

Projektbeschreibung

Windenergieprojekt „Nägelstedt“

**Errichtung und Betrieb von sechs Windenergieanlagen vom
Typ Vestas V162 – 5.6 MW**



Antragsteller:

UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG
Dr.-Eberle-Platz 1
01662 Meißen

Gliederung

1.	ALLGEMEINE PROJEKTBECHREIBUNG	3
2.	WIRTSCHAFTLICHE VORAUSSETZUNGEN	4
3.	IMMISSIONEN	5
3.1	SCHALLIMMISSIONEN.....	5
3.2	SCHATTENWURF	6
3.3	LICHTEMISSIONEN.....	8
3.4	EISABWURF	8
4.	ASPEKTE DES NATUR-, UMWELT- UND LANDSCHAFTSSCHUTZES	8
4.1	FAUNA	8
4.2	FLORA.....	10
4.3	BODEN	11
4.4	WASSER.....	11
4.5	KLIMA UND LUFT	12
4.6	LANDSCHAFT	12
4.7	ZUSAMMENFASSUNG	12
5.	TECHNISCHE PROJEKTBECHREIBUNG.....	13
5.1	ANLAGENTYP	13
5.2	EINSPEISUNG	13
5.3	FUNKTIONSWEISE	13
5.4	ÜBERWACHUNG	14
5.5	TYPENPRÜFUNG	14
5.6	BAUGRUND.....	14
5.7	ABFALL	14
5.8	BLITZSCHUTZ.....	15
5.9	BRANDSCHUTZ	15
5.10	BETRIEBSDAUER UND RÜCKBAU	15
6.	ERSCHLIEßUNG UND BAUABLAUF.....	15
6.1	ERSCHLIEßUNG.....	15
6.2	BAUABLAUFPLANUNG	16

1. Allgemeine Projektbeschreibung

Die UKA Unternehmensgruppe beschäftigt sich mit der Planung und Realisierung von Windenergieparks und hat seit dem Jahr 2000 im gesamten Bundesgebiet eine Vielzahl von Windenergieparkprojekten entwickelt und realisiert. Die UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG beantragt die Errichtung und den Betrieb des Windparks „Nägelstedt“ in der Stadt Bad Langensalza, innerhalb der Gemarkungen Nägelstedt und Klettstedt, mit sechs Windenergieanlagen (WEA) vom Typ Vestas V162 – 5.6 MW auf 166 m Nabenhöhe, zuzüglich 3 m Fundamenterhöhung. Die Windenergieanlagen bestehen aus einem Turm, einem auf dem Turm drehbar gelagerten Maschinenhaus und drei Rotorblättern. Es werden insgesamt 33,6 MW elektrische Leistung im Windpark installiert und der produzierte Strom in das öffentliche Netz eingespeist.

Regionalplanung

Das Vorhabengebiet liegt im Unstrut-Hainich-Kreis in der Planungsregion Nordthüringen. Der Regionalplan Nordthüringen ist mit der Bekanntgabe der Genehmigung im Thüringer Staatsanzeiger Nr. 44/2012 vom 29.10.2012 in Kraft getreten. Die Änderung des Regionalplans Nordthüringen wurde am 25.03.2015 beschlossen und damit das Änderungsverfahren eingeleitet. In der Sitzung vom 30.05.2018 hat die Planungsversammlung die Freigabe des 1. Entwurfes zur Anhörung / Öffentlichen Auslegung beschlossen.

In der Sitzung vom 13.07.2022 wurde die Freigabe des Sachlichen Teilplans Windenergie (2. Entwurf des bisherigen Abschnittes 3.2.2 Vorranggebiete Windenergie des Regionalplanes Nordthüringen) zur Anhörung / Öffentlichen Auslegung beschlossen. Die Öffentliche Auslegung fand in der Zeit vom 05.09. bis einschließlich 11.11.2022 statt. Die von UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG geplanten sechs WEA befinden sich im Vorranggebiet „W-18 Bad Langensalza / Großvargula“ dieses zweiten Entwurfes.

Lage

Der geplante Windenergiepark Nägelstedt befindet sich ca. 5 km östlich der Stadt Bad Langensalza zwischen den der Stadt zugehörigen Ortsteilen Nägelstedt und Klettstedt sowie der Gemeinde Großvargula, welche etwa 2 km östlich der geplanten WEA liegt. Im östlich angrenzenden Windenergiepark Großvargula wurden bisher 22 Windenergieanlagen errichtet. Weitere Windenergieanlagen befinden sich im Genehmigungsverfahren, einige davon wurden bereits genehmigt. Das von der UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG geplante Vorhaben erweitert den bestehenden Windenergiepark Großvargula in westliche Richtung. Das Gelände um die geplanten Anlagenstandorte weist eine wellige, bis hügelige Struktur auf und variiert in der Höhe zwischen ca. 210 m und 280 m über NN. Es wird vorwiegend landwirtschaftlich genutzt.

Im Folgenden topographischen Übersichtsplan (Abb. 1) ist das Projektgebiet mit den WEA im Bestandspark (schwarz), den genehmigten Fremdplanungen (blau) und den geplanten UKA-WEA (rot) zu sehen. Des Weiteren ist das Vorranggebiet W-11 (blauer Umring, Regionalplan Nordthüringen 2012) sowie das Vorranggebiet W-18 (roter Umring, 2. Entwurf Regionalplan Nordthüringen 2018) dargestellt.

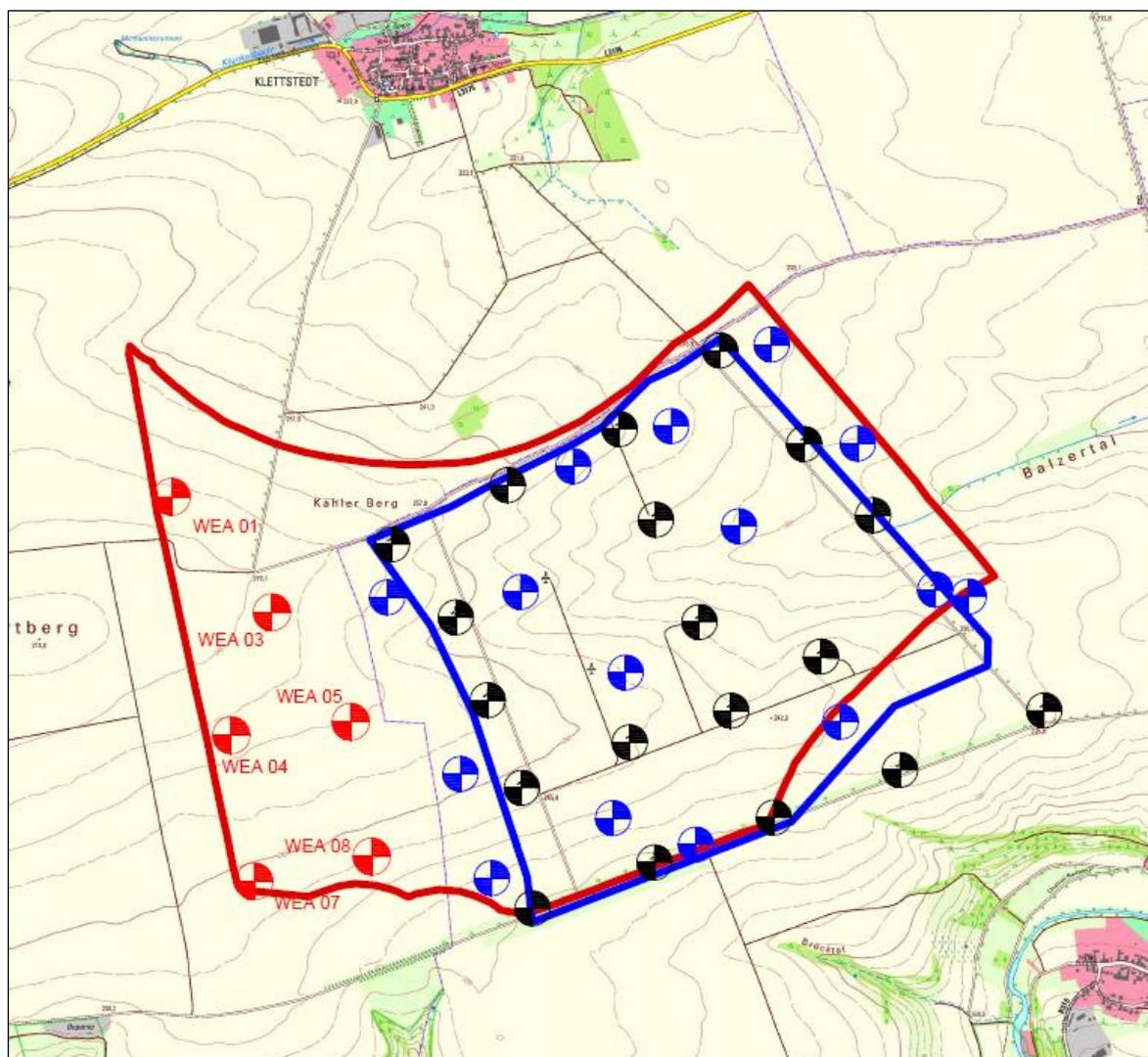


Abb. 1: Topographischer Übersichtsplan

Netzanschluss

Die Planung des Netzanschlusses ist aktuell noch nicht abgeschlossen. Mehrere Varianten werden hierbei geprüft und auf Umsetzbarkeit bewertet. Es besteht die Möglichkeit des Anschlusses an ein bestehendes Umspannwerk bei Bad Langensalza über einen Freileitungsmast bei Gräfentonna. Die geschätzte Trassenlänge beträgt 7,5 km in südliche Richtung. Eine Alternative besteht in westliche Richtung über einen Mast bei Thamsbrück. Die Länge dieser Trasse beträgt in etwa 8,5 km. Als eine weitere Variante wird die Errichtung eines neuen Umspannwerkes mit entsprechender Übertragungskapazität geprüft.

2. Wirtschaftliche Voraussetzungen

Für die Nutzung der Windenergie muss eine geeignete, vom Wind frei anströmbare und durch Hindernisse gering beeinflusste Fläche zur Verfügung stehen. Bei Standorten mit mehreren Windenergieanlagen müssen deren Abstände untereinander unter Berücksichtigung der Neben- und Hauptwindrichtungen sorgfältig berechnet werden, damit gegenseitige Beeinflussungen und dadurch verbundene Ertragsminderungen vermieden werden.

Es sind sowohl die Windhöffigkeit (mittlere Windgeschwindigkeit über dem Jahresgang am Standort in m/s) als auch der Parkwirkungsgrad zu berechnen, damit eine objektive technische und wirtschaftliche Bewertung und Einschätzung der Eignung des Standortes für die Nutzung der Windenergie gewährleistet werden kann. Voruntersuchungen am Standort Nägelstedt haben gezeigt, dass die raumordnerisch zur Windenergienutzung vorgesehene Fläche eine gute Windhöffigkeit bietet.

Neben der Bewertung des Windpotentials eines Standortes muss auch die Erschließung (Wege, Netzanschluss) in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einfließen. Die Interessen der öffentlich Beteiligten sind zu berücksichtigen. Die Gemeinde erhält Einnahmen aus der gewerblichen Besteuerung. Die Höhe der Vergütung, zu der die Energieversorger den Betreibern des Windenergieparks jede eingespeiste kWh elektrischer Arbeit abnehmen, wird im Rahmen eines Ausschreibungsverfahrens festgelegt.

3. Immissionen

Die zu erwartenden Auswirkungen auf die Schutzgüter – Mensch und menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt, Fläche, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter sowie deren Wechselwirkungen untereinander, werden ausführlich in dem UVP-Bericht in Kapitel 2.6.3 dargestellt. Im Rahmen des UVP-Berichts wurde festgestellt, dass dem Vorhaben unter Beachtung der raumordnerischen Ziele keine grundsätzlichen Belange der Umweltverträglichkeit entgegenstehen.

Aus den vorliegenden Gutachten werden nachfolgend die wichtigsten Auswirkungen zusammengefasst.

3.1 Schallimmissionen

Für den geplanten Windpark Nägelstedt wurde vom Gutachterbüro I17-Wind GmbH & Co. KG ein Schalltechnisches Gutachten (Bericht-Nr.: I17-SCH-2023-102) erstellt. Das Gutachten ist in Kapitel 3.2.1 zu finden.

Die geplanten Windkraftanlagen sollen zu allen Tag- und Nachtzeiten betrieben werden. Als Beurteilungssituation gilt für den Betrieb der WEA daher in der Regel die lauteste Stunde der Nacht, da hier die niedrigsten Richtwerte gelten. Als schalltechnische Vorbelastung wurden 30 Windenergieanlagen im Umfeld des Vorhabengebietes berücksichtigt. Die neu geplanten sechs Windenergieanlagen (WEA 01, 03-05, 07, 08) wurden der Zusatzbelastung zugeordnet. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Prognose nach Interimsverfahren dargestellt.

Nr.	Bezeichnung	IRW [dB(A)]	Immissionspegel L _r [dB(A)]	Beurteilungspegel L _r [dB(A)]	Reserve zum IRW [dB(A)]
IO1	Neustadt 15, Klettstedt	45	42.4	42	3
IO2	Siedlung 85, Klettstedt	45	42.3	42	3
IO3	Winzer 56d, Großvargula	40	43.0	43	-3
IO4	Winterberg 3a, Großvargula	40	42.7	43	-3
IO5	In der Freiheit 7, Großvargula	45	43.5	44	1
IO6	Vargulaer Straße 8, Tonna	45	34.5	35	10
IO7	Am Weinberg 75, Nägelstedt	40	38.7	39	1
IO8	Betriebsgebäude nordöstlich von Nägelstedt	45	41.2	41	4
IO9	Kirchheilinger Straße 15, Merxleben	40	28.2	28	12
IO10	Erlengrund 21, Sundhausen	40	32.6	33	7

Abb. 2: Ergebnisse der Immissionsprognose (I17-SCH-2023-102, Seite 32)

An allen Immissionsorten mit Ausnahme von IO3 und IO04 wird der Immissionsrichtwert unter den o.g. Voraussetzungen unterschritten bzw. eingehalten.

An den Immissionsorten IO3 und IO4 überschreitet der Beurteilungspegel den Immissionsrichtwert unzulässig hoch. Die Überschreitung ist auf die Vorbelastung zurückzuführen. Nach Nr. 3.2.1 Abs. 2 der TA Lärm [1] können Genehmigungen geplanter Anlagen auf Grund der Vorbelastung nicht versagt werden, wenn der Immissionsbeitrag der geplanten Anlagen als nicht relevant anzusehen ist. Dies ist der Fall, wenn die Zusatzbelastung die Immissionsrichtwerte am Immissionsort um mindestens 6 dB(A) unterschreitet, was gegenwärtig der Fall ist.

Zusammenfassend sind von den geplanten WEA keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche zu erwarten.

3.2 Schattenwurf

Bei der Planung von Windenergieparks ist der Einfluss des Schattenwurfes zu berücksichtigen. Entsprechend den WEA-Schattenwurf-Hinweisen der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) können optische Einwirkungen durch periodischen Schattenwurf als nicht erheblich belästigend angesehen werden, wenn die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer unter kumulativer Berücksichtigung aller WEA-Beiträge am jeweiligen Immissionsort in einer Bezugshöhe von 2 m über Erdboden nicht mehr als 30 Stunden pro Kalenderjahr und darüber hinaus nicht mehr als 30 Minuten pro Kalendertag beträgt.

Die Schattenwurfprognose dient zur Ermittlung der maximal möglichen Beschattungsdauer (worst case) für den jeweiligen Immissionsort. Dazu werden die folgenden Annahmen und Vereinfachungen getroffen:

- Es herrscht durchgehender Sonnenschein von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang.
- Die Sonnenstrahlung steht senkrecht zur Rotorkreisfläche.
- Die WEA befinden sich permanent in Betrieb.
- Ein Schattenwurf bei Sonnenständen unter 3° ist nicht zu berücksichtigen.

- Wenn am Immissionsort aufgrund der Entfernung zur WEA die Sonne zu weniger als 20 % durch das Rotorblatt verdeckt wird, können die dadurch entstehenden Helligkeitsschwankungen (Schatten) vernachlässigt werden
- Das Rotorblatt wird als rechteckige Fläche angenommen, bei welcher der Rotorradius * die mittlere Blatttiefe = $\frac{1}{2} * (\text{max. Blatttiefe} + \text{min. Blatttiefe bei } 0,9 * \text{Rotorradius})$

Für den geplanten Windpark Nägelstedt wurde vom Gutachterbüro I17-Wind GmbH & Co. KG eine Schattenwurfprognose (Bericht-Nr.: I17-SCHATTEN-2023-084) erstellt. Das Gutachten ist unter Gliederungspunkt 3.2.2 zu finden. Alle Ergebnisse der Berechnungen zu Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung beziehen sich auf die astronomisch maximal mögliche (ungünstigster Fall) sowie meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer.

Im Rahmen der Berechnung der Schattenwurfdauer am Standort Nägelstedt wurden insgesamt 92 Immissionsorte untersucht und berücksichtigt. Eine Übersicht dieser Orte ist auf den Seiten 13 bis 15 des Gutachtens zu finden.

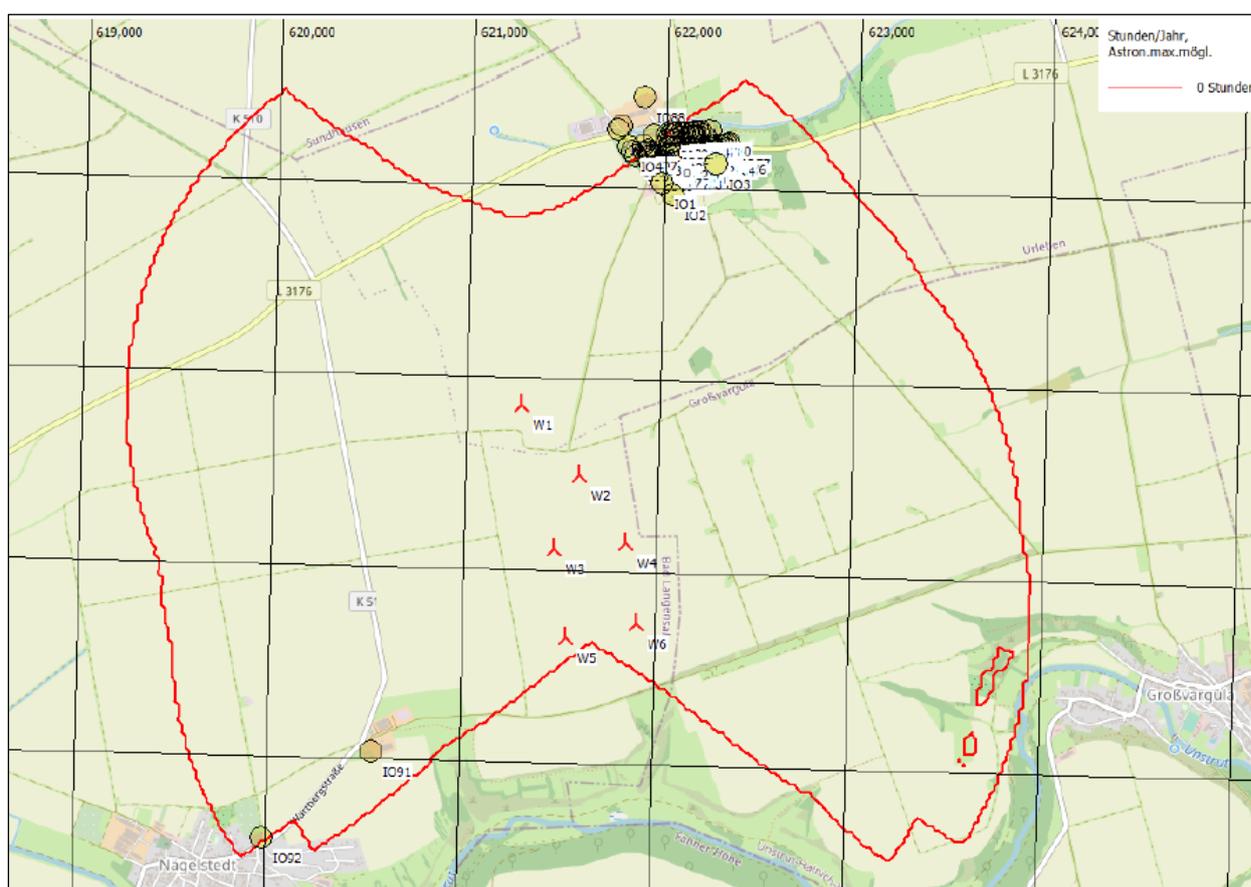


Abb. 3: Einwirkungsbereich und Schattenimmissionsorte [I17-Wind, Bericht Nr. I17-Schatten-2023-048]

Der Grenzwert für die astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer von 30 Stunden pro Jahr und/oder 30 Minuten pro Tag wird bei der Gesamtbelastung an den Immissionsorten IO1 – IO3, IO6, IO8 – IO28, IO30 – IO58, IO62 – IO75, IO83 – IO87 und IO91 überschritten wird.

An den o.g. Immissionspunkten muss die Rotorschattenwurfdauer durch den Einsatz eines Schattenwurfabschaltmoduls entsprechend der vorgenannten Empfehlungen begrenzt werden. Dieses Modul schaltet die WEA ab, wenn an den relevanten Immissionsorten die vorgegebenen

Grenzwerte erreicht sind. Da der Grenzwert von 30 Stunden pro Kalenderjahr auf Grundlage der astronomisch möglichen Beschattung entwickelt wurde, ist für die Schattenwurfabschaltautomatik der Wert für die tatsächliche, meteorologische Schattendauer von 8 Stunden pro Kalenderjahr zu berücksichtigen. Ferner ist der Tatsache Rechnung zu tragen, dass sich die Zeitpunkte für den Schattenwurf jedes Jahr leicht verschieben. Hier muss die Abschaltung auf dem realen Sonnenstand basieren.

Die Genehmigung sollte mit der Auflage eines Einsatzes eines Schattenwurfabschaltmoduls erteilt werden. Die geplanten WEA 03-05 verursachen an keinem Immissionsort einen Beitrag zum Schattenwurf und können von dieser Auflage ausgenommen werden.

3.3 Lichtemissionen

Von Windenergieanlagen können visuelle Beeinträchtigungen, wie z.B. der sogenannte Disko-Effekt (Lichtreflexe durch Reflexionen des Sonnenlichts an Rotorblättern) oder die nächtliche Flugsicherheitsbefeuerung, ausgehen. Der Disko-Effekt wird durch die standardmäßige mittelreflektierende Farbgebung RAL 7035 (lichtgrau) der Windenergieanlagen des Herstellers Vestas vermindert.

Durch eine sichtweitenabhängige Lichtstärkenreduzierung bei der Hindernisbefeuerung werden Lichtemissionen darüber hinaus soweit minimiert, dass keine erheblichen Beeinträchtigungen mehr zu erwarten sind.

