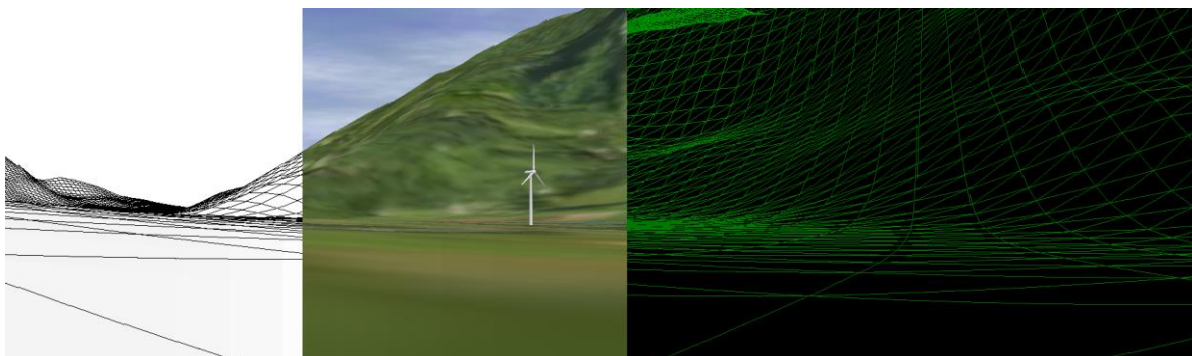


Calandawind Erweiterung

Vorprojekt Oldis II



Calandawind AG

Feldstrasse 17

7023 Haldenstein

März 2022

Calandawind Erweiterung

Vorprojekt Oldis II

Standort: Oldis, 7023 Haldenstein bei Chur

Betreiber: Calandawind AG
Feldstrasse 17
7023 Haldenstein
Jürg Michel, Geschäftsführer
+41 79 632 62 70, juerg.michel@freesurf.ch

Mitarbeit:

Raumplanung Stauffer & Studach Raumentwicklung
Alexanderstrasse 38, 7000 Chur
Andri Foppa +41 81 258 34 74, a.foppa@stauffer-studach.ch

**Windmessungen,
Ertragsprognosen,
Visualisierungen** Interwind AG
Buchzelgweg 5, 8053 Zürich
Mehmet Hanagasioglu +41 44 383 16 27, mehmet@interwind.ch

Datengrundlagen: Winddaten Oldis Chur:
Power / Thrust Curves, Vestas V112, Vestas V136
Winddaten Messmast Oldis (10 min Werte, 12 Monate, Mai 08 - April 09)
Winddaten Messstation Chur (10 min Werte, 12 Monate, Mai 08 - April 09)
Winddaten Messstation Chur (1 h Werte, 20 Jahre, Mai 88 - April 08)
Winddaten SODAR Oldis (10 min Werte, 9. Juli - 7. Oktober 2008)
Spidar Lidar Daten Oldis ((10 min Werte, 3 Jahre Juni 2017 – Juni 2019)
Topographische Karten, map.geo.admin.ch, geogr_swissalti3d_av_lv95.xyz
Leitungen: Swissgrid Datum 26.05.2020, TR2010_Bonaduz-Ruethi.dxf,
TR1420B_Benken-Sils.dxf
Parzellen: Amtliche Vermessung 26.05.20- AV_LV95_20200526.dxf
Fotos für Visualisierungen: Flori-Videoproduktion, Araschgerstrasse 8, 7000 Chur

Software: Interwind, Prognos, Version 1.1.07
Microsoft, Excel
Windographer, Version 4.0.27
windPRO, Version 3.4
WindSim, Version 2020

Datum: März 2022

Zusammenfassung

Die erste Windenergieanlage der Calandawind AG, ein Vestas V112 3.3 MW Anlage mit 112m Rotordurchmesser und 119m Nabenhöhe wurde im 2013 installiert. Die Anlage hat die Erwartungen der Calandawind AG erfüllt. Jetzt plant sie, ca. 750 m südlich vom Werkhof des Kieswerks Oldis, eine zweite Windenergieanlage zu bauen.

Zwischen den diversen Anlagen Modellen wurde für dieses Vorprojekt die Vestas V136 4.2 MW mit 136 m Rotordurchmesser und 132 m Nabenhöhe ausgewählt. Die Eignung der Anlage für diesen Standort wurde vom Hersteller geprüft. Windpotenzial am Standort der geplanten Anlage und gegenseitige Beeinflussung der Anlagen wurden mittels CFD Analyse (WindSim) untersucht. Mit der V136 könnte den Ertrag des Windparks von 4.46 GWh zu 11.83 GWh erhöht werden. Der Standort der geplanten Anlage befindet sich in einem Vorranggebiet für Windenergieanlagen gemäss kantonalem Richtplan Graubünden. Das Vorranggebiet ist im Koordinationsstand einer Vororientierung eingetragen (Objekt 27.WE.02; durch den Bund am 30.4.2021 genehmigt).

Weil die geplante Anlage in unmittelbarer Nähe der Swissgrid-Leitungen TR 2010 Bonaduz – Rüthi (220 kV) und TR 1420 Benken – Sils (380 kV) liegt, wurde der Standort vorgängig mit Swissgrid besprochen. Swissgrid liess durch einen externen Dienstleister mögliche Einflüsse der geplanten Anlage überprüfen. Ein grundsätzliches Hindernis für die Windkraftwerksanlage ist nach heutigem Kenntnisstand nicht gegeben. Zur weiteren technischen Beurteilung wurde das Vorprojekt an den Guichet Unique Windenergie des Bundesamtes für Energie eingereicht. Alle kontaktierte Behörden, BAZIL-SIAP, BAKOM, Skyguide, MeteoSchweiz, VBS, sowie Swissgrid haben das Vorprojekt positiv beurteilt. Die Abklärungen zur Umweltverträglichkeit betreffend die technischen Belange von Windenergieanlagen ergeben folgendes Bild:

- **Lärmschutz:** Die Ergebnisse für die beiden Anlagen in Haldenstein zeigen, dass sowohl tagsüber als auch nachts die Planungswerte von 60 dB(A) bzw. 50 dB(A) an sämtlichen Immissionspunkten ohne Schallreduktionsmassnahmen unterschritten werden.
- **Schattenwurf:** An 5 der insgesamt 10 identifizierten Immissionspunkte sind Grenzwertüberschreitungen zu erwarten. Um die Grenzwertüberschreitungen zu verhindern, wird die projektierte Anlage mit einem sogenannten Schattenwurf-Detektor ausgerüstet, der die Anlage automatisch abstellt, wenn die Grenzwerte erreicht werden.
- **Sichtbarkeit:** Neben der Stadt Chur sind die beiden WEA auch bis Landquart zu sehen. Es ist aber auch klar zu erkennen, dass nur sehr wenige Personen durch die Sichtbarkeit der zusätzlichen WEA beeinflusst werden. Bei den allermeisten Betroffenen war bereits die bestehende WEA im sichtbaren Bereich.
- **Eiswurf:** Unter Berücksichtigung der Sicherheitsaspekte wird Oldis II auch mit einem Eisdetektor und zusätzlich mit einer Heizung für Rotorblätter ausgerüstet. Die Rotorblatt-Heizung bringt einerseits grössere Erträge (weil auch geringe Vereisung die Aerodynamik der Rotorblätter ungünstig beeinflusst) und Eisfall (fallende Eisstücke als Resultat tauender Blätter) weitgehend verhindert.
- **Fotomontagen:** Um den Einfluss des erweiterten Calandawind Windparks abzuschätzen, wurden an 8 ausgewählten Standorten Fotomontagen der Anlage V136 (132 m Nabenhöhe) gemacht.

Die Auswirkungen des Vorhabens auf die weiteren Umweltbereiche werden im Umweltverträglichkeitsbericht abgehandelt. Dieser stützt sich auf die Fachberichte betreffend Vogel-, Fledermaus- und Wildtierschutz.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	3
1 STANDORT	7
1.1. Ausgangslage	7
1.2. Standortauswahl, Technische Vorgaben	8
2 ANLAGEN	10
2.1. Variantenstudien	10
2.2. Auswahl für Vorstudie	10
3 ERSCHLIESSUNG	11
4 EINSPEISEMÖGLICHKEITEN	12
5 WINDPOTENZIAL	13
6 JAHRESPRODUKTION	14
6.1. Produktionsdaten der Anlage Oldis II, V112	14
6.2. Prognostizierte Produktionsdaten der Anlagen Oldis I und Oldis II	14
6.3. Vergleich der Produktion verschiedener Anlagenkombinationen	15
7 TECHNISCHE BEURTEILUNG	16
7.1. BAZL-SIAP	16
7.2. BAKOM	16
7.3. Skyguide	16
7.4. MeteoSchweiz (Wetter Radars)	17
7.5. VBS	17
7.6. Sicherheit Hochspannungsleitungen	18
8 UMWELTVERTRÄGLICHKEIT, TECHNISCHE BELANGE VON WEA	19
8.1. Lärmschutz	19
8.2. Schattenwurf	19
8.3. Sichtbarkeit	20
8.4. Eiswurf	20

8.5.	Landschaft – Visualisierungen	21
9	UMWELTVERTRÄGLICHKEIT, FAUNA	22
10	RAUMPLANUNG	23
10.1.	Kantonale Richtplanung	23
10.2.	Kommunale Nutzungsplanung	23
	TABELLENVERZEICHNIS	25
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	25
11	ANHANG I, ANLAGEN DATEN	26
12	ANHANG II, WINDPOTENTIAL	27
12.1.	Spidar Wind Lidar Messungen	27
12.2.	Jahres- und Monatsmittelwerte	28
12.3.	Weibullverteilung	29
12.4.	Windrose	29
12.5.	Tagesgang	30
12.6.	Resultate CFD Analyse	31
13	ANHANG III, STELLUNGNAHMEN BETROFFENEN BEHÖRDEN	32
13.1.	BAZL-SIAP	32
13.2.	BAKOM	32
13.3.	skyguide	32
13.4.	MeteoSchweiz	32
13.5.	VBS	32
14	ANHANG IV, UMWELTGUTACHTEN, TECHNISCH	33
14.1.	Lärmschutz	33
14.2.	Schattenwurf	33
14.3.	Sichtbarkeit	33
14.4.	Landschaft - Visualisierungen	33

Glossar und Abkürzungsverzeichnis

Anlage	Windenergieanlage, auch WEA
BAKOM	Bundesamt für Kommunikation
BAZL-SIAP	Bundesamt für Zivilluftfahrt, Sicherheit Infrastruktur, Flugplätze und Luftfahrthindernisse
CFD	Computational Fluid Dynamics (numerische Strömungssimulation)
GW / GWh	Gigawatt / Gigawattstunden
kW / kWh	Kilowatt / Kilowattstunde
LIDAR	Abkürzung für engl. «Light Detection And Ranging», ist eine dem Radar sehr verwandte Methode zur optischen Abstands- und Geschwindigkeitsmessung sowie zur Fernmessung atmosphärischer Parameter
Lärmschutz-Verordnung	8.14.41 Lärmschutz-Verordnung, vom 15. Dezember 1986 (Stand am 7. Mai 2019). Insbesondere Ermittlung und Beurteilung von Industrie- und Gewerbelärm, Vollzugshilfe für Industrie- und Gewerbeanlagen (www.bafu.admin.ch/uv-1636-d)
MeteoSchweiz	Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz
ü.M.	(Meter) über Meer
MW / MWh	Megawatt / Megawattstunde
Oldis I	bestehende 3 MW Anlage der Calandawind AG am Kieswerk Oldis, Haldenstein
Oldis II	geplante 4.2 MW Anlage der Calandawind Anlage
Standort	Zusammenhängendes Gebiet, das zur Nutzung der Windenergie geeignet ist. Als Windanlagenstandort ist die Situation der Anlage bezeichnet. In dieser Studie bezeichnet «Standort» auch die Position einer WEA
skyguide	swiss air navigation services ltd
SpiDAR	Markenzeichen für das Wind LiDAR der Firma NRG Systems
UVB	Umweltverträglichkeitsbericht
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VBS	Bundesamt für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport
WEA	Windenergieanlage (Windkraftanlage)
Windographer	Wind Resource Assessment Software der Firma AWS Truepower, LLC, Albany, NY 12205
WindSim	Spezialisierte CFD Software für Windenergieanwendungen, WindSim AS, N-3125 Tønsberg, Norway

1 Standort

1.1. Ausgangslage

Die bestehende Windenergieanlage befindet sich im Rheintal, westlich des Rheins und südlich angrenzend an den Werkhof des Kieswerks Oldis (Abb. 1). Die Talsohle liegt auf ca. 500 m ü. M. und wird von bis zu 2'800 m hohen Bergen flankiert.

Bereits für die Planung der ersten Windenergieanlage der Calandawind AG in 2008 wurden Messungen mittels Mast (roter Kreis) und SODAR (blauer Kreis) unternommen. Diese wurden mit Spidar Lidar Messungen ergänzt. Die nähere Umgebung der Messungen kann wie folgt charakterisiert werden: Nordnordwestlich bis Nordnordöstlich (Hauptwindrichtung) vom Mast befindet sich das Kieswerk Oldis, mit ca. 25-30 m hohen Gebäuden. Anschliessend verläuft eine Baumreihe (30-35 m Höhe) bis östlich des Mastes parallel zum ca. 50 m breiten Rhein. Einzelne Bäume und Gebüsch säumen gegen Süden das Ufer des Rheins. Im Süden befinden sich ein kleiner Baggersee und landwirtschaftlich genutzte Landparzellen (während der Messkampagne wurde dort Mais angepflanzt). Von Südwesten bis Norden grenzen die steilen, im unteren Teil bewaldeten Hänge des Calandas den Standort ab. Im Nordwesten, ca. 400 m vom Mast entfernt, bildet eine steile Felswand einen Grat, der von Westen nach Osten verläuft und nördlich des Kieswerks im Rhein endet.

Die erste Windenergieanlage, ein Vestas V112 3.3 MW Anlage mit 112m Rotordurchmesser und 119m Nabenhöhe wurde in 2013 installiert. Die Anlage hat die Erwartungen der Calandawind AG erfüllt. Jetzt plant sie, ca. 750m südlich vom Werkhof des Kieswerks Oldis, eine zweite Windenergieanlage zu bauen.

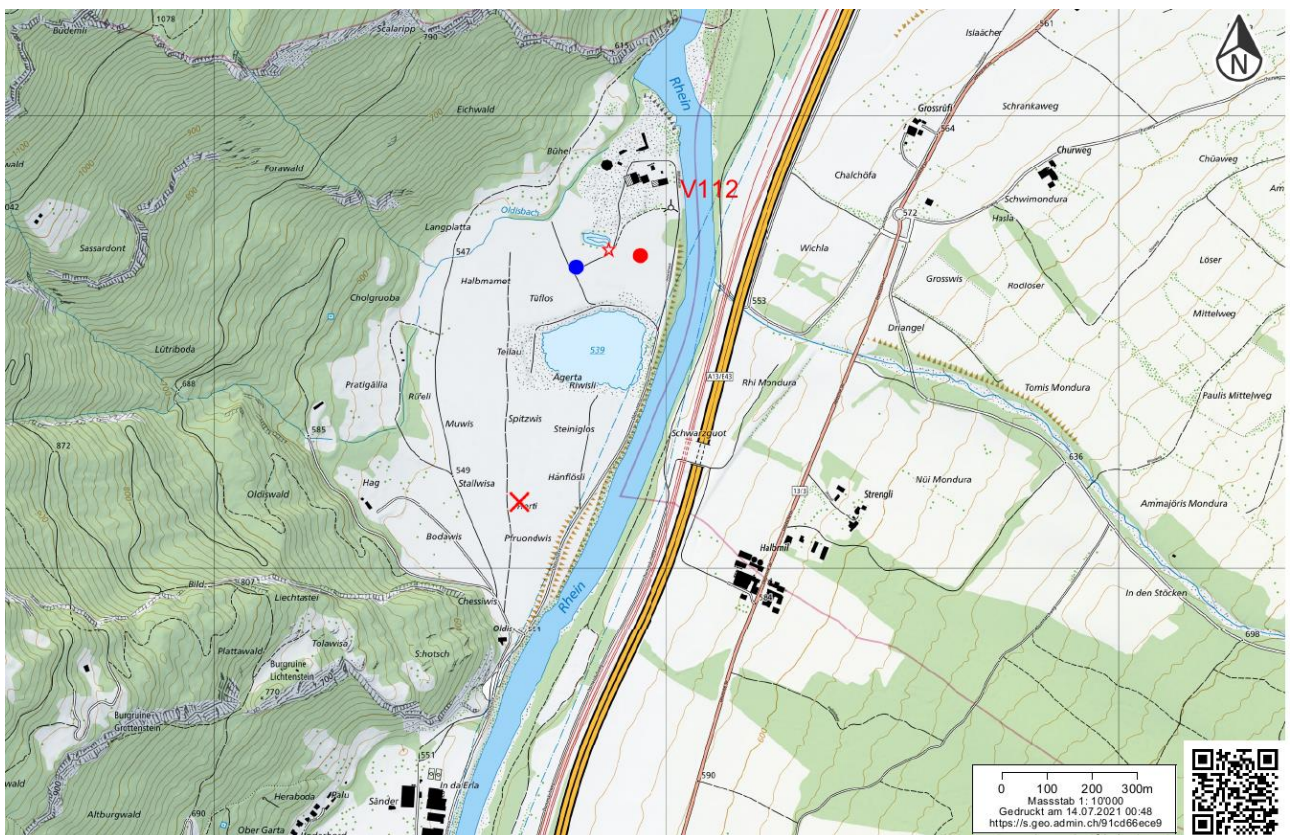


Abb. 1: Situationsplan mit Windmessungen (roter Kreis 50m Mast, blauer Kreis SODAR, roter Stern Spidar) und Anlagenstandorten (V112 Oldis I - bestehend, rotes Kreuz Oldis II – geplant)

1.2. Standortauswahl, Technische Vorgaben

Bei der Wahl des Standorts einer Windenergieanlage (WEA) in einem Windpark sind drei *technische* Überlegungen ausschlaggebend:

1. Optimierung der Gesamtproduktion
2. Minimierung der Belastung aller WEA, um einen möglichst störungsfreien Betrieb zu gewährleisten
3. Minimierung der Belastung anderer Infrastrukturen (im vorliegenden Fall Stromleitungen der Swissgrid)

Die erste Überlegung betrifft die Positionierung der WEA an einem Standort mit der maximal möglichen Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe. Eine spezielle CFD-Software ermöglicht die Modellierung der im Projektgebiet vorherrschenden Windgeschwindigkeiten (siehe Abbildung 2). Gemäss Modell nehmen die Windgeschwindigkeiten mit zunehmender Nähe zum Hangfuss des Calandas sprunghaft ab (Windschatten der Felsnase «Schotsch»). Aus diesem Grund ist die WEA möglichst nahe am Rhein zu positionieren.

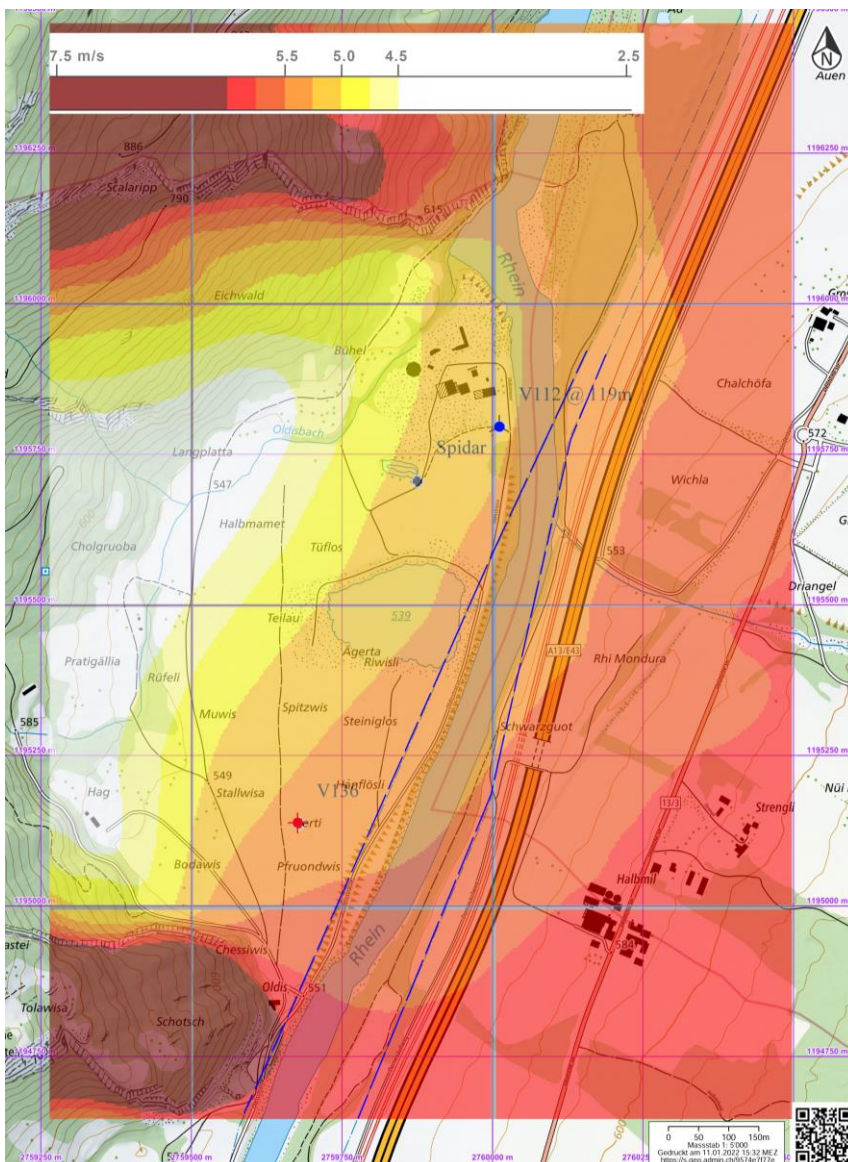


Abb. 2: Durch WindSim generiertes CFD Modell, Windgeschwindigkeitskarte Oldis

Die zweite und dritte Überlegungen erfordern die Kenntnis der Turbulenzen, die durch die Topographie (so genannte Umgebungsturbulenzen) und die WEA im Park (so genannte Nachlaufeffekte) entstehen. Diese Faktoren wirken sich negativ auf die Energieerzeugung aus und führen zu einer erhöhten strukturellen Belastung der WEA und anderer Infrastrukturen in der unmittelbaren Umgebung der Turbinen. Die Umgebungsturbulenz ist ein standortspezifischer Parameter und kann nicht kontrolliert werden. Nachlaufeffekte können durch Optimierung des Abstands zwischen den Windturbinen im Park und ihrer Positionierung in Bezug auf die nahe gelegene Infrastruktur minimiert werden. Ähnlich verhält es sich mit dem Abstand zur bestehenden Anlage. Je grösser der Abstand zwischen den beiden Anlagen, umso geringer ist die gegenseitige Beeinflussung. Diese wurde bei der Standortauswahl berücksichtigt.

Nebst den technischen Kriterien sind auch raumplanerische Anforderungen massgebend für die Standortauswahl. Im Gebiet Oldis sind Abstände zur Wildtierbrücke, Erdgasleitung, Hochspannungsleitung und zum bewohnten Oldishaus zu berücksichtigen (siehe Abbildung 3). Rund 300 m nördlich des vorgesehenen Standorts befindet sich die Grenze des rechtskräftigen Materialabbauperimeters der Kieswerk Oldis AG. Innerhalb der Lebensdauer der Windenergieanlage von rund 25 Jahren ergeben sich gemäss Rücksprache mit der Kieswerk Oldis AG keine Konflikte mit den langfristigen Abbauplänen des Kieswerks.

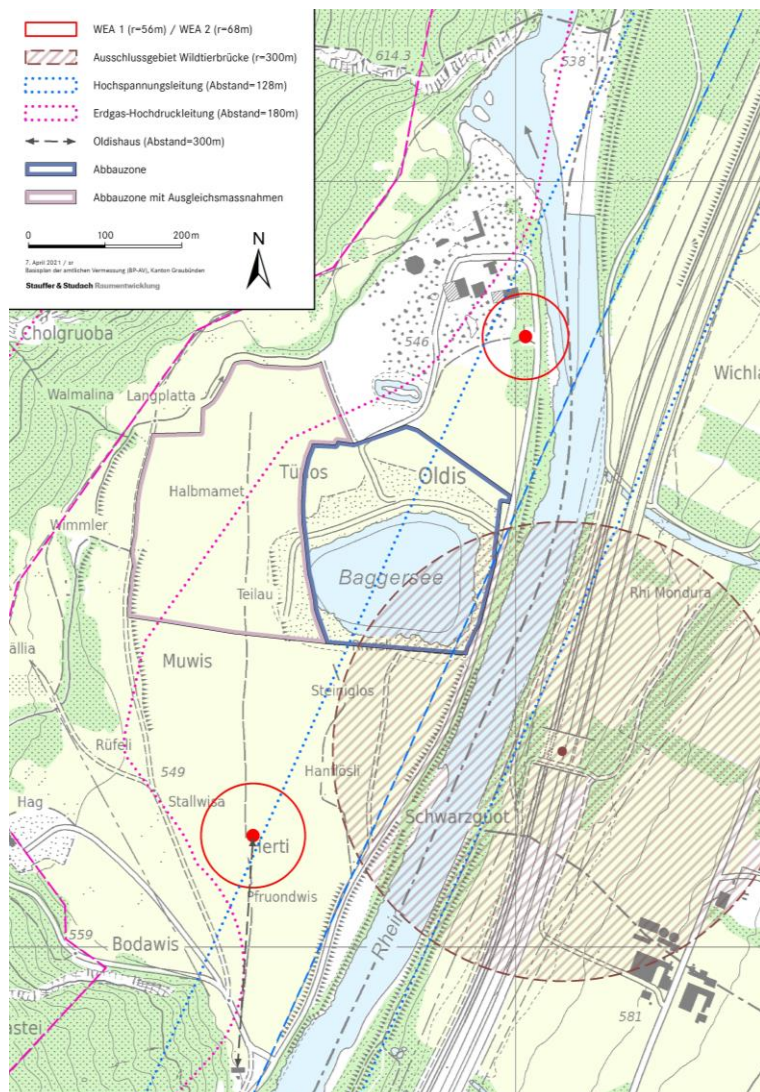


Abb. 3: Zu berücksichtigende Abstände im Gebiet Oldis.

2 Anlagen

2.1. Variantenstudien

Für die Erweiterung des Calandawind Projektes wurden verschiedene Anlagen studiert. Unter anderem Vestas V112 3.0 MW, V136 3.5 MW, V136 4.2 MW, Enercon E138 3.5MW, E138 4.2MW, Nordex N131 3.3 MW und Senvion 4.2M148 EBC.

2.2. Auswahl für Vorstudie

Drei von diesen Anlagen jeweils mit verschiedenen Naben- und Gesamthöhen wurden genauer untersucht. Diese sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Parameter	Oldis I, bestehend	Oldis II, geplant		
Modelle	(Vestas V112)	Variante 1 (Vestas V136)	Variante 2 (Enercon E138)	Variante 3 (Enercon E138)
Nabenhöhe	119 m	112 m, 132 m , 149 m	110 m	131 m
Rotorradius	56 m	68 m	69 m	69 m
Gesamthöhe	175 m	180 m, 200 m , 217 m	179 m	200 m
Installierte Leistung	3.3 MW	4.2 MW	4.2 MW	4.2 MW

Tab. 1: Oldis I und Varianten Oldis II

Vestas V136 ist mit Nabenhöhen 112 m, 132 m und 149 m erhältlich. Aufgrund Ertrag, Abschattungsverluste, Landschaftsbild und nicht zuletzt betrieblichen Überlegungen wurde für dieses Vorprojekt Vestast V136, mit 4.2 MW installierter Lesitung und 132 m Nabenhöhe ausgewählt. Eignung der Anlage für diesen Standort wurde vom Hersteller geprüft.

Weitere Angaben zu den Anlagen Oldis I und Oldis II befinden sich im Anhang.

Diese Auswahl ist nicht definitiv und nur für diese Vorstudie vorgesehen.

3 Erschliessung

Die Dimensionen der Anlagen sind in der Tab 2 aufgeführt:

Modell	V112	V136
Rotorblattlänge m	54.65 m	67 m
Turmhöhe	119 m	132 m

Tab. 2: Dimensionen der Anlagen

Die Erschliessung erfolgt über die asphaltierte Strasse des Kieswerkes Oldis. Vor 8 Jahren konnte V112 ohne grössere Aufwendungen installiert werden. Die WKA V136 ist grösser, was die Erschliessung schwieriger macht. Dafür gibt es neue Transportwerkzeuge und Kräne, die die grösseren Anlagen auch an die schwierigsten Standorten liefern und installieren können.

Eine detaillierte Streckenstudie für die definitive Anlage wird später erstellt.

4 Einspeisemöglichkeiten

Das Ingenieurbüro Brüniger + Co. AG hat im Auftrag der Leitungsinhaberin (IBC Energie Wasser Chur) drei Varianten für die Einspeisung der durch Oldis II erzeugten Energie ins Leitungsnetz erarbeitet (Vernetzung Unterwerk Titt–Oldis). Favorisiert wird die Variante einer neuen, parallel geführten 10 kV 240 mm² Cu Leitung für die neue 4.2 MVA Windenergieanlage mit Verstärkung der bestehenden Trafostation beim Oldishaus und Ersatz der Mittelspannungstrennkabine. Die Varianten befinden sich derzeit bei der Eidgenössischen Elektrizitätskommission EICom in Prüfung.

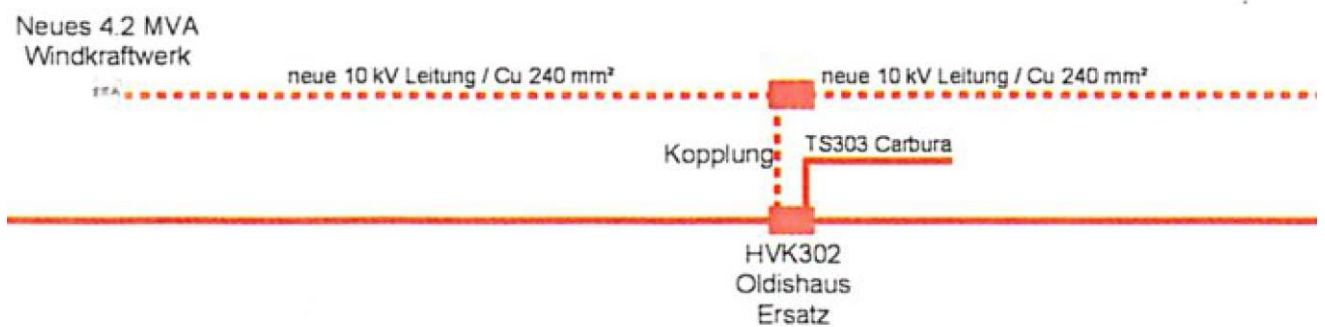


Abb. 4: Auszug Situationsplan Oldis–UW Titt mit 3 Varianten für neue Windenergieanlage.

5 Windpotenzial

Das Windpotenzial des Standortes Oldis I ist erwiesen. Das Windpotenzial des Standortes Oldis II wurde mit zusätzlichen CFD Analysen ermittelt.

In der folgenden Tabelle bezeichnet das Wort "frei" die Windressourcen (Mittlere Windgeschwindigkeit und Weibull Parameter A und k) die am Standort der Anlagen. Die Anlagen jedoch beschatten sich gegenseitig, was eine Reduzierung der Windressourcen bedeutet. Diese reduzierte Werte sind die "effektiven". Weitere Angaben zum Windpotenzial sind im Anhang II aufgeführt.

Anlage	frei			effektiv		
	Windgeschwindigkeit m/s	A m/s	k -	Windgeschwindigkeit m/s	A m/s	k -
V136-4.2MW	5.34	6.03	2.17	5.18	5.85	2.17
V112-3.3MW	5.18	5.85	2.28	5.10	5.76	2.28

Tab. 3: Freie und effektive Langzeitressourcen an Anlagen Standorten

6 Jahresproduktion

6.1. Produktionsdaten der Anlage Oldis II, V112

Bisherige Produktionsdaten der Oldis I (V112) sind in der folgenden Tab. 4 aufgeführt¹:

Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Mittelwert
Produktion V112 (GWh)	4.34	4.28	4.37	4.14	4.92	4.64	4.54	4.46

Tab. 4: Produktionsdaten der V112 in den vergangenen 7 Jahren

Diese Werte sind die Nettoproduktion abzüglich aller Verluste, inkl. Abschalten zum Schutz der Fledermäuse.

6.2. Prognostizierte Produktionsdaten der Anlagen Oldis I und Oldis II

Aufgrund der CFD Analyse mit unter Berücksichtigung der gegenseitigen Abschattungsverluste werden folgende Erträge prognostiziert:

Anlage	X	Y	Höhe ü.M.	Naben- höhe	Gross Produktion	Wake Loss	abzüglich Wake Losses
	m	m	m	m	MWh	-	MWh
V136-4.2MW	2'759'658	1'195'145	546	132	7'907.9	7.4 %	7'321.2
V112-3.3MW	2'760'010	1'195'797	548	119	4'760.2	5.3 %	4'510.0
Oldis I + II					12'668.1	6.6 %	11'831.2

Tab. 5: Prognostizierte Produktionsdaten der Anlagen Oldis I und Oldis II, V136 mit 132 m NH

Anlagenverfügbarkeit und Verluste basieren auf der effektiven Produktion der V112. Es wird angenommen, dass diese auch für V136 gelten werden.

¹ https://api3.geo.admin.ch/rest/services/ech/MapServer/ch.bfe.windenergieanlagen/facility_HAL/extendedHtmlPopup?lang=de

6.3. Vergleich der Produktion verschiedener Anlagenkombinationen

Kombination	Grossproduktion GWh	Abzüglich Wake Losses GWh	Differenz %
V112 119m NH + V136 112m NH	12.3	11.5	100%
V112 119m NH + V136 132m NH	12.7	11.8	103%
V112 119m NH + V136 149m NH	13.4	12.6	110%

Tab. 6: Einfluss der Nabenhöhe Oldis II auf Produktion

7 Technische Beurteilung

7.1. BAZL-SIAP²

Bezüglich den potenziellen Windenergieanlagen in den vorgesehenen Gebieten gibt BAZL-SIAP eine positive Stellungnahme ab. Diese Stellungnahme ist ab Ausstellungsdatum vier Jahre gültig, sofern die technischen Parameter des Projektes (Formular B) nicht geändert werden.

7.2. BAKOM³

Bei der bestehenden Anlage sind keine Störungen bekannt. Im Sinne einer Momentaufnahme der aktuellen Situation der zivilen Richtfunknetze und ohne Rechtsanspruch sendet BAKOM folgende Beurteilung:

Anhand der derzeit in Betrieb befindlichen zivilen Richtfunkstrecken sind Beeinflussungen kaum wahrscheinlich.

7.3. Skyguide⁴

Die erste WEA ist bereits länger in Betrieb und wurde durch Skyguide im Jahr 2011 auf Vereinbarkeit mit der Flugsicherung geprüft. Daher konzentriert sich das vorliegende Schreiben auf den neuen Standort der Erweiterung.

Instrumentenflugverfahren (IFP)

Der Windpark Oldis / Haldenstein beeinträchtigt keine ATS Routen, LFN Routen oder IFP. Der Windparkentwickler soll sich bei Skyguide ein Jahr vor Baustart der WEA melden, damit die Publikation des Verfahrens «LSMC SID MC702 xH» angepasst werden kann. Dies wurde bereits für die bestehende WEA «WT 248-GR-30103» so gemacht. Der Aufwand wird dem Windenergieentwickler in Rechnung gestellt.

CNS-Systeme

Der Windpark befindet sich innerhalb der Schutzzone des Primärradars Holberg (HL2P). Es besteht keine Sichtbarkeit. Ein Einfluss der WEA Oldis / Haldenstein auf die CNS-Anlagen von Skyguide ist vernachlässigbar.

IFP = Instrument Flight Procedures
ATS= Air Traffic Service
LFN= Low Flight Network (Helikopter-Tiefflurouten), Helikopterlandeplatz Kantonsspital Graubünden in Chur
SID= Standard Instrument Departure
CNS= Communication, Navigation and Surveillance

² [760177513] Stellungnahme SIAP zu TBV _ Oldis II, Erweiterung Haldenstein GR _ ID-166, 30.08.2021

³ BAKOM_Stellungnahme_Oldis II Haldenstein_GR_ID-166, 2021.09.21

⁴ skyguide_Stellungnahme_Oldis II Haldenstein_GR_ID-166, 2021.10.20

Für das vorliegende Projekt spricht Skyguide aus obengenannten Gründen eine positive Stellungnahme aus.

7.4. MeteoSchweiz (Wetter Radars)⁵

Gemäss MeteoSchweiz sind, unabhängig der Materialverwendung mögliche Störungen des Betriebes der meteorologischen Instrumente durch die projektierten Windkraftanlagen/ Windturbinen gleich Null oder sehr gering sind. Demzufolge hat Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz zu dem erwähnten Projekt keine Vorbehalte.



Abb. 5: Standorte der Wetterradare von MeteoSchweiz.

7.5. VBS

Das VBS stimmt der geplanten Windenergieanlage des Windparkprojektes Oldis II unter den im Anhang III, 13.5 genannten technischen Auflagen und Hinweisen zu.

⁵ MeteoSchweiz_Stellungnahme_Oldis II_Haldenstein_GR_ID-166, 2021.08.26

7.6. Sicherheit Hochspannungsleitungen

Abklärungen mit Swissgrid im 2020. Aussage Swissgrid⁶

Sehr geehrter Herr Michel

Ich nehme Bezug auf das Telefonat mit Mehmet Hanagasioglu vom Freitag, den 25.10.2020 und kann Ihnen dazu folgende Auskünfte geben.

Die Swissgrid ist seit 2013 Eigentümerin des Schweizer Übertragungsnetzes. Ihr über 6700 Kilometer langes Netz transportiert die elektrische Energie mit einer Spannung von 380 und 220 Kilovolt (kV). Zum Übertragungsnetz gehören nebst allen Leitungen auch 146 Schaltanlagen. Swissgrid sorgt durch regelmässigen Unterhalt, Erneuerung und einen bedarfsgerechten Ausbau, dafür, dass das Übertragungsnetz stabil und sicher ist. Damit leistet Swissgrid einen wichtigen Beitrag für die Versorgungssicherheit in der Schweiz.

Swissgrid hat auf Basis der von Ihnen zur Verfügung gestellten Unterlagen mögliche Einflüsse der in der Gemeinde Haldenstein geplanten Windkraftwerksanlage Oldis (Koordinaten 2°759'657.7 / 1°195'145.3, max. Rotordurchmesser 136m) auf die Swissgrid-Leitungen TR 2010 Bonaduz – Rüthi (220 kV) und TR 1420 Benken – Sils (380 kV) durch einen externen Dienstleister überprüfen lassen (siehe Studien in der Beilage). Die Studien haben gezeigt, dass sich die geplante Windkraftwerksanlage mit den genannten Leitungen vereinbaren lässt, sofern spezielle Sicherungsmassnahmen (Montage Schwingungsdämpfer, Ersatz Feldabstandshalter etc.) an den Leitungen getroffen werden. Ein grundsätzliches Hindernis für die Windkraftwerksanlage ist nach heutigem Kenntnisstand nicht gegeben.

Da die Sicherungsmassnahmen durch die Windkraftwerksanlage notwendig werden, müssen die entstehenden Kosten durch die Betreiberin der Windkraftwerksanlage getragen werden, wozu wir bei fortgeschrittenem Projektstand den Abschluss einer Vereinbarung vorsehen. Weiter weisen wir Sie darauf hin, dass wir uns allfällige Schadenersatzforderungen für Schäden an den Swissgrid-Leitungen, die sich aus dem Betrieb der Windkraftwerksanlage (z.B. Rotorbruch, Eiswurf etc.) ergeben, vorbehalten.

⁶ E-Mail Sibio Michele, Grid Maintenance Manager, Swissgrid AG, Stützpunkt Graubünden, 7302 Landquart, Donnerstag, 1. Oktober 2020 19:01

8 Umweltverträglichkeit, technische Belange von WEA

8.1. Lärmschutz

Gemäss Meteotest Studie⁷ werden Anforderungen der Lärmschutzverordnung auch im Betrieb mit zwei Anlagen, Oldis I und Oldis II eingehalten. Die Ergebnisse für die beiden Anlagen in Haldenstein zeigen, dass sowohl tagsüber als auch nachts werden die Planungswerte von 60 dB(A) bzw. 50 dB(A) an sämtlichen Immissionspunkten **ohne Schallreduktionsmassnahmen** unterschritten.

Tagsüber wird der Planungswert (60 dB(A)) an sämtlichen Immissionspunkten um mehr als 10 dB(A) unterschritten. Es kommt selbst unter der zusätzlichen Berücksichtigung der Berechnungsunsicherheit von -6/+3 dB(A) zu keiner Grenzwertüberschreitung.

In der Nacht wird der Planungswert (50 dB(A)) an sämtlichen Immissionspunkten eingehalten. Es kommt selbst unter der zusätzlichen Berücksichtigung der Berechnungsunsicherheit von -6/+3 dB(A) zu keiner Grenzwertüberschreitung.

8.2. Schattenwurf

In der Schweiz existieren zurzeit keine Richtlinien bezüglich der Beurteilung der Schattenwurfimmissionen durch WEA. Entsprechend der Empfehlung vom BFE werden die deutschen Leitlinien auf die Schweiz übertragen. Diese legen eine Begrenzung der astronomisch maximal möglichen Schattenwurfdauer (SWD) auf 30 Stunden pro Jahr und 30 Minuten pro Tag fest. Zudem wird verlangt, dass bei einer Überschreitung der realen, also tatsächlich gemessenen SWD von acht Stunden pro Jahr Massnahmen zur Reduktion des Schattenwurfs getroffen werden.

Gemäss Meteotest Studie⁸ sind bei 5 der insgesamt 10 identifizierten Immissionspunkten Grenzwertüberschreitungen zu erwarten. Um die Grenzwertüberschreitungen zu verhindern wird die projektierte Anlage mit einem sogenannten Schattenwurf-Detektor ausgerüstet, der die Anlage automatisch abstellt, wenn die Grenzwerte erreicht werden.

Durch diese Abschaltautomatik kann der Schattenwurf auf die zulässige Beschattungsdauer begrenzt werden. Damit kann der Schattenwurf immer so weit reduziert werden, dass eine Einhaltung der Richtwerte sichergestellt wird (Windenergie-Handbuch). Die Abschaltautomatik berücksichtigt mittels Strahlungs- und Beleuchtungsstärke-Sensoren die Intensität des Sonnenlichts und erfasst die tatsächliche Beschattungssituation. Die reale, also tatsächliche Beschattungsdauer ist auf acht Stunden pro Jahr zu begrenzen. Dies entspricht in etwa den 30 Stunden pro Jahr astronomisch maximal mögliche SWD. Wird der tägliche Richtwert von 30 Minuten an mindestens drei Tagen überschritten, ist die tägliche Beschattungsdauer auf 30 Minuten zu begrenzen. Es wird empfohlen, die Daten zu Sonnenscheindauer und Abschaltzeiten über mindestens ein Jahr zu dokumentieren (WEA-Schattenwurf-Hinweise), um die Abschaltalgorithmus zu realen Bedingungen anzupassen.

⁷ Schallgutachten_Haldenstein, Schlussbericht, Meteotest Bern, 03.09.2021

⁸ Schattenwurfgutachten_Haldenstein, Schlussbericht, Meteotest Bern, 31.08.2021

8.3. Sichtbarkeit

In der Meteotest Studie⁹ geht man von insgesamt 69'511 Bewohnern aus, die in einem Umkreis von 10 km um die beiden WEA leben. Insgesamt rund 43'500 Bewohner (62.6%) sehen mindestens eine WEA von ihrem Wohnort aus. Für 54.6% der Bevölkerung (rund 38'000 Bewohner) sind WEA in weniger als 5 km sichtbar und

für 7.5% (rund 5'200 Bewohner) liegt eine sichtbare Anlage innerhalb von 2.5 km. Lediglich 3 Betroffene sehen eine Anlage im unmittelbaren Nahbereich von maximal 500 m Entfernung.

Neben der Stadt Chur sind die beiden WEA auch bis Landquart zu sehen. Es ist aber auch klar zu erkennen, dass nur sehr wenige Personen durch die Sichtbarkeit der zusätzlichen WEA beeinflusst werden. Bei den allermeisten Betroffenen war bereits die bestehende WEA im sichtbaren Bereich. Es gilt hier nochmals zu erwähnen, dass nur der Wald als Sichthindernis berücksichtigt wurde, nicht aber Gebäude oder Vegetation in Siedlungsgebieten. Es ist daher davon auszugehen, dass in der Realität weniger Personen direkt betroffen sind als in den Tabellen angegeben.

Bei den meisten Betroffenen ist die Wirkung der WEAs aufgrund der räumlichen Distanz sehr eingeschränkt.

8.4. Eiswurf

Dieses Thema wurde bereits bei der Planung von Oldis I behandelt. Aufgrund der Studie Sicherheit von Windkraftanlagen¹⁰ herrschen in Chur während rund 150 h/Jahr Bedingungen vor, bei denen Vereisungsgefahr droht.

Ein Vergleich dieser Aussage mit den Windmessungen mit beheizten und unbeheizten Anemometer ergab, dass die effektive Vereisung in Oldis insgesamt während 63 Stunden (0.73% der Messperiode) vorkam, deutlich kleiner als der theoretische Wert von 150 Stunden¹¹.

Aus diesem Grund wurde die Anlage mit einem Eisdetektor ausgerüstet, der unter Vereisungsbedingungen die Anlage abstellt und Eiswurf (Wegschleudern sich lösende Eisstücke) verhindert. In den letzten 8 Jahren wurde die Anlage nur 2-mal wegen Vereisung angehalten, was die Aussage des Interwind Berichts bestätigte, bzw. als konservativ erwies.

Unter Berücksichtigung Aspekte der Sicherheit wird Oldis II auch mit einem Eisdetektor und zusätzlich mit einer Heizung für Rotorblätter ausgerüstet, weil Oldis II bedeutend grössere Rotorblätter hat. Rotorblatt Heizung bringt einerseits grössere Erträge (weil auch geringe Vereisung die Aerodynamik der Rotorblätter ungünstig beeinflusst) und Eisfall (fallende Eisstücke als Resultat tauender Blätter) weitgehend verhindert.

⁹ Windenergieprojekt Haldenstein, Sichtbarkeitsgutachten, Meteotest Bern, 16.09.2021

¹⁰ Rigassi, R., Horbaty, R. und Brühwiler, B. (2005). Sicherheit von Windkraftanlagen. Bundesamt für Energie

¹¹ Winturbine_Oldis_Windbericht und Standortgutachten November 09, Interwind AG, 04.12.2009

8.5. Landschaft – Visualisierungen

Um den Einfluss des erweiterten Calandawind Windparks abzuschätzen, wurden an 8 ausgewählten Standorten Fotomontagen gemacht. Fotos wurden am 10.09.2020, 10:00 – 13:00 von Flori-Videoproduktion, Chur aufgenommen. Aufgrund dieser Fotos und Anlagen wurden die Fotomontagen von Interwind AG, mit der spezialisierten Software windPRO erstellt.

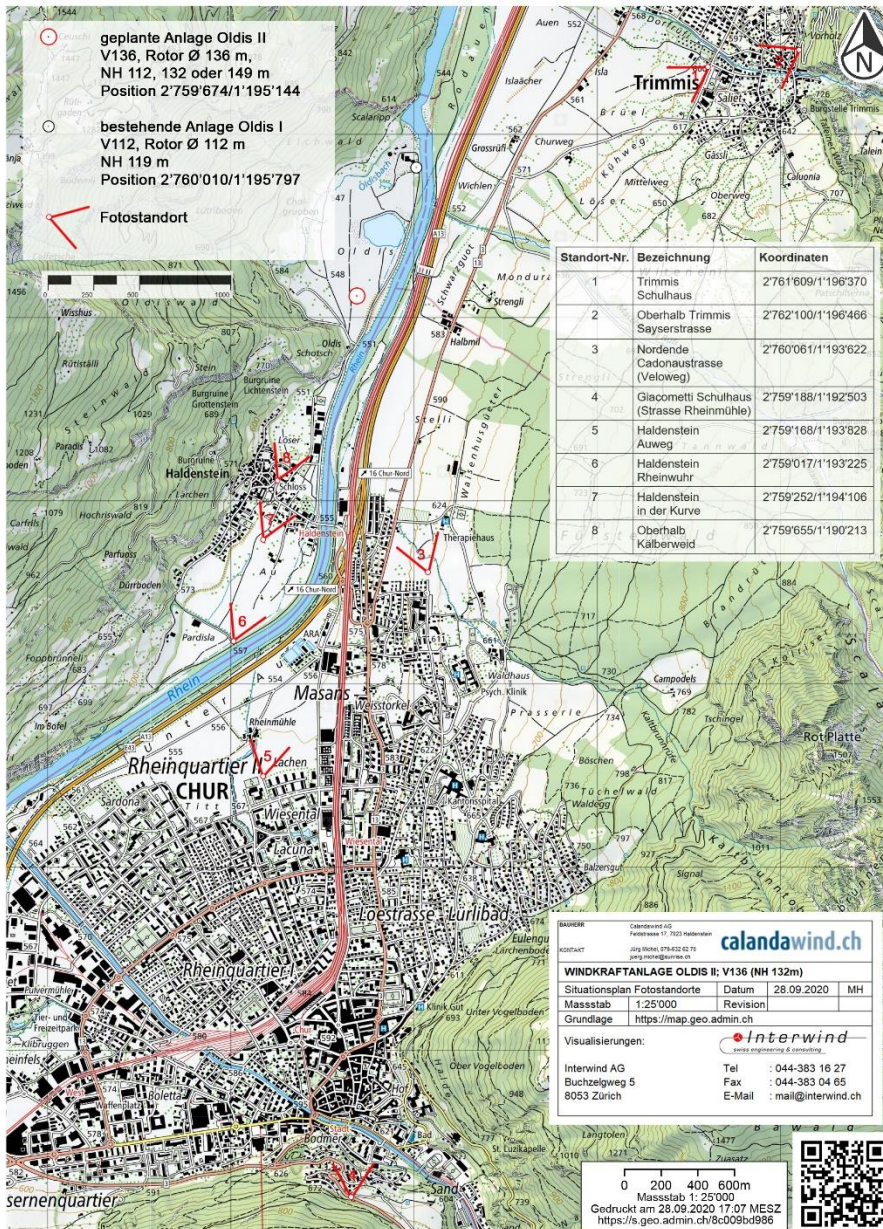


Abb. 6: Aufnahme Standorte für Fotomontagen

Die Fotomontagen mit den Anlagen V112 und V136 (132 m Nabenhöhe sind im Anhang IV, 14.1 aufgeführt. Die genaue Koordinaten der Aufnahme Standorte, Bildgrössen und Brennweiten befinden sich auf der letzten Seite des Anhangs 14.4.

9 Umweltverträglichkeit, Fauna

Gemäss bisherigen Erfahrungen mit der bestehenden Anlage mit Schutzmassnahmen für Fledermäuse und der DT-Bird Studie¹² zeichnet sich der Standort Calandawind durch ein niedriges Kollisionsrisiko für Vögel aus. Im Laufe des Tages vermieden Vögel die Nähe der Windkraftanlage und umflogen diese in einem Abstand von mehr als 100 m. Es wurden keine Kollisionen mit Vögeln registriert oder beobachtet.

Der Standort verfügt über eine grosse und reiche Fledermauspopulation mit vielen bedrohten Arten. 2014 war durch ungewöhnlich niedrige Fledermausaktivität charakterisiert: im Vergleich zu 2010 bis 2013 wurden im Jahr 2014 nur etwa 1/3 der Fledermausaktivität registriert. Die wichtigste Information, die das DTBatSystem mit seinen drei Mikrofonen auf verschiedenen Ebenen über Boden lieferte, war die Höhenverteilung der Fledermausaktivität an diesem Standort. 70% der Fledermausaktivität wurden bei 5 m, 25% auf 31 m und nur 5% auf 119 m registriert. Diese Ergebnisse bedeuten, dass höhere Nabenhöhen das Kollisionsrisiko für Fledermäuse an ähnlichen Standorten reduzieren.

Diese Aussagen wurden für den Standort der bestehenden Anlage gemacht. Entsprechende Studien für die geplante Anlage, die ca. 750m weiter südlich liegt, werden in Studien der Fachspezialisten behandelt.

¹² Forschungsvertrag Schlussbericht DTBirdCalandawind_20150612

10 Raumplanung¹³

10.1.Kantonale Richtplanung

Der Standort der geplanten Anlage befindet sich in einem Vorranggebiet für Windenergieanlagen gemäss kantonalem Richtplan Graubünden. Das Vorranggebiet ist im Koordinationsstand einer Vororientierung eingetragen (Objekt 27.WE.02; durch den Bund am 30.4.2021 genehmigt).

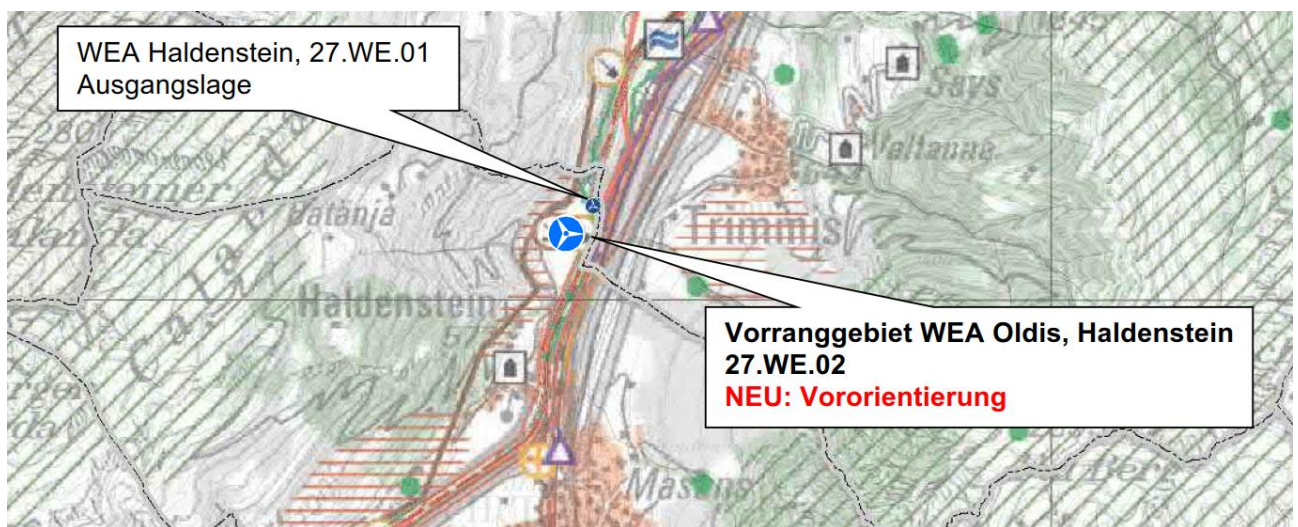


Abb. 7: Kantonaler Richtplan. Richtplananpassung im Bereich Windenergieanlagen, vom Bundesrat genehmigt am 30. April 2021

Zwecks Aufstufung des Vorhabens in den Koordinationsstand einer «Festsetzung» ist die regionale und kantonale Richtplanung anzupassen. Im Rahmen der Richtplananpassung erfolgt die abschliessende räumliche Abstimmung mit der Sachplanung des Bundes und den weiteren Bundesinteressen. Konflikte mit Sach- und Richtplanung von Bund und Kanton sind gestützt auf die bereits erfolgten Abklärungen keine zu erwarten.

10.2.Kommunale Nutzungsplanung

Der Standort der Anlage kommt in eine Landwirtschaftszone gemäss rechtskräftiger Ortsplanung der ehemaligen Gemeinde Haldenstein zu liegen. Es bestehen keine Konflikte mit Natur-, Landschaftsschutz-,

¹³ Andri Foppa, Stauffer & Studach Raumentwicklung, Alexanderstrasse 38, 7000 Chur

Gewässerschutz- oder Gefahrenzonen. Waldareal ist nicht betroffen. Aus raumplanerischer Sicht steht dem Vorhaben somit nichts im Wege.

Um die planungsrechtlichen Voraussetzungen für die Realisierung der Windenergieanlage zu schaffen, ist eine überlagerte Zone für Windenergieanlagen gemäss Art. 24 des Baugesetzes von Haldenstein auszuscheiden. Die bestehenden Bestimmungen im Baugesetz der Gemeinde Haldenstein sind hierfür geringfügig anzupassen. Das Nutzungsplanungsverfahren ist auch das massgebliche Verfahren für die Umweltverträglichkeitsprüfung.

Tabellenverzeichnis

TAB. 1:	OLDIS I UND VARIANTEN OLDIS II.....	10
TAB. 2:	DIMENSIONEN DER ANLAGEN	11
TAB. 3:	FREIE UND EFFEKTIVE LANGZEITRESSOURCEN AN ANLAGEN STANDORTEN.....	13
TAB. 4:	PRODUKTIONSDATEN DER V112 IN DEN VERGANGENEN 7 JAHREN	14
TAB. 5:	PROGNOSTIZIERTE PRODUKTIONSDATEN DER ANLAGEN OLDIS I UND OLDIS II, V136 MIT 132 M NH.....	14
TAB. 6:	EINFLUSS DER NABENHÖHE OLDIS II AUF PRODUKTION	15
TAB. 7:	FREIE UND EFFEKTIVE LANGZEITRESSOURCEN AN ANLAGEN STANDORTEN.....	31

Abbildungsverzeichnis

ABB. 1:	SITUATIONSPLAN MIT WINDMESSUNGEN (ROTER KREIS 50M MAST, BLAUER KREIS SODAR, ROTES STERN SPIDAR) UND ANLAGENSTANDORTEN (V112 OLDIS I - BESTEHEND, ROTES KREUZ OLDIS II – GEPLANT)	7
ABB. 2:	DURCH WINDSIM GENERIERTES CFD MODELL, WINDGESCHWINDIGKEITSKARTE OLDIS	8
ABB. 3:	ZU BERÜCKSICHTIGENDE ABSTÄNDE IM GEBIET OLDIS.	9
ABB. 4:	AUSZUG SITUATIONSPLAN OLDIS–UW TITT MIT 3 VARIANTEN FÜR NEUE WINDENERGIEANLAGE.	12
ABB. 5:	STANDORTE DER WETTERRADARE VON METEOSCHWEIZ.....	17
ABB. 6:	AUFNAHME STANDORTE FÜR FOTOMONTAGEN.....	21
ABB. 7:	KANTONALER RICHTPLAN. RICHTPLANANPASSUNG IM BEREICH WINDENERGIEANLAGEN, VOM BUNDESRAT GENEHMIGT AM 30. APRIL 2021	23
ABB. 8:	LIDAR MESSUNGEN OLDIS, ROTES KREUZ = POSITION DER MESSUNGEN 2008 MIT 50 M MAST.....	27
ABB. 9:	MONATSMITTELWERTE DER WINDGESCHWINDIGKEIT AUF 132M HÖHE, JUNI 2017 - JUNI 2019	28
ABB. 10:	MONATSMITTELWERTE AUF 132M HÖHE, JUNI 2017 - JUNI 2019 UND 119M WÄHREND 2015	28
ABB. 11:	WEIBULLVERTEILUNG DER WINDGESCHWINDIGKEIT AUF 132M HÖHE, JUNI 2017 - JUNI 2019	29
ABB. 12:	WINDROSE, JUNI 2017 - JUNI 2019.....	29
ABB. 13:	TAGESGANG, MITTLERE WINDGESCHWINDIGKEIT NACH UHRZEIT, JUNI 2017 - JUNI 2019	30

11 ANHANG I, Anlagen Daten

11.1 Allgemeine Spezifikation V112-3.3_0038-6040.pdf

11.2 Leistungsspezifikationen-V136-4.0-4.2MW-(0067-7065DE V10_23.4.2021).pdf

12 ANHANG II, Windpotential

12.1. Spidar Wind Lidar Messungen

Calandawind AG hat einen eigenen Spidar Wind Lidar. Dieses Gerät war ca. 165 m südwestlich der Oldis I und ca. 600 m nord-nordöstlich der geplanten Oldis II platziert. Das Gerät war während 2 Jahren, vom 19.06.2017 bis 20.10.2019 ununterbrochen im Betrieb. Für Datenanalyse wurden die Daten vom 19.06.2017 bis 18.06.2019 verwendet.

