802	0,801	0,800	0,800	0,799	0,798	0,797	0,796	0,795
6,0	0,789	0,799	0,798	0,797	0,796	0,795	0,795	0,794	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788
6,5	0,779	0,791	0,790	0,789	0,788	0,787	0,786	0,785	0,784	0,783	0,781	0,780	0,778	0,777
7,0	0,763	0,776	0,775	0,774	0,772	0,771	0,770	0,769	0,768	0,766	0,765	0,764	0,762	0,760
7,5	0,735	0,750	0,749	0,747	0,746	0,745	0,743	0,742	0,740	0,739	0,738	0,736	0,733	0,732
8,0	0,696	0,712	0,710	0,709	0,708	0,706	0,705	0,703	0,702	0,700	0,699	0,697	0,695	0,693
8,5	0,651	0,667	0,665	0,664	0,662	0,661	0,660	0,658	0,657	0,655	0,654	0,652	0,649	0,648
9,0	0,605	0,620	0,619	0,618	0,616	0,615	0,614	0,612	0,611	0,609	0,608	0,607	0,604	0,602
9,5	0,559	0,579	0,577	0,576	0,575	0,573	0,572	0,570	0,568	0,566	0,564	0,562	0,556	0,553
10,0	0,509	0,544	0,542	0,540	0,538	0,537	0,533	0,530	0,527	0,524	0,519	0,514	0,503	0,497
10,5	0,455	0,514	0,511	0,507	0,504	0,501	0,495	0,489	0,483	0,477	0,469	0,462	0,447	0,439
11,0	0,400	0,478	0,473	0,467	0,462	0,456	0,449	0,441	0,433	0,426	0,417	0,409	0,392	0,384
11,5	0,349	0,440	0,432	0,425	0,417	0,409	0,401	0,392	0,383	0,374	0,366	0,358	0,342	0,334
12,0	0,306	0,397	0,388	0,379	0,371	0,362	0,354	0,345	0,337	0,328	0,321	0,314	0,300	0,293
12,5	0,271	0,353	0,345	0,336	0,328	0,319	0,312	0,304	0,297	0,289	0,283	0,277	0,265	0,259
13,0	0,241	0,313	0,305	0,298	0,290	0,283	0,276	0,270	0,263	0,257	0,252	0,246	0,236	0,231
13,5	0,217	0,281	0,274	0,267	0,260	0,254	0,248	0,242	0,237	0,231	0,226	0,221	0,212	0,208
14,0	0,195	0,250	0,244	0,239	0,233	0,227	0,222	0,217	0,212	0,207	0,203	0,199	0,191	0,187
14,5	0,176	0,224	0,219	0,214	0,209	0,204	0,200	0,195	0,191	0,187	0,183	0,179	0,172	0,169
15,0	0,158	0,200	0,196	0,191	0,187	0,183	0,179	0,175	0,172	0,168	0,165	0,161	0,155	0,152
15,5	0,144	0,181	0,177	0,173	0,170	0,166	0,162	0,159	0,156	0,152	0,150	0,147	0,141	0,139
16,0	0,131	0,165	0,161	0,158	0,154	0,151	0,148	0,145	0,142	0,139	0,136	0,134	0,129	0,126
16,5	0,120	0,151	0,148	0,144	0,141	0,138	0,135	0,133	0,130	0,127	0,125	0,122	0,118	0,116
17,0	0,110	0,139	0,136	0,133	0,130	0,127	0,124	0,122	0,119	0,117	0,114	0,112	0,108	0,106
17,5	0,101	0,127	0,125	0,122	0,119	0,116	0,114	0,112	0,109	0,107	0,105	0,103	0,100	0,098
18,0	0,094	0,118	0,115	0,112	0,110	0,107	0,105	0,103	0,101	0,099	0,097	0,095	0,092	0,090
18,5	0,087	0,109	0,106	0,104	0,102	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,090	0,088	0,085	0,084
19,0	0,080	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,081	0,079	0,077
19,5	0,074	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,083	0,082	0,080	0,079	0,077	0,076	0,073	0,072
20,0	0,069	0,087	0,085	0,083	0,081	0,079	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,071	0,068	0,067
20,5	0,065	0,081	0,079	0,077	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,064	0,063
21,0	0,061	0,075	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059
21,5	0,058	0,071	0,070	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
22,0	0,054	0,067	0,066	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,053	0,052
22,5	0,051	0,063	0,062	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,050	0,049

Tabelle 12-8: C_t-Werte, Geräuschmodus 2

12.3.3 Geräuschkurve, Geräuschmodus 2

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 2	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	93,2
4	93,2
5	93,7
6	96,4
7	99,6
8	101,8
9	102,6
10	102,9
11	103,4
12	103,8
13	104,2
14	104,5
15	104,5
16	104,5
17	104,5
18	104,5
19	104,5
20	104,5