3.4 Eisabwurf

Das Risiko einer Vereisung auf der Struktur der Windenergieanlagen ist von den atmosphärischen Bedingungen am Anlagenstandort (z. B. Eisregen, Nebel und Temperaturen um den Gefrierpunkt) sowie vom Betriebsmodus der Windenergieanlage abhängig. Zur Minimierung des Risikos werden die Windenergieanlagen des Windenergiepark Nängelstedt mit einem Eiserkennungssystem ausgestattet, das automatisch einen Eisansatz an den Rotorblättern detektiert und die WEA abschaltet. Durch die Stillsetzung der WEA wird ein Wegschleudern von Eisstücken ausgeschlossen. Zur Warnung von eventuell herabfallenden Eisstücken im Stillstand werden Warnschilder aufgestellt. Sobald das System Eisfreiheit feststellt, kann die WEA automatisch zugeschaltet werden.

4. Aspekte des Natur-, Umwelt- und Landschaftsschutzes

4.1 Fauna

Im Rahmen des durch das Büro „LPR Landschaftsplanung Dr. Reichhoff GmbH“ erstellten Landschaftspflegerischen Begleitplans (LBP) sowie dem Artenschutzrechtlichen Fachbeitrag (AFB) wurden die Belange des Naturschutzes überprüft (siehe Kap. 2.6.2). Bei den beiden hinsichtlich WEA im Mittelpunkt stehenden Tiergruppen der Vögel und Fledermäuse wurde ein besonderes Augenmerk auf die potenziell windkraftsensiblen Arten gelegt.

Brutvögel auf der Vorhabenfläche

Nach den Ergebnissen der Untersuchungen zu den Brutvögeln wurde festgestellt, dass im Gesamtuntersuchungsgebiet folgende windkraftsensible Arten (TLUG 2017) vorkommen: Baumfalke, Mäusebussard, Rotmilan, Weißstorch.

Die fachlich empfohlenen Mindestabstände von WEA zu Brutplätzen der WEA-sensiblen Vogelarten werden für alle Brutvögel eingehalten. Es sind keine Räume mit überdurchschnittlichen Flugaktivitäten der genannten Arten festgestellt worden. Somit führt das Vorhaben nicht zu artenschutzrechtlichen Konflikten.

Zug- und Rastvögel auf der Vorhabenfläche

Im Rahmen der vorliegenden Rastvogelerfassung wurden für die Vorhabenflächen und das Gesamtuntersuchungsgebiet bis auf den Mornellregenpfeifer keine bedeutsamen Rastvorkommen nachgewiesen. Für die Arten Rebhuhn, Mäusebussard und Hohltaube wird im AFB dargelegt, dass trotz hohen Tagessummenmaxima keine artenschutzrechtlichen Konflikte für diese Arten bestehen.

Mornellregenpfeifer wurden in den LINFOS-Daten und bei ornitho.de im Rahmen der Datenrecherche auf dem Rastplatz „Merxleben-Nägelstedt“ seit 2013 regelmäßig als Rastvogel nachgewiesen. Mit einer Individuenzahl von zeitweise mehr als 30 gleichzeitig registrierten Vögeln ist das Rastgebiet als überregional bedeutsam einzustufen (siehe LBP Seite 39 f. sowie Karte 4 zum LBP). Anhand der Einzelnachweisorde deuten die drei Bereiche „Wartberg“, „Wartberghügel“ und „Rangenhügelsberg“ auf bevorzugte Teilrastplätze hin. Diese Bereiche befinden sich westlich und nordwestlich der aktuellen Vorhabenfläche. Trotz gezielter Suche gelangen in der Zugzeit 2018 keine eigenen aktuellen Feststellungen in den östlicheren Teilrastplätzen Wartberg und Wartberghügel, welche sich innerhalb des Rastvogeluntersuchungsgebietes befinden (Rast 2018 erfolgte im nordwestlichen Teilgebiet Rangenhügelsberg außerhalb des Untersuchungsgebietes).

Insgesamt betrachtet hat das Rastvogel-Untersuchungsgebiet jedoch eine geringe Bedeutung für Zug- und Rastvögel (überfliegende und rastende Durchzügler und Wintergäste). Artenschutzrechtlich relevante Konflikte können bei Realisierung von Vermeidungsmaßnahmen für die Vorhabenfläche bezüglich der Zug- und Rastvögel ausgeschlossen werden.

Fledermäuse auf der Vorhabenfläche

Mit den nachgewiesenen sieben Fledermausarten besitzt das Gebiet eine durchschnittliche Bedeutung in Bezug auf die Artdiversität. Alle Fledermausarten sind nach BNatSchG besonders und streng geschützt.

Für die Zwergfledermaus konnten deutliche Aktivitätssteigerungen während der Zugzeiten bzw. während der mit dem Herbstzug einhergehenden Balzzeit festgestellt werden. Bei der Rauhaufledermaus ist das Zugverhalten nur gering ausgeprägt. Beide Arten gelten als besonders schlaggefährdet. Für die ebenfalls nachgewiesenen schlaggefährdeten Arten Großer und Kleiner Abendsegler konnte kein relevantes Zugverhalten nachgewiesen werden.

Im Untersuchungsgebiet konnten keine Fledermausquartiere ermittelt werden. Von den in der Arbeitshilfe gelisteten bedeutenden Lebensstätten von Fledermäusen in Thüringen befindet sich keine im 5 km Radius um die geplanten WEA Standorte.

Bei den Begehungen wurden relevante Strukturen nur für die Zwergfledermaus wiederholt nachgewiesen. Dabei handelt es sich um die Transekte 2, 4 und 9. Transekt 16 liegt außerhalb des zu betrachtenden Gebietes. Diese Strukturen besitzen lokale Bedeutung.

Aus gutachterlicher Sicht wird ein fledermausfreundlicher Betrieb während der Hauptaktivität durch Abschaltung der geplanten WEA erforderlich. Die vorsorgliche Abschaltung der WEA zum Fledermausschutz ist in der Maßnahme V 2 (siehe LBP, Kapitel 6.1) festgesetzt.

Feldhamster

Die Vorhabenfläche befindet sich im Verbreitungsgebiet des Feldhamsters. Im Rahmen der Errichtung der WEA kann es temporär zum Verlust von Hamsterlebensräumen durch die baubedingte Beanspruchung von Teilflächen (Lager-/Montageflächen) kommen. Bei Umsetzung der Vermeidungsmaßnahme und ggf. CEF-Maßnahme sind keine erheblichen baubedingten Auswirkungen zu erwarten (siehe LBP Kap. 3.1.4).

4.2 Flora

Im Bereich der Vorhabenfläche sowie der gesamten Zuwegungstrasse sind keine geschützten Biotope vorhanden. Südlich der Vorhabenfläche befindet sich das FFH-Gebiet 38 „Unstruttal zwischen Nägelstedt und Großvargula“. Im Rahmen des EU-LIFE+-Projektes „Erhaltung und Entwicklung der Steppenrasen Thüringens“ wurde ein Pflege- und Entwicklungsplan für das Gebiet erstellt und eine Kartierung der geschützten FFH-Lebensraumtypen vorgenommen (AVENA 2012). Diese Planung wurde für die im Betrachtungsraum liegenden Anteile des FFH-Gebietes ausgewertet und berücksichtigt. Hierbei befinden sich Bestände der Lebensraumtypen 6210 (Naturnahe Kalk-Trockenrasen und deren Verbuschungsstadien), 6240* (Subpannonische Steppen-Trockenrasen) und 6510 (Magere Flachland-Mähwiesen) im 500-m Radius um die geplanten Anlage-Standorte.

Ebenso wurden die Angaben der potenziell natürlichen Vegetation (pnV) betrachtet. Diese dient der Beschreibung der Vegetation eines Gebietes, welcher sich nach Beendigung menschlicher Eingriffe unter den aktuellen Standortverhältnissen (Klima, Boden, Relief) einstellen würde.

Insgesamt besitzt die Vorhabenfläche, v. a. aufgrund der Dominanz von Ackerflächen, eine geringe naturschutzfachliche Bedeutung. Im Untersuchungsbereich sind jedoch die Hangbereiche der Unstrut innerhalb des südlich gelegenen FFH-Gebietes „NSG Unstruttal zwischen Nägelstedt und Großvargula“ enthalten. Dieser Bereich befindet sich in einer Entfernung von etwa 800 m zu den geplanten WEA 07 und 08 und somit nicht innerhalb der Vorhabenfläche.

4.3 Boden

Die Böden der Vorhabenfläche sind vielfach in der gesamten Landschaftseinheit anzutreffen und werden daher nicht als selten eingestuft. Hinsichtlich der Bodenfruchtbarkeit sind die Böden meist mit hohem und mittlerem Ertragspotenzial ausgestattet. Die Böden besitzen eine hohe Sickerwasserrate und günstige Filter-, Puffer- und Transformationseigenschaften. Die potenzielle Erosionsgefährdung auf Flächen und Abflussbahnen wird vom TLUG (2019) für die Ackerflächen mit hoch bis sehr hoch angegeben.

Die Errichtung der Anlagen nimmt Boden in Anspruch. Jedoch wird diese Flächeninanspruchnahme im Sinne der Eingriffsminimierung auf das geringste Maß reduziert und im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen. Die Aufstandsfläche (Fundament) der WEA führt zu einer Vollversiegelung, sodass die Bodenfunktionen für die Dauer des Betriebes verloren gehen.

Die zur Errichtung der WEA benötigten Kranstellflächen und Zuwegungen werden teilversiegelt. Die Wege bleiben dauerhaft zur Wartung und Unterhaltung der WEA bestehen. Dabei wurde bereits berücksichtigt, dass kleine Teile der Zuwegungen bereits als versiegelte Flächen bestehen. Durch die Teilversiegelung können einige Funktionen des Bodens (z.B. Versickerung von Wasser in den Boden) weiterhin wahrgenommen werden.

4.4 Wasser

Natürliche Oberflächengewässer sind im Untersuchungsgebiet nur in Form von Fließgewässern anzutreffen. Das größte Fließgewässer ist die Unstrut als Gewässer 1. Ordnung im Süden in ca. 1.000 m Entfernung zur Vorhabenfläche. Daneben gibt es kleinere Fließgewässer im Untersuchungsgebiet wie den Klingenbach, das Balzer Tal, oder den Klunkerbach bei Klettstedt.

Es befindet sich kein Wasserschutzgebiet, Heilquellenschutzgebiet, Risikogebiet oder Überschwemmungsgebiet im Vorhabengebiet. Die nächstgelegenen Wasserschutzgebiete (Zone I und II) befinden sich in mindestens 3,5 km südwestlicher Richtung bei Bad Langensalza sowie in nordöstlicher Richtung bei Bad Tennstedt.

Es sind keine negativen Auswirkungen auf das Schutzgut Wasser zu erwarten, da sich keine natürlichen Oberflächengewässer auf, oder in der Umgebung der Vorhabenfläche und den geplanten WEA-Standorten befinden. Die Versiegelung des Bodens wird durch den teilversiegelten Ausbau der Zuwegungen und Kranstellflächen sowie durch die Reduzierung der Vollversiegelung auf ein Mindestmaß (Fundamente) und damit so gering wie möglich gehalten.

Aufgrund des geringen Versiegelungsgrades und aufgrund der Tatsache, dass Niederschlagswasser auf angrenzenden Flächen versickern kann, sind die Auswirkungen als nicht erheblich zu bewerten.

4.5 Klima und Luft

Die Vorhabenfläche gehört zum Klimabereich thüringisches Becken und Hügelland und dort der Lage im Innerthüringer Ackerhügelland. Die Windverhältnisse entsprechen denen der mittleren Breitengrade. Westwinde dominieren, wobei im Winter südwestliche und im Sommer nordwestliche Winde vorherrschen. Vor allem über den großen Ackerflächen nordöstlich von Bad Langensalza können zum Teil hohe Windgeschwindigkeiten, die zu Winderosion führen können, entstehen.

Infolge der Flächeninanspruchnahme verliert der Acker an Größe. Die Flächenverluste im Vergleich zur verbleibenden Fläche sind prozentual gering. Mikroklimatisch sind keine Auswirkungen absehbar.

4.6 Landschaft

Das Vorhabengebiet befindet sich in einer Kulturlandschaft mit einer eingeschränkten Erlebniswirksamkeit. Dies begründet sich in den landwirtschaftlich genutzten Flächen und in der bestehenden Vorbelastung wie die zahlreichen WEA des Windparks Großvargula. Die Vielfalt, Eigenart und Schönheit der Landschaft ist im Untersuchungsgebiet insgesamt eingeschränkt vorhanden, hochwertige Landschaftsbilder sowie Räume mit wertvollen Landschaftsstrukturen sind selten und beschränken sich überwiegend auf die stärker reliefierten (Rand-)Bereich des Unstruttals. In diesen Bereichen ist die Erlebniswirksamkeit von mittlerer bis hoher Bedeutung. Eine erhebliche Erhöhung der Beeinträchtigungen von Landschaftsbild und Erlebniswirksamkeit sind kumulativ nicht zu erwarten.

Zusammenfassend sind über das gesamte Untersuchungsgebiet Blickbeziehungen auf die geplanten WEA herstellbar, insofern es das Relief und die wenigen Gehölze zulassen. In diesen Bereichen dominieren überwiegend geringe ästhetische Wertigkeiten, mit Ausnahme der Unstrut, sodass von insgesamt mittleren Erheblichkeiten durch die geplanten WEA auszugehen ist. Hohe landschaftlich ästhetische Wertigkeiten treten vor allem im Bereich der Niederungen auf. In diesen Bereichen ist die Verschattung jedoch so groß, dass die geplanten WEA keine signifikant negativen Einflüsse mehr ausüben kann.

4.7 Zusammenfassung

In nachfolgender Tabelle werden vorgenannte Schutzgüter und ihre Eingriffsabschätzung kurz dargestellt und zusammengefasst (vgl. LBP, Kap. 5):

Tab. 1: Zusammenfassung der Schutzgüter und ihrer Eingriffsabschätzung

Arten und Lebensgemeinschaften	Eingriffsabschätzung
Fauna Avifauna (Brutvögel) Avifauna (Zug- und Rastvögel) Fledermäuse weitere Tierarten	kein erheblicher Eingriff kein erheblicher Eingriff kein erheblicher Eingriff kein erheblicher Eingriff
Flora	gering erheblicher Eingriff

Boden	gering-mittel erheblicher Eingriff
Wasser Oberflächenwasser Grundwasser	kein Eingriff kein Eingriff
Klima / Luft	kein Eingriff
Landschaftsbild	mittel-hoher erheblicher Eingriff

Im Ergebnis der Bewertung von Beeinträchtigungen ist festzustellen, dass keine Eingriffe in die Schutzgüter Wasser und Klima / Luft erfolgen. Die Eingriffe in die Schutzgüter Fauna sind insgesamt gering erheblich, in Biotop- und Nutzungstypen ebenfalls gering erheblich. Die Eingriffe in die Schutzgüter Landschaftsbild und Boden sind mittel bis sehr erheblich. Insgesamt sind alle Beeinträchtigungen ausgleichbar.

5. Technische Projektbeschreibung

5.1 Anlagentyp

Für das Projekt Nägelstedt ist die Errichtung von sechs Windenergieanlagen des Herstellers Vestas vorgesehen. Bei den beantragten Windenergieanlagen vom Typ V162 – 5.6 MW handelt es sich um einen dreiblättrigen Luvläufer mit horizontaler Achse und 162 m Rotordurchmesser. Das Maschinenhaus der 5.6 MW-Anlagen ist auf einem konischen, innen begehbaren LDST-Turm montiert, die Nabenhöhe der Anlage beträgt 166 m zzgl. 3 m Fundamenterhöhung.

5.2 Einspeisung

Der Rotor der Windenergieanlage, der die kinetische Energie des Windes in eine Rotationsbewegung umwandelt, treibt über ein Getriebe den doppelt gespeisten Asynchrongenerator der Anlage an. Die so produzierte elektrische Energie wird in der Trafostation auf die benötigte Spannungsebene transformiert, über unterirdische Mittelspannungsverkabelung bis zum Umspannwerk übertragen und dort hoch transformiert und in das Hochspannungs-Versorgungsnetz des regionalen Energieversorgers eingespeist. Die Windenergieanlagen liefern elektrische Energie ab einer Windgeschwindigkeit von etwa 3 m/s in Nabenhöhe. Die Windrichtung wird – ebenso wie die Windgeschwindigkeit - automatisch erfasst. Durch entsprechendes Nachführen (Drehen) des Maschinenhauses wird die korrekte Positionierung und ein optimaler Energieertrag der Anlage gesichert.

5.3 Funktionsweise

Die Leistungsregelung der geplanten Windenergieanlage vom Typ Vestas V162 basiert auf dem drehzahlvariablen „Pitch-Prinzip“. Das bedeutet, dass sich die Drehzahl des Rotors in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit in einem gewissen Regelbereich ändern und anpassen kann. Vor Erreichen der Nennleistung werden die Rotorblätter mittels in der Nabe angebrachter Stellantriebe motorisch „gepitch“, das heißt um die Längsachse verdreht. So wird

der Wirkungsgrad des Rotors den Windverhältnissen angepasst und ein Überschreiten der Nennleistung und der zulässigen Rotordrehzahl wirkungsvoll verhindert.

Für Windgeschwindigkeiten über etwa 25 m/s in Nabenhöhe (Abschaltwindgeschwindigkeit) können die Rotorblätter in „Fahnenstellung“ gedreht werden. So ist es bei starken Stürmen jederzeit möglich die Anlage abzubremsen und nötigenfalls den Rotor mittels Scheibenbremssystemen still zu setzen und zu arretieren. Gleiches gilt bei Betriebsstörungen (Netzausfall, Havarie).

5.4 Überwachung

Alle Funktionen der Windenergieanlagen werden von einer Mikroprozessorsteuerung überwacht. Bei Auftreten von Fehlern informiert die Steuerung automatisch den Hersteller per Datenfernübertragung (Telefon, Modem), damit die Maßnahmen zur Beseitigung des Fehlers unverzüglich eingeleitet werden.

5.5 Typenprüfung

Die vor Baufreigabe vorzulegende Typenprüfung umfasst sowohl den Standsicherheitsnachweis aus baustatischer Sicht, als auch die Betriebsführung und das Sicherheitskonzept der Windenergieanlagen. Daher sind die aus dem Betrieb der WEA resultierenden Gefahren für Anwohner, Nachbarn und Bewirtschafter der umliegenden Ackerflächen als sehr gering einzuschätzen. Falls es trotzdem zu Sach- oder schlimmstenfalls Personenschäden kommen sollte, ist die finanzielle Regulierung der entstandenen Schäden durch entsprechende Versicherungen gewährleistet.

5.6 Baugrund

Die Baugrunduntersuchungen wurden durch die Baugrund Linke GmbH an den geplanten Anlagenstandorten sowie den Kranstellflächen und Zufahrten im Zeitraum 10.09.2019 bis 13.09.2019 durchgeführt. Der Baugrund wurde durch insgesamt 30 Bohrungen und 32 Drucksondierungen bis in eine Tiefe von max. 13 m erkundet. Der Umfang entspricht den Empfehlungen der DIN 4020 sowie der Hersteller-Spezifikation. Im Ergebnis der Untersuchungen sind die Baugrundverhältnisse im geplanten Windpark unterschiedlich zu bewerten. Am Standort WEA 01 ist ein größerer Bodenaustausch und an den übrigen Standorten ein geringmächtiger Bodenaustausch vorzunehmen. An allen Standorten kann ein Fundamenttyp ohne Auftrieb mit 40 cm Gründungstiefe zur Anwendung kommen. Der Außendurchmesser der Fundamente beträgt 27,0 m (vgl. Kap. 2.3.3.7 Baugrundgutachten).

5.7 Abfall

Sämtliche Abfälle oder Reststoffe, die bei der Errichtung, Montagen, Service- oder Wartungsarbeiten anfallen, werden nach den jeweils gültigen landesbezogenen gesetzlichen Bestimmungen fachgerecht entsorgt. Nähere Angaben hierzu sind dem Kapitel 2.2 Immissionsschutz zu entnehmen.

5.8 Blitzschutz

Die Windenergieanlagen des Windenergiepark Nägelstedt sind mit einem Blitzschutzsystem ausgestattet, das ein äußeres und ein inneres Blitzschutzsystem umfasst. Das äußere System nimmt einen direkten Blitzschlag auf und leitet den Blitzstrom in das Erdungssystem unterhalb des Turms. Das innere System leitet den Blitzstrom sicher in das Erdungssystem und dient dazu, die negativen Auswirkungen auf die elektrische Anlage zu begrenzen. Innere Blitzschutzkomponenten sind z. B. abgeschirmte Kabel und Überspannungsschutzgeräte.

5.9 Brandschutz

Voraussetzung für die Genehmigungsfähigkeit der Windenergieanlagen sind standortspezifische Brandschutzkonzepte für die jeweiligen Anlagenstandorte, welche durch das Planungs- und Entwurfsbüro A. Weber am 24.06.2019 erstellt wurden (vgl. Kapitel 2.3.4).

Brände in Windenergieanlagen können aufgrund der Anlagengröße regelmäßig nicht durch die Feuerwehr bekämpft werden. Aus diesem Grund ergreifen Anlagenhersteller und Betreiber zahlreiche Maßnahmen um die Entstehung eines Feuers schon im Vorfeld zu vermeiden.

So werden bereits vorbeugend mögliche Zündquellen von brennbarem Material isoliert, um eine Brandentstehung zu verhindern. Hier seien beispielhaft Transformator- oder Schaltanlagenbereiche genannt, bei welchen an empfindlichen Stellen gekapselte oder besonderen Schutzklassen entsprechende Bauteile verwendet wurden. Sollte es dennoch zum Brandausbruch kommen, verfügen die Anlagen über zahlreiche Sensoren (Lichtbogendetektoren, Rauch/Wärmemelder) in allen sensiblen Bereichen zur unmittelbaren Branderkennung. Diese lösen bei Brandausbruch eine Meldung an die Betriebszentrale aus, die WEA wird automatisch angehalten und die Schaltanlage vom Netz getrennt. Das Brandschutzsystem bleibt durch den Anschluss an einen Hilfsstromversorgungskreis auch im Falle eines Stromausfalls stets einsatzbereit.

5.10 Betriebsdauer und Rückbau

Für den Windenergiepark Nägelstedt ist eine Betriebsdauer von maximal 35 Jahren vorgesehen. Nach der Einstellung des Betriebes erfolgt der vollständige Rückbau des Windenergieparks, bei dem die landwirtschaftlichen Flächen in ihre ursprüngliche Nutzung zurückgeführt werden oder es erfolgt die Prüfung, ob die Errichtung eines neuen Windparks möglich ist.

