



# SG 6.0-155 Entwicklerpaket



## Entwicklerpaket SG 6.0-155

### Anwendung des Entwicklerpaketes

Das Entwicklerpaket informiert die Kunden über die neuesten geplanten Produktentwicklungen von Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE). Durch die Weitergabe von Informationen über zukünftige Entwicklungen kann SGRE sicherstellen, dass die Kunden über die erforderlichen Informationen für ihre Entscheidungen verfügen.

Des Weiteren bietet das Entwicklerpaket in Fällen, in denen Finanzinstitute, Verwaltungsorgane oder Genehmigungsbehörden für ihre Entscheidungsprozesse produktspezifische Informationen benötigen, potenziellen Kunden Unterstützung mit den technischen Einzelheiten der SG 6.0-155.

Aufgrund der technischen Weiterentwicklung sind für alle im Entwicklerpaket enthaltenen technischen Daten Änderungen vorbehalten. Die im Entwicklerpaket enthaltenen Informationen dürfen weder separat noch außerhalb des Kontextes des Entwicklerpakets betrachtet werden.

Die im Entwicklerpaket enthaltenen Informationen dürfen weder als rechtsverbindliche Dokumentation noch in Verträgen zwischen SGRE und anderen Parteien verwendet werden. Dieses Entwicklerpaket enthält vorläufige technische Daten zu in der Entwicklung befindlichen Windenergieanlagen von SGRE und darf nur zu Illustrationszwecken dienen.

Die technischen Daten können sich aufgrund der technischen Entwicklung der Windenergieanlagen ändern.

SGRE und seine Beteiligungsgesellschaften behalten sich das Recht vor, die folgenden technischen Daten ohne Vorankündigung zu ändern.

# Entwicklerpaket SG 6.0-155

## Inhaltsverzeichnis

Einleitung .....	5
Technische Beschreibung .....	6
Technische Daten .....	8
Aufbau der Gondel.....	9
Abmessungen der Gondel.....	10
Ansichten .....	11
Detail Rotorblatt .....	12
Klimatische Auslegungsbedingungen.....	13
Standardleistungskurve, Betrieb mit Standardleistung.....	15
Standard-Ct-Kurve, Betrieb mit Standardleistung .....	17
Leistungskurve, Luftdichte, Betrieb mit Standardleistung .....	18
Ct-Kurve, Luftdichte, Betrieb mit Standardleistung .....	20
Standard-Schallemission .....	21
Betriebsarten des Lärmreduzierungs-systems (Noise Reduction System – NRS) .....	22
Elektrische Kenndaten.....	27
Vereinfachtes Einphasen-Netzschema .....	28
Technische Daten für Transformator ECO30 kV* .....	29
Technische Daten für Transformator 34,50 kV* .....	29
Vorläufige Fundamentlasten.....	31
Abmessungen des Turms.....	31
Fundementauslegung .....	31
Vorläufige technische Daten zur Netzverträglichkeit, 50 Hz .....	32
Vorläufige technische Daten zur Netzverträglichkeit, 60 Hz .....	34
Blindleistungskapazität, 50 Hz.....	36
Blindleistungskapazität, 60 Hz.....	38
Beschreibung des SCADA-Systems .....	40
Normen und Vorschriften.....	42
Optionale Leistungsmerkmale .....	43

# Einleitung

Die SG 6.0-155 ist die neue Windenergieanlage der zukunftsweisenden Produktbaureihe von Siemens Gamesa für Onshore-Standorte. Sie ist die nächste Generation der Siemens Gamesa Onshore Getriebe Produktreihe, welche auf dem Design und der Erfahrung von Siemens & Gamesa auf dem Windenergiemarkt aufbaut.

Mit einem neuen Rotorblatt von 76 m Länge, einem 6,0-MW-Generator und einem umfangreichen Turm-Portfolio, beispielsweise mit Nabenhöhen von 122,50 m und 165 m, soll die Anlage SG 6.0-155 auf dem Markt einen neuen Standard für Effizienz und Wirtschaftlichkeit setzen.

Dieses Entwicklerpaket beschreibt die technischen Daten der Windenergieanlage und stellt vorläufige Angaben zu den Hauptkomponenten und Teilsystemen bereit.

Weitere Angaben erhalten Sie von Ihrem regionalen SGRE Sales Manager.

# Technische Beschreibung

## Rotor – Gondel

Der Rotor ist mit drei Rotorblättern ausgestattet, die luvseitig am Turm montiert sind. Die Ausgangsleistung wird über die Pitchwinkelverstellung und Drehmomentregelung gesteuert. Die Rotorgeschwindigkeit ist variabel und auf Optimierung der Ausgangsleistung ausgelegt, während Lasten und Lärmpegel beibehalten werden.

Dank ihres Aufbaus kann während der planmäßigen Instandhaltung die Gondel von allen Wartungspunkten aus sicher erreicht werden. Außerdem ist die Gondel darauf ausgelegt, dass sich darin während der Wartungstestläufe der Windenergieanlage in vollem Betrieb Instandhaltungsfachkräfte aufhalten können. Dadurch werden eine qualitativ hochwertige Wartung der Windenergieanlage ermöglicht und optimale Bedingungen zur Fehlerbehebung geboten.

## Rotorblätter

Das Blatt der SG155 von Siemens Gamesa besteht aus glasfaserverstärkten gezogenen Karbonformbauteilen. Die Blattstruktur ist aus aerodynamischen Schalen mit eingebetteten Holmgurten aufgebaut, die mit zwei Epoxy-Glasfaser-Balsa/Schaumkern-Hauptstegen verklebt sind. Die Blattkonstruktion der SG155 von SGRE beruht auf proprietären Profilen von SGRE.

## Rotornabe

Die Nabe des Rotors ist in Gusseisen mit Kugelgraphit gegossen und über eine Flanschverbindung an die Hauptwelle des Triebstrangs montiert. Die Nabe ist lang genug, um während der Wartung der Blattwurzeln und der Pitch-Lager im Innenraum ausreichend Platz für das Instandhaltungspersonal zu bieten.

## Antriebsstrang

Der Antriebsstrang ist eine hängende 4-Punkt-Konstruktion bestehend aus: Hauptwelle mit zwei Hauptlagern und Getriebe mit zwei am Hauptrahmen montierten Drehmomentstützen.

Das Getriebe ist freitragend montiert; der Planetenträger ist an der Hauptwelle mit einer geschraubten Flanschverbindung angebracht und trägt das Getriebe.

## Hauptwelle

Die langsam laufende Hauptwelle ist geschmiedet und überträgt das Drehmoment des Rotors auf das Getriebe und die Biegemomente über die Hauptlager und die Hauptlagergehäuse auf den Maschinenträger.

## Hauptlager

Die langsam drehende Hauptwelle der Windenergieanlage wird durch zwei Kugelrollenlager gestützt. Die Lager sind fettgeschmiert.

## Getriebe

Bei dem Getriebe handelt es sich um eine dreistufige Ausführung (2 Planetenstufen + 1 Stirnradstufe).

## Generator

Der dreiphasige, doppelt gespeiste Asynchrongenerator mit einem Schleifringläufer ist an einen PWM-Frequenzwandler angeschlossen. Stator und Rotor des Generators bestehen beide aus lamellierten Magnetblechen und geformten Wicklungen. Der Generator ist luftgekühlt.

## Mechanische Bremse

Die mechanische Bremse befindet sich auf der Abtriebsseite des Getriebes.

## Windnachführungssystem

Ein gusseiserner Tragrahmen verbindet den Triebstrang mit dem Turm. Das Lager der Windnachführung besteht aus einem außen gezahnten Drehkranz mit Gleitlager. Die Windnachführung wird von einer Reihe von elektrischen Planetengetriebemotoren angetrieben.

## Gondelgehäuse

Der Wetterschutz und das Gehäuse der Komponenten innerhalb der Gondel bestehen aus mit Glasfaser verstärkten Schichtverbundplatten.

**Turm**

Die Windenergieanlage wird standardmäßig auf einem konischen Stahlrohrturm montiert. Für größere Nabelhöhen stehen auch andere Turmbauweisen zur Verfügung. Der Aufstieg erfolgt über den Innenraum des Turms mit direktem Zugang zum Windnachführungssystem und zur Gondel. Er ist mit Plattformen und elektrischer Innenbeleuchtung ausgestattet.

**Steuerung**

Zur Steuerung der Windenergieanlage dient eine industrielle, mikroprozessor-gestützte Steuereinheit. Die Steuereinheit ist vollständig mit Schalteinrichtungen, Schutzvorrichtungen und Eigendiagnose ausgestattet.

**Umrichter**

Bei dem direkt am Rotor angeschlossenen Frequenzumrichter handelt es sich um eine 4Q-Anlage zur Gleichstromkurzkupplung mit 2 VSC an einer gemeinsamen Gleichstromverbindung. Mithilfe des Frequenzwandlers kann der Generator bei variablen Drehzahlen und Spannungen betrieben werden und gleichzeitig Strom bei einer einheitlichen Frequenz und Spannung an den Mittelspannungs-Transformator abgeben.

**SCADA**

Die Windenergieanlage ist mit einer Verbindung zum SGRE-SCADA-System ausgestattet. Mit diesem System sind über einen Standard-Internetbrowser die Fernsteuerung und die Ausgabe einer Vielzahl von Statusanzeigen und nützlichen Berichten möglich. Über die Statusanzeigen können u. a. Angaben zu elektrischen und mechanischen Daten, Betrieb und Fehlerstatus, Wetter- und Netzstationsdaten eingesehen werden.

**Zustandsüberwachung der WEA**

Zusätzlich zum SGRE-SCADA-System kann die Windenergieanlage mit der einzigartigen Einrichtung zur Zustandsüberwachung von SGRE ausgestattet werden. Über dieses System wird der Vibrationspegel der Hauptkomponenten überwacht und die tatsächlichen Vibrationsspektren mit einer Reihe von festgelegten Referenzspektren verglichen. Prüfung der Ergebnisse, eingehende Analyse und Neuprogrammierung können über einen Standard-Internetbrowser erfolgen.

**Betriebsführung**

Die Windenergieanlage wird automatisch betrieben. Sie wird automatisch gestartet, wenn das aerodynamische Drehmoment einen bestimmten Wert erreicht. Unter der Nennwindgeschwindigkeit legt die Steuereinheit der Windenergieanlage die Referenzen für Pitchwinkelverstellung und Drehmoment für den Betrieb bei einem optimalen aerodynamischen Punkt (Höchsterzeugung) unter der Berücksichtigung der Generatorleistung fest. Sobald die Nennwindgeschwindigkeit überschritten ist, wird der Bedarf der Pitchwinkelverstellung eingestellt, um eine stabile Stromerzeugung zum Nennwert beizubehalten.

Wenn der herabgesetzte Modus für hohe Windgeschwindigkeiten aktiviert ist, wird die Stromerzeugung begrenzt, sobald die Windgeschwindigkeit den ab Werk vorgegebenen Grenzwert überschreitet, bis die Abschaltwindgeschwindigkeit erreicht wird und die Windenergieanlage keinen Strom mehr erzeugt.

Wenn die Durchschnittswindgeschwindigkeit die Betriebshöchstgrenze erreicht, wird die Windenergieanlage durch die Pitchwinkelverstellung der Rotorblätter abgeschaltet. Wenn die Durchschnittswindgeschwindigkeit unter die Durchschnittswindgeschwindigkeit für den Neustart fällt, werden die Anlagen automatisch zurückgesetzt.

## Technische Daten

### Rotor

Typ .....	3 Rotorblätter, horizontale Achse
Position .....	Luvseitig
Durchmesser.....	155 m
Überstrichene Fläche.....	18,869 m <sup>2</sup>
Leistungsregelung.....	Pitch- und Drehmomentregelung drehzahlvariabel
Rotorneigung.....	6 Grad

### Rotorblatt

Typ .....	Selbsttragend
Blattlänge .....	76 m
Max. Breite .....	4,5 m
Aerodynamisches Profil ..	Urheberrechtlich geschützte Blätter von Siemens Gamesa
Material .....	GFK (glasfaser-verstärkter Epoxy-Harz) – CFK (kohlenstoff-verstärkter Kunststoff)
Oberflächenglanz.....	Halbmatt, < 30 / ISO 2813
Oberflächenfarbe .....	Lichtgrau, RAL 7035 oder Weiß, RAL 9018

### Aerodynamische Bremse

Typ .....	Verdrehung des gesamten Blattes
Mechanismus.....	Aktiv, hydraulisch

### Tragende Bauteile

Nabe.....	Kugelgraphitguss
Hauptwelle .....	Schmiedestahl
Maschinenträger .....	Kugelgraphitguss

### Mechanische Bremse

Typ .....	Hydraulische Scheibenbremse
Position .....	Rückseite Getriebe

### Gondelverkleidung

Typ .....	Vollständig geschlossen
Oberflächenglanz.....	Halbmatt, < 30 / ISO 2813
Farbe.....	Lichtgrau, RAL 7035 oder Weiß, RAL 9018

### Generator

Typ .....	Asynchron, DFIG
-----------	-----------------

### Netzklemmen (NS)

Basis- Nennleistung.....	6,0 MW
Spannung .....	690 V
Frequenz .....	50 Hz oder 60 Hz

### Windnachführungssystem

Typ.....	Aktiv
Lagerung .....	Außenverzahnt
Antrieb .....	Elektromotoren
Bremssystem.....	Aktive Reibungsbremse

### Steuerung

Typ .....	Siemens Integrated Control System (SICS)
SCADA-System .....	SGRE-SCADA-System

### Turm

Typ .....	Stahlrohr / Hybrid
Nabenhöhe .....	122,50 m, 165 m, je nach Standort
Korrosionsschutz .....	Lackiert
Oberflächenglanz .....	Halbmatt, < 30 / ISO 2813
Farbe .....	Lichtgrau, RAL 7035 oder Weiß, RAL 9018

### Betriebsdaten

Einschaltwindgeschw. ...	3 m/s
Nennwindgeschw. ....	11,3 m/s (konstanter Wind ohne Turbulenzen gemäß IEC 61400-1)
Abschaltwindgeschw. ....	27 m/s
Wiederanlaufwindgeschw. ...	24 m/s

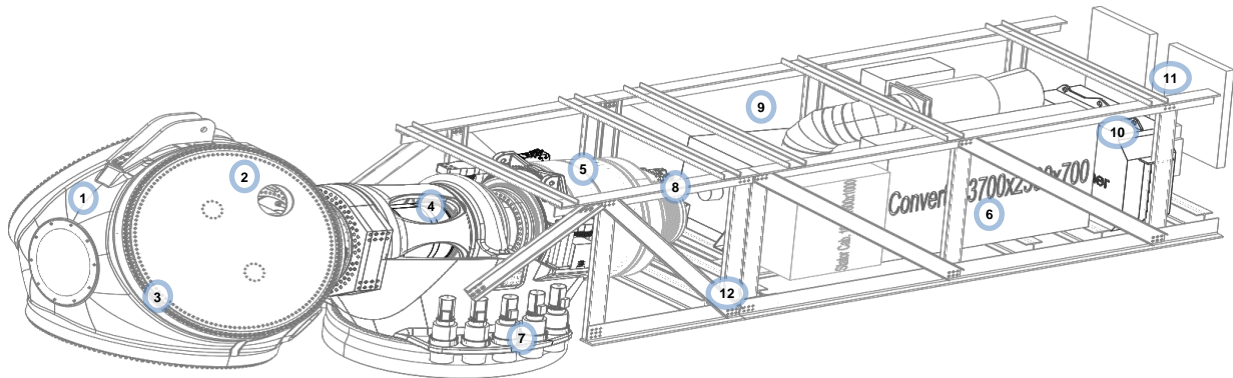
### Gewicht

Modularer Ansatz	Alle Bauteile wiegen weniger als 90 t beim Transport
------------------	--