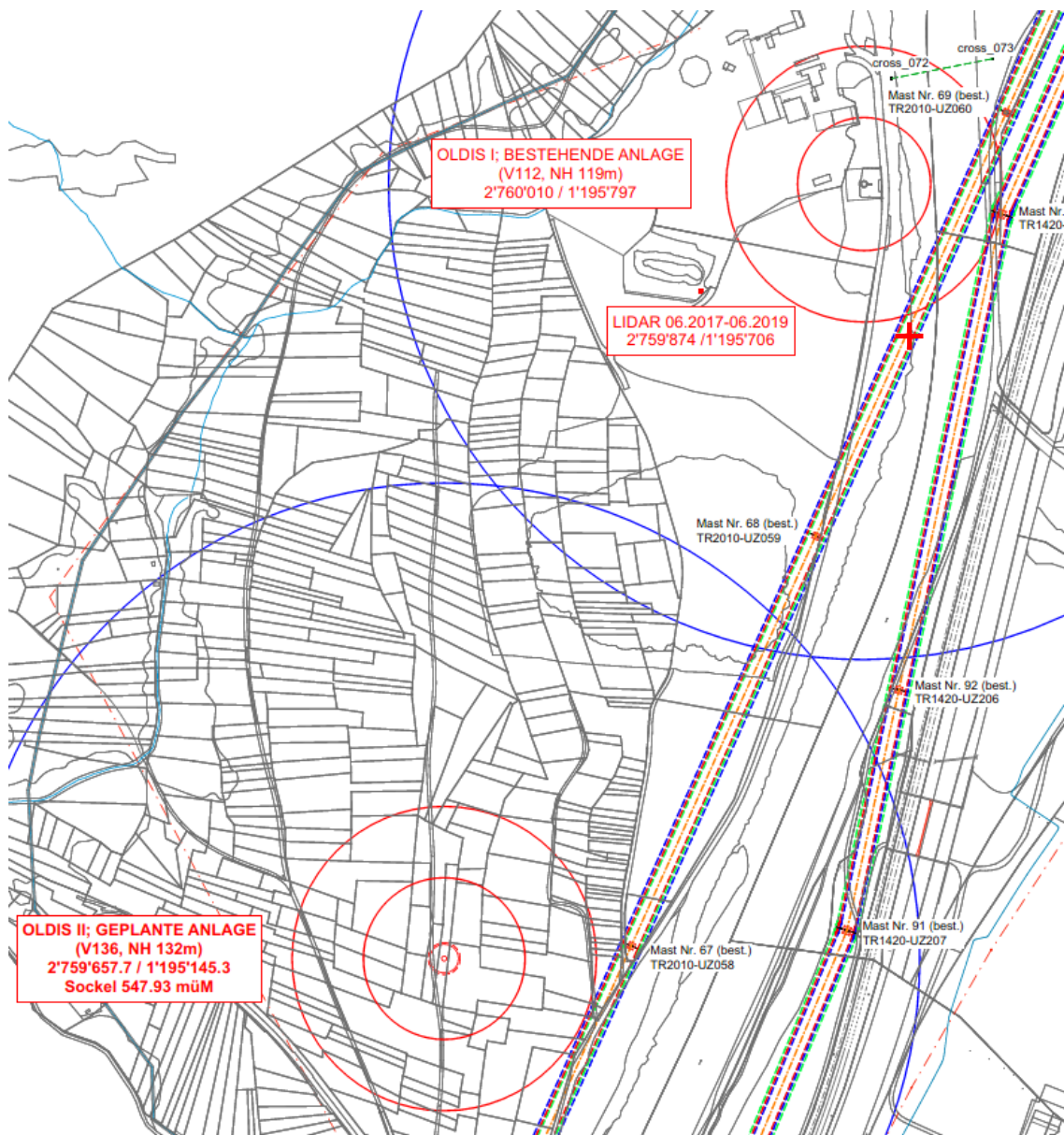


Abb. 8: Lidar Messungen Oldis, Rotes Kreuz = Position der Messungen 2008 mit 50 m Mast

12.2. Jahres- und Monatsmittelwerte

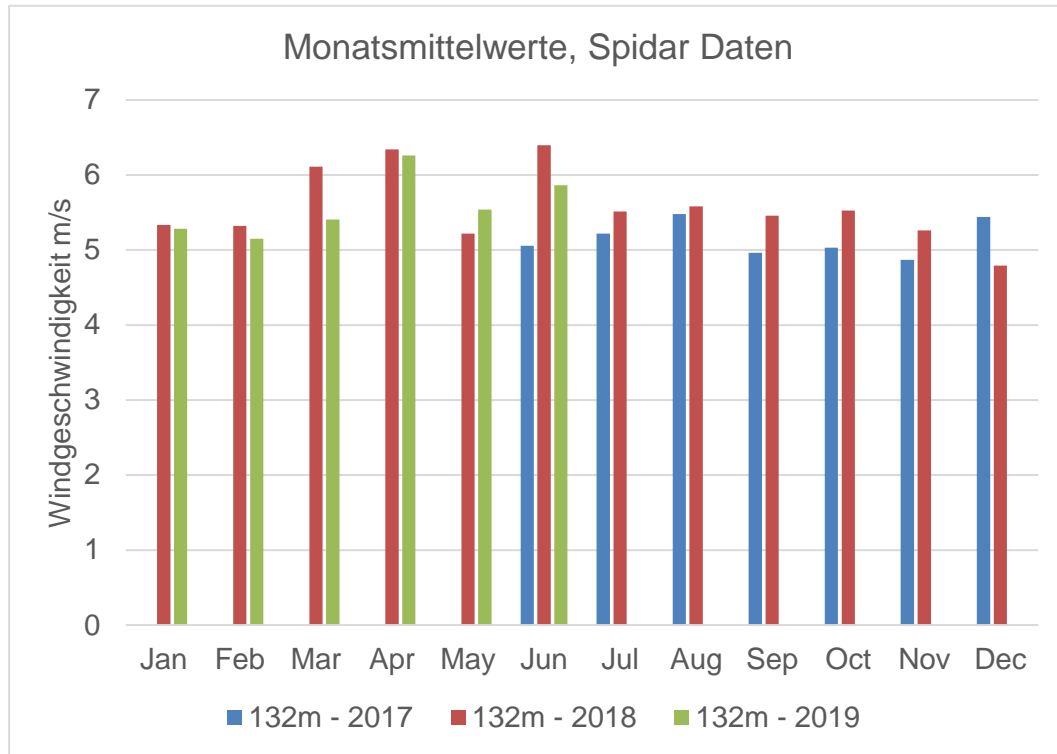


Abb. 9: Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit auf 132m Höhe, Juni 2017 - Juni 2019

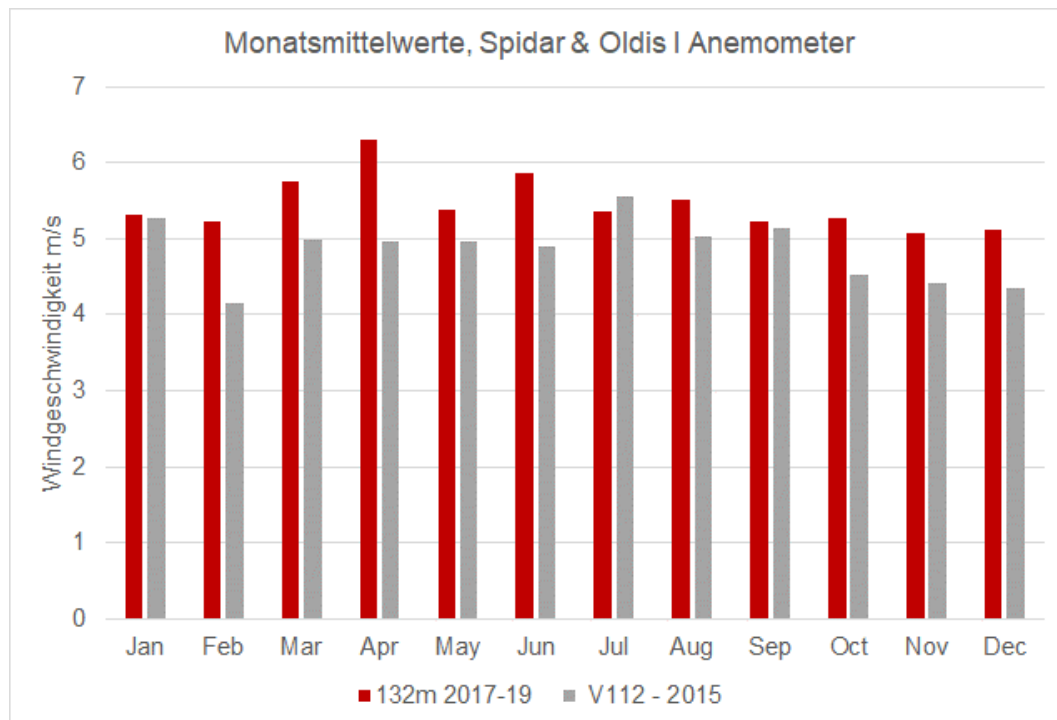


Abb. 10: Monatsmittelwerte auf 132m Höhe, Juni 2017 - Juni 2019 und 119m während 2015

12.3. Weibullverteilung

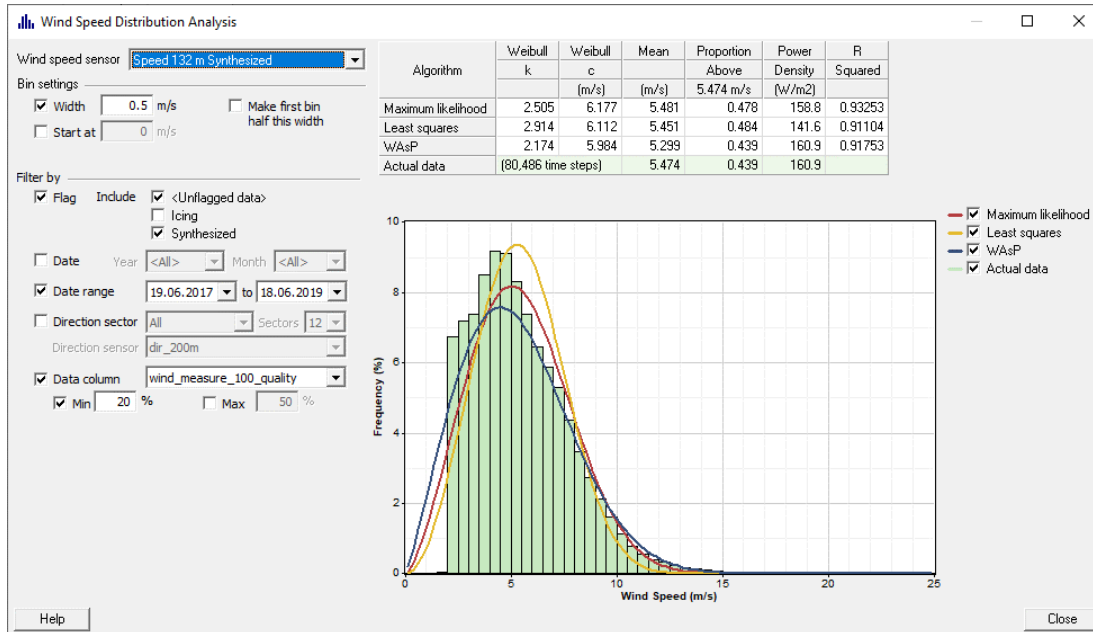


Abb. 11: Weibullverteilung der Windgeschwindigkeit auf 132m Höhe, Juni 2017 - Juni 2019

12.4. Windrose

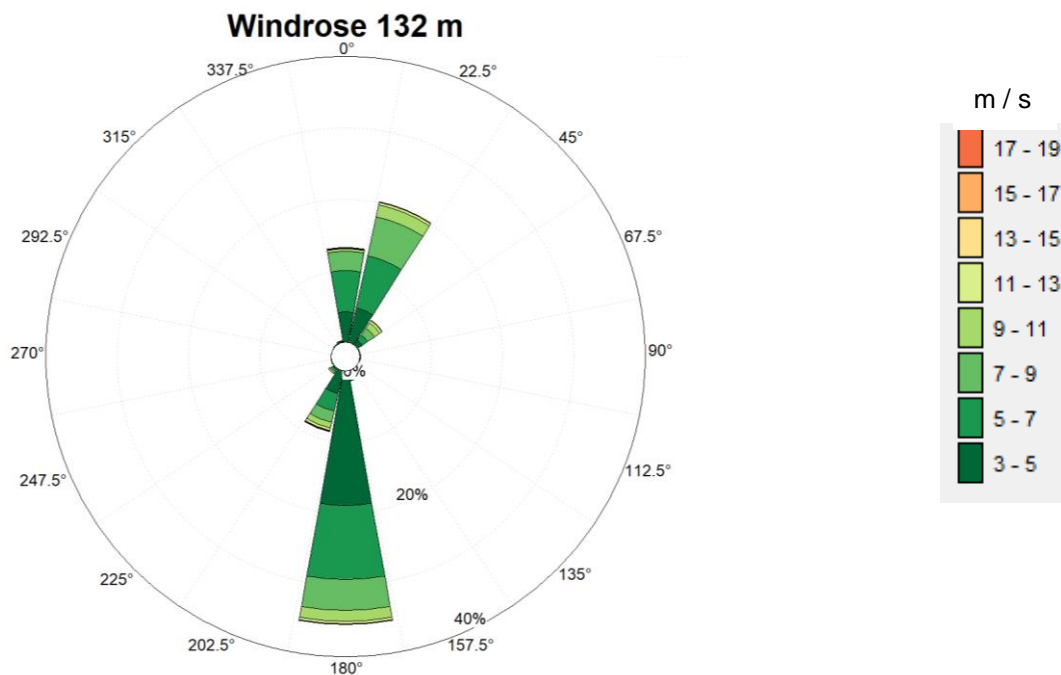


Abb. 12: Windrose, Juni 2017 - Juni 2019

12.5. Tagesgang

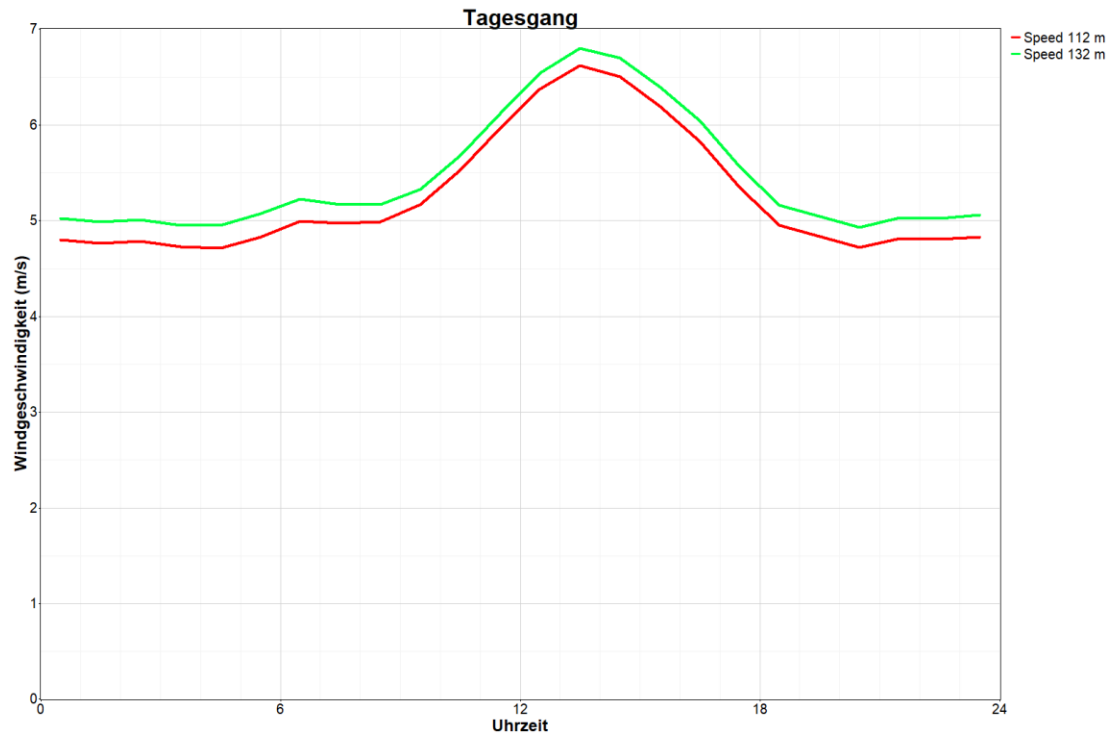


Abb. 13: Tagesgang, Mittlere Windgeschwindigkeit nach Uhrzeit, Juni 2017 - Juni 2019

12.6. Resultate CFD Analyse

Für die Schätzung der Windressourcen am Standort wurden 50 m Windmessungen verwendet¹⁴. Die Langzeitressourcen für die Periode von 2009 bis 2019, auf 50 m Höhe, wurden durch Korrelation mit ERA5 Daten¹⁵ bei 47N, 9.5E ermittelt (MCP durch Matrixmethode).

Der langfristige Vor-Ort-Wind wird durch das CFD-Strömungsmodell vertikal auf 119 m extrapoliert. Um Fehlschätzungen aufgrund des grossen Höhenunterschieds von 50 m bis 119 m zu vermeiden, wurden mit den Produktionsdaten der Anlage Oldis I einen zweiten Datensatz der Windgeschwindigkeiten auf 119m generiert. Die Korrekturfaktor betrug 0.95.

Aufgrund dieser 119 m Daten wurde der Langzeit Windressourcen mit der Windographer Software auf 112 m, 132 m und 149 m extrapoliert.

Die Leistungskurven stammen aus den Vestas-Unterlagen. Es wurden Werte der Modus 0 Betrieb verwendet, also keine Geräuschreduzierung. Die Luftdichte der Leistungskurve ist 1.15, es wurde die Luftdichte des Standorts durch die Höhe angepasst. Die Windturbinenproduktion ist von der gleichen Höhe, 2009-2019. z.B. 132 m Wind für 132 m Produktion (V136), 112 m Wind für 112 m Produktion (V112).

Anlagenverfügbarkeit und Verluste basieren auf der effektiven Produktion der V112. Es wird angenommen, dass diese auch für V136 gelten werden.

In der folgenden Tabelle bezeichnet das Wort "frei" die Windressourcen (Mittlere Windgeschwindigkeit und Weibull Parameter A und k) die am Standort der Anlagen. Die Anlagen jedoch beschatten sich gegenseitig, was eine Reduzierung der Windressourcen bedeutet. Diese reduzierte Werte sind die "effektiven".

Anlage	frei			effektiv		
	Windgeschwindigkeit m/s	A m/s	k -	Windgeschwindigkeit m/s	A m/s	k -
V136-4.2MW	5.34	6.03	2.17	5.18	5.85	2.17
V112-3.075MW	5.18	5.85	2.28	5.10	5.76	2.28

Tab. 7: Freie und effektive Langzeitressourcen an Anlagen Standorten

Freie und effektive Langzeitressourcen an Anlagen Standorten.

¹⁴ Windturbine_Oldis_Windbericht und Standortgutachten November 09, Interwind AG

¹⁵ ERA5 hourly data on single levels from 1979 to present, <https://cds.climate.copernicus.eu › cdsapp>

13 ANHANG III, Stellungnahmen betroffenen Behörden

13.1. BAZL-SIAP

([760177513] Stellungnahme SIAP zu TBV _ Oldis II, Erweiterung Haldenstein GR _ ID-166.pdf

13.2. BAKOM

2021.09.21_BAKOM_Stellungnahme_Oldis II Haldenstein_GR_ID-166.pdf

13.3. skyguide

2021.10.20, skyguide_Stellungnahme_Oldis II Haldenstein_GR_ID-166.pdf

13.4. MeteoSchweiz

2021.08.26_MeteoSchweiz_Stellungnahme_Oldis II_Haldenstein_GR_ID-166.pdf

13.5. VBS

2021.11.26_VBS_Stellungnahme_Oldis II_Haldenstein_GR_ID-166.pdf

14 ANHANG IV, Umweltgutachten, technisch

14.1. Lärmschutz

Schallgutachten_Haldenstein.pdf (Meteotest)

14.2. Schattenwurf

Schattenwurfgutachten_Haldenstein.pdf (Meteotest)

14.3. Sichtbarkeit

Sichtbarkeitsgutachten_Haldenstein.pdf (Meteotest)

14.4. Landschaft - Visualisierungen

Restricted/Eingeschränkt
Document no.: 0034-7282 V06
2013-09-27

Allgemeine Spezifikation

V112–3.3 MW 50/60 Hz



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Beschreibung	5
2	Mechanische Konstruktion	5
2.1	Rotor	5
2.2	Rotorblätter	5
2.3	Rotorblattlager	6
2.4	Pitchsystem	6
2.5	Nabe	7
2.6	Hauptwelle	7
2.7	Hauptlagergehäuse	7
2.8	Hauptlager	7
2.9	Getriebe	7
2.10	Generatorlager	8
2.11	Kupplung der schnellen Welle	8
2.12	Azimutlagersystem	8
2.13	Servicekran	9
2.14	Türme	9
2.15	Maschinenhausrahmen und -verkleidung	9
2.16	Thermische Klimaanlage	10
2.16.1	Generator- und Umrichter Kühlung	10
2.16.2	Getriebe- und Hydraulikkühlung	10
2.16.3	Transformator Kühlung	10
2.16.4	Maschinenhaus Kühlung	11
3	Elektrisches System	11
3.1	Generator	11
3.2	Umrichter	11
3.3	Mittelspannungstransformator	12
3.4	Mittelspannungskabel	15
3.5	Mittelspannungsschaltanlage	16
3.6	Hilfssystem	16
3.7	Windsensoren	17
3.8	VMP (Vestas-Multiprozessor-)Steuerung	17
3.9	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)	18
4	Windenergieanlagen Schutzsysteme	19
4.1	Bremskonzept	19
4.2	Kurzschlusschutz	19
4.3	Überdrehzahlschutz	19
4.4	Blitzschutz von Rotorblättern, Maschinenhaus, Nabe und Turm	19
4.5	EMV-System	20
4.6	Erdung	20
4.7	Korrosionsschutz	21
5	Sicherheit	21
5.1	Zugang	21
5.2	Fluchtwege	21
5.3	Räume/Arbeitsbereiche	22
5.4	Böden, Plattformen, Steh- und Arbeitsplätze	22
5.5	Serviceaufzug	22
5.6	Aufstiegsmöglichkeiten	22
5.7	Bewegliche Teile, Schutzeinrichtungen und Sperrvorrichtungen	22
5.8	Beleuchtung	22
5.9	Not-Stopp	22
5.10	Abschalten der Stromzufuhr	22

5.11	Brandschutz/Erste Hilfe	23
5.12	Warnschilder.....	23
5.13	Handbücher und Warnhinweise	23
6	Umwelt.....	23
6.1	Chemikalien.....	23
7	Genehmigungen und Auslegungskriterien	24
7.1	Typenprüfungen.....	24
7.2	Auslegungsrichtlinien – Baukonstruktion.....	24
8	Farben.....	25
8.1	Maschinenhausfarbe.....	25
8.2	Turmfarbe	25
8.3	Rotorblattfarben	25
9	Leitfaden für Betriebsbereich und Leistungsmerkmale.....	25
9.1	Klima- und Standortbedingungen.....	26
9.1.1	Komplexes Gelände.....	26
9.1.2	Höhenlage	26
9.1.3	Windparkanordnung.....	26
9.2	Betriebsbereich – Temperatur und Wind.....	27
9.3	Betriebsbereich – Stromnetzanschluss	28
9.4	Betriebsbereich – Blindleistungskapazität	30
9.5	Leistungsmerkmal – Durchfahren von Netzfehlern (Fault Ride Through)	30
9.6	Leistungsmerkmal – Blindstrombeitrag	31
9.6.1	Symmetrischer Blindstrombeitrag	31
9.6.2	Asymmetrischer Blindstrombeitrag.....	32
9.7	Leistungsfähigkeit – mehrfache Spannungsabfälle	32
9.8	Leistungsmerkmal – Regelung von Wirk- und Blindleistung	32
9.9	Leistungsmerkmal – Spannungsregelung	33
9.10	Leistungsmerkmal – Frequenzregelung	33
9.11	Hauptbeitragende für Eigenbedarf	33
9.12	Betriebsumgebung – Bedingungen für Leistungskurve und Ct-Werte (in Nabenhöhe)	33
9.13	Schallmodi	34
10	Zeichnungen	35
10.1	Baukonstruktion – Darstellung der Außenabmessungen.....	35
10.2	Baukonstruktion – Seitenansichtszeichnung	36
11	Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse.....	36
12	Anhänge	38
12.1	Mode 0, “Optimised Power”	38
12.1.1	Leistungskurven, Betriebsmodus 0	38
12.1.2	C _t -Werte, Schallmodus 0	39
12.1.3	Noise Curves, Noise Mode 0, “Optimised Power”	40

Der Empfänger bestätigt, dass (i) diese allgemeinen Spezifikationen nur zur Information des Empfängers bereitgestellt werden und keine Haftungen, Garantien, Versprechen, Verpflichtungen oder andere Darstellungen (Verpflichtung) 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 dieser allgemeinen Spezifikationen (oder andere Inhalte), ausschließlich in unterzeichneten schriftlichen Verträgen zwischen dem Empfänger und Vestas und nicht in diesem Dokument enthalten sind.

Siehe allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse (inklusive Abschnitt 11, S. 33) dieser allgemeinen Spezifikation.

1 Allgemeine Beschreibung

Die Windenergieanlage Vestas V112-3.0 MW ist ein Luvläufer mit Pitchregulierung, aktiver Windnachführung und Dreiblattrotor. Sie hat einen Rotordurchmesser von 112 m und eine Nennleistung von 3,3 MW. Bei der Windenergieanlage kommen das Konzept OptiTip[®] sowie ein Induktionsgenerator mit Vollumrichter zum Einsatz. Mit diesen Komponenten kann die Windenergieanlage den Rotor mit variabler Drehzahl betreiben. Dies ermöglicht ein Erreichen der (ungefähren) Nennleistung auch bei hohen Windgeschwindigkeiten. Bei geringen Windgeschwindigkeiten arbeiten das Konzept OptiTip[®] und das Generator-Umrichtersystem zusammen, um die abgegebene Leistung durch optimale Rotordrehzahl und richtigen Pitchwinkel zu maximieren.

2 Mechanische Konstruktion

2.1 Rotor

Die V112-3.3 MW ist mit einem 112-Meter-Rotor mit drei Rotorblättern an einer Rotorblattnabe ausgestattet. Der Anstellwinkel der Rotorblätter wird vom mikroprozessorgesteuerten Pitchsystem OptiTip[®] reguliert. Die Rotorblätter werden also je nach den vorherrschenden Windbedingungen kontinuierlich auf den optimalen Pitchwinkel eingestellt.

Rotor	
Durchmesser	112 m
Drehbereich	9852 m ²
Drehzahl im dynamischen Betriebsbereich	6,2-17,7
Drehrichtung	Im Uhrzeigersinn (von vorn gesehen)
Ausrichtung	Windwärts
Neigung	6°
Verdrillung der Rotorblätter	4°
Anzahl der Rotorblätter	3
Aerodynamische Bremsen	Volle Fahnenstellung

Tabelle 2-1: Rotordaten

2.2 Rotorblätter

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

Rotorblätter	
Typbeschreibung	Tragflächenschalen verbunden mit Träger
Blattlänge	54,65 m
Material	Glasfaserverstärkter Epoxidharz,

Rotorblätter	
	Kohlenstofffasern und Solider Metal Tipspitze (SMT)
Befestigung der Rotorblätter	Stahleinsätze zur Verankerung
Schalenprofile	Auftriebsprofil
Maximale Profilhöhe	4,0 m

Tabelle 2-2: Blattdaten

2.3 Rotorblattlager

Die Blattlager sind zweireihige Vierpunktkugellager.

Rotorblattlager	
Schmierung	Schmierfett

Tabelle 2-3: Daten des Rotorblattlagers

2.4 Pitchsystem

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

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

Pitchsystem	
Typ	Hydraulisch
Anzahl	1 pro Rotorblatt
Verstellwinkel	-9° bis 90°

Tabelle 2-4: Daten des Pitchsystems

Hydrauliksystem	
Hauptpumpe	Zwei redundante interne Getriebeölpumpen
Druck	260 bar
Filtration	3 µm (absolut)

Tabelle 2-5: Daten des Hydrauliksystems

2.5 Nabe

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

Nabe	
Typ	Gusskugelschalennabe
Material	Gusseisen

Tabelle 2-6: Nabendaten

2.6 Hauptwelle

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

Hauptwelle	
Typbeschreibung	Hohlwelle
Material	Gusseisen

Tabelle 2-7: Daten der Hauptwelle

2.7 Hauptlagergehäuse

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

Hauptlagergehäuse	
Material	Gusseisen

Tabelle 2-8: Daten des Hauptlagergehäuses

2.8 Hauptlager

Das Hauptlager nimmt die Axiallasten auf.

Hauptlager	
Typ	Zweireihiges Pendelrollenlager
Schmierung	Automatische Fettschmierung

Tabelle 2-9: Daten des Hauptlagers

2.9 Getriebe

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

Die Scheibenbremse ist auf der schnellen Welle montiert. Die Schmierung des Getriebes erfolgt über eine druckgespeiste Einheit.

Getriebe	
Typ	Planetenstufen + eine Stirnradstufe
Material Getriebegehäuse	Guss
Schmiersystem	Druckschmierung mit Öl
Ersatz-Schmiersystem	Ölumpfbefüllung aus externem Falltank
Gesamt-Getriebeölvolumen	1000-1200
Ölreinheitscodes	ISO 4406-/15/12
Wellendichtringe	Labyrinth

Tabelle 2-10: Daten des Getriebes

2.10 Generatorlager

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

2.11 Kupplung der schnellen Welle

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

Die Kupplung besteht aus zwei Schichtverbundpackungen mit je vier Verschraubungsstellen und einem GFK-Zwischenrohr mit zwei Metallflanschen. Die Kupplung ist über zweiarmlige Naben an der Bremscheibe und der Generatoreingangswelle montiert.

2.12 Azimutlagersystem

Das Azimutlagersystem ist ein aktives System auf der Grundlage eines robusten, vorgespannten Gleitlagers und PETP als Reibungsmaterial.

Die Azimutgetriebe verfügen über einen Drehmomentbegrenzer.

Azimutlagersystem	
Typ	Gleitlagersystem
Material	Geschmiedeter Drehkranz, vergütet. Gleitlager aus PETP
Windnachführungsgeschwindigkeit (50 Hz)	0,46 °/s
Windnachführungsgeschwindigkeit (60 Hz)	0,6 °/s

Tabelle 2-11: Daten des Azimutlagersystems

Drehmotor	
Typ	Mehrfachstufen mit Getriebe
Übersetzungsverhältnis gesamt	944:1
Drehzahl bei Vollast	1,4 U/min an der Abtriebswelle

Tabelle 2-12: Daten des Azimutgetriebes.

2.13 Servicekran

Im Maschinenhaus ist der interne Safe Working Load-Servicekran (SWL) untergebracht. Der Servicekran ist als Einzelsystem-Kettenzug ausgeführt.

Servicekran	
Hubkapazität	Maximal 800 kg

Tabelle 2-13: Daten des Servicekrans

2.14 Türme

Rohrtürme mit Flanschverbindungen, zertifiziert gemäß den geltenden Typenprüfungen, sind in unterschiedlichen Standardhöhen erhältlich. Bei den Türmen wurden die meisten Innenschweißnähte durch Magnetstützen ersetzt, um eine im Wesentlichen glatte Wand zu erzielen. Inneneinbauten wie Plattformen, Leitern usw. werden senkrecht (d. h. in Schwerkraftrichtung) durch eine mechanische Verbindung gehalten, in waagerechter Richtung werden diese durch Magneten fixiert. Die glatte Turmkonstruktion reduziert die erforderliche Stahlstärke und macht den Turm im Vergleich zu Türmen mit verschweißten Inneneinbauten leichter.

Die aufgeführten Nabenhöhen beinhalten einen Abstand von der Fundamentsektion zur Bodenhöhe von etwa 0,2 m, je nach Stärke des Bodenflansches, und einen Abstand vom oberen Turmflansch zur Mitte der Nabe von 2,2 m.

Türme	
Typ	Zylindrisches/konisches Rohr
Nabenhöhen	84 m/94 m/119 m/140 m
Nabenhöhen (Nordamerika)	84 m/94 m

Tabelle 2-14: Daten der Turmkonstruktion

2.15 Maschinenhausrahmen und -verkleidung

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

Der Maschinenhausrahmen besteht aus zwei Teilen, einem Gusseisenteil vorn und einer Trägerkonstruktion hinten. Der Vorderteil des Maschinenhausrahmens dient als Unterbau für

den Triebstrang, der die Kräfte über das Azimutlagersystem 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 Kranausleger sind am oberen Maschinenhausrahmen befestigt. Die unteren Träger der Trägerkonstruktion sind hinten miteinander verbunden. Der hintere Teil des Maschinenhausrahmens dient als Unterbau für die Steuerkonsolen, das Kühlsystem und den Transformator. Die Maschinenhausverkleidung ist auf dem Maschinenhausrahmen montiert.

Typbeschreibung	Material
Maschinenhausverkleidung	GRP
Vorderer Maschinenhausrahmen	Gusseisen
Hinterer Maschinenhausrahmen	Trägerkonstruktion

Tabelle 2-15: Daten von Maschinenhausrahmen und -verkleidung

2.16 Thermische Klimaanlage

Die thermische Klimaanlage besteht aus wenigen robusten Komponenten:

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

2.16.1 Generator- und Umrichterkühlung

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

2.16.2 Getriebe- und Hydraulikkühlung

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

2.16.3 Transformator Kühlung

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

2.16.4 Maschinenhauskühlung

Durch die mechanische und elektrische Ausrüstung erzeugte Warmluft wird mittels Gebläsesystem aus dem Maschinenhaus abgeführt.

3 Elektrisches System

3.1 Generator

In der Windenergieanlage ist ein 3-Phasen-Asynchron Induktionsgenerator mit Käfigrotoreingebaut, der über ein Vollumrichtersystem an das Stromnetz angeschlossen ist.

Das Generatorgehäuse ermöglicht die Zirkulation der Kühlluft innerhalb des Stators und Rotors. Der Luft/Wasser-Wärmeaustausch findet in einen Externen Wärmetauscher statt.

Generator	
Typ	Asynchronous mit Käfigrotor
Nennleistung [P_N]	3500 kW
Frequenz [f_N]	0 - 100 Hz
Spannung, Stator [U_{NS}]	3 x 750 V (bei Nenndrehzahl)
Anzahl der Pole	4,6
Wicklungstyp	Vakuumdruckimprägniert
Wicklungsverschaltung	Star or Delta
Nenndrehzahl	1450-1550 U/min
Überdrehzahlgrenze gemäß IEC (2 Minuten)	2400 U/min
Generatorlager	Hybrid/Keramik
Temperatursensoren, Stator	Drei Pt100-Sensoren an kritischen Lastpunkten und drei als Reserve
Temperatursensoren, Lager	1 pro Lager
Isolationsklasse	F oder H
Gehäuse	IP 54

Tabelle 3-1: Daten des Generators

3.2 Umrichter

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

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

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

befindet sich im Maschinenhaus und hat eine stromnetzseitige Nennspannung von 650 V. Die generatorseitige Nennspannung beträgt je nach Generatordrehzahl bis zu 750 V.

Umrichter	
Scheinnennleistung [S _N]	4000 kVA
Nennspannung im Stromnetz	650 V
Nennspannung im Generator	750 V
Rated generator Current	3286 A
Gehäuse	IP 54

Tabelle 3-2: Umrichterdaten

3.3 Mittelspannungstransformator

Der MS-Aufspanntransformator befindet sich in einem separaten verriegelten Raum im hinteren Teil des Maschinenhauses.

Der Transformator ist ein dreiphasiger, selbstauslöschender Trockentransformator mit zwei Wicklungen. Falls nichts anders angegeben, sind die Wicklungen auf der Mittelspannungsseite Dreieck-geschaltet.

3.3.1 IEC 50-Hz/60-Hz-Version

Für 50-Hz-Regionen ist der Transformator nach den IEC-Normen konstruiert. Auf besonderen Wunsch kann jedoch auch ein auf den IEC-Normen entsprechender 60-Hz-Transformator geliefert werden.

Transformator	
Typbeschreibung	Trockengießharz-Transformator.
Grundstruktur	Dreiphasiger Transformator mit zwei Wicklungen
Normen	IEC 60076-11, IEC 60076-16, Cenelec HD 637:S1.
Kühlung	AF
Nennleistung	3750 kVA
Nennspannung, Windenergieanlage-seite	
U_m 1,1 kV	0,650 kV
Nennspannung, Stromnetzseite	
U_m 12,0 kV	10,0-11,0 kV
U_m 24,0 kV	11,1-22,0 kV
U_m 36,0 kV	22,1-33,0 kV
U_m 41,5 kV	33,1/35,0 µs [kV]
Isolierung AC/LI/LIC	
U_m 1,1 kV	3 ¹ / - / - kV
U_m 12,0 kV	28 ¹ /75/75 kV
U_m 24,0 kV	50 ¹ /125/125 kV
U_m 36,0 kV	70 ¹ /170/170 kV
U_m 41,5 kV	80 ¹ /170/170 kV

Stufenschalter für den lastlosen Zustand	$\pm 2 \times 2,5 \%$
Frequenz	50 Hz/60 Hz
Vektorgruppe	Dyn5/YNyn0
Leerlaufverlust ²	5.8 kW
Nennlastverlust bei Nennleistung MS, 120 °C ²	30.5 kW
Leerlaufblindleistung ³	16 kVAr
Vollastblindleistung ³	330 kVAr
Mitkurzschlussspannung bei Nennleistung, 120°C ⁴	9,0 %
Mitkurzschlussspannung bei Nennleistung, 120°C ³	0,7 %
Nullkurzschlussspannung bei Nennleistung, 120°C ³	9,0 %
Mitkurzschlussspannung bei Nennleistung, 120°C ³	0,7 %
Einschaltspitzenstrom ³	
	Dyn5 $6-9 \times \hat{I}_n$
	YNyn0 $8-12 \times \hat{I}_n$
Halbe Scheitelwert-Zeit ³	$\sim 0,7$ s
Schalleistungspegel	≤ 80 dB(A)
Durchschnittlicher Temperaturanstieg bei 1000 m	≤ 90 K
Maximale Höhe ⁵	2000 m
Isolierklasse	155 (F)
Umweltklasse	E2
Klimaklasse	C2
Brandschutzklasse	F1
Korrosionsschutzklasse	C4
Gewicht	≤ 8500 kg
Temperaturüberwachung	PT100-Sensoren in Niederspannungswicklungen und Kern
Überspannungsschutz	Überspannungsableiter an Mittelspannungsklemmen
Temporäre Erdung	3 x Ø20mm-Erdungspunkte

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

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

² Basierend auf den gemessenen Durchschnittswerten aus Qualifikationsprüfungen von Spannungen und Herstellern.

³ Basierend auf den berechneten Durchschnittswerten aus Qualifikationsprüfungen von Spannungen und Herstellern.

⁴ Gemäß IEC-Norm-Toleranzen.

⁵ Die maximale Höhe der Nabenhöhe hängt von den Standortbedingungen ab.

3.3.2 IEEE 60-Hz-Version

Für 60-Hz-Regionen ist der Transformator nach den IEEE-Normen konstruiert, aber in Regionen, die nicht durch die IEEE-Normen abgedeckt werden, kann die Konstruktion auch auf teilen der IEC-Normen basieren.

Transformator	
Typbeschreibung	Trockengießharz-Transformator.
Grundstruktur	Dreiphasiger Transformator mit zwei Wicklungen
Normen	UL 1562, CSA C22.2 Nr. 47, IEEE C57.12, IEC 60076-11, IEC 60076-16, Cenelec HD 637:S1
Kühlung	AFA
Nennleistung	3750 kVA
Nennspannung, Windenergieanlage-seite	
N_{LL} 1,2 kV	0,650 kV
Nennspannung, Stromnetzseite	
N_{LL} 15,0 kV	10,0-15,0 kV
N_{LL} 25,0 kV	15,1-25,0 kV
N_{LL} 34,5 kV	25,1-34,5 kV
Isolierung AC/LI & LIC	
N_{LL} 1,2 kV	4 ¹ / +10 kV
N_{LL} 15,0 kV	34 ¹ / +95 kV
N_{LL} 25,0 kV	50 ¹ / +125 kV
N_{LL} 34,5 kV	70 ¹ / (+150 & -170) oder +170 kV
Stufenschalter für den lastlosen Zustand	±2 x 2,5 %
Frequenz	60 Hz
Vektorgruppe	Dyn5/YNyn0
Leerlaufverlust ²	5.8 kW
Nennlastverlust bei Nennleistung MS, 120 °C²	30.5 kW
Leerlaufblindleistung ³	16 kVAr
Volllastblindleistung ³	330 kVAr
Mitkurzschlussleistung bei Nennleistung, 120°C⁴	9,0 %
Mitkurzschlussleistung bei Nennleistung, 120°C³	0,7 %
Nullkurzschlussleistung bei Nennleistung, 120°C³	9,0 %
Nullkurzschlussleistung bei Nennleistung, 120°C³	0,7 %
Einschaltspitzenstrom ³	
Dyn5	6-9 x \hat{I}_n
YNyn0	8-12 x \hat{I}_n
Halbe Scheitelwert-Zeit ³	~ 0,7 s
Schalleistungspegel	≤ 80 dB(A)
Durchschnittlicher Temperaturanstieg bei 1000 m	≤ 90 K
Maximale Höhe ⁵	2000 m

Isolierklasse	150□°C
Umweltklasse	E2
Klimaklasse	C2
Brandschutzklasse	F1
Korrosionsschutzklasse	C4
Gewicht	≤ 8500 kg
Temperaturüberwachung	PT100-Sensoren in Niederspannungswicklungen und Kern
Überspannungsschutz	Überspannungsableiter an Mittelspannungsklemmen
Temporäre Erdung	3 x Ø20mm-Erdungspunkte

Tabelle 3-4: Transformator Daten für IEEE 60-Hz-Version

- HINWEIS** ¹ @ 1000 m. Gemäß IEEE C57.12 ist die Wechselstrom-Prüfspannung höhenabhängig.
² Basierend auf den gemessenen Durchschnittswerten aus Qualifikationsprüfungen von Spannungen und Herstellern.
³ Basierend auf den berechneten Durchschnittswerten aus Qualifikationsprüfungen von Spannungen und Herstellern.
⁴ Gemäß IEEE-C57.12-Norm-Toleranzen.
⁵ Die maximale Höhe der Nabenhöhe hängt von den Standortbedingungen ab.

3.4 Mittelspannungskabel

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

Mittelspannungskabel	
Mittelspannungskabelisolierung	Verbesserter Werkstoff auf Ethylen-Propylen-Basis (EPR) oder hochmodularer bzw. Hart-Ethylen-Propylen-Kautschuk (HEPR).
Leiterquerschnitt	3 x 70/70 mm ²
Maximale Spannung	24 kV für 10-22 kV Nennspannung 42 kV für 22,1-35 kV Nennspannung

Tabelle 3-5: Daten der Mittelspannungskabel

3.5 Mittelspannungsschaltanlage

Die Mittelspannungsschaltanlage befindet sich im Turmfuß.

Mittelspannungsschaltanlage			
Typ	Gasisoliert SF6		
Nennfrequenz	50/60 Hz		
Nennspannung	10-22 kV	22,1-33 kV	33,1-35 kV
Maximale Spannung	24 kV	36 kV	40,5 kV
Maximaler Kurzschlussstrom (1 Sekunde)	20 kA	25 kA	25 kA

Tabelle 3-6: Daten der Mittelspannungsschaltanlage

3.6 Hilfssystem

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

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

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

Tabelle 3-7: Daten des Hilfssystems

3.7 Windsensoren

Die Windenergieanlage ist entweder mit zwei Ultraschallwindsensoren oder Optional mit einem Ultraschallwindensor und einer mechanischen Windfahne und Anemometer ausgestattet. Die Sensoren sind mit integrierten Heizelementen ausgerüstet, um Störungen durch Eis/Schnee zu minimieren. Die Windsensoren sind redundant. Die Windenergieanlage ist also auch mit lediglich einem Sensor funktionsfähig.

3.8 VMP (Vestas-Multiprozessor-)Steuerung

Die Windenergieanlage wird von der Steuerung VMP6000 gesteuert und überwacht.

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

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

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

Die VMP6000-Steuerung erfüllt folgende Hauptfunktionen:

- Überwachung des Gesamtbetriebs.
- Synchronisierung des Generators mit dem Stromnetz während des Aufschaltvorgangs
- Betrieb der Windenergieanlage bei unterschiedlichen Fehlerzuständen.
- Automatische Windnachführung des Maschinenhauses.
- OptiTip® – Rotorblatt-Pitchsteuerung
- Steuerung der Blindleistung und Betrieb mit variabler Drehzahl.
- Reduzierung der Geräuschemissionen.
- Überwachung der Umgebungsbedingungen.
- Netzüberwachung.
- Überwachung des Rauchmeldesystems

3.9 Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)

Die USV ist mit einem AC/DC-DC/AC-Umrichter (Doppelumrichtung) und Batteriezellen ausgestattet. Die Batterie ist im gleichen Schaltschrank wie der Umrichter untergebracht. Bei einem Stromnetzausfall versorgt die USV bestimmte Komponenten mit 230 V Wechselstrom.

Die Backup-Zeit für das USV-System ist proportional zum Energieverbrauch. Die tatsächliche Backup-Zeit kann variieren.

USV							
Batterietyp	Valve-Regulated Lead Acid (Bleisäure, ventilreguliert; VRLA)						
Batterie-Nennspannung	2 x 8 x 12 V (192 V)						
Umrichtertyp	Doppelumrichter						
Umrichtereingang	230 V +/- 20 %						
Nennausgangsspannung	230 VAC						
Backup-Zeit**	Gefahren- feuer		0 Std.	1 Std.	8 Std.	>8 Std.	
		Steuerung*	15 Min.	Std.	Std.	2 EXB	3 EXB (max. 630min.)
			1 Std.	Std.	2 EXB	3 EXB	Nicht zutreffend
			2 Std.	1 EXB	2 EXB	3 EXB	Nicht zutreffend
			3 Std.	2 EXB	3 EXB	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
			>3 Std.	3 EXB (max. 230min.)	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Aufladezeit	80 %	Ca. 3 Stunden					
100 %	Ca. 8 Stunden						

Tabelle 3-8: USV-Daten

Nicht zutreffend = gewünschte Backup-Zeit nicht möglich

STD. =Standard Batteriesatz

EXB = Optional Extra Batteriesatz.

*Die Steuerung umfasst: Steuerung der Windenergieanlage (System 6000), Schaltanlagenfunktionen und Fernüberwachung Die Interne Beleuchtungen werden durch in der Beleuchtungskonsole separat eingebaute Batterien gespeist.

HINWEIS ** Angaben zu alternativen Backup-Zeiten erfragen Sie bitte bei Vestas.

4 Windenergieanlagenschutzsysteme

4.1 Bremskonzept

Die Hauptbremse der Windenergieanlage ist aerodynamisch. Stoppende der Windenergieanlage erfolgt durch volle Fahnenstellung der drei Rotorblätter (einzelnes Drehen der einzelnen Rotorblätter). Jedes Rotorblatt verfügt über einen Hydraulikdruckspeicher als Energieversorgung zum Drehen des Rotorblatts.

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

4.2 Kurzschlusschutz

Trennschalter	Trennschalter für Eigenverbrauch T4L 250A TMD 4P 690 V	Trennschalter für Umrichtermodule T7M1200L PR332/P LSIG 1000 A 3P 690 V
Abschaltleistung, I _{cu} , I _{cs}	70 kA bei 690 V	50 kA bei 690 V
Einschaltleistung, I _{cm}	154 kA bei 690 V	105 kA bei 690 V

Tabelle 4-1: Daten des Kurzschlusschutzes

4.3 Überdrehzahlschutz

Die Drehzahl von Generator und Hauptwelle wird von Induktionssensoren erfasst und von der Windenergieanlagensteuerung berechnet, um vor Überdrehzahl und Drehfehlern zu schützen.

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

Überdrehzahlschutz	
Sensortyp	Induktiv
Auslösewert	Rotor: 17,66 U/min/Generator: 2000 U/min

Tabelle 4-3: Daten des Überdrehzahlschutzes

4.4 Blitzschutz von Rotorblättern, Maschinenhaus, Nabe und Turm

Das Lightning Protection System (Blitzschutzsystem, LPS) schützt die Windenergieanlage vor Sachschäden durch Blitzschläge. Das LPS besteht aus fünf Hauptteilen:

- Blitzrezeptoren.
- 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 reduzieren).

- Schutz vor Überspannung und Überstrom
- Abschirmung gegen magnetische und elektrische Felder
- Erdungssystem

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

Tabelle 4-4: Blitzschutzkonstruktionsparameter

HINWEIS Das Blitzschutzsystem ist nach den IEC-Normen konstruiert (siehe 7 Genehmigungen und Auslegungskriterien, S. 24).

4.5 EMV-System

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

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

4.6 Erdung

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

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

Das Vestas Erdungssystem ist an die unterschiedlichen Fundamentarten angepasst. Das Erdungssystem ist detailliert je nach 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 Konstruktion des Vestas Erdungssystems.

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

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

4.7 Korrosionsschutz

Die Klassifikation des Korrosionsschutzes entspricht ISO 12944-2.

Korrosionsschutz	Außenbereiche	Innenbereiche
Maschinenhaus	C5	Mindestens C3
Nabe	C5	C3
Turm	C4	C3

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

5 Sicherheit

Die Sicherheitsspezifikationen in diesem Abschnitt enthalten eingeschränkte allgemeine Informationen zur Sicherheitsausstattung der Windenergieanlage. Sie entbinden den Käufer und seine Vertreter nicht von der Notwendigkeit, alle erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, zu denen u. a. Folgendes zählt: (a) Erfüllen aller geltenden Vereinbarungen, Anweisungen und Anforderungen bezüglich Sicherheit, Betrieb, Wartung und Service; (b) Erfüllen aller sicherheitsrelevanten Gesetze, Vorschriften und Verordnungen und (c) Durchführen aller erforderlichen Sicherheitsschulungen und -fortbildungen.

5.1 Zugang

Der Zugang zur Windenergieanlage von außen erfolgt über die unterste Turmsektion. Die Tür ist mit einem Schloss ausgestattet. Der Zugang zur oberen Plattform im Turm erfolgt über eine Leiter oder einen Serviceaufzug. Der Zugang zum Maschinenhaus von der oberen Plattform aus erfolgt über eine Leiter. Der Zugang zum Transformatorraum im Maschinenhaus wird mit einem Schloss gesichert. Ein unberechtigter Zugang zu Elektroschalttafeln und Stromtafeln in der Windenergieanlage ist gemäß IEC 60204-1 2006 nicht möglich.

5.2 Fluchtwege

Zusätzlich zu den normalen Zugangswegen gibt es alternative Fluchtwege aus dem Maschinenhaus durch die Kranluke, aus der Nabenabdeckung durch Öffnen der Spinnernase oder vom Dach des Maschinenhauses. Die Rettungsausrüstung befindet sich im Maschinenhaus.

Die Luke im Dach kann von innen und außen geöffnet werden.

Die Flucht aus dem Serviceaufzug erfolgt über die Leiter.

Ein Notfallschutzplan in der Windenergieanlage beschreibt die Evakuierung und die Fluchtwege.

5.3 Räume/Arbeitsbereiche

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

5.4 Böden, Plattformen, Steh- und Arbeitsplätze

Alle Plattformen weisen eine rutschfeste Oberfläche auf.

Pro Turmsektion ist ein Boden vorhanden.

Zwischen den Plattformen sind entlang der Turmleiter im Abstand von 9 Metern Ruheplattformen angebracht.

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

5.5 Serviceaufzug

Die Windenergieanlage V112-3.3 MW wird optional mit montiertem Serviceaufzug geliefert.

5.6 Aufstiegsmöglichkeiten

Im Turm ist eine Leiter mit einem Fallsicherungssystem (fester Handlauf) montiert.

In Turm, Maschinenhaus, Nabe und auf dem Dach sind Verankerungspunkte zum Anbringen von Sicherheitsgeschirr (Auffang- und Rettungsgurt) angebracht.

Über der Kranluke befindet sich ein Verankerungspunkt für die Höhenrettungsausrüstung.

Verankerungspunkte sind gelb markiert und für 22,2 kN ausgelegt und getestet.

5.7 Bewegliche Teile, Schutzeinrichtungen und Sperrvorrichtungen

Alle beweglichen Teile im Maschinenhaus sind abgeschirmt.

Die Windenergieanlage ist mit einer Rotorarretierung ausgestattet, um den Rotor und den Triebstrang zu sperren.

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

5.8 Beleuchtung

Die Windenergieanlage ist in Turm, Maschinenhaus, Transformatorraum und Nabe mit einer Beleuchtung ausgestattet.

Für den Fall eines Stromausfalls ist eine Notbeleuchtung vorgesehen.

5.9 Not-Stopp

In Maschinenhaus, Nabe und in der untersten Turmsektion sind Not-Stopp-Taster angebracht.

5.10 Abschalten der Stromzufuhr

Die Windenergieanlage ist mit Trennschaltern ausgestattet, um ein Abschalten der gesamten Stromzufuhr bei Inspektions- oder Wartungsmaßnahmen zu ermöglichen. Die

Schalter sind beschildert und befinden sich im Maschinenhaus und in der untersten Turmsektion.

5.11 Brandschutz/Erste Hilfe

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

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

5.12 Warnschilder

Im Inneren oder an der Außenseite der Windenergieanlage angebrachte Warnschilder müssen vor Betrieb oder Wartung der Windenergieanlage beachtet werden.

5.13 Handbücher und Warnhinweise

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

6 Umwelt

6.1 Chemikalien

In der Windenergieanlage verwendete Chemikalien werden gemäß dem Umweltsystem von Vestas Wind Systems A/S mit einer Zertifizierung gemäß ISO 14001:2004 bewertet. In der Windenergieanlage werden die folgenden Chemikalien verwendet:

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

7 Genehmigungen und Auslegungskriterien

7.1 Typenprüfungen

Die Windenergieanlage ist nach folgenden Zertifizierungsrichtlinien typengeprüft:

Zertifizierung	Windklasse	Nabenhöhe
IEC 61400-22	IEC IIA	84 m / 94 m
	IEC IIIA	119 m
DIBt Anlage 2.7/10	DIBt II	140 m
	DIBt III	94 m /119 m

Tabelle 7-1: Typenprüfungsdaten

7.2 Auslegungsrichtlinien – Baukonstruktion

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

Auslegungsrichtlinien	
Maschinenhaus und Nabe	IEC 61400-1: Ausgabe 3 EN 50308
Turm	IEC 61400-1: Ausgabe 3 Eurocode 3
Rotorblätter	DNV-OS-J102 IEC 1024-1 IEC 60721-2-4 IEC 61400 (Teile 1, 12 und 23) IEC WT 01 IEC DEFU R25 ISO 2813 DS/EN ISO 12944-2
Getriebe	ISO 81400-4
Generator	IEC 60034
Transformator	IEC 60076-11, IEC 60076-16, CENELEC HD637 S1
Blitzschutz	IEC 62305-1: 2006 IEC 62305-3: 2006 IEC 62305-4: 2006 IEC/TR 61400-24:2002
Drehende elektrische Maschinen	IEC 34
Maschinensicherheit, sicherheitsrelevante Teile der Steuersysteme	IEC 13849-1
Maschinensicherheit – elektrische Ausrüstung von	IEC 60204-1

Auslegungsrichtlinien

Maschinen

Tabelle 7-2: Auslegungsrichtlinien

8 Farben

8.1 Maschinenhausfarbe

Farbe von Vestas Maschinenhäusern

Standard-Maschinenhausfarbe	RAL 7035 (Lichtgrau)
Standard-Logo	Vestas

Tabelle 8-1: Farbe, Maschinenhaus

8.2 Turmfarbe

Farbe von Vestas Turmsektionen

	Außen:	Innen:
Standard-Turmfarbe	RAL 7035 (Lichtgrau)	RAL 9001 (Cremeweiß)

Tabelle 8-2: Farbe, Turm

8.3 Rotorblattfarben

Blattfarben

Standard-Blattfarbe	RAL 7035 (Lichtgrau)
Farbvarianten Blattspitzen-Ende	RAL 2009 (Verkehrsorange), RAL 3020 (Verkehrsrot)
Glanz	< 30 % DS/EN ISO 2813

Tabelle 8-3: Farbe, Rotorblätter

9 Leitfaden für Betriebsbereich und Leistungsmerkmale

Die tatsächlichen Klima- und Standortbedingungen weisen viele Variablen auf und müssen bei der Bewertung der tatsächlichen Windenergieanlagenleistung berücksichtigt werden. Die Auslegungs- und Betriebsparameter in diesem Abschnitt stellen keine Garantien, Gewährleistungen und Darstellungen bezüglich der Windenergieanlagenleistung an tatsächlichen Standorten dar.

9.1 Klima- und Standortbedingungen

Die Werte beziehen sich auf die Nabenhöhe:

Auslegungsparameter – Extremwerte	
Windklima	IEC IIA
Umgebungstemperaturbereich (Windenergieanlage für Standardtemperatur)	-40 °C bis +50 °C
Extreme Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Durchschnitt)	42,5 m/s
Überlebenswindgeschwindigkeit (3-Sekunden-Böe)	59,5 m/s

Tabelle 9-1: Auslegungsparameter – Extremwerte

Auslegungsparameter – Mittelwerte	
Windklima	IEC IIA
Windgeschwindigkeit	8,5 m/s
A-Faktor	9,59 m/s
Formfaktor, c	2,0
Turbulenzintensität gemäß IEC 61400-1, einschließlich Windparkturbulenz (bei 15 m/s – 90%-Quantil)	18 %
Scherwind	0,20
Einströmwinkel (senkrecht)	8°

Tabelle 9-2: Auslegungsparameter – Mittelwerte

9.1.1 Komplexes Gelände

Klassifikation von „komplexem“ Gelände gemäß IEC 61400-1:2005, Kapitel 11.2.

Bei Standorten, die als „komplex“ klassifiziert sind, müssen bei der Standortanalyse entsprechende Maßnahmen berücksichtigt werden.

Die Positionierung jeder Windenergieanlage muss mit der Vestas-Baustellenprüfung geprüft werden.

9.1.2 Höhenlage

Die Windenergieanlage ist standardmäßig für den Betrieb in Höhen bis 1000 m und optional für bis zu 2000 m über dem Meeresspiegel ausgelegt.

9.1.3 Windparkanordnung

Der Abstand der Windenergieanlagen muss standortspezifisch festgelegt werden. Der Abstand darf aber auf keinen Fall unter drei Rotordurchmessern (3D) liegen.

HINWEIS Die Bewertung von Klima- und Standortbedingungen ist komplex. Ziehen Sie Vestas daher bei jedem Projekt zur Beratung hinzu. Wenn die Bedingungen von den oben

genannten Parametern abweichen, muss Vestas in jedem Fall zur Beratung hinzugezogen werden.

9.2 Betriebsbereich – Temperatur und Wind

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

Betriebsbereich – Temperatur und Wind	
Umgebungstemperaturbereich (Standard-Windenergieanlage)	-20 °C bis +45°C
Umgebungstemperaturbereich (Niedrigtemperatur- Windenergieanlage)	-30° to +45°C
Einschaltwindgeschwindigkeit	3 m/s
Ausschaltwindgeschwindigkeit (10- Minuten-Durchschnitt)	25 m/s
Wiedereinschaltwindgeschwindigkeit (10-Minuten-Durchschnitt)	23 m/s

Tabelle 9-3: Betriebsbereich – Temperatur und Wind

HINWEIS Bei Umgebungstemperaturen von über +30 °C erhält die Windenergieanlage die leistungsverminderte Produktion aufrecht, und zwar innerhalb der Komponenten-Tragfähigkeit, wie in Abbildung 9-1, S. 24 dargestellt.

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

Im Fall von Niedrigtemperatur-Optionen wenden Sie sich bitte an Vestas.

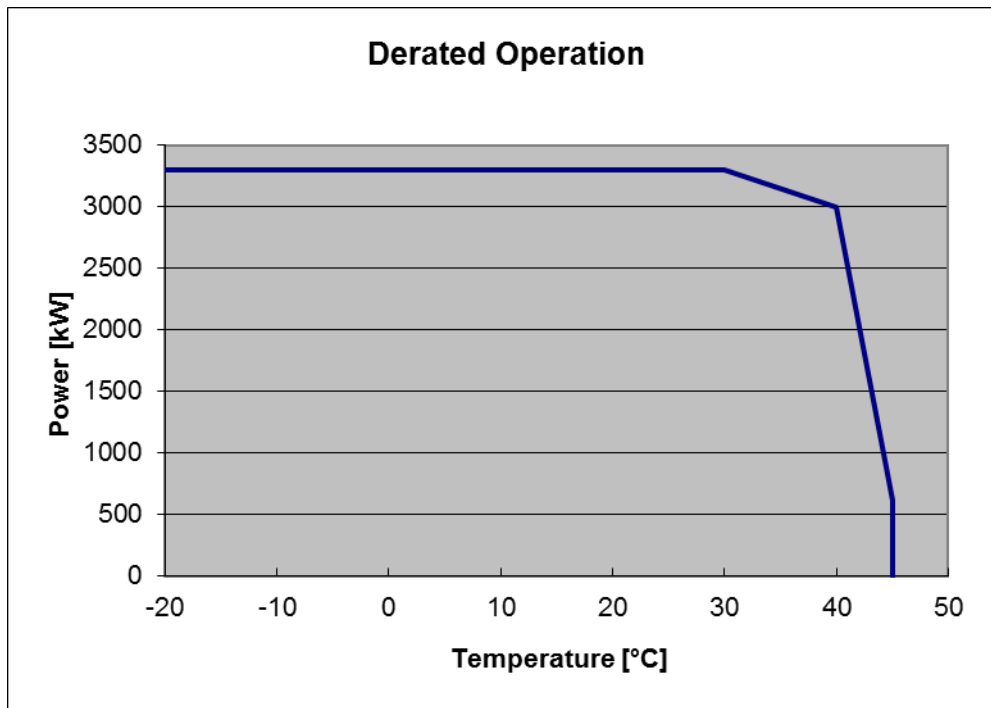


Figure 9-1: Derated Operation

9.3 Betriebsbereich – Stromnetzanschluss

Betriebsbereich – Netzanschluss		
Nennphasenspannung	[U _{NP}]	650 V
Nennfrequenz	[f _N]	50/60 Hz
Max. stationärer Spannungssprung	±2 % (von Windenergieanlage) ±4 % (vom Stromnetz)	
Max. Frequenzgradient	± 4 Hz/s	
Max. negative Gegenspannung	3 % (Verbindung), 2 % (Betrieb)	
Mindestens erforderliches Kurzschlussverhältnis am Mittelspannungsanschluss der Windenergieanlage	5,0	
Maximaler Kurzschlussstrom	1,05 pu (Dauerbetrieb) 1,45 pu (Spitze)	

Tabelle 9-4: Betriebsbereich – Stromnetzanschluss

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

Schutzeinstellungen	
Spannung 3600 s lang über 110 %** des Nennwerts	715 V
Spannung 2 s lang über 121 % des Nennwerts	787 V
Spannung 0,150 s lang über 136 % des Nennwerts	884 V
Spannung 60 s lang unter 90 %** des Nennwerts	585 V
Spannung 10 s lang über 80 % des Nennwerts	520 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 9-5: Trennwerte für Generator und Umrichter

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

** Die Windenergieanlage lässt sich für den Dauerbetrieb @ $\pm 13\%$ Spannung konfigurieren. Die Blindleistungskapazität und die akzeptablen Umgebungstemperaturen für diese erweiterten Einstellungen sind begrenzt. (Siehe Abschnitt 9.4)

9.4 Betriebsbereich – Blindleistungskapazität

Die Windenergieanlage verfügt über eine Blindleistungskapazität gemäß der Darstellung:

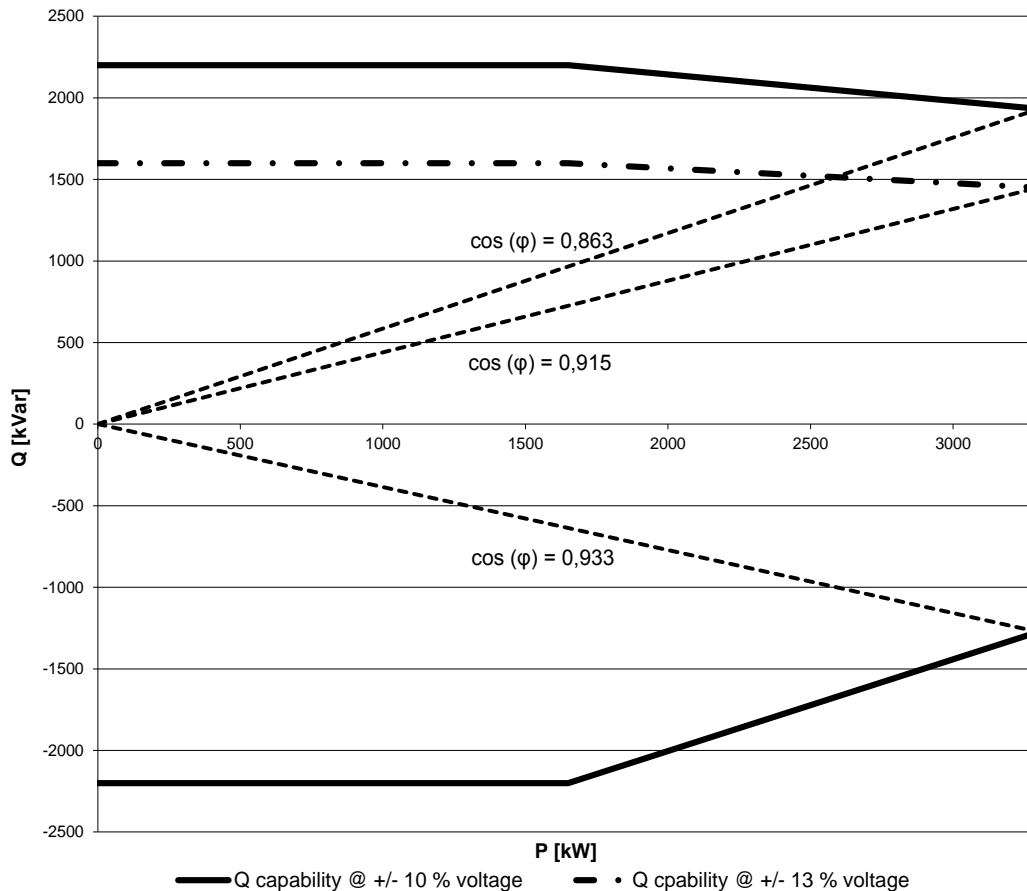


Abbildung 9-: Blindleistungskapazität.

Die Blindleistungskapazität an der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators beträgt bei Volllast ca.: $\cos\varphi = 0,90/0,88$ kapazitiv/induktiv @ $\pm 10\%$ Spannung und $\cos\varphi = 0,95/0,88$ kapazitiv/induktiv @ $\pm 13\%$ Spannung.

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

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

9.5 Leistungsmerkmal – Durchfahren von Netzfehlern (Fault Ride Through)

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

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

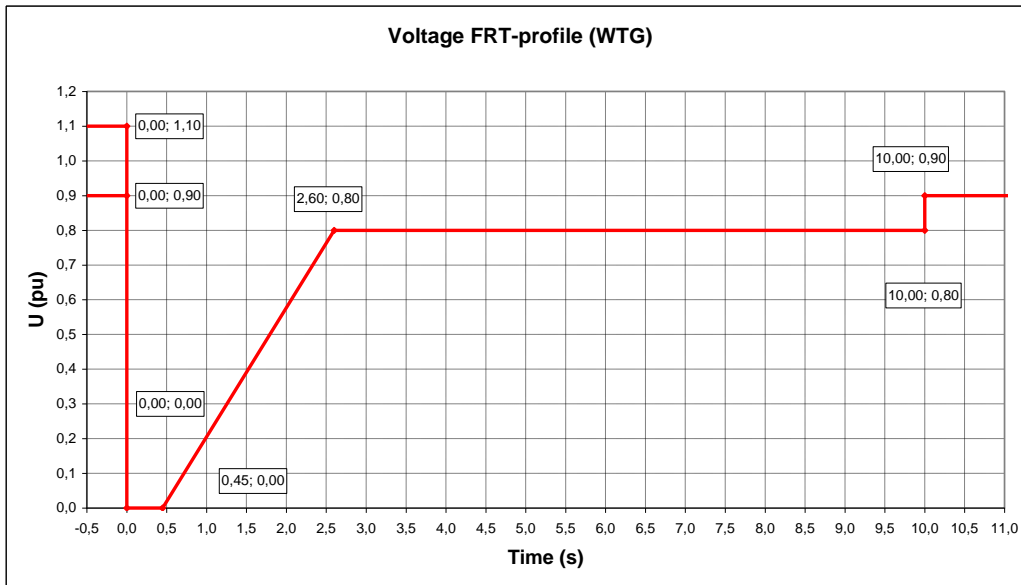


Abbildung 93: Niedrige Spannungstoleranzkurve für symmetrische und asymmetrische Störungen, wobei U die gemessene Spannung im Stromnetz darstellt.

Bei Stromnetzstörungen außerhalb der Schutzkurve in Abbildung 93, S. 31 wird die Windenergieanlage vom Stromnetz getrennt.

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

Tabelle 9-6: Leistungswiederherstellungszeit.

9.6 Leistungsmerkmal – Blindstrombeitrag

Der Blindstrombeitrag hängt davon ab, ob es sich um einen symmetrischen oder asymmetrischen Fehler handelt.

9.6.1 Symmetrischer Blindstrombeitrag

Während symmetrischer Spannungsabfälle speist der Windpark Blindstrom ein, um die Stromnetzspannung zu unterstützen. Der eingespeiste Blindstrom ist eine Funktion der gemessenen Netzspannung.

Der Standardwert ergibt einen Blindstromanteil von 100 % (1 pu) des Nennstroms an der Mittelspannungsseite des Mittelspannungstransformators. Abbildung 9- auf S. 32 stellt den Blindstrombeitrag als eine Funktion der Spannung dar. Der Blindstrombeitrag ist unabhängig von den aktuellen Windbedingungen und dem Leistungsniveau vor einer Störung.

Wie in Abbildung 9-, S. 32 dargestellt, ist der Gradient für die Blindstromeinspeisung mit einem Blindstrom von 2 % des Nennstroms pro 1 % Spannungsfall definiert. Der Anstieg kann zwischen 0 und 10 % parametrisiert werden, um an die standortspezifischen Anforderungen angepasst zu werden.

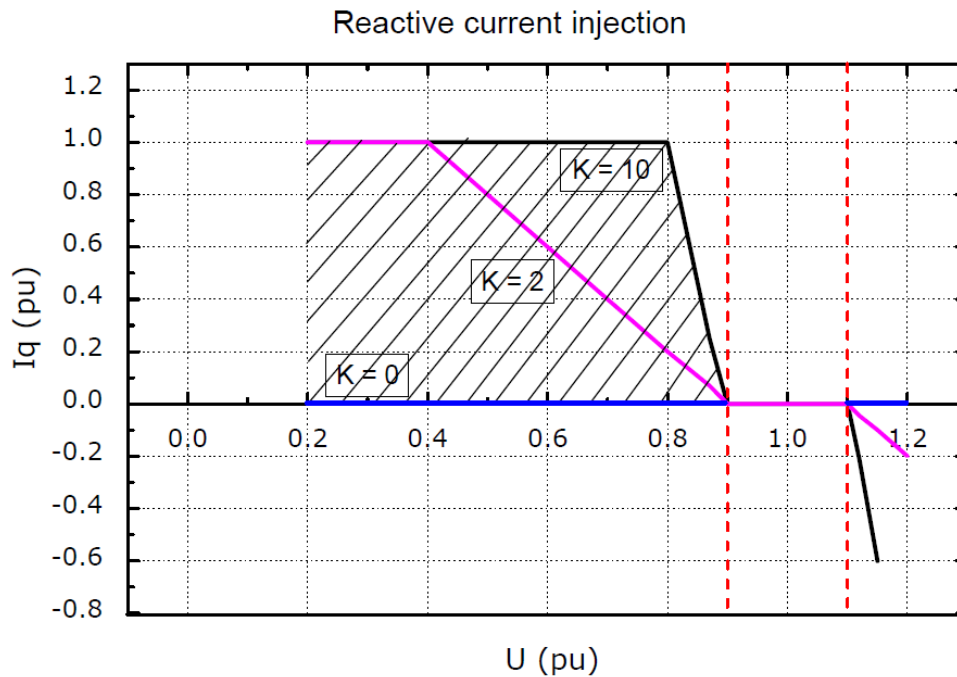


Abbildung 9-: Blindstromeinspeisung

9.6.2 Asymmetrischer Blindstrombeitrag

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

9.7 Leistungsfähigkeit – mehrfache Spannungsabfälle

Die Windenergieanlage ist so ausgelegt, dass sie Automatische Wiedereinschaltung (AWE) und mehrfache Spannungsabfälle innerhalb einer kurzen Zeitspanne vertragen kann, da solche Spannungsabfälle nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt sind. Beispielsweise stellen 10 Spannungsabfälle mit einer Dauer von 200 ms auf 20 % der Spannung innerhalb von 30 Minuten in der Regel kein Problem für die Windenergieanlage dar.