6. Erschließung und Bauablauf

6.1 Erschließung

Die Erschließung für den geplanten Windenergiepark Nägelstedt wird zwischen einer temporären Zuwegung während der Bauphase und einer dauerhaften Zuwegung nach Inbetriebnahme der Anlagen unterschieden. Die dauerhafte Zuwegung zu den WEA 01 und WEA 03 erfolgt von



Norden aus Richtung Klettstedt, WEA 04, 05, 07 und 08 sind hingegen von Süden über Nägelstedt zu erreichen

Die Standorte wurden in Abstimmung mit dem Eigentümer der Flächen so gewählt, dass die landwirtschaftliche Nutzung eine möglichst geringe Beeinträchtigung durch Zuwegung, Kranstellfläche und Fundament der Windenergieanlagen erfährt. Unter diesem Aspekt wurden vorwiegend vorhandene Wege in die Erschließung einbezogen bzw. werden diese ausgebaut, um die Anlieferung und Montage zu gewährleisten. Die notwendigen Genehmigungen für die Anlieferung der Anlagen ab Werk werden von der Herstellerfirma eingeholt und sind nicht Bestandteil des Genehmigungsantrages des hier geplanten Windenergiepark Nägelstedt.

6.2 Bauablaufplanung

Die Bauabwicklung wird einen Zeitraum von etwa 12-16 Wochen in Anspruch nehmen. Nach der Feinabsteckung durch einen Vermessungsingenieur werden zunächst die Wege und Kranstellflächen fertig gestellt. Im Anschluss werden die Baugruben ausgehoben und die Bewehrungen installiert. Diese Vorgänge nehmen etwa 3 Wochen in Anspruch. Für die anschließenden Betonarbeiten werden ca. 2 Tage für jedes Fundament benötigt. Während der 4- wöchigen Aushärtung des Betons werden die Baugruben verfüllt. Sobald der Beton die entsprechende Druckfestigkeit aufweist, wird die Windenergieanlage errichtet. Dieser Vorgang beansprucht in der Regel 10 Tage, weitere 7 Tage vergehen bis zur Inbetriebnahme der Anlagen. Nach Abschluss der Arbeiten werden alle temporären Flächen zurückgebaut und der Ursprungszustand wieder hergestellt. Alle dauerhaften Wege werden für die spätere Nutzung überarbeitet.

Restricted
Dokument-Nr.: 0081-6996 V03
2019-11-08

Allgemeine Beschreibung

EnVentus™ 5 MW



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Allgemeine Beschreibung	5
3	Mechanische Konstruktion	6
3.1	Rotor	6
3.2	Rotorblätter	6
3.3	Blattlager	6
3.4	Pitchsystem	7
3.5	Nabe	7
3.6	Hauptwelle	8
3.7	Hauptlagergehäuse	8
3.8	Hauptlager	8
3.9	Getriebe	8
3.10	Generatorlager	9
3.11	Azimuthsystem	9
3.12	Kran	9
3.13	Türme	9
3.14	Maschinenhausrahmen und -dach	11
3.15	Wärmeconditionierungssystem (Klimaanlage)	11
3.15.1	Flüssigkühlung	11
3.15.2	Cooler Top®	11
3.15.3	Maschinenhausbelüftung	12
3.15.4	Umrichter kühlung	12
4	Elektrisches System	12
4.1	Generator	12
4.2	Umrichter	13
4.3	Mittelspannungstransformator	13
4.3.1	Allgemeine Transformator Daten	13
4.3.2	Ökodesign – IEC 50/60 Hz-Version	15
4.4	Mittelspannungskabel	16
4.5	Mittelspannungsschaltanlage	17
4.5.1	IEC-50-Hz/60-Hz-Version	19
4.5.2	IEEE 60-Hz-Version	20
4.6	AUX-System	21
4.7	Windsensoren	21
4.8	Vestas Multi Processor (VMP) Controller	21
4.9	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)	22
5	WEA-Schutzsysteme	23
5.1	Bremskonzept	23
5.2	Kurzschlusschutz	23
5.3	Überdrehzahlenschutz	23
5.4	Lichtbogendetektor	24
5.5	Rauchmeldesystem	24
5.6	Blitzschutz von Rotorblättern, Maschinenhaus, Rotorblattnabe und Turm	24
5.7	EMV	25
5.8	RED (Richtlinie für Funkgeräte)	25
5.9	EMF (ElektroMagnetische Felder)	25
5.10	Erdung	25
5.11	Korrosionsschutz	27
6	Sicherheit	27
6.1	Zugang	27
6.2	Flucht	27

6.3	Räume/Arbeitsbereiche	28
6.4	Böden, Plattformen, Steh- und Arbeitsplätze.....	28
6.5	Transportaufzug.....	28
6.6	Rückhaltesicherung und Fallschutzeinrichtung	28
6.7	Bewegliche Teile, Schutzeinrichtungen und Sperrvorrichtungen	28
6.8	Beleuchtung.....	28
6.9	Notstopp	28
6.10	Unterbrechung der Stromversorgung.....	29
6.11	Brandschutz/Erste Hilfe	29
6.12	Warnschilder.....	29
6.13	Handbücher und Warnhinweise	29
7	Environment.....	29
7.1	Chemikalien	29
8	Auslegungsrichtlinien	30
8.1	Auslegungsrichtlinien – Baukonstruktion.....	30
9	Farben.....	31
9.1	Maschinenhausfarbe.....	31
9.2	Turmfarbe	31
9.3	Rotorblattfarbe	31
10	Leitfaden für Betriebsbereichsbedingungen und Leistungsmerkmale.....	32
10.1	Klima- und Standortbedingungen.....	32
10.2	Betriebsbereich – Temperatur und Höhe	32
10.3	Betriebsbereich – Netzanschluss	33
10.4	Betriebsbereich – Blindleistungskapazität	34
10.5	Leistungsmerkmal – Durchfahren von Netzfehlern.....	35
10.6	Leistung – Blindstrombeitrag.....	35
10.6.1	Symmetrischer Blindstrombeitrag	36
10.6.2	Asymmetrischer Blindstrombeitrag.....	36
10.7	Leistung – Mehrfache Spannungsabfälle	36
10.8	Leistung – Regelung von Wirk- und Blindleistung	37
10.9	Leistungsmerkmal – Spannungsregelung	37
10.10	Leistung – Frequenzregelung	37
10.11	Verzerrung – Störfestigkeit.....	37
10.12	Hauptbeitragende zum Eigenverbrauch	37
11	Zeichnungen	39
11.1	Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen	39
12	Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse.....	40

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

Siehe allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse (einschl. Abschnitt 12 auf S. 40) der vorliegenden allgemeinen Beschreibung.

1 Einleitung

Die vorliegende *allgemeine Beschreibung* enthält Daten und allgemeine Beschreibungen der Windenergieanlagen der Reihe EnVentus™ 5MW. Die Windenergieanlagen der Reihe EnVentus™ 5MW besteht aus verschiedenen Windenergieanlagenvarianten mit unterschiedlichen Rotoren und Nennleistungen.

Spezifische Informationen zu Definitionen von Windklassen und Leistungsdaten der jeweiligen Windenergieanlage sind im beiliegenden Dokument mit den Leistungsbeschreibungen enthalten.

2 Allgemeine Beschreibung

Eine Windenergieanlage der Reihe EnVentus™ 5MW ist eine Aufwindanlage mit Pitchregelung, aktiver Verstellung des Drehlagers und einem Dreiblattrotor.

Bei der Windenergieanlage kommen das Konzept OptiTip® sowie ein Induktionsgenerator mit Vollumrichter zum Einsatz. Mit diesen Komponenten können Windenergieanlagen den Rotor mit variabler Drehzahl betreiben, wodurch sich auch bei hohen Windgeschwindigkeiten die Nennleistung (ungefähr) erreichen lässt. Bei geringen Windgeschwindigkeiten arbeiten das Konzept OptiTip® und das Generator-Umrichtersystem zusammen, um die abgegebene Leistung durch eine Optimierung von Rotordrehzahl und Pitchwinkel zu maximieren.

3 Mechanische Konstruktion

3.1 Rotor

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

Rotor	V150	V162
Durchmesser	150 m	162 m
Drehbereich	17671 m ²	20611 m ²
Drehzahl, dynamischer Betriebsbereich	4,9 - 12,6 U/min	4,3 -12,1 U/min
Drehrichtung	Im Uhrzeigersinn (von vorn gesehen)	
Ausrichtung	Luvwärts	
Neigung	6°	
Konischer Winkel der Nabe	6°	
Blattzahl	3	
Aerodynamische Bremsen	Volle Fahnenstellung	

Tabelle 3-1: Rotordaten

3.2 Rotorblätter

Die Rotorblätter sind Kohle- und Glasfaser gefertigt und bestehen aus zwei Blattprofilen mit eingelassener Struktur.

Rotorblätter	V150	V162
Rotorblattlänge	73,65 m	79,35 m
Maximale Profilsehne	4,2 m	4,3 m
Profilsehne bei 90 % Rotorblatradius	1,4 m	1,57 m
Typbeschreibung	Strukturelle Blattprofilschale	
Material	Glasfaserverstärktes Epoxidharz, Karbonfasern und massive Metallspitze (SMT)	
Befestigung der Rotorblätter	Stahleinsätze zur Verankerung	
Blattprofile	Auftriebsprofil	

Tabelle 3-2: Rotorblattdaten

3.3 Blattlager

Die Blattlager ermöglichen den Blättern einen Betrieb mit unterschiedlichen Pitchwinkeln.

Blattlager	
Art des Blattlagers	Leistungsstarkes Schwenklager
Schmierung	Manuelle Fettschmierung

Tabelle 3-3: Daten zum Blattlager

3.4 Pitchsystem

Die Windenergieanlage ist mit einem hydraulischen, gesonderten Pitchsystem für jedes Rotorblatt ausgestattet. Jedes Pitchsystem ist über verteilte Hydraulikschläuche und -rohre mit der hydraulischen Drehdurchführung in der Nabe verbunden. Die Hydraulikstation ist in der Nabe angeordnet.

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

Pitchsystem	
Typ	Hydraulik
Nummer	1 Zylinder pro Rotorblatt
Bereich	-5° bis 95°

Tabelle 3-4: Daten zum Pitchsystem

Hydrauliksystem	
Hauptpumpe	Redundante interne Getriebeölpumpen
Druck	Max. 260 bar
Filtration	3 µm (absolut) 40 µm gefluchtet

Tabelle 3-5: Daten zum Hydrauliksystem.

3.5 Nabe

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

Nabe	
Typ	Kugelschalennabe
Material	Gusseisen

Tabelle 3-6: Nabendaten

3.6 Hauptwelle

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

Hauptwelle	
Typbeschreibung	Hohlwelle
Material	Gusseisen

Tabelle 3-7: Daten Hauptwelle

3.7 Hauptlagergehäuse

Das Hauptlagergehäuse trägt die Hauptlager und ist der Verbindungspunkt des Triebstrangs mit dem Maschinenhausrahmen.

Hauptlagergehäuse	
Material	Gusseisen

Tabelle 3-8: Daten zum Hauptlagergehäuse

3.8 Hauptlager

Die Hauptlager bilden den Lastübergabeweg für den Rotor und den Triebstrang zur Grundplatte.

Hauptlager	
Typ	Wälzlager
Schmierung	Ölkreislauf

Tabelle 3-9: Daten zum Hauptlager

3.9 Getriebe

Das Hauptgetriebe übersetzt die Rotordrehung in eine Generator Drehung.

Getriebe	
Typ	Zwei Planetenstufen
Material Getriebegehäuse	Guss
Schmiersystem	Druckgespeiste Ölschmierung
Gesamt-Getriebeölvolumen	800-1000 L
Ölreinheitscodes	ISO 4406-/15/12

Tabelle 3-10: Getriebedaten

3.10 Generatorlager

Generatorlager gewährleisten einen konstanten Luftspalt zwischen Generatorrotor und Stator. Die Lager sind in einer Baugruppe angeordnet, die Servicearbeiten im montierten Zustand ermöglichen.

Generatorlager	
Typ	Wälzlager
Schmierung	Ölkreislauf

Tabelle 3-11: Generatorlagerdaten

3.11 Azimutsystem

Das Azimutsystem ist ein aktives System, das auf einem vorgespannten Gleitlager basiert.

Azimutsystem	
Typ	Gleitlagersystem
Material	Geschmiedeter Azimutkranz, vergütet. Gleitlagerflächen aus PETP
Azimuttriebtyp	Mit mehrstufigem Planetengetriebe
Windnachführgeschwindigkeit (50 Hz)	Ca. 0,4°/Sek.
Windnachführgeschwindigkeit (60 Hz)	Ca. 0,5°/Sek.

Tabelle 3-12: Daten zum Azimutsystem

3.12 Kran

Die Nabe ist mit einem internen Servicekran (Einzelsystem-Kettenzug) ausgerüstet.

Kran	
Hubkapazität	HH<149 m max. 500 kg HH>149 m max. 800 kg

Tabelle 3-13: Daten zum Servicekran

3.13 Türme

Stahlrohrtürme und Hybrid-Betontürme (Concrete Hybrid Towers, CHT) sind als Standardoptionen für mehrere WEA-Konfigurationen und Nabenhöhen verfügbar.

Stahlrohrtürme bestehen aus Stahlsektionen mit Flanschverbindungen.

Hybrid-Betontürme bestehen aus einem Betonsockel sowie einem Übergangsstück zu einem Stahlrohroberteil. Der Betonteil besteht aus vorgefertigten hochfesten Betonringen, das Stahlrohroberteil aus Stahlsektionen mit Flanschverbindungen.

Die Türme enthalten modulare Innenteile, die nach den erforderlichen Bauartzulassungen zertifiziert sind.

Verfügbare Nabenhöhen sind in den Leistungsspezifikationen für die jeweilige WEA-Version aufgelistet. Die angegebenen Nabenhöhen enthalten einen Abstand vom oberen Turmflansch zur Mitte der Nabe von rund 2,5 m. Für Stahltürme enthält die angegebene Nabenhöhe zudem einen Abstand von der Fundamentsektion zur Bodenhöhe von rund 0,2 m, je nach Stärke des Bodenflansches.

Für Stahltürme können erhöhte Fundamente bis zu 3 m auf standortspezifischer Basis zur Verfügung gestellt werden, abhängig von den Boden- und Projektbedingungen, wodurch die Nabenhöhe ebenfalls um bis zu 3 m erhöht wird.

Weitere WEA-Konfigurationen und Nabenhöhen werden als Nicht-Standard-Produkte auf standortspezifischer Basis entwickelt.

Türme	
Typ	Stahlrohtürme Stahltürme mit größerem Durchmesser Hybrid-Betontürme

Tabelle 3-14: Daten zur Turmkonstruktion

3.14 Maschinenhausrahmen und -dach

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 hinteren Teil der Grundplatte befestigt.

Die Maschinenhausverkleidung ist am Maschinenhausrahmen befestigt. Das Maschinenhausdach besteht aus Glasfaser. Im Boden befinden sich Luken zum Auf- oder Abkranen von Ausrüstung ins Maschinenhaus und zum Evakuieren von Personen. Der Dachbereich ist mit 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 die Vorderseite der Grundplatte hindurch.

Typbeschreibung	Material
Maschinenhausdach	GFK
Vorderer Maschinenhausrahmen	Gusseisen
Hinterer Maschinenhausrahmen	Trägerkonstruktion

Tabelle 3-15: Daten zu Maschinenhausrahmen und -verkleidung

3.15 Wärmekonditionierungssystem (Klimaanlage)

Die Klimaanlage besteht aus:

- Einem Flüssigkühlsystem
- Dem Vestas Cooler Top®
- Der Luftkühlung des Inneren des Maschinenhauses und
- Der Luftkühlung des Umrichters, einschließlich einer Filterfunktion

3.15.1 Flüssigkühlung

Das Flüssigkeitskühlsystem beseitigt die Wärmeverluste von Getriebe, Generator, Hydraulikaggregat, Umrichter und dem Mittelspannungstransformator.

Die Pumpeneinheit des Flüssigkühlsystems umfasst einen Satz dynamischer Durchflussventile, die den richtigen Durchfluss zu den verschiedenen Systemen gewährleisten. Die Pumpeneinheit umfasst zudem eine Heizung zum Vorwärmen der Flüssigkeit bei Kaltstarts, ein elektrisch gesteuertes Ventil zum Steuern der Flüssigkeitstemperatur sowie einen Bypassfilter zum Entfernen von Partikeln in der Kühlflüssigkeit.

3.15.2 Cooler Top®

Der Vestas Cooler Top® befindet sich oben an der Rückseite des Maschinenhauses. Der Cooler Top® ist ein Freistrom-Luftkühler. Dadurch ist sichergestellt, dass sich keine elektrischen Komponenten der thermischen

Klimaanlage außerhalb des Maschinenhauses befinden. Der Cooler Top® dient als Basis für die Windsensoren, den Eiserkennungssensor, des Gefahrenfeuers und den Sichtweitensensor.

3.15.3 Maschinenhausbelüftung

Die von mechanischen und elektrischen Installationen erzeugte Warmluft wird mittels eines im Maschinenhaus befindlichen Gebläsesystems aus dem Maschinenhaus abgeführt. Die Maschinenhausbelüftung nimmt Umgebungsluft im Maschinenhaus auf und gibt die heiße Luft am Ende des Maschinenhauses ab.

3.15.4 Umrichter Kühlung

Der Umrichter wird sowohl flüssigkeits- als auch luftgekühlt. Das Luftkühlsystem des Umrichters umfasst einen Luft-/Luft-Wärmetauscher, der die Umgebungsluft von Innenluft des Umrichters trennt. Der Umgebungsluftstrom wird durch Gebläseeinheiten erzeugt, die Umgebungsluft über einen Filter an den Luft-/Luft-Wärmetauscher liefern. Gebläse auf der Innenseite des Luft-/Luft-Wärmetauschers sorgen für die interne Luftzirkulation des Umrichters.

4 Elektrisches System

4.1 Generator

Der Generator ist ein dreiphasiger Permanentmagnetgenerator, der über das Vollumrichtersystem an das Netz angeschlossen ist. Das Generatorgehäuse ist so beschaffen, dass innerhalb des Stators und des Rotors Kühlluft zirkulieren kann.

Die dabei entstehende Wärme wird durch einen Luft-Wasser-Wärmetauscher abgeführt.

<i>Generator</i>	
Typ	Permanentmagnet-Synchrongenerator
Nennleistung [P_N]	Bis zu 5850 kW (je nach Windenergieanlagenvariante)
Frequenzbereich [f_N]	0-138 Hz
Spannung, Stator [U_{NS}]	3 x 800 V (bei Nenndrehzahl)
Anzahl der Pole	36
Wicklungstyp	Vakuumdrukimpregniert
Wicklungsverschaltung	Star
Drehzahlbereich während des Betriebs	0-460 U/min
Überdrehzahlgrenze (2 Minuten)	noch nicht definiert
Temperatursensoren, Stator	PT100-Sensoren an kritischen Lastpunkten des Stators.
Isolierstoffklasse	H
Gehäuse	IP54

Tabelle 4-1: Daten zum Generator

4.2 Umrichter

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

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

Der Umrichter befindet sich im Maschinenhaus und hat eine netzseitige Nennspannung von 720 V. Die generatorseitige Nennspannung beträgt je nach Generatordrehzahl 800 V.

Umrichter	
Scheinnennleistung [S_N] bei 1,0 pu-Spannung	6200 kVA
Nennspannung im Stromnetz	3 x 720 V
Nennspannung im Generator	3 x 800 V
Bemessungsnetzstrom bei 1,0 pu-Spannung	5000 A
Gehäuse	IP54

Tabelle 4-2: Umrichterdaten

4.3 Mittelspannungstransformator

Beim Transformator handelt es sich um einen dreiphasigen, dreigliedrigen in Isolationsflüssigkeit eingetauchten Transformator mit zwei Wicklungen. Der Transformator ist luftdurchlässig und verfügt über einen externen Wasserkühlkreislauf. Die verwendete Isolierflüssigkeit ist umweltfreundlich und schwer entflammbar.

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

Der Transformator ist entsprechend den IEC-Normen konstruiert und in der folgenden Ausführung erhältlich:

- Ökodesign gemäß Tier 2 der von der Europäischen Kommission festgelegten Europäischen Ökodesign-Verordnung (EU) Nr. 548/2014. Siehe Tabelle 4-3.

4.3.1 Allgemeine Transformatordaten

Transformator	
Typbeschreibung	In Öl eingetauchter Ökodesign-Transformator.

Transformator	
Grundstruktur	Dreiphasiger Transformator mit zwei Wicklungen
Zugrunde gelegte Normen	IEC 60076-1, IEC 60076-16, IEC 61936-1 Verordnung (EU) Nr. 548/2014 der Kommission
Kühlung	KF/WF
Nennleistung	7000 kVA
Nennspannung, WEA-seitig	
U_m 1,1 kV	0,720 kV
Nennspannung, netzseitig	
U_m 24,0 kV	19,1-22,0 kV
U_m 36,0 kV	22,1-33,0 kV
U_m 40,5 kV	33,1-36,0 kV
Isolationspegel AC/LI/LIC	
U_m 1,1 kV	3/-/ kV
U_m 24,0 kV	50/125/138 kV
U_m 36,0 kV	70/170/187 kV
U_m 40,5 kV	80/200/220 kV
Stufenschalter für den lastlosen Zustand	Keine
Frequenz	50/60 Hz
Schaltgruppe	Dyn11
Leerlaufblindleistung	~35 kVA ¹
Vollastblindleistung	~700 kVA ¹
Leerlaufstrom	~ 0,5 % ¹
Positive Kurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 75°C	9,9 % ^{1,2}
Positiver Kurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 75°C	~1,0 % ¹
Nullkurzschlussimpedanz bei Nennleistung, 75°C	~9,0 % ¹
Nullkurzschlusswiderstand bei Nennleistung, 75°C	~1,0 % ¹
Einschaltspitzenstrom	5-8 x I _n ¹
Halbe Scheitelwert-Zeit	~0,6 s ¹
Schalleistungspegel	≤ 80 dB(A) ¹
Durchschnittlicher Wicklungstemperaturanstieg	Klasse 120 (E) ≤75 K ¹ Klasse 130 (B) ≤85 K ¹
Maximale Höhe	2000 m ¹
Isolierungssystem	Hybrides Isolierungssystem Wicklungsisolierung: 120 (E), thermisches Upgrader-Papier 130 (B), Hochtemperaturisolierung Andere Materialien können unterschiedliche Klassen haben
Isolationsflüssigkeit, Typ/Brennpunkt	Synthetisches Ester, biologisch abbaubar/K-Klasse (>300 °C)
Isolationsflüssigkeit, Menge	≤ 3000 kg ¹
Korrosionsschutzklasse	C3 ¹
Gewicht	≤11000 kg ¹

Transformator		
Überspannungsschutz	Plug-in-Überspannungsableiter Mittelspannungsbuchsen ¹	an
Mittelspannungsbuchsen	Außenkegel, Schnittstelle C1 ¹	

Tabelle 4-3: Allgemeine Transformatordaten.

4.3.2 Ökodesign – IEC 50/60 Hz-Version

Die Transformatorverlustgrenzen werden bei Nennleistung als Kombination aus Nennlastverlust und Leerlaufverlust angegeben, die den Peak Efficiency Index (PEI) der Ökodesign-Anforderungen erfüllen müssen. Die Maximalverluste werden durch die PEI-Grenzwerte in Abschnitt Abbildung 4-1 beschrieben und erstrecken sich über einen Bereich zwischen der Verlustvariante 1 und 2. Die Werte der Verlustvarianten werden basierend auf der Energieverlustoptimierung mit dem WEA-Benutzerprofil ausgewählt. Daher ist der Energieverlust der Transformatoren zwischen Verlustvariante 1 und 2 vergleichbar.