## Aufbau der Gondel

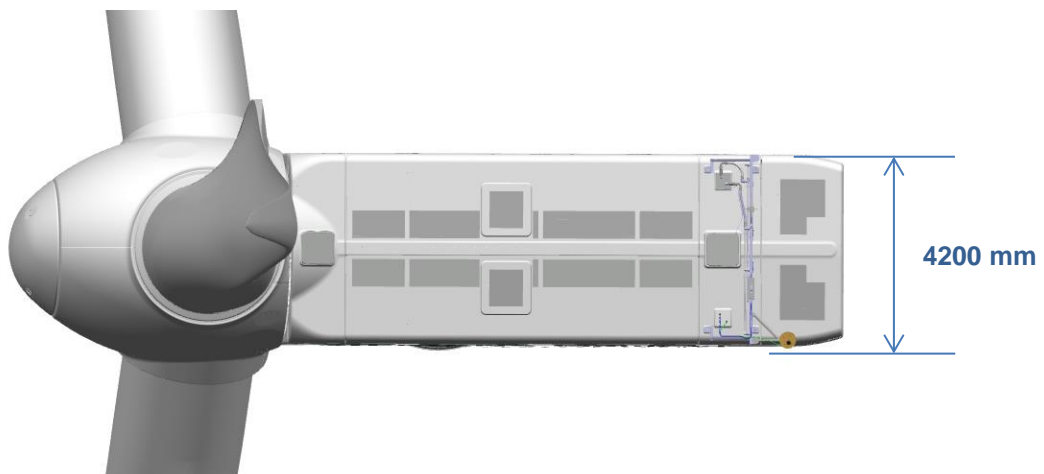
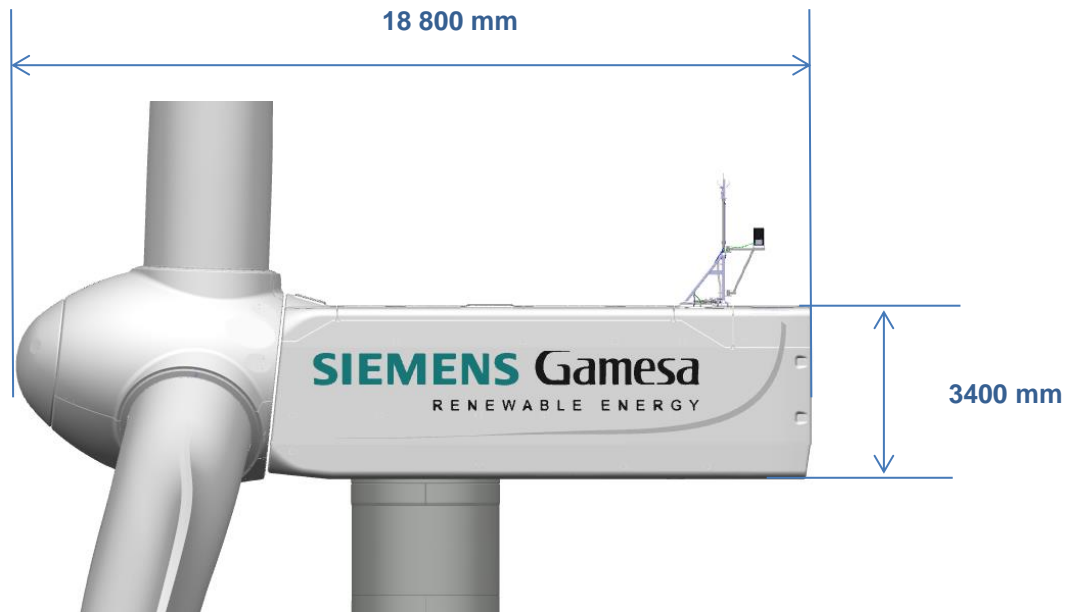
Die Angaben zu Aufbau und Einrichtung der Gondel sind vorläufig und können Änderungen im Rahmen der Produktentwicklung unterliegen.



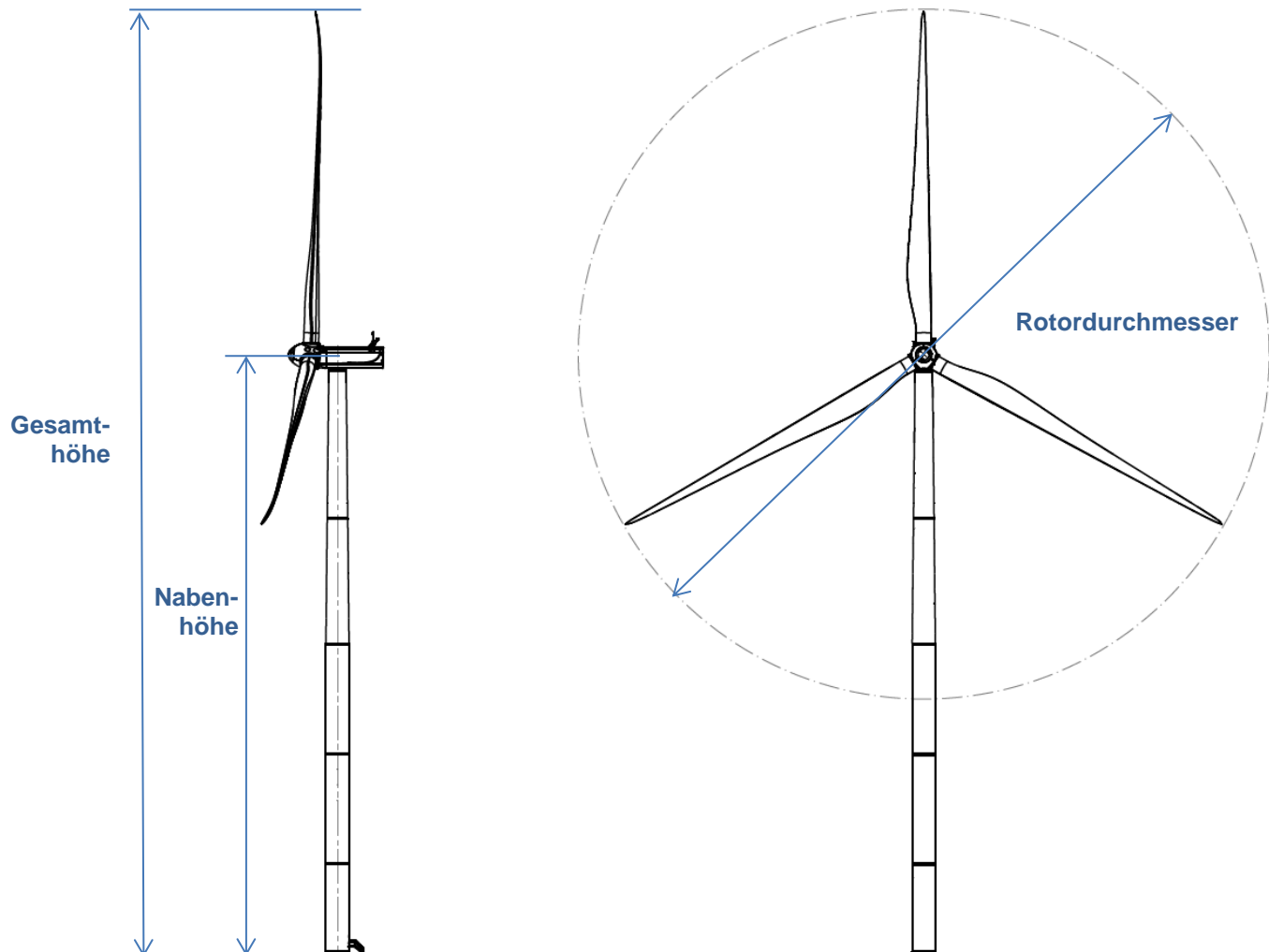
- |                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| 1 Nabe                | 7 Windnachführungssystem  |
| 2 Pitch-System        | 8 Schnelle Generatorwelle |
| 3 Rotorblattlager     | 9 Generator               |
| 4 Langsame Hauptwelle | 10 Transformator          |
| 5 Getriebe            | 11 Kühlung                |
| 6 Schaltschranke      | 12 Hinteres Tragwerk      |

## Abmessungen der Gondel

Die Angaben zu Aufbau und Abmessungen der Gondel sind vorläufig und können Änderungen im Rahmen der Produktentwicklung unterliegen.

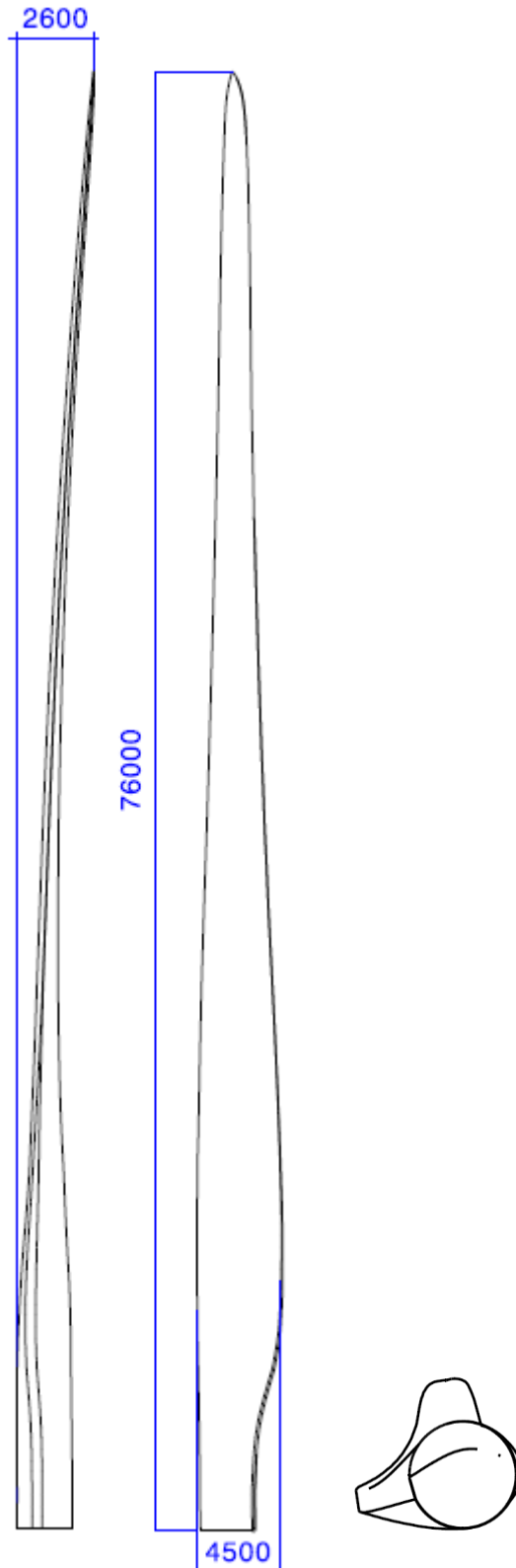


## Ansichten



Gesamthöhe	200 m, 242,50 m
Nabenhöhe	122,50 m, 165 m
Rotordurchmesser	155 m

## Detail Rotorblatt



Abmessungen in Millimetern.

## Klimatische Auslegungsbedingungen

Die klimatischen Auslegungsbedingungen gelten als verbindliche Bedingungen für den Betrieb der Windenergieanlage ohne zusätzliche Designprüfung. Der Einsatz der Windenergieanlage unter schwereren Wetterbedingungen kann je nach den allgemeinen Umständen möglich sein. Sollte eine standortabhängige Überprüfung erforderlich sein, wird der Kunde gebeten, das Formular „Projektspezifische klimatische Bedingungen“ auszufüllen.

Gegenstand	ID	Beschreibung	Einheit	Wert
<b>Wind, Betrieb</b>	1.1	Winddefinitionen	-	IEC 61400-1 <sup>1</sup>
	1.2	IEC-Klasse	-	IIA
	1.3	Mittlere Luftdichte, $\rho$	kg/m <sup>3</sup>	1,225
	1.4	Mittlere Windgeschwindigkeit, $V_{ave}$	m/s	8,5
	1.5	Weibull-Skalierungsfaktor, A	m/s	9,59
	1.6	Weibull-Formfaktor, k	-	2
	1.7	Höhenexponent, $\alpha$	-	0,20
	1.8	Mittlere Turbulenzintensität bei 15 m/s, $I_{ref}$	-	0,16
	1.9	Standardabweichung der Windrichtung	Grad	8
	1.10	Maximale Schräganströmung	Grad	8
	1.11	Minimaler WEA-Abstand, innerhalb der Reihe	D	3
	1.12	Minimaler WEA-Abstand, zwischen den Reihen	D	5
	1.13	Entwurfslebensdauer	Jahre	20
<b>Wind, extrem</b>	2.1	Winddefinitionen	-	IEC 61400-1
	2.2	Luftdichte, $\rho$	kg/m <sup>3</sup>	1,225
	2.3	Referenzwindgeschwindigkeit im Durchschnitt über 10 min in Nabenhöhe, $V_{ref}$	m/s	42,5
	2.4	Überlebenswindgeschwindigkeit (3-Sekunden-Böe) in Nabenhöhe, $V_{e50}$	m/s	59,5
	2.5	Maximales Potenzialprofil in Nabenhöhe, $\alpha$	-	0,11
	2.6	Sturmturbulenz	-	0,11
<b>Temperatur</b>	3.1	Temperaturdefinition	-	IEC 61400-1
	3.2	Minimaltemperatur auf 2 m, Stillstand, $T_{min, s}$	°C	-30
	3.3	Minimaltemperatur auf 2 m, Betrieb, $T_{min, o}$	°C	-20
	3.4	Maximaltemperatur auf 2 m, Nennbetrieb, $T_{max, o}$	°C	35
	3.5	Maximaltemperatur auf 2 m, Stillstand, $T_{max, s}$	°C	50
<b>Korrosion</b>	4.1	Definitionen von Korrosivitätskategorie für atmosphärische Umgebungsbedingungen	-	ISO 12944-2
	4.2	Innenraumumgebung Gondel (Korrosivitätskategorie)	-	C3
	4.3	Äußere Umgebung (Korrosivitätskategorie)	-	C5-M
<b>Blitzschutz</b>	5.1	Blitzschlag- Definition	-	IEC 61400-24:2010
	5.2	Blitzschutzklasse (Lightning Protection Level, LPL)	-	LPL 1
<b>Staub</b>	6.1	Staubdefinition	-	IEC 60721-3-4:1995
	6.2	Betriebsumgebungsbedingungen	mg/m <sup>3</sup>	Durchschnittliche Staubkonzentration (95 % der Zeit) → 0,05 mg/m <sup>3</sup>
	6.3	Partikelkonzentration	mg/m <sup>3</sup>	Höchste Staubkonzentration (95 % der Zeit) → 0,5 mg/m <sup>3</sup>
<b>Hagel</b>	7.1	Maximaler Hagelkorndurchmesser	mm	20
	7.2	Maximale Hagelfallgeschwindigkeit	m/s	20
<b>Eis</b>	8.1	Eisdefinition	-	-

<sup>1</sup>Jeglicher Verweis auf IEC 61400-1 bezieht sich auf IEC 61400-1, Ausg. 3.0 2005/A1:2010.

Gegenstand	ID	Beschreibung	Einheit	Wert
	8.2	Eisbedingungen	Tage/ Jahr	7
<b>Sonnenstrahlung</b>	9.1	Definition der Sonnenstrahlung	-	IEC 61400-1
	9.2	Intensität der Sonnenstrahlung	W/m <sup>2</sup>	1000
<b>Feuchtigkeit</b>	10.1	Feuchtigkeitsdefinition	-	IEC 61400-1
	10.2	Relative Luftfeuchte	%	Bis zu 95
<b>Hindernisse</b>	11.1	Wenn die Höhe der Hindernisse, die sich innerhalb eines Umkreises von 500 m von einer der Windenergieanlagen befinden, $1/3$ von $(H - D/2)$ , wobei H die Nabenhöhe und D der Durchmesser des Rotors ist) beträgt, können Einschränkungen zur Anwendung kommen. Weitere Informationen zur zulässigen Höhe von Hindernissen je nach Standort und Anlagentyp erhalten Sie bei Siemens Gamesa Renewable Energy.		