9.8 Leistungsmerkmal – Regelung von Wirk- und Blindleistung

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

Max. Anstiegsrate für externe Steuerung	
Wirkleistung	0,1 pu/s (300 kW/s)
Blindleistung	20 pu/s (66 MVar/s)

Tabelle 9-7: Anstiegsraten für Wirk-/Blindleistung

Zur Unterstützung der Stromnetzstabilität ist die Windenergieanlage in der Lage, bei Wirkleistungsreferenzen bis 10 % der Nennleistung der Windenergieanlage mit dem

Stromnetz verbunden zu bleiben. Bei Wirkleistungsreferenzen unter 10 % kann die Windenergieanlage sich vom Stromnetz trennen.

9.9 Leistungsmerkmal – Spannungsregelung

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

9.10 Leistungsmerkmal – Frequenzregelung

Die Windenergieanlage lässt sich zur Frequenzregelung durch Begrenzung der abgegebenen Leistung als Funktion der Stromnetzfrequenz (Überfrequenz) konfigurieren.

Totbereich und Anstieg sind für die Frequenzregelungsfunktion einstellbar.

9.11 Hauptbeitragende für Eigenbedarf

Der Stromverbrauch der Windenergieanlage ist als Eigenbedarf definiert, wenn die Windenergieanlage keine Energie an das Stromnetz liefert. Dies ist im Steuersystem als Production Generator 0 (Null) definiert. Die folgenden Komponenten haben den größten Einfluss auf den Eigenbedarf der Windenergieanlage (Der durchschnittliche Eigenbedarf hängt von den vorherrschenden Bedingungen, vom Klima, von der Windenergieanlagenleistung, von den Abschaltzeiten usw. ab.):

Hauptbeitragende für Eigenbedarf	
Hydraulikmotor	2 x 15 kW (Master/Slave)
Azimutmotoren	Maximal insgesamt 18 kW
Wassererwärmung	10 kW
Wasserpumpen	2,2 + 5,5 kW
Ölerwärmung	7,9 kW
Ölpumpe für Getriebschmierung	10 kW
Steuerung einschließlich Heizelementen für Hydraulik und alle Steuerungen	Ungefähr 3 kW
Leerlaufverlust Mittelspannungstransformator	Siehe Abschnitt 3.3 Mittelspannungstransformator, S. 12

Tabelle 9-8: Hauptbeitragende für Daten über den Eigenbedarf

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

Siehe Abschnitt 12 Anhänge, S. 38 für Leistungskurven und C_t -Werte.

Bedingungen für Leistungskurve und C_t -Werte (in Nabenhöhe)	
Scherwind	0,00-0,30 (10-Minuten-Durchschnitt)
Turbulenzintensität	6-12 % (10-Minuten-Durchschnitt)
Rotorblätter	Sauber

Bedingungen für Leistungskurve und C_t-Werte (in Nabenhöhe)	
Regen	nein
Eis/Schnee auf Rotorblättern	nein
Leading Edge (Vorderkante)	Keine Schäden
Gelände	IEC 61400-12-1
Einströmwinkel (senkrecht)	0 ±2°
Stromnetzfrequenz	Nennfrequenz ±0,5 Hz

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

9.13 Schallmodi

Die in aufgelisteten Geräuschmodi sind für die Windenergieanlage V112-3.3 MW verfügbar.

Verfügbare Geräuschmodi für V112-3.3 MW		
Modus-Nr.	Name :	Maximum Noise Level
0	Optimised Power	106.5 dB
2	Maximum 104.5 dB	104.5 dB
3	Maximum 102.5 dB	102.5 dB
4	Maximum 101.0 dB	101.0 dB
5	DK Noise Mode	106.5 dB

Tabelle 9: Verfügbare Geräuschmodi

Die Geräuschmodi sind für die Nabenhöhen verfügbar, die in der Tabelle Turmstrukturdaten in Abschnitt 2.14 Türme, S. 9 aufgeführt sind, außer für Geräuschmodus 4, der nicht für Nabenhöhe 119 m verfügbar ist.

Weitere Informationen zu Geräuschmodi sind in Abschnitt 12 „Anhänge“, S. 34 aufgeführt oder über Vestas Wind Systems A/S erhältlich

10 Zeichnungen

10.1 Baukonstruktion – Darstellung der Außenabmessungen

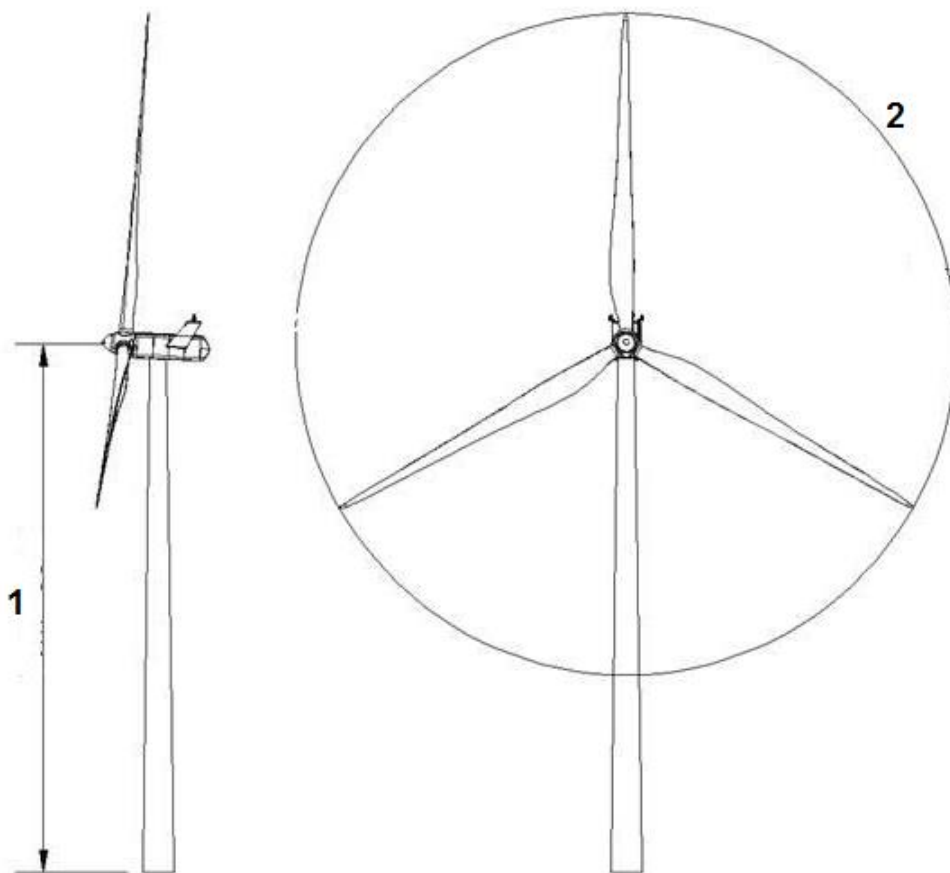


Abbildung 10-1: Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen

1 Nabhöhe: 84/94/119/140 m

2 Durchmesser: 112 m

10.2 Baukonstruktion – Seitenansichtszeichnung



Abbildung 10-2: Seitenansichtszeichnung

11 Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse

- © 2013 Vestas Wind Systems A/S. Das vorliegende Dokument wurde von Vestas Wind Systems A/S und/oder einer seiner Tochtergesellschaften erstellt und enthält urheberrechtlich geschütztes Material, Markenzeichen und andere geschützte Informationen. Alle Rechte vorbehalten. Das Dokument darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis durch Vestas Wind Systems A/S weder als Ganzes noch in Teilen reproduziert oder in irgendeiner Weise oder Form – sei es grafisch, elektronisch oder mechanisch, einschließlich Fotokopien, Bandaufzeichnungen oder mittels Datenspeicherungs- und Datenzugriffssystemen – vervielfältigt werden. Die Nutzung dieses Dokuments ist untersagt, sofern dies nicht ausdrücklich von Vestas Wind Systems A/S gestattet wurde. Marken-, Urheberrechts- oder sonstige Vermerke im Dokument dürfen nicht geändert oder entfernt werden.
- Die allgemeinen Spezifikationen, die in diesem Dokument beschrieben werden, gelten für die aktuelle Version der Windenergieanlage V112-3.0 MW. Bei neueren Versionen der Windenergieanlage V112-3.0 MW, die ggf. zukünftig hergestellt werden, gelten u. U. andere allgemeine Spezifikationen. Falls Vestas eine neuere Version der Windenergieanlage V112-3.0 MW liefert, legt Vestas aktualisierte allgemeine Spezifikationen vor, die dann für die neue Version gelten.
- Vestas empfiehlt, dass die Werte des Stromversorgungsnetzes so dicht wie möglich an den Nennwerten liegen und Frequenz und Spannung nur gering vom Nennwert abweichen.
- Im Anschluss an einen Netzausfall und/oder an Zeiträume mit sehr geringer Umgebungstemperatur muss eine bestimmte Zeit für das Aufwärmen der Windenergieanlage eingeplant werden.
- Für alle angegebenen Start/Stop-Parameter (z. B. Windgeschwindigkeiten und Temperaturen) ist eine Hysterese-Steuerung vorhanden. Dadurch kann es in

bestimmten Grenzsituationen dazu kommen, dass die Windenergieanlage angehalten wird, obwohl entsprechend den Umgebungsbedingungen die angegebenen Betriebsparametergrenzwerte nicht überschritten werden.

- Das Erdungssystem muss die Mindestanforderungen von Vestas sowie die lokalen und nationalen Anforderungen und Normen erfüllen.
- Die vorliegende allgemeine Spezifikation stellt kein Verkaufsangebot dar und enthält keine Garantie, Zusage und/oder Prüfung der Leistungskurve und Geräusche (einschließlich und ohne Einschränkung Prüfverfahren für Leistungskurve und Geräusche). Garantien, Zusagen und/oder Prüfungen von Leistungskurve und Geräuschen (einschließlich Prüfverfahren für Leistungskurve und Geräusche) müssen separat schriftlich vereinbart werden.

12 Anhänge

12.1 Mode 0, “Optimised Power”

12.1.1 Leistungskurven, Betriebsmodus 0

Luftdichte [kg/m ³]														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	22	8	9	10	11	12	14	15	16	17	19	20	23	25
3,5	73	44	47	50	52	55	57	60	62	65	68	70	75	78
4,0	134	93	97	100	104	108	112	116	119	123	127	131	138	142
4,5	209	151	156	161	167	172	177	183	188	193	198	204	214	220
5,0	302	222	229	237	244	251	258	266	273	280	287	295	309	316
5,5	415	309	318	328	338	347	357	367	376	386	396	405	425	434
6,0	552	414	427	440	452	465	477	490	502	515	527	540	565	577
6,5	714	540	556	572	587	603	619	635	651	667	683	699	730	746
7,0	906	688	708	728	748	767	787	807	827	847	866	886	925	945
7,5	1123	857	881	905	930	954	978	1002	1027	1051	1075	1099	1147	1171
8,0	1370	1049	1078	1107	1137	1166	1195	1225	1254	1283	1312	1341	1399	1428
8,5	1648	1264	1300	1335	1370	1405	1440	1475	1509	1544	1579	1613	1682	1716
9,0	1950	1502	1544	1585	1626	1667	1708	1748	1789	1830	1870	1910	1990	2030
9,5	2268	1756	1804	1851	1898	1946	1992	2039	2085	2131	2177	2222	2313	2357
10,0	2586	2022	2075	2128	2181	2234	2286	2337	2389	2440	2489	2537	2631	2677
10,5	2868	2284	2342	2400	2459	2517	2570	2624	2677	2731	2777	2822	2907	2946
11,0	3071	2526	2586	2646	2706	2766	2815	2864	2913	2963	2999	3035	3098	3126
11,5	3201	2741	2799	2856	2914	2972	3011	3050	3090	3129	3153	3177	3217	3233
12,0	3266	2923	2972	3021	3071	3120	3147	3173	3200	3227	3240	3253	3273	3280
12,5	3291	3064	3101	3138	3175	3212	3228	3243	3258	3273	3279	3285	3293	3296
13,0	3298	3164	3188	3212	3236	3260	3268	3276	3284	3291	3293	3296	3298	3299
13,5	3299	3219	3234	3249	3263	3278	3282	3287	3291	3295	3297	3298	3299	3300
14,0	3300	3256	3265	3273	3282	3290	3292	3294	3296	3299	3299	3300	3300	3300
14,5	3300	3276	3281	3286	3291	3296	3297	3298	3299	3300	3300	3300	3300	3300
15,0	3300	3288	3291	3293	3296	3298	3299	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300
15,5	3300	3294	3295	3296	3298	3299	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16,0	3300	3296	3297	3298	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
16,5	3300	3298	3298	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
17,0	3300	3299	3299	3299	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
17,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
18,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
18,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
19,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
19,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
20,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
20,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
21,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
21,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
22,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
22,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
23,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
23,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
24,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
24,5	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
25,0	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300

Tabelle 12-1: Leistungskurve, Betriebsmodus 0

12.1.2 C_t-Werte, Schallmodus 0

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte [kg/m ³]													
	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	0,904	0,908	0,908	0,907	0,907	0,907	0,906	0,906	0,906	0,905	0,905	0,904	0,904	0,903
3,5	0,857	0,860	0,860	0,860	0,859	0,859	0,859	0,858	0,858	0,858	0,858	0,857	0,857	0,856
4,0	0,828	0,831	0,831	0,830	0,830	0,830	0,830	0,829	0,829	0,829	0,829	0,828	0,828	0,828
4,5	0,819	0,822	0,822	0,822	0,821	0,821	0,821	0,820	0,820	0,820	0,819	0,819	0,818	0,818
5,0	0,814	0,818	0,818	0,818	0,817	0,817	0,816	0,816	0,815	0,815	0,815	0,814	0,814	0,814
5,5	0,812	0,817	0,817	0,816	0,816	0,815	0,815	0,815	0,814	0,814	0,813	0,813	0,812	0,811
6,0	0,807	0,814	0,813	0,812	0,812	0,811	0,811	0,810	0,810	0,809	0,808	0,808	0,807	0,806
6,5	0,802	0,809	0,809	0,808	0,807	0,807	0,806	0,805	0,805	0,804	0,803	0,802	0,801	0,800
7,0	0,795	0,804	0,803	0,803	0,802	0,801	0,800	0,799	0,798	0,797	0,797	0,796	0,794	0,793
7,5	0,788	0,799	0,798	0,797	0,796	0,795	0,794	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,787	0,786
8,0	0,781	0,794	0,793	0,792	0,790	0,789	0,788	0,787	0,786	0,785	0,783	0,782	0,780	0,779
8,5	0,773	0,788	0,786	0,785	0,784	0,783	0,781	0,780	0,779	0,777	0,776	0,775	0,772	0,771
9,0	0,763	0,778	0,777	0,775	0,774	0,773	0,771	0,770	0,769	0,767	0,766	0,764	0,762	0,760
9,5	0,745	0,763	0,762	0,760	0,759	0,758	0,756	0,754	0,753	0,751	0,749	0,747	0,742	0,740
10,0	0,711	0,739	0,738	0,736	0,734	0,733	0,730	0,728	0,725	0,722	0,719	0,715	0,706	0,702
10,5	0,657	0,702	0,700	0,698	0,695	0,693	0,689	0,685	0,681	0,676	0,670	0,664	0,649	0,641
11,0	0,587	0,652	0,648	0,645	0,642	0,638	0,632	0,626	0,620	0,613	0,605	0,596	0,577	0,567
11,5	0,514	0,598	0,593	0,588	0,583	0,578	0,570	0,561	0,553	0,545	0,534	0,524	0,503	0,492
12,0	0,445	0,543	0,536	0,529	0,522	0,516	0,506	0,496	0,486	0,476	0,466	0,455	0,435	0,425
12,5	0,385	0,489	0,480	0,472	0,463	0,455	0,445	0,435	0,424	0,414	0,404	0,395	0,376	0,367
13,0	0,335	0,437	0,427	0,418	0,409	0,399	0,390	0,380	0,370	0,361	0,352	0,344	0,328	0,320
13,5	0,296	0,389	0,380	0,371	0,362	0,352	0,344	0,335	0,327	0,318	0,311	0,304	0,290	0,283
14,0	0,263	0,346	0,338	0,329	0,320	0,311	0,304	0,297	0,289	0,282	0,275	0,269	0,257	0,251
14,5	0,234	0,309	0,301	0,293	0,285	0,277	0,270	0,264	0,257	0,251	0,245	0,240	0,229	0,224
15,0	0,209	0,275	0,268	0,261	0,254	0,246	0,241	0,235	0,229	0,223	0,219	0,214	0,205	0,201
15,5	0,189	0,247	0,241	0,234	0,228	0,222	0,217	0,212	0,207	0,201	0,197	0,193	0,185	0,181
16,0	0,171	0,223	0,217	0,212	0,206	0,200	0,196	0,191	0,187	0,182	0,179	0,175	0,168	0,164
16,5	0,156	0,202	0,197	0,192	0,187	0,182	0,178	0,174	0,170	0,166	0,163	0,159	0,153	0,150
17,0	0,142	0,184	0,180	0,175	0,171	0,166	0,162	0,159	0,155	0,152	0,148	0,145	0,140	0,137
17,5	0,131	0,168	0,164	0,160	0,156	0,152	0,149	0,146	0,142	0,139	0,136	0,133	0,128	0,126
18,0	0,120	0,154	0,151	0,147	0,143	0,140	0,137	0,134	0,131	0,128	0,125	0,123	0,118	0,116
18,5	0,111	0,142	0,139	0,135	0,132	0,129	0,126	0,123	0,121	0,118	0,116	0,113	0,109	0,107
19,0	0,102	0,130	0,127	0,124	0,121	0,118	0,116	0,113	0,111	0,108	0,106	0,104	0,100	0,098
19,5	0,095	0,121	0,118	0,115	0,112	0,110	0,107	0,105	0,103	0,100	0,099	0,097	0,093	0,091
20,0	0,088	0,112	0,109	0,107	0,104	0,102	0,100	0,098	0,095	0,093	0,092	0,090	0,087	0,085
20,5	0,082	0,104	0,102	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,081	0,079
21,0	0,077	0,097	0,095	0,093	0,091	0,088	0,087	0,085	0,083	0,081	0,080	0,078	0,075	0,074
21,5	0,072	0,091	0,089	0,087	0,085	0,083	0,082	0,080	0,078	0,077	0,075	0,074	0,071	0,070
22,0	0,068	0,086	0,084	0,082	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066
22,5	0,064	0,080	0,079	0,077	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,063	0,062
23,0	0,060	0,075	0,073	0,072	0,070	0,068	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058
23,5	0,056	0,071	0,069	0,068	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054
24,0	0,053	0,067	0,065	0,064	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,051
24,5	0,050	0,063	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,049	0,049
25,0	0,048	0,059	0,058	0,057	0,056	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046

Tabelle 12-2: C_t-Werte, Schallmodus 0.

12.1.3 Noise Curves, Noise Mode 0, “Optimised Power”

Schalleistungspegel in Nabenhöhe, Schallmodus 0				
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 2/2002 Scherwind: 0,16 Max. Turbulenz in 10 m Höhe: 16 % Einströmwinkel (senkrecht): 0 ±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³			
Nabenhöhe	84 m	94 m	119 m	140 m
LwA bei 3 m/s (10 m Höhe über Grund) [dBA] Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	88,7 4,2	89,1 4,3	90,0 4,5	90,5 4,6
LwA bei 4 m/s (10 m Höhe über Grund) [dBA] Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	95,2 5,6	96,6 5,7	96,5 5,9	97,3 6,1
LwA bei 5 m/s (10 m Höhe über Grund) [dBA] Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	100,7 7,0	101,4 7,2	102,0 7,4	102,7 7,6
LwA bei 6 m/s (10 m Höhe über Grund) [dBA] Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	104,7 8,4	105,1 8,6	105,6 8,9	105,9 9,2
LwA bei 7 m/s (10 m Höhe über Grund) [dBA] Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	106,5 9,8	106,5 10,0	106,5 10,4	106,5 10,7
LwA bei 8 m/s (10 m Höhe über Grund) [dBA] Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	106,5 11,2	106,5 11,4	106,5 11,9	106,5 12,2
LwA bei 9 m/s (10 m Höhe über Grund) [dBA] Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	106,5 12,7	106,5 12,9	106,5 13,4	106,5 13,7
LwA bei 10 m/s (10 m Höhe über Grund) [dBA] Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	106,5 14,1	106,5 14,3	106,5 14,9	106,5 15,3
LwA bei 11 m/s (10 m Höhe über Grund) [dBA] Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	106,5 15,5	106,5 15,7	106,5 16,3	106,5 16,8
LwA bei 12 m/s (10 m Höhe über Grund) [dBA] Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	106,5 16,9	106,5 17,2	106,5 17,8	106,5 18,3
LwA bei 13 m/s (10 m Höhe über Grund) [dBA] Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	106,5 18,3	106,5 18,6	106,5 19,3	106,5 19,8

Tabelle 12-: Schallkurve, Schallmodus 0

Eingeschränkte Weitergabe
Dokument Nr.: 0067-7065 V10
23.4.2021

Leistungsspezifikationen

V136-4.0/4.2 MW 50/60 Hz



Inhaltsverzeichnis

1	ALLGEMEINE BESCHREIBUNG	6
2	TYPENZULASSUNGEN UND VERFÜGBARE NABENHÖHEN	6
3	LEITFADEN FÜR BETRIEBBEREICHSBEDINGUNGEN UND LEISTUNGSMERKMALE	6
3.1	KLIMA- UND STANDORTBEDINGUNGEN	6
3.1.1	<i>Komplexes Gelände</i>	8
3.1.2	<i>Höhe</i>	8
3.1.3	<i>Anordnung der Windenergieanlagen</i>	8
3.2	BETRIEBBEREICH – WIND	8
3.3	BETRIEBBEREICH – WIND (HWO)	9
3.4	BETRIEBSUMGEBUNG – BEDINGUNGEN FÜR LEISTUNGSKURVE UND CT-WERTE (AUF NABENHÖHE)	10
3.5	SCHALLMODI	11
3.6	LASTMODI	12
4	ZEICHNUNGEN	13
4.1	KONSTRUKTIONSAUSLEGUNG – DARSTELLUNG DER AURENABMESSUNGEN	13
5	ALLGEMEINE EINSCHRÄNKUNGEN, HINWEISE UND HAFTUNGSAUSSCHLÜSSE	14
6	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND SCHALLKURVEN IM MODUS 0/0-0S	15
6.1	LEISTUNGSKURVEN, MODUS 0/0-0S	15
6.2	CT-WERTE, MODUS 0/0-0S	17
6.3	SCHALLKURVEN, MODUS 0/0-0S	18
7	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND GERÄUSCHKURVEN IM MODUS 0/0-0S (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	19
7.1	LEISTUNGSKURVEN, MODUS 0/0-0S (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	19
7.2	CT-WERTE, MODUS 0/0-0S (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	21
7.3	GERÄUSCHKURVEN, MODUS 0/0-0S (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	23
8	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND SCHALLKURVEN IM LEISTUNGSOPTIMIERTEN MODUS PO1/PO1-0S	24
8.1	LEISTUNGSKURVEN, LEISTUNGSOPTIMIERTER MODUS PO1/PO1-0S	24
8.2	CT-WERTE, LEISTUNGSOPTIMIERTER MODUS PO1/PO1-0S	26
8.3	SCHALLKURVEN, LEISTUNGSOPTIMIERTER MODUS PO1/PO1-0S	27
9	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND GERÄUSCHKURVEN IM LEISTUNGSOPTIMIERTEN MODUS PO1/PO1-0S (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	28
9.1	LEISTUNGSKURVEN, LEISTUNGSOPTIMIERTER MODUS PO1/PO1-0S (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	28
9.2	CT-WERTE, LEISTUNGSOPTIMIERTER MODUS PO1/PO1-0S (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	30
9.3	GERÄUSCHKURVEN, LEISTUNGSOPTIMIERTER MODUS PO1/PO1-0S (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	32
10	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND SCHALLKURVEN, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO1	33
10.1	LEISTUNGSKURVEN, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO1	33
10.2	CT-WERTE, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO1	35
10.3	SCHALLKURVEN, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO1	36
11	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND GERÄUSCHKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO1 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	37
11.1	LEISTUNGSKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO1 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	37
11.2	CT-WERTE, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO1 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	39
11.3	GERÄUSCHKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO1 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	41
12	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND GERÄUSCHKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO2	42

12.1	LEISTUNGSKURVEN, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO2	42
12.2	CT-WERTE, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO2	44
12.3	SCHALLKURVEN, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO2	45
13	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND GERÄUSCHKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO2 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	46
13.1	LEISTUNGSKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO2 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	46
13.2	CT-WERTE, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO2 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	48
13.3	GERÄUSCHKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO2 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	50
14	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND KURVEN ZUR GERÄUSCHENTWICKLUNG, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO1151	51
14.1	LEISTUNGSKURVEN, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO11	51
14.2	CT-WERTE, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO11	53
14.3	SCHALLKURVEN, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO11	54
15	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND KURVEN ZUR GERÄUSCHENTWICKLUNG, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO11 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	55
15.1	LEISTUNGSKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO11 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	55
15.2	CT-WERTE, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO11 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	57
15.3	GERÄUSCHKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO11 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	59
16	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND SCHALLKURVEN, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO12	60
16.1	LEISTUNGSKURVEN, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO12	60
16.2	CT-WERTE, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO12	62
16.3	SCHALLKURVEN, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO12	63
17	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND KURVEN ZUR GERÄUSCHENTWICKLUNG, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO12 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	64
17.1	LEISTUNGSKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO12 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	64
17.2	CT-WERTE, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO12 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	66
17.3	GERÄUSCHKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO12 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	68
18	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND SCHALLKURVEN, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO13	69
18.1	LEISTUNGSKURVEN, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO13	69
18.2	CT-WERTE, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO13	71
18.3	SCHALLKURVEN, SCHALLOPTIMIERTER MODUS SO13	72
19	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND GERÄUSCHKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO13 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	73
19.1	LEISTUNGSKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO13 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	73
19.2	CT-WERTE, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO13 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	75
19.3	GERÄUSCHKURVEN, GERÄUSCHOPTIMIERTER MODUS SO13 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	77
20	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND GERÄUSCHKURVEN, LASTOPTIMIERTER MODUS LO1	78
20.1	LEISTUNGSKURVEN, LASTOPTIMIERTER MODUS LO1	78
20.2	CT-WERTE, LASTOPTIMIERTER MODUS LO1	80
20.3	GERÄUSCHKURVEN, LASTOPTIMIERTER MODUS LO1	81
21	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND GERÄUSCHKURVEN, LASTOPTIMIERTER MODUS LO1 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	82
21.1	LEISTUNGSKURVEN, LASTOPTIMIERTER MODUS LO1 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	82
21.2	CT-WERTE, LASTOPTIMIERTER MODUS LO1 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	84
21.3	GERÄUSCHKURVEN, LASTOPTIMIERTER MODUS LO1 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	86
22	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND GERÄUSCHKURVEN, LASTOPTIMIERTER MODUS LO2	87

Klassifizierung: Eingeschränkte Weitergabe

Vestas Wind Systems A/S · Hedeager 42 · 8200 Aarhus N · Danmark · www.vestas.com

22.1	LEISTUNGSKURVEN, LASTOPTIMIERTER MODUS LO2	87
22.2	CT-WERTE, LASTOPTIMIERTER MODUS LO2	89
22.3	GERÄUSCHKURVEN, LASTOPTIMIERTER MODUS LO2	90
23	LEISTUNGSKURVEN, CT-WERTE UND GERÄUSCHKURVEN, LASTOPTIMIERTER MODUS LO2 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	91
23.1	LEISTUNGSKURVEN, LASTOPTIMIERTER MODUS LO2 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN).....	91
23.2	CT-WERTE, LASTOPTIMIERTER MODUS LO2 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN)	93
23.3	GERÄUSCHKURVEN, LASTOPTIMIERTER MODUS LO2 (BETRIEB BEI HOHEN WINDGESCHWINDIGKEITEN).....	95

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, S. 14) dieser Leistungsspezifikation.

1 Allgemeine Beschreibung

Die Windenergieanlage Vestas V136-4.0/4.2 MW ist eine Aufwindanlage mit Pitchregulierung, aktiver Windnachführung und Dreiblattrotor. Sie hat einen Rotordurchmesser von 136 m und eine Nennleistung von 4,0 MW.

Vestas bietet zur Variante V136-4.0 MW optional einen leistungsoptimierten (PO) Modus mit 4,2 MW an.

2 Typenzulassungen und verfügbare Nabenhöhen

Die Windenergieanlage wird gemäß folgenden Zertifizierungsrichtlinien und verfügbaren Nabenhöhen typengeprüft:

Zertifizierung	Windklasse	Nabenhöhe	
Turmtyp		Standard	Mit großem Durchmesser (geteilt)
IEC 61400-22	IEC IIB	105 m ⁽¹⁾ /112 m/117 m ⁽¹⁾	
	IEC IIIB		
DIBt 2012	WZ4(S), GK2	112 m	
	WZ2(S), GK2		149 m/166 m

Tabelle 2-1: Typenprüfungsdaten und verfügbare Nabenhöhen

⁽¹⁾: Zum Sondertransport optimierter Turm für USA/Kanada.

Die Nabenhöhe kann durch Erhöhen des Fundaments um bis zu 3 m angehoben werden. Vor dem Erhöhen des Fundaments muss eine standortspezifische Beurteilung durchgeführt werden. Diese Option ist bei bestimmten Bodenverhältnissen nicht möglich.

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 IIB	IEC IIB S
Nabenhöhe	105/112/117 m	105/112/117 m
Bemessungsleistung	4,0 MW	4,2 MW
Extr. Windgeschwindigkeit (10-Min.-Durchschnitt), V_{50}	42,5 m/s	42,5 m/s
Überlebenswindgeschwindigkeit (3-s-Bö), V_{e50}	59,5 m/s	59,5 m/s
Turbulenzintensität, I_{V50}	11 %	11 %

Tabelle 3-1: Auslegungsparameter – IEC

Windklima	IEC IIB	IEC IIB S
Nabenhöhe	105/112/117 m	105/112/117 m
Bemessungsleistung	4,0 MW	4,2 MW
Windgeschwindigkeit (10-Min.-Durchschnitt) V_{ave}	8,5 m/s	8,0 m/s
Weibull-Skalierungsfaktor, C	9,6 m/s	8,9 m/s
Weibull-Formfaktor, k	2.0	2.0
I_{ref} gemäß IEC 61400-1	0,14	0,14
Turbulenzintensität gemäß IEC 61400-1, einschließlich Windparkturbulenz (@15 m/s) I_{90} (90 % Quantil)	15,7 %	15,7 %
Scherwind, α	0,20	0,20
Anströmwinkel (senkrecht)	8 °	8°

Tabelle 3-2: Auslegungsparameter – IEC

Windklima/Geländekategorie	WZ4(S), GK2	WZ2(S), GK2	WZ2(S), GK2
Nabenhöhe	112 m	149 m	166 m
Bemessungsleistung	4,0/4,2 MW	4,0/4,2 MW	4,0/4,2 MW
Extr. Windgeschwindigkeit (10-Min.-Durchschnitt), V_{50}	42,5 m/s	38,5 m/s	39,2 m/s
Überlebenswindgeschwindigkeit (3-s-Bö), V_{e50}	59,5 m/s	53,9 m/s	54,9 m/s
Turbulenzintensität, $I_{V(z)}$	12,9 %	12,3 %	12,1 %

Tabelle 3-3: Auslegungsparameter – DIBt

Windklima/Geländekategorie	WZ4(S), GK2	WZ2(S), GK2	WZ2(S), GK2
Nabenhöhe	112 m	149 m	166 m
Bemessungsleistung	4,0/4,2 MW	4,0/4,2 MW	4,0/4,2 MW
Windgeschwindigkeit (10-Min.-Durchschnitt) V_{ave}	7,95 m/s	7,63 m/s	7,05 m/s

Windklima/Geländekategorie	WZ4(S), GK2	WZ2(S), GK2	WZ2(S), GK2
Nabenhöhe	112 m	149 m	166 m
Bemessungsleistung	4,0/4,2 MW	4,0/4,2 MW	4,0/4,2 MW
I_{ref} gemäß IEC 61400-1	0,14	0,14	0,14
Turbulenzintensität gemäß IEC 61400-1, einschließlich Windparkturbulenz (bei 15 m/s) I_{90} (90 % Quantil)	15,7 %	15,7 %	15,7 %

Tabelle 3-4: Auslegungsparameter Durchschnitt - DIBt

3.1.1 Komplexes Gelände

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

3.1.2 Höhe

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.

3.1.3 Anordnung der Windenergieanlagen

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

HINWEIS

Die Bewertung von Klima- und Standortbedingungen ist komplex. Vestas ist daher bei jedem Projekt zurate zu ziehen. Werden die genannten Anforderungen von den örtlichen Gegebenheiten nicht erfüllt, ist Vestas auf jeden Fall zu konsultieren.

3.2 Betriebsbereich – Wind

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

Windklima	IEC IIB/IEC IIB S
Nabenhöhe	105/112/117 m
Einschalt-Windgeschw., V_{in}	3 m/s
Abschalt-Windgeschw. (10-Min. Exponentialdurchschnitt), V_{out}	27,0 m/s
Wiedereinschalt-Windgeschwindigkeit (10-Min.-Mittelwert, exponentiell)	25,0 m/s

Tabelle 3-5 : Betriebsbereich - Wind – IEC

Windklima	WZ4(S)	WZ2(S)
Nabenhöhe	112 m	149/166 m
Einschalt-Windgeschw., V_{in}	3 m/s	3 m/s
Abschalt-Windgeschw. (10-Min. Exponentialdurchschnitt), V_{out}	27,0 m/s	27,0 m/s
Wiedereinschalt-Windgeschwindigkeit (10-Min.-Mittelwert, exponentiell)	25,0 m/s	25,0 m/s

Tabelle 3-6: Betriebsbereich - Wind - DIBt

3.3 Betriebsbereich – Wind (HWO)

Die Windenergieanlage kann optional mit einer Steuerfunktion für den Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten (High Wind Operation, HWO) bereitgestellt werden. Mit der HWO-Steuerfunktion kann die Windenergieanlage bis zu den in Tabelle 3-7, S. 9 und Tabelle 3-8, S. 10 angegebenen erweiterten Abschaltgeschwindigkeiten betrieben werden, wobei das kontrollierte Herunterregeln von Leistung und Geschwindigkeit möglich ist. Die zur optionalen HWO-Steuerung zugehörigen Leistungskurven sind in den Abschnitten 7, 9, 11, 13, 15, 17 und 19 zu finden. Die Werte beziehen sich auf die Nabenhöhe und hängen von den Sensoren und der Steuerung der Windenergieanlage ab.

Windklima	IEC IIB/IEC IIB S
Nabenhöhe	105/112/117 m
Einschalt-Windgeschw., V_{in}	3 m/s
Abschalt-Windgeschw. (10-Min. Exponentialdurchschnitt), V_{out}	32,0 m/s
Wiedereinschalt-Windgeschwindigkeit (10-Min.-Mittelwert, exponentiell)	30,0 m/s

Tabelle 3-7: Betriebsbereich – Wind – IEC (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

Windklima	WZ4(S)	WZ2(S)
Nabenhöhe	112 m	149/166 m
Einschalt-Windgeschw., V_{in}	3 m/s	3 m/s
Abschalt-Windgeschw. (10-Min. Exponentialdurchschnitt), V_{out}	32,0 m/s	32,0 m/s
Wiedereinschalt-Windgeschwindigkeit (10-Min.-Mittelwert, exponentiell)	30,0 m/s	30,0 m/s

Tabelle 3-8: Betriebsbereich – Wind – DIBt (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

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

Leistungskurven und C_t -Werte sind Abschnitt 6 und den folgenden Abschnitten zu entnehmen.

Bedingungen für Leistungskurve und C_t -Werte (auf 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 (auf der NS-Seite des Windenergieanlagen-Transformators)	Gemäß den tabellierten Werten ab Abschnitt 6
Netzblindleistung (auf der NS-Seite des Windenergieanlagen-Transformators)	Leistungsfaktor 1,0

Tabelle 3-9: Bedingungen für Leistungskurve und Ct-Werte

3.5 Schallmodi

Zur Windenergieanlage stehen die nachfolgend aufgeführten Schallmodi zur Verfügung.

Schallmodi			
Modus-Nr.	Maximaler Schallpegel	Sägezahn-Hinterkanten	Verfügbare Nabenhöhen
0	103,9 dB(A)	Ja (Standard)	105/112/117/149/166 m
0-0S	106,9 dB(A)	Nein (Option)	105/112/117/149/166 m
PO1	103,9 dB(A)	Ja (Standard)	105/112/117/149/166 m
PO1-0S	106,9 dB(A)	Nein (Option)	105/112/117/149/166 m

Tabelle 3-10: Verfügbare Schalleistung

HINWEIS

Die Windenergieanlage ist standardmäßig mit Sägezahn-Hinterkanten ausgestattet. Optional kann Modus 0-0S ohne Sägezahn-Hinterkanten an den Blättern angeboten werden.

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

Schalloptimierte (SO-) Modi			
Modus-Nr.	Maximaler Schallpegel	Sägezahn-Hinterkanten	Verfügbare Nabenhöhen
SO1	102,0 dB(A)	Ja	105/112/117/149/166 m
SO2	99,5 dB(A)	Ja	105/112/117/149/166 m
SO11	99,2 dB(A)	Ja	112 m ⁽¹⁾
SO12	99,9 dB(A)	Ja	112 m ⁽¹⁾
SO13	97,0 dB(A)	Ja	112 m ⁽¹⁾

Tabelle 3-11: Verfügbare schalloptimierte Modi

⁽¹⁾: SO11, SO12, SO13 sind bei DIBt-Türmen nicht anwendbar

HINWEIS

SO-Modi stehen nur bei Rotorblättern mit Sägezahn-Hinterkante zur Verfügung. Weitere Einzelheiten zur Schalleistung und bei spezifischen Anfragen zu den Geräuschmodi der jeweiligen Türme können bei Vestas Wind Systems A/S angefordert werden.

3.6 Lastmodi

Die nachfolgend aufgeführten lastoptimierten Modi (LO) sind für die Windenergieanlage verfügbar.

Lastoptimierte (LO) Modi				
Modus-Nr.	Leistung	Maximaler Schallpegel	Sägezahn-Hinterkanten	Verfügbare Nabenhöhen
LO1	3,8 MW	103,9 dB(A)	Ja	105/112/117/149/166 m
LO2	3,6 MW	103,9 dB(A)	Ja	105/112/117 m

Tabelle 312: Verfügbare lastoptimierte Modi

HINWEIS

Lastoptimierte (LO) Modi stehen nur bei Rotorblättern mit montierter Sägezahn-Hinterkante zur Verfügung.

4 Zeichnungen

4.1 Konstruktionsauslegung – Darstellung der Außenabmessungen

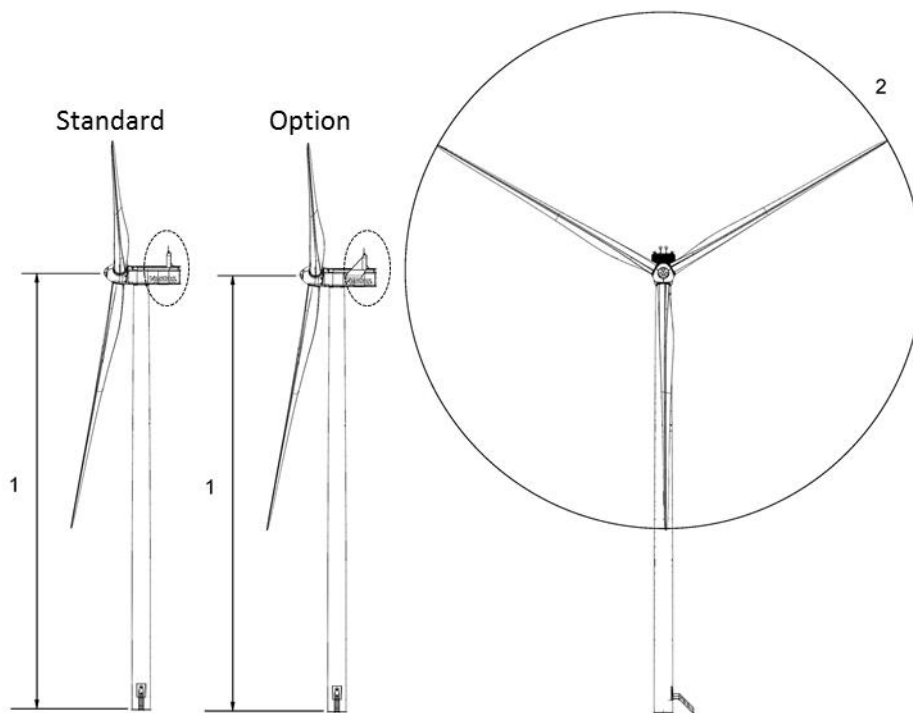


Abbildung 4 1 Darstellung der Außenabmessungen – Aufbau

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1 Nabhöhe:
105/112/117/149/166 m | 2 Durchmesser:
136 m |
|--|--------------------------------|

HINWEIS Die Windenergieanlage rechts ist mit Seitenverkleidungen am CoolerTop dargestellt (optional).

5 Allgemeine Einschränkungen, Hinweise und Haftungsausschlüsse

- © 2017 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 im vorliegenden Dokument beschriebene Leistungsspezifikation gilt für die aktuelle Version der Windenergieanlage V136-4.0/4.2 MW. Die Spezifikationen möglicher künftiger Versionen der Windenergieanlage V136-4.0/4.2 MW können hiervon abweichen. Falls Vestas eine neuere Version der Windenergieanlage V136-4.0/4.2 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 von Leistungskurve und Schall (einschließlich und ohne Einschränkung Prüfverfahren für Leistungskurve und Schall). Garantien, Zusagen und/oder Prüfungen von Leistungskurve und Schall (einschließlich und ohne Einschränkung Prüfverfahren für Leistungskurve und Schall) müssen separat schriftlich vereinbart werden.

6 Leistungskurven, Ct-Werte und Schallkurven im Modus 0/0-0S

HINWEIS

Die in Abschnitt 6 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

6.1 Leistungskurven, Modus 0/0-0S

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	337	250	258	265	273	281	289	297	305	313	321	329	344	352
5,0	478	358	369	380	391	402	413	423	434	445	456	467	488	499
5,5	648	490	505	519	533	548	562	576	591	605	619	633	662	676
6,0	853	649	668	687	705	724	742	761	779	798	816	835	872	890
6,5	1096	838	861	885	908	932	955	979	1002	1026	1049	1072	1119	1142
7,0	1380	1059	1088	1118	1147	1176	1206	1235	1264	1293	1322	1351	1410	1439
7,5	1704	1312	1347	1383	1419	1455	1491	1526	1562	1598	1633	1668	1739	1774
8,0	2070	1600	1643	1686	1730	1773	1816	1858	1901	1944	1986	2028	2112	2153
8,5	2472	1924	1975	2026	2077	2128	2178	2228	2278	2327	2376	2424	2520	2567
9,0	2874	2273	2330	2388	2446	2504	2558	2612	2667	2721	2772	2823	2923	2972
9,5	3238	2621	2681	2742	2803	2864	2919	2975	3030	3085	3136	3187	3286	3334
10,0	3566	2950	3011	3073	3135	3196	3251	3307	3362	3418	3467	3517	3610	3655
10,5	3821	3252	3314	3376	3438	3500	3552	3604	3656	3708	3746	3784	3849	3876
11,0	3954	3526	3582	3638	3694	3750	3787	3824	3861	3898	3916	3935	3964	3975
11,5	3992	3757	3797	3837	3877	3917	3932	3948	3963	3978	3983	3988	3994	3996
12,0	3999	3912	3929	3946	3964	3981	3985	3989	3993	3997	3998	3998	3999	4000
12,5	4000	3974	3979	3985	3991	3996	3997	3998	3999	4000	4000	4000	4000	4000
13,0	4000	3993	3994	3996	3998	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
13,5	4000	3995	3996	3997	3998	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
14,0	4000	3998	3999	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
14,5	4000	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
15,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
15,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
16,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
16,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
17,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
17,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
18,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
18,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
22,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
22,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
24,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
24,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
25,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
25,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
26,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
26,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
27,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000

Tabelle 6-1: Leistungskurve, Modus 0/0-0S

6.2 Ct-Werte, Modus 0/0-OS

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	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,855	0,854	0,854	0,855	0,855	0,855	0,855	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,855	0,855
5,0	0,851	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,851	0,850
5,5	0,846	0,852	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,846	0,846
6,0	0,841	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,844	0,844	0,843	0,842	0,842	0,840	0,840
6,5	0,835	0,843	0,842	0,842	0,841	0,840	0,840	0,839	0,838	0,837	0,837	0,836	0,834	0,833
7,0	0,828	0,838	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,832	0,832	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826
7,5	0,821	0,832	0,831	0,830	0,829	0,828	0,827	0,826	0,825	0,824	0,823	0,822	0,820	0,818
8,0	0,822	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826	0,824	0,821	0,819
8,5	0,802	0,838	0,836	0,833	0,831	0,828	0,825	0,821	0,818	0,814	0,810	0,806	0,798	0,793
9,0	0,745	0,810	0,805	0,800	0,795	0,790	0,784	0,777	0,771	0,765	0,759	0,752	0,739	0,732
9,5	0,673	0,753	0,746	0,738	0,731	0,724	0,717	0,709	0,702	0,694	0,687	0,680	0,666	0,659
10,0	0,606	0,687	0,679	0,671	0,663	0,656	0,648	0,641	0,634	0,627	0,620	0,613	0,599	0,591
10,5	0,541	0,625	0,618	0,610	0,603	0,595	0,588	0,581	0,573	0,566	0,557	0,549	0,532	0,523
11,0	0,471	0,570	0,561	0,553	0,545	0,537	0,528	0,519	0,510	0,501	0,491	0,481	0,461	0,451
11,5	0,404	0,517	0,507	0,498	0,488	0,478	0,467	0,456	0,446	0,435	0,425	0,414	0,395	0,386
12,0	0,348	0,463	0,451	0,439	0,428	0,416	0,406	0,395	0,385	0,374	0,365	0,357	0,340	0,332
12,5	0,302	0,406	0,395	0,383	0,372	0,361	0,352	0,343	0,333	0,324	0,317	0,309	0,296	0,289
13,0	0,265	0,354	0,344	0,334	0,324	0,315	0,307	0,299	0,292	0,284	0,278	0,271	0,260	0,254
13,5	0,236	0,312	0,304	0,295	0,287	0,279	0,272	0,265	0,259	0,252	0,247	0,241	0,231	0,226
14,0	0,210	0,276	0,269	0,261	0,254	0,247	0,241	0,236	0,230	0,224	0,220	0,215	0,206	0,202
14,5	0,188	0,246	0,239	0,233	0,227	0,221	0,216	0,211	0,206	0,201	0,197	0,192	0,185	0,181
15,0	0,169	0,219	0,214	0,208	0,203	0,197	0,193	0,189	0,184	0,180	0,176	0,173	0,166	0,162
15,5	0,153	0,198	0,193	0,188	0,183	0,178	0,174	0,170	0,167	0,163	0,159	0,156	0,150	0,147
16,0	0,139	0,179	0,175	0,170	0,166	0,162	0,158	0,155	0,151	0,148	0,145	0,142	0,136	0,134
16,5	0,127	0,163	0,159	0,155	0,151	0,147	0,144	0,141	0,138	0,135	0,132	0,129	0,125	0,122
17,0	0,116	0,149	0,145	0,142	0,138	0,135	0,132	0,129	0,126	0,123	0,121	0,119	0,114	0,112
17,5	0,107	0,136	0,133	0,130	0,127	0,123	0,121	0,118	0,116	0,113	0,111	0,109	0,105	0,103
18,0	0,098	0,125	0,122	0,119	0,116	0,114	0,111	0,109	0,107	0,104	0,102	0,100	0,097	0,095
18,5	0,091	0,115	0,113	0,110	0,107	0,105	0,103	0,101	0,098	0,096	0,095	0,093	0,089	0,088
19,0	0,084	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,086	0,082	0,081
19,5	0,078	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,081	0,080	0,077	0,075
20,0	0,073	0,091	0,089	0,087	0,085	0,083	0,082	0,080	0,078	0,077	0,075	0,074	0,071	0,070
20,5	0,068	0,085	0,083	0,081	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066
21,0	0,064	0,080	0,078	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,063	0,061
21,5	0,060	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058
22,0	0,057	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,056	0,055
22,5	0,053	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,052
23,0	0,050	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,049	0,048
23,5	0,047	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046
24,0	0,045	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,046	0,044	0,043
24,5	0,042	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
25,0	0,040	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,045	0,044	0,043	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039
25,5	0,039	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037
26,0	0,037	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036
26,5	0,035	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,036	0,034	0,034
27,0	0,033	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033

Tabelle 6-2:C_t-Werte, Modus 0/0-OS

6.3 Schallkurven, Modus 0/0-0S

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe		
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³	
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Modus 0 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Modus 0-0S (Rotorblätter ohne Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9	93,2
4	91,1	93,6
5	92,9	96,5
6	96,0	100,0
7	99,6	103,2
8	102,9	106,0
9	103,9	106,9
10	103,9	106,9
11	103,9	106,9
12	103,9	106,9
13	103,9	106,9
14	103,9	106,9
15	103,9	106,9
16	103,9	106,9
17	103,9	106,9
18	103,9	106,9
19	103,9	106,9
20	103,9	106,9

Tabelle 63: Schallkurven, Modus 0/0-0S

7 Leistungskurven, Ct-Werte und Geräuschkurven im Modus 0/0-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

HINWEIS Die in Abschnitt 7 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

7.1 Leistungskurven, Modus 0/0-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	337	250	258	265	273	281	289	297	305	313	321	329	344	352
5,0	478	358	369	380	391	402	413	423	434	445	456	467	488	499
5,5	648	490	505	519	533	548	562	576	591	605	619	633	662	676
6,0	853	649	668	687	705	724	742	761	779	798	816	835	872	890
6,5	1096	838	861	885	908	932	955	979	1002	1026	1049	1072	1119	1142
7,0	1380	1059	1088	1118	1147	1176	1206	1235	1264	1293	1322	1351	1410	1439
7,5	1704	1312	1347	1383	1419	1455	1491	1526	1562	1598	1633	1668	1739	1774
8,0	2070	1600	1643	1686	1730	1773	1816	1858	1901	1944	1986	2028	2112	2153
8,5	2472	1924	1975	2026	2077	2128	2178	2228	2278	2327	2376	2424	2520	2567
9,0	2874	2273	2330	2388	2446	2504	2558	2612	2667	2721	2772	2823	2923	2972
9,5	3238	2621	2681	2742	2803	2864	2919	2975	3030	3085	3136	3187	3286	3334
10,0	3566	2950	3011	3073	3135	3196	3251	3307	3362	3418	3467	3517	3610	3655
10,5	3821	3252	3314	3376	3438	3500	3552	3604	3656	3708	3746	3784	3849	3876
11,0	3954	3526	3582	3638	3694	3750	3787	3824	3861	3898	3916	3935	3964	3975
11,5	3992	3757	3797	3837	3877	3917	3932	3948	3963	3978	3983	3988	3994	3996
12,0	3999	3912	3929	3946	3964	3981	3985	3989	3993	3997	3998	3998	3999	4000
12,5	4000	3974	3979	3985	3991	3996	3997	3998	3999	4000	4000	4000	4000	4000
13,0	4000	3993	3994	3996	3998	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
13,5	4000	3995	3996	3997	3998	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
14,0	4000	3998	3999	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
14,5	4000	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
15,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
15,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
16,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
16,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
17,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
17,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
18,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
18,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
22,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
22,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
24,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
24,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
25,0	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998

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
25,5	3976	3975	3975	3975	3975	3975	3975	3975	3975	3975	3975	3975	3976	3976
26,0	3928	3928	3928	3928	3928	3928	3928	3928	3928	3928	3928	3928	3928	3928
26,5	3857	3857	3857	3857	3857	3857	3857	3857	3857	3857	3857	3857	3857	3857
27,0	3764	3763	3763	3763	3763	3764	3764	3764	3764	3764	3764	3764	3764	3764
27,5	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630
28,0	3468	3468	3468	3468	3468	3468	3468	3468	3468	3468	3468	3468	3468	3468
28,5	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3274
29,0	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049
29,5	2805	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2805	2805	2805	2805
30,0	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565
30,5	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324
31,0	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090
31,5	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884
32,0	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732

Tabelle 71: Leistungskurve, Modus 0/0-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

7.2 Ct-Werte, Modus 0/0-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

Luftdichte kg/m³

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	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,855	0,854	0,854	0,855	0,855	0,855	0,855	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,855	0,855
5,0	0,851	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,851	0,850
5,5	0,846	0,852	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,846	0,846
6,0	0,841	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,844	0,844	0,843	0,842	0,842	0,840	0,840
6,5	0,835	0,843	0,842	0,842	0,841	0,840	0,840	0,839	0,838	0,837	0,837	0,836	0,834	0,833
7,0	0,828	0,838	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,832	0,832	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826
7,5	0,821	0,832	0,831	0,830	0,829	0,828	0,827	0,826	0,825	0,824	0,823	0,822	0,820	0,818
8,0	0,822	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826	0,824	0,821	0,819
8,5	0,802	0,838	0,836	0,833	0,831	0,828	0,825	0,821	0,818	0,814	0,810	0,806	0,798	0,793
9,0	0,745	0,810	0,805	0,800	0,795	0,790	0,784	0,777	0,771	0,765	0,759	0,752	0,739	0,732
9,5	0,673	0,753	0,746	0,738	0,731	0,724	0,717	0,709	0,702	0,694	0,687	0,680	0,666	0,659
10,0	0,606	0,687	0,679	0,671	0,663	0,656	0,648	0,641	0,634	0,627	0,620	0,613	0,599	0,591
10,5	0,541	0,625	0,618	0,610	0,603	0,595	0,588	0,581	0,573	0,566	0,557	0,549	0,532	0,523
11,0	0,471	0,570	0,561	0,553	0,545	0,537	0,528	0,519	0,510	0,501	0,491	0,481	0,461	0,451
11,5	0,404	0,517	0,507	0,498	0,488	0,478	0,467	0,456	0,446	0,435	0,425	0,414	0,395	0,386
12,0	0,348	0,463	0,451	0,439	0,428	0,416	0,406	0,395	0,385	0,374	0,365	0,357	0,340	0,332
12,5	0,302	0,406	0,395	0,383	0,372	0,361	0,352	0,343	0,333	0,324	0,317	0,309	0,296	0,289
13,0	0,265	0,354	0,344	0,334	0,324	0,315	0,307	0,299	0,292	0,284	0,278	0,271	0,260	0,254
13,5	0,236	0,312	0,304	0,295	0,287	0,279	0,272	0,265	0,259	0,252	0,247	0,241	0,231	0,226
14,0	0,210	0,276	0,269	0,261	0,254	0,247	0,241	0,236	0,230	0,224	0,220	0,215	0,206	0,202
14,5	0,188	0,246	0,239	0,233	0,227	0,221	0,216	0,211	0,206	0,201	0,197	0,192	0,185	0,181
15,0	0,169	0,219	0,214	0,208	0,203	0,197	0,193	0,189	0,184	0,180	0,176	0,173	0,166	0,162
15,5	0,153	0,198	0,193	0,188	0,183	0,178	0,174	0,170	0,167	0,163	0,159	0,156	0,150	0,147
16,0	0,139	0,179	0,175	0,170	0,166	0,162	0,158	0,155	0,151	0,148	0,145	0,142	0,136	0,134
16,5	0,127	0,163	0,159	0,155	0,151	0,147	0,144	0,141	0,138	0,135	0,132	0,129	0,125	0,122
17,0	0,116	0,149	0,145	0,142	0,138	0,135	0,132	0,129	0,126	0,123	0,121	0,119	0,114	0,112
17,5	0,107	0,136	0,133	0,130	0,127	0,123	0,121	0,118	0,116	0,113	0,111	0,109	0,105	0,103
18,0	0,098	0,125	0,122	0,119	0,116	0,114	0,111	0,109	0,107	0,104	0,102	0,100	0,097	0,095
18,5	0,091	0,115	0,113	0,110	0,107	0,105	0,103	0,101	0,098	0,096	0,095	0,093	0,089	0,088
19,0	0,084	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,086	0,082	0,081
19,5	0,078	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,081	0,080	0,077	0,075
20,0	0,073	0,091	0,089	0,087	0,085	0,083	0,082	0,080	0,078	0,077	0,075	0,074	0,071	0,070
20,5	0,068	0,085	0,083	0,081	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066
21,0	0,064	0,080	0,078	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,063	0,061
21,5	0,060	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058
22,0	0,057	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,056	0,055
22,5	0,053	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,052
23,0	0,050	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,049	0,048
23,5	0,047	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046
24,0	0,045	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,046	0,044	0,043
24,5	0,042	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
25,0	0,040	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,045	0,044	0,043	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039
25,5	0,038	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,042	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037
26,0	0,036	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,037	0,035	0,035
26,5	0,034	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033
27,0	0,031	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,030
27,5	0,029	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,028	0,028
28,0	0,026	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026
28,5	0,024	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023
29,0	0,021	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,024	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021
29,5	0,019	0,023	0,023	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019
30,0	0,017	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,016
30,5	0,015	0,018	0,017	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014
31,0	0,013	0,016	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013
31,5	0,011	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011
32,0	0,010	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010

Tabelle 72: C_t -Werte, Modus 0/0-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

7.3 Geräuschkurven, Modus 0/0-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe		
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³	
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Modus 0 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten) (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Modus 0-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten) (Rotorblätter ohne Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9	93,2
4	91,1	93,6
5	92,9	96,5
6	96,0	100,0
7	99,6	103,2
8	102,8	105,9
9	103,9	106,9
10	103,9	106,9
11	103,9	106,9
12	103,9	106,9
13	103,9	106,9
14	103,9	106,9
15	103,9	106,9
16	103,9	106,9
17	103,9	106,9
18	103,9	106,9
19	103,9	106,9
20	103,9	106,9

Tabelle 73: Geräuschkurven, Modus 0/0-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

8 Leistungskurven, Ct-Werte und Schallkurven im leistungsoptimierten Modus PO1/PO1-0S

HINWEIS Die in Abschnitt 8 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabhöhen bis 104 m. Für Nabhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

8.1 Leistungskurven, leistungsoptimierter Modus PO1/PO1-0S

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	174	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	337	250	258	265	273	281	289	297	305	313	321	329	345	352
5,0	478	358	369	380	391	402	413	423	434	445	456	467	488	499
5,5	648	490	505	519	533	548	562	576	591	605	619	634	662	676
6,0	853	649	668	687	705	724	742	761	779	798	816	835	872	890
6,5	1096	838	861	885	908	932	955	979	1002	1026	1049	1072	1119	1143
7,0	1380	1059	1088	1118	1147	1176	1206	1235	1264	1293	1322	1351	1410	1439
7,5	1704	1311	1347	1383	1419	1455	1491	1526	1562	1598	1633	1668	1739	1774
8,0	2070	1600	1643	1686	1730	1773	1816	1858	1901	1944	1986	2028	2112	2154
8,5	2472	1924	1975	2026	2077	2128	2178	2228	2278	2328	2376	2424	2520	2566
9,0	2874	2273	2330	2388	2446	2504	2558	2612	2667	2721	2772	2823	2923	2971
9,5	3238	2621	2681	2742	2803	2864	2919	2975	3030	3085	3136	3187	3286	3334
10,0	3567	2950	3012	3073	3135	3196	3252	3307	3362	3418	3468	3517	3612	3658
10,5	3847	3252	3314	3376	3438	3500	3554	3607	3661	3714	3758	3803	3884	3920
11,0	4035	3526	3584	3643	3701	3759	3803	3848	3892	3937	3970	4002	4059	4084
11,5	4146	3767	3817	3866	3916	3966	3998	4030	4062	4094	4112	4129	4157	4167
12,0	4188	3957	3993	4030	4066	4103	4119	4136	4152	4168	4175	4182	4191	4194
12,5	4198	4084	4104	4125	4146	4167	4173	4180	4187	4194	4195	4197	4199	4199
13,0	4200	4148	4159	4169	4180	4190	4192	4194	4196	4199	4199	4199	4200	4200
13,5	4200	4167	4174	4180	4187	4194	4195	4196	4198	4199	4199	4200	4200	4200
14,0	4200	4184	4187	4191	4194	4198	4198	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200
14,5	4200	4193	4194	4196	4198	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
15,0	4200	4194	4196	4196	4198	4198	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200	4200
15,5	4200	4196	4197	4198	4198	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
16,0	4200	4198	4198	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
16,5	4200	4198	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
17,0	4200	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
17,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
18,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
18,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
19,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
19,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
20,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
20,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
21,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
21,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
22,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
22,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
23,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
23,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
24,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
24,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
25,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
25,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
26,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
26,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200

Luftdichte [kg/m³]														
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
27,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200

Tabelle 81: Leistungskurve, leistungsoptimierter Modus PO1/PO1-0S

8.2 Ct-Werte, leistungsoptimierter Modus PO1/PO1-0S

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	0,879	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,858	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,855	0,854	0,854	0,855	0,855	0,855	0,855	0,856	0,856	0,856	0,856	0,855	0,855	0,855
5,0	0,851	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,851	0,850
5,5	0,847	0,852	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,846	0,846
6,0	0,841	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,844	0,843	0,843	0,842	0,842	0,840	0,840
6,5	0,835	0,843	0,842	0,842	0,841	0,840	0,840	0,839	0,838	0,837	0,837	0,836	0,834	0,833
7,0	0,828	0,838	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,832	0,831	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826
7,5	0,821	0,832	0,831	0,830	0,829	0,828	0,827	0,826	0,825	0,824	0,823	0,822	0,820	0,818
8,0	0,822	0,838	0,836	0,835	0,834	0,833	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826	0,824	0,821	0,819
8,5	0,802	0,838	0,835	0,833	0,831	0,828	0,825	0,821	0,818	0,814	0,810	0,806	0,798	0,793
9,0	0,745	0,810	0,805	0,800	0,795	0,790	0,783	0,777	0,771	0,765	0,758	0,752	0,739	0,732
9,5	0,673	0,753	0,746	0,739	0,731	0,724	0,717	0,709	0,702	0,694	0,687	0,680	0,666	0,659
10,0	0,606	0,687	0,679	0,671	0,664	0,656	0,649	0,641	0,634	0,627	0,620	0,613	0,599	0,592
10,5	0,545	0,625	0,618	0,610	0,603	0,596	0,588	0,581	0,574	0,567	0,560	0,552	0,537	0,530
11,0	0,483	0,570	0,562	0,554	0,546	0,539	0,531	0,523	0,515	0,507	0,499	0,491	0,474	0,466
11,5	0,423	0,519	0,510	0,502	0,494	0,485	0,476	0,468	0,459	0,450	0,441	0,432	0,414	0,406
12,0	0,367	0,469	0,460	0,451	0,441	0,432	0,422	0,413	0,403	0,394	0,385	0,376	0,359	0,351
12,5	0,319	0,420	0,410	0,400	0,390	0,380	0,370	0,361	0,352	0,343	0,335	0,327	0,312	0,305
13,0	0,280	0,371	0,362	0,352	0,342	0,333	0,324	0,316	0,308	0,300	0,293	0,287	0,274	0,268
13,5	0,249	0,328	0,320	0,311	0,303	0,294	0,287	0,280	0,273	0,266	0,260	0,254	0,243	0,238
14,0	0,221	0,291	0,283	0,276	0,268	0,261	0,255	0,248	0,242	0,236	0,231	0,226	0,217	0,212
14,5	0,198	0,259	0,253	0,246	0,239	0,232	0,227	0,222	0,217	0,211	0,207	0,202	0,194	0,190
15,0	0,177	0,231	0,225	0,219	0,214	0,208	0,203	0,198	0,194	0,189	0,185	0,181	0,174	0,171
15,5	0,161	0,208	0,203	0,198	0,193	0,187	0,183	0,179	0,175	0,171	0,167	0,164	0,157	0,154
16,0	0,146	0,188	0,184	0,179	0,174	0,170	0,166	0,162	0,159	0,155	0,152	0,149	0,143	0,140
16,5	0,133	0,171	0,167	0,163	0,159	0,155	0,151	0,148	0,145	0,141	0,139	0,136	0,131	0,128
17,0	0,122	0,156	0,152	0,149	0,145	0,141	0,138	0,135	0,132	0,129	0,127	0,124	0,120	0,117
17,5	0,112	0,143	0,140	0,136	0,133	0,129	0,127	0,124	0,121	0,119	0,116	0,114	0,110	0,108
18,0	0,103	0,131	0,128	0,125	0,122	0,119	0,117	0,114	0,112	0,109	0,107	0,105	0,101	0,099
18,5	0,095	0,121	0,118	0,115	0,113	0,110	0,108	0,105	0,103	0,101	0,099	0,097	0,094	0,092
19,0	0,088	0,111	0,109	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,090	0,086	0,085
19,5	0,082	0,103	0,101	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,085	0,083	0,080	0,079
20,0	0,076	0,096	0,094	0,092	0,089	0,087	0,086	0,084	0,082	0,080	0,079	0,077	0,075	0,073
20,5	0,071	0,089	0,087	0,085	0,083	0,081	0,080	0,078	0,077	0,075	0,074	0,072	0,070	0,069
21,0	0,066	0,083	0,081	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,068	0,065	0,064
21,5	0,063	0,079	0,077	0,075	0,074	0,072	0,070	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061
22,0	0,059	0,074	0,072	0,071	0,069	0,067	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057
22,5	0,056	0,069	0,068	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054
23,0	0,052	0,065	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,051	0,050
23,5	0,049	0,061	0,060	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,048	0,048
24,0	0,047	0,058	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045
24,5	0,044	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,046	0,045	0,043	0,043
25,0	0,042	0,052	0,051	0,049	0,048	0,047	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,041	0,041
25,5	0,040	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,039	0,039
26,0	0,038	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037
26,5	0,036	0,044	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,035
27,0	0,035	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034

Tabelle 82: C_r-Werte, leistungsoptimierter Modus PO1/PO1-0S

8.3 Schallkurven, leistungsoptimierter Modus PO1/PO1-0S

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe		
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³	
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Leistungsoptimierter Modus PO1 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Leistungsoptimierter Modus PO1-0S (Rotorblätter ohne Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9	93,2
4	91,1	93,6
5	92,9	96,5
6	96,0	100,0
7	99,6	103,2
8	102,9	106,0
9	103,9	106,9
10	103,9	106,9
11	103,9	106,9
12	103,9	106,9
13	103,9	106,9
14	103,9	106,9
15	103,9	106,9
16	103,9	106,9
17	103,9	106,9
18	103,9	106,9
19	103,9	106,9
20	103,9	106,9