Tabelle 12-9: Geräuschkurve, Geräuschmodus 2

12.4 Modus 3

12.4.1 Leistungskurve, Geräuschmodus 3

Luftdichte [kg/m ³]														
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	30	13	14	16	17	19	20	22	23	25	27	28	32	33
3,5	97	63	66	69	72	75	78	81	84	87	91	94	100	103
4,0	179	128	133	138	142	147	152	156	161	166	170	175	184	189
4,5	278	205	212	219	225	232	239	245	252	259	265	272	285	292
5,0	396	297	306	315	324	333	342	351	360	369	378	387	405	414
5,5	535	405	417	429	440	452	464	476	488	500	511	523	547	558
6,0	696	531	546	561	576	591	606	621	636	651	666	681	711	725
6,5	873	671	690	708	727	745	764	782	800	819	837	855	891	909
7,0	1062	822	844	866	888	910	932	954	976	997	1019	1041	1084	1105
7,5	1252	974	999	1025	1051	1076	1102	1127	1152	1177	1202	1227	1277	1302
8,0	1457	1137	1166	1196	1225	1255	1284	1313	1342	1371	1400	1429	1486	1514
8,5	1688	1320	1354	1388	1422	1456	1489	1523	1556	1589	1622	1655	1720	1752
9,0	1939	1522	1561	1600	1639	1678	1716	1753	1791	1829	1865	1902	1973	2008
9,5	2182	1735	1778	1821	1864	1907	1947	1987	2028	2068	2106	2144	2216	2250
10,0	2410	1970	2016	2061	2106	2152	2192	2233	2273	2314	2346	2378	2435	2460
10,5	2572	2205	2250	2295	2340	2385	2417	2448	2480	2511	2531	2552	2586	2600
11,0	2675	2416	2453	2490	2527	2564	2584	2605	2625	2646	2655	2665	2680	2685
11,5	2733	2593	2617	2640	2664	2688	2697	2706	2715	2724	2727	2730	2734	2735
12,0	2777	2710	2723	2735	2748	2760	2764	2767	2770	2774	2775	2776	2777	2778
12,5	2818	2787	2793	2799	2805	2811	2812	2814	2815	2816	2817	2817	2818	2818
13,0	2856	2842	2845	2847	2850	2853	2854	2854	2855	2855	2855	2856	2856	2856
13,5	2894	2885	2887	2889	2890	2892	2893	2893	2893	2893	2893	2893	2893	2894
14,0	2922	2918	2919	2920	2921	2922	2922	2922	2922	2922	2922	2922	2922	2922
14,5	2944	2942	2942	2943	2943	2943	2943	2943	2944	2944	2944	2944	2944	2944
15,0	2956	2954	2955	2955	2955	2956	2956	2956	2956	2956	2956	2956	2956	2956
15,5	2965	2964	2965	2965	2965	2965	2965	2965	2965	2965	2965	2965	2965	2965
16,0	2971	2970	2970	2971	2971	2971	2971	2971	2971	2971	2971	2971	2971	2971
16,5	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974	2974
17,0	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976	2976
17,5	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978	2978
18,0	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
18,5	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
19,0	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
19,5	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
20,0	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
20,5	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
21,0	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
21,5	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
22,0	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
22,5	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979