## Standardleistungskurve, Betrieb mit Standardleistung

Luftdichte 1,225 kg/m<sup>3</sup>

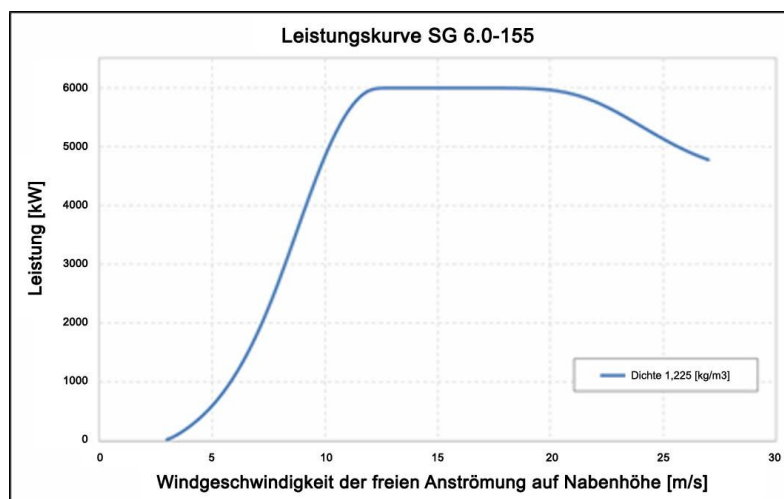
Geltungsbereich

Windscherung (Durchschn. 10 min)	≤ 0,3
Turbulenzstärke TI [%] für bin I	$5\% \frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1} < TI_1 < 12\% \frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1}$
Gelände	Nicht komplex gemäß IEC 61400-12-1
Aufwind β [°]	-2° ≤ β ≤ +2°
Netzfrequenz [Hz]	± 0,5 Hz

Sonstige Annahmen: Saubere Rotorblätter, ungehinderte Luftströmung, Anlagenbetrieb innerhalb der normalen Grenzwerte gemäß den elektrotechnischen Daten.

Die nächste Tabelle zeigt die elektrische Leistung [kW] in Abhängigkeit von der horizontalen Windgeschwindigkeit [m/s] in Nabenhöhe, gemittelt innerhalb von 10 Minuten, für eine Luftdichte = 1,225 kg/m<sup>3</sup>. In der Leistungskurve sind Verluste im Transformator und in den Hochspannungskabeln nicht enthalten. Die Leistungskurve gilt für die Standardausführung der Windenergieanlage.

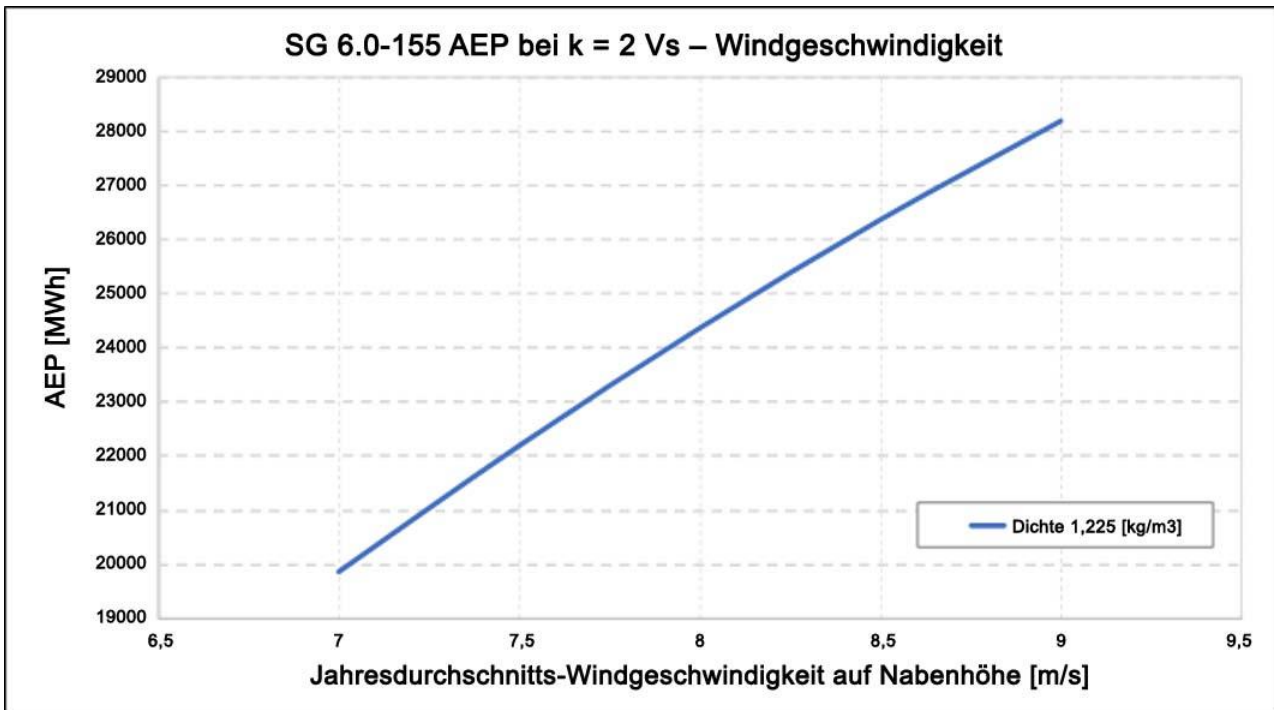
SG 6.0-155	
Windgeschw [m/s]	Leistung [kW]
3	36
4	255
5	605
6	1117
7	1831
8	2762
9	3829
10	4837
11	5588
12	5960
13	6000
14	6000
15	6000
16	6000
17	6000
18	5999
19	5992
20	5965
21	5895
22	5764
23	5577
24	5356
25	5136
26	4938
27	4783



Die Daten für jährliche Stromerzeugung für andere jährliche mittlere Windgeschwindigkeiten auf Nabenhöhe werden mithilfe der Leistungskurve errechnet. Dabei werden eine Windgeschwindigkeitsverteilung nach Weibull, 100 % Verfügbarkeit und keine Abzüge aufgrund von Reihenverlusten, Netzverlusten oder sonstigen externen Faktoren angenommen, die sich auf die Erzeugung auswirken könnten.

AEP [MWh]		Jahresdurchschnitt der Windgeschwindigkeit [m/s] in Nabenhöhe										
		5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
Weibull K	1,5	10925	13132	15272	17307	19210	20961	22551	23976	25236	26335	27279
	2	9669	12228	14829	17392	19859	22193	24369	26374	28200	29844	31304
	2,5	8534	11200	14044	16949	19819	22576	25174	27581	29787	31788	33589

Jahreserzeugung [MWh] der Standardwindenergieanlage SG 6.0-155 in Abhängigkeit von der Jahresdurchschnittswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe sowie bei unterschiedlichen Weibull-Parametern. Luftdichte 1,225 kg/m<sup>3</sup>





## Standard-Ct-Kurve, Betrieb mit Standardleistung

Luftdichte 1,225 kg/m<sup>3</sup>

Geltungsbereich

Windscherung (Durchschn. 10 min)	≤ 0,3
Turbulenzstärke TI [%] für bin I	$5\% \frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1} < TI_1 < 12\% \frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1}$
Gelände	Nicht komplex gemäß IEC 61400-12-1
Aufwind β [°]	-2° ≤ β ≤ +2°
Netzfrequenz [Hz]	± 0,5 Hz

Sonstige Annahmen: Saubere Rotorblätter, ungehinderte Luftströmung, Anlagenbetrieb innerhalb der normalen Grenzwerte gemäß den elektrotechnischen Daten.

Der Schubkoeffizient Ct wird zur Berechnung des Windgeschwindigkeitsdefizits im Nachlauf der Windenergieanlage herangezogen.

Ct wird durch folgende Gleichung bestimmt:

$$C_t = F / (0,5 \cdot \rho \cdot w^2 \cdot A)$$

wobei

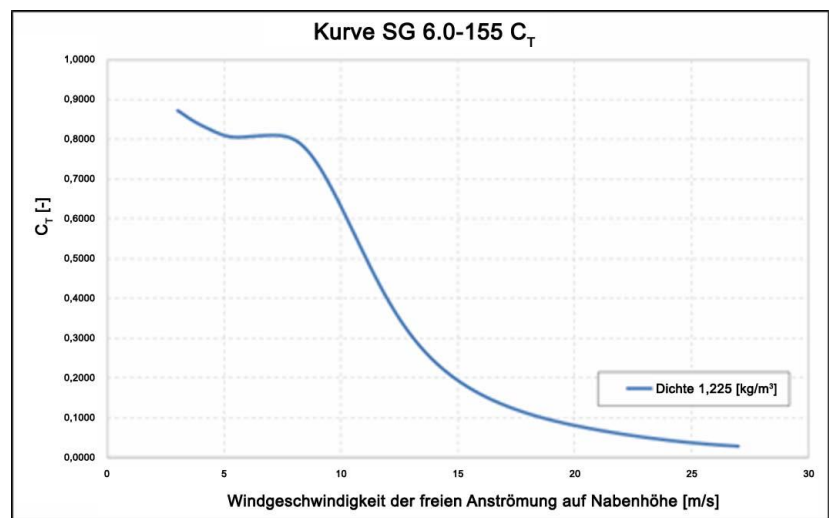
F = Rotorkraft [N]

ρ = Luftdichte [kg/m<sup>3</sup>]

w = Windgeschwindigkeit [m/s]

A = Überstrichene Fläche des Rotors [m<sup>2</sup>]

SG 6.0-155	
Windgeschw. [m/s]	C <sub>T</sub> [-]
3	0,8712
4	0,8347
5	0,8090
6	0,8058
7	0,8094
8	0,7981
9	0,7361
10	0,6296
11	0,5089
12	0,3967
13	0,3076
14	0,2422
15	0,1945
16	0,1593
17	0,1325
18	0,1118
19	0,0953
20	0,0819
21	0,0706
22	0,0607
23	0,0522
24	0,0448
25	0,0387
26	0,0337
27	0,0298



# Leistungskurve, Luftdichte, Betrieb mit Standardleistung

Luftdichte 1,225 kg/m<sup>3</sup>  
Geltungsbereich

Windscherung (Durchschn. 10 min)	≤ 0,3
Turbulenzstärke TI [%] für bin I	$5\% \frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1} < TI_1 < 12\% \frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1}$
Gelände	Nicht komplex gemäß IEC 61400-12-1
Aufwind β [°]	-2° ≤ β ≤ +2°
Netzfrequenz [Hz]	± 0,5 Hz

Sonstige Annahmen: Saubere Rotorblätter, ungehinderte Luftströmung, Anlagenbetrieb innerhalb der normalen Grenzwerte gemäß den elektrotechnischen Daten.

Die nachstehende Tabelle zeigt die elektrische Leistung [kW] in Abhängigkeit von der horizontalen Windgeschwindigkeit [m/s] in Nabenhöhe, gemittelt innerhalb von 10 Minuten, für verschiedene Luftdichten [kg/m<sup>3</sup>]. In der Leistungskurve sind Verluste im Transformator und in den Hochspannungskabeln nicht enthalten. Die Leistungskurve gilt für die Standardausführung der Windenergieanlage.

P [kW]	Luftdichte [kg/m <sup>3</sup> ]								
	1,225	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27
Windgeschwindigkeit [m/s]									
3	36	24	26	28	30	32	35	37	40
4	255	207	216	225	233	242	250	259	267
5	605	511	528	545	562	579	596	613	631
6	1117	953	983	1013	1043	1073	1102	1132	1162
7	1831	1571	1619	1666	1713	1760	1807	1855	1902
8	2762	2379	2449	2518	2588	2658	2727	2797	2866
9	3829	3304	3400	3496	3591	3687	3782	3877	3971
10	4837	4190	4310	4430	4549	4667	4781	4891	4997
11	5588	4923	5062	5196	5323	5438	5541	5631	5710
12	5960	5473	5611	5731	5828	5899	5946	5973	5987
13	6000	5844	5940	5983	5998	6000	6000	6000	6000
14	6000	5998	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
15	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
16	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
17	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
18	5999	5999	5999	5999	5999	5999	5999	5999	5999
19	5992	5993	5993	5992	5992	5992	5992	5992	5992
20	5965	5965	5965	5965	5965	5965	5965	5965	5965
21	5895	5895	5895	5895	5895	5895	5895	5895	5895
22	5764	5764	5764	5764	5764	5764	5764	5764	5764
23	5577	5577	5577	5577	5577	5577	5577	5577	5577
24	5356	5356	5356	5356	5356	5356	5356	5356	5356
25	5136	5136	5136	5136	5136	5136	5136	5136	5136
26	4938	4938	4938	4938	4938	4938	4938	4938	4938
27	4783	4783	4783	4783	4783	4783	4783	4783	4783

Die Daten für jährliche Stromerzeugung für andere jährliche mittlere Windgeschwindigkeiten auf Nabenhöhe werden mithilfe der Leistungskurve errechnet. Dabei werden eine Windgeschwindigkeitsverteilung nach Rayleigh, 100 % Verfügbarkeit und keine Abzüge aufgrund von Reihenverlusten, Netzverlusten oder sonstigen externen Faktoren angenommen, die sich auf die Erzeugung auswirken könnten.

<b>AEP [MWh], wenn <math>k = 2</math></b>		<b>Jahresdurchschnitt der Windgeschwindigkeit [m/s] in Nabenhöhe</b>										
		<b>5</b>	<b>5,5</b>	<b>6</b>	<b>6,5</b>	<b>7</b>	<b>7,5</b>	<b>8</b>	<b>8,5</b>	<b>9</b>	<b>9,5</b>	<b>10</b>
<b>Dichte [kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>1,06</b>	8373	10677	13061	15455	17801	20058	22195	24192	26035	27714	29224
	<b>1,09</b>	8618	10975	13408	15841	18218	20497	22647	24651	26495	28171	29673
	<b>1,12</b>	8859	11266	13742	16211	18614	20910	23071	25078	26921	28591	30085
	<b>1,15</b>	9096	11550	14066	16566	18991	21301	23469	25477	27317	28980	30465
	<b>1,18</b>	9328	11826	14379	16906	19350	21671	23844	25852	27687	29343	30818
	<b>1,21</b>	9557	12096	14681	17233	19693	22023	24198	26204	28034	29682	31147
	<b>1,225</b>	9669	12228	14829	17392	19859	22193	24369	26374	28200	29844	31304
	<b>1,24</b>	9781	12359	14974	17548	20022	22359	24535	26539	28362	30002	31457
<b>1,27</b>	10002	12615	15259	17853	20339	22681	24858	26858	28674	30305	31750	

Jahreserzeugung [MWh] der Standardwindenergieanlage SG 6.0-155 in Abhängigkeit von der Jahresdurchschnittswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe sowie bei unterschiedlichen Luftdichten unter Berücksichtigung der Rayleigh-Windgeschwindigkeitsverteilung.

# Ct-Kurve, Luftdichte, Betrieb mit Standardleistung

Luftdichte 1,225 kg/m<sup>3</sup>

Geltungsbereich

Windscherung (Durchschn. 10 min)	≤ 0,3
Turbulenzstärke TI [%] für bin I	$5\% \frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1} < TI_1 < 12\% \frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1}$
Gelände	Nicht komplex gemäß IEC 61400-12-1
Aufwind β [°]	-2° ≤ β ≤ +2°
Netzfrequenz [Hz]	± 0,5 Hz

Sonstige Annahmen: Saubere Rotorblätter, ungehinderte Luftströmung, Anlagenbetrieb innerhalb der normalen Grenzwerte gemäß den elektrotechnischen Daten.

Die berechneten Ct-Kurvendaten gelten für die nachfolgend aufgeführten Luftdichten, saubere Rotorblätter, eher horizontale, ungehinderte Luftströmung, normale Turbulenzintensität und normale Windscherung.