Tabelle 8-3: Schallkurven, leistungsoptimierter Modus PO1/PO1-0S

9 Leistungskurven, Ct-Werte und Geräuschkurven im leistungsoptimierten Modus PO1/PO1-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

HINWEIS Die in Abschnitt 9 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

9.1 Leistungskurven, leistungsoptimierter Modus PO1/PO1-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	174	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	337	250	258	265	273	281	289	297	305	313	321	329	345	352
5,0	478	358	369	380	391	402	413	423	434	445	456	467	488	499
5,5	648	490	505	519	533	548	562	576	591	605	619	634	662	676
6,0	853	649	668	687	705	724	742	761	779	798	816	835	872	890
6,5	1096	838	861	885	908	932	955	979	1002	1026	1049	1072	1119	1143
7,0	1380	1059	1088	1118	1147	1176	1206	1235	1264	1293	1322	1351	1410	1439
7,5	1704	1311	1347	1383	1419	1455	1491	1526	1562	1598	1633	1668	1739	1774
8,0	2070	1600	1643	1686	1730	1773	1816	1858	1901	1944	1986	2028	2112	2154
8,5	2472	1924	1975	2026	2077	2128	2178	2228	2278	2328	2376	2424	2520	2566
9,0	2874	2273	2330	2388	2446	2504	2558	2612	2667	2721	2772	2823	2923	2971
9,5	3238	2621	2681	2742	2803	2864	2919	2975	3030	3085	3136	3187	3286	3334
10,0	3567	2950	3012	3073	3135	3196	3252	3307	3362	3418	3468	3517	3612	3658
10,5	3847	3252	3314	3376	3438	3500	3554	3607	3661	3714	3758	3803	3884	3920
11,0	4035	3526	3584	3643	3701	3759	3803	3848	3892	3937	3970	4002	4059	4084
11,5	4146	3767	3817	3866	3916	3966	3998	4030	4062	4094	4112	4129	4157	4167
12,0	4188	3957	3993	4030	4066	4103	4119	4136	4152	4168	4175	4182	4191	4194
12,5	4198	4084	4104	4125	4146	4167	4173	4180	4187	4194	4195	4197	4199	4199
13,0	4200	4148	4159	4169	4180	4190	4192	4194	4196	4199	4199	4199	4200	4200
13,5	4200	4167	4174	4180	4187	4194	4195	4196	4198	4199	4199	4200	4200	4200
14,0	4200	4184	4187	4191	4194	4198	4198	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200
14,5	4200	4193	4194	4196	4198	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
15,0	4200	4194	4196	4196	4198	4198	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200	4200
15,5	4200	4196	4197	4198	4198	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
16,0	4200	4198	4198	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
16,5	4200	4198	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
17,0	4200	4199	4199	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
17,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
18,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
18,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
19,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
19,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
20,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
20,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
21,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
21,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
22,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
22,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
23,0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
23,5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
24,0	4199	4199	4199	4199	4199	4199	4199	4199	4199	4199	4199	4199	4199	4199
24,5	4189	4189	4189	4189	4189	4189	4189	4189	4189	4189	4189	4189	4189	4189
25,0	4146	4146	4146	4146	4146	4146	4146	4146	4146	4146	4146	4146	4146	4146

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
25,5	4079	4079	4079	4079	4079	4079	4079	4079	4079	4079	4079	4079	4079	4079
26,0	3984	3984	3984	3984	3984	3984	3984	3984	3984	3984	3984	3984	3984	3984
26,5	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873
27,0	3763	3763	3763	3763	3763	3763	3763	3763	3763	3763	3763	3763	3763	3763
27,5	3629	3629	3629	3629	3629	3629	3629	3629	3629	3629	3629	3629	3629	3629
28,0	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467
28,5	3274	3274	3274	3274	3274	3274	3274	3274	3274	3274	3274	3274	3274	3274
29,0	3048	3048	3048	3048	3048	3048	3048	3048	3048	3048	3048	3048	3048	3048
29,5	2805	2805	2805	2805	2805	2805	2805	2805	2805	2805	2805	2805	2805	2805
30,0	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564
30,5	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324
31,0	2089	2089	2089	2089	2089	2089	2089	2089	2089	2089	2089	2089	2089	2089
31,5	1883	1883	1883	1883	1883	1883	1883	1883	1883	1883	1883	1883	1883	1883
32,0	1731	1731	1731	1731	1731	1731	1731	1731	1731	1731	1731	1731	1731	1731

Tabelle 91: Leistungskurve, leistungsoptimierter Modus PO1/PO1-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

9.2 Ct-Werte, leistungsoptimierter Modus PO1/PO1-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

Luftdichte kg/m³

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	0,879	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,858	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,855	0,854	0,854	0,855	0,855	0,855	0,855	0,856	0,856	0,856	0,856	0,855	0,855	0,855
5,0	0,851	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,851	0,850
5,5	0,847	0,852	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,846	0,846
6,0	0,841	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,844	0,843	0,843	0,842	0,842	0,840	0,840
6,5	0,835	0,843	0,842	0,842	0,841	0,840	0,840	0,839	0,838	0,837	0,837	0,836	0,834	0,833
7,0	0,828	0,838	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,832	0,831	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826
7,5	0,821	0,832	0,831	0,830	0,829	0,828	0,827	0,826	0,825	0,824	0,823	0,822	0,820	0,818
8,0	0,822	0,838	0,836	0,835	0,834	0,833	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826	0,824	0,821	0,819
8,5	0,802	0,838	0,835	0,833	0,831	0,828	0,825	0,821	0,818	0,814	0,810	0,806	0,798	0,793
9,0	0,745	0,810	0,805	0,800	0,795	0,790	0,783	0,777	0,771	0,765	0,758	0,752	0,739	0,732
9,5	0,673	0,753	0,746	0,739	0,731	0,724	0,717	0,709	0,702	0,694	0,687	0,680	0,666	0,659
10,0	0,606	0,687	0,679	0,671	0,664	0,656	0,649	0,641	0,634	0,627	0,620	0,613	0,599	0,592
10,5	0,545	0,625	0,618	0,610	0,603	0,596	0,588	0,581	0,574	0,567	0,560	0,552	0,537	0,530
11,0	0,483	0,570	0,562	0,554	0,546	0,539	0,531	0,523	0,515	0,507	0,499	0,491	0,474	0,466
11,5	0,423	0,519	0,510	0,502	0,494	0,485	0,476	0,468	0,459	0,450	0,441	0,432	0,414	0,406
12,0	0,367	0,469	0,460	0,451	0,441	0,432	0,422	0,413	0,403	0,394	0,385	0,376	0,359	0,351
12,5	0,319	0,420	0,410	0,400	0,390	0,380	0,370	0,361	0,352	0,343	0,335	0,327	0,312	0,305
13,0	0,280	0,371	0,362	0,352	0,342	0,333	0,324	0,316	0,308	0,300	0,293	0,287	0,274	0,268
13,5	0,249	0,328	0,320	0,311	0,303	0,294	0,287	0,280	0,273	0,266	0,260	0,254	0,243	0,238
14,0	0,221	0,291	0,283	0,276	0,268	0,261	0,255	0,248	0,242	0,236	0,231	0,226	0,217	0,212
14,5	0,198	0,259	0,253	0,246	0,239	0,232	0,227	0,222	0,217	0,211	0,207	0,202	0,194	0,190
15,0	0,177	0,231	0,225	0,219	0,214	0,208	0,203	0,198	0,194	0,189	0,185	0,181	0,174	0,171
15,5	0,161	0,208	0,203	0,198	0,193	0,187	0,183	0,179	0,175	0,171	0,167	0,164	0,157	0,154
16,0	0,146	0,188	0,184	0,179	0,174	0,170	0,166	0,162	0,159	0,155	0,152	0,149	0,143	0,140
16,5	0,133	0,171	0,167	0,163	0,159	0,155	0,151	0,148	0,145	0,141	0,139	0,136	0,131	0,128
17,0	0,122	0,156	0,152	0,149	0,145	0,141	0,138	0,135	0,132	0,129	0,127	0,124	0,120	0,117
17,5	0,112	0,143	0,140	0,136	0,133	0,129	0,127	0,124	0,121	0,119	0,116	0,114	0,110	0,108
18,0	0,103	0,131	0,128	0,125	0,122	0,119	0,117	0,114	0,112	0,109	0,107	0,105	0,101	0,099
18,5	0,095	0,121	0,118	0,115	0,113	0,110	0,108	0,105	0,103	0,101	0,099	0,097	0,094	0,092
19,0	0,088	0,111	0,109	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,090	0,086	0,085
19,5	0,082	0,103	0,101	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,085	0,083	0,080	0,079
20,0	0,076	0,096	0,094	0,092	0,089	0,087	0,086	0,084	0,082	0,080	0,079	0,077	0,075	0,073
20,5	0,071	0,089	0,087	0,085	0,083	0,081	0,080	0,078	0,077	0,075	0,074	0,072	0,070	0,069
21,0	0,066	0,083	0,081	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,068	0,065	0,064
21,5	0,063	0,079	0,077	0,075	0,074	0,072	0,070	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061
22,0	0,059	0,074	0,072	0,071	0,069	0,067	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057
22,5	0,056	0,069	0,068	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054
23,0	0,052	0,065	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,051	0,050
23,5	0,049	0,061	0,060	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,048	0,048
24,0	0,047	0,058	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045
24,5	0,044	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,046	0,045	0,043	0,043
25,0	0,041	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040
25,5	0,039	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,038	0,038
26,0	0,036	0,044	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,035
26,5	0,034	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033
27,0	0,031	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,030
27,5	0,029	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,028	0,028
28,0	0,026	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026
28,5	0,024	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023
29,0	0,021	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,024	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021
29,5	0,019	0,023	0,023	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019
30,0	0,017	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,016
30,5	0,015	0,018	0,017	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014
31,0	0,013	0,016	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013

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
31,5	0,011	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011
32,0	0,010	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010

Tabelle 9 2: C_t-Werte, leistungsoptimierter Modus PO1/PO1-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

9.3 Geräuschkurven, leistungsoptimierter Modus PO1/PO1-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe		
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³	
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Leistungsoptimierter Modus PO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten) (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Leistungsoptimierter Modus PO1-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten) (Rotorblätter ohne Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9	93,2
4	91,1	93,6
5	92,9	96,5
6	96,0	100,0
7	99,6	103,2
8	102,8	105,9
9	103,9	106,9
10	103,9	106,9
11	103,9	106,9
12	103,9	106,9
13	103,9	106,9
14	103,9	106,9
15	103,9	106,9
16	103,9	106,9
17	103,9	106,9
18	103,9	106,9
19	103,9	106,9
20	103,9	106,9

Tabelle 9-3: Geräuschkurven, leistungsoptimierter Modus PO1/PO1-0S (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

10 Leistungskurven, Ct-Werte und Schallkurven, schalloptimierter Modus SO1

HINWEIS Die in Abschnitt 10 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

10.1 Leistungskurven, schalloptimierter Modus SO1

Luftdichte [kg/m³]

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	336	250	257	265	273	281	289	297	305	313	321	329	344	352
5,0	477	358	369	380	391	402	412	423	434	445	456	466	488	499
5,5	648	490	504	519	533	547	562	576	590	605	619	633	662	676
6,0	853	649	668	686	705	724	742	761	779	798	816	835	872	890
6,5	1096	837	861	884	908	932	955	978	1002	1025	1049	1072	1119	1142
7,0	1381	1059	1088	1118	1147	1176	1206	1235	1265	1294	1323	1352	1411	1440
7,5	1707	1312	1348	1384	1421	1457	1493	1529	1565	1600	1636	1672	1742	1778
8,0	2070	1598	1641	1684	1728	1771	1814	1857	1900	1943	1985	2027	2112	2154
8,5	2455	1904	1955	2006	2056	2107	2157	2207	2257	2307	2356	2406	2503	2551
9,0	2827	2206	2264	2321	2379	2436	2493	2550	2606	2663	2718	2773	2880	2932
9,5	3149	2485	2549	2612	2676	2740	2801	2862	2923	2984	3039	3094	3198	3248
10,0	3410	2759	2827	2895	2963	3030	3090	3150	3210	3270	3317	3363	3447	3484
10,5	3604	3051	3118	3185	3252	3319	3367	3416	3464	3513	3543	3574	3625	3646
11,0	3727	3313	3371	3428	3486	3544	3577	3610	3644	3677	3694	3711	3737	3746
11,5	3792	3524	3567	3611	3655	3698	3716	3734	3752	3769	3777	3784	3795	3799
12,0	3823	3676	3703	3729	3756	3782	3791	3799	3807	3816	3818	3820	3824	3825
12,5	3842	3772	3785	3799	3812	3826	3829	3832	3836	3840	3840	3841	3843	3844
13,0	3861	3827	3834	3840	3847	3853	3855	3856	3858	3860	3860	3861	3862	3862
13,5	3883	3859	3864	3869	3874	3879	3880	3881	3882	3883	3883	3883	3883	3883
14,0	3902	3891	3893	3896	3898	3900	3901	3902	3902	3903	3902	3902	3902	3902
14,5	3919	3914	3915	3916	3918	3919	3919	3919	3919	3920	3920	3919	3919	3919
15,0	3934	3930	3931	3932	3933	3934	3934	3934	3934	3934	3934	3934	3934	3934
15,5	3946	3945	3945	3946	3946	3946	3947	3947	3947	3947	3947	3946	3946	3946
16,0	3958	3958	3958	3959	3959	3959	3959	3959	3959	3959	3959	3958	3958	3958
16,5	3970	3971	3972	3972	3972	3972	3972	3972	3971	3971	3971	3971	3970	3970
17,0	3983	3984	3984	3984	3984	3984	3984	3984	3983	3983	3983	3983	3982	3982
17,5	3992	3994	3994	3994	3993	3993	3993	3993	3993	3993	3993	3992	3992	3992
18,0	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3997
18,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	3999	3999
19,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
22,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
22,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
24,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
24,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
25,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
25,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
26,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
26,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
27,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000

Tabelle 10-1: Leistungskurve, schalloptimierter Modus SO1

10.2 Ct-Werte, schalloptimierter Modus SO1

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	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,857	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857	0,856	0,856
5,0	0,851	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,852	0,852	0,852	0,851	0,850	0,850
5,5	0,846	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,847	0,846	0,845
6,0	0,841	0,847	0,847	0,846	0,845	0,845	0,844	0,844	0,843	0,843	0,842	0,842	0,840	0,840
6,5	0,837	0,845	0,844	0,844	0,843	0,842	0,842	0,841	0,840	0,840	0,839	0,838	0,836	0,835
7,0	0,840	0,850	0,849	0,848	0,847	0,846	0,845	0,844	0,843	0,843	0,842	0,841	0,839	0,838
7,5	0,843	0,854	0,853	0,852	0,852	0,851	0,850	0,849	0,848	0,847	0,846	0,844	0,842	0,841
8,0	0,833	0,845	0,844	0,843	0,842	0,841	0,840	0,839	0,838	0,837	0,835	0,834	0,831	0,830
8,5	0,790	0,805	0,804	0,803	0,802	0,801	0,799	0,798	0,797	0,796	0,794	0,792	0,787	0,785
9,0	0,721	0,737	0,736	0,735	0,734	0,734	0,732	0,731	0,729	0,728	0,726	0,723	0,717	0,714
9,5	0,643	0,662	0,662	0,661	0,660	0,660	0,658	0,657	0,655	0,654	0,650	0,647	0,638	0,634
10,0	0,570	0,607	0,605	0,604	0,603	0,602	0,598	0,595	0,592	0,588	0,582	0,576	0,563	0,556
10,5	0,503	0,573	0,569	0,565	0,561	0,557	0,550	0,543	0,536	0,529	0,521	0,512	0,493	0,484
11,0	0,439	0,536	0,529	0,522	0,514	0,507	0,498	0,488	0,479	0,470	0,460	0,449	0,430	0,420
11,5	0,380	0,489	0,480	0,470	0,460	0,451	0,440	0,430	0,419	0,409	0,399	0,390	0,372	0,363
12,0	0,330	0,436	0,426	0,415	0,404	0,394	0,384	0,374	0,364	0,355	0,346	0,338	0,322	0,315
12,5	0,289	0,384	0,374	0,364	0,354	0,343	0,335	0,326	0,318	0,310	0,303	0,296	0,282	0,276
13,0	0,255	0,338	0,329	0,320	0,311	0,302	0,294	0,287	0,280	0,273	0,267	0,261	0,250	0,244
13,5	0,228	0,300	0,292	0,285	0,277	0,269	0,263	0,257	0,250	0,244	0,239	0,233	0,224	0,219
14,0	0,204	0,268	0,261	0,254	0,247	0,240	0,235	0,229	0,224	0,218	0,214	0,209	0,200	0,196
14,5	0,184	0,240	0,234	0,228	0,222	0,216	0,211	0,206	0,201	0,196	0,192	0,188	0,181	0,177
15,0	0,166	0,215	0,210	0,204	0,199	0,194	0,189	0,185	0,181	0,177	0,173	0,169	0,163	0,159
15,5	0,151	0,195	0,190	0,185	0,180	0,176	0,172	0,168	0,164	0,160	0,157	0,154	0,148	0,145
16,0	0,137	0,177	0,173	0,168	0,164	0,160	0,156	0,153	0,150	0,146	0,143	0,140	0,135	0,132
16,5	0,126	0,161	0,158	0,154	0,150	0,146	0,143	0,140	0,137	0,134	0,131	0,128	0,123	0,121
17,0	0,116	0,148	0,144	0,141	0,138	0,134	0,131	0,128	0,126	0,123	0,120	0,118	0,114	0,111
17,5	0,106	0,136	0,133	0,129	0,126	0,123	0,121	0,118	0,115	0,113	0,111	0,109	0,105	0,103
18,0	0,098	0,125	0,122	0,119	0,116	0,113	0,111	0,109	0,107	0,104	0,102	0,100	0,097	0,095
18,5	0,091	0,115	0,113	0,110	0,107	0,105	0,103	0,101	0,098	0,096	0,095	0,093	0,089	0,088
19,0	0,084	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,086	0,082	0,081
19,5	0,078	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,081	0,080	0,077	0,075
20,0	0,073	0,091	0,089	0,087	0,085	0,083	0,082	0,080	0,078	0,077	0,075	0,074	0,071	0,070
20,5	0,068	0,085	0,083	0,082	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066
21,0	0,064	0,080	0,078	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,063	0,061
21,5	0,060	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058
22,0	0,057	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,056	0,055
22,5	0,053	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,052
23,0	0,050	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,049	0,048
23,5	0,047	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,046	0,046
24,0	0,045	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043
24,5	0,042	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
25,0	0,040	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,045	0,044	0,043	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039
25,5	0,038	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037
26,0	0,037	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036
26,5	0,035	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,034	0,034
27,0	0,033	0,041	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032

Tabelle 10 2:C_t-Werte, schalloptimierter Modus SO1

10.3 Schallkurven, schalloptimierter Modus SO1

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Geräuschoptimierter Modus SO1 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,1
5	92,9
6	96,0
7	99,5
8	101,6
9	101,9
10	101,8
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

Tabelle 10-3: Schallkurven, schalloptimierter Modus SO1

11 Leistungskurven, Ct-Werte und Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

HINWEIS Die in Abschnitt 11 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabhöhen bis 104 m. Für Nabhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

11.1 Leistungskurven, geräuschoptimierter Modus SO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	336	250	257	265	273	281	289	297	305	313	321	329	344	352
5,0	477	358	369	380	391	402	412	423	434	445	456	466	488	499
5,5	648	490	504	519	533	547	562	576	590	605	619	633	662	676
6,0	853	649	668	686	705	724	742	761	779	798	816	835	872	890
6,5	1096	837	861	884	908	932	955	978	1002	1025	1049	1072	1119	1142
7,0	1381	1059	1088	1118	1147	1176	1206	1235	1265	1294	1323	1352	1411	1440
7,5	1707	1312	1348	1384	1421	1457	1493	1529	1565	1600	1636	1672	1742	1778
8,0	2070	1598	1641	1684	1728	1771	1814	1857	1900	1943	1985	2027	2112	2154
8,5	2455	1904	1955	2006	2056	2107	2157	2207	2257	2307	2356	2406	2503	2551
9,0	2827	2206	2264	2321	2379	2436	2493	2550	2606	2663	2718	2773	2880	2932
9,5	3149	2485	2549	2612	2676	2740	2801	2862	2923	2984	3039	3094	3198	3248
10,0	3410	2759	2827	2895	2963	3030	3090	3150	3210	3270	3317	3363	3447	3484
10,5	3604	3051	3118	3185	3252	3319	3367	3416	3464	3513	3543	3574	3625	3646
11,0	3727	3313	3371	3428	3486	3544	3577	3610	3644	3677	3694	3711	3737	3746
11,5	3791	3524	3567	3611	3655	3698	3716	3734	3752	3769	3777	3784	3795	3799
12,0	3823	3676	3703	3729	3756	3782	3791	3799	3807	3816	3818	3820	3824	3825
12,5	3842	3772	3785	3799	3812	3826	3829	3832	3836	3840	3840	3841	3843	3844
13,0	3861	3827	3834	3840	3847	3853	3855	3856	3858	3860	3860	3861	3862	3862
13,5	3883	3859	3864	3869	3874	3879	3880	3881	3882	3883	3883	3883	3883	3883
14,0	3902	3891	3893	3896	3898	3900	3901	3902	3902	3903	3902	3902	3902	3902
14,5	3919	3914	3915	3916	3918	3919	3919	3919	3919	3920	3920	3919	3919	3919
15,0	3934	3930	3931	3932	3933	3934	3934	3934	3934	3934	3934	3934	3934	3934
15,5	3946	3945	3945	3946	3946	3946	3947	3947	3947	3947	3947	3946	3946	3946
16,0	3958	3958	3958	3959	3959	3959	3959	3959	3959	3959	3959	3958	3958	3958
16,5	3970	3971	3972	3972	3972	3972	3972	3972	3971	3971	3971	3971	3970	3970
17,0	3983	3984	3984	3984	3984	3984	3984	3984	3983	3983	3983	3983	3982	3982
17,5	3992	3994	3994	3994	3993	3993	3993	3993	3993	3993	3993	3992	3992	3992
18,0	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3998	3997
18,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	3999	3999
19,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
22,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
22,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
24,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
24,5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
25,0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000

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
25,5	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999
26,0	3987	3987	3987	3987	3987	3987	3987	3987	3987	3987	3987	3987	3987	3987
26,5	3946	3946	3946	3946	3946	3946	3946	3946	3946	3946	3946	3946	3946	3946
27,0	3882	3882	3882	3882	3882	3882	3882	3882	3882	3882	3882	3882	3882	3882
27,5	3731	3731	3731	3731	3731	3731	3731	3731	3731	3731	3731	3731	3731	3731
28,0	3516	3516	3516	3516	3516	3516	3516	3516	3516	3516	3516	3516	3516	3516
28,5	3279	3279	3279	3279	3279	3279	3279	3279	3279	3279	3279	3279	3279	3279
29,0	3037	3037	3037	3037	3037	3037	3037	3037	3037	3037	3037	3037	3037	3037
29,5	2791	2791	2791	2791	2791	2791	2791	2791	2791	2791	2791	2791	2791	2791
30,0	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549
30,5	2309	2309	2309	2309	2309	2309	2309	2309	2309	2309	2309	2309	2309	2309
31,0	2074	2074	2074	2074	2074	2074	2074	2074	2074	2074	2074	2074	2074	2074
31,5	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870
32,0	1722	1722	1722	1722	1722	1722	1722	1722	1722	1722	1722	1722	1722	1723

Tabelle 11-1: Leistungskurve, geräuschoptimierter Modus SO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

11.2 Ct-Werte, geräuschoptimierter Modus SO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

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	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,857	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857	0,856	0,856
5,0	0,851	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,852	0,852	0,852	0,851	0,850	0,850
5,5	0,846	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,847	0,846	0,845
6,0	0,841	0,847	0,847	0,846	0,845	0,845	0,844	0,844	0,843	0,843	0,842	0,842	0,840	0,840
6,5	0,837	0,845	0,844	0,844	0,843	0,842	0,842	0,841	0,840	0,840	0,839	0,838	0,836	0,835
7,0	0,840	0,850	0,849	0,848	0,847	0,846	0,845	0,844	0,843	0,843	0,842	0,841	0,839	0,838
7,5	0,843	0,854	0,853	0,852	0,852	0,851	0,850	0,849	0,848	0,847	0,846	0,844	0,842	0,841
8,0	0,833	0,845	0,844	0,843	0,842	0,841	0,840	0,839	0,838	0,837	0,835	0,834	0,831	0,830
8,5	0,790	0,805	0,804	0,803	0,802	0,801	0,799	0,798	0,797	0,796	0,794	0,792	0,787	0,785
9,0	0,721	0,737	0,736	0,735	0,734	0,734	0,732	0,731	0,729	0,728	0,726	0,723	0,717	0,714
9,5	0,643	0,662	0,662	0,661	0,660	0,660	0,658	0,657	0,655	0,654	0,650	0,647	0,638	0,634
10,0	0,570	0,607	0,605	0,604	0,603	0,602	0,598	0,595	0,592	0,588	0,582	0,576	0,563	0,556
10,5	0,503	0,573	0,569	0,565	0,561	0,557	0,550	0,543	0,536	0,529	0,521	0,512	0,493	0,484
11,0	0,439	0,536	0,529	0,522	0,514	0,507	0,498	0,488	0,479	0,470	0,460	0,449	0,430	0,420
11,5	0,380	0,489	0,480	0,470	0,460	0,451	0,440	0,430	0,419	0,409	0,399	0,390	0,372	0,363
12,0	0,330	0,436	0,426	0,415	0,404	0,394	0,384	0,374	0,364	0,355	0,346	0,338	0,322	0,315
12,5	0,289	0,384	0,374	0,364	0,354	0,343	0,335	0,326	0,318	0,310	0,303	0,296	0,282	0,276
13,0	0,255	0,338	0,329	0,320	0,311	0,302	0,294	0,287	0,280	0,273	0,267	0,261	0,250	0,244
13,5	0,228	0,300	0,292	0,285	0,277	0,269	0,263	0,257	0,250	0,244	0,239	0,233	0,224	0,219
14,0	0,204	0,268	0,261	0,254	0,247	0,240	0,235	0,229	0,224	0,218	0,214	0,209	0,200	0,196
14,5	0,184	0,240	0,234	0,228	0,222	0,216	0,211	0,206	0,201	0,196	0,192	0,188	0,181	0,177
15,0	0,166	0,215	0,210	0,204	0,199	0,194	0,189	0,185	0,181	0,177	0,173	0,169	0,163	0,159
15,5	0,151	0,195	0,190	0,185	0,180	0,176	0,172	0,168	0,164	0,160	0,157	0,154	0,148	0,145
16,0	0,137	0,177	0,173	0,168	0,164	0,160	0,156	0,153	0,150	0,146	0,143	0,140	0,135	0,132
16,5	0,126	0,161	0,158	0,154	0,150	0,146	0,143	0,140	0,137	0,134	0,131	0,128	0,123	0,121
17,0	0,116	0,148	0,144	0,141	0,138	0,134	0,131	0,128	0,126	0,123	0,120	0,118	0,114	0,111
17,5	0,106	0,136	0,133	0,129	0,126	0,123	0,121	0,118	0,115	0,113	0,111	0,109	0,105	0,103
18,0	0,098	0,125	0,122	0,119	0,116	0,113	0,111	0,109	0,107	0,104	0,102	0,100	0,097	0,095
18,5	0,091	0,115	0,113	0,110	0,107	0,105	0,103	0,101	0,098	0,096	0,095	0,093	0,089	0,088
19,0	0,084	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,086	0,082	0,081
19,5	0,078	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,081	0,080	0,077	0,075
20,0	0,073	0,091	0,089	0,087	0,085	0,083	0,082	0,080	0,078	0,077	0,075	0,074	0,071	0,070
20,5	0,068	0,085	0,083	0,082	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066
21,0	0,064	0,080	0,078	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,063	0,061
21,5	0,060	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058
22,0	0,057	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,056	0,055
22,5	0,053	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,052
23,0	0,050	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,049	0,048
23,5	0,047	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,046	0,046
24,0	0,045	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043
24,5	0,042	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
25,0	0,040	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,045	0,044	0,043	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039
25,5	0,038	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037
26,0	0,037	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,035
26,5	0,035	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034
27,0	0,032	0,039	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032
27,5	0,030	0,036	0,036	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,029	0,029
28,0	0,027	0,033	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026
28,5	0,024	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024
29,0	0,022	0,026	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,022	0,022	0,021	0,021
29,5	0,019	0,023	0,023	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019
30,0	0,017	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,018	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,016
30,5	0,015	0,018	0,017	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014
31,0	0,013	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013

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
31,5	0,011	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011
32,0	0,010	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010

Tabelle 11-2: C_t-Werte, geräuschoptimierter Modus SO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

**11.3 Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO1
 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)**

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Geräuschoptimierter Modus SO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten) (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,1
5	92,9
6	96,0
7	99,5
8	101,6
9	101,9
10	101,8
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

Tabelle 11-3: Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

12 Leistungskurven, Ct-Werte und Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO2

HINWEIS Die in Abschnitt 12 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

12.1 Leistungskurven, schalloptimierter Modus SO2

Luftdichte [kg/m³]

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	336	250	257	265	273	281	289	297	305	313	321	329	344	352
5,0	477	358	369	380	391	402	412	423	434	445	456	466	488	499
5,5	648	490	504	519	533	547	562	576	590	605	619	633	662	676
6,0	853	649	668	686	705	724	742	761	779	798	816	835	872	890
6,5	1096	837	861	885	908	932	955	979	1002	1026	1049	1072	1120	1143
7,0	1381	1058	1088	1117	1147	1176	1206	1235	1264	1294	1323	1352	1410	1438
7,5	1675	1304	1340	1376	1412	1448	1483	1518	1552	1587	1616	1646	1700	1724
8,0	1870	1560	1599	1637	1675	1714	1740	1767	1794	1820	1837	1853	1880	1890
8,5	1967	1790	1818	1845	1873	1901	1914	1926	1939	1952	1957	1962	1970	1974
9,0	2030	1955	1968	1981	1994	2007	2011	2015	2020	2024	2026	2028	2031	2031
9,5	2075	2049	2054	2059	2064	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2074	2075	2076
10,0	2114	2108	2108	2109	2110	2111	2111	2112	2113	2113	2114	2114	2114	2114
10,5	2148	2159	2157	2155	2153	2151	2151	2150	2149	2149	2148	2148	2147	2147
11,0	2195	2230	2226	2221	2216	2212	2209	2206	2203	2200	2199	2197	2194	2192
11,5	2238	2284	2279	2274	2268	2263	2259	2255	2251	2247	2244	2241	2236	2233
12,0	2295	2344	2338	2333	2328	2322	2318	2314	2310	2306	2302	2299	2292	2288
12,5	2361	2414	2409	2403	2397	2391	2386	2382	2377	2372	2368	2365	2357	2354
13,0	2420	2475	2469	2462	2456	2450	2446	2441	2436	2432	2428	2424	2417	2414
13,5	2473	2523	2517	2511	2505	2498	2494	2490	2486	2482	2479	2476	2470	2467
14,0	2516	2565	2559	2553	2547	2542	2537	2533	2529	2525	2522	2519	2513	2510
14,5	2566	2618	2612	2606	2600	2594	2590	2586	2581	2577	2573	2570	2563	2560
15,0	2673	2716	2711	2707	2702	2698	2694	2691	2687	2684	2680	2677	2670	2666
15,5	2760	2795	2791	2788	2785	2781	2778	2775	2772	2769	2766	2763	2757	2754
16,0	2852	2880	2877	2874	2872	2869	2867	2864	2862	2860	2857	2854	2849	2847
16,5	2927	2943	2942	2940	2939	2937	2936	2934	2933	2932	2930	2929	2925	2923
17,0	2976	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2978	2978	2978	2977	2976	2975	2974
17,5	2997	2996	2996	2997	2997	2998	2998	2998	2998	2998	2997	2997	2997	2996
18,0	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006
18,5	3020	3020	3020	3020	3021	3021	3021	3020	3020	3020	3020	3020	3019	3019
19,0	3046	3058	3057	3056	3055	3054	3053	3052	3050	3049	3048	3047	3045	3044
19,5	3091	3104	3103	3102	3101	3100	3099	3098	3096	3095	3094	3093	3090	3089
20,0	3154	3162	3162	3161	3161	3161	3160	3159	3158	3157	3156	3155	3153	3152
20,5	3222	3217	3218	3219	3220	3220	3221	3221	3222	3222	3222	3222	3222	3222
21,0	3276	3260	3262	3264	3266	3267	3269	3270	3272	3273	3274	3275	3277	3277
21,5	3314	3299	3301	3302	3304	3306	3307	3309	3310	3312	3312	3313	3315	3316
22,0	3341	3324	3327	3329	3331	3333	3334	3336	3337	3339	3339	3340	3341	3342
22,5	3368	3352	3354	3356	3358	3360	3361	3363	3364	3365	3366	3367	3368	3369
23,0	3393	3373	3375	3377	3380	3382	3384	3386	3387	3389	3390	3392	3394	3395
23,5	3407	3389	3391	3393	3395	3398	3399	3401	3402	3404	3405	3406	3408	3410
24,0	3415	3397	3399	3401	3403	3406	3407	3409	3410	3412	3413	3414	3416	3417
24,5	3419	3401	3403	3405	3407	3409	3410	3412	3413	3415	3416	3417	3420	3421
25,0	3418	3401	3403	3405	3407	3410	3411	3412	3413	3415	3416	3417	3420	3421
25,5	3405	3381	3383	3386	3389	3392	3394	3396	3398	3400	3402	3404	3407	3408
26,0	3402	3380	3383	3385	3387	3389	3391	3393	3395	3397	3399	3401	3404	3405
26,5	3400	3380	3382	3384	3386	3388	3390	3391	3393	3395	3397	3399	3401	3403
27,0	3384	3367	3368	3370	3372	3374	3375	3377	3378	3380	3381	3382	3385	3386

Tabelle 12-1: Leistungskurve, schalloptimierter Modus SO2

12.2 Ct-Werte, schalloptimierter 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	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,857	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857	0,856	0,856
5,0	0,851	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,851	0,850	0,850
5,5	0,846	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,847	0,846	0,845
6,0	0,847	0,853	0,853	0,852	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,848	0,848	0,848	0,846
6,5	0,844	0,852	0,852	0,851	0,850	0,850	0,849	0,848	0,848	0,847	0,846	0,845	0,843	0,842
7,0	0,844	0,855	0,855	0,854	0,853	0,852	0,851	0,850	0,849	0,849	0,847	0,845	0,840	0,837
7,5	0,790	0,843	0,842	0,841	0,840	0,839	0,834	0,830	0,826	0,821	0,811	0,801	0,779	0,768
8,0	0,655	0,800	0,791	0,781	0,772	0,763	0,749	0,735	0,721	0,706	0,689	0,672	0,638	0,621
8,5	0,526	0,709	0,693	0,677	0,661	0,645	0,627	0,608	0,590	0,572	0,557	0,541	0,513	0,499
9,0	0,433	0,601	0,583	0,564	0,545	0,527	0,512	0,498	0,483	0,469	0,457	0,445	0,423	0,412
9,5	0,365	0,498	0,483	0,468	0,453	0,438	0,427	0,415	0,404	0,392	0,383	0,374	0,357	0,349
10,0	0,313	0,419	0,407	0,395	0,383	0,371	0,362	0,353	0,344	0,335	0,327	0,320	0,306	0,299
10,5	0,271	0,361	0,350	0,340	0,330	0,320	0,313	0,305	0,297	0,290	0,283	0,277	0,265	0,260
11,0	0,238	0,318	0,309	0,300	0,291	0,282	0,276	0,269	0,262	0,255	0,250	0,244	0,234	0,229
11,5	0,211	0,281	0,274	0,266	0,258	0,250	0,244	0,238	0,232	0,226	0,221	0,216	0,207	0,203
12,0	0,190	0,252	0,245	0,238	0,231	0,224	0,219	0,214	0,208	0,203	0,199	0,194	0,186	0,182
12,5	0,172	0,228	0,222	0,216	0,209	0,203	0,199	0,194	0,189	0,184	0,180	0,176	0,169	0,165
13,0	0,157	0,206	0,201	0,196	0,190	0,185	0,180	0,176	0,172	0,167	0,164	0,160	0,154	0,150
13,5	0,144	0,188	0,183	0,178	0,173	0,169	0,165	0,161	0,157	0,153	0,150	0,147	0,141	0,138
14,0	0,131	0,171	0,167	0,162	0,158	0,153	0,150	0,147	0,143	0,140	0,137	0,134	0,128	0,126
14,5	0,120	0,157	0,153	0,149	0,145	0,141	0,138	0,135	0,131	0,128	0,126	0,123	0,118	0,116
15,0	0,113	0,146	0,143	0,139	0,135	0,132	0,129	0,126	0,123	0,120	0,118	0,115	0,111	0,108
15,5	0,106	0,136	0,133	0,130	0,126	0,123	0,120	0,118	0,115	0,112	0,110	0,108	0,104	0,102
16,0	0,099	0,128	0,125	0,122	0,119	0,116	0,113	0,111	0,108	0,106	0,104	0,102	0,098	0,096
16,5	0,093	0,119	0,116	0,114	0,111	0,108	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,092	0,090
17,0	0,087	0,110	0,108	0,105	0,103	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,089	0,085	0,084
17,5	0,081	0,102	0,100	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,082	0,079	0,078
18,0	0,075	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,082	0,081	0,079	0,078	0,076	0,073	0,072
18,5	0,069	0,087	0,086	0,084	0,082	0,080	0,078	0,077	0,075	0,073	0,072	0,071	0,068	0,067
19,0	0,065	0,082	0,080	0,078	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,064	0,063
19,5	0,061	0,077	0,075	0,074	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,063	0,062	0,060	0,059
20,0	0,058	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
20,5	0,055	0,069	0,068	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054
21,0	0,053	0,065	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,051
21,5	0,050	0,063	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049
22,0	0,048	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,049	0,047	0,046
22,5	0,045	0,056	0,055	0,054	0,053	0,051	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044
23,0	0,043	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,042	0,042
23,5	0,041	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039
24,0	0,039	0,047	0,046	0,045	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038
24,5	0,037	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036
25,0	0,035	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,034	0,034
25,5	0,033	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032
26,0	0,032	0,038	0,038	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031
26,5	0,030	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,029
27,0	0,029	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,028	0,028

Tabelle 12-2:C_t-Werte, schalloptimierter Modus SO2

12.3 Schallkurven, schalloptimierter Modus SO2

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Geräuschoptimierter Modus SO2 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,1
5	92,9
6	96,0
7	99,0
8	99,4
9	99,4
10	99,5
11	99,5
12	99,5
13	99,5
14	99,5
15	99,5
16	99,5
17	99,5
18	99,5
19	99,5
20	99,5

Tabelle 12-3: Schallkurven, schalloptimierter Modus SO2

13 Leistungskurven, Ct-Werte und Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

HINWEIS Die in Abschnitt 13 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

13.1 Leistungskurven, geräuschoptimierter Modus SO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	336	250	257	265	273	281	289	297	305	313	321	329	344	352
5,0	477	358	369	380	391	402	412	423	434	445	456	466	488	499
5,5	648	490	504	519	533	547	562	576	590	605	619	633	662	676
6,0	853	649	668	686	705	724	742	761	779	798	816	835	872	890
6,5	1096	837	861	885	908	932	955	979	1002	1026	1049	1072	1120	1143
7,0	1381	1058	1088	1117	1147	1176	1206	1235	1264	1294	1323	1352	1410	1438
7,5	1675	1304	1340	1376	1412	1448	1483	1518	1552	1587	1616	1646	1700	1724
8,0	1870	1560	1599	1637	1675	1714	1740	1767	1794	1820	1837	1853	1880	1890
8,5	1967	1790	1818	1845	1873	1901	1914	1926	1939	1952	1957	1962	1970	1974
9,0	2030	1955	1968	1981	1994	2007	2011	2015	2020	2024	2026	2028	2031	2031
9,5	2075	2049	2054	2059	2064	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2074	2075	2076
10,0	2114	2108	2108	2109	2110	2111	2111	2112	2113	2113	2114	2114	2114	2114
10,5	2148	2159	2157	2155	2153	2151	2151	2150	2149	2149	2148	2148	2147	2147
11,0	2195	2230	2226	2221	2216	2212	2209	2206	2203	2200	2199	2197	2194	2192
11,5	2238	2284	2279	2274	2268	2263	2259	2255	2251	2247	2244	2241	2236	2233
12,0	2295	2344	2338	2333	2328	2322	2318	2314	2310	2306	2302	2299	2292	2288
12,5	2361	2414	2409	2403	2397	2391	2386	2382	2377	2372	2368	2365	2357	2354
13,0	2420	2475	2469	2462	2456	2450	2446	2441	2436	2432	2428	2424	2417	2414
13,5	2473	2523	2517	2511	2505	2498	2494	2490	2486	2482	2479	2476	2470	2467
14,0	2516	2565	2559	2553	2547	2542	2537	2533	2529	2525	2522	2519	2513	2510
14,5	2566	2618	2612	2606	2600	2594	2590	2586	2581	2577	2573	2570	2563	2560
15,0	2673	2716	2711	2707	2702	2698	2694	2691	2687	2684	2680	2677	2670	2666
15,5	2760	2795	2791	2788	2785	2781	2778	2775	2772	2769	2766	2763	2757	2754
16,0	2852	2880	2877	2874	2872	2869	2867	2864	2862	2860	2857	2854	2849	2847
16,5	2927	2943	2942	2940	2939	2937	2936	2934	2933	2932	2930	2929	2925	2923
17,0	2976	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2978	2978	2978	2977	2976	2975	2974
17,5	2997	2996	2996	2997	2997	2998	2998	2998	2998	2998	2997	2997	2997	2996
18,0	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006
18,5	3020	3020	3020	3020	3021	3021	3021	3020	3020	3020	3020	3020	3019	3019
19,0	3046	3058	3057	3056	3055	3054	3053	3052	3050	3049	3048	3047	3045	3044
19,5	3091	3104	3103	3102	3101	3100	3099	3098	3096	3095	3094	3093	3090	3089
20,0	3154	3162	3162	3161	3161	3161	3160	3159	3158	3157	3156	3155	3153	3152
20,5	3222	3217	3218	3219	3220	3220	3221	3221	3222	3222	3222	3222	3222	3222
21,0	3276	3260	3262	3264	3266	3267	3269	3270	3272	3273	3274	3275	3277	3277
21,5	3314	3299	3301	3302	3304	3306	3307	3309	3310	3312	3312	3313	3315	3316
22,0	3341	3324	3327	3329	3331	3333	3334	3336	3337	3339	3339	3340	3341	3342
22,5	3368	3352	3354	3356	3358	3360	3361	3363	3364	3365	3366	3367	3368	3369
23,0	3393	3373	3375	3377	3380	3382	3384	3386	3387	3389	3390	3392	3394	3395
23,5	3407	3389	3391	3393	3395	3398	3399	3401	3402	3404	3405	3406	3408	3410
24,0	3415	3397	3399	3401	3403	3406	3407	3409	3410	3412	3413	3414	3416	3417
24,5	3419	3401	3403	3405	3407	3409	3410	3412	3413	3415	3416	3417	3420	3421
25,0	3418	3401	3403	3405	3407	3410	3411	3412	3413	3415	3416	3417	3420	3421

Luftdichte [kg/m³]

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
25,5	3405	3381	3383	3386	3389	3392	3394	3396	3398	3400	3402	3404	3407	3408
26,0	3402	3380	3382	3384	3386	3389	3391	3393	3395	3397	3398	3400	3403	3405
26,5	3388	3369	3371	3373	3375	3377	3379	3380	3382	3384	3385	3387	3389	3391
27,0	3337	3322	3323	3325	3327	3328	3330	3331	3333	3334	3335	3336	3338	3339
27,5	3142	3137	3137	3138	3138	3139	3140	3140	3141	3141	3141	3142	3143	3143
28,0	2825	2822	2822	2823	2823	2823	2824	2824	2824	2824	2824	2824	2825	2825
28,5	2364	2366	2366	2366	2365	2365	2365	2365	2365	2364	2364	2364	2364	2364
29,0	1893	1895	1895	1895	1894	1894	1894	1894	1893	1893	1893	1893	1893	1892
29,5	1570	1571	1571	1571	1571	1571	1571	1571	1570	1570	1570	1570	1570	1570
30,0	1364	1364	1364	1364	1364	1364	1364	1364	1364	1364	1364	1364	1363	1363
30,5	1225	1226	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225
31,0	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150
31,5	1098	1098	1098	1098	1098	1098	1098	1098	1098	1098	1098	1098	1098	1098
32,0	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1075

Tabelle 13-1: Leistungskurve, geräuschoptimierter Modus SO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

13.2 Ct-Werte, geräuschoptimierter Modus SO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

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	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,857	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857	0,856	0,856
5,0	0,851	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,851	0,850	0,850
5,5	0,846	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,847	0,846	0,845
6,0	0,847	0,853	0,853	0,852	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,848	0,848	0,846	0,846
6,5	0,844	0,852	0,852	0,851	0,850	0,850	0,849	0,848	0,848	0,847	0,846	0,845	0,843	0,842
7,0	0,844	0,855	0,855	0,854	0,853	0,852	0,851	0,850	0,849	0,849	0,847	0,845	0,840	0,837
7,5	0,790	0,843	0,842	0,841	0,840	0,839	0,834	0,830	0,826	0,821	0,811	0,801	0,779	0,768
8,0	0,655	0,800	0,791	0,781	0,772	0,763	0,749	0,735	0,721	0,706	0,689	0,672	0,638	0,621
8,5	0,526	0,709	0,693	0,677	0,661	0,645	0,627	0,608	0,590	0,572	0,557	0,541	0,513	0,499
9,0	0,433	0,601	0,583	0,564	0,545	0,527	0,512	0,498	0,483	0,469	0,457	0,445	0,423	0,412
9,5	0,365	0,498	0,483	0,468	0,453	0,438	0,427	0,415	0,404	0,392	0,383	0,374	0,357	0,349
10,0	0,313	0,419	0,407	0,395	0,383	0,371	0,362	0,353	0,344	0,335	0,327	0,320	0,306	0,299
10,5	0,271	0,361	0,350	0,340	0,330	0,320	0,313	0,305	0,297	0,290	0,283	0,277	0,265	0,260
11,0	0,238	0,318	0,309	0,300	0,291	0,282	0,276	0,269	0,262	0,255	0,250	0,244	0,234	0,229
11,5	0,211	0,281	0,274	0,266	0,258	0,250	0,244	0,238	0,232	0,226	0,221	0,216	0,207	0,203
12,0	0,190	0,252	0,245	0,238	0,231	0,224	0,219	0,214	0,208	0,203	0,199	0,194	0,186	0,182
12,5	0,172	0,228	0,222	0,216	0,209	0,203	0,199	0,194	0,189	0,184	0,180	0,176	0,169	0,165
13,0	0,157	0,206	0,201	0,196	0,190	0,185	0,180	0,176	0,172	0,167	0,164	0,160	0,154	0,150
13,5	0,144	0,188	0,183	0,178	0,173	0,169	0,165	0,161	0,157	0,153	0,150	0,147	0,141	0,138
14,0	0,131	0,171	0,167	0,162	0,158	0,153	0,150	0,147	0,143	0,140	0,137	0,134	0,128	0,126
14,5	0,120	0,157	0,153	0,149	0,145	0,141	0,138	0,135	0,131	0,128	0,126	0,123	0,118	0,116
15,0	0,113	0,146	0,143	0,139	0,135	0,132	0,129	0,126	0,123	0,120	0,118	0,115	0,111	0,108
15,5	0,106	0,136	0,133	0,130	0,126	0,123	0,120	0,118	0,115	0,112	0,110	0,108	0,104	0,102
16,0	0,099	0,128	0,125	0,122	0,119	0,116	0,113	0,111	0,108	0,106	0,104	0,102	0,098	0,096
16,5	0,093	0,119	0,116	0,114	0,111	0,108	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,092	0,090
17,0	0,087	0,110	0,108	0,105	0,103	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,089	0,085	0,084
17,5	0,081	0,102	0,100	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,082	0,079	0,078
18,0	0,075	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,082	0,081	0,079	0,078	0,076	0,073	0,072
18,5	0,069	0,087	0,086	0,084	0,082	0,080	0,078	0,077	0,075	0,073	0,072	0,071	0,068	0,067
19,0	0,065	0,082	0,080	0,078	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,064	0,063
19,5	0,061	0,077	0,075	0,074	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,065	0,063	0,062	0,060	0,059
20,0	0,058	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
20,5	0,055	0,069	0,068	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054
21,0	0,053	0,065	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,051
21,5	0,050	0,063	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049
22,0	0,048	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,049	0,047	0,046
22,5	0,045	0,056	0,055	0,054	0,053	0,051	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044
23,0	0,043	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,042	0,042
23,5	0,041	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039
24,0	0,039	0,047	0,046	0,045	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038
24,5	0,037	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036
25,0	0,035	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,034	0,034
25,5	0,033	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032
26,0	0,032	0,038	0,038	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031
26,5	0,030	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,029
27,0	0,028	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028
27,5	0,026	0,031	0,031	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025
28,0	0,023	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,022
28,5	0,019	0,023	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019
29,0	0,016	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015	0,015
29,5	0,013	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013
30,0	0,011	0,013	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011
30,5	0,010	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
31,0	0,009	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009

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
31,5	0,008	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,008
32,0	0,008	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008

Tabelle 13-2: C_t-Werte, geräuschoptimierter Modus SO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

13.3 Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Geräuschoptimierter Modus SO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten) (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,1
5	92,9
6	96,0
7	99,0
8	99,4
9	99,4
10	99,5
11	99,5
12	99,5
13	99,5
14	99,5
15	99,5
16	99,5
17	99,5
18	99,5
19	99,5
20	99,5

Tabelle 13-3: Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

14 Leistungskurven, Ct-Werte und Kurven zur Geräusentwicklung, geräuschoptimierter Modus SO11

HINWEIS

Die in Abschnitt 14 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

14.1 Leistungskurven, schalloptimierter Modus SO11

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte [kg/m ³]													
	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	336	250	257	265	273	281	289	297	305	313	321	329	344	352
5,0	477	358	369	380	391	401	412	423	434	445	456	466	488	499
5,5	642	486	501	515	529	543	557	572	586	600	614	628	656	670
6,0	820	627	644	662	680	697	715	732	750	768	785	803	838	855
6,5	1001	768	790	811	832	853	875	896	917	938	959	980	1022	1043
7,0	1185	912	937	962	987	1012	1036	1061	1086	1111	1136	1160	1209	1234
7,5	1362	1052	1080	1109	1137	1166	1194	1222	1250	1278	1306	1334	1390	1417
8,0	1535	1193	1225	1257	1289	1321	1352	1384	1416	1447	1476	1506	1561	1588
8,5	1715	1412	1444	1476	1508	1540	1568	1595	1623	1651	1672	1694	1734	1752
9,0	1907	1722	1745	1768	1790	1812	1828	1844	1859	1874	1885	1896	1915	1923
9,5	2058	1980	1991	2002	2013	2024	2030	2036	2042	2048	2051	2055	2061	2063
10,0	2157	2131	2135	2139	2143	2147	2149	2150	2152	2154	2155	2156	2157	2158
10,5	2218	2206	2208	2210	2212	2214	2214	2215	2216	2217	2217	2218	2218	2218
11,0	2267	2260	2261	2262	2264	2265	2265	2266	2266	2266	2266	2267	2267	2266
11,5	2309	2307	2307	2308	2308	2309	2309	2310	2310	2310	2310	2310	2309	2309
12,0	2344	2343	2344	2344	2344	2344	2344	2344	2344	2344	2344	2344	2343	2343
12,5	2372	2373	2373	2373	2373	2373	2373	2373	2373	2372	2372	2372	2371	2371
13,0	2398	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2399	2399	2399	2399	2398	2398	2398
13,5	2420	2421	2421	2421	2421	2421	2421	2421	2420	2420	2420	2420	2420	2419
14,0	2435	2436	2436	2436	2436	2436	2436	2436	2436	2436	2435	2435	2435	2435
14,5	2449	2451	2451	2451	2451	2451	2450	2450	2450	2450	2450	2449	2449	2449
15,0	2464	2466	2466	2466	2466	2466	2465	2465	2465	2465	2465	2464	2464	2464
15,5	2480	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2481	2481	2481	2481	2480	2480	2480
16,0	2498	2500	2500	2500	2500	2500	2499	2499	2499	2498	2498	2498	2497	2497
16,5	2517	2521	2521	2520	2520	2520	2519	2519	2519	2518	2518	2518	2517	2516
17,0	2540	2544	2544	2544	2544	2543	2543	2542	2542	2541	2541	2540	2539	2538
17,5	2566	2572	2571	2571	2570	2570	2569	2569	2568	2568	2567	2566	2565	2564
18,0	2598	2606	2605	2605	2604	2604	2603	2602	2602	2601	2600	2599	2597	2596
18,5	2636	2646	2645	2644	2644	2643	2642	2641	2640	2639	2638	2637	2635	2634
19,0	2676	2685	2684	2684	2683	2682	2681	2680	2679	2678	2678	2676	2674	2674
19,5	2715	2724	2724	2723	2722	2722	2721	2720	2719	2718	2717	2716	2714	2713
20,0	2748	2756	2755	2755	2754	2754	2753	2752	2752	2751	2750	2749	2748	2747
20,5	2773	2778	2778	2777	2777	2776	2776	2776	2775	2775	2774	2774	2773	2772
21,0	2789	2793	2793	2793	2792	2792	2791	2791	2791	2790	2790	2790	2789	2788
21,5	2804	2812	2811	2810	2810	2809	2808	2808	2807	2806	2805	2805	2803	2803
22,0	2833	2847	2846	2844	2843	2842	2841	2840	2839	2837	2836	2835	2832	2831
22,5	2878	2893	2891	2890	2889	2888	2886	2885	2884	2882	2881	2879	2876	2875

Luftdichte [kg/m³]														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
23,0	2914	2923	2922	2922	2921	2920	2919	2918	2918	2917	2916	2915	2913	2912
23,5	2942	2951	2950	2949	2948	2948	2947	2946	2945	2945	2944	2943	2941	2940
24,0	2965	2970	2970	2969	2969	2969	2968	2968	2967	2967	2966	2965	2964	2964
24,5	2978	2981	2980	2980	2980	2980	2979	2979	2979	2979	2979	2978	2978	2977
25,0	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2983	2983
25,5	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2985	2985
26,0	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986
26,5	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986
27,0	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986

Tabelle 14-1: Leistungskurve, schalloptimierter Modus SO11

14.2 Ct-Werte, schalloptimierter Modus SO11

Luftdichte kg/m³

Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,857	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857	0,856	0,856
5,0	0,841	0,845	0,845	0,845	0,845	0,844	0,844	0,843	0,843	0,843	0,842	0,842	0,841	0,840
5,5	0,785	0,791	0,790	0,790	0,789	0,789	0,788	0,788	0,787	0,787	0,786	0,786	0,785	0,784
6,0	0,708	0,713	0,713	0,712	0,712	0,711	0,711	0,710	0,710	0,709	0,709	0,708	0,707	0,707
6,5	0,637	0,642	0,642	0,641	0,641	0,640	0,640	0,639	0,639	0,639	0,638	0,638	0,637	0,636
7,0	0,575	0,579	0,578	0,578	0,578	0,577	0,577	0,577	0,576	0,576	0,576	0,575	0,574	0,574
7,5	0,518	0,522	0,522	0,522	0,521	0,521	0,521	0,520	0,520	0,520	0,519	0,519	0,518	0,517
8,0	0,468	0,474	0,474	0,473	0,473	0,473	0,472	0,472	0,471	0,471	0,470	0,469	0,466	0,464
8,5	0,427	0,461	0,459	0,457	0,454	0,452	0,449	0,446	0,443	0,439	0,435	0,431	0,422	0,418
9,0	0,394	0,477	0,469	0,462	0,454	0,446	0,439	0,431	0,424	0,416	0,409	0,402	0,387	0,381
9,5	0,358	0,468	0,456	0,445	0,433	0,422	0,412	0,402	0,393	0,383	0,375	0,367	0,351	0,344
10,0	0,318	0,424	0,412	0,400	0,389	0,377	0,368	0,359	0,350	0,341	0,333	0,325	0,311	0,304
10,5	0,279	0,369	0,359	0,349	0,340	0,330	0,322	0,314	0,306	0,298	0,292	0,286	0,273	0,268
11,0	0,246	0,323	0,314	0,306	0,298	0,289	0,283	0,276	0,269	0,263	0,257	0,251	0,241	0,236
11,5	0,218	0,284	0,277	0,270	0,263	0,255	0,250	0,244	0,238	0,232	0,227	0,223	0,213	0,209
12,0	0,194	0,252	0,245	0,239	0,233	0,227	0,221	0,216	0,211	0,206	0,202	0,198	0,190	0,186
12,5	0,173	0,224	0,218	0,213	0,207	0,202	0,197	0,193	0,188	0,184	0,180	0,177	0,170	0,166
13,0	0,155	0,200	0,195	0,190	0,186	0,181	0,177	0,173	0,169	0,165	0,162	0,159	0,152	0,149
13,5	0,141	0,181	0,176	0,172	0,168	0,163	0,160	0,156	0,153	0,149	0,146	0,144	0,138	0,135
14,0	0,127	0,163	0,159	0,155	0,151	0,147	0,144	0,141	0,138	0,135	0,132	0,130	0,125	0,122
14,5	0,115	0,147	0,144	0,140	0,137	0,133	0,131	0,128	0,125	0,122	0,120	0,118	0,113	0,111
15,0	0,105	0,133	0,130	0,127	0,124	0,121	0,118	0,116	0,113	0,111	0,109	0,107	0,103	0,101
15,5	0,096	0,121	0,119	0,116	0,113	0,110	0,108	0,106	0,104	0,101	0,099	0,098	0,094	0,092
16,0	0,088	0,111	0,109	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,090	0,086	0,085
16,5	0,081	0,103	0,100	0,098	0,096	0,093	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,080	0,078
17,0	0,075	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,083	0,081	0,080	0,078	0,077	0,074	0,073
17,5	0,070	0,088	0,086	0,084	0,082	0,080	0,079	0,077	0,076	0,074	0,073	0,071	0,069	0,068
18,0	0,066	0,082	0,081	0,079	0,077	0,075	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,067	0,064	0,063
18,5	0,062	0,077	0,076	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,063	0,061	0,060
19,0	0,058	0,072	0,071	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
19,5	0,055	0,068	0,067	0,065	0,064	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,054	0,053
20,0	0,052	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054	0,053	0,053	0,051	0,050
20,5	0,049	0,060	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,050	0,048	0,047
21,0	0,046	0,057	0,056	0,055	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,048	0,047	0,045	0,045
21,5	0,044	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,045	0,043	0,042
22,0	0,042	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040
22,5	0,040	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039
23,0	0,038	0,046	0,046	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037
23,5	0,036	0,044	0,043	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035
24,0	0,034	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,033
24,5	0,033	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032
25,0	0,031	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,030
25,5	0,030	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029
26,0	0,029	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,030	0,029	0,028	0,028
26,5	0,027	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027
27,0	0,026	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,027	0,026	0,025

Tabelle 14-2:Ct-Werte, schalloptimierter Modus SO11

14.3 Schallkurven, schalloptimierter Modus SO11

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Schalloptimierter Modus SO11 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,1
5	92,9
6	94,5
7	95,6
8	96,9
9	98,0
10	98,8
11	99,1
12	99,2
13	99,2
14	99,2
15	99,2
16	99,2
17	99,2
18	99,2
19	99,2
20	99,2

Tabelle 14-3: Schallkurven, schalloptimierter Modus SO11

15 Leistungskurven, Ct-Werte und Kurven zur Geräuscentwicklung, geräuschoptimierter Modus SO11 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

HINWEIS Die in Abschnitt 15 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

15.1 Leistungskurven, geräuschoptimierter Modus SO11 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	336	250	257	265	273	281	289	297	305	313	321	329	344	352
5,0	477	358	369	380	391	401	412	423	434	445	456	466	488	499
5,5	642	486	501	515	529	543	557	572	586	600	614	628	656	670
6,0	820	627	644	662	680	697	715	732	750	768	785	803	838	855
6,5	1001	768	790	811	832	853	875	896	917	938	959	980	1022	1043
7,0	1185	912	937	962	987	1012	1036	1061	1086	1111	1136	1160	1209	1234
7,5	1362	1052	1080	1109	1137	1166	1194	1222	1250	1278	1306	1334	1390	1417
8,0	1535	1193	1225	1257	1289	1321	1352	1384	1416	1447	1476	1506	1561	1588
8,5	1715	1412	1444	1476	1508	1540	1568	1595	1623	1651	1672	1694	1734	1752
9,0	1907	1722	1745	1768	1790	1812	1828	1844	1859	1874	1885	1896	1915	1923
9,5	2058	1980	1991	2002	2013	2024	2030	2036	2042	2048	2051	2055	2061	2063
10,0	2157	2131	2135	2139	2143	2147	2149	2150	2152	2154	2155	2156	2157	2158
10,5	2218	2206	2208	2210	2212	2214	2214	2215	2216	2217	2217	2218	2218	2218
11,0	2267	2260	2261	2262	2264	2265	2265	2266	2266	2266	2266	2267	2267	2266
11,5	2309	2307	2307	2308	2308	2309	2309	2310	2310	2310	2310	2310	2309	2309
12,0	2344	2343	2344	2344	2344	2344	2344	2344	2344	2344	2344	2344	2343	2343
12,5	2372	2373	2373	2373	2373	2373	2373	2373	2373	2372	2372	2372	2371	2371
13,0	2398	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2399	2399	2399	2399	2398	2398	2398
13,5	2420	2421	2421	2421	2421	2421	2421	2421	2420	2420	2420	2420	2420	2419
14,0	2435	2436	2436	2436	2436	2436	2436	2436	2436	2436	2435	2435	2435	2435
14,5	2449	2451	2451	2451	2451	2451	2450	2450	2450	2450	2450	2449	2449	2449
15,0	2464	2466	2466	2466	2466	2466	2465	2465	2465	2465	2465	2464	2464	2464
15,5	2480	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2481	2481	2481	2481	2480	2480	2480
16,0	2498	2500	2500	2500	2500	2500	2499	2499	2499	2498	2498	2498	2497	2497
16,5	2517	2521	2521	2520	2520	2520	2519	2519	2519	2518	2518	2518	2517	2516
17,0	2540	2544	2544	2544	2544	2543	2543	2542	2542	2541	2541	2540	2539	2538
17,5	2566	2572	2571	2571	2570	2570	2569	2569	2568	2568	2567	2566	2565	2564
18,0	2598	2606	2605	2605	2604	2604	2603	2602	2602	2601	2600	2599	2597	2596
18,5	2636	2646	2645	2644	2644	2643	2642	2641	2640	2639	2638	2637	2635	2634
19,0	2676	2685	2684	2684	2683	2682	2681	2680	2679	2678	2678	2676	2674	2674
19,5	2715	2724	2724	2723	2722	2722	2721	2720	2719	2718	2717	2716	2714	2713
20,0	2749	2756	2755	2755	2754	2754	2753	2752	2752	2751	2750	2749	2748	2747
20,5	2773	2778	2778	2777	2777	2776	2776	2776	2775	2775	2774	2774	2773	2772
21,0	2789	2793	2793	2793	2792	2792	2791	2791	2791	2790	2790	2790	2789	2788
21,5	2804	2812	2811	2810	2810	2809	2808	2808	2807	2806	2805	2805	2803	2803
22,0	2833	2847	2846	2844	2843	2842	2841	2840	2839	2837	2836	2835	2832	2831
22,5	2878	2893	2891	2890	2889	2888	2886	2885	2884	2882	2881	2879	2876	2875
23,0	2914	2923	2922	2922	2921	2920	2919	2918	2918	2917	2916	2915	2913	2912
23,5	2942	2951	2950	2949	2948	2948	2947	2946	2945	2945	2944	2943	2941	2940
24,0	2965	2970	2970	2969	2969	2969	2968	2968	2967	2967	2966	2965	2964	2964
24,5	2978	2981	2980	2980	2980	2980	2979	2979	2979	2979	2979	2978	2978	2977
25,0	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2984	2983	2983

Luftdichte [kg/m³]														
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
25,5	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2985	2985
26,0	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986	2986
26,5	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979	2979
27,0	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955
27,5	2834	2834	2834	2834	2834	2834	2834	2834	2834	2834	2834	2834	2834	2834
28,0	2635	2635	2635	2635	2635	2635	2635	2635	2635	2635	2635	2635	2635	2635
28,5	2333	2333	2333	2333	2333	2333	2333	2333	2333	2333	2333	2333	2333	2333
29,0	2052	2052	2052	2052	2052	2052	2052	2052	2052	2052	2052	2052	2052	2052
29,5	1846	1846	1845	1845	1845	1845	1845	1845	1845	1845	1846	1846	1846	1845
30,0	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703
30,5	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599
31,0	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524
31,5	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471
32,0	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443

Tabelle 15-1: Leistungskurve, geräuschoptimierter Modus SO11 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