Tabelle 12-10: Leistungskurve, Geräuschmodus 3

12.4.2 C_t-Werte, Geräuschmodus 3

Luftdichte kg/m ³														
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	0,918	0,927	0,926	0,925	0,924	0,924	0,923	0,922	0,921	0,920	0,920	0,919	0,917	0,917
3,5	0,886	0,893	0,892	0,892	0,891	0,890	0,890	0,889	0,889	0,888	0,887	0,887	0,885	0,885
4,0	0,844	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,843	0,843
4,5	0,813	0,819	0,819	0,818	0,818	0,817	0,817	0,816	0,816	0,815	0,815	0,814	0,813	0,813
5,0	0,792	0,798	0,798	0,797	0,797	0,796	0,796	0,795	0,795	0,794	0,793	0,793	0,792	0,791
5,5	0,766	0,774	0,773	0,773	0,772	0,771	0,771	0,770	0,769	0,768	0,768	0,767	0,766	0,765
6,0	0,732	0,741	0,740	0,739	0,739	0,738	0,737	0,736	0,735	0,734	0,734	0,733	0,731	0,730
6,5	0,692	0,703	0,702	0,701	0,700	0,699	0,698	0,697	0,696	0,695	0,694	0,693	0,691	0,690
7,0	0,645	0,656	0,655	0,654	0,653	0,652	0,651	0,650	0,649	0,648	0,647	0,646	0,643	0,642
7,5	0,594	0,605	0,604	0,603	0,602	0,601	0,600	0,599	0,598	0,597	0,596	0,595	0,593	0,592
8,0	0,551	0,562	0,561	0,560	0,559	0,558	0,557	0,556	0,555	0,554	0,553	0,552	0,550	0,549
8,5	0,520	0,531	0,530	0,529	0,528	0,527	0,526	0,525	0,524	0,523	0,522	0,521	0,519	0,518
9,0	0,497	0,507	0,506	0,505	0,504	0,504	0,503	0,502	0,501	0,500	0,499	0,498	0,495	0,493
9,5	0,470	0,485	0,484	0,483	0,482	0,481	0,480	0,478	0,477	0,475	0,474	0,472	0,468	0,465
10,0	0,441	0,469	0,468	0,466	0,464	0,463	0,460	0,458	0,455	0,453	0,449	0,445	0,436	0,431
10,5	0,401	0,451	0,448	0,446	0,443	0,440	0,435	0,430	0,425	0,420	0,414	0,407	0,394	0,388
11,0	0,357	0,426	0,421	0,416	0,411	0,406	0,400	0,393	0,386	0,379	0,372	0,364	0,349	0,342
11,5	0,314	0,396	0,389	0,382	0,375	0,367	0,360	0,352	0,344	0,336	0,328	0,321	0,307	0,300
12,0	0,277	0,359	0,351	0,343	0,335	0,327	0,319	0,312	0,304	0,296	0,290	0,283	0,271	0,265
12,5	0,246	0,322	0,314	0,306	0,298	0,290	0,283	0,277	0,270	0,263	0,257	0,252	0,241	0,236
13,0	0,220	0,288	0,281	0,274	0,266	0,259	0,253	0,247	0,241	0,235	0,230	0,225	0,216	0,211
13,5	0,199	0,260	0,253	0,247	0,240	0,234	0,228	0,223	0,218	0,213	0,208	0,204	0,195	0,191
14,0	0,180	0,234	0,228	0,222	0,216	0,211	0,206	0,201	0,197	0,192	0,188	0,184	0,177	0,173
14,5	0,163	0,211	0,206	0,201	0,195	0,190	0,186	0,182	0,178	0,174	0,170	0,167	0,160	0,157
15,0	0,147	0,190	0,185	0,180	0,176	0,171	0,168	0,164	0,160	0,157	0,153	0,150	0,145	0,142
15,5	0,134	0,172	0,168	0,164	0,160	0,156	0,152	0,149	0,146	0,142	0,140	0,137	0,132	0,129
16,0	0,122	0,156	0,153	0,149	0,145	0,142	0,139	0,136	0,133	0,130	0,127	0,125	0,120	0,118
16,5	0,112	0,143	0,139	0,136	0,133	0,129	0,127	0,124	0,121	0,119	0,117	0,114	0,110	0,108
17,0	0,103	0,131	0,128	0,125	0,122	0,119	0,116	0,114	0,111	0,109	0,107	0,105	0,101	0,099
17,5	0,095	0,120	0,117	0,115	0,112	0,109	0,107	0,105	0,102	0,100	0,098	0,097	0,093	0,091
18,0	0,087	0,110	0,108	0,106	0,103	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,086	0,084
18,5	0,081	0,102	0,100	0,098	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,086	0,084	0,083	0,080	0,078
19,0	0,075	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,082	0,081	0,079	0,078	0,076	0,074	0,072
19,5	0,070	0,087	0,085	0,083	0,082	0,080	0,078	0,077	0,075	0,074	0,072	0,071	0,068	0,067
20,0	0,065	0,081	0,079	0,078	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063
20,5	0,061	0,076	0,074	0,073	0,071	0,069	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059
21,0	0,057	0,071	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,056	0,055
21,5	0,054	0,067	0,065	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,053	0,052
22,0	0,051	0,063	0,061	0,060	0,059	0,058	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,052	0,050	0,049
22,5	0,048	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,049	0,047	0,046

Tabelle 12-11: C_t-Werte, Geräuschmodus 3

12.4.3 Geräuschkurve, Geräuschmodus 3

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 3	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	93,2
4	93,2
5	93,7
6	96,3
7	98,9
8	99,8
9	100,1
10	100,5
11	101,2
12	101,7
13	102,5
14	102,5
15	102,5
16	102,5
17	102,5
18	102,5
19	102,5
20	102,5