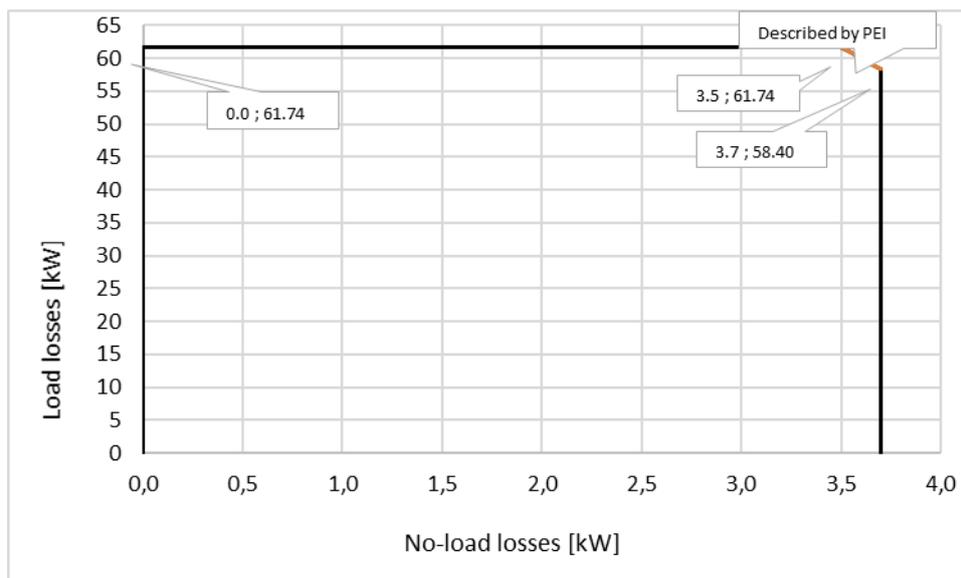


Abbildung 4-1- Transformatorverluste – zulässiger Bereich

Die tatsächlichen Nennlastverluste variieren je nach Betriebsmodus der Anlage. Daher sind in Tabelle 4-4 die Nennlastverluste bei unterschiedlichen Betriebsarten für die beiden Verlustvarianten angegeben. Weitere Neuberechnungen der Nennlastverluste bei verschiedenen Betriebsmodi sind Abbildung 4-2 zu entnehmen.

Transformatorverluste				
Zugrunde gelegte Normen	Verordnung Nr. 548/2014 der Europäischen Kommission.			
Peak Efficiency Index (PEI)	≥ 99.580			
Verlustvariante 1				
Leerlaufverlust	3,50 kW			
	bei 7000 kVA	bei 5600 kVA	bei 5400 kVA	bei 5000 kVA

Transformatorverluste				
Nennlastverlust unter Leistung, 75 °C	≤61,74 kW	≤39,51 kW ₃	≤36,74 kW ₃	≤31,50 kW ₃
Verlustvariante 2				
Leerlaufverlust	3,70 kW			
Nennlastverlust unter Leistung, 75 °C	bei 7000 kVA	bei 5600 kVA	bei 5400 kVA	bei 5000 kVA
	≤58,40 kW	≤37,38 kW ³	≤34,75 kW ³	≤29,80 kW ³

Tabelle 4-4: Transformatorverluste Ökodesign-IEC-50-Hz-/60-Hz-Version



Abbildung 4-2: Transformatorlastverluste – Skalierung

HINWEIS

- ¹ Die Werte sind vorläufig und können eine Änderung erfahren.
- ² Gemäß IEC-Norm-Toleranzen.
- ³ Nicht verbindliche Informationswerte auf der Grundlage des Betriebsmodus.

4.4 Mittelspannungskabel

Das Mittelspannungskabel verläuft vom Transformator im Maschinenhaus am Turm hinunter zur Mittelspannungsschaltanlage in der untersten Turmsektion. Das Mittelspannungskabel kann aus zwei verschiedenen Konstruktionen bestehen:

- Ein dreiadriges, kautschukisoliertes, halogenfreies Mittelspannungskabel mit einem dreiadrigen geteilten Erdleiter.
- Ein vieradriges, kautschukisoliertes, halogenfreies Mittelspannungskabel.

Mittelspannungskabel	
Mittelspannungskabelisolierung	Verbesserter Werkstoff EPR auf Ethylen-Propylen-(EP-)Basis oder hochmodularer bzw. Hart-Ethylen-Propylen-Kautschuk HEPR
vorkonfektioniert	T-Verbinder Typ C in Transformerende. T-Verbinder Typ C in Schaltanlagenende
Maximale Spannung	24 kV bei 19,1–22,0 kV Nennspannung 42 kV bei 22,1–36,0 kV Nennspannung
Leiterquerschnitte	3x70 + 70 mm ² (einzelner PE-Kern) 3x70 + 3x70/3 mm ² (geteilter PE-Kern)

Tabelle 4-5: Daten zu den Mittelspannungskabeln

4.5 Mittelspannungsschaltanlage

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

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

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

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

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

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

Die Schaltanlage ist in drei Varianten mit zunehmendem Funktionsumfang erhältlich; siehe Tabelle 4-6. Darüber hinaus lässt sich die Schaltanlage entsprechend der Zahl an Versorgungsnetzka beln konfigurieren, die in die jeweilige Windenergieanlage hineinführen sollen. Die Konstruktion des Schaltanlagensystems ist dahingehend optimiert, dass solche

Versorgungsnetz kabel sich noch vor Errichtung des Turms an die Schaltanlage anschließen lassen; dank ihrer wetterdichten Schutzhülle 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 Spannungsklasse erhältlich. Die elektrischen Parameter der Schaltanlage zur IEC-Version sind Tabelle 4-7, die zur IEEE-Version Tabelle 4-8 zu entnehmen.

Mittelspannungsschaltanlage			
Variante	Basis	Optimiert	Standard
IEC-Normen	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
IEEE-Normen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Vakuum-Leistungsschalterkonsole	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Überstrom-, Kurzschluss- und Erdungsfehlerschutz	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Leistungsschalter/Erdungsschalter in Leistungsschalterkonsole	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Anzeigesystem für an Leistungsschalter anliegende Spannung	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Anzeigesystem für an Versorgungsnetz kabeIn anliegende Spannung	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Doppelte Versorgungsnetz kabeVerbindung	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Dreifache Versorgungsnetz kabeVerbindung	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vorkonfigurierte Relaiseinstellungen	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Integration des WEA-Sicherheitssystems	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Redundante Auslösespulenkreise	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Auslösespulenüberwachung	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Handbedienung außerhalb des Turms	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sequenzielle Unterspannungsetzung	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Wiedereinschaltblockadefunktion	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Heizelemente	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Schlüsselverriegelungssystem für Leistungsschalterkonsole	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Motorbetrieb des Leistungsschalters	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Kabelkonsole für Versorgungsnetz kabe (konfigurierbar)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Lasttrennschalterkonsolen für Versorgungsnetz kabe – max. drei Konsolen (konfigurierbar)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Erdungsschalter für Versorgungsnetz kabe	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Interne Störlichtbogenklassifizierung	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Mittelspannungsschaltanlage			
Variante	Basis	Optimiert	Standard
Überwachung der Miniaturtrennschalter	○	⊙	⊙
Motorbetätigung der Lasttrennschalter	○	○	⊙
SCADA-Betätigung und Rückmeldung des Leistungsschalters	○	○	⊙
SCADA-Betätigung und Rückmeldung der Lasttrennschalter	○	○	⊙

Tabelle 4-6: Varianten und Funktionsumfang der Mittelspannungsschaltanlage

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

Mittelspannungsschaltanlage	
Typbeschreibung	Gasisolierte Schaltanlage
Zugrunde gelegte Normen	IEC 62271-103 IEC 62271-1, 62271-100, 62271-102, 62271-200
Isoliermedium	SF ₆
Bemessungsspannung	
U_r 24,0 kV	19,1-22,0 kV
U_r 36,0 kV	22,1-33,0 kV
U_r 40,5 kV	33,1-36,0 kV
Bemessungs-Isolationspegel AC // LI Üblicher Wert/über den Isolierabstand	
U_r 24,0 kV	50/60/125/145 kV
U_r 36,0 kV	70/80/170/195 kV
U_r 40,5 kV	85/90/185/215 kV
Bemessungsfrequenz	50/60 Hz
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	50/52 kA
U_r 36,0 kV	62,5/65 kA
U_r 40,5 kV	62,5/65 kA
Kurzschluss-Bemessungsdauer	1 s
Störlichtbogenklassifizierung (Option)	
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
Schutzart	
Gasvorratsbehälter	IP 65
Gehäuse	IP 2X
Niederspannungs-Schaltschrank	IP 3X

Mittelspannungsschaltanlage	
Korrosionsschutzklasse	C3

Tabelle 4-7: Daten zur Mittelspannungsschaltanlage in der IEC-Version

4.5.2 IEEE 60-Hz-Version

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

Tabelle 4-8: Daten zur Mittelspannungsschaltanlage in der IEEE-Version

4.6 AUX-System

Das AUX-(Hilfs-)System wird von einem separaten 720/400-V-Transformator gespeist, der im Maschinenhaus aufgestellt ist. Die Versorgung der Primärseite dieses Transformators erfolgt aus dem Umrichterschrank. Alle Nebenverbraucher wie Motoren, Pumpen, Lüfter und Heizungen werden von diesem System versorgt.

Das Steuerungssystem (DCN) wird in allen Bereichen der Windenergieanlage ebenfalls vom Hilfsstromsystem versorgt.

Die 400-V-Versorgung vom Maschinenhaus wird in den Turmschaltschrank übertragen, der sich an der Eingangsplattform der Windenergieanlage befindet. Diese Versorgung wird dann auf verschiedene Lasten von 400 und 230 V verteilt, z. B. Serviceaufzug, Arbeitslichtanlage, zusätzliche/optionale Funktionen und Allzwecklasten, interne Schaltschrankheizung und -belüftung. Im Turmschrank befindet sich ein 400/230-V-Steuertransformator, der den USV-Schrank versorgt, der sich ganz in der Nähe des Turmschranks befindet.

Im Turmschrank befindet sich ein 400-V-Service-Eingang, an den eine externe Stromquelle angeschlossen werden kann, die den Betrieb einiger Systeme während Installations-, Wartungs- und Servicearbeiten ermöglicht.

Die Arbeits- und Notlichtbeleuchtungsanlage im Turm und Maschinenhaus wird aus einem kleinen Schaltschrank geliefert, der in der Eingangsplattform direkt neben der Eingangstür der Windenergieanlage angeordnet ist. Es ist möglich, dem Lichtschrank einen optionalen Batterieschrank hinzuzufügen, wenn eine längere Backup-Zeit erforderlich ist. Die Innenbeleuchtung in der Nabe wird durch integrierte Batterien in den Leuchten gespeist.

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

Tabelle 4-9: Daten zum Hilfssystem

4.7 Windsensoren

Die Windenergieanlage ist mit einem Ultraschallwindsensor und einer mechanischen Windfahne ausgerüstet. Die Sensoren sind mit integrierten Heizelementen ausgerüstet, um Störungen durch Eis und Schnee zu minimieren.

4.8 Vestas Multi Processor (VMP) Controller

Die Windenergieanlage wird von der Steuerung VMP8000 gesteuert und überwacht.

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

Steueralgorithmen der Windenergieanlage aus und ist für die IO-Kommunikation zuständig.

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

Das VMP8000-Steuerungssystem erfüllt folgende Hauptfunktionen:

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

4.9 Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)

Bei einem Netzausfall versorgt eine USV bestimmte Komponenten mit Strom.

Die nach EN54 konzipierte USV besteht aus drei Teilsystemen:

1. der 230-VAC-USV als Reservespannungsversorgung für das Maschinenhaus und den Nabensteuerungssystemen
2. der 24-VDC-USV als Reservespannungsversorgung für die Steuerungssysteme im Turmfuß und „Ready to Protect“
3. der 230-VAC-USV als Reservespannungsversorgung für Innenbeleuchtung in Turm, Maschinenhaus und Nabe

USV		
Autonomiezeitraum	Standard	Optional
Steuerungssystem* (230-VAC- und 24-VDC-USV)	Bis zu 30 min	Bis zu 19,5 Stunden**
Notbeleuchtung (230-VAC-USV)	30 min	60 min***
Ready to Protect (24-VDC-USV)	7 Tage	37 Tage****

Tabelle 4-10: USV-Daten

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

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

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

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

Es ist möglich, optionale Batterieschränke mit USV für eine längere Backup-Zeit hinzuzufügen.

HINWEIS

Angaben zu alternativen Autonomiezeiträumen können bei Vestas erfragt werden.

5 WEA-Schutzsysteme

5.1 Bremskonzept

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

Zusätzlich ist eine hydraulisch betätigte mechanische Scheibenbremse an der mittelschnellen Welle des Getriebes vorhanden. Die mechanische Bremse wird ausschließlich als Feststellbremse und beim Betätigen der Not-Stopp-Taster verwendet.

5.2 Kurzschlusschutz

Trennschalter	Trennschalter für Not-Stromversorgung.	Trennschalter 1 für Umrichtermodule	Trennschalter 2 für Umrichtermodule
Abschaltleistung, I_{cu}, I_{cs}	I _{cu} 80 kA I _{cs} 75 % I _{cu}	I _{cu} 78 kA I _{cs} 50 % I _{cu}	78 kA I _{cs} 50 % I _{cu}
Einschaltleistung, I_{cm}	193 kA	193 kA	193 kA

Tabelle 5-1: Daten zum Kurzschlusschutz

5.3 Überdrehzahlschutz

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

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

Überdrehzahlschutz	
Sensortyp	Induktiv
Auslösewert	noch nicht definiert

Tabelle 5-2: Daten zum Überdrehzahlschutz

5.4 Lichtbogendetektor

Die Windenergieanlage ist mit einem Lichtbogen-Nachweissystem einschließlich mehrerer Lichtbogendetektoren ausgestattet, die im Mittelspannungs-Transformatorraum und im Umrichterschrank angeordnet sind. Das Lichtbogen-Nachweissystem ist an das Sicherheitssystem der Windenergieanlage angeschlossen, wodurch sichergestellt wird, dass sich die Mittelspannungsschaltanlage sofort öffnet, wenn ein Lichtbogen festgestellt wird und die gesamte WEA spannungsfrei schaltet.

5.5 Rauchmeldesystem

Die Windenergieanlage ist mit einem Rauchmeldesystem ausgestattet, das mehrere Rauchmeldesensoren umfasst, die im Maschinenhaus, im Transformatorraum, in Hauptschaltschränken im Maschinenhaus sowie im Turmfuß angeordnet sind. Das Rauchmeldesystem ist an das Sicherheitssystem der Windenergieanlage angeschlossen, wodurch sichergestellt ist, dass sich die Mittelspannungsschaltanlage bei Raucherkenntnis sofort öffnet und die gesamte WEA spannungsfrei schaltet.

5.6 Blitzschutz von Rotorblättern, Maschinenhaus, Rotorblattnabe und Turm

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

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

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

Tabelle 5-3: Blitzschutzkonstruktionsparameter (IEC)

5.7 EMV

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

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

Die EMV-Leistung basiert auf der Erfüllung folgender Standards:

Störaussendung

- IEC/CISPR 11 auf Ebene der Windenergieanlage
- IEC 61000-6-4 für Telekommunikation

Störfestigkeit

- IEC 61000-6-2 für installierte Elektronik
- IEC 61400-24 für Blitzschutz der installierten Elektronik

Neben der Europäischen Richtlinie Nr. 2014/30 muss die Elektronik, die sich auf die Bewertung der funktionalen Sicherheit bezieht, Folgendes erfüllen

- IEC 62061 Sicherheit von Maschinen (EU-Maschinenrichtlinie Nr. 2006/42)

5.8 RED (Richtlinie für Funkgeräte)

Die Windenergieanlage nebst zugehöriger Ausrüstung erfüllt die EU-Vorschriften für installierte Funkgeräte:

RICHTLINIE 2014/53/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES EUROPÄISCHEN RATES vom 16. April 2014.

5.9 EMF (ElektroMagnetische Felder)

Elektromagnetische Felder in der Windenergieanlage werden identifiziert, um einen sicheren Aufenthalt des Personals während der Planung, Produktion, des Betriebs und von Servicearbeiten zu gewährleisten.

Die folgende Richtlinie ist Grundlage für die Sicherstellung von Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Wirkstoffe.

RICHTLINIE 2013/35/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES EUROPÄISCHEN RATES vom 26. Juni 2013.

5.10 Erdungssystem

Das Vestas-Erdungssystem besteht aus einzelnen Erdungseinheiten, die zu einem zusammenhängenden 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. Eine gutachterliche Abnahme des Erdungssystems vor Inbetriebnahme der WEA ist notwendig.

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

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

5.11 Korrosionsschutz

Die Klassifizierung des Korrosionsschutzes folgt der Norm EN ISO 12944-2.

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

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

6 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.

6.1 Zugang

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

6.2 Flucht

Der Hauptevakuierungsweg führt über die Turmleiter durch den Turm. Falls der Turm gesperrt ist, besteht die zweite Möglichkeit darin, über die Kranluke direkt vom Maschinenhaus zum Boden zu gelangen.

Die Voraussetzung hierfür ist, dass in der Windenergieanlage eine oder mehrere Abseilvorrichtungen vorhanden sind, wenn sich Personen in der Windenergieanlage befinden. Über der Luke befindet sich ein spezieller Verankerungspunkt für eine Abstiegsvorrichtung.

Zur Rettung können die normalen Zugangswege genutzt werden. Darüber hinaus ist es möglich, eine verletzte Person durch die Kranluke, die Luke im Spinner oder vom Maschinhausdach aus auf den Boden abzusenken

Die Luke im Dach kann von innen und außen geöffnet werden. Die Evakuierung vom Serviceaufzug erfolgt über eine Leiter.

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

6.3 Räume/Arbeitsbereiche

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

6.4 Böden, Plattformen, Steh- und Arbeitsplätze

Alle Plattformen weisen eine rutschfeste Oberfläche auf. Pro Turmsektion ist ein Boden vorhanden.

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

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

6.5 Transportaufzug

Der Serviceaufzug kann optional geliefert werden. Wenden Sie sich an Vestas, um weitere Informationen zu erhalten.

6.6 Rückhaltesicherung und Fallschutzeinrichtung

Die Turmleiter ist mit einem Fallsicherungssystem ausgestattet, entweder einer starren Verankerungsleine oder einem Seil

Die Servicebereiche in den Windenergieanlagen sind mit Anschlagpunkten ausgestattet. Der Anschlagpunkt kann zur Arbeitspositionierung, zur Rückhaltesicherung, zum Fallschutz und zum Anbringen einer Abstiegsvorrichtung verwendet werden, um die Rettung oder Flucht aus der Windenergieanlage zu ermöglichen.

Anschlagpunkte sind gelb markiert und für 22,5 kN getestet.

6.7 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.

6.8 Beleuchtung

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

Für den Fall eines Stromausfalls ist eine Notbeleuchtung vorhanden.

6.9 Notstopp

Im Maschinenhaus, in der Nabe und im Turm gibt es Not-Stop-Taster.

6.10 Unterbrechung der Stromversorgung

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

6.11 Brandschutz/Erste Hilfe

Wenn sich Personen in der Windenergieanlage befinden, müssen Brandschutz- und Sicherheitsausrüstungen vorhanden sein. Im Maschinenhaus: Ein Erste-Hilfe-Kasten, ein Handfeuerlöschgerät und eine Löschdecke. Im Turm ein Handfeuerlöschgerät und eine Löschdecke an der Eingangsplattform.

6.12 Warnschilder

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

6.13 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.

7 Environment

7.1 Chemikalien

In der Windenergieanlage verwendete Chemikalien werden gemäß dem Umweltsystem von Vestas Wind Systems A/S beurteilt, das nach ISO 14001:2015 zertifiziert ist. Innerhalb der Windenergieanlage kommen die folgenden Chemikalien zum Einsatz:

- Frostschutzmittel zum Vermeiden des Einfrierens des Kühlsystems.
- Getriebeöl zum Schmieren des Hauptlagers, Getriebes und Generators.
- Hydrauliköl zum Pitchen der Rotorblätter und Betätigen der Bremse.
- Fett zum Schmieren des Azimutsystems
- Transformatorisolierrflüssigkeit für den Mittelspannungstransformator
- Unterschiedliche Reinigungsmittel und -chemikalien zur Wartung der Windenergieanlage.

8 Auslegungsrichtlinien

8.1 Auslegungsrichtlinien – Baukonstruktion

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

Auslegungsrichtlinien	
Maschinenhaus und Nabe	IEC 61400-1: Ausgabe 4 EN 50308
Turm (IEC)	IEC 61400-1: Ausgabe 4
Turm (DIBt)	IEC 61400-1: Ausgabe 3 Richtlinie für Windenergieanlagen, DIBt, Ausgabe: Oktober 2012
Rotorblätter	DNV-OS-J102 IEC 1024-1 IEC 60721-2-4 IEC 61400 (Teile 1, 12 und 23) DEFU R25 DS/EN ISO 12944-2
Getriebe	IEC 61400-4
Generator	IEC 60034 (entsprechende Teile)
Transformator	IEC 60076-11, IEC 60076-16, CENELEC HD637 S1
Blitzschutz	IEC 61400-24:2010
Sicherheit von Maschinen, Sicherheitsrelevante Teile von Steuerungen	IEC 13849-1
Maschinensicherheit – elektrische Ausrüstung von Maschinen	IEC 60204-1

Tabelle 8-1: Auslegungsrichtlinien

9 Farben

9.1 Maschinenhausfarbe

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

Tabelle 9-1: Farbe, Maschinenhaus

9.2 Turmfarbe

Farbe von Vestas-Turmsektionen		
	Außen:	Innen:
Standardstahl turm	RAL 7035 (Hellgrau)	RAL 9001 (Cremeweiß)
Standard-Hybrid-Betonturm	Betonteil: Unlackierter Beton, entspricht in etwa RAL 7023 (Betongrau) Stahlteil: RAL 7035 (Hellgrau)	Betonteil: Unlackierter Beton, entspricht in etwa RAL 7023 (Betongrau) Stahlteil: RAL 9001 (Cremeweiß)
Option für Hybrid-Betonturm	Betonteil kann mit RAL 7035 (Hellgrau) lackiert werden	

Tabelle 9-2: Farbe, Turm

9.3 Rotorblattfarbe

Rotorblattfarbe	
Standard-Rotorblattfarbe	RAL 7035 (Hellgrau). Alle Blitzrezeptorflächen an den Rotorblättern, außer den Massivmetallspitzen (SMT), sind unlackiert.
Farbvarianten Tip-Ende	RAL 2009 (Verkehrsorange), RAL 3020 (Verkehrsrot)
Glanzgrad	< 30 % ISO 2813

Tabelle 9-3: Farbe, Rotorblätter

10 Leitfaden für Betriebsbereichsbedingungen und Leistungsmerkmale

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

10.1 Klima- und Standortbedingungen

Die Werte beziehen sich auf die Nabenhöhe:

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

Tabelle 10-1: Auslegungsparameter für Betrieb unter Extrembedingungen

10.2 Betriebsbereich – Temperatur und Höhe

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

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

Tabelle 10-2: Betriebsbereich – Temperatur

HINWEIS

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

Spezifische Informationen zur Leistung innerhalb des Betriebsbereich der Windenergieanlagenvariante sind den spezifischen Leistungsspezifikationen der Windenergieanlagenvariante zu entnehmen.