C <sub>T</sub> [-]	Luftdichte [kg/m <sup>3</sup> ]								
	1,225	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27
<b>Windgeschwindigkeit [m/s]</b>									
<b>3</b>	0,8712	0,8712	0,8712	0,8712	0,8712	0,8712	0,8712	0,8712	0,8712
<b>4</b>	0,8347	0,8347	0,8347	0,8347	0,8347	0,8347	0,8347	0,8347	0,8347
<b>5</b>	0,8090	0,8073	0,8077	0,8080	0,8083	0,8086	0,8089	0,8092	0,8094
<b>6</b>	0,8058	0,8034	0,8039	0,8044	0,8048	0,8052	0,8056	0,8060	0,8063
<b>7</b>	0,8094	0,8083	0,8086	0,8088	0,8090	0,8092	0,8093	0,8095	0,8096
<b>8</b>	0,7981	0,7978	0,7978	0,7979	0,7980	0,7980	0,7981	0,7981	0,7982
<b>9</b>	0,7361	0,7362	0,7362	0,7363	0,7363	0,7362	0,7362	0,7360	0,7357
<b>10</b>	0,6296	0,6335	0,6335	0,6333	0,6329	0,6320	0,6306	0,6285	0,6258
<b>11</b>	0,5089	0,5258	0,5251	0,5234	0,5207	0,5167	0,5117	0,5058	0,4990
<b>12</b>	0,3967	0,4288	0,4257	0,4212	0,4153	0,4083	0,4007	0,3927	0,3845
<b>13</b>	0,3076	0,3458	0,3404	0,3338	0,3266	0,3190	0,3114	0,3039	0,2966
<b>14</b>	0,2422	0,2780	0,2716	0,2650	0,2582	0,2516	0,2453	0,2391	0,2333
<b>15</b>	0,1945	0,2248	0,2189	0,2131	0,2075	0,2021	0,1970	0,1921	0,1875
<b>16</b>	0,1593	0,1841	0,1791	0,1743	0,1697	0,1654	0,1613	0,1574	0,1537
<b>17</b>	0,1325	0,1529	0,1487	0,1447	0,1410	0,1375	0,1341	0,1310	0,1279
<b>18</b>	0,1118	0,1286	0,1251	0,1219	0,1188	0,1159	0,1131	0,1105	0,1080
<b>19</b>	0,0953	0,1094	0,1065	0,1038	0,1012	0,0987	0,0964	0,0942	0,0921
<b>20</b>	0,0819	0,0938	0,0913	0,0890	0,0868	0,0848	0,0828	0,0810	0,0792
<b>21</b>	0,0706	0,0806	0,0786	0,0766	0,0748	0,0730	0,0714	0,0698	0,0683
<b>22</b>	0,0607	0,0692	0,0675	0,0658	0,0643	0,0628	0,0614	0,0601	0,0588
<b>23</b>	0,0522	0,0593	0,0579	0,0565	0,0552	0,0539	0,0527	0,0516	0,0505
<b>24</b>	0,0448	0,0509	0,0496	0,0484	0,0473	0,0463	0,0453	0,0443	0,0434
<b>25</b>	0,0387	0,0438	0,0428	0,0418	0,0408	0,0399	0,0391	0,0383	0,0375
<b>26</b>	0,0337	0,0382	0,0373	0,0364	0,0356	0,0348	0,0341	0,0334	0,0327
<b>27</b>	0,0298	0,0337	0,0329	0,0322	0,0315	0,0308	0,0301	0,0295	0,0290

## Standard-Schallemission

**Schalleistungspegel (LW):** Die angegebenen Werte entsprechen dem durchschnittlichen geschätzten Schalleistungspegel der WEA auf Nabenhöhe, der gemäß TS IEC-61400-14 als LW bezeichnet wird. LW-Werte werden in dB(A) angegeben. Der LWd-Wert gemäß IEC-61400-14 ergibt sich aus der Erhöhung des LW um 2 dB.

**dB(A):** Der LW wird in Dezibel unter Anwendung des Filters „A“ gemäß IEC angegeben.

Der im Standardleistungsbetriebsmodus erzeugte Schalleistungspegel LW beträgt **105,50 dB(A)**. Die Werte der Schalleistungspegel für andere Windgeschwindigkeiten auf Nabenhöhe werden in der nachstehenden Tabelle aufgeführt:

SG 6.0-155	
Windgeschwindigkeit [m/s]	LW [dB(A)]
3	93,9
3,5	93,9
4	93,9
4,5	93,9
5	93,9
5,5	95,4
6	97,5
6,5	99,4
7	101,1
7,5	102,7
8	104,1
8,5	105,5
9	105,5
9,5	105,5
10	105,5
10,5	105,5
11	105,5
11,5	105,5
12	105,5
12,5	105,5
13	105,5
Bis zur Abschaltung	105,5

Die im vorliegenden Dokument angegebenen Werte der Schalleistungspegel entsprechen der Windenergieanlage, die mit am Rotorblatt angebrachten Vorrichtungen zur Schallminderung ausgestattet sind.

## Betriebsarten des Lärminderungssystems (Noise Reduction System – NRS)

Die Schallminderungsanlage NRS ist ein optionales Modul, das mit der Standard-SCADA-Konfiguration erhältlich ist und somit für seinen Betrieb die Ausstattung mit einem SGRE-SCADA-System erfordert.

Das System dient dazu, die Schallemission durch den Betrieb von Windenergieanlagen zu mindern, um so die örtlichen Vorschriften für Schallemissionen einzuhalten. Dadurch können Windparks in der Nähe von städtebaulich erschlossenen Bereichen angesiedelt werden, da die durch diese entstehenden Auswirkungen auf die Umwelt eingedämmt werden können.

Die Lärmbekämpfung wird durch die Minderung der Wirkleistung und Drehzahl der Windenergieanlage erreicht. Diese Minderung steht in Abhängigkeit zur Windgeschwindigkeit:

Die Schallminderungsanlage übernimmt die Aufgabe, die Lärmeinstellung für die einzelnen Windenergieanlagen zu steuern und sie jederzeit auf ein angemessenes Maß zu begrenzen, um die Schallemissionen im Rahmen der zulässigen Grenzwerte zu behalten.

Zu diesem Zweck berücksichtigt die SCADA-Steuereinheit die Windgeschwindigkeit der verschiedenen Windenergieanlagen und einen konfigurierten Zeitplan bzw. Kalender.

Abgesehen vom Vollbetriebsmodus können bis zu 8 weitere geräuscharme Betriebsmodi eingerichtet werden. Folgende Schalleistungspegel entsprechen den jeweiligen Modi:

Modus:	FP	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
Schalleistungspegel [dB(A)]	105,5	104,7	103,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97

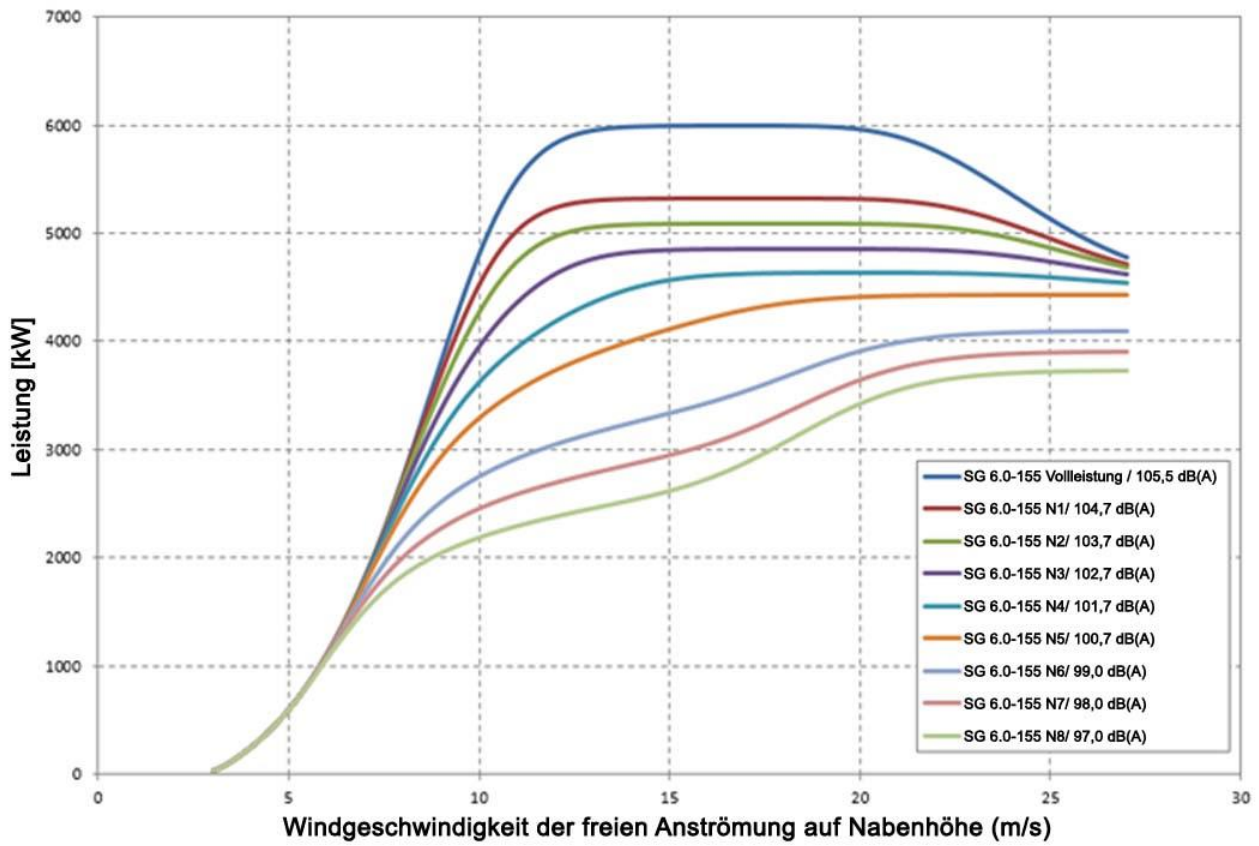
Die im vorliegenden Dokument angegebenen Werte der Schalleistungspegel entsprechen der Windenergieanlage, die mit am Rotorblatt angebrachten Vorrichtungen zur Schallminderung ausgestattet sind.

Je nach der gewählten Bauart des Turms könnten einige der o. a. geräuscharmen Betriebsmodi nicht kompatibel sein. In der nachstehenden Tabelle sind die umsetzbaren geräuscharmen Betriebsmodi für die jeweiligen Türme aufgeführt. Umsetzbare geräuscharme Betriebsmodi für sonstige Turmbauweisen werden auf Anfrage untersucht.

SG 6.0-155	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
H = 122,50 m (Stahl)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

Die nachstehende Tabelle zeigt die Erzeugung als Funktion aus der gemessenen horizontalen Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe für verschiedene geräuscharme Betriebsmodi.

<b>P [kW]</b>	<b>Geräuscharme Betriebsmodi</b>							
	<b>N1 104,70 dB (A)</b>	<b>N2 103,7 dB (A)</b>	<b>N3 102,7 dB (A)</b>	<b>N4 101,7 dB (A)</b>	<b>N5 100,7 dB (A)</b>	<b>N6 99,0 dB (A)</b>	<b>N7 98,0 dB (A)</b>	<b>N8 97,0 dB (A)</b>
<b>3</b>	36	36	36	36	36	36	36	36
<b>4</b>	255	255	255	255	255	255	255	255
<b>5</b>	605	605	605	605	605	605	605	604
<b>6</b>	1117	1117	1117	1117	1116	1108	1096	1075
<b>7</b>	1830	1828	1820	1805	1776	1689	1615	1525
<b>8</b>	2740	2699	2633	2544	2427	2179	2014	1844
<b>9</b>	3714	3564	3379	3170	2937	2522	2279	2050
<b>10</b>	4533	4270	3957	3629	3294	2754	2461	2193
<b>11</b>	5032	4736	4363	3952	3546	2922	2594	2300
<b>12</b>	5241	4965	4624	4189	3734	3050	2699	2387
<b>13</b>	5305	5049	4764	4367	3882	3156	2789	2464
<b>14</b>	5321	5074	4823	4493	4006	3249	2870	2539
<b>15</b>	5325	5080	4844	4571	4114	3338	2954	2624
<b>16</b>	5326	5081	4850	4611	4211	3433	3054	2736
<b>17</b>	5326	5082	4852	4628	4291	3544	3183	2886
<b>18</b>	5326	5082	4852	4635	4351	3672	3340	3069
<b>19</b>	5325	5082	4853	4637	4389	3801	3505	3261
<b>20</b>	5321	5080	4852	4638	4410	3911	3650	3430
<b>21</b>	5304	5074	4850	4638	4421	3990	3759	3557
<b>22</b>	5263	5054	4842	4635	4426	4040	3829	3639
<b>23</b>	5187	5012	4822	4629	4428	4068	3870	3687
<b>24</b>	5079	4945	4786	4616	4429	4082	3891	3713
<b>25</b>	4954	4858	4735	4595	4429	4089	3902	3725
<b>26</b>	4827	4764	4676	4570	4429	4093	3907	3732
<b>27</b>	4717	4678	4619	4544	4429	4094	3909	3734





Die nachstehende Tabelle zeigt die  $C_T$  als Funktion aus der gemessenen horizontalen Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe für verschiedene geräuscharme Betriebsmodi. Die berechneten  $C_T$ -Kurvendaten gelten für saubere Rotorblätter, eher horizontale, ungehinderte Luftströmung, normale Turbulenzintensität und normale Windscherung.

$C_T$ [-]	<b>Geräuscharme Betriebsmodi</b>							
Windgeschw. [m/s]	N1 104,70 dB (A)	N2 103,7 dB (A)	N3 102,7 dB (A)	N4 101,7 dB (A)	N5 100,7 dB (A)	N6 99,0 dB (A)	N7 98,0 dB (A)	N8 97,0 dB (A)
3	0,8712	0,8712	0,8712	0,8712	0,8712	0,8712	0,8712	0,8712
4	0,8347	0,8347	0,8347	0,8347	0,8347	0,8347	0,8347	0,8347
5	0,8090	0,8090	0,8090	0,8090	0,8090	0,8089	0,8085	0,8069
6	0,8058	0,8058	0,8056	0,8049	0,8024	0,7869	0,7667	0,7369
7	0,8082	0,8043	0,7951	0,7779	0,7504	0,6826	0,6344	0,5836
8	0,7814	0,7542	0,7175	0,6741	0,6247	0,5363	0,4848	0,4357
9	0,6942	0,6463	0,5952	0,5440	0,4922	0,4089	0,3644	0,3241
10	0,5753	0,5270	0,4767	0,4285	0,3824	0,3127	0,2771	0,2456
11	0,4538	0,4183	0,3780	0,3373	0,2992	0,2433	0,2152	0,1905
12	0,3494	0,3267	0,2999	0,2687	0,2377	0,1929	0,1706	0,1511
13	0,2704	0,2554	0,2388	0,2170	0,1920	0,1558	0,1379	0,1223
14	0,2134	0,2025	0,1915	0,1773	0,1576	0,1281	0,1135	0,1009
15	0,1720	0,1636	0,1555	0,1461	0,1312	0,1070	0,0951	0,0850
16	0,1412	0,1344	0,1281	0,1215	0,1107	0,0908	0,0812	0,0732
17	0,1177	0,1122	0,1070	0,1019	0,0944	0,0784	0,0707	0,0644
18	0,0995	0,0948	0,0905	0,0864	0,0810	0,0687	0,0627	0,0578
19	0,0850	0,0811	0,0774	0,0740	0,0700	0,0608	0,0562	0,0524
20	0,0734	0,0700	0,0669	0,0640	0,0608	0,0540	0,0505	0,0476
21	0,0638	0,0610	0,0583	0,0558	0,0532	0,0481	0,0453	0,0430
22	0,0556	0,0534	0,0512	0,0490	0,0468	0,0428	0,0406	0,0387
23	0,0486	0,0469	0,0451	0,0433	0,0415	0,0382	0,0364	0,0347
24	0,0425	0,0413	0,0400	0,0386	0,0370	0,0342	0,0326	0,0312
25	0,0373	0,0366	0,0356	0,0345	0,0333	0,0308	0,0294	0,0281
26	0,0330	0,0325	0,0319	0,0311	0,0302	0,0279	0,0267	0,0255
27	0,0294	0,0292	0,0288	0,0283	0,0276	0,0255	0,0244	0,0233

In der nachstehenden Tabelle Werden die Schalleistungspegel als Funktion aus der gemessenen horizontalen Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe für verschiedene geräuscharme Betriebsmodi aufgeführt.