Tabelle 12-12: Geräuschkurven, Geräuschmodus 3

12.5 Modus 4**12.5.1 Leistungskurven, Geräuschmodus 4**

Luftdichte [kg/m ³]														
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	30	13	14	16	17	19	20	22	23	25	27	28	32	33
3,5	97	63	66	69	72	75	78	81	84	87	91	94	100	103
4,0	179	128	133	138	142	147	152	156	161	166	170	175	184	189
4,5	278	205	212	219	225	232	239	245	252	259	265	272	285	292
5,0	396	297	306	315	324	333	342	351	360	369	378	387	405	415
5,5	539	407	419	431	443	455	467	479	491	503	515	527	551	563
6,0	711	541	557	572	588	603	619	634	649	665	680	696	726	742
6,5	912	698	717	737	757	776	796	815	835	854	874	893	931	951
7,0	1132	879	903	927	951	975	998	1022	1045	1068	1089	1111	1149	1166
7,5	1274	1067	1092	1117	1142	1167	1184	1202	1220	1238	1250	1262	1282	1290
8,0	1318	1218	1234	1250	1266	1282	1288	1295	1302	1308	1312	1315	1320	1321
8,5	1325	1294	1300	1305	1311	1317	1318	1320	1322	1324	1324	1324	1325	1325
9,0	1325	1318	1320	1321	1323	1324	1324	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
9,5	1325	1322	1323	1323	1324	1324	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
10,0	1325	1324	1324	1324	1324	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
10,5	1325	1324	1324	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
11,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
11,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
12,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
12,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
13,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
13,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
14,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
14,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
15,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
15,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
16,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
16,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
17,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
17,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
18,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
18,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
19,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
19,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
20,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
20,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
21,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
21,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
22,0	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
22,5	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325

Tabelle 12-13: Leistungskurve, Geräuschmodus 4

12.5.2 C_r-Werte, Geräuschmodus 4

Luftdichte kg/m ³														
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	0,918	0,927	0,926	0,925	0,924	0,924	0,923	0,922	0,921	0,920	0,920	0,919	0,917	0,917
3,5	0,886	0,893	0,892	0,892	0,891	0,890	0,890	0,889	0,888	0,888	0,887	0,887	0,885	0,885
4,0	0,844	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,843	0,843
4,5	0,814	0,820	0,819	0,819	0,818	0,817	0,817	0,816	0,816	0,815	0,815	0,814	0,813	0,813
5,0	0,801	0,807	0,807	0,806	0,806	0,805	0,805	0,804	0,804	0,803	0,802	0,802	0,801	0,800
5,5	0,797	0,804	0,804	0,803	0,802	0,802	0,801	0,800	0,800	0,799	0,798	0,797	0,796	0,795
6,0	0,790	0,799	0,798	0,797	0,797	0,796	0,795	0,794	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788
6,5	0,782	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788	0,787	0,786	0,785	0,784	0,783	0,781	0,780
7,0	0,749	0,779	0,778	0,777	0,776	0,775	0,772	0,770	0,767	0,765	0,759	0,754	0,739	0,730
7,5	0,633	0,740	0,734	0,729	0,723	0,717	0,706	0,695	0,684	0,673	0,660	0,647	0,619	0,604
8,0	0,496	0,650	0,638	0,625	0,612	0,600	0,584	0,569	0,553	0,537	0,524	0,510	0,484	0,471
8,5	0,393	0,535	0,520	0,506	0,491	0,477	0,464	0,451	0,438	0,425	0,414	0,404	0,384	0,374
9,0	0,321	0,433	0,421	0,409	0,396	0,384	0,374	0,364	0,354	0,345	0,337	0,329	0,314	0,307
9,5	0,268	0,356	0,346	0,337	0,327	0,317	0,310	0,302	0,295	0,287	0,281	0,274	0,263	0,257
10,0	0,227	0,298	0,291	0,283	0,275	0,267	0,261	0,255	0,249	0,243	0,238	0,233	0,223	0,218
10,5	0,195	0,254	0,248	0,241	0,235	0,229	0,223	0,218	0,213	0,208	0,204	0,199	0,191	0,188
11,0	0,169	0,219	0,213	0,208	0,203	0,197	0,193	0,189	0,184	0,180	0,176	0,173	0,166	0,163
11,5	0,148	0,190	0,186	0,181	0,177	0,172	0,168	0,165	0,161	0,157	0,154	0,151	0,145	0,142
12,0	0,130	0,167	0,163	0,159	0,155	0,151	0,148	0,145	0,141	0,138	0,136	0,133	0,128	0,125
12,5	0,115	0,147	0,144	0,141	0,137	0,134	0,131	0,128	0,125	0,123	0,120	0,118	0,113	0,111
13,0	0,103	0,131	0,128	0,125	0,122	0,119	0,117	0,114	0,112	0,109	0,107	0,105	0,101	0,099
13,5	0,093	0,118	0,115	0,112	0,110	0,107	0,105	0,103	0,101	0,098	0,096	0,095	0,091	0,090
14,0	0,084	0,106	0,103	0,101	0,099	0,096	0,094	0,092	0,091	0,089	0,087	0,085	0,082	0,081
14,5	0,076	0,096	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,082	0,080	0,079	0,077	0,074	0,073
15,0	0,069	0,086	0,084	0,083	0,081	0,079	0,077	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,067	0,066
15,5	0,063	0,079	0,077	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061
16,0	0,057	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
16,5	0,053	0,066	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,051
17,0	0,049	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,053	0,052	0,051	0,051	0,050	0,048	0,047
17,5	0,045	0,056	0,055	0,054	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,048	0,047	0,046	0,044	0,044
18,0	0,042	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,041	0,041
18,5	0,039	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,038	0,038
19,0	0,036	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035
19,5	0,034	0,042	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,033	0,033
20,0	0,032	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031
20,5	0,030	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,029	0,029
21,0	0,028	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,029	0,029	0,029	0,028	0,027
21,5	0,027	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,028	0,027	0,026	0,026
22,0	0,025	0,031	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,026	0,025	0,025
22,5	0,024	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023