Niedrigtemperatur-Optionen der Windenergieanlage können bei Vestas erfragt werden.

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

10.3 Betriebsbereich – Netzanschluss

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

Tabelle 10-3: Betriebsbereich – Netzanschluss

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

Schutzeinstellungen	
Spannung 1800 s lang über 110 % des Nennwerts	792 V
Spannung 60 s lang über 116 % des Nennwerts	835 V
Spannung 2 s lang über 125 % des Nennwerts	900 V
Spannung 0,150 s lang über 136 % des Nennwerts	979 V
Spannung 180 s lang unter 90 %** des Nennwerts (FRT)	648 V
Spannung 12 s lang unter 85 % des Nennwerts (FRT)	612 V
Spannung 4,8 Sekunden lang unter 80 % des Nennwerts (FRT)	576 V
Frequenz 0,2 s lang über 106 % des Nennwerts	53/63,6 Hz
Frequenz 0,2 s lang unter 94 % des Nennwerts	47/56,4 Hz

Tabelle 10-4: Trennwerte für Generator und Umrichter

HINWEIS

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

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

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

10.4 Betriebsbereich – Blindleistungskapazität

Die spezifische Blindleistungskapazität der Windenergieanlagenvariante ist den spezifischen Leistungsspezifikationen der Windenergieanlagenvariante zu entnehmen.

10.5 Leistungsmerkmal – Durchfahren von Netzfehlern

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

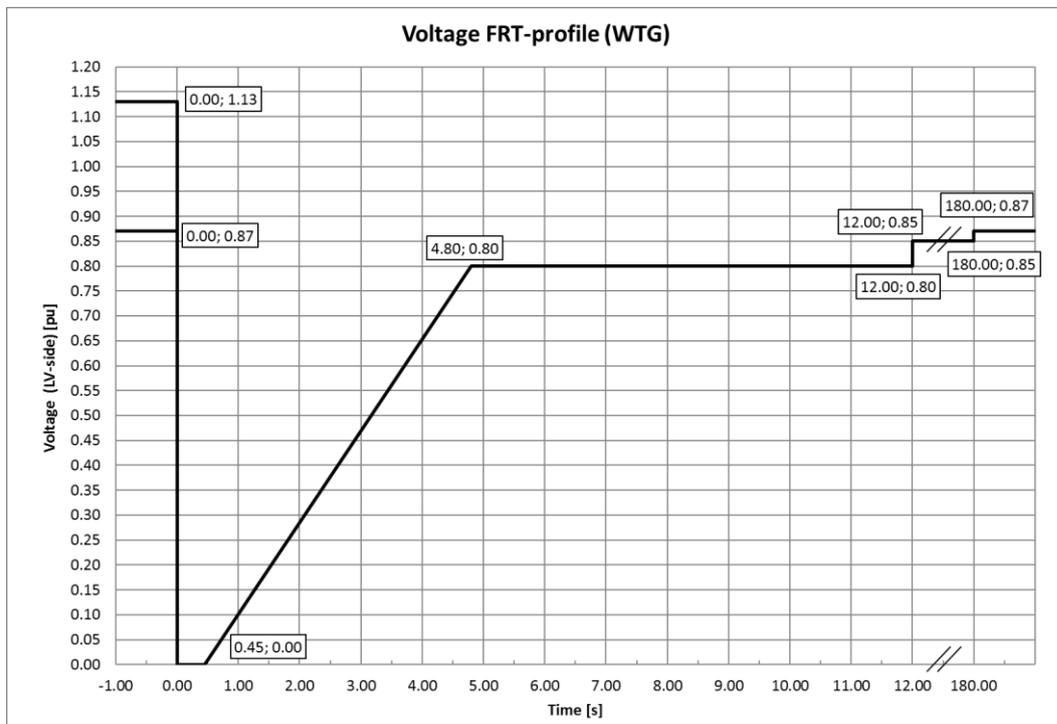


Abbildung 10-1: Niedrige Spannungstoleranzkurve für symmetrische und asymmetrische Störungen, wobei U die gemessene Spannung im Stromnetz darstellt.

Bei Stromnetzstörungen außerhalb der Schutzkurve in Abbildung 10-1 wird die Windenergieanlage vom Stromnetz getrennt.

HINWEIS

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

Zeitspanne bis zur Leistungswiederherstellung	
Leistungswiederherstellung auf 90 % des Niveaus vor einer Störung	max. 0,1 s

Tabelle 10-5: Zeitspanne bis zur Leistungswiederherstellung

10.6 Leistung – Blindstrombeitrag

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

HINWEIS

Alle Angaben zum Blindstrombeitrag sind vorläufig und vorbehaltlich etwaiger Änderungen.

10.6.1 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 10-2 stellt den Blindstrombeitrag als eine Funktion der Spannung dar. Der Blindstrombeitrag ist unabhängig von den tatsächlichen Windbedingungen und dem Leistungsniveau vor einer Störung. Wie in Abbildung 10-2 dargestellt, ist der Gradient für die Blindstromeinspeisung mit einem Blindstrom von 2 % des Nennstroms pro 1 % Spannungsfall definiert. Der Anstieg kann zur Anpassung an die standortspezifischen Anforderungen auf einen Wert von 0–10 % parametrisiert werden.

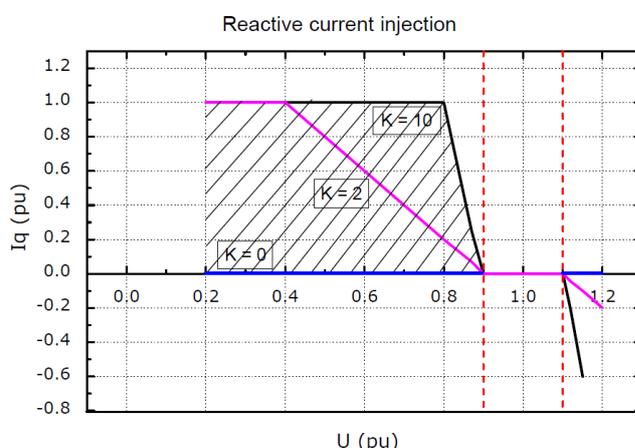


Abbildung 10-2: Blindstromeinspeisung

10.6.2 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.

10.7 Leistung – Mehrfache Spannungsabfälle

Die Windenergieanlage ist so ausgelegt, dass sie Automatische Wiedereinschaltungen (AWE) und mehrfache Spannungsabfälle innerhalb einer kurzen Zeitspanne vertragen kann, da solche Spannungsabfälle nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt sind. Beispielsweise stellen zehn Spannungsabfälle einer Dauer von jeweils 200 ms innerhalb von 30 Minuten auf 20 % der Spannung in der Regel kein Problem für die Windenergieanlage dar.

10.8 Leistung – Regelung von Wirk- und Blindleistung

Die Windenergieanlage kann Wirk- und Blindleistung über das VestasOnline®-SCADA-System inklusive Vestas Online PPC regeln.

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

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

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

10.9 Leistungsmerkmal – Spannungsregelung

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

10.10 Leistung – Frequenzregelung

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

10.11 Verzerrung – Störfestigkeit

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

10.12 Hauptbeitragende zum Eigenverbrauch

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

Die Komponenten in Tabelle 10-7 üben den größten Einfluss auf den Eigenverbrauch der Windenergieanlage aus: Die angegebenen Werte entsprechen den maximaler Energieverbrauch der Komponenten, doch der durchschnittliche Verbrauch kann in Abhängigkeit von den tatsächlichen Bedingungen, dem Klima, der Leistung der Windenergieanlage, den Abschaltzeiten usw. geringer sein.

Hauptbeitragende zum Eigenbedarf	V150	V162
Hydraulikmotor	2 x 19 kW	2 x 44 kW
Azimutmotoren	22 kW	
Kühlerlüfter des Generators	4 x 2,5 kW	
Wassererwärmung	10 kW	
Wasserpumpen	4 kW + 7,5 kW	
Ölpumpe für Getriebeschmierung	7,5 kW	
Steuerung einschließlich Heizelementen für die Hydraulik und alle Steuerungen	ungefähr 3 kW	
Leerlaufverlust Mittelspannungstransformator	Siehe Abschnitt Mittelspannungstransformator 4.3	

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

11 Zeichnungen

11.1 Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen

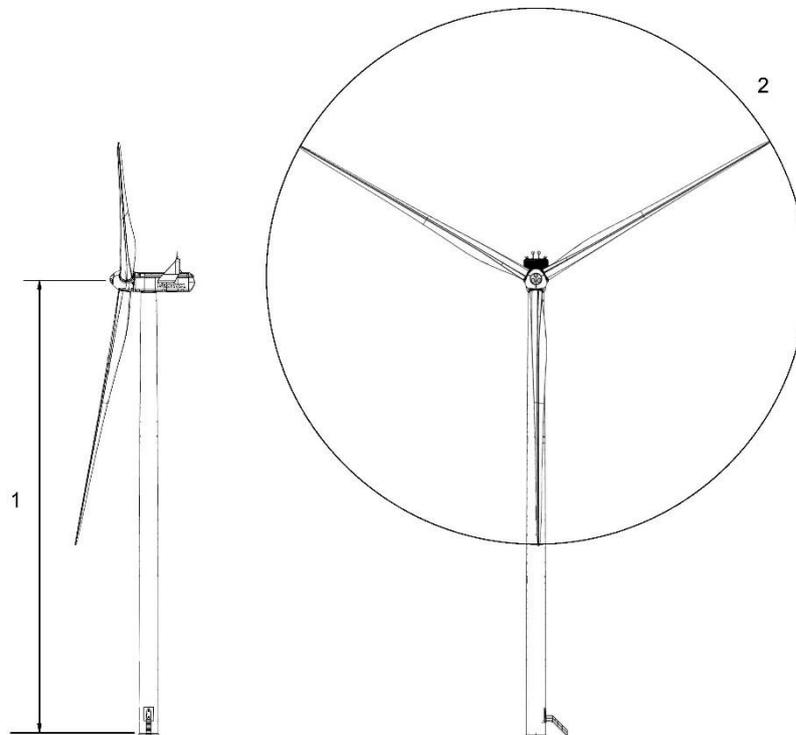


Abbildung 11-1: Darstellung der Außenabmessungen – Konstruktion

1 Nabenhöhen: vgl. Leistungsspezifikationen

2 Rotordurchmesser: 150/162 m

12 Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse

- © 2019 Vestas Wind Systems A/S. Dieses Dokument wurde von Vestas Wind Systems A/S und/oder einer der Tochtergesellschaften des Unternehmens erstellt und enthält urheberrechtlich geschütztes Material, Markenzeichen und andere geschützte Informationen. Alle Rechte vorbehalten. Das Dokument darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis durch Vestas Wind Systems A/S weder als Ganzes noch in Teilen reproduziert oder in irgendeiner Weise oder Form – sei es grafisch, elektronisch oder mechanisch, einschließlich Fotokopien, Bandaufzeichnungen oder mittels Datenspeicherungs- und Datenzugriffssystemen – vervielfältigt werden. Die Nutzung dieses Dokuments über den ausdrücklich von Vestas Wind Systems A/S gestatteten Umfang hinaus ist untersagt. Marken-, Urheberrechts- oder sonstige Vermerke im Dokument dürfen nicht geändert oder entfernt werden.
- Die allgemeinen Beschreibungen in diesem Dokument gelten für die aktuelle Version der Windenergieanlagen EnVentus™ 5 MW. Bei neueren Versionen der Windenergieanlagen EnVentus™ 5 MW, die ggf. zukünftig hergestellt werden, gelten u. U. andere allgemeine Beschreibungen. Falls Vestas eine neuere Version der Windenergieanlage EnVentus™ 5 MW liefern sollte, wird das Unternehmen hierzu eine aktualisierte allgemeine Beschreibung vorlegen.
- Vestas empfiehlt, dass die Werte des Stromnetzes so dicht wie möglich an den Nennwerten liegen und Frequenz und Spannung nur geringfügig vom Nennwert abweichen.
- Im Anschluss an einen Stromnetzausfall und/oder an Zeiträume mit sehr geringer Umgebungstemperatur muss ein gewisser Zeitraum für das Aufwärmen der Windenergieanlage eingeplant werden.
- Für alle angegebenen Start/Stopp-Parameter (z. B. Windgeschwindigkeiten und Temperaturen) ist eine Hysterese-Steuerung vorhanden. Dadurch kann es in bestimmten Grenzsituationen dazu kommen, dass die Windenergieanlage angehalten wird, obwohl unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen die angegebenen Betriebsparametergrenzwerte nicht überschritten worden sind.
- Das Erdungssystem muss die Mindestanforderungen von Vestas sowie die lokalen und nationalen Anforderungen und Normen erfüllen.
- Die vorliegende allgemeine Beschreibung stellt kein Verkaufsangebot dar; sie beinhaltet keine Garantie oder Zusage und auch keine Prüfung der Leistungskurve und Geräusche (einschließlich und ohne Einschränkung Prüfverfahren für Leistungskurve und Geräusche). Garantien, Zusagen und/oder Prüfungen von Leistungskurve und Geräuschen (einschließlich und ohne Einschränkung Prüfverfahren für Leistungskurve und Geräusche) müssen separat schriftlich vereinbart werden.

Dokument Nr.: 0028-0370 V06
2019-01-15

Prinzipieller Aufbau und Energiefluss

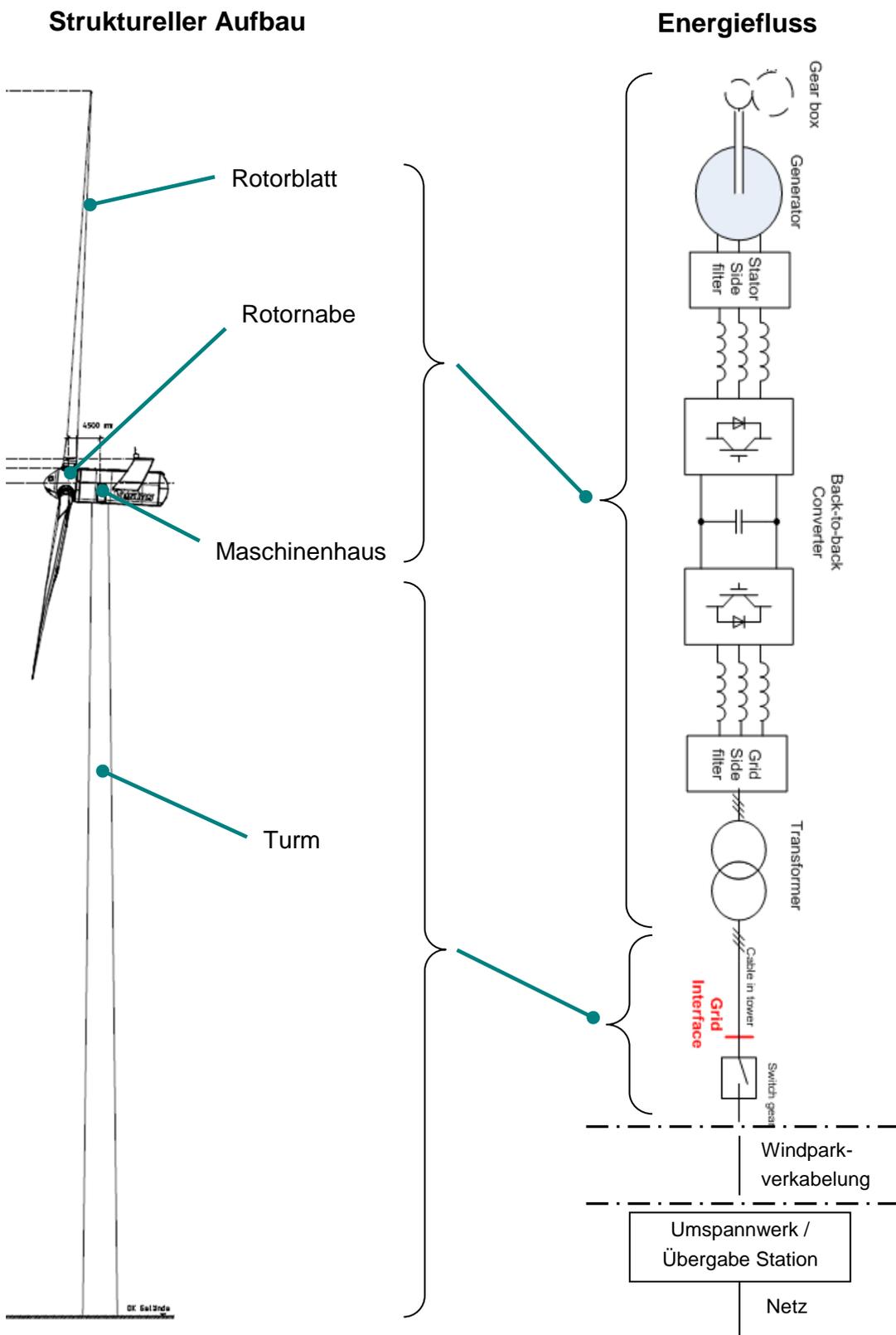
4 MW und 5 MW -Plattform

Inhalt

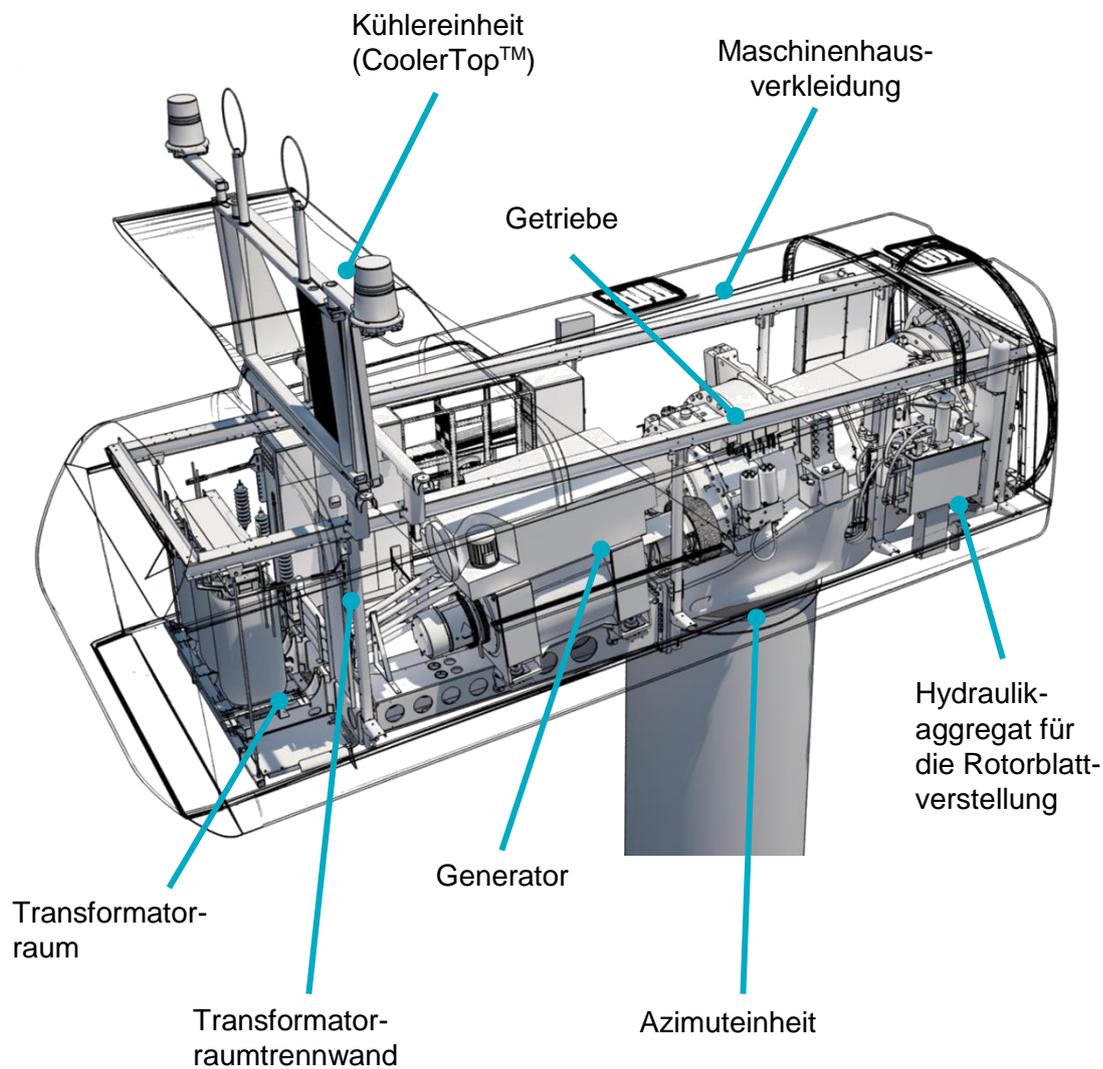
1	Überblick über eine Windenergieanlage	3
2	Das Maschinenhaus im Detail.....	4

1 Überblick über eine Windenergieanlage

Das nachfolgende Bild zeigt eine Übersichtszeichnung einer Vestas Windenergieanlage mit dem dazu gehörigen Energieflussbild:



2 Das Maschinenhaus im Detail



Restricted
Dokument-Nr.: 0082-2597 V03
2019-11-08

Leistungsspezifikationen

EnVentus™ 5 MW

V162-5.6 MW 50/60 Hz



Inhaltsverzeichnis

1	ALLGEMEINE BESCHREIBUNG	4
2	TYPENPRÜFUNG UND VERFÜGBARE NABENHÖHEN	4
3	LEITFADEN FÜR BETRIEBSBEREICHSBEDINGUNGEN UND LEISTUNGSMERKMALE	5
3.1	KLIMA- UND STANDORTBEDINGUNGEN.....	5
3.1.1	<i>Anordnung der Windenergieanlagen.....</i>	6
3.2	BETRIEBSBEREICH – WIND	7
3.3	BETRIEBSBEREICH – TEMPERATUR UND HÖHE.....	8
3.3.1	<i>Temperaturabhängiger Betrieb</i>	8
3.4	BETRIEBSUMGEBUNG – BEDINGUNGEN FÜR LEISTUNGSKURVE UND CT-WERTE (IN NABENHÖHE)	10
3.5	BETRIEBSBEREICH – BLINDLEISTUNGSKAPAZITÄT	11
3.6	GERÄUSCHMODI	12
4	ZEICHNUNGEN.....	13
4.1	VISUELLER EINDRUCK DER WINDENERGIEANLAGE – SEITENANSICHT	13
5	ALLGEMEINE EINSCHRÄNKUNGEN, HINWEISE UND HAFTUNGSAUSSCHLÜSSE	14
6	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND GERÄUSCHKURVEN IM MODUS 0	15
6.1	LEISTUNGSKURVEN, MODUS 0.....	15
6.2	CT-WERTE, BETRIEBSMODUS 0	16
6.3	GERÄUSCHKURVEN, MODUS 0	17
6.4	LEISTUNGSKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO2.....	18
6.5	CT-WERTE, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO2	19
6.6	KURVEN ZUR GERÄUSCHENTWICKLUNG, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO2.....	20
6.7	LEISTUNGSKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO3.....	21
6.8	CT-WERTE, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO3	22
6.9	KURVEN ZUR GERÄUSCHENTWICKLUNG, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO3.....	23
6.10	LEISTUNGSKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO4.....	24
6.11	CT-WERTE, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO4	25
6.12	KURVEN ZUR GERÄUSCHENTWICKLUNG, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO4.....	26
6.13	LEISTUNGSKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO5.....	27
6.14	CT-WERTE, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO5	28
6.15	KURVEN ZUR GERÄUSCHENTWICKLUNG, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO5.....	29
6.16	LEISTUNGSKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO6.....	30
6.17	CT-WERTE, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO6	31
6.18	KURVEN ZUR GERÄUSCHENTWICKLUNG, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO6.....	32

Der Empfänger bestätigt, dass (i) die vorliegenden Leistungsspezifikationen nur zur Information des Empfängers bereitgestellt werden und keine Haftungen, Garantien, Versprechen, Verpflichtungen oder andere Zusicherungen (Zusagen) durch Vestas Wind Systems oder eine seiner Tochtergesellschaften (Vestas) nach sich ziehen oder darstellen. Diese werden ausdrücklich von Vestas nicht anerkannt, und (ii) sämtliche Verpflichtungen von Vestas gegenüber dem Empfänger bezüglich der vorliegenden Leistungsspezifikationen (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.