15.2 Ct-Werte, geräuschoptimierter Modus SO11 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

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	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,857	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857	0,856	0,856
5,0	0,841	0,845	0,845	0,845	0,845	0,844	0,844	0,843	0,843	0,843	0,842	0,842	0,841	0,840
5,5	0,785	0,791	0,790	0,790	0,789	0,789	0,788	0,788	0,787	0,787	0,786	0,786	0,785	0,784
6,0	0,708	0,713	0,713	0,712	0,712	0,711	0,711	0,710	0,710	0,709	0,709	0,708	0,707	0,707
6,5	0,637	0,642	0,642	0,641	0,641	0,640	0,640	0,639	0,639	0,639	0,638	0,638	0,637	0,636
7,0	0,575	0,579	0,578	0,578	0,578	0,577	0,577	0,577	0,576	0,576	0,576	0,575	0,574	0,574
7,5	0,518	0,522	0,522	0,522	0,521	0,521	0,521	0,520	0,520	0,520	0,519	0,519	0,518	0,517
8,0	0,468	0,474	0,474	0,473	0,473	0,473	0,472	0,472	0,471	0,471	0,470	0,469	0,466	0,464
8,5	0,427	0,461	0,459	0,457	0,454	0,452	0,449	0,446	0,443	0,439	0,435	0,431	0,422	0,418
9,0	0,394	0,477	0,469	0,462	0,454	0,446	0,439	0,431	0,424	0,416	0,409	0,402	0,387	0,381
9,5	0,358	0,468	0,456	0,445	0,433	0,422	0,412	0,402	0,393	0,383	0,375	0,367	0,351	0,344
10,0	0,318	0,424	0,412	0,400	0,389	0,377	0,368	0,359	0,350	0,341	0,333	0,325	0,311	0,304
10,5	0,279	0,369	0,359	0,349	0,340	0,330	0,322	0,314	0,306	0,298	0,292	0,286	0,273	0,268
11,0	0,246	0,323	0,314	0,306	0,298	0,289	0,283	0,276	0,269	0,263	0,257	0,251	0,241	0,236
11,5	0,218	0,284	0,277	0,270	0,263	0,255	0,250	0,244	0,238	0,232	0,227	0,223	0,213	0,209
12,0	0,194	0,252	0,245	0,239	0,233	0,227	0,221	0,216	0,211	0,206	0,202	0,198	0,190	0,186
12,5	0,173	0,224	0,218	0,213	0,207	0,202	0,197	0,193	0,188	0,184	0,180	0,177	0,170	0,166
13,0	0,155	0,200	0,195	0,190	0,186	0,181	0,177	0,173	0,169	0,165	0,162	0,159	0,152	0,149
13,5	0,141	0,181	0,176	0,172	0,168	0,163	0,160	0,156	0,153	0,149	0,146	0,144	0,138	0,135
14,0	0,127	0,163	0,159	0,155	0,151	0,147	0,144	0,141	0,138	0,135	0,132	0,130	0,125	0,122
14,5	0,115	0,147	0,144	0,140	0,137	0,133	0,131	0,128	0,125	0,122	0,120	0,118	0,113	0,111
15,0	0,105	0,133	0,130	0,127	0,124	0,121	0,118	0,116	0,113	0,111	0,109	0,107	0,103	0,101
15,5	0,096	0,121	0,119	0,116	0,113	0,110	0,108	0,106	0,104	0,101	0,099	0,098	0,094	0,092
16,0	0,088	0,111	0,109	0,106	0,104	0,101	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,090	0,086	0,085
16,5	0,081	0,103	0,100	0,098	0,096	0,093	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,080	0,078
17,0	0,075	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,083	0,081	0,080	0,078	0,077	0,074	0,073
17,5	0,070	0,088	0,086	0,084	0,082	0,080	0,079	0,077	0,076	0,074	0,073	0,071	0,069	0,068
18,0	0,066	0,082	0,081	0,079	0,077	0,075	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,067	0,064	0,063
18,5	0,062	0,077	0,076	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,063	0,061	0,060
19,0	0,058	0,072	0,071	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
19,5	0,055	0,068	0,067	0,065	0,064	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,054	0,053
20,0	0,052	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054	0,053	0,053	0,051	0,050
20,5	0,049	0,060	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,050	0,048	0,047
21,0	0,046	0,057	0,056	0,055	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,048	0,047	0,045	0,045
21,5	0,044	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,045	0,043	0,042
22,0	0,042	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040
22,5	0,040	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039
23,0	0,038	0,046	0,046	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037
23,5	0,036	0,044	0,043	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035
24,0	0,034	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,033
24,5	0,033	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032
25,0	0,031	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,030
25,5	0,030	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029
26,0	0,029	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,030	0,029	0,028	0,028
26,5	0,027	0,033	0,032	0,032	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027
27,0	0,026	0,031	0,031	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025
27,5	0,024	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023
28,0	0,022	0,026	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022	0,021
28,5	0,019	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,020	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019
29,0	0,016	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,017	0,016	0,016
29,5	0,014	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014
30,0	0,013	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
30,5	0,012	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011
31,0	0,011	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010

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
31,5	0,010	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,009
32,0	0,009	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009

Tabelle 15-2: C_r-Werte, geräuschoptimierter Modus SO11 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

15.3 Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO11 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Geräuschoptimierter Modus SO11 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten) (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,1
5	92,9
6	94,5
7	95,6
8	96,9
9	98,0
10	98,8
11	99,1
12	99,2
13	99,2
14	99,2
15	99,2
16	99,2
17	99,2
18	99,2
19	99,2
20	99,2

Tabelle 15-3: Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO11 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

16 Leistungskurven, Ct-Werte und Schallkurven, schalloptimierter Modus SO12

HINWEIS

Die in Abschnitt 16 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

16.1 Leistungskurven, schalloptimierter Modus SO12

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte [kg/m ³]													
	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	336	250	257	265	273	281	289	297	305	313	321	329	344	352
5,0	477	358	369	380	391	402	412	423	434	445	456	467	488	499
5,5	646	489	504	518	532	547	561	575	589	604	618	632	660	674
6,0	840	641	659	677	696	714	732	750	768	786	804	822	858	876
6,5	1048	804	827	849	871	893	916	938	960	982	1004	1026	1070	1092
7,0	1253	965	992	1018	1044	1071	1097	1123	1149	1176	1202	1228	1279	1305
7,5	1422	1098	1127	1157	1187	1217	1246	1276	1305	1334	1364	1393	1451	1480
8,0	1581	1224	1257	1290	1322	1355	1387	1420	1452	1485	1517	1549	1613	1645
8,5	1823	1452	1488	1524	1560	1596	1629	1663	1696	1730	1761	1792	1852	1882
9,0	2118	1842	1872	1903	1933	1964	1988	2012	2036	2060	2079	2098	2135	2151
9,5	2310	2166	2187	2207	2228	2248	2259	2269	2279	2290	2296	2303	2315	2320
10,0	2385	2343	2350	2358	2366	2374	2376	2378	2380	2382	2383	2384	2385	2386
10,5	2425	2409	2412	2414	2417	2420	2420	2421	2422	2423	2424	2424	2425	2425
11,0	2460	2452	2453	2454	2456	2458	2458	2459	2459	2460	2460	2460	2460	2460
11,5	2487	2484	2485	2485	2486	2486	2487	2487	2487	2487	2487	2487	2487	2487
12,0	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511
12,5	2536	2538	2538	2538	2538	2538	2538	2537	2537	2537	2537	2537	2536	2536
13,0	2572	2575	2575	2575	2575	2574	2574	2574	2574	2573	2573	2572	2571	2571
13,5	2626	2630	2630	2630	2630	2629	2629	2628	2628	2628	2627	2626	2625	2624
14,0	2684	2690	2689	2689	2689	2688	2688	2687	2686	2686	2685	2684	2683	2682
14,5	2744	2751	2751	2750	2750	2750	2749	2748	2747	2747	2746	2745	2743	2742
15,0	2808	2816	2815	2814	2814	2814	2813	2812	2811	2810	2810	2808	2806	2806
15,5	2868	2876	2876	2875	2875	2874	2874	2873	2872	2871	2870	2869	2867	2866
16,0	2928	2936	2936	2935	2935	2934	2933	2932	2931	2930	2930	2928	2926	2925
16,5	2983	2992	2991	2990	2990	2989	2988	2988	2987	2986	2985	2984	2982	2981
17,0	3035	3044	3044	3043	3042	3042	3041	3040	3039	3038	3037	3036	3034	3033
17,5	3085	3095	3094	3094	3093	3092	3091	3090	3089	3088	3087	3086	3084	3083
18,0	3136	3146	3145	3145	3144	3143	3142	3141	3140	3139	3138	3137	3134	3133
18,5	3188	3200	3199	3198	3197	3196	3195	3194	3193	3192	3190	3189	3186	3185
19,0	3242	3255	3254	3253	3252	3251	3250	3249	3247	3246	3245	3244	3241	3239
19,5	3296	3308	3307	3306	3305	3304	3303	3302	3301	3300	3298	3297	3294	3293
20,0	3345	3357	3356	3355	3354	3353	3352	3351	3350	3349	3347	3346	3343	3342
20,5	3390	3401	3400	3399	3399	3398	3397	3396	3394	3393	3392	3391	3388	3387
21,0	3433	3444	3443	3443	3442	3441	3440	3439	3437	3436	3435	3434	3432	3430
21,5	3474	3485	3484	3484	3483	3482	3481	3480	3479	3478	3476	3475	3472	3471
22,0	3514	3525	3524	3523	3522	3522	3520	3519	3518	3517	3516	3515	3513	3511
22,5	3550	3559	3559	3558	3557	3556	3555	3554	3553	3553	3552	3551	3548	3547
23,0	3577	3585	3584	3584	3583	3583	3582	3581	3580	3580	3579	3578	3576	3576
23,5	3600	3605	3605	3604	3604	3603	3603	3602	3601	3601	3600	3600	3599	3598

Luftdichte [kg/m ³]														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
24,0	3615	3619	3618	3618	3618	3617	3617	3617	3616	3616	3616	3615	3615	3614
24,5	3625	3627	3627	3627	3627	3626	3626	3626	3626	3626	3625	3625	3625	3624
25,0	3631	3632	3632	3632	3632	3632	3631	3631	3631	3631	3631	3631	3631	3631
25,5	3634	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3634	3634	3634	3634
26,0	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635
26,5	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636
27,0	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636	3636

Tabelle 16-1: Leistungskurve, schalloptimierter Modus SO12

16.2 Ct-Werte, schalloptimierter Modus SO12

Luftdichte kg/m ³														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,857	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857	0,856	0,856
5,0	0,845	0,850	0,849	0,849	0,849	0,848	0,848	0,848	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,844
5,5	0,808	0,814	0,813	0,813	0,812	0,812	0,811	0,811	0,810	0,810	0,809	0,809	0,808	0,807
6,0	0,752	0,758	0,758	0,757	0,757	0,756	0,756	0,755	0,755	0,754	0,754	0,753	0,752	0,751
6,5	0,697	0,703	0,702	0,702	0,701	0,701	0,700	0,700	0,699	0,698	0,698	0,697	0,696	0,696
7,0	0,633	0,638	0,638	0,637	0,637	0,636	0,636	0,635	0,635	0,634	0,634	0,633	0,632	0,632
7,5	0,557	0,562	0,561	0,561	0,560	0,560	0,559	0,559	0,559	0,558	0,558	0,557	0,556	0,556
8,0	0,491	0,496	0,496	0,495	0,495	0,494	0,494	0,494	0,493	0,493	0,492	0,492	0,491	0,490
8,5	0,462	0,483	0,481	0,480	0,478	0,476	0,475	0,473	0,471	0,469	0,467	0,464	0,460	0,457
9,0	0,449	0,528	0,520	0,512	0,505	0,497	0,490	0,483	0,476	0,469	0,462	0,455	0,442	0,436
9,5	0,412	0,533	0,521	0,509	0,497	0,485	0,474	0,463	0,452	0,441	0,431	0,422	0,404	0,395
10,0	0,358	0,483	0,469	0,456	0,442	0,428	0,417	0,407	0,396	0,385	0,376	0,367	0,350	0,342
10,5	0,308	0,413	0,401	0,390	0,378	0,366	0,357	0,348	0,340	0,331	0,323	0,316	0,302	0,295
11,0	0,269	0,356	0,346	0,337	0,327	0,318	0,310	0,303	0,295	0,288	0,281	0,275	0,263	0,258
11,5	0,236	0,309	0,301	0,293	0,285	0,277	0,271	0,265	0,258	0,252	0,246	0,241	0,231	0,226
12,0	0,208	0,271	0,265	0,258	0,251	0,244	0,238	0,233	0,227	0,222	0,217	0,213	0,204	0,200
12,5	0,185	0,240	0,234	0,228	0,223	0,217	0,212	0,207	0,202	0,197	0,193	0,189	0,182	0,178
13,0	0,167	0,215	0,210	0,205	0,200	0,194	0,190	0,186	0,182	0,177	0,174	0,170	0,163	0,160
13,5	0,152	0,197	0,192	0,187	0,182	0,178	0,174	0,170	0,166	0,162	0,159	0,156	0,149	0,147
14,0	0,140	0,180	0,175	0,171	0,167	0,162	0,159	0,155	0,152	0,148	0,145	0,142	0,137	0,134
14,5	0,128	0,165	0,161	0,157	0,153	0,149	0,146	0,143	0,140	0,137	0,134	0,131	0,126	0,124
15,0	0,118	0,152	0,148	0,144	0,141	0,137	0,134	0,132	0,129	0,126	0,123	0,121	0,116	0,114
15,5	0,110	0,140	0,137	0,134	0,130	0,127	0,125	0,122	0,119	0,117	0,114	0,112	0,108	0,106
16,0	0,102	0,130	0,127	0,124	0,121	0,118	0,116	0,113	0,111	0,108	0,106	0,104	0,100	0,098
16,5	0,095	0,121	0,118	0,116	0,113	0,110	0,108	0,105	0,103	0,101	0,099	0,097	0,093	0,092
17,0	0,089	0,113	0,110	0,108	0,105	0,103	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,091	0,087	0,086
17,5	0,083	0,105	0,103	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,085	0,081	0,080
18,0	0,078	0,099	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,082	0,081	0,079	0,076	0,075
18,5	0,073	0,093	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,081	0,079	0,077	0,076	0,075	0,072	0,071
19,0	0,069	0,087	0,085	0,083	0,081	0,079	0,077	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,067	0,066
19,5	0,065	0,082	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063
20,0	0,061	0,077	0,075	0,074	0,072	0,070	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,063	0,060	0,059
20,5	0,058	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
21,0	0,055	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,054	0,053
21,5	0,053	0,066	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,051
22,0	0,050	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,049	0,048
22,5	0,048	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046
23,0	0,045	0,056	0,055	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,047	0,046	0,044	0,044
23,5	0,043	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,042	0,041
24,0	0,041	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039
24,5	0,039	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,038	0,037
25,0	0,037	0,045	0,044	0,043	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036
25,5	0,035	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034
26,0	0,034	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033
26,5	0,032	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032	0,031
27,0	0,031	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,030	0,030

Tabelle 16-2:Ct-Werte, schalloptimierter Modus SO12

16.3 Schallkurven, schalloptimierter Modus SO12

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Schalloptimierter Modus SO12 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,1
5	92,9
6	95,0
7	97,1
8	98,8
9	99,7
10	99,9
11	99,9
12	99,9
13	99,9
14	99,9
15	99,9
16	99,9
17	99,9
18	99,9
19	99,9
20	99,9

Tabelle 16-3: Kurven zur Geräusentwicklung, geräuschoptimierter Modus SO12

17 Leistungskurven, Ct-Werte und Kurven zur Geräuscentwicklung, geräuschoptimierter Modus SO12 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

HINWEIS Die in Abschnitt 17 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

17.1 Leistungskurven, geräuschoptimierter Modus SO12 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	336	250	257	265	273	281	289	297	305	313	321	329	344	352
5,0	477	358	369	380	391	402	412	423	434	445	456	467	488	499
5,5	646	489	504	518	532	547	561	575	589	604	618	632	660	674
6,0	840	641	659	677	696	714	732	750	768	786	804	822	858	876
6,5	1048	804	827	849	871	893	916	938	960	982	1004	1026	1070	1092
7,0	1253	965	992	1018	1044	1071	1097	1123	1149	1176	1202	1228	1279	1305
7,5	1422	1098	1127	1157	1187	1217	1246	1276	1305	1334	1364	1393	1451	1480
8,0	1581	1224	1257	1290	1322	1355	1387	1420	1452	1485	1517	1549	1613	1645
8,5	1823	1452	1488	1524	1560	1596	1629	1663	1696	1730	1761	1792	1852	1882
9,0	2118	1842	1872	1903	1933	1964	1988	2012	2036	2060	2079	2098	2135	2151
9,5	2310	2166	2187	2207	2228	2248	2259	2269	2279	2290	2296	2303	2315	2320
10,0	2385	2343	2350	2358	2366	2374	2376	2378	2380	2382	2383	2384	2385	2386
10,5	2425	2409	2412	2414	2417	2420	2420	2421	2422	2423	2424	2424	2425	2425
11,0	2460	2452	2453	2454	2456	2458	2458	2459	2459	2460	2460	2460	2460	2460
11,5	2487	2484	2485	2485	2486	2486	2487	2487	2487	2487	2487	2487	2487	2487
12,0	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511	2511
12,5	2536	2538	2538	2538	2538	2538	2538	2537	2537	2537	2537	2537	2536	2536
13,0	2572	2575	2575	2575	2575	2574	2574	2574	2574	2573	2573	2572	2571	2571
13,5	2626	2630	2630	2630	2630	2629	2629	2628	2628	2628	2627	2626	2625	2624
14,0	2684	2690	2689	2689	2689	2688	2688	2687	2686	2686	2685	2684	2683	2682
14,5	2744	2751	2751	2750	2750	2750	2749	2748	2747	2747	2746	2745	2743	2742
15,0	2808	2816	2815	2814	2814	2814	2813	2812	2811	2810	2810	2808	2806	2806
15,5	2868	2876	2876	2875	2875	2874	2874	2873	2872	2871	2870	2869	2867	2866
16,0	2928	2936	2936	2935	2935	2934	2933	2932	2931	2930	2930	2928	2926	2925
16,5	2983	2992	2991	2990	2990	2989	2988	2988	2987	2986	2985	2984	2982	2981
17,0	3035	3044	3044	3043	3042	3042	3041	3040	3039	3038	3037	3036	3034	3033
17,5	3085	3095	3094	3094	3093	3092	3091	3090	3089	3088	3087	3086	3084	3083
18,0	3136	3146	3145	3145	3144	3143	3142	3141	3140	3139	3138	3137	3134	3133
18,5	3188	3200	3199	3198	3197	3196	3195	3194	3193	3192	3190	3189	3186	3185
19,0	3242	3255	3254	3253	3252	3251	3250	3249	3247	3246	3245	3244	3241	3239
19,5	3296	3308	3307	3306	3305	3304	3303	3302	3301	3300	3298	3297	3294	3293
20,0	3345	3356	3356	3355	3354	3353	3352	3351	3350	3349	3347	3346	3343	3342
20,5	3390	3401	3400	3399	3399	3398	3397	3396	3394	3393	3392	3391	3388	3387
21,0	3433	3444	3443	3443	3442	3441	3440	3439	3437	3436	3435	3434	3432	3430
21,5	3474	3485	3484	3484	3483	3482	3481	3480	3479	3478	3476	3475	3472	3471
22,0	3514	3525	3524	3523	3522	3522	3520	3519	3518	3517	3516	3515	3513	3511
22,5	3550	3559	3559	3558	3557	3556	3555	3554	3553	3553	3552	3551	3548	3547
23,0	3577	3585	3584	3584	3583	3583	3582	3581	3580	3580	3579	3578	3576	3576
23,5	3600	3605	3605	3604	3604	3603	3603	3602	3601	3601	3600	3600	3599	3598
24,0	3615	3619	3618	3618	3618	3617	3617	3617	3616	3616	3616	3615	3615	3614
24,5	3625	3627	3627	3627	3627	3626	3626	3626	3626	3626	3625	3625	3625	3624
25,0	3631	3632	3632	3632	3632	3632	3631	3631	3631	3631	3631	3631	3631	3631

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
25,5	3634	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3634	3634	3634	3634
26,0	3634	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3635	3634	3634	3634	3634	3634	3634
26,5	3604	3604	3604	3604	3604	3604	3604	3604	3604	3604	3604	3604	3604	3604
27,0	3527	3527	3527	3527	3527	3527	3527	3527	3527	3527	3527	3527	3527	3527
27,5	3271	3271	3271	3271	3271	3271	3271	3271	3271	3271	3271	3271	3271	3271
28,0	2895	2895	2895	2895	2895	2895	2895	2895	2895	2895	2895	2895	2895	2895
28,5	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404
29,0	2064	2064	2064	2064	2064	2064	2064	2064	2064	2064	2064	2064	2064	2064
29,5	1849	1849	1849	1849	1849	1849	1849	1849	1849	1849	1849	1849	1849	1849
30,0	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703	1703
30,5	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599	1599
31,0	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524	1524
31,5	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471	1471
32,0	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443	1443

Tabelle 17-1: Leistungskurve, geräuschoptimierter Modus SO12 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

17.2 Ct-Werte, geräuschoptimierter Modus SO12 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

Luftdichte kg/m³

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	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,857	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857	0,856	0,856
5,0	0,845	0,850	0,849	0,849	0,849	0,848	0,848	0,848	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,844
5,5	0,808	0,814	0,813	0,813	0,812	0,812	0,811	0,811	0,810	0,810	0,809	0,809	0,808	0,807
6,0	0,752	0,758	0,758	0,757	0,757	0,756	0,756	0,755	0,755	0,754	0,754	0,753	0,752	0,751
6,5	0,697	0,703	0,702	0,702	0,701	0,701	0,700	0,700	0,699	0,698	0,698	0,697	0,696	0,696
7,0	0,633	0,638	0,638	0,637	0,637	0,636	0,636	0,635	0,635	0,634	0,634	0,633	0,632	0,632
7,5	0,557	0,562	0,561	0,561	0,560	0,560	0,559	0,559	0,559	0,558	0,558	0,557	0,556	0,556
8,0	0,491	0,496	0,496	0,495	0,495	0,494	0,494	0,494	0,493	0,493	0,492	0,492	0,491	0,490
8,5	0,462	0,483	0,481	0,480	0,478	0,476	0,475	0,473	0,471	0,469	0,467	0,464	0,460	0,457
9,0	0,449	0,528	0,520	0,512	0,505	0,497	0,490	0,483	0,476	0,469	0,462	0,455	0,442	0,436
9,5	0,412	0,533	0,521	0,509	0,497	0,485	0,474	0,463	0,452	0,441	0,431	0,422	0,404	0,395
10,0	0,358	0,483	0,469	0,456	0,442	0,428	0,417	0,407	0,396	0,385	0,376	0,367	0,350	0,342
10,5	0,308	0,413	0,401	0,390	0,378	0,366	0,357	0,348	0,340	0,331	0,323	0,316	0,302	0,295
11,0	0,269	0,356	0,346	0,337	0,327	0,318	0,310	0,303	0,295	0,288	0,281	0,275	0,263	0,258
11,5	0,236	0,309	0,301	0,293	0,285	0,277	0,271	0,265	0,258	0,252	0,246	0,241	0,231	0,226
12,0	0,208	0,271	0,265	0,258	0,251	0,244	0,238	0,233	0,227	0,222	0,217	0,213	0,204	0,200
12,5	0,185	0,240	0,234	0,228	0,223	0,217	0,212	0,207	0,202	0,197	0,193	0,189	0,182	0,178
13,0	0,167	0,215	0,210	0,205	0,200	0,194	0,190	0,186	0,182	0,177	0,174	0,170	0,163	0,160
13,5	0,152	0,197	0,192	0,187	0,182	0,178	0,174	0,170	0,166	0,162	0,159	0,156	0,149	0,147
14,0	0,140	0,180	0,175	0,171	0,167	0,162	0,159	0,155	0,152	0,148	0,145	0,142	0,137	0,134
14,5	0,128	0,165	0,161	0,157	0,153	0,149	0,146	0,143	0,140	0,137	0,134	0,131	0,126	0,124
15,0	0,118	0,152	0,148	0,144	0,141	0,137	0,134	0,132	0,129	0,126	0,123	0,121	0,116	0,114
15,5	0,110	0,140	0,137	0,134	0,130	0,127	0,125	0,122	0,119	0,117	0,114	0,112	0,108	0,106
16,0	0,102	0,130	0,127	0,124	0,121	0,118	0,116	0,113	0,111	0,108	0,106	0,104	0,100	0,098
16,5	0,095	0,121	0,118	0,116	0,113	0,110	0,108	0,105	0,103	0,101	0,099	0,097	0,093	0,092
17,0	0,089	0,113	0,110	0,108	0,105	0,103	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,091	0,087	0,086
17,5	0,083	0,105	0,103	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,085	0,081	0,080
18,0	0,078	0,099	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,086	0,084	0,082	0,081	0,079	0,076	0,075
18,5	0,073	0,093	0,090	0,088	0,086	0,084	0,083	0,081	0,079	0,077	0,076	0,075	0,072	0,071
19,0	0,069	0,087	0,085	0,083	0,081	0,079	0,077	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,067	0,066
19,5	0,065	0,082	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063
20,0	0,061	0,077	0,075	0,074	0,072	0,070	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,063	0,060	0,059
20,5	0,058	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
21,0	0,055	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,054	0,053
21,5	0,053	0,066	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,051
22,0	0,050	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,049	0,048
22,5	0,048	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046
23,0	0,045	0,056	0,055	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,047	0,046	0,044	0,044
23,5	0,043	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,042	0,041
24,0	0,041	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039
24,5	0,039	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,038	0,037
25,0	0,037	0,045	0,044	0,043	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036
25,5	0,035	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034
26,0	0,034	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033
26,5	0,032	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031
27,0	0,030	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,029	0,029
27,5	0,027	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026
28,0	0,023	0,028	0,027	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,024	0,023	0,023
28,5	0,019	0,023	0,023	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,021	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019
29,0	0,017	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,017	0,016	0,016
29,5	0,014	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014
30,0	0,013	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
30,5	0,012	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011
31,0	0,011	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010

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
31,5	0,010	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,009
32,0	0,009	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009

Tabelle 17-2: C_r-Werte, geräuschoptimierter Modus SO12 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

**17.3 Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO12
 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)**

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Geräuschoptimierter Modus SO12 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten) (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,1
5	92,9
6	95,0
7	97,1
8	98,8
9	99,7
10	99,9
11	99,9
12	99,9
13	99,9
14	99,9
15	99,9
16	99,9
17	99,9
18	99,9
19	99,9
20	99,9

Tabelle 17-3: Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO12 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

18 Leistungskurven, Ct-Werte und Schallkurven, schalloptimierter Modus SO13

HINWEIS

Die in Abschnitt 18 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

18.1 Leistungskurven, schalloptimierter Modus SO13

Windgeschwindigkeit [m/s]	Luftdichte [kg/m ³]													
	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	218	158	164	169	175	180	186	191	197	202	208	213	224	229
4,5	321	239	246	254	261	269	276	283	291	298	306	313	328	336
5,0	429	323	333	343	352	362	372	381	391	401	410	420	439	449
5,5	531	402	414	426	437	449	461	473	484	496	508	520	543	555
6,0	643	490	504	518	532	546	560	574	588	602	615	629	657	671
6,5	773	592	608	625	642	658	674	691	707	724	740	757	789	806
7,0	906	696	715	734	753	772	792	811	830	849	868	887	925	944
7,5	1038	799	821	843	864	886	908	930	951	973	994	1016	1059	1080
8,0	1200	929	954	979	1003	1028	1053	1078	1103	1128	1152	1176	1222	1245
8,5	1361	1063	1091	1120	1148	1177	1205	1232	1260	1288	1312	1337	1382	1403
9,0	1463	1157	1188	1219	1250	1281	1309	1338	1366	1395	1418	1440	1482	1501
9,5	1538	1270	1301	1331	1361	1392	1415	1439	1463	1487	1504	1521	1551	1564
10,0	1643	1449	1474	1498	1523	1548	1564	1580	1596	1612	1622	1632	1650	1657
10,5	1746	1647	1661	1675	1689	1703	1710	1718	1725	1733	1737	1741	1749	1752
11,0	1812	1785	1789	1794	1799	1803	1805	1807	1808	1810	1811	1811	1812	1812
11,5	1842	1841	1841	1842	1842	1842	1842	1842	1842	1842	1842	1842	1842	1842
12,0	1864	1865	1865	1865	1865	1865	1865	1864	1864	1864	1864	1864	1864	1864
12,5	1883	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1883	1883	1883	1883	1883	1883
13,0	1902	1903	1903	1903	1903	1903	1902	1902	1902	1902	1902	1902	1902	1901
13,5	1919	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1919	1919	1919	1919	1919	1918
14,0	1935	1936	1936	1936	1936	1936	1936	1936	1936	1936	1935	1935	1935	1935
14,5	1951	1953	1953	1952	1952	1952	1952	1952	1952	1952	1952	1951	1951	1951
15,0	1968	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1968	1968	1968	1968	1968	1967	1967
15,5	1983	1985	1985	1985	1984	1984	1984	1984	1984	1984	1984	1983	1983	1983
16,0	1997	1999	1999	1999	1999	1998	1998	1998	1998	1998	1998	1998	1997	1997
16,5	2010	2012	2012	2012	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2010	2010	2010
17,0	2022	2023	2023	2023	2023	2023	2023	2023	2022	2022	2022	2022	2022	2021
17,5	2032	2034	2034	2034	2034	2034	2034	2033	2033	2033	2033	2033	2032	2032
18,0	2042	2044	2044	2044	2044	2044	2043	2043	2043	2043	2043	2042	2042	2042
18,5	2052	2053	2053	2053	2053	2052	2052	2052	2052	2052	2052	2052	2051	2051
19,0	2060	2061	2061	2061	2061	2061	2061	2061	2060	2060	2060	2060	2060	2060
19,5	2067	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2067	2067	2067
20,0	2073	2074	2074	2074	2074	2074	2074	2074	2073	2073	2073	2073	2073	2073
20,5	2078	2079	2079	2079	2079	2079	2079	2078	2078	2078	2078	2078	2078	2078
21,0	2084	2085	2085	2085	2085	2085	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2083	2083
21,5	2090	2093	2093	2092	2092	2092	2092	2092	2091	2091	2091	2091	2090	2090
22,0	2100	2103	2102	2102	2102	2102	2102	2101	2101	2101	2101	2100	2100	2099
22,5	2111	2114	2113	2113	2113	2113	2112	2112	2112	2112	2111	2111	2110	2110
23,0	2123	2126	2125	2125	2125	2125	2124	2124	2124	2124	2123	2123	2122	2122
23,5	2133	2135	2135	2135	2135	2135	2134	2134	2134	2134	2133	2133	2133	2132

Luftdichte [kg/m ³]														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,95	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
24,0	2141	2143	2142	2142	2142	2142	2142	2142	2141	2141	2141	2141	2140	2140
24,5	2147	2148	2148	2148	2148	2148	2148	2148	2147	2147	2147	2147	2147	2146
25,0	2151	2152	2152	2152	2152	2152	2151	2151	2151	2151	2151	2151	2151	2151
25,5	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2153	2153
26,0	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154
26,5	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155
27,0	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155

Tabelle 18-1: Leistungskurve, schalloptimierter Modus SO13

18.2 Ct-Werte, schalloptimierter Modus SO13

Luftdichte kg/m ³														
Windgeschwindigkeit [m/s]	1,225	0,950	0,975	1,0	1,025	1,05	1,075	1,1	1,125	1,15	1,175	1,2	1,25	1,275
3,0	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,785	0,789	0,789	0,789	0,788	0,788	0,788	0,787	0,787	0,786	0,786	0,785	0,785	0,784
4,5	0,693	0,698	0,698	0,697	0,696	0,696	0,695	0,695	0,694	0,694	0,693	0,693	0,692	0,692
5,0	0,622	0,625	0,624	0,624	0,624	0,623	0,623	0,623	0,623	0,622	0,622	0,622	0,622	0,621
5,5	0,546	0,548	0,548	0,548	0,548	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,546	0,546
6,0	0,487	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489	0,488	0,488	0,488	0,488	0,487	0,487	0,486
6,5	0,446	0,449	0,449	0,448	0,448	0,448	0,448	0,447	0,447	0,447	0,447	0,446	0,446	0,445
7,0	0,407	0,410	0,409	0,409	0,409	0,409	0,408	0,408	0,408	0,408	0,407	0,407	0,407	0,407
7,5	0,371	0,374	0,373	0,373	0,373	0,373	0,373	0,372	0,372	0,372	0,372	0,371	0,371	0,371
8,0	0,349	0,352	0,352	0,352	0,351	0,351	0,351	0,351	0,350	0,350	0,350	0,349	0,348	0,347
8,5	0,327	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332	0,331	0,331	0,330	0,330	0,329	0,328	0,325	0,323
9,0	0,293	0,301	0,301	0,301	0,301	0,301	0,300	0,299	0,299	0,298	0,296	0,295	0,291	0,289
9,5	0,259	0,278	0,277	0,276	0,275	0,274	0,272	0,271	0,269	0,267	0,264	0,262	0,256	0,253
10,0	0,236	0,269	0,267	0,264	0,262	0,260	0,256	0,253	0,250	0,246	0,243	0,239	0,232	0,228
10,5	0,216	0,264	0,259	0,255	0,250	0,246	0,242	0,237	0,233	0,228	0,224	0,220	0,212	0,208
11,0	0,194	0,248	0,243	0,237	0,232	0,226	0,221	0,217	0,212	0,207	0,203	0,198	0,190	0,187
11,5	0,172	0,223	0,218	0,212	0,207	0,201	0,197	0,192	0,188	0,184	0,180	0,176	0,169	0,166
12,0	0,153	0,198	0,193	0,188	0,183	0,179	0,175	0,171	0,167	0,163	0,160	0,157	0,150	0,148
12,5	0,137	0,176	0,172	0,168	0,164	0,159	0,156	0,153	0,149	0,146	0,143	0,140	0,135	0,132
13,0	0,123	0,158	0,154	0,150	0,147	0,143	0,140	0,137	0,134	0,131	0,128	0,126	0,121	0,119
13,5	0,112	0,143	0,139	0,136	0,133	0,129	0,127	0,124	0,121	0,119	0,116	0,114	0,110	0,108
14,0	0,101	0,129	0,126	0,123	0,120	0,117	0,115	0,112	0,110	0,107	0,105	0,103	0,100	0,098
14,5	0,092	0,117	0,115	0,112	0,109	0,107	0,104	0,102	0,100	0,098	0,096	0,094	0,091	0,089
15,0	0,084	0,107	0,104	0,102	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,086	0,083	0,081
15,5	0,077	0,098	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,082	0,080	0,079	0,076	0,075
16,0	0,071	0,090	0,088	0,086	0,084	0,082	0,080	0,078	0,077	0,075	0,074	0,073	0,070	0,069
16,5	0,066	0,083	0,081	0,079	0,077	0,075	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,067	0,065	0,064
17,0	0,061	0,076	0,075	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059
17,5	0,056	0,071	0,069	0,068	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,056	0,055
18,0	0,053	0,066	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054	0,054	0,052	0,051
18,5	0,049	0,061	0,060	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,048	0,048
19,0	0,046	0,057	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,047	0,045	0,044
19,5	0,043	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,042	0,042
20,0	0,040	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039
20,5	0,038	0,046	0,046	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,039	0,037	0,037
21,0	0,036	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,035
21,5	0,034	0,042	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033
22,0	0,032	0,039	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031
22,5	0,031	0,037	0,037	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,030	0,030
23,0	0,029	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,030	0,029	0,028
23,5	0,028	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,029	0,028	0,027	0,027
24,0	0,026	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026
24,5	0,025	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,026	0,025	0,025
25,0	0,024	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023
25,5	0,023	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023
26,0	0,022	0,026	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022
26,5	0,021	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021
27,0	0,020	0,024	0,024	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,021	0,020	0,020

Tabelle 18-2:Ct-Werte, schalloptimierter Modus SO13

18.3 Schallkurven, schalloptimierter Modus SO13

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Schalloptimierter Modus SO13 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,0
5	91,4
6	92,4
7	93,1
8	94,3
9	95,8
10	96,5
11	96,9
12	97,0
13	97,0
14	97,0
15	97,0
16	97,0
17	97,0
18	97,0
19	97,0
20	97,0

Tabelle 18-3: Schallkurven, schalloptimierter Modus SO13

19 Leistungskurven, Ct-Werte und Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO13 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

HINWEIS Die in Abschnitt 19 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

19.1 Leistungskurven, geräuschoptimierter Modus SO13 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

Luftdichte [kg/m³]

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	218	158	164	169	175	180	186	191	197	202	208	213	224	229
4,5	321	239	246	254	261	269	276	283	291	298	306	313	328	336
5,0	429	323	333	343	352	362	372	381	391	401	410	420	439	449
5,5	531	402	414	426	437	449	461	473	484	496	508	520	543	555
6,0	643	490	504	518	532	546	560	574	588	602	615	629	657	671
6,5	773	592	608	625	642	658	674	691	707	724	740	757	789	806
7,0	906	696	715	734	753	772	792	811	830	849	868	887	925	944
7,5	1038	799	821	843	864	886	908	930	951	973	994	1016	1059	1080
8,0	1200	929	954	979	1003	1028	1053	1078	1103	1128	1152	1176	1222	1245
8,5	1361	1063	1091	1120	1148	1177	1205	1232	1260	1288	1312	1337	1382	1403
9,0	1463	1157	1188	1219	1250	1281	1309	1338	1366	1395	1418	1440	1482	1501
9,5	1538	1270	1301	1331	1361	1392	1415	1439	1463	1487	1504	1521	1551	1564
10,0	1643	1449	1474	1498	1523	1548	1564	1580	1596	1612	1622	1632	1650	1657
10,5	1746	1647	1661	1675	1689	1703	1710	1718	1725	1733	1737	1741	1749	1752
11,0	1812	1785	1789	1794	1799	1803	1805	1807	1808	1810	1811	1811	1812	1812
11,5	1842	1841	1841	1842	1842	1842	1842	1842	1842	1842	1842	1842	1842	1842
12,0	1864	1865	1865	1865	1865	1865	1865	1864	1864	1864	1864	1864	1864	1864
12,5	1883	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1883	1883	1883	1883	1883	1883
13,0	1902	1903	1903	1903	1903	1903	1902	1902	1902	1902	1902	1902	1902	1901
13,5	1919	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1919	1919	1919	1919	1919	1918
14,0	1935	1936	1936	1936	1936	1936	1936	1936	1936	1936	1935	1935	1935	1935
14,5	1951	1953	1953	1952	1952	1952	1952	1952	1952	1952	1952	1951	1951	1951
15,0	1968	1969	1969	1969	1969	1969	1969	1968	1968	1968	1968	1968	1967	1967
15,5	1983	1985	1985	1985	1984	1984	1984	1984	1984	1984	1984	1983	1983	1983
16,0	1997	1999	1999	1999	1999	1998	1998	1998	1998	1998	1998	1997	1997	1997
16,5	2010	2012	2012	2012	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2010	2010	2010
17,0	2022	2023	2023	2023	2023	2023	2023	2023	2022	2022	2022	2022	2022	2021
17,5	2032	2034	2034	2034	2034	2034	2034	2033	2033	2033	2033	2033	2032	2032
18,0	2042	2044	2044	2044	2044	2044	2043	2043	2043	2043	2043	2042	2042	2042
18,5	2052	2053	2053	2053	2053	2052	2052	2052	2052	2052	2052	2052	2051	2051
19,0	2060	2061	2061	2061	2061	2061	2061	2061	2060	2060	2060	2060	2060	2060
19,5	2067	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2067	2067	2067
20,0	2073	2074	2074	2074	2074	2074	2074	2074	2073	2073	2073	2073	2073	2073
20,5	2078	2079	2079	2079	2079	2079	2079	2078	2078	2078	2078	2078	2078	2078
21,0	2084	2085	2085	2085	2085	2085	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2083	2083
21,5	2090	2093	2093	2092	2092	2092	2092	2092	2091	2091	2091	2091	2090	2090
22,0	2100	2103	2102	2102	2102	2102	2102	2101	2101	2101	2101	2100	2100	2099
22,5	2111	2114	2113	2113	2113	2113	2112	2112	2112	2112	2111	2111	2110	2110
23,0	2123	2126	2125	2125	2125	2125	2124	2124	2124	2124	2123	2123	2122	2122
23,5	2133	2135	2135	2135	2135	2135	2134	2134	2134	2134	2133	2133	2133	2132
24,0	2141	2143	2142	2142	2142	2142	2142	2142	2141	2141	2141	2141	2140	2140
24,5	2147	2148	2148	2148	2148	2148	2148	2148	2147	2147	2147	2147	2147	2146
25,0	2151	2152	2152	2152	2152	2152	2151	2151	2151	2151	2151	2151	2151	2151

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
25,5	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2153	2153
26,0	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154
26,5	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155
27,0	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155	2155
27,5	2153	2153	2153	2153	2153	2153	2153	2153	2153	2153	2153	2153	2153	2153
28,0	2127	2127	2127	2127	2127	2127	2127	2127	2127	2127	2127	2127	2127	2127
28,5	2050	2050	2050	2050	2050	2050	2050	2050	2050	2050	2050	2050	2050	2050
29,0	1929	1929	1929	1929	1929	1929	1929	1929	1929	1929	1929	1929	1929	1929
29,5	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
30,0	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
30,5	1488	1488	1488	1488	1488	1488	1488	1488	1488	1488	1488	1488	1488	1488
31,0	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413	1413
31,5	1364	1363	1363	1363	1363	1363	1363	1363	1363	1364	1364	1364	1364	1364
32,0	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1338

Tabelle 19-1: Leistungskurve, geräuschoptimierter Modus SO13 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

19.2 Ct-Werte, geräuschoptimierter Modus SO13 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

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	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,785	0,789	0,789	0,789	0,788	0,788	0,788	0,787	0,787	0,786	0,786	0,785	0,785	0,784
4,5	0,693	0,698	0,698	0,697	0,696	0,696	0,695	0,695	0,694	0,694	0,693	0,693	0,692	0,692
5,0	0,622	0,625	0,624	0,624	0,624	0,623	0,623	0,623	0,623	0,622	0,622	0,622	0,622	0,621
5,5	0,546	0,548	0,548	0,548	0,548	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,546	0,546
6,0	0,487	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489	0,488	0,488	0,488	0,488	0,487	0,487	0,486
6,5	0,446	0,449	0,449	0,448	0,448	0,448	0,448	0,447	0,447	0,447	0,447	0,446	0,446	0,445
7,0	0,407	0,410	0,409	0,409	0,409	0,409	0,408	0,408	0,408	0,408	0,407	0,407	0,407	0,407
7,5	0,371	0,374	0,373	0,373	0,373	0,373	0,373	0,372	0,372	0,372	0,372	0,371	0,371	0,371
8,0	0,349	0,352	0,352	0,352	0,351	0,351	0,351	0,351	0,350	0,350	0,350	0,349	0,348	0,347
8,5	0,327	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332	0,331	0,331	0,330	0,330	0,329	0,328	0,325	0,323
9,0	0,293	0,301	0,301	0,301	0,301	0,301	0,300	0,299	0,299	0,298	0,296	0,295	0,291	0,289
9,5	0,259	0,278	0,277	0,276	0,275	0,274	0,272	0,271	0,269	0,267	0,264	0,262	0,256	0,253
10,0	0,236	0,269	0,267	0,264	0,262	0,260	0,256	0,253	0,250	0,246	0,243	0,239	0,232	0,228
10,5	0,216	0,264	0,259	0,255	0,250	0,246	0,242	0,237	0,233	0,228	0,224	0,220	0,212	0,208
11,0	0,194	0,248	0,243	0,237	0,232	0,226	0,221	0,217	0,212	0,207	0,203	0,198	0,190	0,187
11,5	0,172	0,223	0,218	0,212	0,207	0,201	0,197	0,192	0,188	0,184	0,180	0,176	0,169	0,166
12,0	0,153	0,198	0,193	0,188	0,183	0,179	0,175	0,171	0,167	0,163	0,160	0,157	0,150	0,148
12,5	0,137	0,176	0,172	0,168	0,164	0,159	0,156	0,153	0,149	0,146	0,143	0,140	0,135	0,132
13,0	0,123	0,158	0,154	0,150	0,147	0,143	0,140	0,137	0,134	0,131	0,128	0,126	0,121	0,119
13,5	0,112	0,143	0,139	0,136	0,133	0,129	0,127	0,124	0,121	0,119	0,116	0,114	0,110	0,108
14,0	0,101	0,129	0,126	0,123	0,120	0,117	0,115	0,112	0,110	0,107	0,105	0,103	0,100	0,098
14,5	0,092	0,117	0,115	0,112	0,109	0,107	0,104	0,102	0,100	0,098	0,096	0,094	0,091	0,089
15,0	0,084	0,107	0,104	0,102	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,086	0,083	0,081
15,5	0,077	0,098	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,082	0,080	0,079	0,076	0,075
16,0	0,071	0,090	0,088	0,086	0,084	0,082	0,080	0,078	0,077	0,075	0,074	0,073	0,070	0,069
16,5	0,066	0,083	0,081	0,079	0,077	0,075	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,067	0,065	0,064
17,0	0,061	0,076	0,075	0,073	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059
17,5	0,056	0,071	0,069	0,068	0,066	0,065	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,056	0,055
18,0	0,053	0,066	0,064	0,063	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,055	0,054	0,054	0,052	0,051
18,5	0,049	0,061	0,060	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,048	0,048
19,0	0,046	0,057	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,047	0,045	0,044
19,5	0,043	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,042	0,042
20,0	0,040	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039
20,5	0,038	0,046	0,046	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,039	0,037	0,037
21,0	0,036	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,035
21,5	0,034	0,042	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033
22,0	0,032	0,039	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031
22,5	0,031	0,037	0,037	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,030	0,030
23,0	0,029	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,030	0,029	0,028
23,5	0,028	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,029	0,028	0,027	0,027
24,0	0,026	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026
24,5	0,025	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,026	0,025	0,025
25,0	0,024	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023
25,5	0,023	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023
26,0	0,022	0,026	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022
26,5	0,021	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021
27,0	0,020	0,024	0,024	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,021	0,020	0,020
27,5	0,019	0,023	0,023	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,021	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019
28,0	0,018	0,022	0,021	0,021	0,021	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018
28,5	0,017	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017
29,0	0,016	0,018	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015
29,5	0,014	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
30,0	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012
30,5	0,011	0,013	0,013	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
31,0	0,010	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

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
31,5	0,009	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009	0,009
32,0	0,009	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009

Tabelle 19-2: C_r-Werte, geräuschoptimierter Modus SO13 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

**19.3 Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO13
 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)**

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Geräuschoptimierter Modus SO13 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten) (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,0
5	91,4
6	92,4
7	93,1
8	94,3
9	95,8
10	96,5
11	96,9
12	97,0
13	97,0
14	97,0
15	97,0
16	97,0
17	97,0
18	97,0
19	97,0
20	97,0

Tabelle 19-3: Geräuschkurven, geräuschoptimierter Modus SO13 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

20 Leistungskurven, Ct-Werte und Geräuschkurven, lastoptimierter Modus LO1

HINWEIS Die in Abschnitt 20 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

20.1 Leistungskurven, lastoptimierter Modus LO1

Luftdichte [kg/m³]

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	337	250	258	265	273	281	289	297	305	313	321	329	345	352
5,0	478	358	369	380	391	402	413	423	434	445	456	467	488	499
5,5	648	490	505	519	533	548	562	576	591	605	619	633	662	676
6,0	853	649	668	687	705	724	742	761	779	798	816	835	872	890
6,5	1096	838	861	885	908	932	955	979	1002	1026	1049	1072	1119	1142
7,0	1380	1059	1088	1118	1147	1176	1206	1235	1264	1293	1322	1351	1410	1439
7,5	1704	1312	1347	1383	1419	1455	1491	1526	1562	1598	1633	1668	1739	1774
8,0	2070	1600	1643	1686	1730	1773	1816	1858	1901	1944	1986	2028	2112	2153
8,5	2472	1924	1975	2026	2077	2128	2178	2228	2278	2327	2376	2424	2520	2567
9,0	2874	2273	2330	2388	2446	2504	2558	2612	2667	2721	2772	2823	2923	2972
9,5	3230	2621	2681	2742	2803	2864	2919	2974	3029	3084	3132	3181	3274	3318
10,0	3512	2950	3010	3070	3131	3191	3242	3292	3342	3393	3432	3472	3543	3574
10,5	3686	3244	3298	3353	3408	3462	3500	3537	3575	3612	3637	3662	3703	3720
11,0	3769	3474	3515	3556	3597	3639	3662	3686	3710	3733	3745	3757	3775	3782
11,5	3795	3643	3669	3694	3720	3745	3755	3765	3775	3785	3788	3792	3796	3798
12,0	3800	3739	3751	3762	3774	3786	3789	3792	3795	3798	3798	3799	3800	3800
12,5	3800	3779	3784	3788	3793	3798	3798	3799	3799	3800	3800	3800	3800	3800
13,0	3800	3793	3795	3796	3798	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
13,5	3800	3796	3797	3798	3799	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
14,0	3800	3798	3799	3799	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
14,5	3800	3799	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
15,0	3800	3799	3799	3799	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
15,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
16,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
16,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
17,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
17,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
18,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
18,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
19,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
19,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
20,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
20,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
21,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
21,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
22,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
22,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
23,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
23,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
24,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
24,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
25,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
25,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
26,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
26,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
27,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800

Tabelle 20-1: Leistungskurve, lastoptimierter Modus LO1

20.2 Ct-Werte, lastoptimierter Modus LO1

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	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,855	0,854	0,854	0,855	0,855	0,855	0,855	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,855	0,855
5,0	0,851	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,851	0,850
5,5	0,847	0,852	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,846	0,846
6,0	0,841	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,844	0,844	0,843	0,842	0,842	0,840	0,840
6,5	0,835	0,843	0,842	0,842	0,841	0,840	0,840	0,839	0,838	0,837	0,837	0,836	0,834	0,833
7,0	0,828	0,838	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,832	0,832	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826
7,5	0,821	0,832	0,831	0,830	0,829	0,828	0,827	0,826	0,825	0,824	0,823	0,822	0,820	0,818
8,0	0,822	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826	0,824	0,821	0,819
8,5	0,802	0,838	0,836	0,833	0,831	0,828	0,825	0,821	0,818	0,814	0,810	0,806	0,798	0,793
9,0	0,745	0,810	0,805	0,800	0,795	0,790	0,784	0,777	0,771	0,765	0,759	0,752	0,739	0,732
9,5	0,670	0,753	0,746	0,738	0,731	0,724	0,717	0,709	0,701	0,694	0,686	0,678	0,663	0,655
10,0	0,594	0,687	0,679	0,671	0,663	0,654	0,646	0,638	0,629	0,621	0,612	0,603	0,585	0,575
10,5	0,517	0,623	0,614	0,605	0,596	0,587	0,577	0,567	0,558	0,548	0,537	0,527	0,506	0,496
11,0	0,444	0,559	0,549	0,538	0,528	0,518	0,507	0,496	0,486	0,475	0,465	0,454	0,434	0,424
11,5	0,380	0,497	0,486	0,475	0,463	0,452	0,441	0,430	0,419	0,409	0,399	0,390	0,371	0,363
12,0	0,327	0,437	0,425	0,414	0,402	0,391	0,381	0,371	0,362	0,352	0,344	0,336	0,320	0,313
12,5	0,285	0,381	0,370	0,360	0,349	0,339	0,331	0,322	0,314	0,306	0,299	0,292	0,279	0,273
13,0	0,251	0,332	0,323	0,314	0,305	0,296	0,289	0,282	0,275	0,268	0,262	0,257	0,246	0,241
13,5	0,223	0,294	0,286	0,278	0,271	0,263	0,257	0,251	0,245	0,239	0,234	0,229	0,219	0,215
14,0	0,199	0,260	0,254	0,247	0,240	0,234	0,228	0,223	0,218	0,212	0,208	0,204	0,195	0,191
14,5	0,179	0,232	0,226	0,220	0,215	0,209	0,204	0,200	0,195	0,190	0,186	0,183	0,175	0,172
15,0	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
15,5	0,145	0,187	0,183	0,178	0,174	0,169	0,165	0,162	0,158	0,155	0,151	0,148	0,143	0,140
16,0	0,132	0,170	0,166	0,162	0,158	0,153	0,150	0,147	0,144	0,140	0,138	0,135	0,130	0,127
16,5	0,121	0,154	0,151	0,147	0,144	0,140	0,137	0,134	0,131	0,128	0,126	0,123	0,119	0,116
17,0	0,111	0,141	0,138	0,135	0,131	0,128	0,125	0,123	0,120	0,117	0,115	0,113	0,109	0,107
17,5	0,102	0,129	0,126	0,123	0,120	0,117	0,115	0,113	0,110	0,108	0,106	0,104	0,100	0,098
18,0	0,094	0,119	0,116	0,114	0,111	0,108	0,106	0,104	0,102	0,099	0,097	0,096	0,092	0,090
18,5	0,087	0,110	0,107	0,105	0,102	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,085	0,084
19,0	0,080	0,101	0,099	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,087	0,085	0,083	0,082	0,079	0,077
19,5	0,074	0,094	0,092	0,090	0,087	0,085	0,084	0,082	0,080	0,079	0,077	0,076	0,073	0,072
20,0	0,069	0,087	0,085	0,083	0,081	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,071	0,068	0,067
20,5	0,065	0,081	0,079	0,078	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063
21,0	0,061	0,076	0,074	0,073	0,071	0,069	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059
21,5	0,058	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
22,0	0,054	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,053	0,052
22,5	0,051	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,050	0,049
23,0	0,048	0,059	0,058	0,057	0,056	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,050	0,049	0,047	0,046
23,5	0,045	0,056	0,055	0,054	0,052	0,051	0,050	0,049	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044
24,0	0,043	0,053	0,052	0,051	0,050	0,048	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,042	0,042
24,5	0,041	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040
25,0	0,039	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038
25,5	0,037	0,045	0,044	0,043	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,038	0,036	0,036
26,0	0,035	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034
26,5	0,034	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033
27,0	0,032	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031

Tabelle 20-2: C_t-Werte, lastoptimierter Modus LO1

20.3 Geräuschkurven, lastoptimierter Modus LO1

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Lastoptimierter Modus LO1 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,1
5	92,9
6	96,0
7	99,6
8	102,8
9	103,9
10	103,9
11	103,9
12	103,9
13	103,9
14	103,9
15	103,9
16	103,9
17	103,9
18	103,9
19	103,9
20	103,9

Tabelle 20-3: Geräuschkurven, lastoptimierter Modus LO1

21 Leistungskurven, Ct-Werte und Geräuschkurven, lastoptimierter Modus LO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

HINWEIS Die in Abschnitt 21 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabhöhen bis 104 m. Für Nabhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

21.1 Leistungskurven, lastoptimierter Modus LO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	337	250	258	265	273	281	289	297	305	313	321	329	345	352
5,0	478	358	369	380	391	402	413	423	434	445	456	467	488	499
5,5	648	490	505	519	533	548	562	576	591	605	619	633	662	676
6,0	853	649	668	687	705	724	742	761	779	798	816	835	872	890
6,5	1096	838	861	885	908	932	955	979	1002	1026	1049	1072	1119	1142
7,0	1380	1059	1088	1118	1147	1176	1206	1235	1264	1293	1322	1351	1410	1439
7,5	1704	1312	1347	1383	1419	1455	1491	1526	1562	1598	1633	1668	1739	1774
8,0	2070	1600	1643	1686	1730	1773	1816	1858	1901	1944	1986	2028	2112	2153
8,5	2472	1924	1975	2026	2077	2128	2178	2228	2278	2327	2376	2424	2520	2567
9,0	2874	2273	2330	2388	2446	2504	2558	2612	2667	2721	2772	2823	2923	2972
9,5	3230	2621	2681	2742	2803	2864	2919	2974	3029	3084	3132	3181	3274	3318
10,0	3512	2950	3010	3070	3131	3191	3242	3292	3342	3393	3432	3472	3543	3574
10,5	3686	3244	3298	3353	3408	3462	3500	3537	3575	3612	3637	3662	3703	3720
11,0	3769	3474	3515	3556	3597	3639	3662	3686	3710	3733	3745	3757	3775	3782
11,5	3795	3643	3669	3694	3720	3745	3755	3765	3775	3785	3788	3792	3796	3798
12,0	3800	3739	3751	3762	3774	3786	3789	3792	3795	3798	3798	3799	3800	3800
12,5	3800	3779	3784	3788	3793	3798	3798	3799	3799	3800	3800	3800	3800	3800
13,0	3800	3793	3795	3796	3798	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
13,5	3800	3796	3797	3798	3799	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
14,0	3800	3798	3799	3799	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
14,5	3800	3799	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
15,0	3800	3799	3799	3799	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
15,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
16,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
16,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
17,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
17,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
18,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
18,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
19,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
19,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
20,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
20,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
21,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
21,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
22,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
22,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
23,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
23,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
24,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
24,5	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800

Luftdichte [kg/m³]

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
25,0	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3800
25,5	3798	3798	3798	3798	3798	3798	3798	3798	3798	3798	3798	3798	3798	3798
26,0	3790	3790	3790	3790	3790	3790	3790	3790	3790	3790	3790	3790	3790	3790
26,5	3759	3759	3759	3759	3759	3759	3759	3759	3759	3759	3759	3759	3759	3759
27,0	3722	3722	3722	3722	3722	3722	3722	3722	3722	3722	3722	3722	3722	3722
27,5	3621	3621	3621	3621	3621	3621	3621	3621	3621	3621	3621	3621	3621	3621
28,0	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467	3467
28,5	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3274
29,0	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049
29,5	2805	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2805	2805	2805	2805
30,0	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565
30,5	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324
31,0	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090
31,5	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884
32,0	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732

Tabelle 21-1: Leistungskurve, lastoptimierter Modus LO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

21.2 Ct-Werte, lastoptimierter Modus LO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

Luftdichte kg/m³

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	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,855	0,854	0,854	0,855	0,855	0,855	0,855	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,855	0,855
5,0	0,851	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,851	0,850
5,5	0,847	0,852	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,846	0,846
6,0	0,841	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,844	0,844	0,843	0,842	0,842	0,840	0,840
6,5	0,835	0,843	0,842	0,842	0,841	0,840	0,840	0,839	0,838	0,837	0,837	0,836	0,834	0,833
7,0	0,828	0,838	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,832	0,832	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826
7,5	0,821	0,832	0,831	0,830	0,829	0,828	0,827	0,826	0,825	0,824	0,823	0,822	0,820	0,818
8,0	0,822	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826	0,824	0,821	0,819
8,5	0,802	0,838	0,836	0,833	0,831	0,828	0,825	0,821	0,818	0,814	0,810	0,806	0,798	0,793
9,0	0,745	0,810	0,805	0,800	0,795	0,790	0,784	0,777	0,771	0,765	0,759	0,752	0,739	0,732
9,5	0,670	0,753	0,746	0,738	0,731	0,724	0,717	0,709	0,701	0,694	0,686	0,678	0,663	0,655
10,0	0,594	0,687	0,679	0,671	0,663	0,654	0,646	0,638	0,629	0,621	0,612	0,603	0,585	0,575
10,5	0,517	0,623	0,614	0,605	0,596	0,587	0,577	0,567	0,558	0,548	0,537	0,527	0,506	0,496
11,0	0,444	0,559	0,549	0,538	0,528	0,518	0,507	0,496	0,486	0,475	0,465	0,454	0,434	0,424
11,5	0,380	0,497	0,486	0,475	0,463	0,452	0,441	0,430	0,419	0,409	0,399	0,390	0,371	0,363
12,0	0,327	0,437	0,425	0,414	0,402	0,391	0,381	0,371	0,362	0,352	0,344	0,336	0,320	0,313
12,5	0,285	0,381	0,370	0,360	0,349	0,339	0,331	0,322	0,314	0,306	0,299	0,292	0,279	0,273
13,0	0,251	0,332	0,323	0,314	0,305	0,296	0,289	0,282	0,275	0,268	0,262	0,257	0,246	0,241
13,5	0,223	0,294	0,286	0,278	0,271	0,263	0,257	0,251	0,245	0,239	0,234	0,229	0,219	0,215
14,0	0,199	0,260	0,254	0,247	0,240	0,234	0,228	0,223	0,218	0,212	0,208	0,204	0,195	0,191
14,5	0,179	0,232	0,226	0,220	0,215	0,209	0,204	0,200	0,195	0,190	0,186	0,183	0,175	0,172
15,0	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
15,5	0,145	0,187	0,183	0,178	0,174	0,169	0,165	0,162	0,158	0,155	0,151	0,148	0,143	0,140
16,0	0,132	0,170	0,166	0,162	0,158	0,153	0,150	0,147	0,144	0,140	0,138	0,135	0,130	0,127
16,5	0,121	0,154	0,151	0,147	0,144	0,140	0,137	0,134	0,131	0,128	0,126	0,123	0,119	0,116
17,0	0,111	0,141	0,138	0,135	0,131	0,128	0,125	0,123	0,120	0,117	0,115	0,113	0,109	0,107
17,5	0,102	0,129	0,126	0,123	0,120	0,117	0,115	0,113	0,110	0,108	0,106	0,104	0,100	0,098
18,0	0,094	0,119	0,116	0,114	0,111	0,108	0,106	0,104	0,102	0,099	0,097	0,096	0,092	0,090
18,5	0,087	0,110	0,107	0,105	0,102	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,085	0,084
19,0	0,080	0,101	0,099	0,096	0,094	0,092	0,090	0,088	0,087	0,085	0,083	0,082	0,079	0,077
19,5	0,074	0,094	0,092	0,090	0,087	0,085	0,084	0,082	0,080	0,079	0,077	0,076	0,073	0,072
20,0	0,069	0,087	0,085	0,083	0,081	0,080	0,078	0,076	0,075	0,073	0,072	0,071	0,068	0,067
20,5	0,065	0,081	0,079	0,078	0,076	0,074	0,073	0,071	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063
21,0	0,061	0,076	0,074	0,073	0,071	0,069	0,068	0,067	0,065	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059
21,5	0,058	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
22,0	0,054	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,053	0,052
22,5	0,051	0,063	0,062	0,061	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,050	0,049
23,0	0,048	0,059	0,058	0,057	0,056	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,050	0,049	0,047	0,046
23,5	0,045	0,056	0,055	0,054	0,052	0,051	0,050	0,049	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044
24,0	0,043	0,053	0,052	0,051	0,050	0,048	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,042	0,042
24,5	0,041	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040
25,0	0,039	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038
25,5	0,037	0,045	0,044	0,043	0,042	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036
26,0	0,035	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,034	0,034
26,5	0,033	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032
27,0	0,031	0,038	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032	0,031	0,030	0,030
27,5	0,029	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,028	0,028
28,0	0,026	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026
28,5	0,024	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023
29,0	0,021	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,024	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021
29,5	0,019	0,023	0,023	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019
30,0	0,017	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,016
30,5	0,015	0,018	0,017	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014
31,0	0,013	0,016	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013

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
31,5	0,011	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011
32,0	0,010	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010

Tabelle 21-2: C_t-Werte, lastoptimierter Modus LO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

21.3 Geräuschkurven, lastoptimierter Modus LO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Lastoptimierter Modus LO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten) (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,1
5	92,9
6	96,0
7	99,6
8	102,9
9	103,9
10	103,9
11	103,9
12	103,9
13	103,9
14	103,9
15	103,9
16	103,9
17	103,9
18	103,9
19	103,9
20	103,9

Tabelle 21-3: Geräuschkurven, lastoptimierter Modus LO1 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

22 Leistungskurven, Ct-Werte und Geräuschkurven, lastoptimierter Modus LO2

HINWEIS Die in Abschnitt 22 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

22.1 Leistungskurven, lastoptimierter Modus LO2

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	337	250	258	265	273	281	289	297	305	313	321	329	344	352
5,0	478	358	369	380	391	402	413	423	434	445	456	467	488	499
5,5	648	490	505	519	533	548	562	576	591	605	619	633	662	676
6,0	853	649	668	687	705	724	742	761	779	798	816	835	872	890
6,5	1096	838	861	885	908	932	955	979	1002	1026	1049	1073	1119	1142
7,0	1380	1059	1088	1118	1147	1176	1206	1235	1264	1293	1322	1351	1410	1439
7,5	1706	1312	1348	1384	1420	1456	1492	1528	1564	1600	1635	1670	1741	1776
8,0	2072	1601	1644	1687	1731	1774	1817	1859	1902	1945	1987	2029	2114	2156
8,5	2466	1912	1963	2014	2066	2117	2167	2218	2268	2319	2368	2417	2515	2563
9,0	2861	2227	2287	2347	2407	2468	2525	2583	2640	2698	2752	2806	2912	2962
9,5	3197	2528	2598	2667	2736	2806	2866	2926	2987	3047	3097	3147	3239	3280
10,0	3429	2819	2891	2962	3034	3106	3161	3215	3270	3324	3359	3394	3454	3478
10,5	3542	3073	3141	3208	3275	3342	3379	3415	3451	3488	3506	3524	3553	3563
11,0	3587	3263	3317	3370	3423	3477	3498	3519	3540	3561	3570	3578	3591	3594
11,5	3597	3428	3458	3489	3520	3551	3560	3570	3579	3589	3592	3595	3598	3599
12,0	3599	3520	3536	3552	3567	3583	3586	3590	3594	3598	3598	3599	3599	3600
12,5	3600	3566	3573	3580	3587	3594	3595	3596	3598	3599	3599	3600	3600	3600
13,0	3600	3585	3588	3592	3595	3598	3599	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600
13,5	3600	3589	3592	3594	3596	3598	3599	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600
14,0	3600	3595	3596	3597	3598	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
14,5	3600	3598	3598	3599	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
15,0	3600	3597	3598	3598	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
15,5	3600	3598	3599	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
16,0	3600	3599	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
16,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
17,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
17,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
18,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
18,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
19,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
19,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
20,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
20,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
21,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
21,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
22,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
22,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
24,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
24,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
25,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
25,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
26,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
26,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
27,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600

Tabelle 22-1: Leistungskurve, lastoptimierter Modus LO2

22.2 Ct-Werte, lastoptimierter Modus LO2

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	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,855	0,854	0,854	0,855	0,855	0,855	0,855	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,855	0,855
5,0	0,851	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,851	0,850
5,5	0,847	0,852	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,846	0,846
6,0	0,841	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,844	0,844	0,843	0,842	0,842	0,840	0,840
6,5	0,835	0,843	0,842	0,842	0,841	0,840	0,840	0,839	0,838	0,837	0,837	0,836	0,834	0,833
7,0	0,828	0,838	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,832	0,832	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826
7,5	0,831	0,842	0,841	0,840	0,839	0,838	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,832	0,830	0,828
8,0	0,831	0,845	0,844	0,842	0,841	0,840	0,839	0,838	0,837	0,835	0,834	0,833	0,830	0,828
8,5	0,805	0,828	0,827	0,826	0,825	0,823	0,821	0,819	0,817	0,815	0,812	0,809	0,802	0,798
9,0	0,746	0,788	0,785	0,783	0,780	0,778	0,774	0,770	0,766	0,762	0,757	0,752	0,740	0,735
9,5	0,668	0,730	0,727	0,723	0,719	0,715	0,709	0,703	0,697	0,691	0,683	0,676	0,659	0,650
10,0	0,581	0,670	0,665	0,659	0,653	0,648	0,639	0,630	0,622	0,613	0,603	0,592	0,570	0,559
10,5	0,494	0,608	0,600	0,592	0,583	0,575	0,564	0,552	0,541	0,529	0,518	0,506	0,483	0,471
11,0	0,419	0,540	0,530	0,520	0,509	0,499	0,487	0,475	0,464	0,452	0,441	0,430	0,409	0,399
11,5	0,357	0,476	0,464	0,452	0,440	0,428	0,417	0,407	0,396	0,385	0,375	0,366	0,348	0,340
12,0	0,308	0,413	0,402	0,391	0,379	0,368	0,359	0,349	0,340	0,331	0,323	0,315	0,301	0,294
12,5	0,268	0,358	0,348	0,338	0,329	0,319	0,311	0,303	0,295	0,288	0,281	0,275	0,263	0,257
13,0	0,236	0,313	0,304	0,296	0,288	0,279	0,273	0,266	0,259	0,253	0,247	0,242	0,231	0,227
13,5	0,211	0,277	0,270	0,262	0,255	0,248	0,242	0,236	0,231	0,225	0,220	0,215	0,206	0,202
14,0	0,188	0,246	0,239	0,233	0,227	0,220	0,215	0,210	0,205	0,200	0,196	0,192	0,184	0,180
14,5	0,169	0,219	0,214	0,208	0,203	0,197	0,193	0,189	0,184	0,180	0,176	0,172	0,165	0,162
15,0	0,151	0,196	0,191	0,186	0,182	0,177	0,173	0,169	0,165	0,161	0,158	0,155	0,149	0,146
15,5	0,137	0,177	0,173	0,168	0,164	0,160	0,156	0,153	0,149	0,146	0,143	0,140	0,135	0,132
16,0	0,125	0,161	0,157	0,153	0,149	0,145	0,142	0,139	0,136	0,133	0,130	0,127	0,123	0,120
16,5	0,114	0,146	0,143	0,139	0,136	0,132	0,130	0,127	0,124	0,121	0,119	0,116	0,112	0,110
17,0	0,105	0,134	0,131	0,127	0,124	0,121	0,119	0,116	0,114	0,111	0,109	0,107	0,103	0,101
17,5	0,096	0,122	0,120	0,117	0,114	0,111	0,109	0,106	0,104	0,102	0,100	0,098	0,094	0,093
18,0	0,089	0,113	0,110	0,107	0,105	0,102	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,087	0,085
18,5	0,082	0,104	0,102	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,081	0,079
19,0	0,076	0,096	0,094	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,082	0,080	0,079	0,077	0,074	0,073
19,5	0,070	0,089	0,087	0,085	0,083	0,081	0,079	0,078	0,076	0,074	0,073	0,072	0,069	0,068
20,0	0,066	0,083	0,081	0,079	0,077	0,075	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,067	0,065	0,063
20,5	0,061	0,077	0,075	0,074	0,072	0,070	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,063	0,060	0,059
21,0	0,057	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
21,5	0,054	0,068	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053
22,0	0,051	0,064	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,050	0,050
22,5	0,048	0,060	0,059	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,047	0,047
23,0	0,045	0,056	0,055	0,054	0,053	0,051	0,050	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044
23,5	0,043	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,042	0,042
24,0	0,041	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039
24,5	0,038	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037
25,0	0,037	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,035
25,5	0,035	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,036	0,034	0,034
26,0	0,033	0,041	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032
26,5	0,032	0,039	0,038	0,037	0,036	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031
27,0	0,030	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030

Tabelle 22-2: C_t-Werte, lastoptimierter Modus LO2

22.3 Geräuschkurven, lastoptimierter Modus LO2

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Lastoptimierter Modus LO2 (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,1
5	92,9
6	96,0
7	99,6
8	102,2
9	102,5
10	102,5
11	102,5
12	102,5
13	102,5
14	102,5
15	102,5
16	102,5
17	102,5
18	102,5
19	102,5
20	102,5

Tabelle 22-3: Geräuschkurven, lastoptimierter Modus LO2

23 Leistungskurven, Ct-Werte und Geräuschkurven, lastoptimierter Modus LO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

HINWEIS Die in Abschnitt 23 dargestellten Leistungskurven und Ct-Werte gelten nicht für Nabenhöhen bis 104 m. Für Nabenhöhen bis 104 m muss eine projektspezifische Bewertung bei Vestas angefordert werden.