Tabelle 12-14: C_r-Werte, Geräuschmodus 4

12.5.3 Geräuschkurve, Geräuschmodus 4

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 4	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	93,2
4	93,2
5	93,7
6	96,3
7	98,2
8	98,3
9	98,3
10	98,3
11	98,3
12	98,3
13	98,3
14	98,3
15	98,3
16	98,3
17	98,3
18	98,3
19	98,3
20	98,3

Tabelle 12-15: Geräuschkurven, Geräuschmodus 4

12.6 Betriebsmodus 5

12.6.1 Leistungskurven, Geräuschmodus 5

Luftdichte [kg/m ³]														
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	19	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22
3,5	86	54	57	60	63	66	69	71	74	77	80	83	89	92
4,0	171	121	125	130	134	139	144	148	153	157	162	166	175	180
4,5	273	201	208	214	221	228	234	241	247	254	260	267	280	287
5,0	394	295	304	313	322	331	340	349	358	367	376	385	403	412
5,5	537	406	418	429	441	453	465	477	489	501	513	525	548	560
6,0	707	538	554	569	585	600	615	631	646	661	677	692	723	738
6,5	908	695	714	734	753	773	792	811	831	850	869	888	927	946
7,0	1138	877	901	925	949	973	997	1020	1044	1068	1091	1115	1162	1185
7,5	1388	1075	1104	1133	1161	1190	1218	1246	1274	1302	1331	1360	1416	1442
8,0	1639	1276	1309	1342	1376	1409	1442	1475	1508	1541	1573	1606	1670	1702
8,5	1858	1456	1493	1530	1568	1605	1642	1678	1715	1751	1787	1822	1892	1927
9,0	2044	1618	1659	1699	1740	1781	1820	1859	1897	1936	1972	2008	2075	2107
9,5	2171	1777	1819	1861	1903	1945	1981	2017	2053	2089	2116	2144	2191	2211
10,0	2252	1934	1974	2014	2054	2094	2121	2147	2174	2201	2218	2235	2263	2274
10,5	2294	2076	2107	2139	2170	2201	2218	2235	2252	2269	2278	2286	2300	2305
11,0	2312	2160	2185	2209	2234	2259	2269	2279	2290	2300	2304	2308	2314	2316
11,5	2316	2207	2225	2243	2262	2280	2286	2293	2300	2307	2310	2313	2317	2319
12,0	2316	2223	2238	2253	2268	2284	2290	2296	2302	2308	2311	2313	2318	2320
12,5	2318	2226	2241	2256	2271	2285	2291	2297	2303	2309	2312	2315	2320	2321
13,0	2321	2235	2249	2262	2276	2290	2295	2301	2307	2312	2315	2318	2323	2324
13,5	2329	2261	2272	2283	2294	2305	2309	2314	2319	2324	2325	2327	2330	2331
14,0	2334	2279	2288	2297	2306	2316	2319	2323	2326	2330	2331	2333	2335	2335
14,5	2338	2298	2305	2312	2319	2326	2328	2330	2332	2335	2336	2337	2338	2339
15,0	2340	2314	2318	2322	2327	2331	2333	2335	2336	2338	2339	2340	2341	2341
15,5	2343	2326	2329	2332	2335	2337	2338	2339	2341	2342	2342	2342	2343	2344
16,0	2345	2335	2337	2339	2340	2342	2343	2343	2344	2344	2345	2345	2345	2346
16,5	2346	2342	2342	2343	2344	2345	2345	2346	2346	2346	2346	2346	2346	2346
17,0	2348	2345	2345	2346	2346	2347	2347	2347	2347	2348	2348	2348	2348	2348
17,5	2348	2347	2347	2347	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348
18,0	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348
18,5	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348	2348
19,0	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349
19,5	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349
20,0	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349
20,5	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349
21,0	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349
21,5	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349
22,0	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349
22,5	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349	2349