<b>Schalleistungspegel [dB(A)]</b>	<b>Geräuscharme Betriebsmodi</b>							
<b>Windgeschwindigkeit [m/s]</b>	<b>N1 104,70 d B(A)</b>	<b>N2 103,70 d B(A)</b>	<b>N3 102,70 d B(A)</b>	<b>N4 101,70 d B(A)</b>	<b>N5 100,70 d B(A)</b>	<b>N6 99,00 dB (A)</b>	<b>N7 98,00 dB (A)</b>	<b>N8 97,00 dB (A)</b>
<b>3</b>	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9
<b>3,5</b>	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9
<b>4</b>	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9
<b>4,5</b>	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9
<b>5</b>	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9	93,9
<b>5,5</b>	95,4	95,4	95,4	95,4	95,4	95,4	95,4	95,4
<b>6</b>	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97
<b>6,5</b>	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99	98	97
<b>7</b>	101,1	101,1	101,1	101,1	100,7	99	98	97
<b>7,5</b>	102,7	102,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97
<b>8</b>	104,1	103,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97
<b>8,5</b>	104,7	103,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97
<b>9</b>	104,7	103,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97
<b>9,5</b>	104,7	103,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97
<b>10</b>	104,7	103,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97
<b>10,5</b>	104,7	103,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97
<b>11</b>	104,7	103,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97
<b>11,5</b>	104,7	103,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97
<b>12</b>	104,7	103,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97
<b>12,5</b>	104,7	103,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97
<b>13</b>	104,7	103,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97
<b>Bis zur Abschaltung</b>	104,7	103,7	102,7	101,7	100,7	99	98	97

Die im vorliegenden Dokument angegebenen Werte der Schalleistungspegel entsprechen der Windenergieanlage, die mit am Rotorblatt angebrachten Vorrichtungen zur Schallminderung ausgestattet sind.

## Elektrische Kenndaten

### Nennleistung und Netzbedingungen

Nennleistung .....	6000 kW
Nennspannung.....	690 V
Leistungsfaktorkorrektur....	Frequenzumrichtersteuerung
Leistungsfaktorbereich .....	0,9 kapazitiv bis 0,9 induktiv bei ausgeglichener Nennspannung

### Generator

Typ.....	DFIG, Asynchron
Maximale Leistung .....	6150 kW
Nenndrehzahl.....	1120/min – 6 p (50 Hz) 1344/min – 6 p (60 Hz)

### Generatorschutz

Isolationsklasse.....	Stator F/H Rotor F/H
Wicklungstemperaturen ....	6 Pt 100 Sensoren
Lagertemperaturen.....	3 Pt 100
Schleifringe	1 Pt 100
Erdungsbürste.....	Seitlich, keine Kopplung

### Generatorkühlung

Kühlung.....	TBD
Interne Lüftung.....	Luft
Regelparameter .....	Wicklung, Lagertemperatur

### Frequenzumrichter

Betrieb.....	4Q-B2B-Teillast
Schaltung .....	PWM
Schaltfrequenz, Rotor- und Netzseite .....	2,5 kHz
Kühlung.....	Flüssigk./Luft

### Hauptstromkreisschutz

Kurzschlusschutz .....	Leitungsschalter
------------------------	------------------

Überspannungsableiter .....	Varistoren
-----------------------------	------------

### Spitzenleistungsniveaus

10 min. Durchschnitt .....	Auf Nennwert begrenzt
----------------------------	-----------------------

### Netzanforderungen

Nennnetzfrequenz .....	50 Hz oder 60 Hz
Minimale Spannung .....	85 % des Nennwerts
Maximale Spannung .....	113 % des Nennwerts
Minimale Frequenz .....	94 % des Nennwerts
Maximale Frequenz .....	106 % des Nennwerts
Maximale Spannungsasymmetrie (Gegenspannung der Komponenten).....	≤5 %
Max. Kurzschlussspannung an Netzklemmen der Steuerung (690 V) .....	TBD kA

### Leistungsverbrauch vom Netz (ungefähr)

Im Standby ohne Windnachführung.....	10 kW
Im Standby mit Windnachführung.....	41 kW

### Stuereinheit

#### Datensicherung

USV-Steuerung.....	Online-USV, Li-Batterie
Batteriebetriebszeit .....	1 min
SCADA-Batteriebetriebszeit.....	24 h

### Anforderungen Transformator

Anforderung	
Transformatorimpedanz.....	8.0 % -9.5%
Sekundärspannung.....	690 V
Vektorgruppe .....	Dyn 11 oder Dyn 1 (sternförmige Erdung)

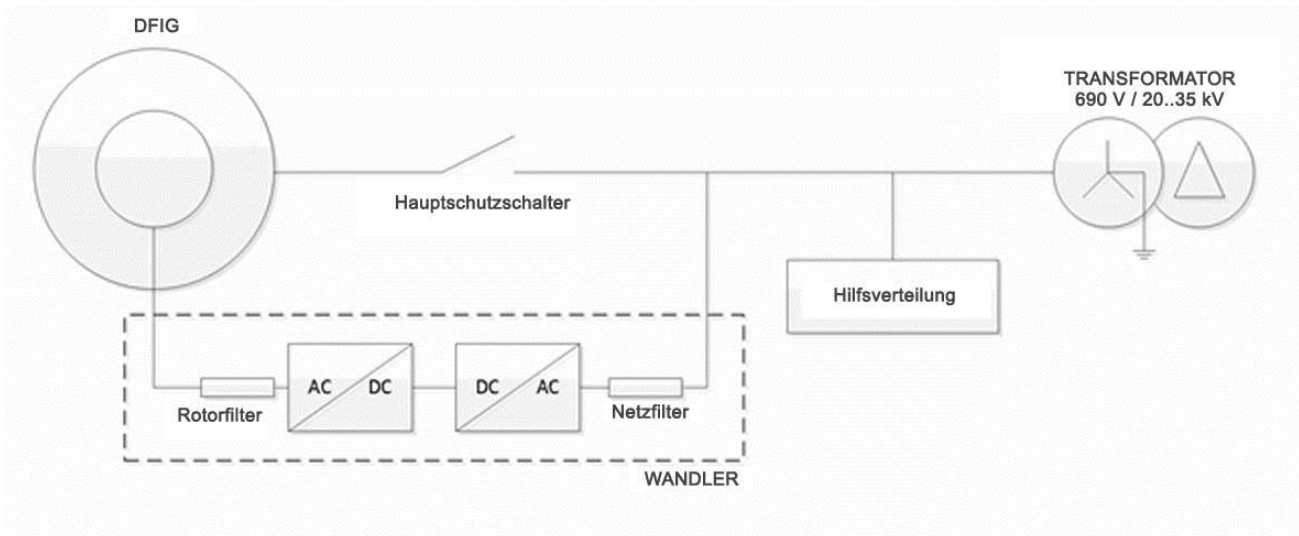
### Erdungsanforderungen

Erdungssystem .....	Gemäß IEC 62305-3 Ausg. 1.0:2006
Fundamentbewehrung.....	Ist an Erdungselektroden anzuschließen
Anschlussklemmen am Fundament.....	Gemäß SGRE-Standard

HS-Anschluss .....	Der HS-Leitungsschirm ist an die Erdung anzuschließen
--------------------	---

Alle Daten unterliegen den Toleranzen gemäß IEC.

## Vereinfachtes Einphasen-Netzschema



## Technische Daten für Transformator ECO30 kV\*

### Transformator

Typ .....	Flüssigkeitsart
Nennleistung .....	6500 kVA bei Nennwert Spannung +13/-10 %
Nennspannung .....	30/0,69 kV
Frequenz .....	50 / 60 Hz
Transformatorimpedanz ....	8.0% - 10.0%
Verlust ( $P_0 / P_{n120^\circ C}$ ).....	ECO-Design-Richtlinie
Vektorgruppe .....	Dyn11
Lastfreier Stufenschalter ...	+/- 2.5% / +/- 5 %
Norm .....	IEC 60076 ECO-Design-Richtlinie

### Transformator Kühlung

Kühlung	Wassergekühlt
Regelparameter	Höchsttemperatur Flüssigkeit

### Transformatorüberwachung

Flüssigkeitstemperatur .....	PT100-Sensor
------------------------------	--------------

### Transformator Erdung

Sternförmig .....	Der Sternpunktanschluss des Transformators muss an die Erdung angeschlossen werden
-------------------	---

Alle Daten unterliegen den Toleranzen gemäß IEC.

\*Beispiel für einen Transformator ECO 30 kV. Angaben für Mittelspannungstransformatoren erhalten Sie bei SGRE

## Technische Daten für Transformator 34,50 kV\*

### Transformator

Typ .....	Flüssigkeitsart
Nennleistung .....	6500 kVA bei Nennwert Spannung +13/-10 %
Nennspannung .....	34,5/0,69 kV
Frequenz .....	50 / 60 Hz
Transformatorimpedanz ....	8.0% - 10.0%
Verlust ( $P_0 / P_{n120^\circ C}$ ).....	ECO-Design-Richtlinie
Vektorgruppe .....	Dyn 1 / Dyn 11
Lastfreier Stufenschalter ...	+/- 2.5% / +/- 5 %
Standard.....	IEC 60076 ECO-Design-Richtlinie

### Transformator Kühlung

Kühlung	Wassergekühlt
Regelparameter	Höchsttemperatur Flüssigkeit

### Transformatorüberwachung

Flüssigkeitstemperatur .....	PT100-Sensor
------------------------------	--------------

### Transformator Erdung

Sternförmig .....	Der Sternpunktanschluss des Transformators muss an die Erdung angeschlossen werden
-------------------	---

Alle Daten unterliegen den Toleranzen gemäß IEC.

\*Beispiel für einen Transformator ECO 34,50 kV. Angaben für Mittelspannungstransformatoren erhalten Sie bei SGRE

# Technische Daten Schaltanlage

Der Einbau einer Schaltanlage ist auf Wunsch möglich. Die Mindestanforderungen, die zum elektrischen Schutz eingehalten werden müssen, sind wie folgt:

## Technische Daten 38-kV-Schaltanlage

### Technische Daten der Schaltanlage

<b>Schaltanlage</b>		<b>Leistungsschalterabzweig</b>	
Bemessungsspannung	38 kV	Bemessungsbetriebsstrom, Schaltfeld	630 A
Betriebsspannung	30 - 36 kV	Bemessungsbetriebsstrom, Leistungsschalter	630 A
Bemessungsbetriebsstrom	630 A	Kurzzeitstrom	20 kA/1 s
Kurzzeitstrom	20 kA/1 s	Kurzschlusseinschaltstrom	50 kA/1 s
Haltestoßstrom	50 kA	Kurzschlussausschaltstrom	20 kA/1 s
Betriebsfrequente Stehwechselspannung	70 kV	Schaltmechanismus	Federschaltwerk
Stehblitzstoßspannung	170 kV	Auslösemechanismus	Speicherantrieb
Isolationsmedium	SF <sub>6</sub>	Motorspannung	Auf Anfrage
Schaltmedium	Vakuum	Steuerung	Lokal
Bestehend aus	1, 2 oder 3 Feldern	Spule für externe Auslösung	230 V AC
Ringkabelabzweig	Lasttrennschalter oder direkter Kabelaufstieg	Spannungserkennungssystem	Kapazitiv
Leistungsschalterabzweig	Leistungsschalter		
Schutzart des Behälters	IPX8	<b>Schutz</b>	
Schutzart, Anlagenkapselung	IP2XD	Funktionen	50/51 50N/51N
Schutzart,	IP2XD	Stromversorgung	Dual (Eigenversorgung und Hilfsspannung)
Niederspannungsschrank		Stromwandler	300/1A; Cl. 5P20
Störlichtbogenqualifikation nach IAC:	A FLR 20 kA 1s		
Druckentlastung	Unten	<b>Mittelspannungsanschlusskabel</b>	
Norm	IEC 62271	Ringkabelabzweig	630-A-Buchsen, Typ C, M16
Temperaturbereich	-30 °C bis +40 °C	Kabeleinführung	Max. 3 Abzweigkabel Von unten
<b>Ringkabelabzweig</b>		Größe der Kabelklemmen (Außendurchmesser der Kabel)	bis zu 48 mm
Bemessungsbetriebsstrom, Schaltfeld	630 A	Leistungsschalterabzweig	630 A-Durchführungen, Typ C, M16-
Bemessungsstrom, Lasttrennschalter	630 A	Kabeleinführung	Von unten
Kurzzeitstrom	20 kA/1 s	<b>Schnittstelle zur WEA-Steuerung</b>	
Kurzschlusseinschaltstrom Dreistellungsschalter	50 kA/1 s	Leistungsschalterstatus	1 Ö + 1 S
Schaltmechanismus	Federschaltwerk	Isolierungsüberwachung	Auf Anfrage
Steuerung	Lokal		
Spannungserkennungssystem	Kapazitiv		

Alle Daten unterliegen Toleranzen gemäß IEC.

Beispiel für eine 38-kV-Schaltanlage. Für andere Mittelspannungsvarianten oder andere Erdungssysteme wenden Sie sich an SGRE.

## Vorläufige Fundamentlasten

Auf Anfrage sind genauere Informationen zu den Fundamentlasten erhältlich.

## Abmessungen des Turms

Die SG 6.0-155 wird mit einem umfassenden Turm-Portfolio angeboten, beispielsweise mit Standard-Nabenhöhen von 122,50 m und 165 m.

Vorläufige Informationen:

- Nabenhöhe des Turms 122,50 m cIIA.

	Segment 1	Segment 2	Segment 3	Segment 4	Segment 5
<b>Außendurchmesser oberer Flansch (m)</b>	4,400	4,434	4,430	3,488	3,503
<b>Außendurchmesser unterer Flansch (m)</b>	4,400	4,400	4,434	4,430	3,488
<b>Segmenthöhe (m)</b>	14,960	20,340	24,150	26,665	34,460
<b>Gesamtgewicht (kg)</b>	88928	89187	84602	73574	68061
<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	290	394	475	523	419

- Nabenhöhe des Turms 165 m, Hybridausführung (Beton und Stahl)

	Beton Segment1	Stahl Segment2	Stahl Segment 3	Stahl Segment 4
<b>Außendurchmesser oberer Flansch (m)</b>	4,425	4,300	4,300	3,503
<b>Außendurchmesser unterer Flansch (m)</b>	8,727	4,425	4,300	4,300
<b>Segmenthöhe (m)</b>	83,990	12,990	28,820	33,000

Auf Anfrage sind auch Informationen zu weiteren Turmhöhen erhältlich.

## Fundementauslegung

Der Fundamentplan für SG 6.0-155 mit einer Höhe von 122,50 m ist unter der Referenz GP449773 zu finden.

Auf Anfrage sind genauere Informationen zu den Fundamentlasten erhältlich

# Vorläufige technische Daten zur Netzverträglichkeit, 50 Hz

## Allgemeines

Im vorliegenden Dokument wird die Netzverträglichkeit der Windenergieanlage SG 6.0-155, 50 Hz beschrieben. Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE) stellt den Bauplanungsunternehmen technische Angaben zur Windenergieanlage für die den Entwurf des Windparks und die Bewertung der zu erfüllenden Anforderungen bereit. Das Bauplanungsunternehmen trägt die Verantwortung dafür, die Anforderungen zu beurteilen und die Einhaltung durch den Windpark zu gewährleisten.

Die im vorliegenden Dokument beschriebene Leistungsfähigkeit beruht auf der Annahme, dass das entwickelte Stromnetz mit dem Betrieb der Windenergieanlage kompatibel ist. SGRE stellt ein Dokument mit entsprechender Anleitung für die Durchführung der Bewertung der Netzwerkkompatibilität bereit.