Siehe allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse (inklusive Abschnitt 5 auf S. 14) dieser Leistungsspezifikation.

1 Allgemeine Beschreibung

Die Vestas V162-5.6 MW ist eine Windenergieanlagenvariante innerhalb der Reihe EnVentus™ 5 MW. Es handelt sich dabei um eine Aufwindanlage mit Pitch-Regelung und aktiver Windnachführung und Dreiblattrotor. Die Windenergieanlage V162-5.6 MW hat einen Rotordurchmesser von 162 m und eine Nennleistung von 5,6 MW.

Für weitere Einzelheiten siehe allgemeine Beschreibung der Windenergieanlagen der Reihe EnVentus™ 5 MW („General Description EnVentus™ 5 MW – 0081-5017“).

2 Typenprüfung und verfügbare Nabenhöhen

Die Windenergieanlage wird gemäß folgenden Zertifizierungsrichtlinien und verfügbaren Nabenhöhen typengeprüft:

Zertifizierung	Windklasse	Nabenhöhe
IECRE OD-501	IEC S	119/125/149 m
DIBt 2012	DIBt S	119 / 148 / 166 / 169 m

3 Leitfaden für Betriebsbereichsbedingungen und Leistungsmerkmale

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

3.1 Klima- und Standortbedingungen

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

Windklima	IEC S	IEC S	IEC S
Bemessungsleistung	5,6 MW	5,6 MW	5,6 MW
Nabenhöhe	119	125	149
<i>Auslegungsparameter für Betrieb unter gewöhnlichen Bedingungen – IEC</i>			
Windgeschwindigkeit (10-Min.-Durchschnitt) V_{ave}	7,4 m/s	8,5 m/s	7,9 m/s
Weibull-Skalierungsfaktor, C	8,3 m/s	9,6 m/s	8,9 m/s
Weibull-Formfaktor, k	2,48	2,3	2,48
I_{ref} gemäß IEC 61400-1	0,15	0,14	0,15
Turbulenzintensität gemäß IEC 61400-1, einschließlich Windparkturbulenz (@15 m/s) I_{90} (90 % Quantil)	16,9%	15,7%	16,9 %
Scherwind, α	0,30	0,20	0,30
Anströmwinkel (senkrecht)	8°	8°	8°
<i>Auslegungsparameter für Betrieb unter Extrembedingungen – IEC</i>			
Extr. Windgeschwindigkeit (10-Min.-Durchschnitt), V_{50}	37,1 m/s	37,5 m/s	39,5 m/s
Überlebenswindgeschwindigkeit (3-s-Bö), V_{e50}	51,9 m/s	52,5 m/s	55,3 m/s
Turbulenzintensität, I_{V50}	11%	11 %	11 %

Windklasse	DIBt S	DIBt S	DIBt S	DIBt S
Nabenhöhe	119 m	148 m	166 m	CHT* 166/169 m
Bemessungsleistung	5,6 MW	5,6 MW	5,6 MW	5,6 MW
Auslegungsparameter – DIBt				
Windgeschwindigkeit (10-Min.-Durchschnitt) V_{ave}	7,1 m/s	7,3 m/s	7,5 m/s	7,5 m/s
Weibull-Skalierungsfaktor, C	8,0 m/s	8,2 m/s	8,5 m/s	8,5 m/s
Weibull-Formfaktor, k	2,22	2,22	2,22	2,22
I_{ref} gemäß IEC 61400-1	S	S	S	S
Turbulenzintensität, I_{90} (90%-Quantil)	S	S	S	S
Auslegungsparameter für Betrieb unter Extrembedingungen – DIBt				
Extr. Windgeschwindigkeit (10-Min.-Durchschnitt), V_{50}	39,4 m/s	37,0 m/s	37,6 m/s	37,6 m/s
Überlebenswindgeschwindigkeit (3-s-Bö), V_{e50}	55,2 m/s	51,8 m/s	52,6 m/s	52,6 m/s
Turbulenzintensität, $I_{V(z)}$	11,3%	11,2%	11,1%	11,1%
Scherwind, α	0,25	0,27	0,27	0,27
Anströmwinkel	8°	8°	8°	8°

*CHT steht für Beton-Hybridturm (Concrete Hybrid Tower)

HINWEIS

Die Windenergieanlage ist für Standorte mit niedriger bis mittlerer Windgeschwindigkeit vorgesehen und als DIBt S klassifiziert. Wenden Sie sich bei Bedarf an Vestas Wind Systems A/S für weitere Informationen.

3.1.1 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.

3.2 Betriebsbereich – Wind

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

Windklima	IEC S/DIBt S	
	Betriebsmodus 0	SO2, SO3, SO4, SO5, SO6
Einschalt-Windgeschw., V_{in}	3 m/s	3 m/s
Abschalt-Windgeschw. (10 min Mittelwert), V_{out}	24 m/s	20 m/s
Wiedereinschalt-Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Mittelwert)	22 m/s	18 m/s

3.3 Betriebsbereich – Temperatur und Höhe

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

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

HINWEIS

Die Windenergieanlage stellt die Energieerzeugung ein, sobald die Umgebungstemperaturen auf über +45 °C steigen. Niedrigtemperatur-Optionen der Windenergieanlage können bei Vestas erfragt werden.

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

3.3.1 Temperaturabhängiger Betrieb

Nachstehende Werte beziehen sich auf die Nabhöhe und hängen von den Sensoren und der Steuerung der Windenergieanlage ab. Bei Umgebungstemperaturen über einem Grenzwert, der für jeden Betriebsmodus angegeben ist, hält die Windenergieanlage eine gedrosselte Produktion aufrecht.

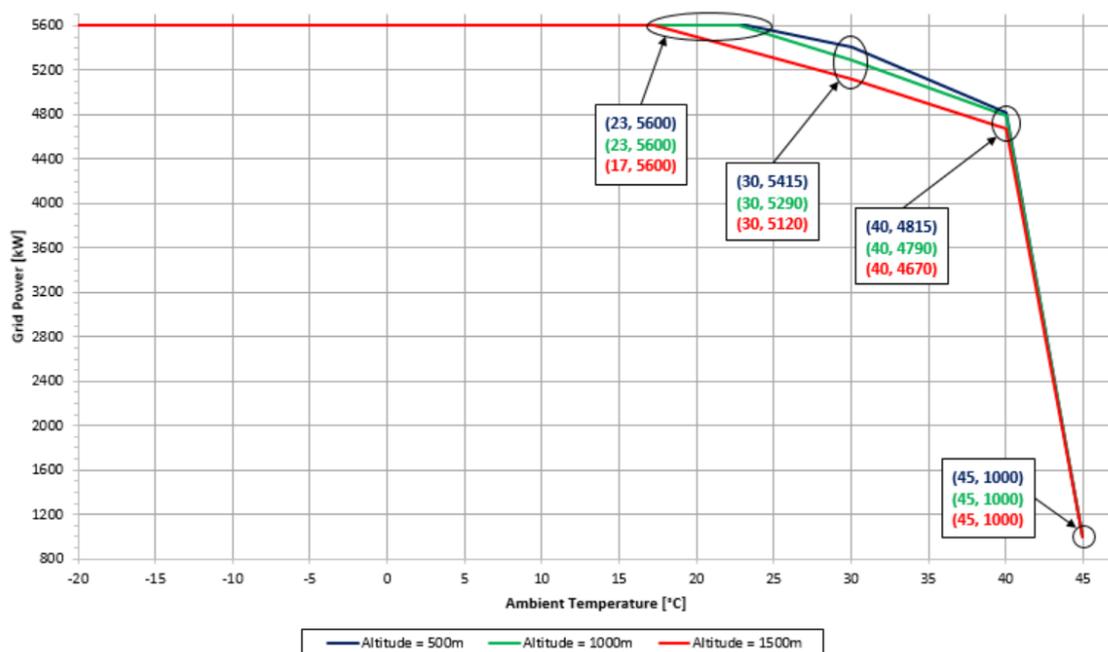


Abbildung 3-1: Temperaturabhängiger gedrosselter Betrieb.

HINWEIS

Alle Angaben zu Drosselungseinstellungen sind vorläufig und können Änderungen unterliegen.

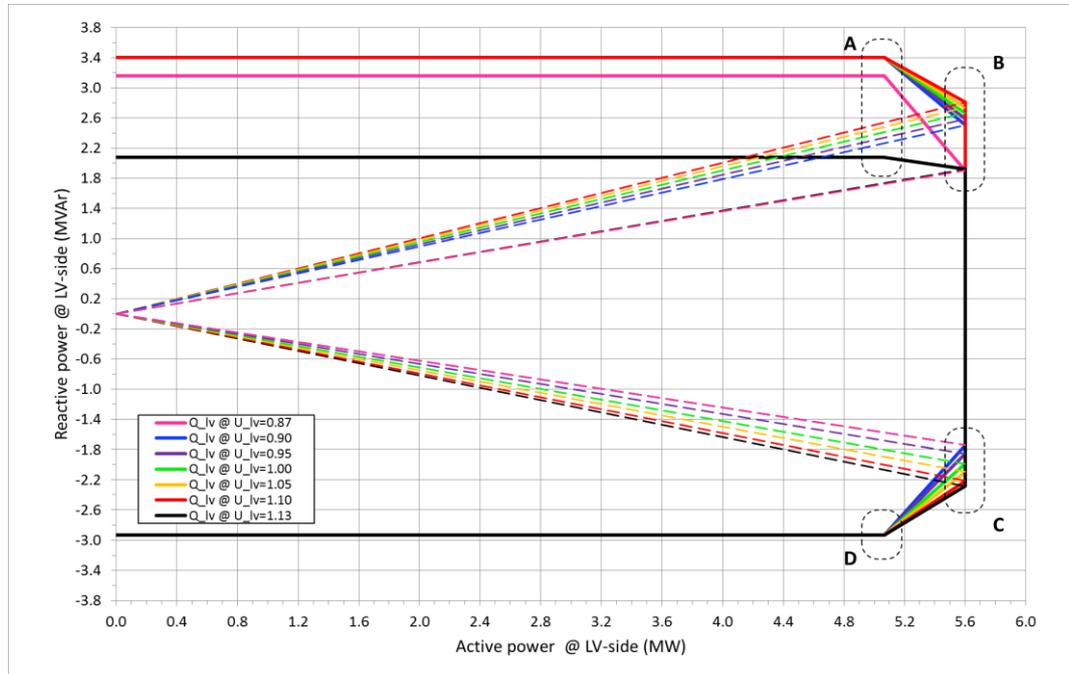
3.4 Betriebsumgebung – Bedingungen für Leistungskurve und Ct-Werte (in Nabenhöhe)

Abschnitt 6 und die folgenden Abschnitte enthalten Informationen zu Leistungskurven und C_t -Werten.

Bedingungen für Leistungskurve und C_t -Werte (in Nabenhöhe)	
Scherwind, α	0,00-0,30 (10-Minuten-Durchschnitt)
Turbulenzintensität, I	6-12 % (10-Minuten-Durchschnitt)
Rotorblätter	Reinigen
Regen	Nein
Eis/Schnee auf Rotorblättern	Nein
Vorderkante	Keine Schäden
Gelände	IEC 61400-12-1
Anströmwinkel (senkrecht)	$0 \pm 2^\circ$
Netzspannung	Nennspannung $\pm 2,5$ %
Stromnetzfrequenz	Nennfrequenz $\pm 0,5$ Hz
Netz-Wirkleistung (Niederspannungsseite)	Gemäß den tabellierten Werten in Abschnitt 6 und den folgenden Abschnitten
Netz-Blindleistung (Niederspannungsseite)	Leistungsfaktor 1,0

3.5 Betriebsbereich – Blindleistungskapazität

Die Blindleistungskapazität auf der Niederspannungsseite des Mittelspannungstransformators ist in Abbildung 3-2 dargestellt:



Point:	Coordinates								Power factor	
	A		B		C		D		B (Capacitive)	C (Inductive)
Coordinate:	x (P)	y (Q)	x (P)	y (Q)	x (P)	y (Q)	x (P)	y (Q)		
Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 0.87 p.u. voltage	5.067	3.160	5.600	1.900	5.600	-1.739	5.067	-2.933	0.947	0.955
Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 0.90 p.u. voltage	5.067	3.400	5.600	2.503	5.600	-1.739	5.067	-2.933	0.913	0.955
Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 0.95 p.u. voltage	5.067	3.400	5.600	2.584	5.600	-1.856	5.067	-2.933	0.908	0.949
Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 1.00 p.u. voltage	5.067	3.400	5.600	2.664	5.600	-1.987	5.067	-2.933	0.903	0.942
Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 1.05 p.u. voltage	5.067	3.400	5.600	2.736	5.600	-2.093	5.067	-2.933	0.898	0.937
Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 1.10 p.u. voltage	5.067	3.400	5.600	2.807	5.600	-2.213	5.067	-2.933	0.894	0.930
Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 1.13 p.u. voltage	5.067	2.080	5.600	1.919	5.600	-2.283	5.067	-2.933	0.946	0.926

Abbildung 3-2: Blindleistungskapazität.

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

HINWEIS

Alle Angaben zur Blindleistungskapazität sind vorläufig und können Änderungen unterliegen.

3.6 Geräuschmodi

Zur Windenergieanlage stehen die nachfolgend aufgeführten Geräuschmodi zur Verfügung.

Geräuschmodi			
Modus-Nr.	Maximaler Geräuschpegel	Sägezahn-Hinterkanten	Verfügbare Nabenhöhen
0	104 dBA	Ja (Standard)	119 / 125 / 148 / 149 / 166 / 169 m
0-0S	106,8 dBA	Nein (Option)	119 / 125 / 148 / 149 / 166 / 169 m

Darüber hinaus sind die nachfolgend aufgeführten optionalen geräuschoptimierten Modi (SO) für die Windenergieanlage verfügbar.

Geräuschoptimierte (SO-) Modi			
Modus-Nr.	Maximaler Geräuschpegel	Sägezahn-Hinterkanten	Verfügbare Nabenhöhen
SO2	102 dBA	Ja (Standard)	119 / 125 / 148 / 149 / 166 / 169 m
SO3	101 dBA	Ja (Standard)	119 / 125 / 148 / 149 / 166 / 169 m
SO4	100 dBA	Ja (Standard)	119 / 125 / 148 / 149 / 166 / 169 m
SO5	99 dBA	Ja (Standard)	119 / 125 / 148 / 149 / 166 / 169 m
SO6	98 dBA	Ja (Standard)	Standortspezifisch

HINWEIS SO-Modi stehen nur bei Rotorblättern mit Sägezahn-Hinterkante zur Verfügung. Für weitere Einzelheiten zur Schalleistung und bei spezifischen Anfragen, wenden Sie sich bitte an Vestas Wind Systems A/S.

4 Zeichnungen

In diesen Dokumenten sind Übersichtszeichnungen dargestellt, welche die Windkraftanlagen, den Turm und das Fundament beschreiben.

V162 HH119 – 0075-8518
V162 HH125 – 0079-6651
V162 HH148 – 0075-8517
V162 HH149 – 0079-6675
V162 HH166 – 0075-8514
V162 HH166 (CHT) – 0089-4873
V162 HH169 (CHT) – 0089-4874

HINWEIS Detaillierte Zeichnungen sind bei Vestas Wind Systems A/S zu erfragen.

4.1 Visueller Eindruck der Windenergieanlage – Seitenansicht



5 Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse

- © 2019 Vestas Wind Systems A/S. Dieses Dokument wurde von Vestas Wind Systems A/S und/oder einer der Tochtergesellschaften des Unternehmens erstellt und enthält urheberrechtlich geschütztes Material, Markenzeichen und andere geschützte Informationen. Alle Rechte vorbehalten. Das Dokument darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis durch Vestas Wind Systems A/S weder als Ganzes noch in Teilen reproduziert oder in irgendeiner Weise oder Form – sei es grafisch, elektronisch oder mechanisch, einschließlich Fotokopien, Bandaufzeichnungen oder mittels Datenspeicherungs- und Datenzugriffssystemen – vervielfältigt werden. Die Nutzung dieses Dokuments über den ausdrücklich von Vestas Wind Systems A/S gestatteten Umfang hinaus ist untersagt. Marken-, Urheberrechts- oder sonstige Vermerke im Dokument dürfen nicht geändert oder entfernt werden.
- Die in diesem Dokument beschriebenen Leistungsspezifikationen gelten für die aktuelle Version der Windenergieanlage V162-5.6 MW. Die Spezifikationen möglicher künftiger Versionen der Windenergieanlage V162-5.6 MW können hiervon abweichen. Falls Vestas eine neuere Version der Windenergieanlage V162-5.6 MW anbieten sollte, wird das Unternehmen hierzu eine aktualisierte allgemeine Spezifikation vorlegen.
- Für alle angegebenen Start/Stop-Parameter (z. B. Windgeschwindigkeiten) ist eine Hysterese-Steuerung vorhanden. Dadurch kann es in bestimmten Grenzsituationen dazu kommen, dass die Windenergieanlage angehalten wird, obwohl unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen die angegebenen Betriebsparametergrenzwerte nicht überschritten worden sind.
- Die vorliegenden Leistungsspezifikationen stellen kein Verkaufsangebot dar; sie beinhalten keine Garantie, Gewährleistung und/oder Prüfung der Leistungskurve und der 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.

6 Leistungskurven, Ct-Werte und Geräuschkurven im Modus 0

6.1 Leistungskurven, Modus 0

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte [kg/m ³]													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	27	9	10	12	13	15	16	18	20	21	23	25	29	32
3.5	144	91	95	100	105	110	115	120	125	129	134	139	149	153
4.0	289	205	212	220	228	235	243	251	258	266	274	281	297	304
4.5	464	341	352	363	375	386	397	408	419	430	441	452	475	486
5.0	669	502	517	532	547	563	578	593	608	624	639	654	685	700
5.5	919	693	714	734	755	775	796	816	837	857	878	899	940	960
6.0	1220	925	952	979	1005	1032	1059	1086	1113	1139	1166	1193	1246	1273
6.5	1574	1200	1235	1269	1303	1337	1371	1405	1439	1473	1506	1540	1608	1641
7.0	1990	1525	1567	1610	1652	1694	1737	1779	1821	1864	1906	1948	2032	2074
7.5	2467	1896	1948	2000	2052	2104	2156	2208	2260	2312	2364	2415	2519	2570
8.0	3010	2319	2382	2445	2508	2571	2634	2697	2760	2822	2885	2948	3073	3135
8.5	3617	2794	2869	2945	3020	3095	3170	3245	3320	3394	3469	3543	3690	3764
9.0	4257	3313	3401	3489	3577	3665	3751	3836	3922	4008	4091	4174	4337	4418
9.5	4834	3851	3947	4043	4139	4235	4324	4414	4504	4593	4673	4753	4903	4973
10.0	5256	4377	4475	4572	4670	4767	4846	4924	5002	5080	5139	5198	5301	5346
10.5	5482	4852	4934	5016	5098	5180	5233	5285	5338	5390	5421	5451	5499	5516
11.0	5578	5238	5294	5349	5405	5460	5483	5506	5528	5551	5560	5569	5583	5588
11.5	5598	5460	5485	5509	5533	5558	5565	5573	5581	5589	5592	5595	5598	5599
12.0	5600	5548	5558	5568	5578	5589	5591	5594	5597	5599	5600	5600	5600	5600
12.5	5600	5576	5582	5587	5592	5598	5598	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600
13.0	5600	5587	5590	5594	5597	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
13.5	5600	5593	5595	5597	5598	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
14.0	5600	5595	5596	5598	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
14.5	5600	5596	5597	5598	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
15.0	5600	5597	5598	5598	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
15.5	5600	5597	5598	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
16.0	5600	5598	5598	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
16.5	5600	5598	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
17.0	5600	5599	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
17.5	5600	5599	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
18.0	5600	5594	5595	5596	5597	5598	5598	5598	5598	5599	5599	5599	5600	5600
18.5	5568	5528	5532	5536	5540	5544	5548	5551	5555	5558	5562	5565	5571	5574
19.0	5418	5335	5343	5351	5359	5367	5374	5381	5388	5396	5403	5410	5425	5432
19.5	5179	5073	5082	5091	5100	5110	5120	5129	5139	5149	5159	5169	5189	5199
20.0	4894	4796	4804	4812	4820	4828	4837	4846	4855	4864	4874	4884	4903	4913
20.5	4609	4516	4525	4533	4541	4549	4558	4566	4575	4584	4592	4601	4618	4628
21.0	4329	4242	4250	4257	4265	4272	4280	4288	4295	4303	4312	4320	4338	4346
21.5	4043	3960	3967	3974	3982	3989	3996	4004	4011	4019	4027	4035	4051	4059
22.0	3764	3689	3696	3702	3709	3715	3722	3729	3736	3744	3750	3757	3772	3780
22.5	3488	3414	3420	3425	3431	3437	3444	3451	3458	3465	3473	3480	3495	3501
23.0	3203	3133	3139	3145	3151	3156	3164	3170	3178	3184	3191	3197	3209	3214
23.5	2914	2849	2855	2860	2866	2872	2878	2885	2891	2897	2903	2909	2920	2926
24.0	2616	2551	2556	2562	2567	2573	2579	2585	2591	2598	2604	2610	2622	2627