Tabelle 12-16: Leistungskurve, Geräuschmodus 5

12.6.2 C_r-Werte, Geräuschmodus 5

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m ³														
	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	0,926	0,938	0,937	0,936	0,935	0,933	0,932	0,931	0,931	0,930	0,929	0,927	0,925	0,923	
3,5	0,874	0,884	0,883	0,883	0,882	0,881	0,880	0,879	0,878	0,877	0,876	0,875	0,873	0,872	
4,0	0,851	0,861	0,860	0,859	0,858	0,857	0,857	0,856	0,855	0,854	0,853	0,852	0,851	0,850	
4,5	0,830	0,838	0,837	0,836	0,836	0,835	0,834	0,834	0,833	0,832	0,832	0,831	0,830	0,829	
5,0	0,810	0,818	0,817	0,817	0,816	0,815	0,815	0,814	0,813	0,812	0,812	0,811	0,809	0,809	
5,5	0,802	0,811	0,810	0,809	0,809	0,808	0,807	0,806	0,805	0,804	0,803	0,803	0,801	0,800	
6,0	0,792	0,803	0,802	0,801	0,800	0,799	0,798	0,797	0,796	0,795	0,794	0,793	0,791	0,790	
6,5	0,780	0,793	0,792	0,790	0,789	0,788	0,787	0,786	0,785	0,783	0,782	0,781	0,779	0,778	
7,0	0,759	0,775	0,773	0,772	0,771	0,770	0,768	0,767	0,765	0,764	0,762	0,761	0,758	0,757	
7,5	0,730	0,745	0,744	0,743	0,742	0,741	0,739	0,737	0,735	0,733	0,732	0,731	0,727	0,725	
8,0	0,681	0,697	0,695	0,694	0,693	0,691	0,690	0,688	0,687	0,685	0,684	0,682	0,679	0,678	
8,5	0,614	0,630	0,628	0,627	0,626	0,624	0,623	0,622	0,620	0,619	0,617	0,616	0,612	0,611	
9,0	0,545	0,563	0,561	0,560	0,559	0,558	0,556	0,555	0,553	0,552	0,550	0,547	0,542	0,539	
9,5	0,474	0,507	0,505	0,503	0,502	0,500	0,497	0,494	0,491	0,488	0,484	0,479	0,468	0,462	
10,0	0,410	0,461	0,459	0,456	0,453	0,450	0,445	0,440	0,434	0,429	0,423	0,416	0,403	0,396	
10,5	0,353	0,420	0,415	0,410	0,406	0,401	0,394	0,387	0,381	0,374	0,367	0,360	0,346	0,339	
11,0	0,304	0,374	0,368	0,363	0,357	0,351	0,344	0,338	0,331	0,324	0,317	0,311	0,298	0,292	
11,5	0,263	0,329	0,323	0,317	0,311	0,305	0,299	0,293	0,286	0,280	0,274	0,268	0,257	0,252	
12,0	0,229	0,287	0,282	0,276	0,271	0,265	0,260	0,255	0,249	0,244	0,239	0,234	0,225	0,220	
12,5	0,202	0,251	0,247	0,242	0,237	0,233	0,228	0,223	0,219	0,214	0,210	0,206	0,198	0,194	
13,0	0,179	0,222	0,218	0,214	0,210	0,206	0,202	0,198	0,194	0,190	0,186	0,183	0,176	0,172	
13,5	0,161	0,201	0,197	0,193	0,189	0,185	0,182	0,178	0,174	0,171	0,167	0,164	0,158	0,155	
14,0	0,144	0,181	0,177	0,174	0,170	0,166	0,163	0,160	0,157	0,153	0,150	0,147	0,142	0,139	
14,5	0,130	0,164	0,160	0,157	0,154	0,150	0,147	0,144	0,141	0,138	0,136	0,133	0,128	0,126	
15,0	0,118	0,148	0,145	0,142	0,139	0,136	0,133	0,130	0,127	0,125	0,122	0,120	0,116	0,114	
15,5	0,107	0,135	0,132	0,129	0,126	0,123	0,121	0,118	0,116	0,114	0,111	0,109	0,105	0,103	
16,0	0,098	0,124	0,121	0,118	0,115	0,113	0,110	0,108	0,106	0,104	0,102	0,100	0,096	0,094	
16,5	0,090	0,113	0,111	0,108	0,106	0,103	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,088	0,087	
17,0	0,083	0,104	0,102	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,086	0,084	0,081	0,080	
17,5	0,076	0,096	0,094	0,091	0,089	0,087	0,086	0,084	0,082	0,080	0,079	0,078	0,075	0,074	
18,0	0,070	0,088	0,086	0,084	0,083	0,081	0,079	0,077	0,076	0,074	0,073	0,072	0,069	0,068	
18,5	0,065	0,082	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,068	0,067	0,064	0,063	
19,0	0,060	0,075	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,063	0,062	0,059	0,059	
19,5	0,056	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,055	0,055	
20,0	0,053	0,065	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,055	0,055	0,054	0,052	0,051	
20,5	0,049	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	
21,0	0,046	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	
21,5	0,044	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,045	0,043	0,043	
22,0	0,041	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	
22,5	0,039	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,038	0,038	