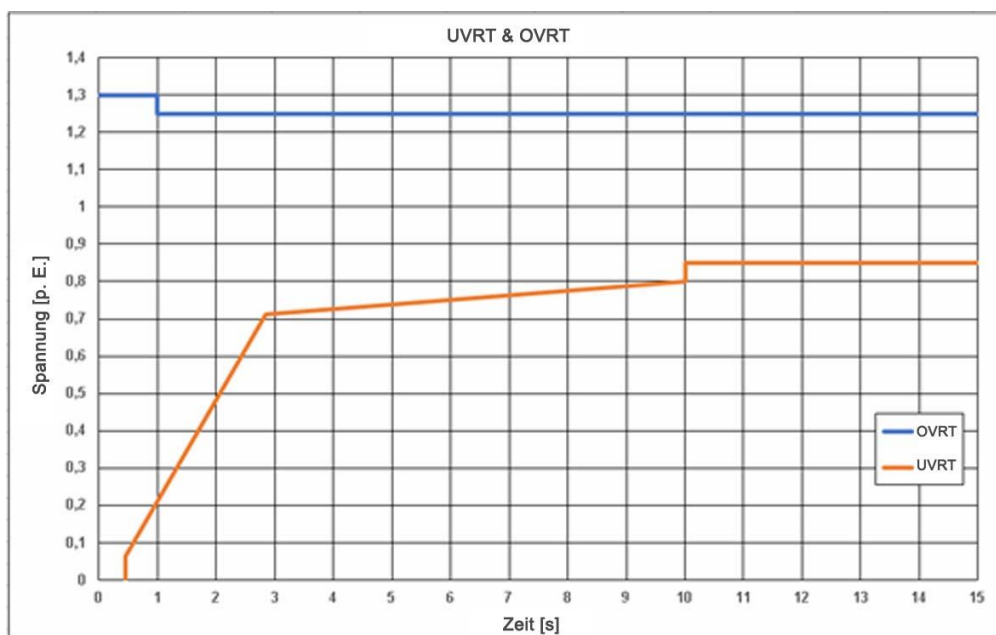
## Fault Ride Through (FRT)-Kapazität

Die Windenergieanlage kann auch bei kurzzeitigen Spannungseinbrüchen im Verbindungsübertragungssystem oberhalb oder unterhalb der Unterspannungsgrenze betrieben werden, und zwar innerhalb eines Zeitraums gemäß **Abbildung 1**. Unterspannungsgrenzen für die Windenergieanlage SG 6.0-155, 50 Hz in einem Bereich von 0 – 1000 Sekunden. Die Nennspannung beträgt 690 V (z. B. 1 p. E.).

Um dies zu leisten, wird angenommen, dass die installierte Anzahl von Windenergieanlagen im angemessenen Verhältnis zur Festigkeit des Netzes steht, d. h., dass das Kurzschlussverhältnis ( $S_k/S_n$ ) und das X/R-Verhältnis des Netzes an den Transformatoranschlüssen der Windenergieanlage angemessen sein muss.

Die Bewertung der FRT-Kapazität der Windenergieanlage in einem bestimmten System muss auf Simulationsstudien mit dem jeweiligen Netzwerkmodell und einem dynamischen Modell der Windenergieanlage von SGRE in PSS/E beruhen. Bei diesem Modell handelt es sich um ein reduziertes Modell für ausgeglichene Simulationen mit Zeitintervallen von 4 – 10 ms.

Die Standardspannungsgrenzen für die Windenergieanlage SG 6.0-155, 50 Hz wird in **Abbildung 1**. Unterspannungsgrenzen für die Windenergieanlage SG 6.0-155, 50 Hz in einem Bereich von 0 – 1000 Sekunden. Die Nennspannung beträgt 690 V (z. B. 1 p. E.). dargestellt.





**Abbildung 1.** Unterspannungsgrenzen für die Windenergieanlage SG 6.0-155, 50 Hz in einem Bereich von 0 – 1000 Sekunden. Die Nennspannung beträgt 690 V (z. B. 1 p. E.).

### **Leistungsfaktorkapazität (Blindleistung)**

Die Windenergieanlage kann in einem großen Leistungsfaktorbereich auf der Niederspannungsseite des Transformators der Windenergieanlage betrieben werden. Weitere Angaben finden Sie im Kapitel Blindleistungskapazität. Der Steuermodus für die Windenergieanlage erfolgt mit Blindleistungssollwerten.

### **Kapazität der Überwachungssteuerung und Datenerfassung (SCADA).**

Das SGRE-SCADA-System ist je nach Konfiguration des SCADA-Systems in der Lage, Anleitungen vom Anbieter des Übertragungssystems zu übertragen und zu empfangen, um das System zuverlässiger zu machen. Die projektspezifischen SCADA-Anforderungen müssen für deren Entwicklung im Detail festgelegt werden.

### **Frequenzkapazität**

Die Windenergieanlage kann in einem Frequenzbereich zwischen 47 Hz und 53 Hz betrieben werden.

### **Spannungskapazität**

Der Betriebsspannungsbereich der Windenergieanlage liegt zwischen 85 % und 113 % der Nennspannung auf der Niederspannungsseite des Transformators der Windenergieanlage. Die Spannung kann für 60 ms bis zu 130 % betragen. Die Zielspannung der Windenergieanlage sollte zur Unterstützung der optimalen Leistung innerhalb der Betriebsgrenzen zwischen 95 % und 105 % verbleiben.

### **Flimmern und Oberschwingungen**

Die Werte für Flimmern und Oberschwingungen werden im Messberichtsatz für Stromqualität gemäß IEC 61400-21, Ausgabe 2 angegeben.

### **Blindleistung – Spannungssteuerung**

Die Steuereinheit des Windparks kann in 4 verschiedenen Modi betrieben werden:

- Q-Steuerung – In diesem Modus erfolgt die Steuerung der Blindleistung am Verbindungspunkt in Übereinstimmung mit einem Blindleistungssollwert.
- V-Steuerung – Hier erfolgt die Steuerung der Spannung am Verbindungspunkt in Übereinstimmung mit einem Spannungssollwert.
- V-Q-Statik – Hier erfolgt die Steuerung der Spannung am Verbindungspunkt über ein voreingestelltes Verhältnis zwischen Spannung und Blindleistung.
- Leistungsfaktor-(Cosphi)-Steuerung – In diesem Modus erfolgt die Steuerung des Leistungsfaktors am Verbindungspunkt in Übereinstimmung mit einem Leistungsfaktorsollwert.

Das SCADA-System erhält die Rückmeldung bzw. die gemessenen Werte je nach betriebenem Steuermodus vom entsprechenden Verbindungspunkt. Die Steuereinheit des Windparks vergleicht dann die gemessenen Werte mit den Zielstufen und berechnet den Blindleistungssollwert. Abschließend wird der Blindleistungssollwert an jede einzelne Windenergieanlage gesendet. Die Steuereinheiten der verschiedenen Windenergieanlagen antworten auf den letzten Sollwert aus dem SCADA-System und erzeugen die für die Windenergieanlage erforderliche Blindleistung dem entsprechend.

### **Frequenzüberwachung**

Die Frequenzsteuerung wird vom SCADA-System gemeinsam mit der Steuereinheit der Windenergieanlage verwaltet. Die Frequenzsteuerung des Windparks erfolgt über das SCADA-System, das die Wirkleistungssollwerte an die einzelnen Steuereinheiten der verschiedenen Windenergieanlagen versendet. Die Steuereinheiten der verschiedenen Windenergieanlagen antworten auf den letzten Sollwert aus dem SCADA-System und behalten diese Wirkleistung bei.

**Alle Daten unterliegen den Toleranzen gemäß IEC.**

# Vorläufige technische Daten zur Netzverträglichkeit, 60 Hz

## Allgemeines

Im vorliegenden Dokument wird die Netzleistung der Windenergieanlage SG 6.0-155, 60 Hz beschrieben. Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE) stellt den Bauplanungsunternehmen technische Angaben zur Windenergieanlage für die den Entwurf des Windparks und die Bewertung der zu erfüllenden Anforderungen bereit. Das Bauplanungsunternehmen trägt die Verantwortung dafür, die Anforderungen zu beurteilen und die Einhaltung durch den Windpark zu gewährleisten.

Die im vorliegenden Dokument beschriebenen Leistungskapazitäten beruhen auf der Annahme, dass das entwickelte Stromnetz mit dem Betrieb der Windenergieanlage kompatibel ist. SGRE stellt ein Dokument mit entsprechender Anleitung für die Durchführung der Bewertung der Netzwerkkompatibilität bereit.

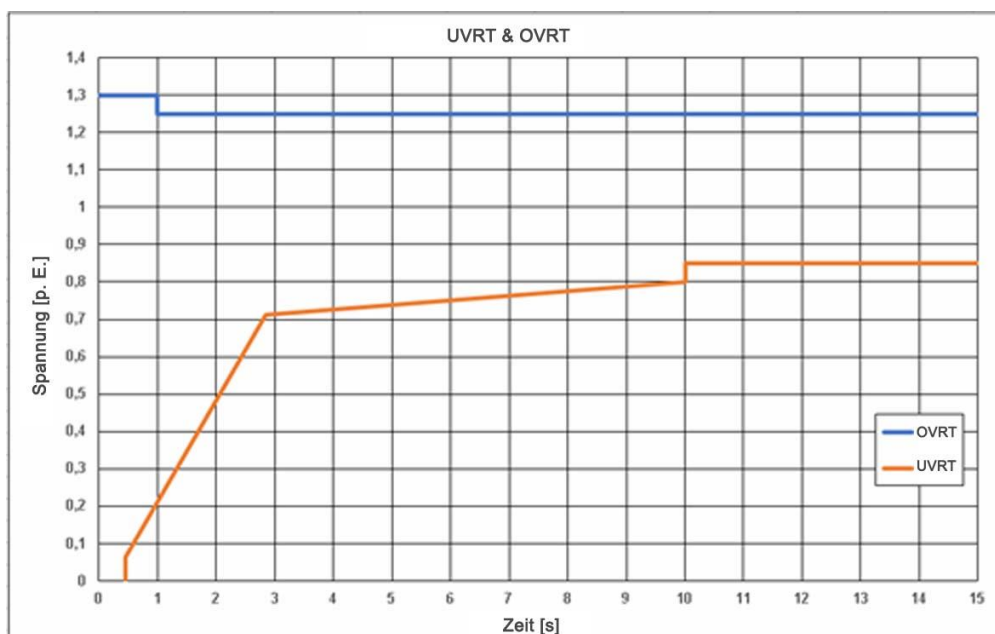
## Fault Ride Through (FRT)-Kapazität

Die Windenergieanlage kann auch bei kurzzeitigen Spannungseinbrüchen im Verbindungsübertragungssystem oberhalb oder unterhalb der Unterspannungsgrenze betrieben werden, und zwar innerhalb eines Zeitraums gemäß **Abbildung 2**. Unterspannungsgrenzen für die Windenergieanlage SG 6.0-155, 60 Hz in einem Bereich von 0 – 1000 Sekunden. Die Nennspannung beträgt 690 V (z. B. 1 p. E.).

Um dies zu leisten, wird angenommen, dass die installierte Anzahl von Windenergieanlagen im angemessenen Verhältnis zur Festigkeit des Netzes steht, d. h., dass das Kurzschlussverhältnis ( $S_k/S_n$ ) und das X/R-Verhältnis des Netzes an den Transformatoranschlüssen der Windenergieanlage angemessen sein muss.

Die Bewertung der FRT-Kapazität der Windenergieanlage in einem bestimmten System muss auf Simulationsstudien mit dem jeweiligen Netzwerkmodell und einem dynamischen Modell der Windenergieanlage von SGRE in PSS/E beruhen. Bei diesem Modell handelt es sich um ein reduziertes Modell für ausgeglichene Simulationen mit Zeitintervallen von 4 – 10 ms.

Die Standardspannungsgrenzen für die Windenergieanlage SG 6.0-155, 60 Hz wird in **Abbildung 2**. Unterspannungsgrenzen für die Windenergieanlage SG 6.0-155, 60 Hz in einem Bereich von 0 – 1000 Sekunden. Die Nennspannung beträgt 690 V (z. B. 1 p. E.). dargestellt.



**Abbildung 2.** Unterspannungsgrenzen für die Windenergieanlage SG 6.0-155, 60 Hz in einem Bereich von 0 – 1000 Sekunden. Die Nennspannung beträgt 690 V (z. B. 1 p. E.).

### **Leistungsfaktorkapazität (Blindleistung)**

Die Windenergieanlage kann in einem großen Leistungsfaktorbereich auf der Niederspannungsseite des Transformators der Windenergieanlage betrieben werden. Weitere Angaben finden Sie im Kapitel Blindleistungskapazität. Der Steuermodus für die Windenergieanlage erfolgt mit Blindleistungssollwerten.

### **Kapazität der Überwachungssteuerung und Datenerfassung (SCADA).**

Das SGRE-SCADA-System ist je nach Konfiguration des SCADA-Systems in der Lage, Anleitungen vom Anbieter des Übertragungssystems zu übertragen und zu empfangen, um das System zuverlässiger zu machen. Die projektspezifischen SCADA-Anforderungen müssen für deren Entwicklung im Detail festgelegt werden.

### **Frequenzkapazität**

Die Windenergieanlage kann in einem Frequenzbereich zwischen 56,4 Hz und 63,6 Hz betrieben werden.

### **Spannungskapazität**

Der Betriebsspannungsbereich der Windenergieanlage liegt zwischen 85 % und 113 % der Nennspannung auf der Niederspannungsseite des Transformators der Windenergieanlage. Die Spannung kann für 60 ms bis zu 130 % betragen. Die Zielspannung der Windenergieanlage sollte zur Unterstützung der optimalen Leistung innerhalb der Betriebsgrenzen zwischen 95 % und 105 % verbleiben.

### **Flimmern und Oberschwingungen**

Die Werte für Flimmern und Oberschwingungen werden im Messberichtsatz für Stromqualität gemäß IEC 61400-21, Ausgabe 2 angegeben.

### **Blindleistung – Spannungssteuerung**

Die Steuereinheit des Windparks kann in 4 verschiedenen Modi betrieben werden:

- Q-Steuerung – In diesem Modus erfolgt die Steuerung der Blindleistung am Verbindungspunkt in Übereinstimmung mit einem Blindleistungssollwert.
- V-Steuerung – Hier erfolgt die Steuerung der Spannung am Verbindungspunkt in Übereinstimmung mit einem Spannungssollwert.
- V-Q-Statik – Hier erfolgt die Steuerung der Spannung am Verbindungspunkt über ein voreingestelltes Verhältnis zwischen Spannung und Blindleistung.
- Leistungsfaktor-(Cosphi)-Steuerung – In diesem Modus erfolgt die Steuerung des Leistungsfaktors am Verbindungspunkt in Übereinstimmung mit einem Leistungsfaktorsollwert.

Das SCADA-System erhält die Rückmeldung bzw. die gemessenen Werte je nach betriebenem Steuermodus vom entsprechenden Verbindungspunkt. Die Steuereinheit des Windparks vergleicht dann die gemessenen Werte mit den Zielstufen und berechnet den Blindleistungssollwert. Abschließend wird der Blindleistungssollwert an jede einzelne Windenergieanlage gesendet. Die Steuereinheiten der verschiedenen Windenergieanlagen antworten auf den letzten Sollwert aus dem SCADA-System und erzeugen die für die Windenergieanlage erforderliche Blindleistung dem entsprechend.

### **Frequenzüberwachung**

Die Frequenzsteuerung wird vom SCADA-System gemeinsam mit der Steuereinheit der Windenergieanlage verwaltet. Die Frequenzsteuerung des Windparks erfolgt über das SCADA-System, das die Wirkleistungssollwerte an die einzelnen Steuereinheiten der verschiedenen Windenergieanlagen versendet. Die Steuereinheiten der verschiedenen Windenergieanlagen antworten auf den letzten Sollwert aus dem SCADA-System und behalten diese Wirkleistung bei.