23.1 Leistungskurven, lastoptimierter Modus LO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

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	57	32	35	37	39	41	43	46	48	50	52	55	59	61
3,5	132	91	95	99	102	106	110	114	117	121	125	128	136	140
4,0	224	162	168	173	179	185	190	196	201	207	213	218	229	235
4,5	337	250	258	265	273	281	289	297	305	313	321	329	344	352
5,0	478	358	369	380	391	402	413	423	434	445	456	467	488	499
5,5	648	490	505	519	533	548	562	576	591	605	619	633	662	676
6,0	853	649	668	687	705	724	742	761	779	798	816	835	872	890
6,5	1096	838	861	885	908	932	955	979	1002	1026	1049	1073	1119	1142
7,0	1380	1059	1088	1118	1147	1176	1206	1235	1264	1293	1322	1351	1410	1439
7,5	1706	1312	1348	1384	1420	1456	1492	1528	1564	1600	1635	1670	1741	1776
8,0	2072	1601	1644	1687	1731	1774	1817	1860	1902	1945	1987	2029	2114	2156
8,5	2466	1912	1963	2014	2066	2117	2167	2218	2268	2319	2368	2417	2515	2563
9,0	2861	2227	2287	2347	2407	2468	2525	2583	2640	2698	2752	2806	2912	2962
9,5	3197	2528	2598	2667	2736	2806	2866	2926	2987	3047	3097	3147	3239	3280
10,0	3429	2819	2891	2962	3034	3106	3161	3215	3270	3324	3359	3394	3454	3478
10,5	3542	3073	3141	3208	3275	3342	3379	3415	3451	3488	3506	3524	3553	3563
11,0	3587	3263	3317	3370	3423	3477	3498	3519	3540	3561	3570	3578	3591	3594
11,5	3597	3428	3458	3489	3520	3551	3560	3570	3579	3589	3592	3595	3598	3599
12,0	3599	3520	3536	3552	3567	3583	3586	3590	3594	3598	3598	3599	3599	3600
12,5	3600	3566	3573	3580	3587	3594	3595	3596	3598	3599	3599	3600	3600	3600
13,0	3600	3585	3588	3592	3595	3598	3599	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600
13,5	3600	3589	3592	3594	3596	3598	3599	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600
14,0	3600	3595	3596	3597	3598	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
14,5	3600	3598	3598	3599	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
15,0	3600	3597	3598	3598	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
15,5	3600	3598	3599	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
16,0	3600	3599	3599	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
16,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
17,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
17,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
18,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
18,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
19,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
19,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
20,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
20,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
21,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
21,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
22,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
22,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
24,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
24,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
25,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600

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
25,5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
26,0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
26,5	3595	3595	3595	3595	3595	3595	3595	3595	3595	3595	3595	3595	3595	3595
27,0	3589	3589	3589	3589	3589	3589	3589	3589	3589	3589	3589	3589	3589	3589
27,5	3543	3543	3543	3543	3543	3543	3543	3543	3543	3543	3543	3543	3543	3543
28,0	3440	3439	3439	3439	3439	3440	3440	3440	3440	3440	3440	3440	3440	3440
28,5	3270	3270	3270	3270	3270	3270	3270	3270	3270	3270	3270	3270	3270	3270
29,0	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049	3049
29,5	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2805	2805	2805	2806	2806	2806
30,0	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565	2565
30,5	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324	2324
31,0	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090
31,5	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884	1884
32,0	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732	1732

Tabelle 23-1: Leistungskurve, lastoptimierter Modus LO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

23.2 Ct-Werte, lastoptimierter Modus LO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

Luftdichte kg/m³

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	0,878	0,883	0,882	0,882	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,880	0,879	0,879	0,878	0,878
3,5	0,852	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,851	0,851
4,0	0,852	0,859	0,857	0,856	0,855	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,853
4,5	0,855	0,854	0,854	0,855	0,855	0,855	0,855	0,856	0,856	0,856	0,856	0,856	0,855	0,855
5,0	0,851	0,855	0,855	0,855	0,855	0,854	0,854	0,853	0,853	0,853	0,852	0,852	0,851	0,850
5,5	0,847	0,852	0,852	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,849	0,848	0,848	0,847	0,846	0,846
6,0	0,841	0,847	0,847	0,846	0,846	0,845	0,845	0,844	0,844	0,843	0,842	0,842	0,840	0,840
6,5	0,835	0,843	0,842	0,842	0,841	0,840	0,840	0,839	0,838	0,837	0,837	0,836	0,834	0,833
7,0	0,828	0,838	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,832	0,832	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826
7,5	0,831	0,842	0,841	0,840	0,839	0,838	0,837	0,836	0,835	0,834	0,833	0,832	0,830	0,828
8,0	0,831	0,845	0,844	0,842	0,841	0,840	0,839	0,838	0,837	0,835	0,834	0,833	0,830	0,828
8,5	0,805	0,828	0,827	0,826	0,825	0,823	0,821	0,819	0,817	0,815	0,812	0,809	0,802	0,798
9,0	0,746	0,788	0,785	0,783	0,780	0,778	0,774	0,770	0,766	0,762	0,757	0,752	0,740	0,735
9,5	0,668	0,730	0,727	0,723	0,719	0,715	0,709	0,703	0,697	0,691	0,683	0,676	0,659	0,650
10,0	0,581	0,670	0,665	0,659	0,653	0,648	0,639	0,630	0,622	0,613	0,603	0,592	0,570	0,559
10,5	0,494	0,608	0,600	0,592	0,583	0,575	0,564	0,552	0,541	0,529	0,518	0,506	0,483	0,471
11,0	0,419	0,540	0,530	0,520	0,509	0,499	0,487	0,475	0,464	0,452	0,441	0,430	0,409	0,399
11,5	0,357	0,476	0,464	0,452	0,440	0,428	0,417	0,407	0,396	0,385	0,375	0,366	0,348	0,340
12,0	0,308	0,413	0,402	0,391	0,379	0,368	0,359	0,349	0,340	0,331	0,323	0,315	0,301	0,294
12,5	0,268	0,358	0,348	0,338	0,329	0,319	0,311	0,303	0,295	0,288	0,281	0,275	0,263	0,257
13,0	0,236	0,313	0,304	0,296	0,288	0,279	0,273	0,266	0,259	0,253	0,247	0,242	0,231	0,227
13,5	0,211	0,277	0,270	0,262	0,255	0,248	0,242	0,236	0,231	0,225	0,220	0,215	0,206	0,202
14,0	0,188	0,246	0,239	0,233	0,227	0,220	0,215	0,210	0,205	0,200	0,196	0,192	0,184	0,180
14,5	0,169	0,219	0,214	0,208	0,203	0,197	0,193	0,189	0,184	0,180	0,176	0,172	0,165	0,162
15,0	0,151	0,196	0,191	0,186	0,182	0,177	0,173	0,169	0,165	0,161	0,158	0,155	0,149	0,146
15,5	0,137	0,177	0,173	0,168	0,164	0,160	0,156	0,153	0,149	0,146	0,143	0,140	0,135	0,132
16,0	0,125	0,161	0,157	0,153	0,149	0,145	0,142	0,139	0,136	0,133	0,130	0,127	0,123	0,120
16,5	0,114	0,146	0,143	0,139	0,136	0,132	0,130	0,127	0,124	0,121	0,119	0,116	0,112	0,110
17,0	0,105	0,134	0,131	0,127	0,124	0,121	0,119	0,116	0,114	0,111	0,109	0,107	0,103	0,101
17,5	0,096	0,122	0,120	0,117	0,114	0,111	0,109	0,106	0,104	0,102	0,100	0,098	0,094	0,093
18,0	0,089	0,113	0,110	0,107	0,105	0,102	0,100	0,098	0,096	0,094	0,092	0,090	0,087	0,085
18,5	0,082	0,104	0,102	0,099	0,097	0,095	0,093	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,081	0,079
19,0	0,076	0,096	0,094	0,091	0,089	0,087	0,085	0,084	0,082	0,080	0,079	0,077	0,074	0,073
19,5	0,070	0,089	0,087	0,085	0,083	0,081	0,079	0,078	0,076	0,074	0,073	0,072	0,069	0,068
20,0	0,066	0,083	0,081	0,079	0,077	0,075	0,074	0,072	0,071	0,069	0,068	0,067	0,065	0,063
20,5	0,061	0,077	0,075	0,074	0,072	0,070	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,063	0,060	0,059
21,0	0,057	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,063	0,062	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056
21,5	0,054	0,068	0,066	0,065	0,064	0,062	0,061	0,060	0,059	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053
22,0	0,051	0,064	0,062	0,061	0,060	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,050	0,050
22,5	0,048	0,060	0,059	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,047	0,047
23,0	0,045	0,056	0,055	0,054	0,053	0,051	0,050	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044
23,5	0,043	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,044	0,042	0,042
24,0	0,041	0,050	0,049	0,048	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039
24,5	0,038	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,043	0,042	0,041	0,040	0,040	0,039	0,038	0,037
25,0	0,037	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,036	0,035
25,5	0,035	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,036	0,034	0,034
26,0	0,033	0,041	0,040	0,039	0,038	0,037	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032
26,5	0,032	0,038	0,038	0,037	0,036	0,035	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031
27,0	0,030	0,037	0,036	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029
27,5	0,028	0,034	0,034	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,028	0,027
28,0	0,026	0,032	0,031	0,031	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,027	0,026	0,025
28,5	0,024	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023
29,0	0,021	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,024	0,023	0,023	0,022	0,022	0,022	0,021	0,021
29,5	0,019	0,023	0,023	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019
30,0	0,017	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,016
30,5	0,015	0,018	0,017	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014
31,0	0,013	0,016	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013

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
31,5	0,011	0,014	0,013	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011
32,0	0,010	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010

Tabelle 23-2: C_t-Werte, lastoptimierter Modus LO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

23.3 Geräuschkurven, lastoptimierter Modus LO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)

Schalleistungspegel auf Nabenhöhe	
Bedingungen für Schalleistungspegel:	Messnorm IEC 61400-11 Ausg. 3 Maximale Turbulenz auf Nabenhöhe: 30 % Anströmwinkel (senkrecht): 0±2° Luftdichte: 1,225 kg/m ³
Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel auf Nabenhöhe [dB(A)] Lastoptimierter Modus LO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten) (Blätter mit Sägezahn-Hinterkante)
3	90,9
4	91,1
5	92,9
6	96,0
7	99,6
8	102,2
9	102,5
10	102,5
11	102,5
12	102,5
13	102,5
14	102,5
15	102,5
16	102,5
17	102,5
18	102,5
19	102,5
20	102,5

Tabelle 23-3: Geräuschkurven, lastoptimierter Modus LO2 (Betrieb bei hohen Windgeschwindigkeiten)



Aktennotiz

Datum: 30.08.2021
Für: Saskia Bourgeois, BFE (gu@bfe.admin.ch)
Kopie an: LESA trb, SIFS frh, dil, SISS kic, SIAP bum

Aktenzeichen: BAZL / 365.300-00001/00018/00025/00002

TBV / Windenergieanlagen Oldis II, Calandawind Erweiterung GR / ID-166, Stellungnahme BAZL-SIAP

1. Vorbemerkung

Diese Stellungnahme bezieht sich auf die Kompatibilität der geplanten Windenergieanlagen mit den Hindernisbegrenzungsflächen-Katastern (HBK) sowie bestehenden An- und Abflugrouten (inklusive Anflugsektoren) im Bereich von Flugplätzen und enthält keine Prognosen bezüglich dem im Rahmen des Bewilligungsverfahrens für Luftfahrthindernisse gemäss Art. 63 ff. VIL zu treffenden Entscheides des BAZL.

Zu möglichen Betriebsstörungen der flugsicherungstechnischen Anlagen (CNS-Anlagen) und IFR-Flugverfahren sowie meteorologischen Instrumenten verweisen wir auf die jeweiligen Stellungnahmen der Skyguide resp. der MeteoSchweiz.

2. Projektübersicht

Anlagen-Nr.	Koordinate N (LV95) - Nordwert	Koordinate E (LV95) - Ostwert	Terrainhöhe (m.ü.M)	Max. Gesamt-höhe (m)
1	2'759'658	1'195'145	547.93	200

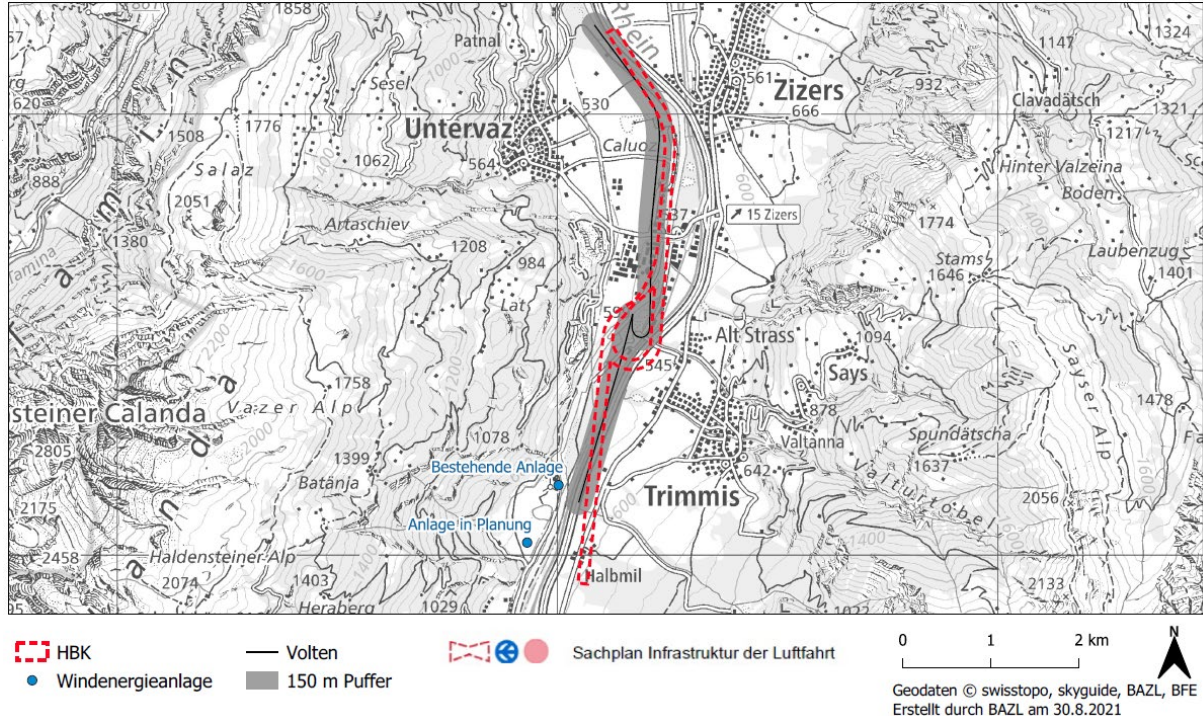


Abbildung 1: Anlagenstandorte gemäss Formular B vom 13.08.2021

3. Stellungnahme bezüglich den geplanten Windenergiegebieten im Bereich von Flugplätzen

Bezüglich der potentiellen Windenergieanlagen im vorgesehenen Gebiet erkennen wir keine Konflikte mit dem Hindernisbegrenzungsflächen-Kataster (HBK) sowie den An- und Abflugrouten (inklusive Anflugsektoren) des Heliports Untervaz.

4. Fazit

Bezüglich den potentiellen Windenergieanlagen in den vorgesehenen Gebieten können wir eine positive Stellungnahme abgeben.

Diese Stellungnahme ist ab Ausstellungsdatum vier Jahre gültig, sofern die technischen Parameter des Projektes (Formular B) nicht geändert werden.

Michael Müntener

Senior Aerodrome Safety Inspector



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Kommunikation BAKOM

2501 Biel/Bienne, BAKOM, mig

Guichet Unique Windenergie
Bundesamt für Energie BFE
3003 Bern

Referenz/Aktenzeichen: TBV / Oldis II Erweiterung Haldenstein / ID-Nr 166
Ihr Zeichen: -
Sachbearbeiter/in: Gordana Mijic
Biel/Bienne, 21. Septembre 2021

Beurteilung Richtfunk zu Windpark TBV / Oldis II Erweiterung Haldenstein / ID-Nr 66

Sehr geehrte Damen und Herren,

Wir haben Ihre Anfrage vom 23.08.2021 zum Projekt Oldis II Erweiterung Haldenstein (GR) (geplant/ V136), geprüft und können Ihnen im Sinne einer Momentaufnahme der aktuellen Situation der zivilen Richtfunknetze und ohne Rechtsanspruch folgende Beurteilung zusenden.

Anhand der derzeit in Betrieb befindlichen zivilen Richtfunkstrecken sind Beeinflussungen kaum wahrscheinlich.

Wir hoffen Ihnen mit diesen Angaben gedient zu haben.

Mit freundlichen Grüssen

Bundesamt für Kommunikation BAKOM

Gordana Mijic
Frequenzspezialist

Bundesamt für Kommunikation BAKOM
Konzessionen und Frequenzmanagement
Frequenzzuteilung
Zukunftstrasse 44, 2501 Biel/Bienne
freqfix@bakom.admin.ch
www.bakom.admin.ch

to Bundesamt für Zivilluftfahrt
Herr Christian Freiesleben
Project Manager Air Navigation Services
CH-8058 Zurich-Airport

from Catherine Hunziker
CNS expert

Catherine.hunziker@skyguide.ch
T +41 43 931 66 25

Stellungnahme zu möglichen Betriebsstörungen der flugsicherungstechnischen Anlagen und Flugverfahren

Standort / analysiertes Projekt: « Oldis / Haldenstein » (GR) date 2021-10-20

Sehr geehrter Herr Freiesleben, lieber Christian

Wir haben die Eingabe des Guichet Unique Windenergie bezüglich möglicher Konsequenzen auf die zivilen, durch Skyguide betriebenen flugsicherungstechnischen Anlagen (Flugsicherungsradar, Navigations- und Flugfunkanlagen sowie Peilstationen) bezüglich des Baus von Windenergieanlagen (WEA) in der Region von Oldis / Haldenstein (GR) geprüft.

Die erste WEA ist bereits länger in Betrieb und wurde durch Skyguide im Jahr 2011¹ auf Vereinbarkeit mit der Flugsicherung geprüft. Daher konzentriert sich das vorliegende Schreiben auf den neuen Standort der Erweiterung (unten gelb eingefärbt). Unsere Analyse stützt sich auf nachfolgende Daten (siehe Tabelle 1²):

Nr.	Koordinate E(LV03) - Ostwert	Koordinate N (LV03) - Nordwert	Terrainhöhe (in Metern über Meer)	Höhe der WEA (m)	Maximalhöhe (in Metern über Meer)
	2'760'010	1'195'797	545.5	175	721
1	2'759'658	1'195'145	547.93	200	748

Tabelle 1 Koordinaten des Windparks Oldis / Haldenstein

1 Details

Das Windenergieprojekt Oldis / Haldenstein (GR) besteht aus 2 WEA mit den in Abbildung 1 dargestellten Standorten. Die zu prüfende WEA trägt die Nr. 1, weiter nördlich ist mit blauem Symbol die bereits gebaute WEA zu finden.

¹ 110705_SG-OS-P-0065_Gasser-Michel_Haldenstein_v1.0

² Referenz: 2021.08.13_Formular_B_Oldis_IL_GR_ID_166



Abbildung 1 Standort WEA Oldis / Haldenstein GR ID-166

© swisstopo

2 Instrumentenflugverfahren (IFP³)

Der Windpark Oldis / Haldenstein beeinträchtigt keine ATS⁴ Routen, LFN⁵ Routen oder IFP.

Der Windparkentwickler soll sich bei Skyguide ein Jahr vor Baustart der WEA melden, *damit die Publikation des Verfahrens «LSMC⁶ SID⁷ MC702 xH» angepasst werden kann.* Dies wurde bereits für die bestehende WEA «WT 248-GR-30103» so gemacht. Der Aufwand wird dem Windenergieentwickler in Rechnung gestellt.

3 CNS⁸-Systeme

Der Windpark befindet sich innerhalb der Schutzzone des Primärradars Holberg (HL2P). Es besteht keine Sichtbarkeit. Ein Einfluss der WEA Oldis / Haldenstein auf die CNS-Anlagen von Skyguide ist vernachlässigbar.

4 Schlussfolgerung

Für das vorliegende Projekt spricht Skyguide aus obengenannten Gründen eine positive Stellungnahme aus.

³ Instrument Flight Procedures

⁴ Air Traffic Service

⁵ Low Flight Network (Helikopter-Tiefflurouten)

⁶ Helikopterlandeplatz Kantonsspital Graubünden in Chur

⁷ Standard Instrument Departure

⁸ Communication, Navigation and Surveillance

Diese Stellungnahme gilt unter der Voraussetzung, dass die technischen Koordinaten des zu realisierenden Projektes (siehe Tabelle 1) unverändert bleiben. Eine horizontale Verschiebung des Fusspunkts um mehr als 50 Meter sowie eine vertikale Erhöhung um mehr als 20 Meter muss neu analysiert werden, damit die weitere Gültigkeit der Stellungnahme gewährleistet werden kann.

5 Hinweis

Die Gültigkeitsdauer dieser Stellungnahme beträgt fünf Jahre ab Ausstellungsdatum.

Wenn das Projekt aufgrund einer Einsprache die im Rahmen der Nutzungsplanung und/oder der Baubewilligung blockiert wird und die Projektleitung bei Skyguide einen Antrag stellt, wird die Frist für die Dauer des Verfahrens ausgesetzt.

Um diese Unterbrechung der Frist zu gewährleisten muss die Projektleitung Skyguide informieren, sobald sie Kenntnis davon erhält, dass ein solches Verfahren eingeleitet oder beendet wurde (rechtskräftiger Entscheid eines zuständigen Gerichts oder die Genehmigung der Nutzungsplanung / Erteilung der Baugenehmigung).

Die Belege für das betreffende Verfahren sind unverzüglich mit dem Antrag auf Unterbrechung der Frist einzureichen.

Darüber hinaus kann Skyguide auf Antrag der Projektleitung nach einer Neubeurteilung die Stellungnahme um weitere fünf Jahre verlängern. In solchen Fällen sind die Kosten der Neubeurteilung von der Projektleitung zu tragen.

Während der Gültigkeitsdauer dieser Stellungnahme verpflichtet sich Skyguide, den Windpark bei periodischen Überprüfungen bzw. der Weiterentwicklung von Instrumentenflugverfahren und CNS-Systemen zu berücksichtigen.

Skyguide informiert die Projektleitung während der Gültigkeit über neue Auswirkungen, die sich aus der Einführung neuer Kriterien oder Technologien ergeben können.

Freundliche Grüsse

Dr. Maurizio Scaramuzza

Scaramuzza
Maurizio

Digitally signed by
Scaramuzza Maurizio
Date: 2021.10.20
11:41:46 +02'00'

Catherine Hunziker

Hunziker
Catherine

Digitally signed by
Hunziker Catherine
Date: 2021.10.20
11:56:02 +02'00'

Annex

- Annex to Wind Turbine Assessment_200304

Kopie an:

- Guichet Unique Windenergie
- BAZL Service Obstacles
- Military Aviation Authority (MAA), Reto Pauli
- Flughafen Altenrhein groundservices@peoples.ch



Email

Bundesamt für Energie
Erneuerbare Energien / Guichet Unique
Saskia Bourgeois

Locarno-Monti, 26. August 2021

**Betriebsstörung der meteorologischen Instrumente durch Windkraftanlagen
Standort / analysiertes Projekt: „ Windpark Oldis II, Calandawind Erweiterung (GR)“
ID Nr. 166**

Sehr geehrte Frau Bourgeois

Wir haben Ihre Anfrage vom 23. August 2021 bezüglich möglicher Konsequenzen auf die meteorologischen Instrumente (Niederschlagsradare, Windradare und Bodenmessstationen) des Bundesamtes für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz beim Bau von Windkraftanlagen respektive Windturbinen geprüft. Unsere Analyse stützt sich auf die Informationen aus dem Formular B vom 13. August 2021.

Unsere Analysen haben ergeben, dass unabhängig der Materialverwendung mögliche Störungen des Betriebes unserer meteorologischen Instrumente durch die projektierten Windkraftanlagen/ Windturbinen **gleich Null oder sehr gering sind**. Demzufolge haben wir, als Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, zu dem oben erwähnten Projekt **keine Vorbehalte**.

Dies gilt allerdings nur unter der Voraussetzung, dass die technischen Kenndaten des zu realisierenden Projektes identisch sind mit den von uns analysierten Daten. Geometrische Anpassungen im Projektverlauf bedürfen einer erneuten Beurteilung durch die MeteoSchweiz. Daher sind solche Projektänderungen dem Guichet Unique unverzüglich zu melden. Diese Stellungnahme ist maximal fünf Jahre ab Ausstellungsdatum gültig.

Für weitere Informationen stehen wir Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung.

Freundliche Grüsse
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz

Germann Urs
GR7KNX

Digitally signed by Germann
Urs GR7KNX
Date: 2021.08.26 13:34:41
+02'00'

Urs Germann
Leiter der Abteilung Radar, Satelliten, Nowcasting



3003 Bern, GS VBS

Per E-Mail
Bundesamt für Energie BFE
Guichet Unique
3003 Bern

Referenz/Aktenzeichen: 243.26-1/431
Unser Zeichen: Zim
Bern, 26. November 2021

ID-166 Windparkprojekt Oldis II, Erweiterung Haldenstein (GR) – Stellungnahme des VBS

Sehr geehrte Damen und Herren

Sie haben uns das oben erwähnte Windparkprojekt zur Prüfung unterbreitet (Formular B vom 13. August 2021). Für die Möglichkeit zur Stellungnahme danken wir Ihnen bestens. Die Calandawind AG plant eine zusätzliche Windenergieanlage mit einer maximalen Gesamthöhe von 200 m.

Projektgegenstand:

Anlage-Nr.	Koord. E	Koord. N	Max. Gesamthöhe (m)	Max. Nabenhöhe (m)	Rotordurchmesser (m)	Vorgesehener Anlagentyp
WEA1	2'759'658	1'195'145	200	132	136	V136
Bestehend	2'760'010	1'195'797	175	119	112	V112

Prüfungsergebnis: Das VBS kann der geplanten Windenergieanlage des Windparkprojektes Oldis II unter den in Kapitel III. und IV. genannten Auflagen und Hinweisen zustimmen.

Die **Gültigkeitsdauer** dieser Stellungnahme beträgt fünf Jahre ab Zustellungsdatum. Sollte innerhalb dieser Frist der Nutzungsplan für den geplanten Windpark aufgelegt werden, steht diese Frist still. Sofern keine Auflage erfolgt, kann das VBS die Gültigkeitsdauer um zwei Jahre verlängern, sofern der Projektträger nachweist, dass er alle notwendigen Schritte unternommen hat, um sein Projekt abzuschliessen. Nach fünf Jahren wird das VBS den Projektträger über allfällige neue militärische Projekte, die potenziell einen Konflikt mit dem Windparkprojekt verursachen können, informieren. Diesfalls wird eine Lösung zwischen dem Projektträger und dem VBS gesucht.

I. Vorbemerkung

Das VBS unterstützt die Energiestrategie 2050 des Bundes und ergreift entsprechende Massnahmen zu deren Umsetzung. Bei Konflikten ist das VBS grundsätzlich bereit, Lösungen zu suchen. Jedoch können keine Kompromisse in Bezug auf die Sicherheit eingegangen werden.

II. Beurteilung

- a) Grundsätzlich stellen Windenergieanlagen Hindernisse für die Luftfahrt dar und können zu Beeinträchtigungen der elektronischen Systeme (Radar, Richtfunk, Flugfunk, usw.) führen. Aus diesem Grund haben wir das vorliegende Projekt sowohl der Luftwaffe, der Führungsunterstützungsbasis (FUB), armasuisse Immobilien, dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) als auch dem Armeestab zur Prüfung unterbreitet.
- b) Die Prüfung hat ergeben, dass sich die geplante Anlage in einem Flugkorridor befindet, der auch bei Nacht und schwierigen Wetterbedingungen befliegen wird. Damit die Flugsicherheit gewährleistet bleibt, müssen die einzelnen Windenergieanlagen in geeigneter Weise markiert sowie in den Luftfahrthinderniskarten eingetragen werden. Windenergieanlagen müssen nachts und auch tagsüber bei schlechtem Wetter von blossem Auge oder unter Verwendung von Nachtsichthilfen erkennbar sein. Es ist deshalb unabdingbar, dass sämtliche Windenergieanlagen mit einer Blattspitzbeleuchtung im Infrarotbereich (IR LED im NVG-Spektrum, 800-850nm) – oder einer technisch vergleichbaren Beleuchtung – ausgestattet werden (Siehe III. Auflage 1).
- c) Als vorsorgliche Massnahme sind sämtliche Windenergieanlagen mit Materialien auszurüsten, welche kleinstmögliche Radarreflexionen verursachen. Sollten sich trotzdem nach Inbetriebnahme einer Windenergieanlage negative Auswirkungen auf die Radarsysteme bemerkbar machen, sind der Luftwaffe bei Bedarf Telemetriedaten zu liefern. (Siehe III. Auflagen 2 und 3).
- d) Weiter muss es im Fall einer besonderen oder ausserordentlichen Lage möglich sein, den Betrieb einzelner Windenergieanlagen auf Verlangen des VBS zeitweise einzustellen. Ausserordentliche Lagen mit einer Dauer von wenigen Tagen sind beispielsweise subsidiäre Einsätze (z.B. WEF, EURO, APOLLINAIRE) oder Volltruppenübungen (z.B. STABANTE). Solche Ereignisse können vom VBS vorangekündigt werden. Anders verhält es sich bei subsidiären Einsätzen wie Naturkatastrophen oder bei nicht planbaren Ereignissen wie beispielsweise dem Eindringen von nicht kooperierenden Flugzeugen (Transponder ausgeschaltet) in den Schweizer Luftraum, dem Totalausfall der Avionik, der Unterstützung von Blaulichtorganisationen oder der Abwehr von militärischen Angriffen. Bei solchen Ereignissen muss die Ausserbetriebnahme von Windenergieanlagen auf Verlangen des VBS auch kurzfristig (< 5 Minuten ab Feststellen des Ereignisses bis zum Stillstand der Windenergieanlagen) erfolgen können.
Bei nicht planbaren subsidiären Einsätzen nach Naturkatastrophen oder zur Unterstützung von zivilen Behörden (vgl. Art.1 MG), muss die Windenergieanlage innerhalb von 18 Stunden ausser Betrieb genommen werden können. Entsprechende Prozesse sind vorgängig zwischen den zuständigen Stellen der FUB und des Betreibers zu vereinbaren (Siehe III. Auflagen 4 und 5).

III. Auflagen

Das VBS kann der eingereichten Windenergieanlage unter den nachfolgenden Auflagen zustimmen:

1. Sämtliche Windenergieanlagen des Parkprojekts müssen nachts erkennbar sein. Diese sind mit einer Blattspitzbeleuchtung im Infrarot-Bereich (IR LED im NVG-Spektrum 800-850nm) oder einer anderen gleichwertigen technischen Lösung auszustatten. Falls eine andere gleichwertige technische Lösung gewählt wird, ist diese zuerst mit der Luftwaffe abzusprechen.

Kontaktperson Luftwaffe: Herr Reto Pauli, reto.pauli@vtg.admin.ch.

2. Die Windenergieanlagen sind mit Rotorblättern mit minimalstem Radarquerschnitt gemäss dem neuesten Stand der Technik zum Zeitpunkt der Bestellung der Anlagen auszustatten.

Hinweis: Das Rotorblatt sollte eine maximale Abschirmung der Blitzschutzkabelstränge, kombiniert mit radarabsorbierendem Dämpfungsmaterial in den Hohlräumen, aufweisen. Wir empfehlen Ihnen, die technischen Aspekte mit der Luftwaffe vorgängig zu besprechen.

Kontaktperson Luftwaffe: Herr Reto Pauli, reto.pauli@vtg.admin.ch.

3. Sollten sich nach Inbetriebnahme einer Windenergieanlage negative Auswirkungen auf VBS-Systeme bemerkbar machen, sind dem VBS auf Verlangen die erforderlichen Online-Telemetriedaten auszuhändigen.

4. Die Windenergieanlagen sind mit einem System und Festlegung einer Prozedur zur Abschaltung bei besonderen und ausserordentlichen Ereignissen / einer Notsituation im Luftraum auszustatten.

Hinweis: Die Abschaltprozedur ist mit der Luftwaffe abzusprechen und zu vereinbaren. Systeme zur Abschaltung einer Windenergieanlage durch das VBS sind mit Stand heute noch nicht implementiert. Zukünftige Systeme sollten jedoch nach Möglichkeit auf bereits bestehenden Steuerungslösungen zurückgreifen können.

Kontaktperson Luftwaffe: Herr Reto Pauli, reto.pauli@vtg.admin.ch.

5. Bei nicht planbaren subsidiären Einsätzen nach Naturkatastrophen oder zur Unterstützung von zivilen Behörden (vgl. Art.1 MG) müssen die Windenergieanlagen innerhalb von 18 Stunden ausser Betrieb genommen werden können. Entsprechende Prozesse hat der Windparkbetreiber vorgängig mit den zuständigen Stellen der FUB zu vereinbaren.

Kontaktadressen FUB: frequenzteilung.fub@vtg.admin.ch oder gfs.fub@vtg.admin.ch.

6. Geometrische Anpassungen im Projektverlauf (Veränderung der geografischen Lage und der Objektdimensionen) bedürfen einer erneuten Beurteilung und Stellungnahme durch das VBS. Daher sind solche Projektänderungen unverzüglich bekanntzugeben und via Guichet Unique Windenergie nachzureichen.

7. Die Kenntnisnahme und Einhaltung der Auflagen unter den Punkten 1. – 6. ist bis zur Einreichung des Nutzungsplans schriftlich zu bestätigen.

IV. Hinweise

1. Zur Vermeidung von elektromagnetischen Störungen (EMV) sollten Mitigationsmassnahmen umgesetzt werden (z.B. Vermeidung resp. kontinuierliche Abführung elektrosta-

tischer Ladungen, wirksame Abschirmung und Filterung, Leistungselektronik wie Umrichter beim Mastfuss anstatt in der Gondel, Vorzügliche Erdung, Unterirdische Er-schliessung ans Stromnetz, usw.).

2. Im Hinblick auf die beim BAZL einzuholende Luftfahrthindernisbewilligung machen wir die folgenden Hinweise:

- Baureife Projekte von hochragenden und linienförmigen Anlagen, welche ein Luft-fahrthindernis darstellen, sind dem BAZL frühzeitig mit einem Gesuch um Bewilli-gung einzureichen.

(Art. 63 und 64 der Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt, VIL; SR 748.131.1)

- Das BAZL entscheidet im Einvernehmen mit dem VBS mit einer Verfügung, ob eine Anlage errichtet werden darf und welche Sicherheitsmassnahmen (u.a. Kennzeich-nungen) zu treffen sind. Die Kennzeichnung der Anlagen erfolgt nach den Richtlinien des BAZL, welche sich auf die internationale Norm der ICAO (International Civil Aviation Organization) stützen.

(Art. 66 VIL)

- Für Anlagen mit einer Gesamthöhe von mehr als 60 m Bodenhöhe wird das BAZL in der Regel nur Luftfahrthindernisanlagen bewilligen, bei welchen u.a. ein positives Gutachten des VBS vorliegt. Das Gutachten muss sich auf das gültige und gegeben-falls aktualisierte Ausführungsprojekt beziehen.

(Art. 64 Abs. 2 VIL)

Wir danken Ihnen für die Berücksichtigung unserer Auflagen und Hinweise und stehen Ihnen für Fragen gerne zur Verfügung.

Freundliche Grüsse

Raum und Umwelt VBS

Digital signiert von Zingg Mathieu R3ZLVM
2021-11-26 (mit Zeitstempel)

Mathieu Zingg

Kopie an (E-Mail):

- armasuisse Immobilien, Interessenwahrung, 3003 Bern
- LW Stab, Herr Bernhard Walthert, 3003 Bern
- GFS FUB, 3003 Bern
- Armeestab, Herren Christoph Schmon und Kurt Gimmel, 3003 Bern
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS, 3003 Bern
- armasuisse W+T, Feuerwerkerstrasse 39, 3602 Thun
- Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL, Abteilung Sicherheit und Infrastruktur, Sektion Flugplät-ze und Luftfahrthindernisse, 3000 Bern
- skyguide, CNS expert group, 8602 Wangen bei Dübendorf



Windenergieprojekt Haldenstein

Schallgutachten

Impressum

Auftraggeber
Kontaktperson
Adresse

Calandawind AG
Jürg Michel
Feldstrasse 17
7023 Haldenstein

Datum
Aktuelle Version
Ältere Versionen
Projektnummer
Datei

03.09.2021
Schlussbericht
-
21_0170
Schallgutachten_Haldenstein.docx

Erstellt durch
Kontrolliert durch
Genehmigt durch

Dominik Eggli
06.09.2021 | Paul Froidevaux
03.09.2021 | Beat Schaffner

Gewährleistung

Meteotest gewährleistet ihren Kunden eine sorgfältige und fachgerechte Auftragsbearbeitung. Jegliche Haftung, insbesondere auch für Folgeschäden, wird im Rahmen des gesetzlich Zulässigen wegbedungen.

Zusammenfassung

Die Calandawind AG plant bei Haldenstein den Bau einer zweiten Windenergieanlage (WEA) Oldis II rund 750 m südlich der bestehenden Anlage Oldis I. Im vorliegenden Gutachten werden die gesamten **Schallimmissionen der beiden Windenergieanlagen** auf die **Umgebung im Allgemeinen** und detaillierter auf die benachbarten **bewohnten Gebäude** untersucht.

Die prognostizierten Ergebnisse basieren auf Berechnungen nach den **nationalen Richtlinien** sowie der **Norm DIN ISO 9613-2** und den vom Auftraggeber bzw. den Anlageherstellern zur Verfügung gestellten **Standort- und Anlagedaten**. Die Berechnungen wurden für eine WEA des Typs Vestas V112-3.3 MW 50/60 Hz mit **Nabenhöhe von 119 m** und einem **Rotordurchmesser von 112 m** (bestehende Anlage OLDIS I) und eine WEA des Typs Vestas V136-4.0/4.2 MW 50/60 Hz mit **Nabenhöhe von 132 m** und einem **Rotordurchmesser von 136 m** (neue Anlage OLDIS II) durchgeführt.

Insgesamt wurden **13 Gebäude** als betroffene **Immissionspunkte** definiert.

Die Ergebnisse für die beiden Anlagen in Haldenstein zeigen Folgendes: Sowohl **tagsüber** als auch **nachts** werden die **Planungswerte von 60 dB(A) bzw. 50 dB(A)** an **sämtlichen Immissionspunkten ohne Schallreduktionsmassnahmen unterschritten**.

Die folgende Tabelle zeigt die berechneten Immissions-Beurteilungspegel *Lr(Immission)* an den definierten Immissionspunkten.

Tabelle: Berechnete **Immissions-Beurteilungspegel** an den Immissionspunkten in der Umgebung der beiden WEA bei Haldenstein.

Nr.	<i>Lr(Immission)</i> in dB(A) für den Tag Planungswert = 60 dB(A)	<i>Lr(Immission)</i> in dB(A) für die Nacht Planungswert = 50 dB(A)
A	49.6	46.8
B	47.3	44.7
C	45.1	42.8
D	48.8	46.6
E	48.5	46.4
F	43.6	41.5
G	41.1	39.0
H	38.9	36.7
I	37.3	35.1
J	35.9	33.8
K	37.5	34.9
L	39.7	37.1
M	36.8	34.2

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Anlagenstandorte	6
3	Rechtliche Grundlagen	8
	3.1 Quellen	8
	3.2 Beurteilungspegel	8
	3.3 Pegelkorrekturen.....	9
	3.4 Dauer der Lärmphasen (Betriebsdauer)	9
	3.5 Belastungsgrenzwerte.....	9
	3.6 Immissionspunkte	10
4	Methodik zur schalltechnischen Beurteilung	11
	4.1 Standortspezifische Emissionsbeurteilungspegel	11
	4.2 Schallimmissionsberechnungen	11
	4.3 Hindernisse	12
	4.4 Prognoseunsicherheit.....	12
5	Immissionspunkte	13
6	Ergebnisse	15
	6.1 Flächenhafte Ausbreitung der Schallimmissionen	15
	6.2 Immissions-Beurteilungspegel pro Immissionspunkt	15
7	Schlussfolgerungen	16
	7.1 Beurteilung.....	16
	7.2 Reduktion der Störwirkung gemäss BAFU-Empfehlung	16
	Anhang A: Schallimmissionskarten	17
	Anhang B: Schalleistungskurven	19

1 Einleitung

Bei Haldenstein im Kanton Graubünden plant die Calandawind AG den Bau einer zweiten Windenergieanlage (WEA) rund 750 m südlich der bereits bestehenden WEA. Meteotest wurde beauftragt, die durch die beiden WEA gemeinsam verursachten Schallimmissionen zu berechnen und zu beurteilen.

In Kapitel 2 werden die **WEA-Standorte** aufgezeigt und die **Dimensionen der Windturbinentypen** vorgestellt, mit welchen die Berechnungen gemacht wurden. Anschliessend wird auf die **rechtlichen Grundlagen** eingegangen (Kapitel 3). Kapitel 4 beschreibt die **Methodik zur schalltechnischen Beurteilung** und deren Unsicherheiten.

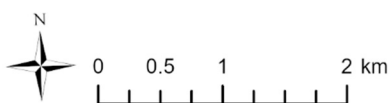
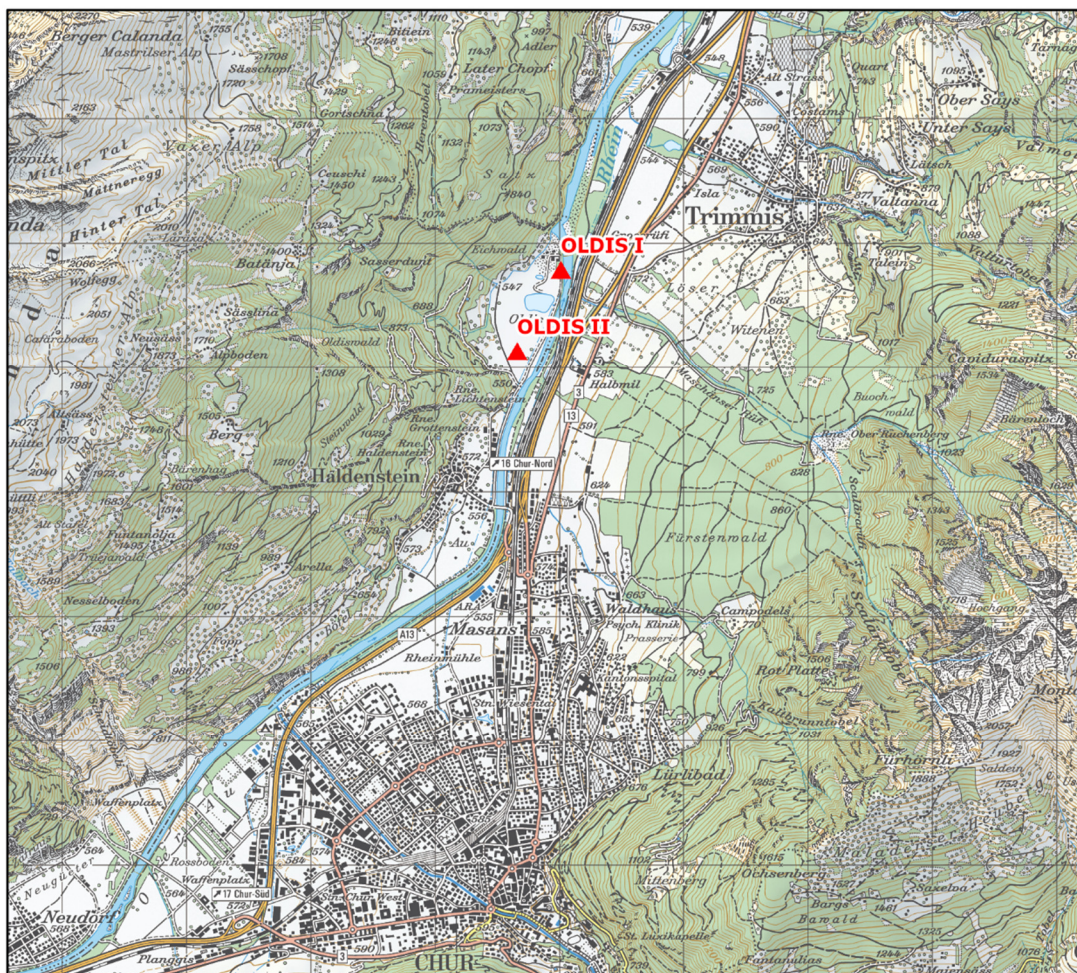
Kapitel 5 beinhaltet eine Übersicht zu den **untersuchten Immissionspunkten**.

Die Resultate befinden sich in Kapitel 6. Das Gutachten wird mit einer Beurteilung abgeschlossen (Kapitel 7).

Die **Schallimmissionskarten** befinden sich in Anhang A. In Anhang B sind die **Herstellerangaben zu den Emissionswerten der WEA ersichtlich** (Schalleistungskurven).

2 Anlagenstandorte

Die bestehende WEA sowie der Standort der neu geplanten WEA befinden sich im Rheintal rund 4 km nördlich der Stadt Chur und rund 2 km südwestlich der Ortschaft Trimmis. Die Abbildung 1 zeigt die Lage der beiden WEA. In Tabelle 1 werden die Koordinaten der WEA-Standorte angegeben.



▲ Windenergieanlagen

Hintergrundkarte:
Bundesamt für Landestopografie
Swisstopo



Abbildung 1: Standorte der WEA bei Haldenstein.

Tabelle 1: Standortkoordinaten und Höhen der bestehenden und der neu geplanten WEA bei Haldenstein (Landeskoordinaten CH1903+ LV95).

WEA	X [m]	Y [m]	Höhe über Meer [m]
Oldis I (bestehend)	2'760'010	1'195'797	546
Oldis II (neu geplant)	2'759'658	1'195'145	548

Die Berechnungen wurden für die bestehende Anlage des Typs Vestas V112 mit einer Nabhöhe von 119 m und einem Rotordurchmesser von 112 m und für die neu geplante Anlage des Typs Vestas V136 mit einer Nabhöhe von 132 m und einem Rotordurchmesser von 136 m durchgeführt. Die Schalleistungskurven der verwendeten Betriebsmodi sind im Anhang B zu finden.

3 Rechtliche Grundlagen

3.1 Quellen

Zur Beurteilung der von den beiden WEA ausgehenden Schallemissionen wurden folgende offiziellen Richtlinien und Quellen berücksichtigt:

- **Lärmschutz-Verordnung** vom 15. Dezember 1986 (LSV; SR 814.41, Stand am 1. Juli 2021).
- Infoblatt zu **Lärm von Windkraftanlagen, BAFU**, 5. Mai 2011.
- **EMPA-Bericht**: Lärmermittlung und Massnahmen zur Emissionsbegrenzung bei Windkraftanlagen (Untersuchungsbericht Nr. 452'460), EMPA im Auftrag des BAFU, 22. Januar 2010.
- **beco** Berner Wirtschaft, Richtlinie: **Lärmschutz bei Windkraftanlagen WKA**, Beurteilung nach Lärmschutzverordnung (LSV) vom Juli 2012.

3.2 Beurteilungspegel

Der Beurteilungspegel wurde nach LSV berechnet (LSV Anhang 6, Art. 3.1):

$$L_r = 10 \cdot \log \sum_i 10^{0,1 L_{r,i}}$$

Der Teilbeurteilungspegel $L_{r,i}$ wird für die durchschnittliche tägliche Dauer der Lärmphase i wie folgt berechnet:

$$L_{r,i} = L_{eq,i} + K_{1,i} + K_{2,i} + K_{3,i} + 10 \cdot \log(t_i / t_o)$$

Dabei bedeuten:

- $L_{eq,i}$ = A-bewerteter Mittelungspegel während der Lärmphase i
- $K_{1,i} - K_{3,i}$ = Pegelkorrekturen für die Lärmphase i
- t_i = durchschnittliche tägliche Dauer der Lärmphase i in Minuten
- $t_o = 720$ Minuten

Es muss jeweils ein Beurteilungspegel für den Tag und einer für die Nacht berechnet werden (LSV Anhang 6, Art. 31). Die Perioden sind folgendermassen definiert (lokale Zeit):

- Tag: 07 bis 19 Uhr
- Nacht: 19 bis 07 Uhr

3.3 Pegelkorrekturen

Für die Pegelkorrekturen wurden gemäss beco folgende Werte eingesetzt:

- $K1$ (Art der Lärmquelle) = 5 dB(A)
- $K2$ (Hörbarkeit des Tongehalts) = 0 dB(A)
- $K3$ (Hörbarkeit des Impulsgehalts) = 4 dB(A)

Bei ausgewiesener Abschirmung kann $K3$ reduziert oder gar weggelassen werden. Eine Abschirmung kann gegeben sein, wenn massive Hindernisse wie Gebäude oder Wälder die Sichtlinie zwischen WEA und Immissionspunkt unterbrechen oder wenn sämtliche lärmempfindlichen Räume von den WEA abgewandt sind (beco 2012).

3.4 Dauer der Lärmphasen (Betriebsdauer)

Es wird davon ausgegangen, dass die WEA dauernd im Betrieb sind: $t_i/t_o = 1$.

3.5 Belastungsgrenzwerte

In Anhang 6 der LSV werden die Belastungsgrenzwerte für Industrie- und Gewerbelärm aufgeführt. Eine Zusammenfassung davon ist in Tabelle 2 ersichtlich. In Art. 7 LSV wird vorgeschrieben, dass die Lärmemissionen einer Neuanlage so weit begrenzt werden müssen, "dass die von der Anlage allein erzeugten Lärmimmissionen die Planungswerte nicht überschreiten".

Tabelle 2: Belastungsgrenzwerte für Industrie- und Gewerbelärm in der Schweiz nach LSV. Im vorliegenden Gutachten gilt ES III für alle Immissionspunkte.

Empfindlichkeitsstufe (ES) ¹	Planungswert [dB(A)]		Immissionsgrenzwert [dB(A)]		Alarmwert [dB(A)]	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
I	50	40	55	45	65	60
II	55	45	60	50	70	65
III	60	50	65	55	70	65
IV	65	55	70	60	75	70

¹ Empfindlichkeitsstufen (Art. 43 LSV):

I: Erholungszonen

II: Wohnzonen

III: Wohn- und Gewerbebezonen (Mischzonen) sowie Landwirtschaftszonen

IV: Industriezonen

Die Vollzugsbehörde kann gemäss Art. 7 Abs. 2 LSV Erleichterungen beim Planungswert gewähren, wenn kumulativ ein überwiegendes öffentliches Interesse über dem Interesse der Bevölkerung am Schutz vor Lärm besteht und die technisch machbaren Massnahmen zu einer unverhältnismässigen Belastung der Anlage führen würden. Die Immissionsgrenzwerte dürfen jedoch in keinem Fall überschritten werden.

3.6 Immissionspunkte

Lärmempfindliche Räume sind gemäss LSV Art.2 Abs.6 "a) *Räume in Wohnungen, ausgenommen Küchen ohne Wohnanteil, Sanitärräume und Abstellräume* und b) *Räume in Betrieben, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten, ausgenommen Räume für die Nutztierhaltung und Räume mit erheblichem Betriebslärm*".

Gemäss der beco Richtlinie müssen Immissionspunkte berücksichtigt werden sofern sie:

- ES II: Immissionspunkte innerhalb eines Radius von 450 m (ab Lärmquelle) liegen)
- ES III: Immissionspunkte innerhalb eines Radius von 300 m (ab Lärmquelle) liegen

4 Methodik zur schalltechnischen Beurteilung

4.1 Standortspezifische Emissionsbeurteilungspegel

Für die Berechnungen wurde, gemäss Kapitel 3.2, für jeden WEA-Standort, gemäss LSV Anhang 6, Art. 3.1, jeweils ein Emissionsbeurteilungspegel für den Tag und für die Nacht berechnet. Tabelle 3 zeigt die verwendeten Werte.

Bei beiden Anlagen wurden für die Berechnungen die nicht schallreduzierten Betriebsmodi 0 verwendet.

Tabelle 3: Standortspezifische Emissionsbeurteilungspegel ($L_r(Emission)$) für den Tag und für die Nacht.

Standort	Tag [dB(A)]	Nacht [dB(A)]
Oldis I (bestehend)	113.2	111.1
Oldis II (neu geplant)	107.8	104.8

4.2 Schallimmissionsberechnungen

Die Schallimmissionen wurden mit der Software WindPRO V.3.4² und dem Modul DECIBEL berechnet. Diese Software gilt als Industriestandard für Windenergie-Projekte.

Dabei wurde das internationale Berechnungsmodell ISO 9613-2³ angewendet. Der Immissions-Beurteilungspegel $L_r(Immission)$ am Immissionsort wurde folgendermassen berechnet:

$$L_r(Immission) = L_r(Emission) + R_{gr} + \delta R + D_c - (A_{div} + A_{atm}) - C_{met}$$

- $L_r(Emission)$ – standortspezifischer Emissions-Beurteilungspegel der WEA, berechnet gemäss Abschnitt 4.1.
- R_{gr} – Der Bodeneffekt wurde mit dem sogenannten alternativen Verfahren berechnet. Diese Methode benutzt die Orografie zur Berechnung des mittleren Schallweges und ist wegen des komplexen Geländes empfehlenswert. Zusätzlich wurde von einer durch die Bodenreflexion verursachten Pegelerhöhung von 1 dB(A) ausgegangen, wie in den EMPA-Empfehlungen vorgeschlagen. Die Berechnung des Bodeneffekts wurde nicht ausgeschaltet, um dem komplexen Gelände Rechnung zu tragen.
- D_c – Richtwirkungskorrektur

² www.emd.dk/WindPRO/

³ ISO 9613-2: Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien.

- A_{div} – Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung.
- A_{atm} – Dämpfung aufgrund von Luftabsorption. Die Luftdämpfung ist von der Temperatur und der Luftfeuchte abhängig. Gemäss dem EMPA-Bericht kann mit den globalen Mittelwerten 8°C Temperatur und 76% relativer Feuchte gerechnet werden. Dies führt zu einer Luftdämpfung von 1.8 dB/km.
- C_{met} – Meteorologischer Koeffizient. Zusätzliche Dämpfung aufgrund von speziellen meteorologischen Bedingungen. Ein solcher wird im vorliegenden Gutachten nicht berücksichtigt: $C_{met} = 0$.

Die Dämpfung aufgrund von Abschirmung wurde nicht berücksichtigt. Die Aufpunkthöhe wurde auf 4 m über Grund festgesetzt.

4.3 Hindernisse

Sowohl Waldgebiete wie auch Gebäude können eine abschirmende oder reflektierende Wirkung auf die Schallausbreitung der Anlagen haben. Dies wurde jedoch, gemäss den Empfehlungen der EMPA (Abschnitt 3.1), in diesem Gutachten nicht berücksichtigt.

4.4 Prognoseunsicherheit

Gemäss der EMPA-Empfehlung kann mit den hier verwendeten Methoden und Annahmen die Unsicherheit der Ausbreitungsrechnung auf -6/+3 dB(A) abgeschätzt werden, *"d.h. der wahre Immissionspegel liegt mit 67% Wahrscheinlichkeit innerhalb des Bandes -6 und +3 dB(A) um den berechneten Wert."*

5 Immissionspunkte

Es wurden ausgewählte **Gebäude mit lärmempfindlichen Räumen** (Abschnitt 3.6) berücksichtigt, welche durch die beiden WEA bei Haldenstein erhöhte Immissionen erfahren könnten. Es wurden 13 Immissionspunkte identifiziert. Alle diese Immissionspunkte können der **Lärmempfindlichkeitsstufe III** (Wohn- und Gewerbezone sowie Landwirtschaftszone (Mischzone)) zugeordnet werden (Abschnitt 3.5). Für jedes betroffene Gebäude verwendet WindPRO automatisch den Teil, welcher am nächsten zu einer WEA steht.

Abbildung 2 zeigt die berücksichtigten Immissionspunkte und Tabelle 4 enthält die entsprechenden Koordinaten.

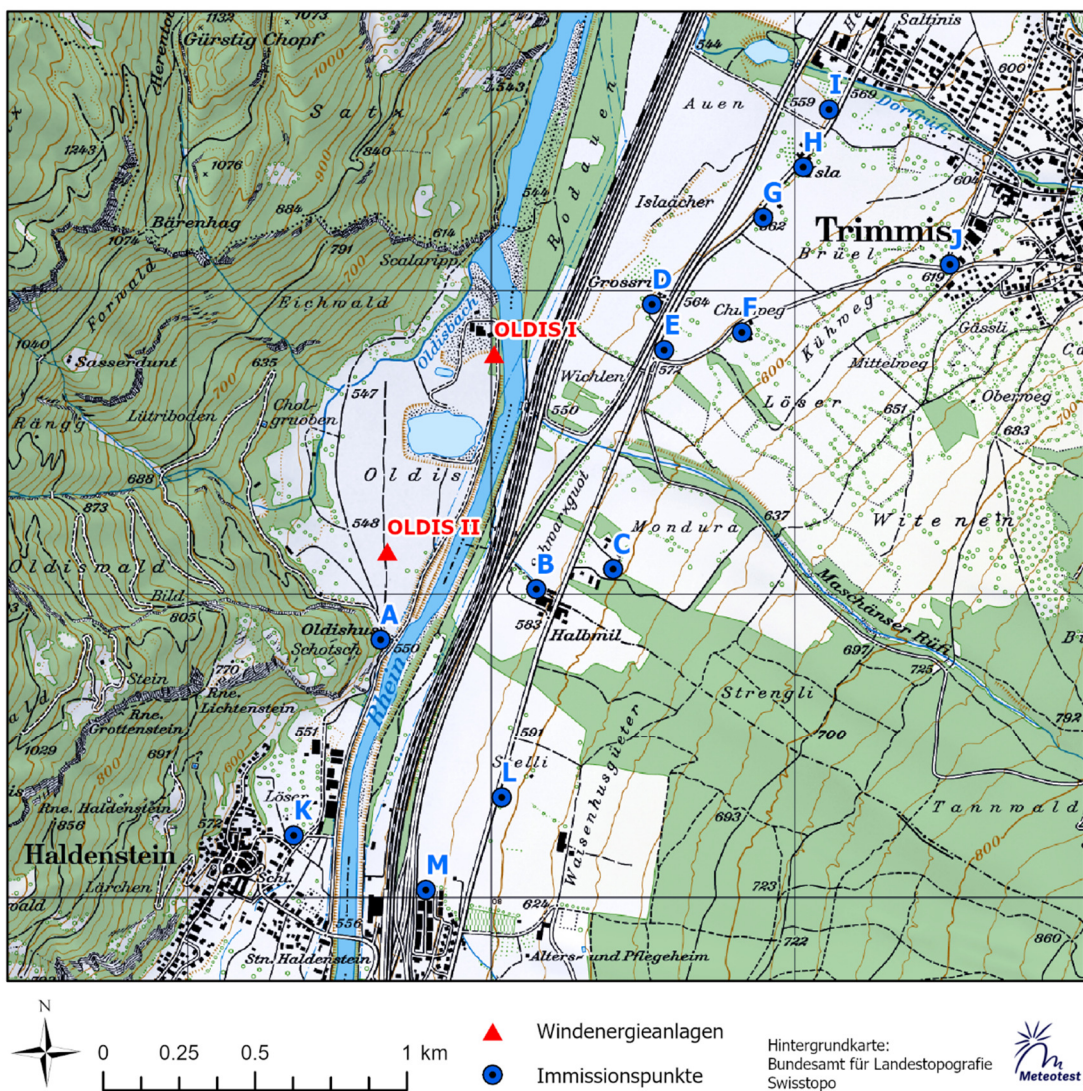


Abbildung 2: Gebäude, welche als Immissionspunkte identifiziert worden sind. Die WEA-Standorte sind mit roten Dreiecken bezeichnet.

Tabelle 4: Standortkoordinaten der ausgewählten Immissionspunkte (Landeskoordinaten CH1903+ LV95).

Nr.	X [m]	Y [m]
A	2'759'636	1'194'851
B	2'760'149	1'195'017
C	2'760'402	1'195'083
D	2'760'530	1'195'956
E	2'760'570	1'195'806
F	2'760'826	1'195'864
G	2'760'896	1'196'241
H	2'761'028	1'196'407
I	2'761'113	1'196'596
J	2'761'511	1'196'087
K	2'759'350	1'194'205
L	2'760'035	1'194'330
M	2'759'785	1'194'026

6 Ergebnisse

6.1 Flächenhafte Ausbreitung der Schallimmissionen

Die Karten der berechneten Schallimmissionen für die Situation am Tag (Abbildung 3) und in der Nacht (Abbildung 4) sind in Anhang A ersichtlich.

6.2 Immissions-Beurteilungspegel pro Immissionspunkt

Tabelle 5 zeigt die berechneten Immissions-Beurteilungspegel an den 13 Immissionspunkten. Sämtliche Standorte befinden sich in der Landwirtschaftszone und werden somit der Lärm-Empfindlichkeitsstufe ESIII zugeordnet. Für diese Stufe gilt gemäss Anhang 6 der Lärmschutzverordnung (LSV) ein **Planungswert von 60 dB(A) tagsüber** und **50 dB(A) in der Nacht**, welcher einzuhalten ist.

Tabelle 5: Berechnete Immissions-Beurteilungspegel an den Immissionspunkten für den Tag und die Nacht.

Nr	<i>Lr (Immission)</i> in dB(A) für den Tag Planungswert = 60 dB(A)	<i>Lr (Immission)</i> in dB(A) für die Nacht Planungswert = 50 dB(A)
A	49.6	46.8
B	47.3	44.7
C	45.1	42.8
D	48.8	46.6
E	48.5	46.4
F	43.6	41.5
G	41.1	39.0
H	38.9	36.7
I	37.3	35.1
J	35.9	33.8
K	37.5	34.9
L	39.7	37.1
M	36.8	34.2

7 Schlussfolgerungen

7.1 Beurteilung

Tagsüber wird der Planungswert (60 dB(A)) an sämtlichen Immissionspunkten um mehr als 10 dB(A) unterschritten. Es kommt selbst unter der zusätzlichen Berücksichtigung der Berechnungsunsicherheit von -6/+3 dB(A) zu keiner Grenzwertüberschreitung.

In der **Nacht** wird der Planungswert (50 dB(A)) an sämtlichen Immissionspunkten eingehalten. Es kommt selbst unter der zusätzlichen Berücksichtigung der Berechnungsunsicherheit von -6/+3 dB(A) zu keiner Grenzwertüberschreitung.

7.2 Reduktion der Störwirkung gemäss BAFU-Empfehlung

Obwohl im vorliegenden Gutachten die Planungswerte sowohl tagsüber wie auch in der Nacht an allen Immissionspunkten eingehalten werden, gibt es einige Möglichkeiten die Schallwirkungen der Windenergieanlagen weiter zu reduzieren. Diese Möglichkeiten werden hier als zusätzliche Information aufgeführt. Das BAFU empfiehlt die folgenden Massnahmen zur Reduktion der Störwirkung von Windenergieanlagen:

- **Einsatz lärmarmen Technologien / Betriebsmodus:** Bei den meisten Windenergieanlagen besteht die Möglichkeit, die Turbine zu bestimmten Zeiten (auf Kosten der Produktivität) in einem schallreduzierten Modus zu betreiben.
- **Anforderungen an die Wartung:** Mechanische Beanspruchungen z.B. durch Hagel- oder Blitzschlag sowie Verschmutzung der Rotorblätter können zu Verschlechterung der akustischen Bedingungen führen. Eine periodische Emissionsmessung hilft, den Zeitpunkt einer akustisch motivierten Wartung rechtzeitig zu erkennen.
- **Sichtbarkeit:** Ist der Rotor einer WEA nicht sichtbar, fühlen sich Anwohner gemäss Studien von Pedersen (2008, 2009⁴) weniger gestört als solche mit Sicht auf den Rotor.

⁴ E. Pedersen, J. Bouma, R. Bakker, F. van den Berg (2008): Response to wind turbine noise in the Netherlands, Acoustics 08 Paris (2008). E. Pedersen, F. van den Berg, R. Bakker, J. Bouma (2009): Response to noise from modern wind farms in The Netherlands, Journal of the Acoustical Society of America, vol. 126, 634-643 (2009).