Tabelle 12-17: C_r-Werte, Geräuschmodus 5

12.6.3 Geräuschkurve, Geräuschmodus 5

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Geräuschmodus 5	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	93,2
4	93,2
5	93,7
6	96,3
7	99,0
8	100,6
9	101,0
10	101,2
11	101,2
12	101,2
13	101,2
14	101,2
15	101,2
16	101,2
17	101,2
18	101,2
19	101,2
20	101,2

Tabelle 12-18: Geräuschkurven, Geräuschmodus 5

12.7 3,45-MW-Leistungsmodus

12.7.1 Leistungskurven, 3,45-MW-Leistungsmodus

Luftdichte [kg/m ³]														
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	31	13	15	16	18	19	21	22	24	26	27	29	33	34
3,5	97	64	67	70	73	76	79	82	85	88	91	94	100	103
4,0	180	129	133	138	143	147	152	157	161	166	171	175	184	189
4,5	279	206	212	219	226	232	239	246	252	259	265	272	285	292
5,0	397	297	306	315	324	333	342	351	361	370	379	388	406	415
5,5	539	408	420	432	444	456	468	480	492	504	516	528	551	563
6,0	711	541	557	572	588	603	619	634	650	665	681	696	727	742
6,5	914	699	719	738	758	778	797	817	836	855	875	894	933	952
7,0	1151	885	909	933	958	982	1006	1030	1054	1079	1103	1127	1174	1198
7,5	1419	1096	1126	1155	1185	1214	1244	1273	1302	1332	1361	1390	1448	1477
8,0	1722	1336	1371	1407	1442	1478	1513	1548	1583	1618	1653	1687	1755	1789
8,5	2059	1606	1648	1690	1732	1774	1815	1856	1897	1938	1978	2018	2098	2138
9,0	2434	1909	1958	2007	2056	2105	2153	2200	2248	2295	2342	2388	2479	2524
9,5	2815	2239	2295	2350	2406	2462	2514	2567	2619	2672	2719	2767	2858	2901
10,0	3132	2582	2641	2699	2758	2817	2867	2916	2966	3016	3054	3093	3162	3193
10,5	3322	2902	2955	3007	3059	3112	3147	3183	3218	3254	3276	3299	3338	3354
11,0	3411	3148	3186	3224	3262	3300	3319	3339	3359	3380	3390	3401	3418	3425
11,5	3443	3320	3340	3360	3380	3400	3408	3417	3425	3433	3436	3440	3444	3446
12,0	3449	3406	3414	3422	3431	3439	3441	3443	3445	3448	3448	3448	3449	3450
12,5	3450	3439	3441	3443	3446	3448	3448	3449	3449	3450	3450	3450	3450	3450
13,0	3450	3447	3448	3448	3449	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
13,5	3450	3449	3449	3449	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
14,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
14,5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
15,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
15,5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
16,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
16,5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
17,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
17,5	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
18,0	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
18,5	3450	3450	3450	3450	3450	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