6.2 Ct-Werte, Betriebsmodus 0

Luftdichte kg/m ³														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.914	0.911	0.912	0.913	0.914	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.913	0.913
3.5	0.888	0.894	0.893	0.893	0.893	0.892	0.892	0.891	0.891	0.890	0.890	0.889	0.888	0.887
4.0	0.851	0.857	0.856	0.855	0.855	0.854	0.854	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.851	0.850
4.5	0.822	0.823	0.823	0.823	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
5.0	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
5.5	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797
6.0	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797
6.5	0.796	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.796	0.796	0.796	0.796	0.795
7.0	0.795	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.796	0.796	0.796	0.796	0.795	0.795	0.794	0.794
7.5	0.797	0.800	0.800	0.800	0.799	0.799	0.799	0.799	0.798	0.798	0.798	0.797	0.796	0.796
8.0	0.796	0.801	0.800	0.800	0.800	0.799	0.799	0.799	0.798	0.798	0.797	0.797	0.796	0.795
8.5	0.792	0.798	0.798	0.798	0.797	0.797	0.796	0.795	0.795	0.794	0.794	0.793	0.791	0.790
9.0	0.766	0.789	0.788	0.787	0.786	0.785	0.783	0.781	0.778	0.776	0.773	0.770	0.762	0.758
9.5	0.703	0.761	0.757	0.753	0.749	0.745	0.739	0.734	0.729	0.723	0.717	0.710	0.695	0.687
10.0	0.621	0.713	0.707	0.700	0.693	0.687	0.678	0.669	0.660	0.651	0.641	0.631	0.610	0.599
10.5	0.531	0.654	0.644	0.634	0.624	0.614	0.603	0.591	0.580	0.568	0.556	0.543	0.519	0.507
11.0	0.449	0.589	0.577	0.564	0.551	0.538	0.525	0.511	0.498	0.485	0.473	0.461	0.438	0.428
11.5	0.382	0.515	0.501	0.487	0.473	0.459	0.447	0.435	0.423	0.411	0.402	0.392	0.373	0.364
12.0	0.328	0.443	0.430	0.418	0.406	0.393	0.383	0.373	0.363	0.353	0.345	0.337	0.321	0.314
12.5	0.286	0.382	0.371	0.361	0.351	0.340	0.332	0.323	0.315	0.307	0.300	0.293	0.280	0.274
13.0	0.251	0.332	0.324	0.315	0.306	0.297	0.290	0.283	0.276	0.269	0.263	0.257	0.246	0.241
13.5	0.223	0.293	0.285	0.278	0.270	0.262	0.256	0.250	0.244	0.238	0.233	0.228	0.218	0.214
14.0	0.199	0.259	0.253	0.246	0.240	0.233	0.228	0.223	0.217	0.212	0.208	0.203	0.195	0.191
14.5	0.178	0.232	0.226	0.220	0.214	0.209	0.204	0.199	0.195	0.190	0.186	0.182	0.175	0.171
15.0	0.161	0.208	0.203	0.198	0.193	0.187	0.183	0.179	0.175	0.171	0.168	0.164	0.158	0.155
15.5	0.146	0.188	0.183	0.179	0.174	0.169	0.166	0.162	0.159	0.155	0.152	0.149	0.143	0.140
16.0	0.132	0.170	0.166	0.162	0.158	0.154	0.151	0.147	0.144	0.141	0.138	0.135	0.130	0.128
16.5	0.121	0.155	0.151	0.147	0.144	0.140	0.137	0.134	0.131	0.128	0.126	0.123	0.119	0.117
17.0	0.111	0.141	0.138	0.135	0.131	0.128	0.126	0.123	0.120	0.118	0.115	0.113	0.109	0.107
17.5	0.102	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118	0.116	0.113	0.111	0.109	0.107	0.105	0.101	0.099
18.0	0.095	0.120	0.117	0.114	0.112	0.109	0.107	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096	0.093	0.091
18.5	0.087	0.109	0.107	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096	0.094	0.092	0.090	0.089	0.085	0.084
19.0	0.078	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.086	0.084	0.082	0.081	0.080	0.077	0.076
19.5	0.070	0.086	0.084	0.082	0.081	0.079	0.077	0.076	0.075	0.073	0.072	0.071	0.069	0.068
20.0	0.062	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.066	0.065	0.064	0.063	0.061	0.060
20.5	0.054	0.067	0.065	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053
21.0	0.048	0.059	0.058	0.057	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047
21.5	0.043	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041
22.0	0.038	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041	0.041	0.040	0.039	0.039	0.038	0.037	0.037
22.5	0.033	0.040	0.039	0.039	0.038	0.037	0.036	0.036	0.035	0.035	0.034	0.034	0.033	0.032
23.0	0.029	0.035	0.034	0.034	0.033	0.033	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030	0.030	0.029	0.028
23.5	0.026	0.031	0.030	0.029	0.029	0.028	0.028	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.025	0.025
24.0	0.022	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.024	0.024	0.024	0.023	0.023	0.023	0.022	0.022

6.3 Geräuschkurven, Modus 0

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe		
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30% Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³	
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Modus 0 (Rotorblätter mit Sägezahn-Hinterkante)	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Modus 0-0S (Rotorblätter ohne Sägezahn-Hinterkante)
3	93.5	96.3
4	93.7	96.5
5	94.3	97.1
6	97.3	100.1
7	100.2	103.0
8	102.9	105.7
9	104.0	106.8
10	104.0	106.8
11	104.0	106.8
12	104.0	106.8
13	104.0	106.8
14	104.0	106.8
15	104.0	106.8
16	104.0	106.8
17	104.0	106.8
18	104.0	106.8
19	104.0	106.8
20	104.0	106.8

6.4 Leistungskurven, geräuschoptimierter Modus SO2

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte [kg/m ³]													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	27	9	10	12	13	14	16	18	20	21	23	25	29	32
3.5	144	91	95	100	105	110	115	120	125	129	134	139	149	153
4.0	289	205	212	220	228	235	243	251	258	266	274	281	297	304
4.5	464	341	352	363	375	386	397	408	419	430	441	452	475	486
5.0	669	502	517	532	547	563	578	593	608	624	639	654	685	700
5.5	919	693	714	734	755	775	796	816	837	857	878	898	939	960
6.0	1219	925	952	979	1005	1032	1059	1086	1113	1140	1166	1193	1246	1272
6.5	1574	1201	1235	1269	1303	1337	1371	1405	1439	1473	1507	1540	1608	1642
7.0	1991	1525	1568	1610	1653	1695	1737	1780	1822	1864	1906	1948	2033	2075
7.5	2461	1892	1944	1995	2047	2099	2151	2203	2255	2306	2358	2410	2513	2564
8.0	2983	2299	2362	2424	2486	2549	2611	2673	2735	2797	2859	2921	3044	3106
8.5	3530	2729	2802	2876	2949	3022	3095	3168	3241	3314	3386	3458	3601	3672
9.0	4079	3173	3257	3342	3426	3511	3594	3677	3760	3843	3922	4001	4153	4226
9.5	4500	3611	3706	3800	3895	3989	4071	4152	4234	4316	4377	4438	4546	4592
10.0	4745	4028	4120	4212	4304	4396	4457	4518	4579	4640	4675	4710	4766	4787
10.5	4860	4381	4453	4526	4599	4672	4707	4743	4779	4815	4830	4845	4869	4877
11.0	4928	4650	4700	4750	4800	4851	4866	4881	4896	4911	4917	4923	4931	4934
11.5	4972	4824	4851	4878	4905	4932	4940	4947	4955	4963	4966	4969	4973	4974
12.0	5009	4928	4942	4957	4972	4986	4991	4996	5001	5006	5007	5008	5009	5008
12.5	5038	4987	4997	5006	5016	5026	5029	5032	5034	5037	5037	5037	5037	5037
13.0	5052	5016	5024	5031	5038	5045	5047	5049	5051	5052	5052	5052	5052	5052
13.5	5057	5028	5035	5041	5047	5053	5054	5055	5056	5057	5057	5057	5057	5057
14.0	5057	5033	5038	5043	5048	5053	5054	5055	5056	5057	5057	5057	5057	5057
14.5	5052	5029	5034	5038	5043	5048	5048	5049	5050	5051	5051	5051	5052	5052
15.0	5037	5012	5017	5022	5027	5032	5032	5033	5034	5035	5036	5036	5037	5038
15.5	5015	4992	4996	5000	5005	5009	5010	5011	5012	5013	5014	5014	5016	5016
16.0	4990	4968	4972	4976	4980	4984	4986	4986	4988	4988	4989	4990	4991	4992
16.5	4964	4942	4946	4950	4954	4958	4959	4960	4961	4962	4963	4964	4965	4966
17.0	4938	4916	4920	4924	4927	4931	4932	4933	4935	4936	4936	4937	4938	4939
17.5	4912	4888	4893	4897	4901	4905	4906	4907	4909	4910	4910	4911	4912	4913
18.0	4885	4864	4867	4871	4875	4879	4880	4881	4882	4882	4883	4884	4886	4886
18.5	4859	4841	4844	4847	4850	4853	4854	4855	4856	4857	4857	4858	4860	4860
19.0	4836	4818	4821	4824	4826	4829	4831	4832	4833	4834	4835	4836	4837	4837
19.5	4813	4789	4793	4796	4800	4803	4805	4806	4808	4810	4811	4812	4814	4815
20.0	4736	4690	4695	4701	4706	4711	4714	4718	4722	4726	4729	4732	4740	4744

6.5 Ct-Werte, geräuschoptimierter Modus SO2

Luftdichte kg/m ³														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.914	0.912	0.913	0.913	0.914	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.913	0.913
3.5	0.888	0.894	0.893	0.893	0.893	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.890	0.889	0.888	0.887
4.0	0.851	0.857	0.856	0.856	0.855	0.854	0.854	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.851	0.850
4.5	0.822	0.823	0.823	0.823	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
5.0	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
5.5	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797
6.0	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797
6.5	0.798	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798
7.0	0.801	0.804	0.804	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.802	0.802	0.802	0.802	0.801	0.801
7.5	0.796	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.797	0.797	0.797	0.797	0.796	0.796	0.795	0.795
8.0	0.784	0.787	0.787	0.786	0.786	0.786	0.786	0.785	0.785	0.785	0.784	0.784	0.783	0.783
8.5	0.747	0.751	0.750	0.750	0.750	0.749	0.749	0.749	0.748	0.748	0.748	0.747	0.746	0.745
9.0	0.707	0.717	0.717	0.717	0.716	0.716	0.715	0.715	0.714	0.713	0.711	0.709	0.703	0.699
9.5	0.634	0.683	0.682	0.681	0.680	0.679	0.675	0.670	0.665	0.660	0.651	0.643	0.624	0.613
10.0	0.541	0.631	0.627	0.623	0.619	0.615	0.606	0.597	0.588	0.578	0.566	0.554	0.528	0.516
10.5	0.455	0.566	0.559	0.552	0.544	0.537	0.525	0.513	0.502	0.490	0.478	0.466	0.444	0.433
11.0	0.385	0.500	0.490	0.481	0.471	0.461	0.450	0.438	0.427	0.415	0.405	0.395	0.376	0.368
11.5	0.332	0.437	0.427	0.416	0.406	0.395	0.386	0.376	0.366	0.357	0.348	0.340	0.325	0.317
12.0	0.289	0.382	0.372	0.363	0.353	0.343	0.335	0.327	0.319	0.311	0.303	0.296	0.283	0.277
12.5	0.254	0.335	0.326	0.318	0.309	0.301	0.294	0.287	0.280	0.273	0.267	0.261	0.249	0.244
13.0	0.225	0.294	0.287	0.280	0.272	0.265	0.259	0.253	0.247	0.241	0.235	0.230	0.220	0.216
13.5	0.200	0.260	0.254	0.248	0.241	0.235	0.230	0.224	0.219	0.214	0.209	0.205	0.196	0.192
14.0	0.179	0.232	0.226	0.220	0.215	0.209	0.205	0.200	0.195	0.191	0.187	0.183	0.175	0.172
14.5	0.160	0.207	0.202	0.197	0.192	0.187	0.183	0.179	0.175	0.171	0.167	0.164	0.157	0.154
15.0	0.144	0.185	0.181	0.177	0.172	0.168	0.164	0.161	0.157	0.153	0.150	0.147	0.142	0.139
15.5	0.130	0.167	0.163	0.159	0.155	0.151	0.148	0.145	0.142	0.138	0.136	0.133	0.128	0.125
16.0	0.118	0.151	0.147	0.144	0.140	0.137	0.134	0.131	0.128	0.125	0.123	0.120	0.116	0.114
16.5	0.107	0.136	0.133	0.130	0.127	0.124	0.122	0.119	0.116	0.114	0.112	0.109	0.105	0.103
17.0	0.098	0.124	0.121	0.119	0.116	0.113	0.111	0.108	0.106	0.104	0.102	0.100	0.096	0.094
17.5	0.090	0.114	0.111	0.109	0.106	0.104	0.102	0.100	0.097	0.095	0.094	0.092	0.088	0.087
18.0	0.083	0.104	0.102	0.100	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.086	0.084	0.081	0.080
18.5	0.076	0.096	0.094	0.092	0.090	0.087	0.086	0.084	0.082	0.080	0.079	0.078	0.075	0.073
19.0	0.070	0.088	0.086	0.084	0.082	0.080	0.079	0.077	0.075	0.074	0.073	0.071	0.069	0.067
19.5	0.065	0.081	0.079	0.078	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063
20.0	0.060	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058

6.6 Kurven zur Geräuscentwicklung, geräuschoptimierter Modus SO2

Schallleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schallleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30% Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schallleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Geräuschoptimierter Modus SO2 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	93.5
4	93.7
5	94.3
6	97.3
7	100.2
8	102.0
9	102.0
10	102.0
11	102.0
12	102.0
13	102.0
14	102.0
15	102.0
16	102.0
17	102.0
18	102.0
19	102.0
20	102.0

6.7 Leistungskurven, geräuschoptimierter Modus SO3

Luftdichte [kg/m ³]														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	27	9	10	12	13	14	16	18	20	21	23	25	29	32
3.5	144	91	95	100	105	110	115	120	125	129	134	139	149	153
4.0	289	205	212	220	228	235	243	251	258	266	274	281	297	304
4.5	464	341	352	363	375	386	397	408	419	430	441	452	475	486
5.0	669	502	517	532	547	563	578	593	608	624	639	654	685	700
5.5	919	693	714	734	755	775	796	816	837	857	878	898	939	960
6.0	1219	925	952	979	1005	1032	1059	1086	1113	1140	1166	1193	1246	1272
6.5	1574	1201	1235	1269	1303	1337	1371	1405	1439	1473	1507	1540	1608	1642
7.0	1990	1525	1567	1610	1652	1694	1737	1779	1821	1864	1906	1948	2032	2074
7.5	2453	1886	1937	1989	2041	2092	2144	2196	2247	2299	2350	2402	2504	2556
8.0	2953	2277	2339	2400	2462	2524	2585	2647	2708	2770	2831	2892	3014	3076
8.5	3458	2674	2745	2817	2889	2960	3032	3103	3174	3246	3317	3387	3528	3598
9.0	3940	3059	3140	3222	3303	3385	3465	3546	3626	3706	3784	3862	4012	4083
9.5	4306	3423	3514	3604	3694	3784	3866	3948	4031	4113	4177	4242	4353	4400
10.0	4532	3760	3853	3945	4037	4130	4199	4268	4337	4406	4448	4490	4557	4582
10.5	4659	4070	4154	4237	4320	4403	4451	4498	4545	4592	4615	4637	4671	4683
11.0	4742	4331	4398	4466	4534	4602	4629	4657	4685	4713	4723	4733	4748	4754
11.5	4800	4532	4580	4628	4676	4723	4738	4753	4768	4782	4788	4794	4803	4806
12.0	4829	4647	4680	4714	4747	4780	4789	4799	4809	4818	4822	4826	4830	4832
12.5	4839	4698	4725	4751	4777	4803	4810	4817	4824	4831	4834	4836	4840	4840
13.0	4841	4724	4745	4767	4789	4811	4817	4823	4829	4835	4837	4839	4842	4842
13.5	4841	4731	4752	4774	4795	4817	4822	4827	4833	4838	4839	4840	4842	4842
14.0	4840	4746	4765	4783	4801	4820	4824	4828	4833	4837	4838	4839	4840	4841
14.5	4834	4754	4770	4786	4801	4817	4820	4824	4828	4831	4832	4833	4835	4835
15.0	4819	4744	4758	4773	4787	4801	4805	4808	4812	4816	4817	4818	4820	4820
15.5	4798	4728	4741	4754	4767	4781	4784	4788	4791	4794	4796	4797	4798	4799
16.0	4773	4707	4719	4732	4744	4756	4759	4763	4766	4770	4771	4772	4774	4774
16.5	4746	4685	4696	4708	4719	4730	4734	4737	4740	4743	4744	4745	4747	4748
17.0	4720	4664	4674	4684	4695	4705	4708	4710	4713	4716	4717	4718	4720	4720
17.5	4693	4637	4648	4658	4668	4679	4681	4684	4687	4690	4691	4692	4694	4694
18.0	4666	4620	4629	4637	4646	4654	4656	4659	4661	4664	4664	4665	4667	4668
18.5	4640	4604	4611	4617	4623	4630	4632	4634	4636	4638	4638	4639	4640	4641
19.0	4617	4584	4589	4595	4600	4606	4608	4610	4612	4614	4615	4616	4618	4618
19.5	4598	4574	4578	4582	4586	4590	4592	4593	4595	4596	4597	4597	4598	4599
20.0	4575	4548	4552	4555	4559	4563	4565	4567	4569	4571	4572	4573	4576	4577

6.8 Ct-Werte, geräuschoptimierter Modus SO3

Luftdichte kg/m ³														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.914	0.912	0.913	0.913	0.914	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.913	0.913
3.5	0.888	0.894	0.893	0.893	0.893	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.890	0.889	0.888	0.887
4.0	0.851	0.857	0.856	0.856	0.855	0.854	0.854	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.851	0.850
4.5	0.822	0.823	0.823	0.823	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
5.0	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
5.5	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797
6.0	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797
6.5	0.798	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798
7.0	0.801	0.803	0.803	0.803	0.803	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.801	0.801	0.801	0.800
7.5	0.792	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.793	0.793	0.793	0.793	0.792	0.792	0.792	0.791
8.0	0.769	0.772	0.771	0.771	0.771	0.771	0.770	0.770	0.770	0.770	0.769	0.769	0.768	0.768
8.5	0.720	0.723	0.723	0.722	0.722	0.722	0.722	0.721	0.721	0.721	0.720	0.720	0.719	0.718
9.0	0.670	0.676	0.676	0.676	0.676	0.675	0.675	0.675	0.674	0.674	0.672	0.671	0.667	0.663
9.5	0.594	0.622	0.621	0.621	0.621	0.620	0.618	0.616	0.613	0.611	0.605	0.600	0.585	0.576
10.0	0.508	0.562	0.560	0.559	0.557	0.556	0.551	0.545	0.540	0.535	0.526	0.517	0.497	0.487
10.5	0.431	0.506	0.502	0.499	0.495	0.491	0.483	0.476	0.468	0.460	0.450	0.440	0.421	0.412
11.0	0.368	0.454	0.448	0.442	0.436	0.431	0.422	0.413	0.404	0.395	0.386	0.377	0.360	0.352
11.5	0.319	0.405	0.397	0.390	0.383	0.376	0.367	0.359	0.350	0.342	0.334	0.327	0.312	0.305
12.0	0.278	0.357	0.349	0.342	0.335	0.328	0.320	0.313	0.305	0.298	0.291	0.285	0.272	0.266
12.5	0.244	0.313	0.306	0.300	0.293	0.286	0.280	0.274	0.267	0.261	0.255	0.249	0.239	0.234
13.0	0.215	0.276	0.270	0.264	0.258	0.252	0.246	0.241	0.235	0.230	0.225	0.220	0.211	0.206
13.5	0.191	0.244	0.239	0.234	0.229	0.223	0.219	0.214	0.209	0.204	0.200	0.195	0.187	0.183
14.0	0.171	0.218	0.213	0.208	0.204	0.199	0.195	0.191	0.186	0.182	0.178	0.174	0.167	0.164
14.5	0.153	0.195	0.191	0.187	0.183	0.178	0.175	0.171	0.167	0.163	0.160	0.156	0.150	0.147
15.0	0.138	0.175	0.171	0.168	0.164	0.160	0.157	0.153	0.150	0.147	0.144	0.141	0.135	0.133
15.5	0.124	0.158	0.154	0.151	0.148	0.144	0.141	0.138	0.135	0.132	0.130	0.127	0.122	0.120
16.0	0.113	0.143	0.140	0.137	0.134	0.130	0.128	0.125	0.122	0.120	0.117	0.115	0.111	0.109
16.5	0.102	0.129	0.127	0.124	0.121	0.118	0.116	0.114	0.111	0.109	0.107	0.105	0.101	0.099
17.0	0.093	0.118	0.115	0.113	0.110	0.108	0.106	0.103	0.101	0.099	0.097	0.095	0.092	0.090
17.5	0.086	0.108	0.106	0.104	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.088	0.084	0.083
18.0	0.079	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.084	0.082	0.080	0.077	0.076
18.5	0.073	0.091	0.089	0.087	0.085	0.084	0.082	0.080	0.079	0.077	0.075	0.074	0.071	0.070
19.0	0.067	0.084	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.066	0.064
19.5	0.062	0.078	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064	0.063	0.061	0.060
20.0	0.057	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.060	0.058	0.056	0.055

6.9 Kurven zur Geräuscentwicklung, geräuschoptimierter Modus SO3

Schallleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schallleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30% Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schallleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Geräuschoptimierter Modus SO3 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	93.5
4	93.7
5	94.3
6	97.3
7	100.2
8	101.0
9	101.0
10	101.0
11	101.0
12	101.0
13	101.0
14	101.0
15	101.0
16	101.0
17	101.0
18	101.0
19	101.0
20	101.0