**Alle Daten unterliegen den Toleranzen gemäß IEC.**

# Blindleistungskapazität, 50 Hz

## Allgemeines

Im vorliegenden Dokument wird die Blindleistungskapazität der Windenergieanlage SG 6.0-155, 50 Hz bei der Erzeugung von Wirkleistung beschrieben. Die Windenergieanlagen SG 6.0-155 sind mit einem B2B-Teillastfrequenzwandler ausgestattet, der es ermöglicht, die Windenergieanlage in einem weit reichenden Leistungsbereich zu betreiben.

## Leistungskurven für Blindleistung

Die Blindleistungskapazität für die Windenergieanlage auf der Niederspannungsseite des Transformators der Windenergieanlage wird in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.

**Abbildung 3.** Kurven der Blindleistungskapazität, 50-Hz-Windenergieanlage auf der Niederspannungsseite des Transformators der Windenergieanlage zeigt die Blindleistungskapazität auf der Niederspannungsseite des Transformators der Windenergieanlage je nach erzeugtem Strom an den NS-Anschlüssen.

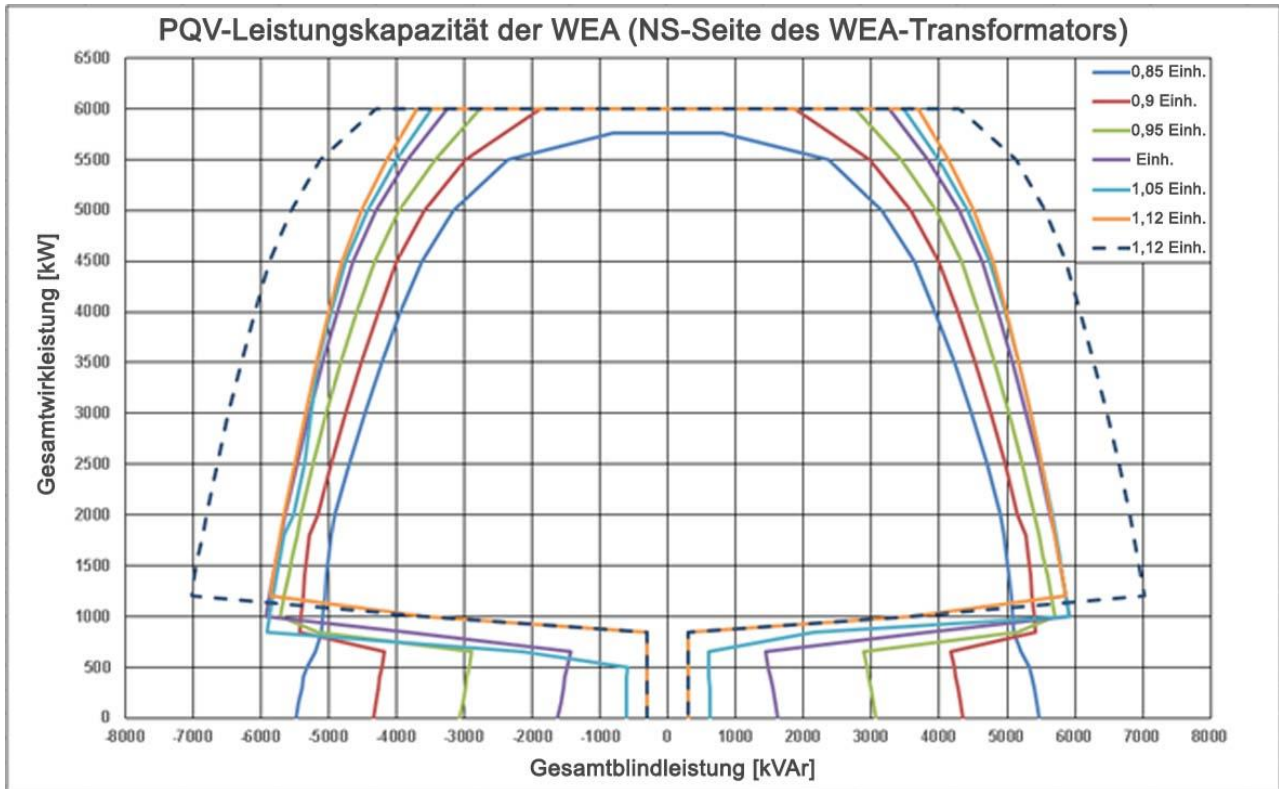
**Abbildung 4.** Blindleistungskapazität ohne Wind (QwP0) zeigt die Blindleistungskapazität ohne Wind (QwP0).

Das SCADA kann Spannungswerte an die Windenergieanlagen in einem Bereich von 0,92 p. E. bis 1,08 p. E. senden. Der Windpark ist darauf auszulegen, Spannungswerte für Windenergieanlagen zwischen 0,95 p. E. und 1,05 p. E. im Standby-Betrieb beizubehalten.

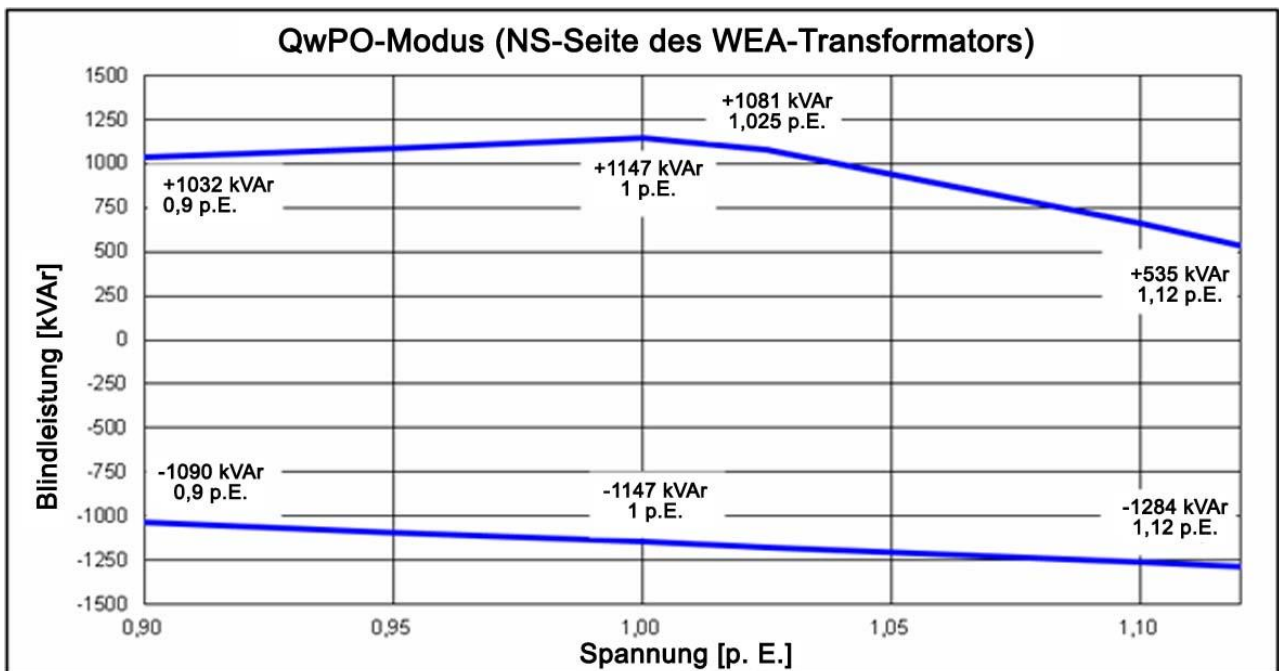
In den Tabellen und Abbildungen werden eine ausgeglichene Phasenspannung sowie für Netzbetriebsfrequenz und Komponentenwerte Nennwerte angenommen. Unsymmetrische Spannungen senken die Blindleistungskapazität. Komponententoleranzen werden bei der Festlegung der Kurvenparameter nicht berücksichtigt. Stattdessen unterliegen die Kurven und Daten einer Gesamt toleranz von  $\pm 5\%$  des Nennstroms.

Die im vorliegenden Dokument dargestellte Blindleistungskapazität entspricht der Netzleistungskapazität und wird auf dem Beitrag aus dem Hilfsystem der Windenergieanlage, dem Reaktor und dem Filter angerechnet.

Die beschriebene Blindleistungskapazität gilt solange die Windenergieanlage innerhalb der in den Entwurfswetterbedingungen festgelegten Grenzwerte betrieben wird.



**Abbildung 3.** Kurven der Blindleistungskapazität, 50-Hz-Windenergieanlage auf der Niederstromseite des Transformators der Windenergieanlage



**Abbildung 4.** Blindleistungskapazität ohne Wind (QwPO)

Alle Daten unterliegen den Toleranzen gemäß IEC.

# Blindleistungskapazität, 60 Hz

## Allgemeines

Im vorliegenden Dokument wird die Blindleistungskapazität der Windenergieanlage SG 6.0-155, 60 Hz bei der Erzeugung von Wirkleistung beschrieben. Die Windenergieanlagen SG 6.0-155 sind mit einem B2B-Teillastfrequenzwandler ausgestattet, der es ermöglicht, die Windenergieanlage in einem weit reichenden Leistungsbereich zu betreiben.

## Leistungskurven für Blindleistung

Die Blindleistungskapazität für die Windenergieanlage auf der Niederspannungsseite des Transformators der Windenergieanlage wird in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.

**Abbildung 5.** Kurven der Blindleistungskapazität, 60-Hz-Windenergieanlage auf der Niederspannungsseite des Transformators der Windenergieanlage zeigt die Blindleistungskapazität auf der Niederspannungsseite des Transformators der Windenergieanlage je nach erzeugtem Strom an den NS-Anschlüssen.

**Abbildung 6. Blindleistungskapazität ohne Wind ( $Q_{wP0}$ ).** zeigt die Blindleistungskapazität ohne Wind ( $Q_{wP0}$ ).

Das SCADA kann Spannungswerte an die Windenergieanlagen in einem Bereich von 0,92 p. E. bis 1,08 p. E. senden. Der Windpark ist darauf auszulegen, Spannungswerte für Windenergieanlagen zwischen 0,95 p. E. und 1,05 p. E. im Standby-Betrieb beizubehalten.

In den Tabellen und Abbildungen werden eine ausgeglichene Phasenspannung sowie für Netzbetriebsfrequenz und Komponentenwerte Nennwerte angenommen. Unsymmetrische Spannungen senken die Blindleistungskapazität. Komponententoleranzen werden bei der Festlegung der Kurvenparameter nicht berücksichtigt. Stattdessen unterliegen die Kurven und Daten einer Gesamttoleranz von  $\pm 5\%$  des Nennstroms.

Die im vorliegenden Dokument dargestellte Blindleistungskapazität entspricht der Netzleistungskapazität und wird auf dem Beitrag aus dem Hilfsystem der Windenergieanlage, dem Reaktor und dem Filter angerechnet.

Die beschriebene Blindleistungskapazität gilt solange die Windenergieanlage innerhalb der in den Entwurfswetterbedingungen festgelegten Grenzwerte betrieben wird.

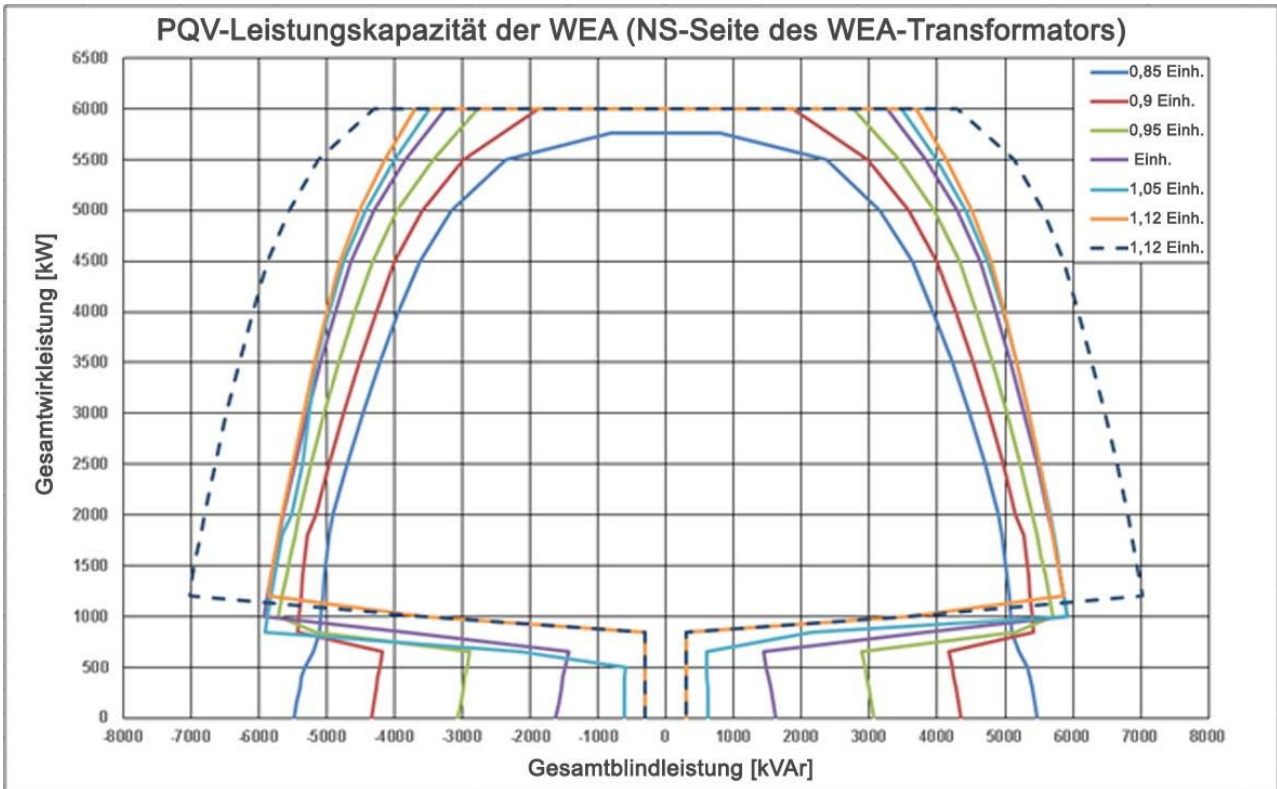


Abbildung 5. Kurven der Blindleistungskapazität, 60-Hz-Windenergieanlage auf der Niederstromseite des Transformators der Windenergieanlage

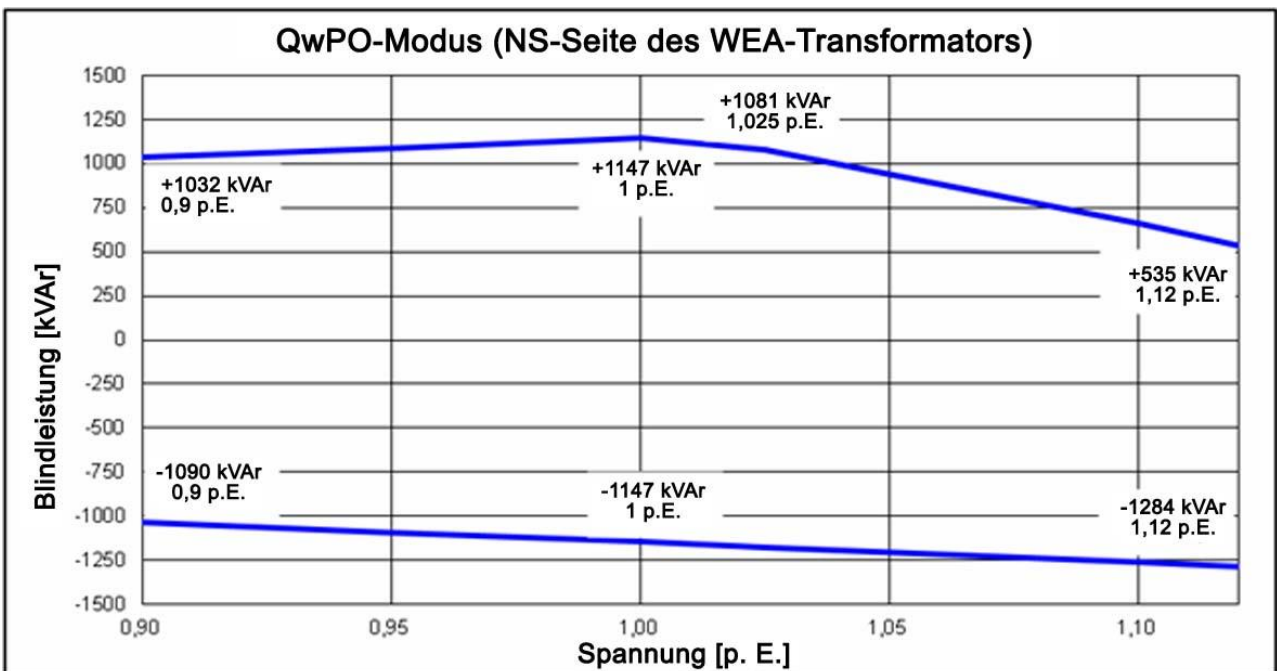


Abbildung 6. Blindleistungskapazität ohne Wind (QwPO).