Tabelle 12-19: Leistungskurven, 3,45-MW-Leistungsmodus

12.7.2 C_t-Werte, 3,45-MW-Leistungsmodus

Luftdichte kg/m ³														
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	0,905	0,915	0,914	0,913	0,912	0,911	0,910	0,909	0,909	0,908	0,907	0,906	0,904	0,903
3,5	0,867	0,875	0,874	0,873	0,873	0,872	0,871	0,870	0,870	0,869	0,868	0,867	0,866	0,865
4,0	0,844	0,851	0,851	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,846	0,846	0,845	0,844	0,843
4,5	0,820	0,826	0,826	0,825	0,825	0,824	0,823	0,823	0,822	0,822	0,821	0,821	0,820	0,819
5,0	0,807	0,814	0,813	0,813	0,812	0,811	0,811	0,810	0,810	0,809	0,808	0,808	0,806	0,806
5,5	0,802	0,810	0,810	0,809	0,808	0,808	0,807	0,806	0,805	0,804	0,804	0,803	0,801	0,800
6,0	0,794	0,805	0,804	0,803	0,802	0,801	0,800	0,799	0,798	0,797	0,796	0,795	0,793	0,792
6,5	0,785	0,798	0,797	0,796	0,795	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,788	0,786	0,784	0,783
7,0	0,775	0,790	0,789	0,787	0,786	0,785	0,783	0,782	0,781	0,779	0,778	0,777	0,774	0,772
7,5	0,765	0,782	0,781	0,779	0,778	0,776	0,774	0,773	0,771	0,770	0,768	0,766	0,763	0,761
8,0	0,753	0,774	0,772	0,770	0,768	0,767	0,765	0,763	0,761	0,759	0,757	0,755	0,751	0,749
8,5	0,744	0,768	0,766	0,764	0,762	0,760	0,757	0,755	0,753	0,751	0,749	0,747	0,742	0,740
9,0	0,740	0,770	0,767	0,765	0,762	0,760	0,757	0,754	0,752	0,749	0,746	0,743	0,737	0,734
9,5	0,718	0,769	0,765	0,761	0,757	0,754	0,749	0,744	0,740	0,735	0,729	0,724	0,711	0,705
10,0	0,663	0,753	0,746	0,740	0,733	0,727	0,718	0,710	0,702	0,693	0,683	0,673	0,651	0,640
10,5	0,577	0,707	0,697	0,686	0,676	0,666	0,654	0,641	0,629	0,617	0,604	0,590	0,565	0,552
11,0	0,492	0,636	0,623	0,610	0,597	0,584	0,571	0,557	0,543	0,530	0,517	0,505	0,481	0,469
11,5	0,418	0,561	0,547	0,532	0,518	0,503	0,490	0,477	0,464	0,451	0,440	0,429	0,409	0,399
12,0	0,359	0,486	0,472	0,458	0,445	0,431	0,420	0,409	0,398	0,386	0,377	0,368	0,351	0,343
12,5	0,312	0,419	0,407	0,395	0,383	0,371	0,362	0,353	0,343	0,334	0,327	0,319	0,305	0,299
13,0	0,274	0,363	0,353	0,343	0,333	0,323	0,316	0,308	0,300	0,292	0,286	0,280	0,268	0,262
13,5	0,243	0,320	0,311	0,303	0,295	0,286	0,280	0,273	0,266	0,260	0,254	0,249	0,238	0,234
14,0	0,217	0,283	0,276	0,268	0,261	0,254	0,248	0,242	0,237	0,231	0,226	0,222	0,213	0,208
14,5	0,194	0,252	0,246	0,239	0,233	0,227	0,222	0,217	0,212	0,207	0,203	0,199	0,191	0,187
15,0	0,174	0,225	0,219	0,214	0,208	0,203	0,199	0,194	0,190	0,185	0,182	0,178	0,171	0,168
15,5	0,158	0,203	0,198	0,193	0,188	0,183	0,179	0,176	0,172	0,168	0,165	0,161	0,155	0,152
16,0	0,144	0,184	0,179	0,175	0,171	0,166	0,163	0,159	0,156	0,153	0,150	0,147	0,141	0,139
16,5	0,131	0,167	0,163	0,159	0,155	0,152	0,149	0,145	0,142	0,139	0,137	0,134	0,129	0,127
17,0	0,120	0,153	0,149	0,146	0,142	0,139	0,136	0,133	0,130	0,127	0,125	0,123	0,118	0,116
17,5	0,111	0,140	0,137	0,134	0,131	0,127	0,125	0,122	0,120	0,117	0,115	0,113	0,109	0,107
18,0	0,102	0,129	0,126	0,123	0,120	0,117	0,115	0,113	0,110	0,108	0,106	0,104	0,100	0,099
18,5	0,095	0,119	0,116	0,114	0,111	0,108	0,106	0,104	0,102	0,100	0,098	0,096	0,093	0,091
19,0	0,087	0,109	0,107	0,105	0,102	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,091	0,089	0,086	0,084
19,5	0,081	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,086	0,084	0,083	0,080	0,079
20,0	0,076	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,085	0,083	0,082	0,080	0,078	0,077	0,075	0,073
20,5	0,071	0,088	0,086	0,084	0,082	0,081	0,079	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069
21,0	0,066	0,082	0,081	0,079	0,077	0,075	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,068	0,065	0,064
21,5	0,063	0,078	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061
22,0	0,059	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057
22,5	0,056	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054

Tabelle 12-20: C_t-Werte, 3,45-MW-Leistungsmodus

12.7.3 Geräuschkurven, 3,45-MW-Leistungsmodus

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe, 3,45-MW-Leistungsmodus		
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m³	
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] (Rotorblätter ohne optionale Sägezahn-Hinterkante)	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] (Rotorblätter mit optionaler Sägezahn-Hinterkante)
3	94,6	93,2
4	94,8	93,2
5	95,6	93,7
6	98,4	96,4
7	101,4	99,6
8	105,1	102,7
9	107,9	105,1
10	108,5	106,0
11	108,5	106,0
12	108,5	106,0
13	108,5	106,0
14	108,5	106,0
15	108,5	106,0
16	108,5	106,0
17	108,5	106,0
18	108,5	106,0
19	108,5	106,0
20	108,5	106,0

Tabelle 12-21: Geräuschkurven, 3,45-MW-Leistungsmodus