6.10 Leistungskurven, geräuschoptimierter Modus SO4

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte [kg/m ³]													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	27	9	10	12	13	14	16	18	20	21	23	25	29	32
3.5	144	91	95	100	105	110	115	120	125	129	134	139	149	153
4.0	289	205	212	220	228	235	243	251	258	266	274	281	297	304
4.5	464	341	352	363	375	386	397	408	419	430	441	452	475	486
5.0	669	502	517	532	547	563	578	593	608	624	639	654	685	700
5.5	919	693	714	734	755	775	796	816	837	857	878	898	940	960
6.0	1220	926	953	979	1006	1033	1060	1087	1114	1140	1167	1194	1247	1274
6.5	1575	1201	1235	1269	1303	1337	1371	1405	1439	1473	1507	1541	1608	1642
7.0	1986	1522	1564	1606	1649	1691	1733	1776	1818	1860	1902	1944	2028	2070
7.5	2437	1874	1925	1977	2028	2079	2131	2182	2233	2284	2335	2386	2488	2539
8.0	2909	2243	2304	2365	2426	2486	2547	2607	2668	2728	2789	2849	2970	3030
8.5	3367	2602	2672	2742	2811	2881	2951	3020	3090	3160	3229	3298	3435	3504
9.0	3783	2932	3011	3089	3167	3246	3323	3401	3478	3556	3632	3708	3854	3924
9.5	4086	3219	3304	3390	3475	3560	3641	3722	3803	3884	3951	4019	4138	4190
10.0	4294	3496	3586	3675	3764	3854	3927	4001	4074	4147	4196	4245	4327	4359
10.5	4434	3770	3855	3941	4027	4113	4171	4228	4286	4344	4374	4404	4451	4469
11.0	4519	3996	4072	4148	4224	4299	4342	4384	4427	4469	4486	4502	4527	4536
11.5	4548	4117	4185	4254	4322	4390	4421	4453	4484	4515	4526	4537	4554	4559
12.0	4556	4182	4244	4306	4368	4430	4455	4480	4505	4530	4539	4548	4560	4564
12.5	4559	4228	4285	4341	4398	4454	4475	4496	4517	4538	4545	4552	4563	4566
13.0	4562	4274	4324	4375	4425	4476	4492	4509	4526	4543	4549	4555	4565	4568
13.5	4566	4308	4352	4396	4440	4484	4501	4517	4534	4550	4555	4560	4568	4570
14.0	4566	4347	4385	4423	4461	4500	4513	4526	4540	4553	4558	4562	4568	4570
14.5	4561	4372	4405	4438	4471	4504	4516	4528	4539	4551	4554	4558	4563	4564
15.0	4547	4374	4404	4434	4464	4494	4504	4515	4526	4536	4540	4544	4549	4550
15.5	4526	4368	4396	4423	4450	4477	4487	4497	4506	4516	4519	4523	4527	4529
16.0	4502	4360	4384	4409	4433	4458	4466	4475	4484	4492	4496	4498	4503	4504
16.5	4475	4352	4373	4394	4415	4436	4444	4452	4460	4467	4470	4473	4476	4478
17.0	4449	4347	4364	4382	4399	4417	4423	4430	4436	4442	4445	4447	4450	4452
17.5	4424	4322	4340	4358	4377	4395	4400	4406	4412	4418	4420	4422	4425	4426
18.0	4397	4319	4333	4347	4361	4375	4379	4384	4388	4392	4394	4396	4398	4399
18.5	4371	4314	4324	4334	4344	4354	4358	4361	4364	4367	4368	4370	4371	4372
19.0	4348	4303	4310	4318	4326	4333	4336	4339	4341	4344	4345	4346	4348	4349
19.5	4329	4298	4304	4309	4314	4320	4321	4323	4325	4327	4328	4328	4330	4330
20.0	4316	4296	4299	4303	4307	4310	4312	4313	4314	4315	4316	4316	4317	4317

6.11 Ct-Werte, geräuschoptimierter Modus SO4

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m ³													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.914	0.912	0.913	0.913	0.914	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.913	0.913
3.5	0.888	0.894	0.893	0.893	0.893	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.890	0.889	0.888	0.887
4.0	0.851	0.857	0.856	0.856	0.855	0.854	0.854	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.851	0.850
4.5	0.822	0.823	0.823	0.823	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
5.0	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
5.5	0.798	0.797	0.797	0.797	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798
6.0	0.803	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.803	0.803	0.803	0.803
6.5	0.802	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802
7.0	0.798	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.798	0.798
7.5	0.784	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.784	0.784	0.784
8.0	0.749	0.751	0.751	0.751	0.751	0.750	0.750	0.750	0.750	0.749	0.749	0.749	0.748	0.748
8.5	0.692	0.694	0.694	0.694	0.694	0.693	0.693	0.693	0.693	0.692	0.692	0.692	0.691	0.691
9.0	0.630	0.633	0.633	0.633	0.633	0.632	0.632	0.632	0.632	0.631	0.631	0.630	0.628	0.626
9.5	0.549	0.563	0.563	0.563	0.563	0.563	0.562	0.561	0.560	0.559	0.555	0.552	0.543	0.537
10.0	0.472	0.504	0.504	0.503	0.503	0.502	0.499	0.496	0.493	0.490	0.484	0.478	0.464	0.456
10.5	0.405	0.456	0.454	0.452	0.450	0.448	0.443	0.438	0.433	0.428	0.420	0.413	0.397	0.389
11.0	0.349	0.410	0.407	0.403	0.400	0.396	0.390	0.384	0.378	0.371	0.364	0.356	0.341	0.334
11.5	0.301	0.361	0.357	0.353	0.349	0.346	0.339	0.333	0.327	0.321	0.314	0.308	0.295	0.288
12.0	0.262	0.316	0.312	0.309	0.305	0.301	0.296	0.290	0.284	0.279	0.273	0.267	0.256	0.251
12.5	0.229	0.278	0.275	0.271	0.268	0.264	0.259	0.254	0.249	0.244	0.239	0.234	0.225	0.220
13.0	0.202	0.247	0.244	0.240	0.237	0.233	0.229	0.224	0.220	0.215	0.211	0.207	0.198	0.194
13.5	0.180	0.221	0.218	0.214	0.211	0.207	0.203	0.200	0.196	0.192	0.188	0.184	0.177	0.173
14.0	0.161	0.199	0.195	0.192	0.189	0.186	0.182	0.178	0.175	0.171	0.168	0.164	0.158	0.155
14.5	0.145	0.179	0.176	0.173	0.170	0.167	0.164	0.160	0.157	0.154	0.151	0.148	0.142	0.139
15.0	0.130	0.161	0.159	0.156	0.153	0.150	0.147	0.144	0.141	0.138	0.136	0.133	0.128	0.125
15.5	0.118	0.146	0.143	0.141	0.138	0.135	0.133	0.130	0.127	0.125	0.122	0.120	0.115	0.113
16.0	0.106	0.132	0.130	0.127	0.125	0.122	0.120	0.118	0.115	0.113	0.111	0.109	0.104	0.102
16.5	0.097	0.120	0.118	0.116	0.114	0.111	0.109	0.107	0.105	0.103	0.101	0.099	0.095	0.093
17.0	0.088	0.110	0.108	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096	0.094	0.092	0.090	0.087	0.085
17.5	0.081	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.092	0.090	0.088	0.086	0.084	0.083	0.080	0.078
18.0	0.075	0.093	0.091	0.089	0.088	0.086	0.084	0.082	0.081	0.079	0.077	0.076	0.073	0.072
18.5	0.069	0.086	0.084	0.082	0.081	0.079	0.077	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.067	0.066
19.0	0.063	0.079	0.077	0.076	0.074	0.072	0.071	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061
19.5	0.058	0.073	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.060	0.057	0.056
20.0	0.054	0.068	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.053	0.052

6.12 Kurven zur Geräuscentwicklung, geräuschoptimierter Modus SO4

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30% Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Geräuschoptimierter Modus SO4 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	93.5
4	93.7
5	94.3
6	97.3
7	99.7
8	100.0
9	100.0
10	100.0
11	100.0
12	100.0
13	100.0
14	100.0
15	100.0
16	100.0
17	100.0
18	100.0
19	100.0
20	100.0

6.13 Leistungskurven, geräuschoptimierter Modus SO5

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte [kg/m ³]													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	27	9	10	12	13	14	16	18	20	21	23	25	29	32
3.5	144	91	95	100	105	110	115	120	125	129	134	139	149	153
4.0	289	205	212	220	228	235	243	251	258	266	274	281	297	304
4.5	464	341	352	363	375	386	397	408	419	430	441	452	475	486
5.0	669	502	517	532	547	563	578	593	608	624	639	654	685	700
5.5	919	693	714	734	755	775	796	816	837	857	878	899	940	960
6.0	1220	926	952	979	1006	1032	1059	1086	1113	1140	1166	1193	1247	1274
6.5	1570	1198	1232	1266	1299	1333	1367	1401	1435	1469	1502	1536	1603	1637
7.0	1968	1509	1551	1593	1635	1677	1718	1760	1802	1844	1885	1927	2010	2051
7.5	2386	1835	1886	1936	1986	2036	2086	2136	2186	2236	2286	2336	2436	2486
8.0	2788	2147	2205	2264	2322	2380	2439	2497	2555	2613	2671	2730	2846	2904
8.5	3160	2438	2503	2569	2635	2701	2767	2833	2898	2964	3029	3095	3225	3290
9.0	3480	2693	2765	2837	2909	2980	3052	3124	3195	3267	3338	3409	3550	3620
9.5	3719	2891	2968	3044	3121	3198	3274	3350	3425	3501	3574	3646	3783	3848
10.0	3888	3047	3127	3208	3288	3369	3447	3525	3603	3681	3750	3819	3943	3998
10.5	3984	3155	3238	3320	3403	3486	3564	3642	3720	3798	3860	3922	4030	4075
11.0	4029	3234	3319	3404	3488	3573	3646	3719	3792	3864	3919	3974	4071	4112
11.5	4069	3302	3386	3471	3556	3641	3710	3779	3848	3917	3968	4018	4105	4141
12.0	4106	3375	3458	3542	3625	3708	3773	3838	3903	3968	4014	4060	4135	4164
12.5	4138	3455	3536	3617	3698	3779	3839	3899	3959	4019	4059	4099	4161	4184
13.0	4162	3531	3608	3686	3764	3841	3896	3952	4007	4063	4096	4129	4180	4198
13.5	4171	3594	3666	3738	3810	3882	3932	3983	4034	4084	4113	4142	4188	4205
14.0	4185	3652	3720	3789	3857	3926	3972	4019	4065	4111	4136	4161	4200	4214
14.5	4199	3713	3778	3842	3907	3972	4013	4054	4096	4137	4158	4178	4211	4223
15.0	4209	3773	3834	3896	3957	4018	4053	4088	4124	4159	4176	4192	4218	4228
15.5	4219	3839	3895	3951	4007	4063	4092	4121	4150	4180	4193	4206	4227	4234
16.0	4228	3909	3958	4007	4056	4105	4128	4152	4175	4198	4208	4218	4234	4240
16.5	4237	3978	4019	4060	4102	4143	4161	4178	4196	4213	4221	4229	4241	4246
17.0	4244	4041	4074	4107	4140	4174	4187	4200	4213	4226	4232	4238	4246	4249
17.5	4246	4074	4102	4130	4157	4185	4197	4209	4221	4233	4237	4242	4249	4251
18.0	4251	4122	4144	4166	4188	4209	4218	4226	4234	4242	4245	4248	4252	4253
18.5	4253	4164	4179	4195	4211	4226	4232	4237	4242	4248	4250	4251	4254	4254
19.0	4253	4189	4200	4211	4222	4234	4237	4241	4245	4248	4250	4251	4253	4254
19.5	4254	4212	4220	4227	4234	4242	4244	4247	4249	4252	4253	4253	4254	4255
20.0	4255	4228	4232	4237	4242	4247	4249	4250	4252	4254	4254	4255	4255	4255

6.14 Ct-Werte, geräuschoptimierter Modus SO5

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m ³													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.914	0.912	0.913	0.913	0.914	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.913	0.913
3.5	0.888	0.894	0.893	0.893	0.893	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.890	0.889	0.888	0.887
4.0	0.851	0.857	0.856	0.856	0.855	0.854	0.854	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.851	0.850
4.5	0.822	0.823	0.823	0.823	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
5.0	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
5.5	0.799	0.798	0.798	0.798	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799
6.0	0.803	0.803	0.803	0.804	0.804	0.804	0.804	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803
6.5	0.797	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.798	0.797	0.797	0.797	0.797	0.797
7.0	0.786	0.788	0.788	0.787	0.787	0.787	0.787	0.787	0.787	0.787	0.787	0.786	0.786	0.786
7.5	0.754	0.756	0.756	0.756	0.756	0.756	0.756	0.755	0.755	0.755	0.755	0.755	0.754	0.754
8.0	0.703	0.705	0.705	0.705	0.704	0.704	0.704	0.704	0.704	0.704	0.703	0.703	0.703	0.703
8.5	0.633	0.635	0.635	0.635	0.634	0.634	0.634	0.634	0.634	0.634	0.633	0.633	0.633	0.633
9.0	0.554	0.555	0.555	0.555	0.555	0.555	0.554	0.554	0.554	0.554	0.554	0.554	0.553	0.553
9.5	0.481	0.484	0.484	0.484	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.482	0.481	0.479	0.477
10.0	0.416	0.422	0.422	0.422	0.422	0.422	0.421	0.421	0.420	0.420	0.419	0.417	0.413	0.409
10.5	0.358	0.367	0.367	0.367	0.367	0.367	0.366	0.365	0.365	0.364	0.362	0.360	0.354	0.350
11.0	0.307	0.320	0.320	0.320	0.320	0.319	0.318	0.317	0.316	0.315	0.312	0.310	0.304	0.301
11.5	0.267	0.281	0.281	0.281	0.280	0.280	0.279	0.277	0.276	0.275	0.272	0.270	0.264	0.261
12.0	0.235	0.250	0.249	0.249	0.249	0.248	0.247	0.245	0.244	0.242	0.240	0.237	0.232	0.228
12.5	0.208	0.224	0.224	0.223	0.222	0.222	0.220	0.219	0.217	0.215	0.213	0.210	0.205	0.202
13.0	0.185	0.203	0.202	0.201	0.200	0.199	0.198	0.196	0.194	0.192	0.190	0.187	0.182	0.179
13.5	0.165	0.183	0.182	0.181	0.180	0.179	0.177	0.175	0.174	0.172	0.170	0.167	0.162	0.160
14.0	0.148	0.166	0.165	0.164	0.163	0.162	0.160	0.158	0.157	0.155	0.153	0.150	0.146	0.143
14.5	0.133	0.152	0.151	0.150	0.148	0.147	0.145	0.144	0.142	0.140	0.138	0.136	0.131	0.129
15.0	0.121	0.139	0.138	0.137	0.136	0.134	0.133	0.131	0.129	0.127	0.125	0.123	0.119	0.117
15.5	0.110	0.128	0.127	0.126	0.124	0.123	0.121	0.119	0.118	0.116	0.114	0.112	0.108	0.106
16.0	0.100	0.119	0.117	0.116	0.115	0.113	0.111	0.110	0.108	0.106	0.104	0.102	0.099	0.097
16.5	0.092	0.110	0.109	0.107	0.106	0.104	0.102	0.101	0.099	0.097	0.095	0.094	0.090	0.089
17.0	0.084	0.103	0.101	0.099	0.098	0.096	0.094	0.093	0.091	0.089	0.088	0.086	0.083	0.081
17.5	0.078	0.096	0.094	0.092	0.091	0.089	0.088	0.086	0.084	0.083	0.081	0.080	0.077	0.075
18.0	0.072	0.089	0.088	0.086	0.084	0.083	0.081	0.080	0.078	0.076	0.075	0.074	0.071	0.070
18.5	0.067	0.083	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.066	0.064
19.0	0.062	0.077	0.076	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.067	0.065	0.064	0.063	0.061	0.060
19.5	0.057	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.056	0.055
20.0	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

6.15 Kurven zur Geräuscentwicklung, geräuschoptimierter Modus SO5

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30% Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Geräuschoptimierter Modus SO5 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	93.5
4	93.7
5	94.3
6	97.2
7	99.0
8	99.0
9	99.0
10	99.0
11	99.0
12	99.0
13	99.0
14	99.0
15	99.0
16	99.0
17	99.0
18	99.0
19	99.0
20	99.0

6.16 Leistungskurven, geräuschoptimierter Modus SO6

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte [kg/m ³]													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	27	9	10	12	13	14	16	18	20	21	23	25	29	32
3.5	144	91	95	100	105	110	115	120	125	129	134	139	149	153
4.0	289	205	212	220	228	235	243	251	258	266	274	281	297	304
4.5	464	341	352	363	375	386	397	408	419	430	441	452	475	486
5.0	669	502	517	532	547	563	578	593	608	624	639	654	685	700
5.5	919	693	714	734	755	775	796	817	837	858	878	899	940	960
6.0	1219	925	952	978	1005	1032	1059	1085	1112	1139	1165	1192	1245	1272
6.5	1559	1190	1224	1257	1291	1325	1358	1392	1425	1459	1492	1526	1592	1626
7.0	1928	1479	1520	1561	1602	1642	1683	1724	1765	1806	1847	1887	1969	2010
7.5	2278	1751	1799	1847	1895	1943	1991	2039	2087	2134	2182	2230	2326	2374
8.0	2603	2004	2058	2113	2168	2222	2277	2331	2386	2440	2495	2549	2658	2712
8.5	2881	2225	2285	2345	2404	2464	2524	2583	2643	2702	2762	2821	2939	2998
9.0	3097	2398	2462	2526	2590	2654	2717	2781	2845	2909	2972	3034	3157	3217
9.5	3237	2522	2588	2656	2722	2790	2856	2922	2988	3054	3115	3176	3290	3342
10.0	3324	2608	2676	2745	2814	2883	2950	3017	3083	3150	3208	3266	3369	3414
10.5	3379	2675	2745	2816	2886	2956	3023	3089	3155	3222	3274	3326	3419	3459
11.0	3412	2737	2809	2881	2952	3024	3086	3147	3209	3270	3318	3365	3449	3485
11.5	3454	2808	2879	2951	3022	3094	3152	3209	3267	3325	3368	3411	3486	3517
12.0	3492	2880	2950	3020	3090	3160	3214	3268	3322	3376	3414	3453	3517	3541
12.5	3519	2947	3014	3082	3150	3218	3268	3318	3368	3418	3451	3485	3538	3557
13.0	3538	3008	3072	3137	3201	3266	3312	3359	3406	3453	3481	3510	3554	3569
13.5	3546	3065	3124	3184	3244	3303	3346	3388	3431	3473	3498	3522	3561	3575
14.0	3561	3125	3181	3238	3294	3351	3389	3426	3464	3502	3522	3541	3573	3586
14.5	3575	3188	3240	3293	3346	3398	3431	3463	3495	3527	3543	3559	3585	3595
15.0	3588	3256	3304	3352	3400	3449	3475	3501	3527	3553	3565	3576	3595	3602
15.5	3599	3327	3369	3410	3452	3493	3513	3533	3553	3572	3581	3590	3604	3609
16.0	3607	3394	3428	3462	3496	3530	3545	3559	3573	3587	3594	3600	3610	3614
16.5	3613	3453	3479	3505	3532	3558	3568	3578	3588	3598	3603	3608	3615	3617
17.0	3617	3504	3523	3541	3560	3579	3586	3593	3601	3608	3611	3614	3618	3620
17.5	3619	3528	3543	3559	3575	3590	3596	3602	3608	3613	3615	3617	3620	3621
18.0	3621	3560	3571	3582	3593	3604	3607	3611	3614	3618	3619	3620	3622	3622
18.5	3622	3584	3592	3599	3606	3613	3615	3617	3619	3620	3621	3621	3622	3622
19.0	3622	3595	3600	3605	3610	3614	3616	3617	3619	3620	3621	3621	3622	3622
19.5	3622	3606	3609	3612	3615	3618	3619	3620	3621	3622	3622	3622	3622	3622
20.0	3622	3613	3615	3617	3618	3620	3621	3621	3622	3622	3622	3622	3622	3622

6.17 Ct-Werte, geräuschoptimierter Modus SO6

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte kg/m ³													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.914	0.912	0.913	0.913	0.914	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915	0.914	0.913	0.913
3.5	0.888	0.894	0.893	0.893	0.893	0.892	0.892	0.891	0.891	0.890	0.890	0.889	0.888	0.887
4.0	0.851	0.857	0.856	0.856	0.855	0.854	0.854	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.851	0.850
4.5	0.822	0.823	0.823	0.823	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822
5.0	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801	0.801
5.5	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
6.0	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802	0.802
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.788	0.788
7.0	0.757	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.757	0.757	0.757	0.757
7.5	0.702	0.704	0.704	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.702	0.702
8.0	0.627	0.629	0.629	0.628	0.628	0.628	0.628	0.628	0.627	0.627	0.627	0.627	0.626	0.626
8.5	0.542	0.544	0.544	0.544	0.544	0.544	0.543	0.543	0.543	0.543	0.543	0.543	0.542	0.542
9.0	0.468	0.469	0.469	0.469	0.469	0.469	0.469	0.468	0.468	0.468	0.468	0.468	0.467	0.466
9.5	0.402	0.406	0.406	0.406	0.405	0.405	0.405	0.405	0.405	0.404	0.404	0.403	0.400	0.398
10.0	0.344	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.349	0.349	0.349	0.348	0.347	0.346	0.342	0.339
10.5	0.296	0.304	0.304	0.304	0.304	0.303	0.303	0.302	0.302	0.301	0.300	0.298	0.293	0.290
11.0	0.256	0.266	0.266	0.266	0.266	0.266	0.265	0.264	0.263	0.262	0.260	0.258	0.253	0.250
11.5	0.224	0.236	0.236	0.236	0.235	0.235	0.234	0.233	0.231	0.230	0.228	0.226	0.222	0.219
12.0	0.198	0.212	0.211	0.211	0.210	0.210	0.208	0.207	0.206	0.204	0.202	0.200	0.195	0.193
12.5	0.176	0.190	0.190	0.189	0.188	0.188	0.186	0.185	0.183	0.182	0.180	0.178	0.173	0.170
13.0	0.157	0.172	0.171	0.170	0.170	0.169	0.167	0.166	0.164	0.163	0.161	0.159	0.154	0.152
13.5	0.140	0.156	0.155	0.154	0.153	0.152	0.150	0.149	0.147	0.146	0.144	0.142	0.138	0.135
14.0	0.126	0.142	0.141	0.140	0.139	0.138	0.137	0.135	0.133	0.132	0.130	0.128	0.124	0.122
14.5	0.114	0.131	0.129	0.128	0.127	0.126	0.124	0.123	0.121	0.120	0.118	0.116	0.112	0.110
15.0	0.103	0.120	0.119	0.118	0.117	0.116	0.114	0.112	0.110	0.109	0.107	0.105	0.102	0.100
15.5	0.094	0.112	0.110	0.109	0.108	0.106	0.104	0.103	0.101	0.099	0.098	0.096	0.092	0.091
16.0	0.086	0.104	0.102	0.101	0.099	0.098	0.096	0.094	0.093	0.091	0.089	0.088	0.084	0.083
16.5	0.079	0.096	0.095	0.093	0.092	0.090	0.088	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.077	0.076
17.0	0.072	0.090	0.088	0.086	0.085	0.083	0.081	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.071	0.070
17.5	0.067	0.083	0.082	0.080	0.079	0.077	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.068	0.066	0.065
18.0	0.062	0.078	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063	0.061	0.060
18.5	0.057	0.072	0.071	0.069	0.068	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.056	0.055
19.0	0.053	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.054	0.052	0.051
19.5	0.049	0.062	0.061	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048
20.0	0.046	0.058	0.057	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.045	0.045

6.18 Kurven zur Geräuscentwicklung, geräuschoptimierter Modus SO6

Schallleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schallleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz in Nabenhöhe: 30% Anströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schallleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Geräuschoptimierter Modus SO6 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	93.5
4	93.7
5	94.3
6	97.1
7	98.0
8	98.0
9	98.0
10	98.0
11	98.0
12	98.0
13	98.0
14	98.0
15	98.0
16	98.0
17	98.0
18	98.0
19	98.0
20	98.0