# Beschreibung des SCADA-Systems

## Einleitung

Dies ist eine allgemeine Beschreibung des SGRE-SCADA-Systems.

Das SGRE-SCADA-System dient der Überwachung, Datenerfassung und Steuerung sowie zur Erstellung von Berichten zur Windparkperformance.

## Hauptmerkmale

Das SCADA-System weist folgende Hauptmerkmale auf:

- Online-Überwachung und -Steuerung über Internetzugang;
- Datenerfassung und Speicherung von Daten in einer Verlaufsdatenbank;
- Lokale Speicherung von Daten in der Windenergieanlage, wenn die Verbindung unterbrochen ist, und Übertragung in die Verlaufsdatenbank, sofern es möglich ist;
- Standortsunabhängiger Systemzugriff über Standard-Internetbrowser; es sind keine spezielle Client-Software oder Lizenzen erforderlich;
- Benutzern werden individuelle Benutzernamen und Kennwörter zugewiesen, und der Administrator kann für zusätzliche Sicherheit jedem Benutzernamen ein Benutzerniveau zuweisen;
- Es kann eine E-Mail-Funktion konfiguriert werden, damit auf Alarme sowohl für die Windenergieanlage als auch für Umspannwerke schneller reagiert werden kann;
- Schnittstelle zu Windpark-Pilotfunktionen zur besseren Steuerung des Windparks und Fernsteuerung, z. B. von MW / Spannung / Frequenz / Steigerungsrate;
- Leistungskurvenszenarien und Effizienzberechnungen mit Druck- und Temperaturkorrektur (Druck- und Temperaturkorrektur sind nur bei Ausstattung mit dem SGRE-MET-System verfügbar);
- In der Steuereinheit der Windenergieanlage integrierte Bedingungsüberwachung über einen eigenen Server;
- Ethernet-gestütztes System mit kompatiblen Schnittstellen (OPC XML / IEC 60870-5-104 / Modbus-TCP);
- Virenschutzlösung;
- Datensicherung und Wiederherstellung.

## Hardware der Windenergieanlage

Die Komponenten innerhalb der Windenergieanlage werden über eine individuelle, lokale Steuereinheit der Windenergieanlage (STC) überwacht und gesteuert. Die STC kann die Windenergieanlage unabhängig vom SCADA-System betreiben, und der Anlagenbetrieb kann, beispielsweise bei Schäden an den Verbindungskabeln, auf autonome Weise fortgeführt werden.

Ein Anlagenschnittstellencomputer (STIC) in der Turmbasis verwaltet die Schnittstelle zwischen STC und dem zentralen SCADA-Server. Die Daten der Anlage werden hier vorübergehend gespeichert. Sollte die Verbindung zum zentralen Server vorübergehend unterbrochen sein, werden die Daten im STIC gespeichert und bei nächster Gelegenheit an den SCADA-Server übermittelt. Der STIC gilt als Teil der Windenergieanlage.

## Verbindungsnetzwerk im Windpark

Das Verbindungsnetzwerk im Windpark ist mithilfe von Glasfaserkabeln herzustellen. Der optimale Aufbau des Netzwerks hängt normalerweise von der Anordnung innerhalb des Windparks ab. Sobald die Anordnung entschieden ist, legt SGRE die Mindestanforderungen für den Netzwerkaufbau fest.

Die Lieferung, Installation und Ausführung des Verbindungsnetzwerks sind vom Auftraggeber zu übernehmen.



### **SCADA-Serversteuerung**

Die zentrale SCADA-Serversteuerung von SGRE wird für gewöhnlich im Umspannwerk des Windparks oder im Steuerungsgebäude untergebracht.

Die Serversteuerung umfasst u. a. Folgendes:

- Der Server wird mit einer Standardfestplattenredundanz (RAID) konfiguriert, um auch bei Festplattenstörung die Weiterführung des Betriebs zu gewährleisten. Netzwerkausstattung. Hierzu gehören alle erforderlichen Schalter und Medienwandler.
- USV-Datensicherung zur Gewährleistung einer sicheren Abschaltung der Server bei Stromausfall.

Für große Windparks bzw. optional kann auch eine virtuelle SCADA-Lösung geliefert werden.

Auf dem SCADA-Server werden die Daten online in einem Internetservice dargestellt und gleichzeitig in einer SQL-Datenbank gespeichert. Von dieser SQL-Datenbank aus können eine Vielzahl von Berichten erstellt werden.

Der Auftraggeber erhält eine „Client“-Verbindung zum SCADA-System über Internet mittels einer P2P- TCP/IP VPN-Verbindung.

### **Netzmessstation**

Zum SCADA-System gehört eine GMS, die sich in einer bzw. in mehreren GMS-Steuerungen oder in einer SCADA- Serversteuerung befindet. Normalerweise befindet sich die GMS im Umspannwerk des Windparks oder im Steuerungsgebäude.

Kern der GMS stellen ein PQ-Messgerät und das HPPP dar. Das HPPP der GMS kann für fast beliebige Anordnungen für den Netzanschluss skaliert werden. Das HPPP der GMS erfordert Spannungs- und Stromsignale aus VT und CT, die dem PCC des Windpark angepasst sind, um seine Steuerfunktionen frei zu schalten.

Die GMS-Schnittstellen zu den SGRE-SCADA-Servern und -Anlagen erfolgt über ein LAN-Netzwerk.

Das HPPP kann auf Anfrage in einer höchst verfügbaren (HA) Ausführung mit einer redundanten Servercluster-Konfiguration geliefert werden.

Anmerkung: In kleineren SGRE-SCADA-Systemen (normalerweise mit weniger als 10 Anlagen) und in einer Windenergieanlagen untergebrachten SGRE-SCADA-Systemen werden die GMS-Komponenten (HPPP / GMS) auf andere Weise angeordnet.

### **Signalaustausch**

Signalaustausch und Verbindungen online mit Drittsystemen, wie z. B. Steuerungssysteme des Umspannwerks, Fernsteuerungen bzw. Instandhaltungssysteme, sind sowohl vom Modul als auch von der SGRE- SCADA-Serversteuerung aus möglich. Für Verbindungen zu Anlagen Dritter stehen kompatible Schnittstellen mit Modbus-TCP, IEC 60870-5-104 und OPC XML als Option zur Verfügung.

### **SGRE-SCADA-Software**

Die normale SGRE-SCADA-Benutzerschnittstelle stellt die Verlaufsdaten online dar. Die Bildschirmanzeige kann an individuelle Anforderungen des Kunden angepasst werden.

Verlaufsdaten werden in einer MS-SQL-Datenbank als statistische Werte gespeichert und können direkt auf dem Bildschirm angezeigt oder zur Verarbeitung in MS Access oder Excel über einer ODBC-Verbindung exportiert werden.

Die SGRE-SCADA-Software dient zudem als Benutzerschnittstelle zu den HPPP-Funktionen.

**Virenschutzlösung**

Eine Virenschutzlösung kann im Rahmen des Service Agreements (SA) angeboten werden. In einem solchen Fall wird eine Antivirus-Clientsoftware auf allen MS-Windows-gestützten Komponenten im SCADA-System und in den WEA installiert.

Die Virenschutzlösung beruht auf einem Antivirusprodukt eines Drittanbieters. Aktualisierungen der Antivirus-Clientsoftware und der Pattern-Dateien erfolgt automatisch über zentrale Server von SGRE.

**Datensicherung und Wiederherstellung**

Zur Wiederherstellung eines gestörten SCADA-Systems oder einer Komponente bietet das SGRE-SCADA-System eine Datensicherung der Konfigurationsdateien und der Dateien zu grundlegenden Erzeugungsdaten. Für die größeren Komponenten werden sowohl für die Konfiguration als auch für die ausgewählten Erzeugungsdaten automatisch regelmäßig Datensicherungen erstellt. Die Datensicherungsdateien werden sowohl lokal am Serverstandort als auch in den SGRE-Servern für Datensicherungsspeicherung gespeichert.

## Normen und Vorschriften

Die Windenergieanlage gemäß folgender Normen und Vorschriften entworfen und von einem externen Zertifizierungsorgan zugelassen:

- IEC 61400-1:2005 und AMD1:2010, Ausgabe 3 – Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen
- IEC 61400-22:2010, Ausgabe 1 – Windenergieanlagen – Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung
- ISO 9001:2015 – Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen
- Maschinenrichtlinie 2006/42/EG
- DIBt – Richtlinie für Windenergieanlagen – Fassung Oktober 2012

## Optionale Leistungsmerkmale

Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE) bietet folgende optionale Leistungsmerkmale für die SG 6.0-155, damit Sie Ihren Windpark durch eine stärkere Leistung und verbesserte Anpassung an die Umwelt unter Einhaltung der rechtlichen Vorschriften und im Rahmen der unterstützten Netzstabilität optimieren können.

### Leistungsdrosselung bei Starkwind

Die SG 6.0-155 kann im herabgesetzten Betriebsmodus für hohe Windgeschwindigkeit betrieben werden, wie verschiedenen, im vorliegenden Dokument enthaltenen Leistungskurven zu entnehmen ist. Die Stromerzeugung wird begrenzt, sobald die Windgeschwindigkeit den ab Werk vorgegebenen Grenzwert überschreitet, bis die Abschaltwindgeschwindigkeit erreicht wird und die Windenergieanlage keinen Strom mehr erzeugt. Durch diese Funktion wird der Betriebsbereich bei hohen Windgeschwindigkeiten erweitert, indem die Anlagenlasten in Abhängigkeit zur maximalen Betriebswindgeschwindigkeit begrenzt werden. Dadurch kann eine genauere Prognose für die Energieproduktion erstellt, Produktionsverluste auf ein Minimum reduziert und die Netzstabilität ein geringeres Risiko durch gleichzeitige Abschaltungen verbessert werden.

### Leistungsdrosselung bei hoher Temperatur (auch als Leistungsbegrenzung aufgrund externer Umgebungstemperaturen und Höhe bekannt)

Die Lüftungen und Kühlungen sind darauf ausgelegt, einen Betrieb der WEA bei Nennleistung bis zu einer bestimmten externen Nennumgebungstemperatur und einer gewissen Höhe zu ermöglichen. Bei Standorten in einer Höhe von mehr als 1000 m über dem Meeresspiegel beeinträchtigt die geringere Luftdichte die Lüftungsleistung der Anlagenkomponenten, wodurch die maximale Betriebstemperatur bei Nennleistung reduziert wird. Diese maximale Umgebungstemperatur kann jedoch durch die Senkung der gelieferten Leistung erhöht werden.

Unter Berücksichtigung der einzelnen Komponentenanforderungen bei Temperaturen in unterschiedlichen Höhenlagen und deren Wärmeabgabe bei verschiedenen Leistungsbegrenzungen werden mehrere Leistungstemperaturkurven erstellt. Diese Kurven legen die Vorgaben für die verschiedenen Konfigurationen der Windenergieanlagen SG 6.0-155 unter Gewährleistung der Integrität aller Komponenten fest.

Das Steuerungssystem passt unter Berücksichtigung des angegebenen Anlagentyps und der Höhe über dem Meeresspiegel dynamisch die maximal zulässige Leistung als Funktion der Umgebungstemperatur an.

### Eismeldesystem

Zur SG 6.0-155 gehört standardmäßig ein Eismeldesystem. Dieses System ist erforderlich, damit die Windenergieanlage nicht unter unerwünschten Frostbedingungen betrieben wird, die aufgrund einer nicht im Entwurf berücksichtigten Lage eine Gefahr für die Integrität der Anlage oder Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz darstellen könnte.

Das Standard-Eismeldesystem kann durch die Anwendung der nachfolgend aufgeführten, zusätzlichen Funktionen noch verbessert werden:

- Vereisung der Gondel (optionaler Bausatz). Dabei wird ein zusätzlicher Sensor zur Eiserkennung an der Gondel installiert.
- Verbesserter Erkennungsalgorithmus für Rotorblattvereisung (optional, nur im Zusammenhang mit der Installation eines Rotorblatt-Enteisungssystems verfügbar). Es erfordert eine zusätzliche Hardware. Es handelt sich um einen komplexeren Eiserkennungsalgorithmus, der auf einer Wahrscheinlichkeitsrechnung für die Vereisung beruht und eine wertvolle Leistungserweiterung des Rotorblatt-Enteisungssystems darstellt.

### Geräuschreduktionssystem

Die Schallminderungsanlage NRS ist ein optionales Modul, das mit der Standard-SCADA-Konfiguration erhältlich ist und somit für seinen Betrieb die Ausstattung mit einem SGRE-SCADA-System erfordert.

Das System dient dazu, die Schallemission durch den Betrieb von Windenergieanlagen zu mindern, um so die örtlichen Vorschriften für Schallemissionen einzuhalten. Dadurch können Windparks in der Nähe von städtebaulich erschlossenen Bereichen angesiedelt werden, da die durch diese entstehenden Auswirkungen auf die Umwelt eingedämmt werden können.

### **Fledermausschutzsystem**

Zur Unterstützung der Installation von Windenergieanlagen in Bereichen zu unterstützen, die sich im natürlichen Lebensraum von Fledermäusen befinden, hat SGRE ein Fledermausschutzsystem entwickelt. Fledermäuse sind für gewöhnlich zu bestimmten Nachtzeiten und bestimmten Jahreszeiten aktiv, die in Abhängigkeit zu den lokalen Lebensräumen bzw. Migrationsrouten stehen. Die Aufgabe des SGRE-Fledermausschutzsystems ist die Überwachung der lokalen Umgebungsbedingungen, um das Risiko für Fledermausschlag zu vermindern.

Spezifische Umweltbedingungen können über spezielle zusätzliche Sensoren überwacht werden: Temperatur, Licht, Luftfeuchte und Regen. Wenn die Bedingungen für ein Aufkommen von Fledermäusen erfüllt sind, wird das Aussetzen der Windenergieanlage vom Tool des Fledermausschutzsystems angefordert. Sobald eine der Bedingungen nicht mehr erfüllt ist, wird die betroffene Windenergieanlage in Abhängigkeit zu den konfigurierten Hysteresewerten in ihren Ursprungsstatus zurückversetzt, in dem sie sich vor dem Aussetzbefehl durch das Tool befand.

Das Tool muss nicht notwendigerweise mit allen Sensoren für die Bedingungen ausgestattet werden und je nach Standort kann es mit den Sensoren ausgestattet werden, die jeweils erforderlich sind. Wenn für eine bestimmte Umgebungsvariable kein Sensor eingerichtet ist, gilt die Bedingung als erfüllt.

Zudem kann das Fledermausschutzsystem für die Auslösung in Abhängigkeit zu einem Kalender (Tag / Uhrzeit), zu Windgeschwindigkeitsbereich oder Windrichtung konfiguriert werden.

### **Vogelerkennungssystem**

Das Vogelerkennungssystem ist ein einzeln einsetzbares System zur Überwachung des Luftraums in der Umgebung von Windparks und der Erkennung von fliegenden Vögeln in Echtzeit. Gleichzeitig kann es in Echtzeit Aktionen im Zusammenhang mit der Vogelerkennung verwalten, wie z. B. Warnung und Abschreckung von Vögeln bei Kollisionsgefahr mit Windenergieanlagen oder automatische Abschaltung ausgewählter Windenergieanlagen.