Anhang A: Schallimmissionskarten

Anhang A enthält die Karten mit den berechneten Schallimmissionen (Immissions-Beurteilungspegel L_r (Immission)) sowohl tagsüber wie auch nachts.

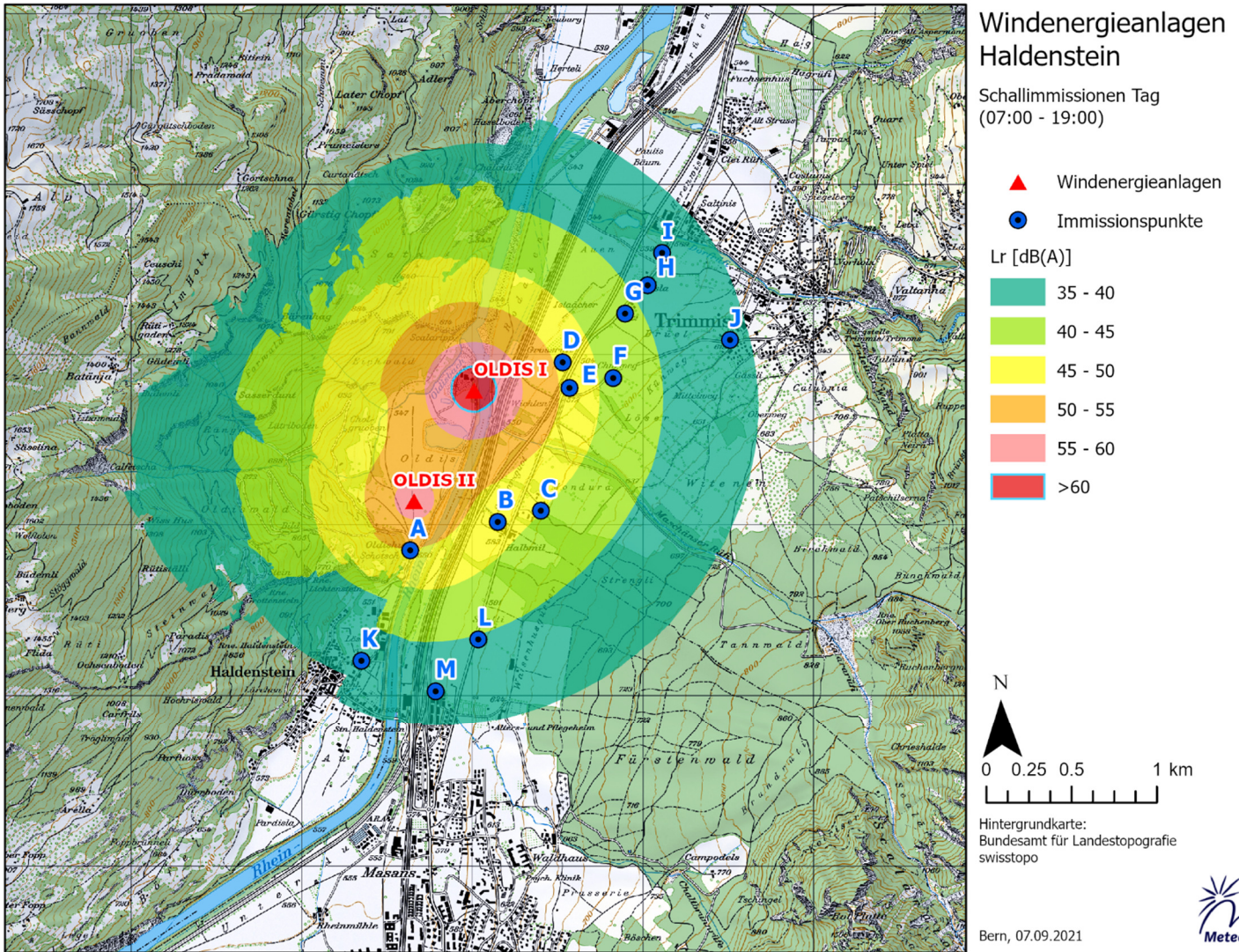
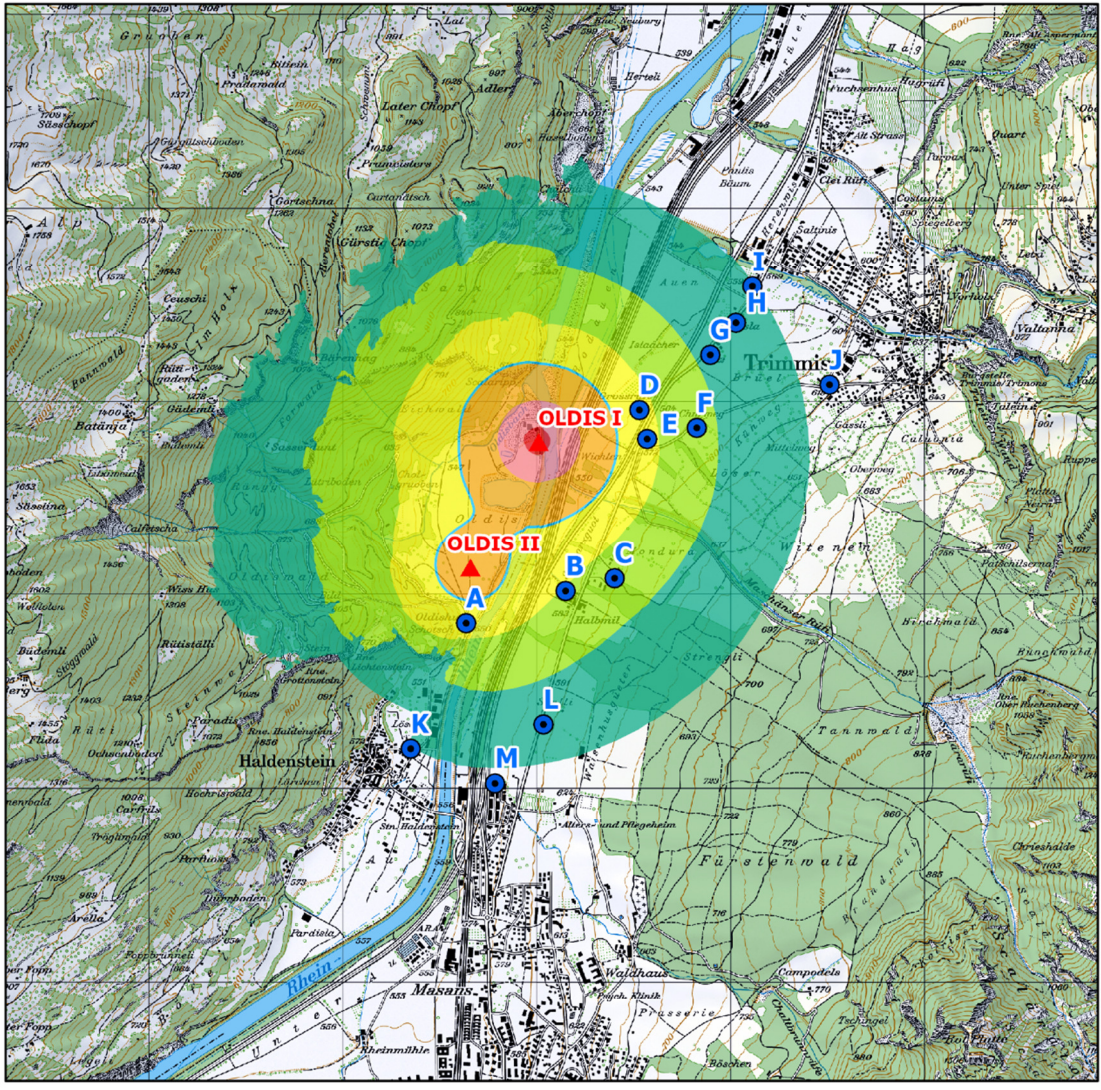


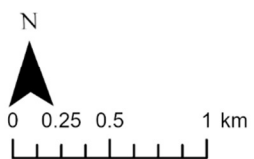
Abbildung 3: Berechnete Immissions-Beurteilungspegel für die beiden WEA tagsüber.



Windenergieanlagen Haldenstein

Schallimmissionen Nacht (19:00 - 07:00)

- ▲ Windenergieanlagen
 - Immissionspunkte
- Lr [dB(A)]
- 35 - 40
 - 40 - 45
 - 45 - 50
 - 50 - 55
 - 55 - 60
 - >60



Hintergrundkarte: Bundesamt für Landestopografie swisstopo

Bern, 07.09.2021



Abbildung 4: Berechnete Immissions-Beurteilungspegel für die beiden WEA nachts.

Anhang B: Schalleistungskurven

Tabelle 6: Verwendete Schalleistungskurven der Vestas V112 mit 119 m Nabenhöhe und 112 m Rotordurchmesser (bestehende Anlage Oldis I) und der Vestas V136 mit 132 m Nabenhöhe und 136 m Rotordurchmesser (geplante Anlage Oldis II).

Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe [m/s]	Schalleistungspegel Vestas V112 auf Nabenhöhe Modus 0 [dBA]	Schalleistungspegel Vestas V136 auf Nabenhöhe Modus 0 [dBA]
0-1	0.0	0.0
1-2	0.0	0.0
2-3	0.0	0.0
3-4	90.0	90.9
4-5	96.5	91.1
5-6	102.0	92.9
6-7	105.6	96.0
7-8	106.5	99.6
8-9	106.5	102.8
9-10	106.5	103.9
10-11	106.5	103.9
11-12	106.5	103.9
12-13	106.5	103.9
13-14	106.5	103.9
14-15	106.5	103.9
15-16	106.5	103.9
16-17	106.5	103.9
17-18	106.5	103.9
18-19	106.5	103.9
19-20	106.5	103.9
20-21	106.5	103.9
21-22	106.5	103.9
22-23	106.5	103.9



Windenergieprojekt Haldenstein

Schattenwurfgutachten

Impressum

Auftraggeber Kontaktperson Adresse	Calandawind AG Jürg Michel Feldstrasse 17 7023 Haldenstein
Datum Aktuelle Version Ältere Versionen Projektnummer Datei	31.08.2021 Schlussbericht - 21_0170 Schattenwurfgutachten_Haldenstein.docx
Erstellt durch Kontrolliert durch Genehmigt durch	Dominik Egli 31.08.2021 Paul Froidevaux 02.09.2021 Beat Schaffner
Gewährleistung	Meteotest gewährleistet ihren Kunden eine sorgfältige und fachgerechte Auftragsbearbeitung. Jegliche Haftung, insbesondere auch für Folgeschäden, wird im Rahmen des gesetzlich Zulässigen wegbedungen.

Zusammenfassung

Die Calandawind AG plant bei Haldenstein den Bau einer zweiten Windenergieanlage Oldis II rund 750 m südlich der bestehenden Anlage Oldis I. Im vorliegenden Gutachten werden die **Auswirkungen der beiden Windenergieanlagen (WEA) hinsichtlich des Schattenwurfs** untersucht. Dabei geht es um den durch die Rotordrehung verursachten, **periodisch auftretenden** und **bewegten Schattenwurf**. Dieser kann störend wirken.

In der Schweiz existieren zurzeit **keine Richtlinien** bezüglich der Beurteilung der Schattenwurfimmissionen durch WEA. Entsprechend der **Empfehlung vom BFE¹** werden die **deutschen Leitlinien** auf die Schweiz übertragen. Diese legen eine Begrenzung der astronomisch maximal möglichen Schattenwurfdauer (SWD) auf **30 Stunden pro Jahr** und **30 Minuten pro Tag** fest. Zudem wird verlangt, dass bei einer Überschreitung der realen, also tatsächlich gemessenen SWD von **acht Stunden pro Jahr Massnahmen zur Reduktion** des Schattenwurfs getroffen werden.

Die Schattenwurfimmissionen wurden mit der Windenergie Software WindPRO V3.4 durchgeführt. Für die bestehende WEA wurde **mit einer Nabenhöhe von 119 m** und **einem Rotordurchmesser von 112 m** gerechnet, bei der neu geplanten WEA **mit einer Nabenhöhe von 132 m** und **einem Rotordurchmesser von 136 m**. Als Berechnungsgrundlagen dienten ein hoch aufgelöstes digitales Höhenmodell (2 m horizontale Auflösung) sowie **langjährige Statistiken** zur **Sonnenscheindauer** und zu den **Windverhältnissen** vor Ort. Sichthindernisse wie **Wald** und **Gebäude** wurden ebenfalls in die Berechnungen miteinbezogen. Die Ausrichtung der Fenster sowie Einzelbäume als zusätzliche Sichthindernisse konnten bei den Berechnungen hingegen nicht berücksichtigt werden, was teilweise zu höheren Schattenwurfauern als in Realität führt.

Insgesamt sind bei 5 der insgesamt 10 identifizierten Immissionspunkten Grenzwertüberschreitungen zu erwarten.

Die folgende Tabelle zeigt die **astronomisch maximal mögliche SWD** in Stunden pro Jahr und Minuten pro Tag sowie die **meteorologisch wahrscheinliche SWD** in Stunden pro Jahr an den ausgewählten Schattenrezeptoren.

¹ BFE 2008: Windkraftanlagen in der Schweiz: Raumplanerische Grundlagen und Auswirkungen.

Tabelle: **Astronomisch maximal mögliche SWD** in Stunden pro Jahr (Gesamtdauer) sowie in Minuten pro Tag (Maximaldauer) und **meteorologisch wahrscheinliche SWD** in Stunden pro Jahr an den Immissionspunkten. Grenzwertüberschreitungen sind **rot** hervorgehoben. Die SWD entspricht der kombinierte SWD von der bestehenden und der geplanten WEA.

Nr.	Bezeichnung	Astronomisch maximal mögliche SWD		meteorologisch wahrscheinliche SWD
		Gesamtdauer [Std:Min / Jahr]	Maximalwert [Std:Min / Tag]	Gesamtdauer [Std:Min / Jahr]
A	SR 1	00:00	00:00	00:00
B	SR 2	112:42	01:04	21:20
C	SR 3	27:48	00:42	04:27
D	SR 4	64:12	00:47	08:44
E	SR 5	54:33	00:46	08:13
F	SR 6	22:27	00:31	03:07
G	SR 7	26:37	00:27	04:17
H	SR 8	09:19	00:23	01:24
I	SR 9	08:18	00:20	01:18
J	SR 10	00:39	00:05	00:04

Inhalt

1	Einleitung	6
2	Anlagenstandorte	7
3	Leitlinien	8
3.1	Quellen	8
3.2	Immissionsrichtwerte	8
3.3	Immissionsorte.....	9
3.4	Berücksichtigung benachbarter WEA.....	9
3.5	Massnahmen	9
4	Methodik zur Schattenwurfberechnung	11
4.1	Grundlagen.....	11
4.2	Schattenwurfdauer (SWD)	11
4.2.1	Meteorologisch wahrscheinliche SWD bei Haldenstein.....	12
4.3	Beschattungsbereich	12
4.4	Hindernisse.....	13
5	Immissionsorte	14
6	Ergebnisse	16
6.1	Flächenhafte Verteilung des periodischen Schattenwurfs	16
6.2	Schattenwurfdauer pro Immissionsort.....	16
6.3	Schattenkalender	17
7	Schlussfolgerungen	18
Anhang A: Schattenwurfkarten		19
Anhang B: Grafische Beschattungskalender aller Immissionspunkte		21
Anhang C: Tabellarische Beschattungskalender der beiden WEA		22

1 Einleitung

Bei Haldenstein im Kanton Graubünden plant die Calandawind AG den Bau einer zweiten Windenergieanlage (WEA) rund 750 m südlich der bereits bestehenden WEA. Meteotest wurde beauftragt ein kombiniertes Schattenwurfgutachten zu erstellen für die bestehende und die geplante WEA. Dabei geht es um den durch die Rotordrehung verursachten, periodisch auftretenden und bewegten Schattenwurf. Dieser kann störend wirken.

Das Gutachten beinhaltet die Berechnung des periodischen Schattenwurfs punktuell für die ausgewählten Immissionspunkt und flächenhaft für die Umgebung des Windparks.

Das Kapitel 2 umfasst einen Überblick über die beiden WEA. Anschliessend werden die angewandten Leitlinien erläutert (Kapitel 3) und die Methodik der Berechnungen beschrieben (Kapitel 4). Kapitel 5 zeigt die als Immissionspunkte identifizierten Gebäude.

Die Ergebnisse werden in Kapitel 6 dargestellt. Das Gutachten wird mit einer Diskussion der Ergebnisse abgeschlossen (Kapitel 7).

Im Anhang befinden sich die Schattenwurfkarten, grafische Beschattungskalender für die einzelnen Schattenrezeptoren und ein tabellarischer Beschattungskalender der beiden WEA.

2 Anlagenstandorte

Die bestehende WEA sowie der Standort der neu geplanten WEA befinden sich im Rheintal rund 4 km nördlich der Stadt Chur und rund 2 km südwestlich der Ortschaft Trimmis. Die Abbildung 1 zeigt die Lage der beiden WEA. In Tabelle 1 werden die Koordinaten der WEA-Standorte angegeben.

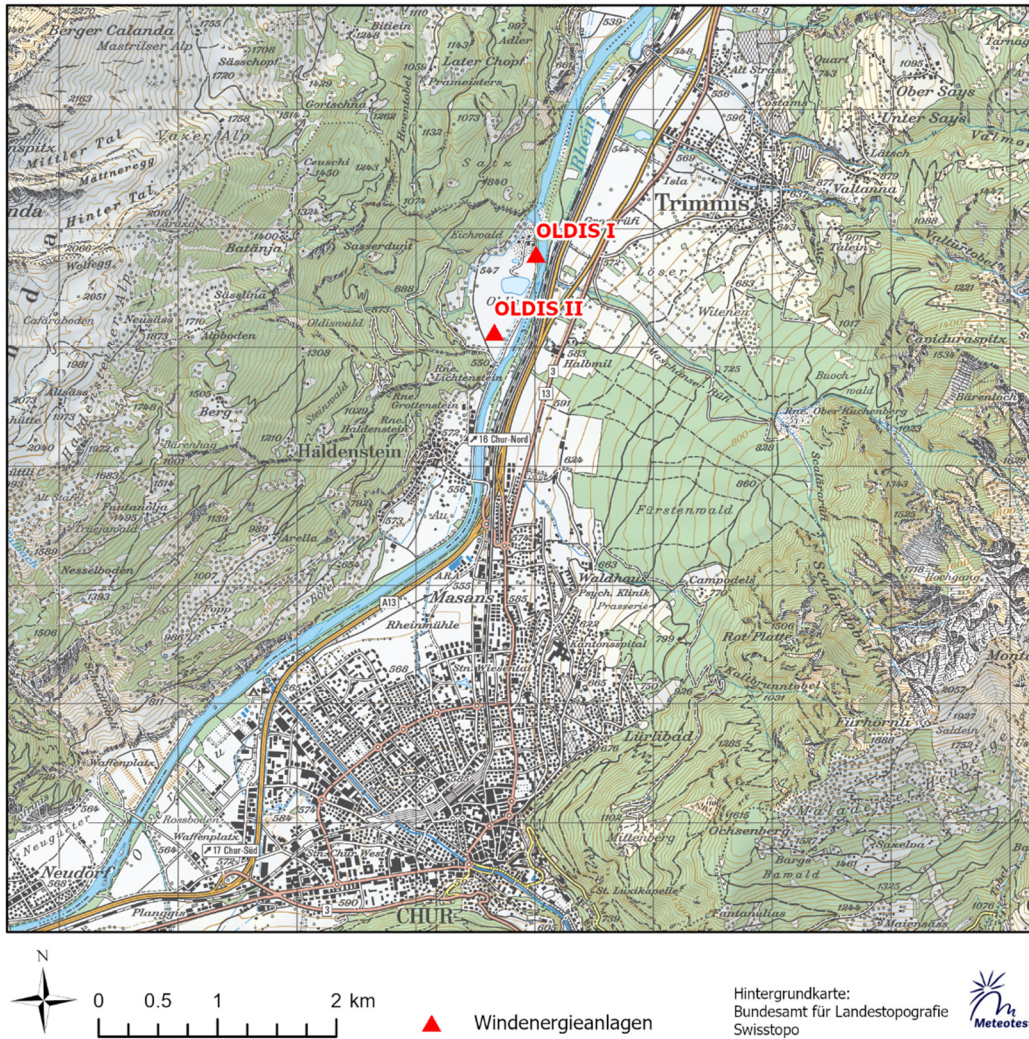


Abbildung 1: Standorte der bestehenden WEA OLDIS I und der neu geplanten WEA OLDIS II bei Haldenstein.

Tabelle 1: Standortkoordinaten und Höhen der bestehenden und der neu geplanten WEA bei Haldenstein (Landeskoordinaten CH1903+ LV95).

WEA	X [m]	Y [m]	Höhe über Meer [m]
Oldis I (bestehend)	2'760'010	1'195'797	546
Oldis II (neu geplant)	2'759'658	1'195'145	548

3 Leitlinien

In der Schweiz existieren keine Richtlinien oder Gesetze bezüglich Schattenwurfimmissionen von Windenergieanlagen. Im BFE-Bericht "Windkraftanlagen in der Schweiz" (2008)² wird auf die deutschen Leitlinien hingewiesen.

Somit werden die Schattenwurfimmissionen im Gebiet der WEA Haldenstein anhand der deutschen Leitlinien beurteilt.

3.1 Quellen

Folgende Leitlinien und Quellen wurden berücksichtigt:

- Themenportal Windenergie der Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg³
- Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen Aktualisierung 2019 (WEA-Schattenwurfhinweise) des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) vom 23.01.2020
- Windenergiehandbuch von Monika Agatz, 17. Ausgabe, Dezember 2020⁴
- Windenergieanlagen und Immissionsschutz, Materialien Nr. 63, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen 2002

3.2 Immissionsrichtwerte

Schattenwurf von geringer Dauer ist hinzunehmen (Windenergieerlass). Es soll aber vor erheblichen Einwirkungen geschützt werden. Die Erheblichkeit wird anhand von Richtwerten der zulässigen Beschattungsdauer beurteilt.

Überschreitet die Beschattungsdauer an einem Immissionsort **30 Stunden pro Kalenderjahr** und **30 Minuten an einem einzelnen Tag** gilt die Belästigung als erheblich (Windenergieerlass, Windenergie-Handbuch, WKA-Schattenwurf-Hinweise).

Die Richtwerte beziehen sich dabei auf die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (siehe Abschnitt 4.2). Für weitere Einzelheiten der Bewertung sind gemäss dem Windenergieerlass die WEA-Schattenwurf-Hinweise herbeizuziehen.

² Bundesamt für Energie (BFE): Windkraftanlagen in der Schweiz – Raumplanerische Grundlagen und Auswirkungen. Juni 2008.

³ Themenportal Windenergie Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg.
<http://gewerbeaufsicht.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/37557/>

⁴ Monika Agatz - Windenergie-Handbuch, www.windenergie-handbuch.de, 19. Ausgabe, Dezember 2020.

3.3 Immissionsorte

Als massgebliche Immissionsorte gelten gemäss den LAI-Schattenwurf-Hinweisen:

- a) *...schutzwürdige Räume, die als Wohnräume, Schlafräume, Unterrichts-räume, Büroräume, Schulungsräume, Praxisräume und ähnliche Arbeits-räume genutzt werden.*
- b) *...unbebaute Flächen in einer Bezugshöhe von 2 m über Grund auf de-nen nach Bau- und Planungsrecht Gebäude mit schutzwürdigen Räumen zulässig sind.*

Im vorliegenden Gutachten werden nur die Hinweise gemäss a) berücksichtigt.

Im neuen Windenergieerlass wird darauf hingewiesen, dass sich laut deutscher Rechtsprechung die Beurteilungsmassstäbe auf Wohnnutzung beschränken und nicht unmittelbar auf arbeitende Menschen zu übertragen sind. Daher soll das zumutbare Mass an Schattenwurf unter Berücksichtigung von erträglichen Aus-weich- und Anpassungsmassnahmen des Betroffenen anhand einer Einzelfall-entscheidung festgelegt werden. Bei den betroffenen Gebäuden handelt es sich vorwiegend um Wohnnutzung.

3.4 Berücksichtigung benachbarter WEA

Befinden sich in der Umgebung des Windparks noch WEA eines anderen Wind-parks, müssen diese auch berücksichtigt werden. Gemäss den Schattenwurf-Hinweisen sind alle WEA im Umkreis einzubeziehen, die auf den jeweiligen Im-missionspunkt einwirken. Bei der Festlegung von Begrenzungsmassnahmen ist im Rahmen der Interessenabwägung dem Lastengleichheitsprinzip Rechnung zu tragen.

Für das vorliegende Gutachten mussten keine benachbarten WEA berücksichtigt werden.

3.5 Massnahmen

Im Schattenwurfgutachten bzw. in den Antragsunterlagen muss dargelegt wer-den, auf welche Weise die **Einhaltung der zulässigen Beschattungsdauer** am Immissionsort gewährleistet wird. Hierzu gehören Angaben über Art und Pro-grammierungsmöglichkeiten der vorgesehenen **Abschaltautomatik** oder die freiwillige Erklärung zum Betrieb mit Nullbeschattung.

Durch eine Abschaltautomatik kann der Schattenwurf auf die zulässige Beschat-tungsdauer begrenzt werden. Damit kann der Schattenwurf immer soweit redu-ziert werden, dass eine Einhaltung der Richtwerte sichergestellt wird (Windener-gie-Handbuch). Die Abschaltautomatik berücksichtigt mittels Strahlungs- und

Beleuchtungsstärke-Sensoren die Intensität des Sonnenlichts und erfasst die tatsächliche Beschattungssituation. Die reale, also **tatsächliche Beschattungsdauer ist auf acht Stunden pro Jahr zu begrenzen**. Dies entspricht in etwa den 30 Stunden pro Jahr astronomisch maximal mögliche SWD. Wird der tägliche **Richtwert von 30 Minuten an mindestens drei Tagen überschritten**, ist die tägliche **Beschattungsdauer auf 30 Minuten zu begrenzen**. Es wird empfohlen, die Daten zu Sonnenscheindauer und Abschaltzeiten über mindestens ein Jahr zu dokumentieren (WEA-Schattenwurf-Hinweise).

4 Methodik zur Schattenwurfberechnung

4.1 Grundlagen

Die Schattenwurfberechnungen wurden mit dem Modul SHADOW der Windenergie-Software WindPRO (Version 3.4)⁵ durchgeführt.

Grundlage der Berechnung bildet der Tages- und Jahresverlauf der Sonne unter Berücksichtigung der Erdachsenneigung, der Erdrotation und der elliptischen Erdbahn um die Sonne sowie die Standortkoordinaten der WEA und der Schattenrezeptoren, die Eigenschaften der Turbinentypen (z.B. Blattgeometrie und Rotordurchmesser) und der Schattenrezeptoren (z.B. Grösse und Aufpunkthöhe, d.h. Höhe der Fenster). Der Schattengang jedes einzelnen WEA-Rotors wird dann vom Programm in Ein-Minuten-Schritten über den Verlauf eines Jahres berechnet.

4.2 Schattenwurfdauer (SWD)

Man unterscheidet zwischen:

- astronomisch maximal möglicher SWD
- meteorologisch wahrscheinlicher SWD
- realer SWD

Die **astronomisch maximal mögliche SWD** geht davon aus, dass von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang die Sonne durchgehend bei wolkenlosem Himmel scheint, die Rotorfläche stets senkrecht zur Sonneneinstrahlung steht und die WEA ohne Unterbruch in Betrieb sind. Dieser ungünstigste Fall ist nur theoretisch, da sich diese Situation in Realität nie ergibt.

Bei der **meteorologisch wahrscheinlichen SWD** handelt es sich um die Schattenwurfdauer unter Berücksichtigung der üblichen Witterungsbedingungen am Standort des Windparks. Grundlagen dazu bilden eine Windstatistik und Angaben zur durchschnittlichen Sonnenscheindauer pro Tag in der Region des geplanten Windparks.

Die **reale SWD** ist die tatsächliche, gemessene SWD am Standort des Immissionsortes.

⁵ www.emd.dk

4.2.1 Meteorologisch wahrscheinliche SWD bei Haldenstein

Die verwendete, langjährig abgeglichene Windstatistik stammt aus der 50m-Mastmessung aus dem Jahr 2008. Aus der Windstatistik wird die durchschnittliche jährliche Betriebsdauer pro Windrichtungssektor abgeleitet.

Die Daten zur Sonnenscheindauer wurden mit der Software Meteonorm⁶ für den Standort Haldenstein bestimmt. Tabelle 2 zeigt für jeden Monat die durchschnittliche Sonnenscheindauer in Stunden pro Tag.

Tabelle 2: Durchschnittliche tägliche Sonnenscheindauer am Standort Haldenstein [Std/Tag].

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
3.2	4.4	5.1	5.6	6.3	6.8	7.6	7.1	6.6	5.6	3.9	3.1

4.3 Beschattungsbereich

Das Gebiet um eine WEA, in dem periodischer Schattenwurf auftritt, wird als Beschattungsbereich bezeichnet. Als Begrenzung der relevanten Beschattung gelten gemäss den WEA-Schattenwurf-Hinweisen folgende zwei Kriterien:

- Das Rotorblatt der WEA muss mindestens 20% der Sonne verdecken.
- Die minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont muss mindestens 3° sein.

Unter diesen Umständen ist die Schattenintensität stark genug, dass der Schatten wahrgenommen wird.

Die wichtigsten beiden Faktoren zur Berechnung des Beschattungsbereichs einer WEA sind die Blattgeometrie und der Rotordurchmesser. Die Nabenhöhe geht ebenfalls in die Berechnung ein, jedoch mit geringerer Sensitivität.

Der **maximale Beschattungsbereich der WEA** wurde unter dem Kriterium der astronomisch maximal möglichen Beschattung und unter Berücksichtigung der Topografie berechnet. Dazu wurde das digitale Höhenmodell swissAlti3D mit einer horizontalen Auflösung von 2 m verwendet (Bundesamt für Landestopografie).

Tabelle 3 enthält die für die Berechnung relevanten Grössen der berücksichtigten Windturbinentypen. Diese Grössen entsprechen den tatsächlichen, resp. geplanten, Dimensionen der beiden WEAs.

⁶ Meteonorm Version 8.0, Meteotest, Schweiz: www.meteonorm.com

Tabelle 3: Für die Schattenwurfanalyse relevante Grössen der beiden WEA.

WEA	Naben- höhe [m]	Rotordurch- messer [m]	Rotorblatttiefe [m]		Radius max. Beschattungs- bereich [m]
			Max	Bei 90% Radius	
Oldis I	119	112	4.00	1.03	1'709
Oldis II	132	136	4.10	1.20	1'801

4.4 Hindernisse

Der Schattenwurf wird durch Hindernisse reduziert, welche gemäss den deutschen Leitlinien bei den Berechnungen des Schattenwurfes berücksichtigt werden sollen.

Im vorliegenden Gutachten wurden die Waldflächen als Hindernisse berücksichtigt. Die Höhe des Waldes wurde mit Hilfe des Datensatzes swissTLM3D⁷ der Swisstopo abgeschätzt. Dabei wurden Waldflächen mit einer Höhe von 20 m und Gebüschwald mit einer Höhe von 10 m berücksichtigt.

Einzelbäume und offener Wald können ebenfalls zu einer erheblichen Reduktion der Schattenwurfimmission an den Immissionspunkten führen. Da die sehr unterschiedlichen Höhen und Ausdehnungen der Einzelbäume nicht bekannt waren, wurden diese im vorliegenden Gutachten nicht berücksichtigt.

Umliegende Gebäude wurden ebenfalls als Hindernisse berücksichtigt. Die Angaben zur Lage und Höhe der Gebäude stammen vom Datensatz swissBUIDINGS3d⁸ des Bundesamtes für Landestopografie swisstopo.

⁷ <https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/landscape/tlm3d.html>

⁸ <https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/landscape/buildings3d2.html>

5 Immissionsorte

Abbildung 2 zeigt die berücksichtigten Immissionsorte und in Tabelle 4 werden die Koordinaten der Immissionsorte aufgelistet.

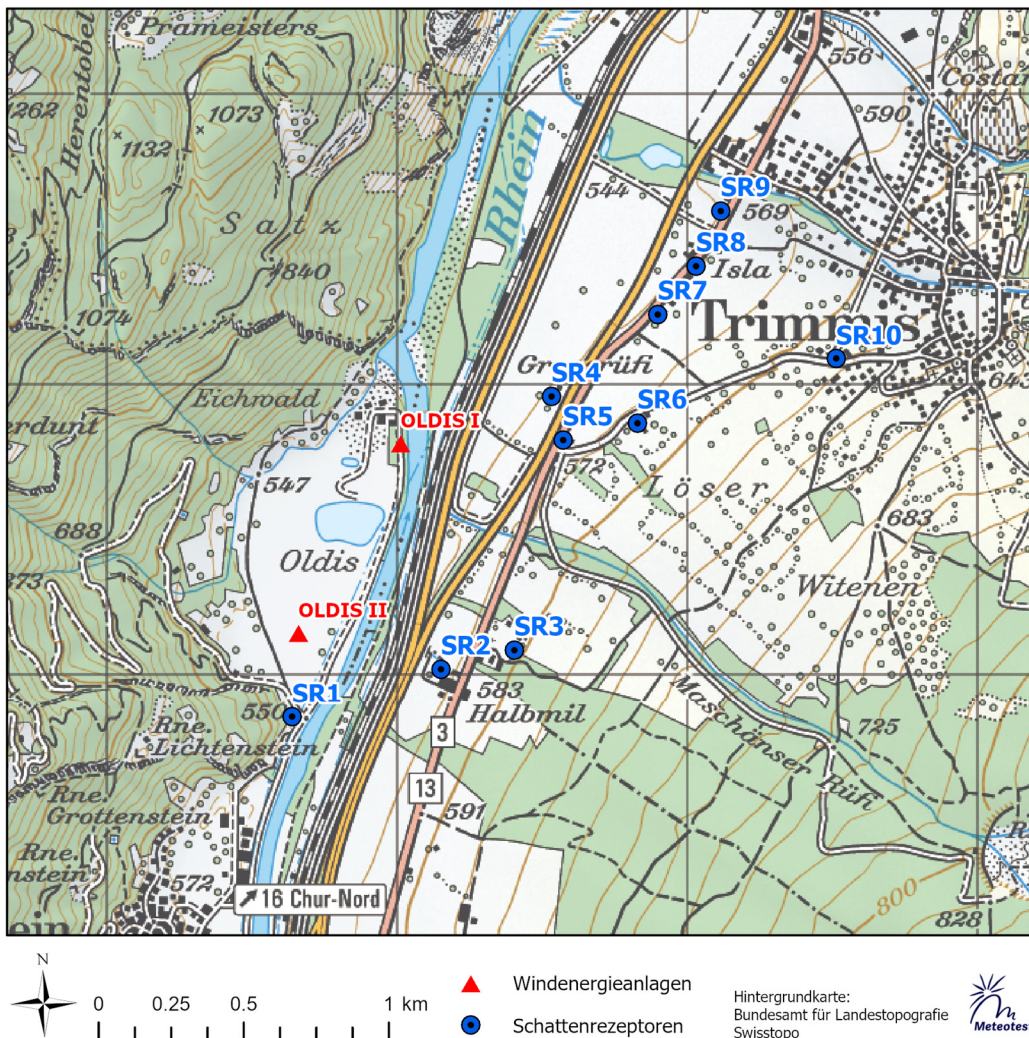


Abbildung 2: Die berücksichtigten Immissionsorte in der Region um die WEA.

Den Immissionsorten wurden, entsprechend den WEA-Schattenwurf-Hinweisen, eine Grösse von 0.1 m x 0.1 m und eine Aufpunkthöhe von 2 m zugeordnet. Zudem wurde angenommen, dass die Gebäude horizontal ausgerichtet sind und Beschattungen aus allen Richtungen empfangen können (sogenannter "Gewächshausmodus"). Diese Annahme ermöglicht eine konservative Abschätzung der Schattenwurfdauer, da in Realität nur dort Schattenwurf störend wirkt, wo die Gebäude Fenster haben.

Tabelle 4: Standortkoordinaten der ausgewählten Immissionsorte bei Haldenstein (Landeskoordinaten CH1903+ LV95).

Nr.	Bezeichnung	X [m]	Y [m]
A	SR 1	2'759'636	1'194'851
B	SR 2	2'760'149	1'195'017
C	SR 3	2'760'402	1'195'083
D	SR 4	2'760'530	1'195'956
E	SR 5	2'760'570	1'195'806
F	SR 6	2'760'826	1'195'864
G	SR 7	2'760'896	1'196'241
H	SR 8	2'761'028	1'196'407
I	SR 9	2'761'113	1'196'596
J	SR 10	2'761'511	1'196'087

6 Ergebnisse

6.1 Flächenhafte Verteilung des periodischen Schattenwurfs

Die Schattenwurfkarten können in Anhang A eingesehen werden. Sie zeigen die **astronomisch maximal mögliche SWD** in Stunden pro Jahr (Abbildung 3) und die **meteorologisch wahrscheinliche SWD** in Stunden pro Jahr (Abbildung 4). Aufgezeigt werden die von beiden WEA gemeinsam produzierten Schattenwurfimmissionen.

6.2 Schattenwurfdauer pro Immissionsort

Die berechnete astronomisch maximal mögliche SWD und die meteorologisch wahrscheinliche SWD unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Sonnenscheindauer (siehe Tabelle 2) werden in Tabelle 5 aufgezzeigt.

Tabelle 5: **Astronomisch maximal mögliche SWD** in Stunden pro Jahr (Gesamtdauer) sowie in Minuten pro Tag (Maximaldauer) und **meteorologisch wahrscheinliche SWD** in Stunden pro Jahr an den Immissionspunkten. Grenzwertüberschreitungen sind **rot** hervorgehoben. Die SWD entspricht der kombinierte SWD von der bestehenden und der geplanten WEA.

Nr.	Bezeichnung	Astronomisch maximal mögliche SWD		meteorologisch wahrscheinliche SWD
		Gesamtdauer [Std:Min / Jahr]	Maximalwert [Std:Min / Tag]	Gesamtdauer [Std:Min / Jahr]
A	SR 1	00:00	00:00	00:00
B	SR 2	112:42	01:04	21:20
C	SR 3	27:48	00:42	04:27
D	SR 4	64:12	00:47	08:44
E	SR 5	54:33	00:46	08:13
F	SR 6	22:27	00:31	03:07
G	SR 7	26:37	00:27	04:17
H	SR 8	09:19	00:23	01:24
I	SR 9	08:18	00:20	01:18
J	SR 10	00:39	00:05	00:04

6.3 Schattenkalender

In **Anhang B** befinden sich für alle Immissionspunkte, welche Schattenwurf erfahren, **grafische Schattenkalender**. Die Schattenkalender enthalten den Tages- und Jahresgang der astronomisch maximal möglichen SWD.

Die detaillierten **numerischen Schattenkalender** für jede WEA sind in **Anhang C** zu sehen. Diese enthalten in tabellarischer Form die astronomisch maximal möglichen Schattenwurfzeiten einer WEA für jeden Kalendertag.

7 Schlussfolgerungen

Mit der Software WindPRO wurden die von beiden WEA insgesamt verursachten Schattenimmissionen flächenhaft sowie detailliert für insgesamt 10 ausgewählte Immissionspunkte berechnet.

Der Grenzwert von **30 Stunden pro Jahr** astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer wird bei an insgesamt **3 Immissionspunkten überschritten**. Die grösste Grenzwertüberschreitung erfährt der Immissionsort SR 2 mit insgesamt 112:42 Stunden pro Jahr. Die zulässige tägliche maximale Beschattungsdauer von **30 Minuten pro Tag** wird an **5 Immissionsorten überschritten**. Die grösste Grenzwertüberschreitung erfährt der Immissionsort SR 2 mit insgesamt 01:04 Stunden.

Bei der vorliegenden Auswertung wurde die lokale Beschattung durch Wald und Gebäude berücksichtigt, weitere mögliche Beschattung durch Einzelbäume und andere lokale Sichthindernisse jedoch nicht berücksichtigt.

Neben der eigentlichen Dauer des Schattenwurfs ist auch die **Tages- und Jahreszeit des Auftretens zu beachten**. Als besonders unangenehm wird der Schattenwurf in den Sommermonaten abends wahrgenommen, wenn die Bewohner zu Hause sind.

Die Umsetzung der in Abschnitt 3.5 beschriebenen Massnahmen ermöglicht das Einhalten der Grenzwerte für alle Immissionspunkte.

Anhang A: Schattenwurfkarten

Abbildung 3 zeigt eine Karte mit der **astronomisch maximal möglichen Schattenwurfdauer in Stunden pro Jahr** unter Berücksichtigung beider WEA.

Abbildung 4 zeigt eine Karte mit der **meteorologisch wahrscheinlichen Schattenwurfdauer in Stunden pro Jahr** unter Berücksichtigung beider WEA.

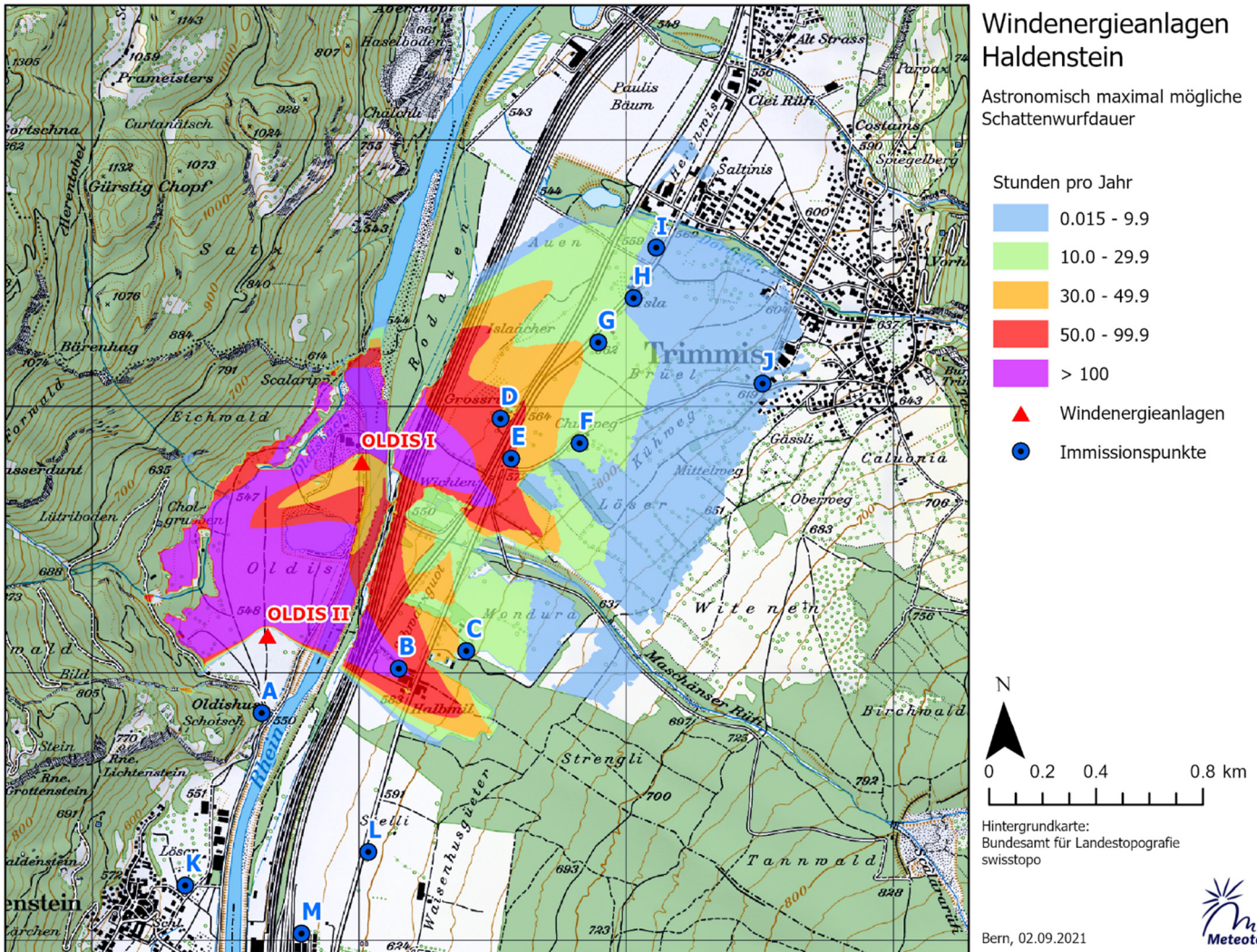


Abbildung 3: Astronomisch maximal mögliche SWD in **Stunden pro Jahr** durch die Gesamtbelastung der beiden WEA.

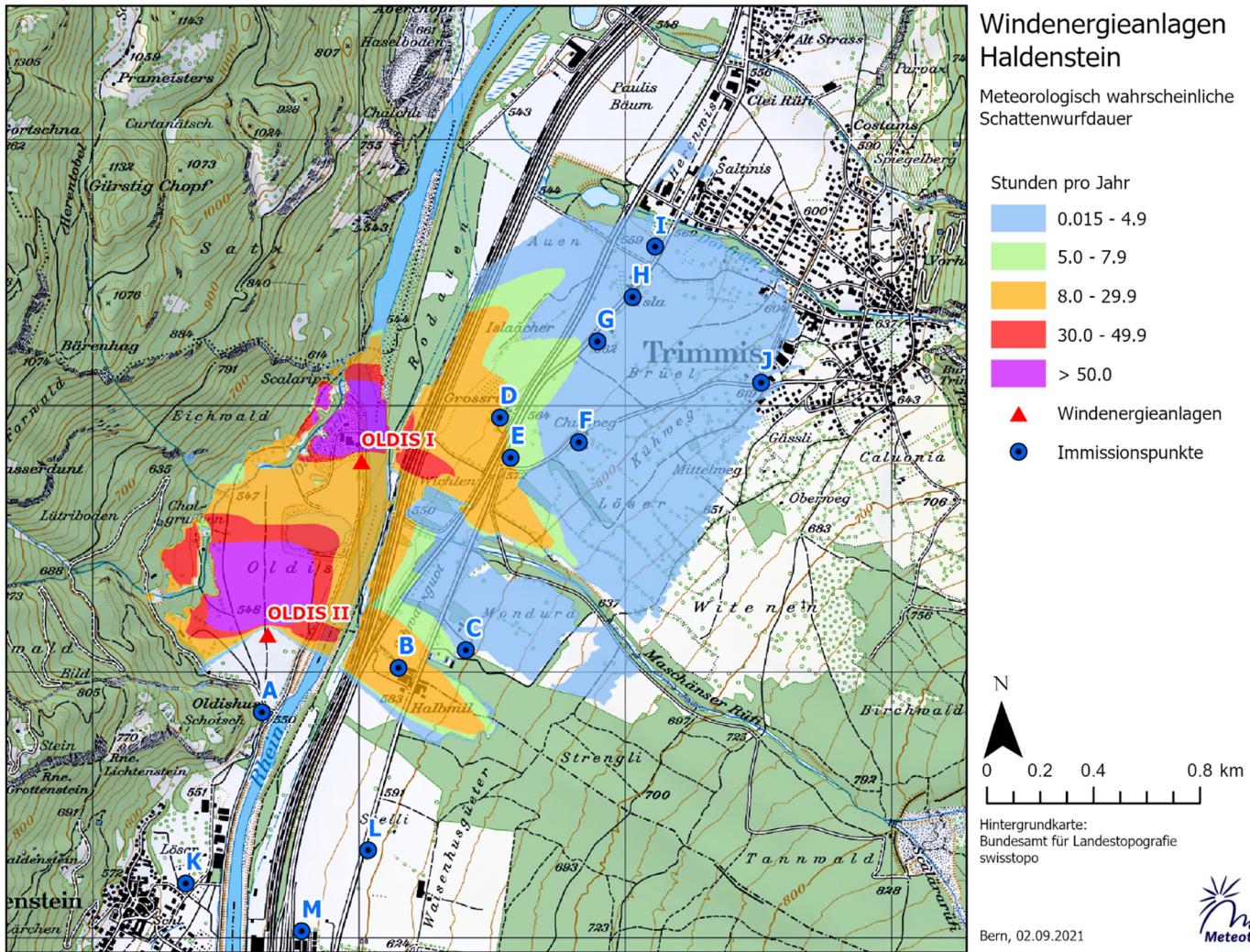


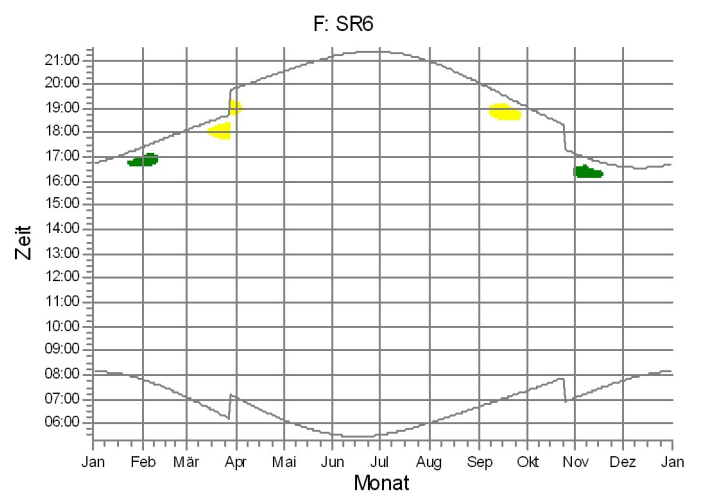
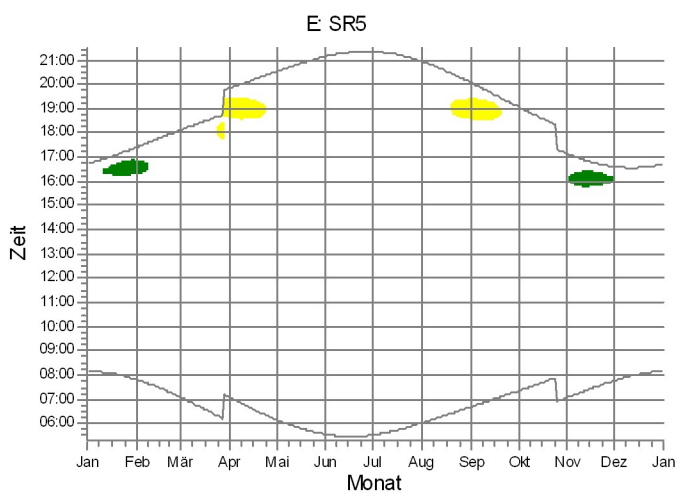
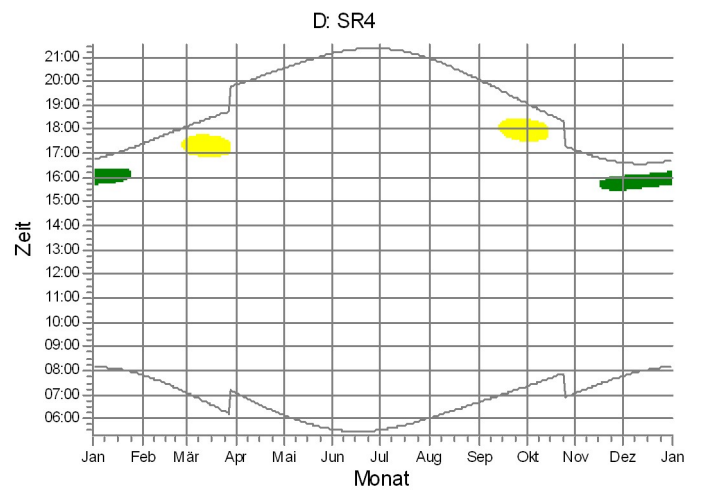
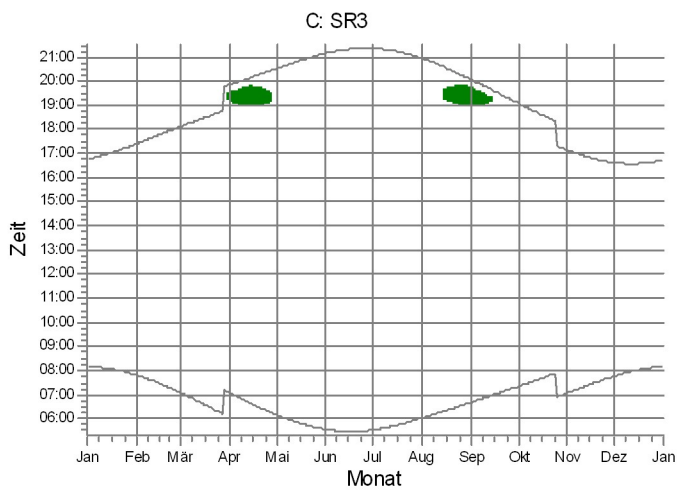
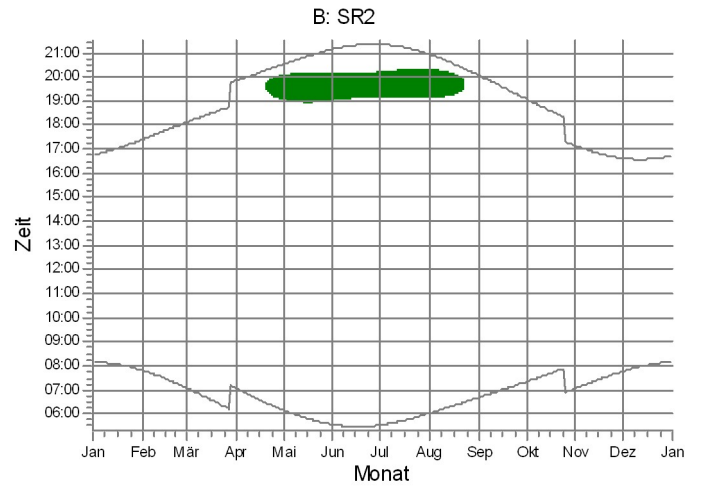
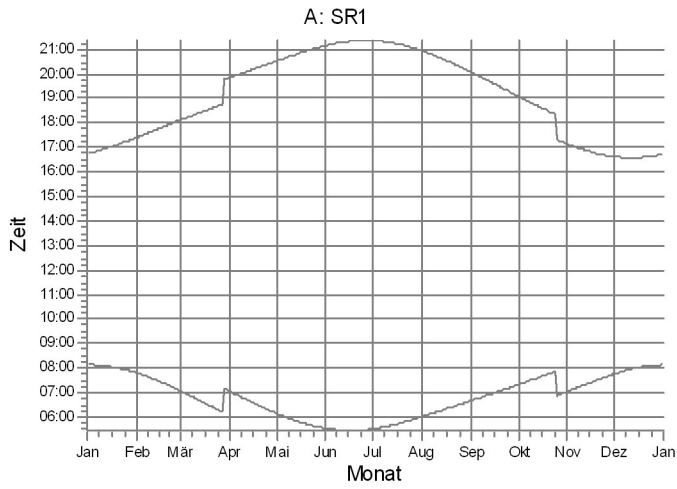
Abbildung 4: Meteorologisch wahrscheinliche SWD in **Stunden pro Jahr** durch die Gesamtbelastung der beiden WEA.

Anhang B: Grafische Beschattungskalender aller Immissionspunkte

Die grafischen Beschattungskalender zeigen für alle Immissionspunkte, welche Schattenwurf erfahren, den **Tages- und Jahrgang** der **astronomisch maximal möglichen SWD**. Die Kalender zeigen die Gesamtbelastung unter Berücksichtigung beider WEA.

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Astr. max. möglicher Schattenwurf

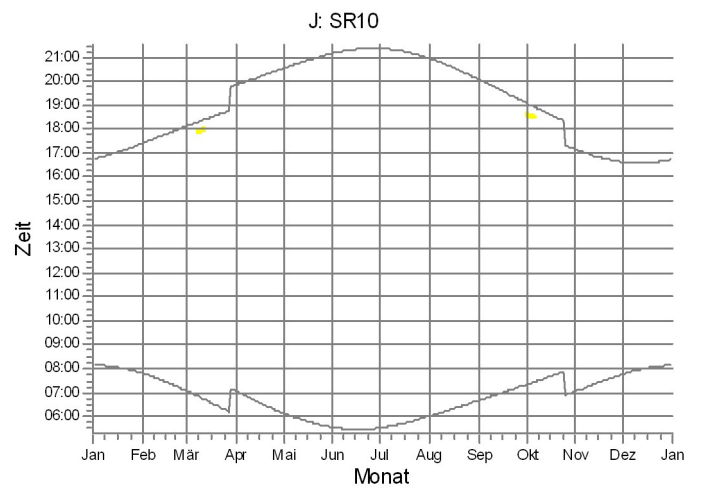
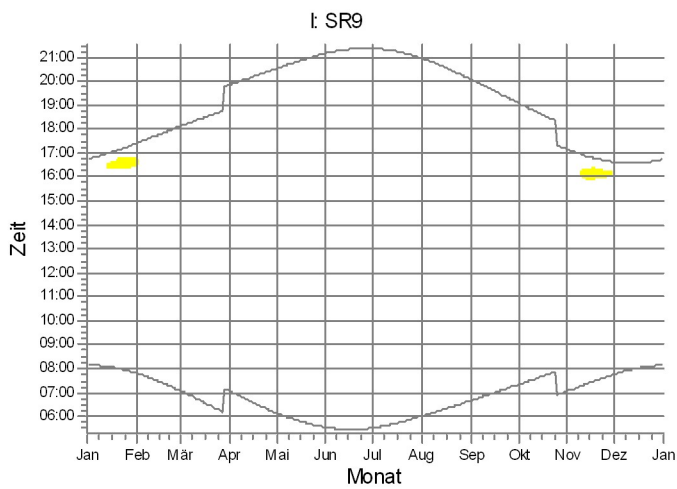
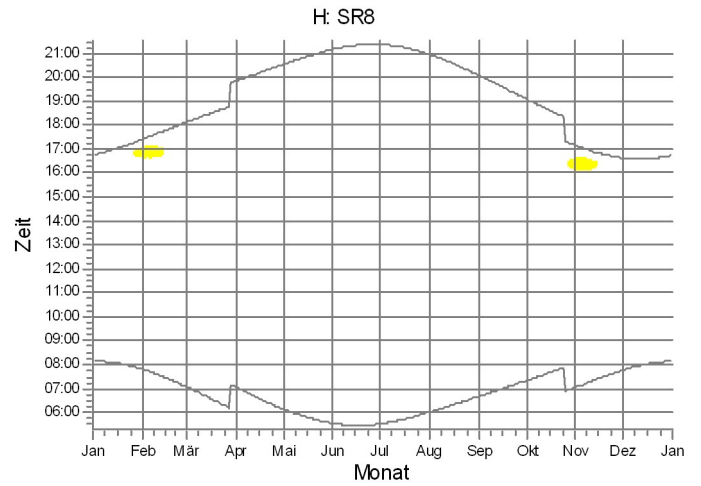
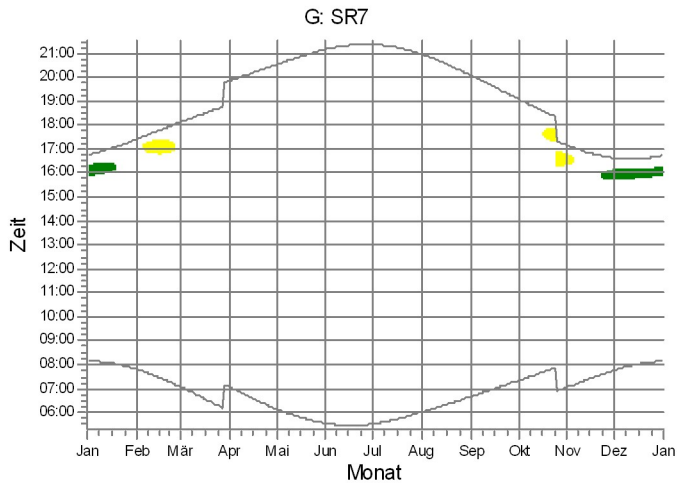


WEA

1: OLDIS II 2: OLDIS I

SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Astr. max. möglicher Schattenwurf



WEA

1: OLDIS II 2: OLDIS I

Anhang C: Tabellarische Beschattungskalender der beiden WEA

Anhang C enthält die detaillierten **numerischen Schattenkalender für beide WEA**. Die Kalender enthalten in tabellarischer Form die **astronomisch maximal möglichen Schattenwurfzeiten** einer WEA für jeden **Kalendertag**.

SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Astr. max. möglicher Schattenwurf WEA: 1 - OLDIS II
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:

- Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
- Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung
- Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
1	08:08 15:45-16:14/29 16:44	07:48 16:21-16:57/36 17:24	07:04 18:07	07:04 19:16-19:27/11 19:50	06:09 19:07-20:00/53 20:31	05:32 19:06-20:04/58 21:08
2	08:08 15:46-16:15/29 16:45	07:47 16:22-16:59/37 17:26	07:02 18:08	07:02 19:13-19:28/15 19:52	06:07 19:07-20:01/54 20:33	05:32 19:06-20:04/58 21:09
3	08:08 15:46-16:16/30 16:46	07:46 16:23-17:00/37 17:27	07:00 18:10	07:00 19:11-19:30/19 19:53	06:06 19:06-20:01/55 20:34	05:31 19:07-20:04/57 21:10
4	08:08 15:47-16:17/30 16:47	07:44 16:24-17:02/38 17:29	06:58 18:11	06:58 19:09-19:31/22 19:54	06:04 19:05-20:02/57 20:35	05:31 19:07-20:04/57 21:11
5	08:08 15:47-16:17/30 16:48	07:43 16:26-17:05/39 17:30	06:57 18:12	06:56 19:08-19:32/24 19:56	06:02 19:04-20:02/58 20:37	05:30 19:07-20:04/57 21:12
6	08:08 15:47-16:19/32 16:49	07:42 16:27-17:04/37 17:32	06:55 18:14	06:54 19:07-19:33/26 19:57	06:01 19:04-20:03/59 20:38	05:30 19:07-20:03/56 21:13
7	08:07 15:48-16:20/32 16:50	07:40 16:44-17:03/19 17:33	06:53 18:15	06:52 19:05-19:35/30 19:59	05:59 19:04-20:04/60 20:39	05:29 19:08-20:04/56 21:13
8	08:07 15:49-16:21/32 16:51	07:39 16:45-17:02/17 17:35	06:51 18:17	06:50 19:04-19:36/32 20:00	05:58 19:03-20:03/60 20:41	05:29 19:09-20:04/55 21:14
9	08:07 15:49-16:21/32 16:52	07:38 16:47-17:01/14 17:36	06:49 18:18	06:48 19:04-19:37/33 20:01	05:57 19:03-20:04/61 20:42	05:28 19:09-20:04/55 21:15
10	08:06 15:50-16:22/32 16:53	07:36 16:49-16:58/9 17:38	06:47 18:20	06:46 19:04-19:39/35 20:03	05:55 19:03-20:04/61 20:43	05:28 19:09-20:04/55 21:16
11	08:06 15:50-16:22/32 16:54	07:35 17:40	06:45 18:21	06:44 19:03-19:41/38 20:04	05:54 19:02-20:04/62 20:45	05:28 19:10-20:04/54 21:16
12	08:06 15:51-16:22/31 16:56	16:24-16:27/3 17:41	06:43 18:23	06:42 19:03-19:42/39 20:05	05:52 19:02-20:04/62 20:46	05:28 19:10-20:04/54 21:17
13	08:05 15:51-16:28/37 16:57	07:31 17:43	06:41 18:24	06:40 19:02-19:43/41 20:07	05:51 19:02-20:05/63 20:47	05:27 19:11-20:04/53 21:17
14	08:05 15:51-16:29/38 16:58	07:30 17:44	06:39 18:25	06:39 19:02-19:44/42 20:08	05:50 19:02-20:05/63 20:48	05:27 19:11-20:04/53 21:18
15	08:04 15:52-16:31/39 17:00	07:28 17:46	06:37 18:27	06:37 19:02-19:43/41 20:10	05:49 19:01-20:04/63 20:50	05:27 19:11-20:04/53 21:18
16	08:03 15:53-16:32/39 17:01	07:27 17:47	06:35 18:28	06:35 19:02-19:42/40 20:11	05:47 19:01-20:04/63 20:51	05:27 19:12-20:05/53 21:19
17	08:03 15:53-16:34/41 17:02	07:25 17:49	06:33 18:30	06:33 19:03-19:43/40 20:12	05:46 19:01-20:05/64 20:52	05:27 19:12-20:05/53 21:19
18	08:02 15:54-16:18/24 17:04	16:19-16:35/16 17:50	06:31 18:31	06:31 19:03-19:42/39 20:14	05:45 19:01-20:05/64 20:53	05:27 19:12-20:05/53 21:20
19	08:01 16:19-16:36/17 17:05	16:19-16:17/22 17:52	06:29 18:32	06:29 19:03-19:41/38 20:15	05:44 19:02-20:05/63 20:54	05:27 19:12-20:05/53 21:20
20	08:01 16:19-16:39/20 17:06	16:19-16:18/21 17:53	06:27 18:34	06:27 19:03-19:39/36 20:16	05:43 19:02-20:05/63 20:56	05:27 19:12-20:05/53 21:20
21	08:00 16:19-16:40/21 17:08	16:19-16:17/19 17:55	06:25 18:35	06:26 19:05-19:41/36 20:18	05:42 19:02-20:05/63 20:57	05:28 19:13-20:05/52 21:20
22	07:59 16:19-16:42/23 17:09	16:19-16:16/17 17:56	06:23 18:37	06:24 19:05-19:46/41 20:19	05:41 19:02-20:05/63 20:58	05:28 19:14-20:06/52 21:21
23	07:58 16:19-16:43/24 17:11	16:01-16:15/14 17:58	06:21 18:38	06:22 19:06-19:49/43 20:21	05:40 19:02-20:04/62 20:59	05:28 19:13-20:06/53 21:21
24	07:57 16:19-16:45/26 17:12	16:03-16:13/10 17:59	06:19 18:39	06:20 19:07-19:51/44 20:22	05:39 19:02-20:04/62 21:00	05:28 19:13-20:06/53 21:21
25	07:56 16:19-16:46/27 17:14	07:11 18:01	06:17 18:41	06:19 19:09-19:53/44 20:23	05:38 19:03-20:05/62 21:01	05:29 19:14-20:07/53 21:21
26	07:55 16:18-16:47/29 17:15	07:09 18:02	06:15 18:42	06:17 19:11-19:54/43 20:25	05:37 19:04-20:05/61 21:02	05:29 19:14-20:07/53 21:21
27	07:54 16:19-16:49/30 17:17	07:08 18:04	06:14 18:43	06:15 19:13-19:56/43 20:26	05:36 19:04-20:04/60 21:03	05:29 19:14-20:06/52 21:21
28	07:53 16:19-16:51/32 17:18	07:06 18:05	06:12 18:45	06:14 19:11-19:57/46 20:27	05:35 19:04-20:04/60 21:04	05:30 19:14-20:07/53 21:21
29	07:52 16:20-16:53/33 17:20		07:10 19:46	06:12 19:09-19:58/49 20:29	05:34 19:05-20:05/60 21:05	05:30 19:14-20:07/53 21:21
30	07:51 16:20-16:54/34 17:21		07:08 19:48	06:10 19:09-19:59/50 20:30	05:34 19:05-20:04/59 21:06	05:31 19:14-20:08/54 21:21
31	07:50 16:20-16:55/35 17:23		07:06 19:19-19:26/7 19:49		05:33 19:05-20:04/59 21:07	
Sonnenscheinstunden	279	288	368	407	466	474
Anzahl Minuten mit Schatten	1062	295	7	1080	1879	1624

Tabellen-Layout: Die Daten für jeden Tag sind in folgender Matrix wiedergegeben (Sommerzeit wie Bezugsjahr):

Tag im Monat	Sonnenaufgang (SS:MM)	Sonnenuntergang (SS:MM)	Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenende/Minuten mit Schatten
--------------	-----------------------	-------------------------	-------------------	----------------------------------	-----------------------------------

SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Astr. max. möglicher Schattenwurf WEA: 1 - OLDIS II
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:
Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinflussrichtung
Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Juli		August		September		Oktober	November	Dezember		
1	05:31	19:14-20:08/54	06:01	19:12-20:15/63	06:41	19:02-19:39/37	07:20	07:03	16:18-16:28/10	07:46	15:32-16:04/32
	21:21		20:56		20:04		19:04	17:08		16:36	
2	05:32	19:14-20:09/55	06:02	19:12-20:14/62	06:42	19:02-19:37/35	07:21	07:05	16:15-16:30/15	07:47	15:32-16:04/32
	21:20		20:55		20:02		19:02	17:06		16:36	
3	05:32	19:14-20:08/54	06:03	19:12-20:14/62	06:43	19:02-19:35/33	07:22	07:06	16:14-16:32/18	07:48	15:33-16:05/32
	21:20		20:53		20:00		19:00	17:05	16:03-16:07/4	16:35	
4	05:33	19:14-20:09/55	06:05	19:12-20:13/61	06:44	19:02-19:34/32	07:24	07:08	16:14-16:33/19	07:49	15:33-16:06/33
	21:20		20:52		19:58		18:58	17:03	15:59-16:12/13	16:35	
5	05:34	19:14-20:10/56	06:06	19:13-20:14/61	06:46	19:02-19:32/30	07:25	07:09	15:57-16:33/36	07:51	15:33-16:06/33
	21:20		20:50		19:56		18:56	17:02		16:35	
6	05:34	19:14-20:10/56	06:07	19:13-20:13/60	06:47	19:03-19:30/27	07:27	07:11	15:55-16:34/39	07:52	15:33-16:05/32
	21:19		20:49		19:54		18:54	17:01		16:34	
7	05:35	19:14-20:10/56	06:08	19:14-20:12/58	06:48	19:03-19:27/24	07:28	07:12	15:54-16:32/38	07:53	15:34-16:05/31
	21:19		20:47		19:52		18:52	16:59		16:34	
8	05:36	19:14-20:11/57	06:10	19:14-20:11/57	06:50	19:04-19:26/22	07:29	07:14	15:53-16:31/38	07:54	15:34-16:04/30
	21:18		20:46		19:50		18:50	16:58		16:34	
9	05:37	19:14-20:12/58	06:11	19:14-20:10/56	06:51	19:05-19:24/19	07:31	07:15	15:52-16:29/37	07:55	15:34-16:04/30
	21:18		20:44		19:48		18:48	16:57		16:34	
10	05:37	19:13-20:11/58	06:12	19:15-20:10/55	06:52	19:06-19:22/16	07:32	07:17	15:52-16:28/36	07:56	15:35-16:04/29
	21:17		20:43		19:46		18:46	16:55		16:34	
11	05:38	19:13-20:12/59	06:13	19:16-20:09/53	06:54	19:07-19:19/12	07:33	07:18	15:52-16:27/35	07:57	15:36-16:04/28
	21:17		20:41		19:44		18:45	16:54		16:34	
12	05:39	19:13-20:12/59	06:15	19:16-20:08/52	06:55	19:11-19:18/7	07:35	07:20	15:51-16:25/34	07:58	15:36-16:04/28
	21:16		20:40		19:42		18:43	16:53		16:34	
13	05:40	19:13-20:13/60	06:16	19:17-20:07/50	06:56	19:15-19:16/1	07:36	07:21	15:52-16:24/32	07:59	15:37-16:04/27
	21:15		20:38		19:40		18:41	16:52		16:34	
14	05:41	19:13-20:13/60	06:17	19:18-20:06/48	06:57		07:38	07:23	15:51-16:23/32	07:59	15:37-16:04/27
	21:15		20:36		19:38		18:39	16:50		16:34	
15	05:42	19:13-20:13/60	06:19	19:19-20:05/46	06:59		07:39	07:24	15:52-16:22/30	08:00	15:38-16:05/27
	21:14		20:35		19:36		18:37	16:49		16:34	
16	05:43	19:13-20:14/61	06:20	19:20-20:03/43	07:00		07:40	07:25	15:52-16:21/29	08:01	15:39-16:05/26
	21:13		20:33		19:34		18:35	16:48		16:34	
17	05:44	19:13-20:14/61	06:21	19:17-20:01/44	07:01		07:42	07:27	15:52-16:19/27	08:02	15:39-16:04/25
	21:12		20:31		19:32		18:33	16:47		16:34	
18	05:45	19:13-20:14/61	06:22	19:14-19:59/45	07:03		07:43	07:28	15:53-16:19/26	08:03	15:40-16:05/25
	21:12		20:29		19:30		18:32	16:46	15:37-15:47/10	16:35	
19	05:46	19:13-20:15/62	06:24	19:13-19:57/44	07:04		07:45	07:30	15:53-16:17/24	08:03	15:40-16:06/26
	21:11		20:28		19:28		18:30	16:45	15:35-15:49/14	16:35	
20	05:47	19:13-20:15/62	06:25	19:11-19:54/43	07:05		07:46	07:31	15:54-16:17/23	08:04	15:40-16:05/25
	21:10		20:26		19:26		18:28	16:44	15:34-15:51/17	16:35	
21	05:48	19:13-20:15/62	06:26	19:10-19:50/40	07:07		07:47	07:33	15:54-16:15/21	08:04	15:41-16:06/25
	21:09		20:24		19:24		18:26	16:43	15:33-15:52/19	16:36	
22	05:49	19:13-20:15/62	06:28	19:08-19:43/35	07:08		07:49	07:34	15:55-16:15/20	08:05	15:41-16:06/25
	21:08		20:22		19:22		18:24	16:42	15:33-15:54/21	16:36	
23	05:50	19:12-20:15/63	06:29	19:08-19:44/36	07:09		07:50	07:35	15:56-16:13/17	08:05	15:42-16:07/25
	21:07		20:21		19:20		18:23	16:41	15:32-15:54/22	16:37	
24	05:51	19:12-20:15/63	06:30	19:07-19:44/37	07:10		07:52	07:37	15:32-15:56/24	08:06	15:42-16:08/26
	21:06		20:19		19:18		18:21	16:41	15:57-16:13/16	16:37	
25	05:53	19:12-20:15/63	06:31	19:05-19:45/40	07:12		06:53	07:38	15:31-16:12/41	08:06	15:43-16:08/25
	21:04		20:17		19:16		17:19	16:40		16:38	
26	05:54	19:12-20:15/63	06:33	19:04-19:44/40	07:13		06:55	07:39	15:31-16:10/39	08:07	15:43-16:08/25
	21:03		20:15		19:14		17:18	16:39		16:39	
27	05:55	19:12-20:15/63	06:34	19:04-19:45/41	07:14		06:56	07:41	15:31-16:10/39	08:07	15:44-16:10/26
	21:02		20:13		19:12		17:16	16:38		16:39	
28	05:56	19:12-20:15/63	06:35	19:04-19:45/41	07:16		06:58	07:42	15:31-16:09/38	08:07	15:44-16:10/26
	21:01		20:11		19:10		17:14	16:38		16:40	
29	05:57	19:12-20:15/63	06:37	19:03-19:45/42	07:17		06:59	07:43	15:31-16:08/37	08:07	15:44-16:11/27
	21:00		20:10		19:08		17:13	16:37		16:41	
30	05:58	19:12-20:15/63	06:38	19:02-19:43/41	07:18		07:00	07:45	15:32-16:03/31	08:08	15:45-16:12/27
	20:58		20:08		19:06		17:11	16:37	16:05-16:08/3	16:42	
31	06:00	19:12-20:15/63	06:39	19:03-19:42/39			07:02			08:08	15:45-16:13/28
	20:57		20:06				17:10			16:42	
Sonnenscheinstunden	479		440		378		339	283		267	
Anzahl Minuten mit Schatten	1855		1495		295		0	1024		863	

Tabellen-Layout: Die Daten für jeden Tag sind in folgender Matrix wiedergegeben (Sommerzeit wie Bezugsjahr):

Tag im Monat	Sonnenaufgang (SS:MM)	Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenende/Minuten mit Schatten
	Sonnenuntergang (SS:MM)	Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenende/Minuten mit Schatten

SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Astr. max. möglicher Schattenwurf WEA: 2 - OLDIS I
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:
Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinfallrichtung
Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
1	08:08 16:44	07:48 16:33-16:41/8 17:24 16:42-16:57/15	07:04 17:08-17:32/24 18:07	07:04 18:42-19:23/41 19:50	06:09 20:31	05:32 21:08
2	08:08 16:45	07:46 16:41-17:00/19 17:26	07:02 17:06-17:34/28 18:08	07:02 18:41-19:23/42 19:52	06:07 20:33	05:32 21:09
3	08:08 16:46	07:46 16:41-17:00/19 17:27	07:00 17:04-17:36/32 18:10	07:00 18:40-19:23/43 19:53	06:06 20:34	05:31 21:10
4	08:08 16:47	07:44 16:42-17:02/20 17:29	06:58 17:02-17:37/35 18:11	06:58 18:39-19:24/45 19:54	06:04 20:35	05:30 21:11
5	08:08 16:48	07:43 16:42-17:04/22 17:30	06:57 17:00-17:38/38 18:12	06:56 18:39-19:23/44 19:56	06:02 20:37	05:30 21:12
6	08:08 16:49	07:42 16:41-17:06/25 17:32	06:55 16:59-17:39/40 18:14	06:54 18:38-19:23/45 19:57	06:01 20:38	05:29 21:13
7	08:07 16:50	07:40 16:42-17:08/26 17:33	06:53 16:59-17:40/41 18:15	06:52 18:38-19:23/45 19:59	05:59 20:39	05:29 21:13
8	08:07 16:51	07:39 16:42-17:09/27 17:35	06:51 17:52-17:54/2 18:17 16:58-17:41/43	06:50 18:37-19:23/46 20:00	05:58 20:41	05:29 21:14
9	08:07 16:52	07:38 16:43-17:11/28 17:36	06:49 17:52-17:55/3 18:18 16:57-17:41/44	06:48 18:37-19:22/45 20:01	05:57 20:42	05:28 21:15
10	08:06 16:53	07:36 16:43-17:12/29 17:38	06:47 17:53-17:57/4 18:20 16:56-17:41/45	06:46 18:38-19:23/45 20:03	05:55 20:43	05:28 21:16
11	08:06 16:54	07:35 16:44-17:14/30 17:39	06:45 17:54-17:58/4 18:21 16:56-17:41/45	06:44 18:38-19:22/44 20:04	05:54 20:45	05:28 21:16
12	08:06 16:56	07:33 16:46-17:16/30 17:41	06:43 17:55-18:00/5 18:23 16:55-17:41/46	06:42 18:38-19:21/43 20:05	05:52 20:46	05:28 21:17
13	08:05 16:57	07:31 16:48-17:17/29 17:43	06:41 16:55-17:41/46 18:24	06:40 18:38-19:20/42 20:07	05:51 20:47	05:27 21:17
14	08:05 16:27-16:29/2 16:58	07:30 16:52-17:18/26 17:44	06:39 16:55-17:41/46 18:25	06:39 18:38-19:19/41 20:08	05:50 20:48	05:27 21:18
15	08:04 16:27-16:31/4 17:00	07:28 16:52-17:18/26 17:46	06:37 16:54-17:40/46 18:27	06:37 18:39-19:18/39 20:10	05:49 20:50	05:27 21:18
16	08:03 16:26-16:32/6 17:01	07:27 16:51-17:18/27 17:47	06:35 18:01-18:05/4 18:28 16:54-17:40/46	06:35 18:39-19:17/38 20:11	05:47 20:51	05:27 21:19
17	08:03 16:25-16:33/8 17:02	07:25 16:52-17:18/26 17:49	06:33 17:58-18:07/9 18:30 16:54-17:39/45	06:33 18:41-19:17/36 20:12	05:46 20:52	05:27 21:19
18	08:02 16:25-16:35/10 17:04	07:23 16:52-17:18/26 17:50	06:31 17:55-18:08/13 18:31 16:55-17:39/44	06:31 18:41-19:15/34 20:14	05:45 20:53	05:27 21:20
19	08:01 16:25-16:36/11 17:05	07:22 16:52-17:17/25 17:52	06:29 17:54-18:09/15 18:32 16:55-17:38/43	06:29 18:42-19:13/31 20:15	05:44 20:54	05:27 21:20
20	08:01 16:25-16:39/14 17:06	07:20 16:53-17:16/23 17:53	06:27 17:52-18:11/19 18:34 16:55-17:37/42	06:27 18:44-19:11/27 20:16	05:43 20:56	05:27 21:20
21	08:00 16:25-16:40/15 17:08	07:18 16:54-17:16/22 17:55	06:25 17:51-18:12/21 18:35 16:56-17:36/40	06:26 18:46-19:10/24 20:18	05:42 20:57	05:27 21:20
22	07:59 16:25-16:42/17 17:09	07:17 16:55-17:14/19 17:56	06:23 17:50-18:14/24 18:37 16:57-17:35/38	06:24 18:48-19:07/19 20:19	05:41 20:58	05:28 21:21
23	07:58 16:26-16:43/17 17:11	07:15 16:57-17:12/15 17:58	06:21 17:49-18:15/26 18:38 16:58-17:33/35	06:22 18:52-19:02/10 20:20	05:40 20:59	05:28 21:21
24	07:57 16:26-16:45/19 17:12	07:13 16:59-17:09/10 17:59	06:19 17:49-18:16/27 18:39 16:59-17:31/32	06:20 20:22	05:39 21:00	05:28 21:21
25	07:56 16:26-16:46/20 17:14	07:11 18:01	06:17 17:48-18:18/30 18:41 17:00-17:29/29	06:19 20:23	05:38 21:01	05:28 21:21
26	07:55 16:26-16:45/19 17:15	07:09 18:02	06:15 17:48-18:19/31 18:42 17:02-17:27/25	06:17 20:25	05:37 21:02	05:29 21:21
27	07:54 16:27-16:45/18 17:17	07:08 17:18-17:23/5 18:04	06:13 17:48-18:19/31 18:43 17:05-17:24/19	06:15 20:26	05:36 21:03	05:29 21:21
28	07:53 16:27-16:45/18 17:18 16:47-16:51/4	07:06 17:12-17:29/17 18:05	06:11 17:48-18:20/32 18:45 17:09-17:19/10	06:14 20:27	05:35 21:04	05:30 21:21
29	07:52 16:29-16:53/24 17:20		07:10 18:46-19:21/35 19:46	06:12 20:29	05:34 21:06	05:30 21:21
30	07:51 16:30-16:54/24 17:21		07:08 18:45-19:22/37 19:48	06:10 20:30	05:34 21:06	05:31 21:21
31	07:50 16:31-16:55/24 17:23		07:06 18:43-19:22/39 19:49		05:33 21:07	
Sonnenscheinstunden	279	288	368	407	466	474
Anzahl Minuten mit Schatten	274	592	1458	869	0	0

Tabellen-Layout: Die Daten für jeden Tag sind in folgender Matrix wiedergegeben (Sommerzeit wie Bezugsjahr):

Tag im Monat	Sonnenaufgang (SS:MM)	Sonnenuntergang (SS:MM)	Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenende/Minuten mit Schatten
--------------	-----------------------	-------------------------	-------------------	----------------------------------	-----------------------------------

SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Astr. max. möglicher Schattenwurf WEA: 2 - OLDIS I
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

- Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:
- Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
- Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung
- Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

	July	August	September	Oktober	November	Dezember
1	05:31 21:21	06:01 20:56	06:41 18:37-19:21/44 20:04	07:20 18:35-18:39/4 19:04 17:34-18:20/46	07:03 16:13-16:42/29 17:08	07:46 16:36
2	05:32 21:20	06:02 20:55	06:42 18:36-19:21/45 20:02	07:21 18:32-18:37/5 19:02 17:34-18:20/46	07:05 16:12-16:40/28 17:06	07:47 16:36
3	05:32 21:20	06:03 20:53	06:43 18:35-19:20/45 20:00	07:22 18:31-18:35/4 19:00 17:34-18:19/45	07:06 16:12-16:38/26 17:05	07:48 16:35
4	05:33 21:20	06:04 20:52	06:44 18:35-19:21/46 19:58	07:24 18:29-18:33/4 18:58 17:34-18:18/44	07:08 16:12-16:37/25 17:03	07:49 16:35
5	05:34 21:20	06:06 20:50	06:46 18:35-19:20/45 19:56	07:25 18:29-18:32/3 18:56 17:34-18:18/44	07:09 16:11-16:34/23 17:02	07:51 16:35
6	05:34 21:19	06:07 20:49	06:47 18:34-19:19/45 19:54	07:27 18:28-18:29/1 18:54 17:34-18:16/42	07:11 16:12-16:34/22 17:01	07:52 16:34
7	05:35 21:19	06:08 20:47	06:48 18:34-19:19/45 19:52	07:28 17:34-18:15/41 18:52	07:12 16:11-16:32/21 16:59	07:53 16:34
8	05:36 21:18	06:10 20:46	06:50 18:33-19:18/45 19:50	07:29 17:36-18:14/38 18:50	07:14 16:12-16:31/19 16:58	07:54 16:34
9	05:37 21:18	06:11 20:44	06:51 18:34-19:18/44 19:48	07:31 17:36-18:12/36 18:48	07:15 16:12-16:29/17 16:57	07:55 16:34
10	05:37 21:17	06:12 20:43	06:52 18:34-19:16/42 19:46	07:32 17:38-18:11/33 18:46	07:17 16:04-16:12/8 16:55	07:56 16:34
11	05:38 21:17	06:13 20:41	06:54 18:34-19:15/41 19:44	07:33 17:39-18:09/30 18:45	07:18 16:03-16:27/24 16:54	07:57 16:34
12	05:39 21:16	06:15 20:40	06:55 18:35-19:15/40 19:42	07:35 17:40-18:06/26 18:43	07:20 16:01-16:25/24 16:53	07:58 16:34
13	05:40 21:15	06:16 20:38	06:56 18:36-19:13/37 19:40	07:36 17:43-18:04/21 18:41	07:21 16:00-16:24/24 16:51	07:59 16:34
14	05:41 21:15	06:17 20:36	06:57 18:36-19:11/35 19:38	07:38 17:46-18:00/14 18:39	07:23 15:59-16:17/18 16:50	07:59 16:34
15	05:42 21:14	06:18 20:35	06:59 18:37-19:09/32 19:36	07:39 18:00-18:07/7 18:37	07:24 16:00-16:18/18 16:49	08:00 16:34
16	05:43 21:13	06:20 20:33	07:00 18:37-19:08/31 19:34	07:40 17:55-18:13/18 18:35	07:25 15:59-16:18/19 16:48	08:01 16:34
17	05:44 21:12	06:21 20:31	07:01 18:36-19:07/31 19:32	07:42 17:35-17:37/2 18:33	07:27 15:59-16:19/20 16:47	08:02 16:34
18	05:45 21:12	06:22 20:29	07:03 18:36-19:06/30 19:30	07:43 17:30-17:42/12 18:32	07:28 16:00-16:19/19 16:46	08:03 16:35
19	05:46 21:11	06:24 20:28	07:04 18:35-19:03/28 19:28	07:45 17:28-17:44/16 18:30	07:30 16:00-16:17/17 16:45	08:03 16:35
20	05:47 21:10	06:25 18:57-19:09/12 20:26	07:05 18:36-19:02/26 19:26	07:46 17:25-17:45/20 18:28	07:31 16:00-16:17/17 16:44	08:04 16:35
21	05:48 21:09	06:26 18:53-19:12/19 20:24	07:07 18:35-19:00/25 19:24	07:47 17:25-17:47/22 18:26	07:33 16:00-16:15/15 16:43	08:04 16:36
22	05:49 21:08	06:28 18:50-19:14/24 20:22	07:08 18:35-18:57/22 19:22	07:49 17:23-17:47/24 18:24	07:34 16:01-16:15/14 16:42	08:05 16:36
23	05:50 21:07	06:29 18:48-19:16/28 20:21	07:09 18:36-18:56/20 19:20	07:50 17:23-17:48/25 18:23	07:35 16:02-16:13/11 16:41	08:05 16:37
24	05:51 21:06	06:30 18:46-19:17/31 20:19	07:10 18:37-18:54/17 19:18	07:52 17:22-17:47/25 18:21	07:37 16:03-16:13/10 16:41	08:06 16:37
25	05:52 21:05	06:31 18:44-19:18/34 20:17	07:12 18:37-18:51/14 19:16	06:53 16:22-16:48/26 17:19	07:38 16:03-16:12/9 16:40	08:06 16:38
26	05:54 21:03	06:33 18:42-19:19/37 20:15	07:13 18:38-18:49/11 19:14	06:55 16:21-16:47/26 17:18	07:39 16:04-16:10/6 16:39	08:07 16:39
27	05:55 21:02	06:34 18:42-19:20/38 20:13	07:14 18:41-18:47/6 19:12	06:56 16:21-16:48/27 17:16	07:41 16:06-16:10/4 16:38	08:07 16:39
28	05:56 21:01	06:35 18:40-19:20/40 20:11	07:16 17:35-18:21/46 19:10	06:58 16:20-16:47/27 17:14	07:42 16:07-16:09/2 16:38	08:07 16:40
29	05:57 21:00	06:37 18:39-19:20/41 20:09	07:17 17:34-18:20/46 19:08	06:59 16:17-16:46/29 17:13	07:43 16:07-16:11/1 16:37	08:07 16:41
30	05:58 20:58	06:38 18:38-19:20/42 20:08	07:18 17:34-18:21/47 19:06	07:00 16:15-16:45/30 17:11	07:45 16:07-16:11/1 16:37	08:08 16:42
31	06:00 20:57	06:39 18:38-19:21/43 20:06		07:02 16:14-16:43/29 17:10		08:08 16:42
Sonnenscheinstunden	479	440	378	339	283	267
Anzahl Minuten mit Schatten	0	389	1467	867	508	0

Tabellen-Layout: Die Daten für jeden Tag sind in folgender Matrix wiedergegeben (Sommerzeit wie Bezugsjahr):

Tag im Monat	Sonnenaufgang (SS:MM)	Sonnenuntergang (SS:MM)	Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM)	Schattenende/Minuten mit Schatten
--------------	-----------------------	-------------------------	-------------------	----------------------------------	-----------------------------------



Windenergieprojekt Haldenstein

Sichtbarkeitsgutachten

Impressum

Auftraggeber Kontaktperson Adresse	Calandawind AG Jürg Michel Feldstrasse 17 7023 Haldenstein
Datum Aktuelle Version Ältere Versionen Projektnummer Datei	16.09.2021 Schlussbericht - 21_0170 Sichtbarkeitsgutachten_Haldenstein.docx
Erstellt durch Kontrolliert durch Genehmigt durch	Dominik Eggli 20.09.2021 Simon Albrecht 22.09.2021 Sara Koller
Gewährleistung	Meteotest gewährleistet ihren Kunden eine sorgfältige und fachgerechte Auftragsbearbeitung. Jegliche Haftung, insbesondere auch für Folgeschäden, wird im Rahmen des gesetzlich Zulässigen wegbedungen.

Zusammenfassung

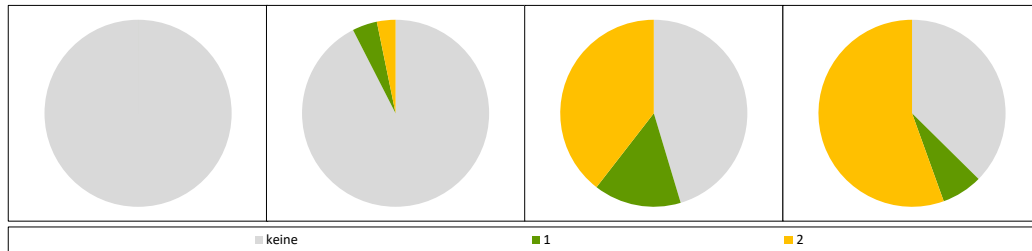
Die Calandawind AG plant bei Haldenstein den Bau einer zweiten Windenergieanlage Oldis II rund 750 m südlich der bestehenden Anlage Oldis I. Im vorliegenden Gutachten werden die **Auswirkungen der beiden Windenergieanlagen (WEA) auf die Bevölkerung hinsichtlich der Sichtbarkeit der Anlagen** untersucht.

Unter Berücksichtigung der Topografie sowie der Waldflächen wurde die Sichtbarkeit der beiden Anlagen in regionalen Sichtbarkeitskarten dargestellt.

In der folgenden Tabelle sind die betroffenen Personen im Umkreis der beiden Anlagen angegeben.

Tabelle: Anzahl der betroffenen Bewohner im Umkreis der WEA für die kumulativen Distanzbereiche.

Kernzone 0 - 0.5 km			Nahbereich 0 - 2.5 km			Mittelbereich 0 - 5 km			Fernbereich 0 - 10 km		
Anzahl Anlagen	Bewohner	Anteil	Anzahl Anlagen	Bewohner	Anteil	Anzahl Anlagen	Bewohner	Anteil	Anzahl Anlagen	Bewohner	Anteil
keine	69'508	100.0%	keine	64'287	92.5%	keine	31'529	45.4%	keine	25'997	37.4%
1	3	0.0%	1	2'986	4.3%	1	10'518	15.1%	1	4'931	7.1%
2	-	0.0%	2	2'238	3.2%	2	27'464	39.5%	2	38'583	55.5%
Total Bevölkerung	69'511	100.0%	Total Bevölkerung	69'511	100.0%	Total Bevölkerung	69'511	100.0%	Total Bevölkerung	69'511	100.0%
Total Betroffene	3	0.0%	Total Betroffene	5'224	7.5%	Total Betroffene	37'982	54.6%	Total Betroffene	43'514	62.6%



Die Sichtbarkeitsberechnungen zeigen, dass nur sehr wenige Personen durch die neue Anlage zusätzlich beeinträchtigt werden.

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Datengrundlagen	6
2.1	Topografie.....	6
2.2	Sichthindernisse	6
2.3	Standorte der Windenergieanlagen.....	6
2.4	Bevölkerungsverteilung.....	6
3	Methodik	7
3.1	Sichtfeldanalyse.....	7
3.1.1	Einleitung	7
3.1.2	Betrachtungshöhe	7
3.1.3	Anlagenhöhe	7
3.1.4	Maximale Wirkdistanz.....	7
3.1.5	Sichtbarkeit in Wald und Siedlung	8
3.1.6	Distanzgewichtung	9
3.2	Bevölkerungsexposition	10
4	Resultate	11
4.1	Regionale Sichtbarkeit der Windenergieanlagen.....	11
4.2	Regionale, gewichtete Sichtbarkeitskarte.....	14
4.3	Gesamthafte Bevölkerungsexposition	14
5	Fazit	16

1 Einleitung

Die Calandawind AG plant bei Haldenstein den Bau einer zweiten Windenergieanlage Oldis II rund 750 m südlich der bestehenden Anlage Oldis I. Im vorliegenden Gutachten werden die **Auswirkungen der beiden Windenergieanlagen (WEA) auf die Bevölkerung hinsichtlich der Sichtbarkeit der Anlagen** untersucht.

Im vorliegenden Gutachten werden die folgenden beiden Fragen betrachtet:

1. Von welchen Gebieten aus sind die WEA einsehbar?
2. Wie stark ist die Sicht der Wohnbevölkerung von den beiden WEA beeinträchtigt?

Bei der Erarbeitung des vorliegenden Gutachtens wurde der Leitfaden zur Erstellung von Sichtbarkeitsanalysen berücksichtigt¹.

¹ BAFU / BFE 2021: Leitfaden zur Erstellung von Sichtbarkeitsanalysen. Erstellt durch Meteotest AG.

2 Datengrundlagen

2.1 Topografie

Die Topografie spielt für die Berechnung der Sichtbarkeit eine zentrale Rolle. Im vorliegenden Gutachten wurde das DHM25-Höhenmodell des Bundesamtes für Landestopografie swisstopo mit einer horizontalen Auflösung von 25 m x 25 m verwendet.

2.2 Sichthindernisse

Der Wald beeinflusst die Sichtbarkeit wesentlich. Da im DHM25 lediglich die Bodenhöhe abgebildet ist, wird der Wald anschliessend mit einer Standardhöhe von 15 m hinzugefügt. Als Grundlage zur Bestimmung der Waldgebiete dient das Topografische Landschaftsmodell TLM von swisstopo.

2.3 Standorte der Windenergieanlagen

Für die Sichtbarkeitsberechnungen wurde die bestehende Anlage Oldis I mit einer Nabenhöhe von 119 m und einem Rotordurchmesser von 112 m und die neu geplante WEA Oldis II mit einer Nabenhöhe von 132 m und einem Rotordurchmesser von 136 m verwendet.

Tabelle 1: Standortkoordinaten und Höhen der bestehenden und der neu geplanten WEA bei Haldenstein (Landeskoordinaten CH1903+ LV95).

WEA	X [m]	Y [m]	Höhe über Meer [m]
Oldis I (bestehend)	2'760'010	1'195'797	546
Oldis II (neu geplant)	2'759'658	1'195'145	548

2.4 Bevölkerungsverteilung

Die Angabe zur Bevölkerungsverteilung wird den Daten von GEOSTAT / Bundesamt für Statistik (BFS)² entnommen. Daraus lassen sich für jede Hektare die Anzahl Bewohner pro Jahr zuordnen. Der Datensatz liegt auf dem Hektarraster (100 m x 100 m) vor. Für die vorliegende Studie wurden die Zahlen des Jahres 2019 verwendet.

² <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/dienstleistungen/geostat/geodaten-bundesstatistik/gebäude-wohnungen-haushalte-personen/bevoelkerung-haushalte-ab-2010.assetdetail.14716365.html>

3 Methodik

3.1 Sichtfeldanalyse

3.1.1 Einleitung

Bei einer Sichtfeldanalyse wird aufgezeigt, von wo aus Windenergieanlagen zu sehen sind. Für jede Rasterzelle von 25 m x 25 m innerhalb des Wirkzonenradius der Windenergieanlagen wird berechnet, wie viele WEA zu sehen sind.

3.1.2 Betrachtungshöhe

Die Berechnung der Sichtbarkeit erfolgt für eine Höhe von 1.5 m über Grund.

3.1.3 Anlagenhöhe

Bei der Festsetzung der Anlagenhöhe soll die spezielle Form einer Windturbine berücksichtigt werden. Den höchsten Wirkungsgrad hat die Nabe. Da die Rotorblätter gegen aussen immer dünner werden, sind die äussersten Spitzen einer WEA aus der Ferne kaum sichtbar.

Aus diesem Grund wird der folgende Ansatz für die Berechnung der effektiven Höhe einer Anlage verwendet:

$$H_{eff} = NH + 0.25 * RD$$

H_{eff} = effektive Anlagehöhe in m

NH = Nabenhöhe in m

RD = Rotordurchmesser in m

Bei einer Nabenhöhe von 119 m und einem Rotordurchmesser von 112 m (bestehende Anlage Oldis I) resultiert somit eine Anlagenhöhe von 147 m und für die neu geplante Anlage Oldis II mit einer Nabenhöhe von 132 m und einem Rotordurchmesser von 136 m eine Anlagenhöhe von 166 m.

3.1.4 Maximale Wirkdistanz

Die Wirkung der Sichtbarkeit einer WEA nimmt mit der Entfernung ab. Ab einer gewissen Entfernung gilt die visuelle Wirkung grundsätzlich als nicht mehr erheblich und ist damit vernachlässigbar. Diese maximale Wirkdistanz ist abhängig von der Nabenhöhe und dem Rotordurchmesser und kann gemäss einer Studie des

Landesamts für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG)³ folgendermassen berechnet werden:

$$W_r = \frac{1}{(9 \cdot 10^{-5} + (0.011 \cdot 0.952^h))}$$

W_r = Wirkzonenradius in m

h = Gesamthöhe (Nabenhöhe + Rotorradius) der Anlage in m

Bei einer Gesamthöhe einer Anlage von 200 m resultiert somit eine maximale Wirkdistanz von 11.2 km. Zur Vereinfachung wurde für beide Anlagen ein maximaler Radius von 10 km definiert. Die visuelle Wirkung über diese Distanz hinaus ist äusserst gering (siehe Abbildung 1).

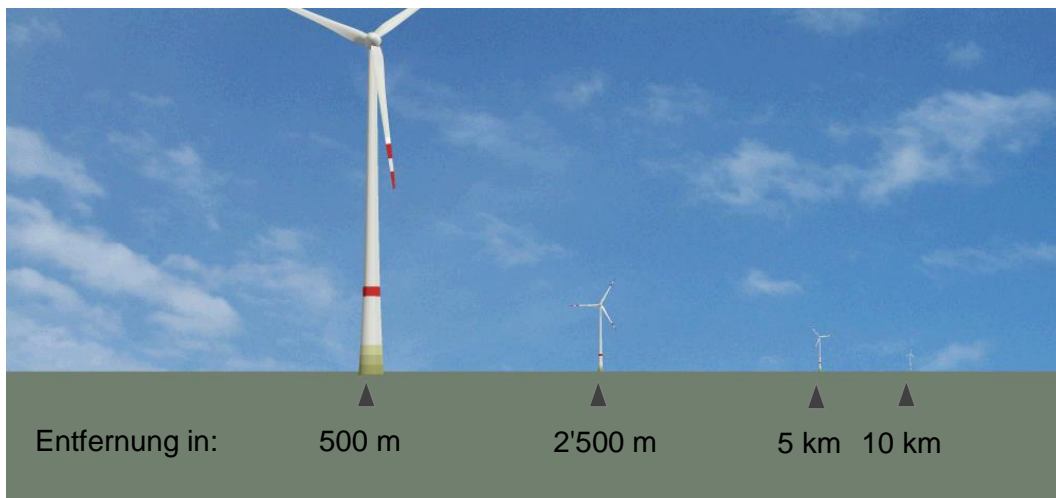


Abbildung 1: Distanzabhängige Wirksamkeit einer WEA am Beispiel einer Enercon E-115-Turbine mit einer Nabenhöhe von 125 m und einem Rotordurchmesser von 115 m.

3.1.5 Sichtbarkeit in Wald und Siedlung

Das DHM (siehe Kapitel 2.1) bildet nur die Terrainoberfläche ab. Wald beeinflusst die Sichtbarkeit aber wesentlich und wurde als sichteinschränkende Bodenbedeckung mitberücksichtigt. Als Grundlage für die Identifizierung der Waldgebiete wurde der für das Konzept Windenergie⁴ erstellte Layer "Ausschlusskriterium Wald" verwendet. Er basiert auf dem grossmassstäblichen topografischen Landschaftsmodell der Schweiz, swissTLM3D, von swisstopo.

Das DHM wurde in Waldgebieten mit einem Zuschlag für die Bestandeshöhe versehen (Annahme: 15 m). Damit wird angenommen, dass der Wald die Sicht

³ Landesamt für Umwelt Naturschutz und Geologie (LUNG), 2006: Hinweise zur Eingriffsbewertung und Kompensationsplanung für Windkraftanlagen, Antennenträger und vergleichbare Vertikalstrukturen.

⁴ <https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/konzepte-und-sachplaene/konzepte/konzept-windenergie.html>

wie eine 15 m hohe Geländeerhebung reduziert. Dies entspricht einer eher konservativen Annahme.

Zudem wird davon ausgegangen, dass aus einem Waldgebiet heraus die Sicht auf eine WEA verhindert wird. Waldflächen werden nach der Berechnung eliminiert (Waldgebiete = keine Anlage sichtbar). In der Realität ist die Sichtbarkeit jedoch lediglich eingeschränkt. Insbesondere in Laubwäldern im Winter und entlang von Kloten bzw. in steilen Hanglagen ist mit einer gewissen Sichtbarkeit zu rechnen.

Die Sichteinschränkung durch Gebäude und Vegetation in Siedlungsgebieten ist sehr komplex und wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt.

3.1.6 Distanzgewichtung

Die Wahrnehmungsstärke einer WEA auf einen Betrachter nimmt mit zunehmender Distanz ab. Um dies in der Beurteilung der Sichtbarkeit berücksichtigen zu können, wurde das Gebiet in insgesamt vier Distanzbereiche aufgeteilt und die Anzahl sichtbarer WEA mit den Gewichten der entsprechenden Bereiche multipliziert. Tabelle 2 zeigt die Aufteilung in die Distanzbereiche sowie deren Gewichtung. Als Grundlage für die Gewichtung der Distanzbereiche dient eine Studie von Torkler⁵. Abbildung 1 zeigt die Wirksamkeit einer WEA in verschiedenen Distanzen zum Beobachter.

Tabelle 2: Definierte Distanzbereiche und entsprechende Gewichtung.

Name	Distanzbereich [m]	Gewichtung
Kernzone	0 – 500	1
Nahbereich	500 – 2'500	0.7
Mittelbereich	2'500 – 5'000	0.3
Fernbereich	5'000 – 10'000	0.05

Durch diese Gewichtung lässt sich die visuelle Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch eine WEA besser beurteilen.

⁵ Torkler, F. & Zeidler, M.: Sichtbarkeitsanalyse von bestehenden Windenergieanlagen sowie geplanten Windeignungsfeldern für die Fläche des Nationalparks Unteres Odertal (Phase 1). 19.09.2013.

3.2 Bevölkerungsexposition

Um aufzeigen zu können, wie gross der Anteil der exponierten Bevölkerung ist, werden die Sichtbarkeitsraster mit dem Raster der Bevölkerungsdichte überlagert. Diese Ergebnisse werden in Form von Tabellen dargestellt.

Aus geokodierten Daten der Bevölkerungszählung des Bundesamtes für Statistik (BFS) lässt sich jeder Hektare die Anzahl Bewohner zuordnen. Die Berechnung wurde für ein Gebiet im Umkreis von 10 km um die beiden WEA herum durchgeführt (insgesamt 69'511 Personen). Meteotest hat den Datensatz mit den Einwohnerzahlen 2019 aufbereitet.

4 Resultate

4.1 Regionale Sichtbarkeit der Windenergieanlagen

Die folgenden Karten (Abbildung 2 bis Abbildung 5) zeigen die Anzahl sichtbarer WEA gemäss definierten Distanzbereichen. Dabei handelt es sich um kumulative Resultate. Ein Beispiel: Die Karte zum "Mittelbereich" (Abbildung 4) beinhaltet die sichtbaren WEA, welche maximal 5 km vom Beobachter entfernt liegen, also auch, wenn sie nur 250 m entfernt sind und somit in der Kernzone des Beobachters liegen.

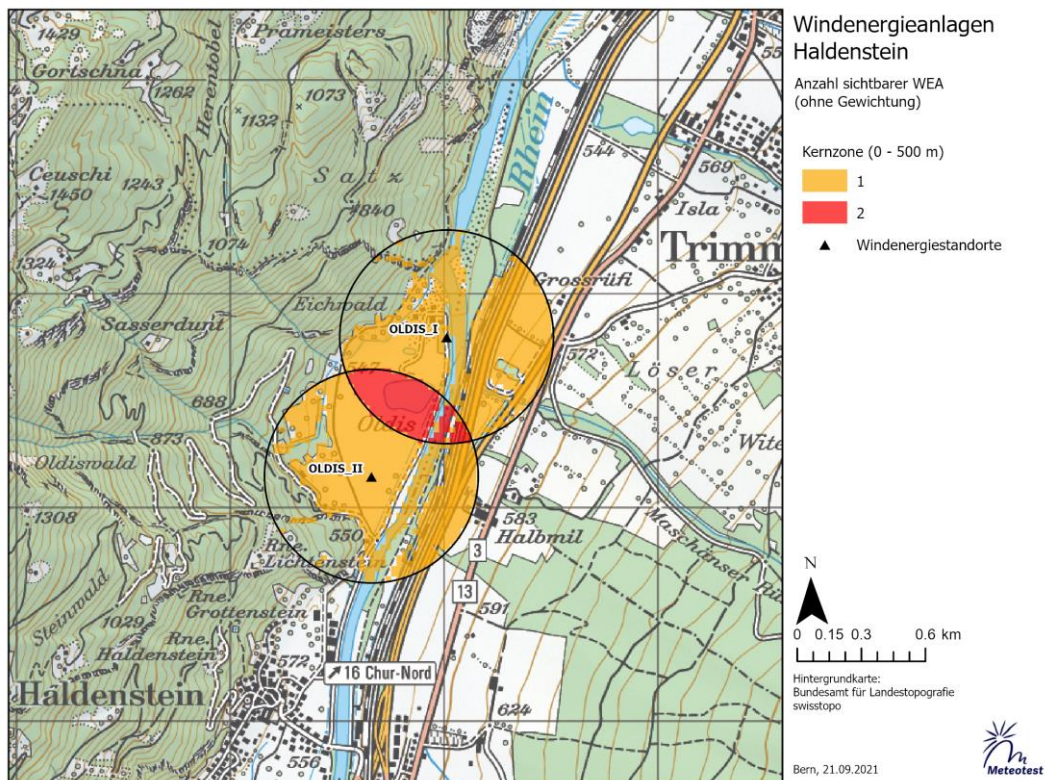


Abbildung 2: Anzahl sichtbarer WEA in der **Kernzone** (0 – 500 m).

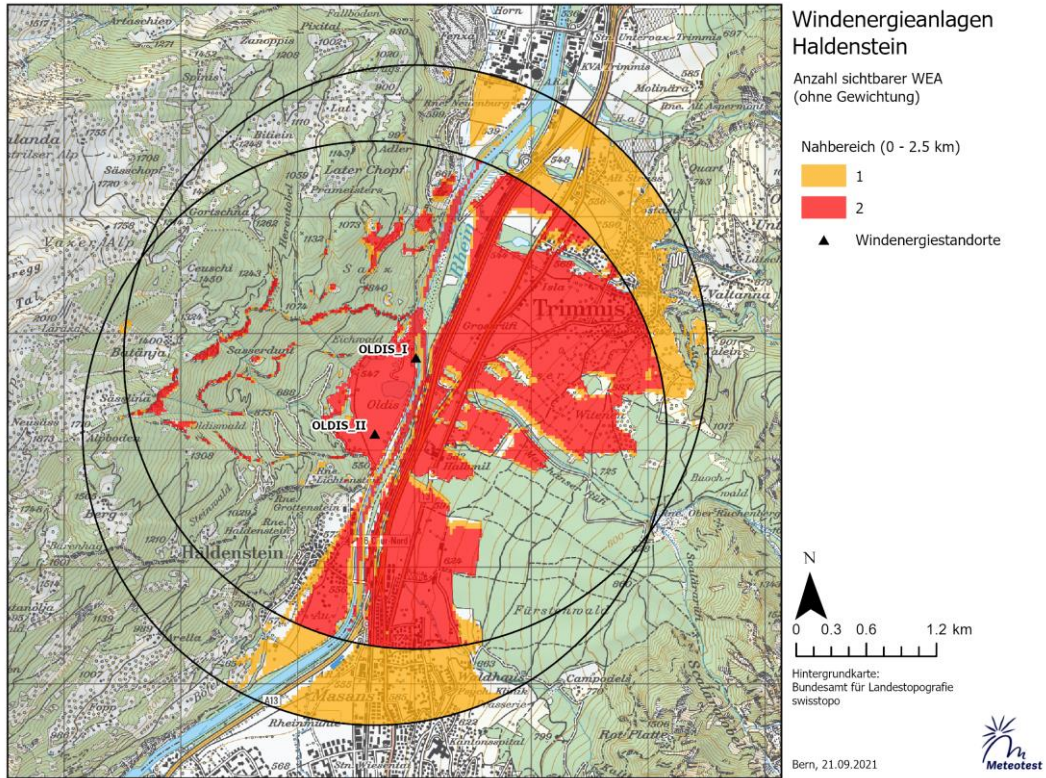


Abbildung 3: Anzahl sichtbarer WEA bis und mit **Nahbereich** (0 – 2.5 km).

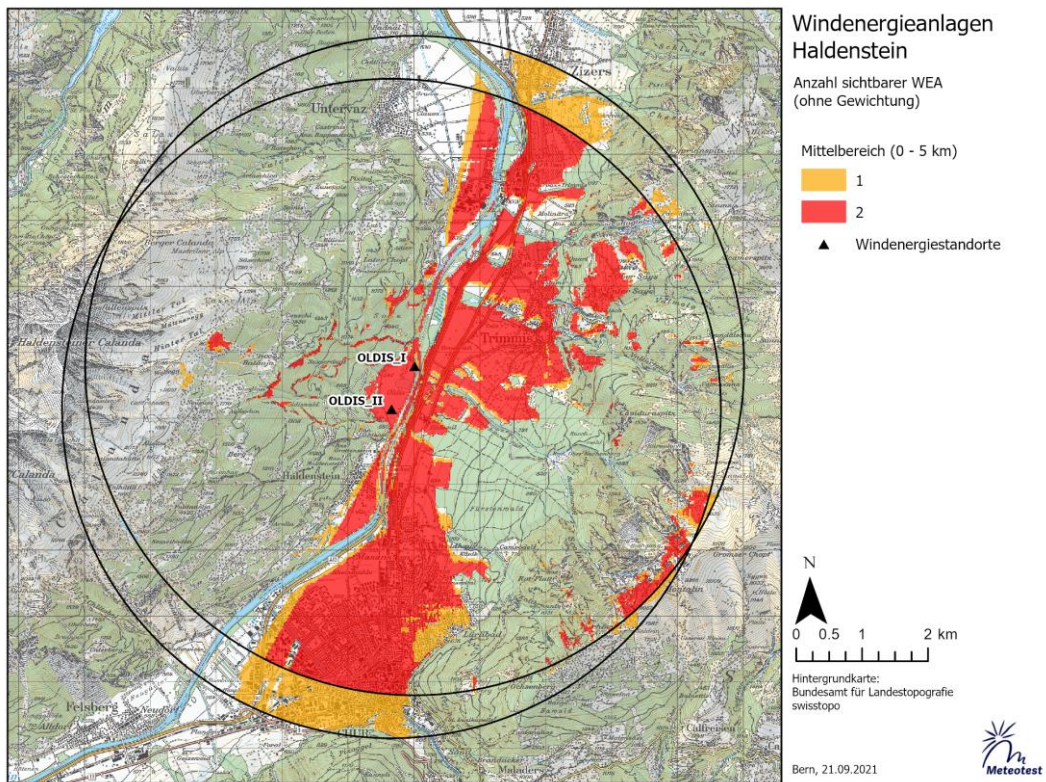


Abbildung 4: Anzahl sichtbarer WEA bis und mit **Mittelbereich** (0 – 5 km).

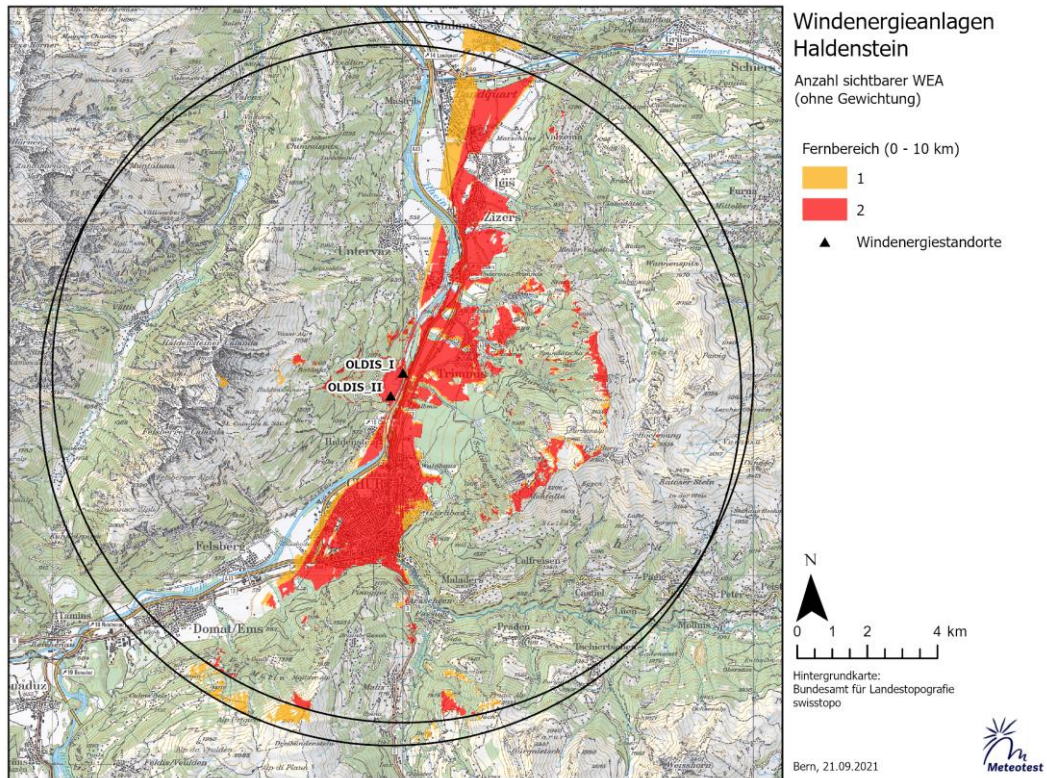


Abbildung 5: Anzahl sichtbarer WEA bis und mit **Fernbereich** (0 – 10 km).

4.2 Regionale, gewichtete Sichtbarkeitskarte

Abbildung 6 zeigt die distanzgewichtete Sichtbarkeit der beiden Windenergieanlagen.

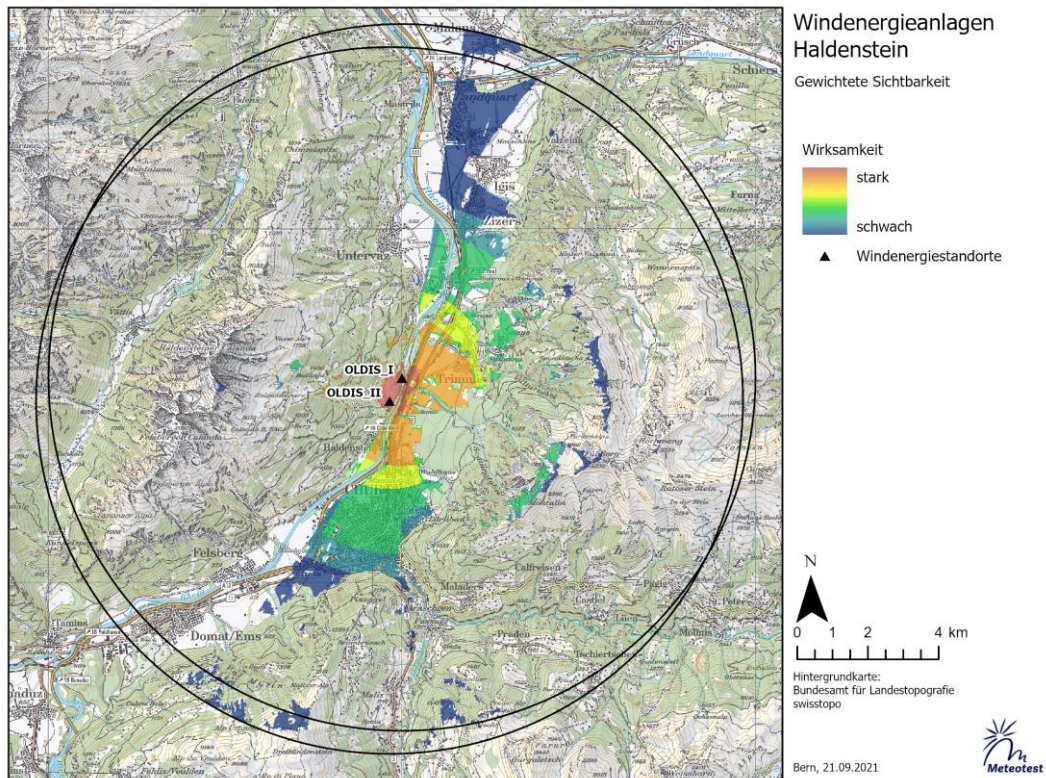


Abbildung 6: Regionale, **distanzgewichtete** Sichtbarkeitskarte.

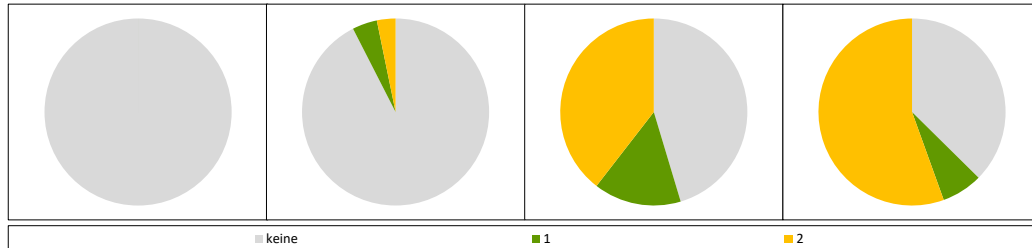
4.3 Gesamthafte Bevölkerungsexposition

Die Tabelle 3 zeigt die Anzahl der von den beiden WEA betroffenen Bewohner. Es sind die Werte für die kumulativen Distanzbereiche entsprechend dem Abschnitt 4.1 zu sehen.

In dieser Studie geht man von insgesamt 69'511 Bewohnern aus, die in einem Umkreis von 10 km um die beiden WEA leben. Insgesamt rund 43'500 Bewohner (62.6%) sehen mindestens eine WEA von ihrem Wohnort aus. Für 54.6% der Bevölkerung (rund 38'000 Bewohner) sind WEA in weniger als 5 km sichtbar und für 7.5% (rund 5'200 Bewohner) liegt eine sichtbare Anlage innerhalb von 2.5 km. Lediglich 3 Betroffene sehen eine Anlage im unmittelbaren Nahbereich von maximal 500 m Entfernung.

Tabelle 3: Anzahl der betroffenen Bewohner im Umkreis der WEA für die kumulativen Distanzbereiche.

Kernzone 0 - 0.5 km			Nahbereich 0 - 2.5 km			Mittelbereich 0 - 5 km			Fernbereich 0 - 10 km		
Anzahl Anlagen	Bewohner	Anteil	Anzahl Anlagen	Bewohner	Anteil	Anzahl Anlagen	Bewohner	Anteil	Anzahl Anlagen	Bewohner	Anteil
keine	69'508	100.0%	keine	64'287	92.5%	keine	31'529	45.4%	keine	25'997	37.4%
1	3	0.0%	1	2'986	4.3%	1	10'518	15.1%	1	4'931	7.1%
2	-	0.0%	2	2'238	3.2%	2	27'464	39.5%	2	38'583	55.5%
Total Bevölkerung	69'511	100.0%	Total Bevölkerung	69'511	100.0%	Total Bevölkerung	69'511	100.0%	Total Bevölkerung	69'511	100.0%
Total Betroffene	3	0.0%	Total Betroffene	5'224	7.5%	Total Betroffene	37'982	54.6%	Total Betroffene	43'514	62.6%



5 Fazit

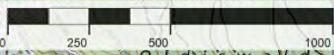
Die Abbildung 5 zeigt, dass neben der Stadt Chur die beiden WEA auch bis Landquart zu sehen sind. Es ist aber auch klar zu erkennen, dass nur sehr wenige Personen durch die Sichtbarkeit der zusätzlichen WEA beeinflusst werden. Bei den allermeisten Betroffenen war bereits die bestehende WEA im sichtbaren Bereich. Es gilt hier nochmals zu erwähnen, dass nur der Wald als Sichthindernis berücksichtigt wurde, nicht aber Gebäude oder Vegetation in Siedlungsgebieten. Es ist daher davon auszugehen, dass in der Realität weniger Personen direkt betroffen sind als in Tabelle 3 angegeben.

Die Abbildung 6 zeigt, dass nur sehr wenige Personen stark durch die WEA beeinträchtigt werden. Bei den meisten Betroffenen ist die Wirkung der WEAs aufgrund der räumlichen Distanz schon sehr eingeschränkt.

geplante Anlage Oldis II
V136, Rotor Ø 136 m,
NH 112, 132 oder 149 m
Position 2'759'674/1'195'144

bestehende Anlage Oldis I
V112, Rotor Ø 112 m
NH 119 m
Position 2'760'010/1'195'797

Fotostandort



Standort-Nr.	Bezeichnung	Koordinaten
1	Trimmis Schulhaus	2'761'609/1'196'370
2	Oberhalb Trimmis Sayerstrasse	2'762'100/1'196'466
3	Nordende Cadonastrasse (Veloweg)	2'760'061/1'193'622
4	Giacometti Schulhaus (Strasse Rheinmühle)	2'759'188/1'192'503
5	Haldenstein Auweg	2'759'168/1'193'828
6	Haldenstein Rheinwuh	2'759'017/1'193'225
7	Haldenstein in der Kurve	2'759'252/1'194'106
8	Oberhalb Kälberweid	2'759'655/1'190'213

BAUHERR Calandawind AG
Feldstrasse 17, 7023 Haldenstein

KONTAKT Jürg Michel, 079-632 62 70
juerg.michel@sunrise.ch

calandawind.ch

WINDKRAFTANLAGE OLDIS II; V136 (NH 132m)

Situationsplan Fotostandorte	Datum	28.09.2020	MH
Massstab	1:25'000	Revision	
Grundlage	https://map.geo.admin.ch		

Visualisierungen: **Interwind**
swiss engineering & consulting

Interwind AG
Buchzelgweg 5
8053 Zürich

Tel : 044-383 16 27
Fax : 044-383 04 65
E-Mail : mail@interwind.ch

0 200 400 600m
Massstab 1:25'000
Gedruckt am 28.09.2020 17:07 MESZ
<https://s.geo.admin.ch/8c009bd986>





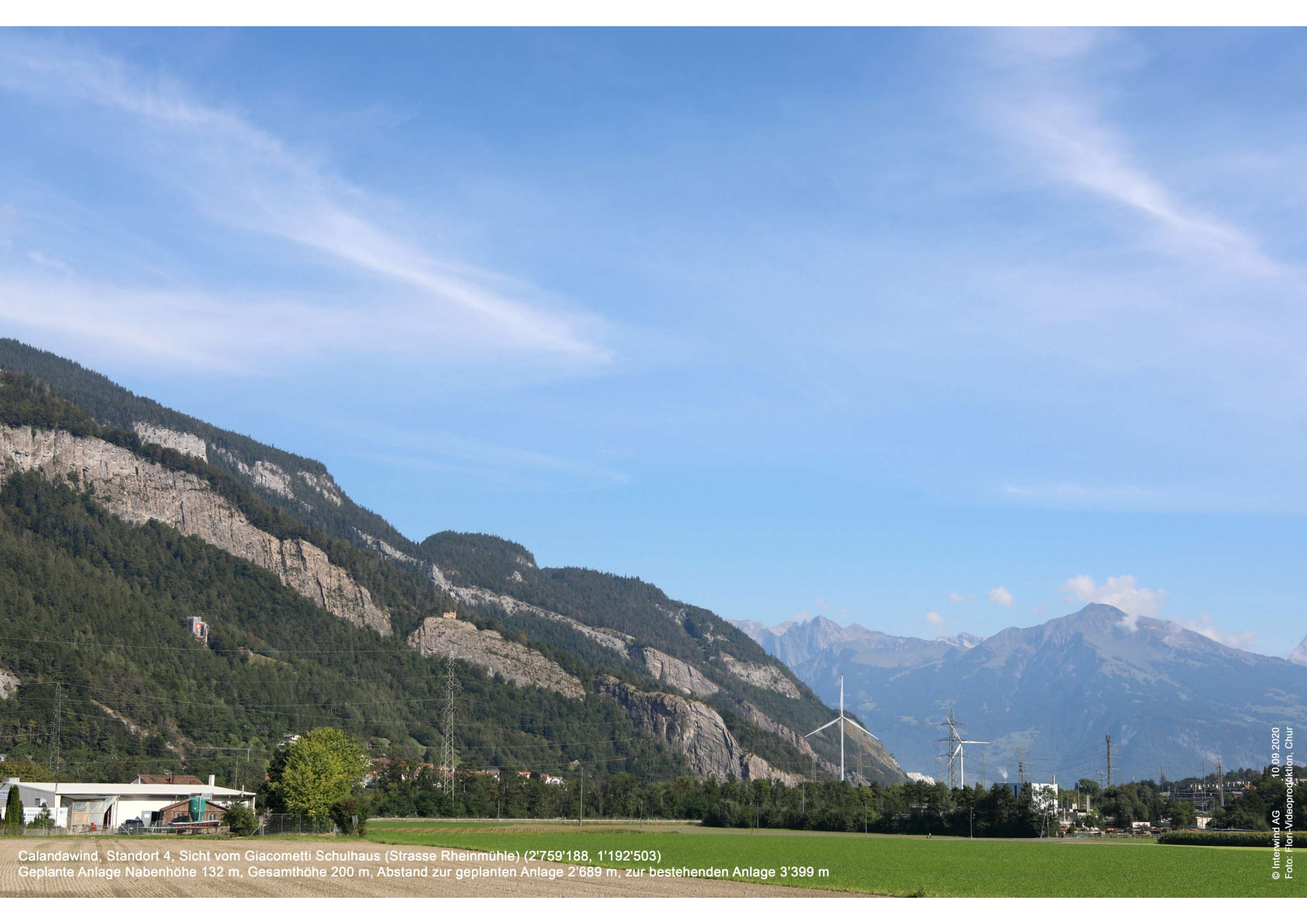
Calandawind, Standort 1, Sicht vom Trimmis Schulhaus (2'761'609, 1'196'370)
Geplante Anlage Nabenhöhe 132 m, Gesamthöhe 200 m, Abstand zur geplanten Anlage 2'289 m, zur bestehenden Anlage 1'696 m



Calandawind, Standort 2, Sicht von oberhalb Trimmis Sayerstrasse (2'762'100, 1'196'466)
Geplante Anlage Nabenhöhe 132 m, Gesamthöhe 200 m, Abstand zur geplanten Anlage 2'760 m, zur bestehenden Anlage 2'191 m



Calandawind, Standort 3, Sicht vom Nordende Cadonastrasse (Veloweg) (2'760'061, 1'193'622)
Geplante Anlage Nabenhöhe 132 m, Gesamthöhe 200 m, Abstand zur geplanten Anlage 1'572 m, zur bestehenden Anlage 2'179 m



Calandawind, Standort 4, Sicht vom Giacometti Schulhaus (Strasse Rheinmühle) (2'759'188, 1'192'503)
Geplante Anlage Nabenhöhe 132 m, Gesamthöhe 200 m, Abstand zur geplanten Anlage 2'689 m, zur bestehenden Anlage 3'399 m



Calandawind, Standort 5, Sicht von Haldenstein Auweg (2'759'168, 1'193'828)
Geplante Anlage Nabenhöhe 132 m, Gesamthöhe 200 m, Abstand zur geplanten Anlage 1'445 m, zur bestehenden Anlage 2'143 m



Calandawind, Standort 6, Sicht von Haldenstein Rheinwuh (2'759'017, 1'193'225)
Geplante Anlage Nabhöhe 132 m, Gesamthöhe 200 m, Abstand zur geplanten Anlage 2'030 m, zur bestehenden Anlage 2'760 m



Calandawind, Standort 7, Sicht von Haldenstein in der Kurve (2'759'252, 1'194'106)
Geplante Anlage Nabenhöhe 132 m, Gesamthöhe 200 m, Abstand zur geplanten Anlage 1'121 m, zur bestehenden Anlage 1'855 m



Calandawind, Standort 8, Sicht von oberhalb Käiberweid (2'759'655, 1'190'213)
Geplante Anlage Nabenhöhe 132 m, Gesamthöhe 200 m, Abstand zur geplanten Anlage 4'938 m, zur bestehenden Anlage 5'603 m

Calandawind AG , Datenblatt für Visualisierungen

Visualisierungen mit bestehender V112 un geplanter V136

Anlage	NH m	Rotor Ø m	Gesamthöhe m
V112	119	112	175
V136	132	136	200

Koordinaten der Anlagen	X	Y
Position V112 (bestehend)	2'760'010	1'195'797
Position V136 (geplant)	2'759'674	1'195'144

Fotostandorte und Bilddaten

Aufnahmepunkt	1	2	3	4	5	6	7	8
Fotos 476A23-	27	30	35	36	40	43	44	52
Standort/Flurname	Trimmis Schulhaus	Oberhalb Trimmis Sayerstrasse	Nordende Cadonaustrasse (Veloweg)	Giacometti Schulhaus (Strasse Rheinmühle)	Haldenstein Auweg	Haldenstein Rheinwuh	Haldenstein in der Kurve	Oberhalb Kälberweid
Datum	10.09.2020	10.09.2020	10.09.2020	10.09.2020	10.09.2020	10.09.2020	10.09.2020	10.09.2020
Zeit	10:10 - 10:11	10:24 - 10:26	10:40 - 10:41	10:52 - 10:53	11:02	11:05-11:06	11:09 - 11:10	11:25
Koordinaten X	2'761'609	2'762'100	2'760'061	2'759'188	2'759'168	2'759'017	2'759'252	2'759'655
Koordinaten Y	1'196'370	1'196'466	1'193'622	1'192'503	1'193'828	1'193'225	1'194'106	1'190'213
Höhe ü.M.	601	634	610	563.8	553.7	556.1	561.2	686.6
Brennweite	27 = 51 mm	30 = 50 mm	35 = 51 mm	36 = 51 mm	40 = 51 mm	43 = 52 mm	44 = 51 mm	52 = 51 mm
Bemerkungen, weitere Infos	6720 x 4480, 72 dpi 24 bit, sRGB	6720 x 4480, 72 dpi 24 bit, sRGB	6462 x 4308, 72 dpi 24 bit, sRGB	6720 x 4480, 72 dpi 24 bit, sRGB	6720 x 4480, 72 dpi 24 bit, sRGB	6720 x 4480, 72 dpi 24 bit, sRGB	6720 x 4480, 72 dpi 24 bit, sRGB	6720 x 4480, 72 dpi 24 bit, sRGB
Pixelgrösse TIF Breite	13440	13440	12924	13440	13440	13440	13440	13440
Pixelgrösse TIF Höhe	8960	8960	8616	8960	8960	8960	8960	8960

Distanz m zur V112 (bestehend)	1696	2191	2179	3399	2143	2760	1855	5603
Distanz m zur V136 (geplant)	2289	2760	1572	2689	1445	2030	1121	4938