

ANLAGE 1: TECHNISCHE DETAILS UND DATENBLÄTTER B.VENTUS 250

b.ventus



Inhaltsverzeichnis

Inhalt

1	Beschreibung der Windkraftanlage.....	3
1.1	Konzept.....	3
1.2	Rotor	3
1.3	Direktangetriebener Synchrongenerator mit Permanentmagneten	3
1.4	Elektrisches System.....	3
1.5	Blitzschutzsystem.....	4
1.6	Maschinenträger und Windnachführungssystem.....	4
1.7	Turm	4
1.8	Bremssystem	4
1.8.1	Aerodynamische Rotorbremse	4
1.8.2	Mechanische Rotorbremse	4
1.8.3	Mechanische Bremse für den Pitch-Antrieb.....	4
1.8.4	Mechanische Bremse für den Windnachführungsmotor	4
1.9	Steuerungs-Regelungs-System und Sicherheitssystem	5
1.10	Verfügbarkeit	5
2	Technische Daten	6
3	Layout der b.ventus 250 250KW HH28	9
4	Leistungskurve	10
5	Elektrische Eigenschaften.....	11
5.1	Allgemeine Beschreibung	11
5.2	PM-Synchrongenerator.....	13
5.3	Leistungskabel.....	14
5.4	Container	14
5.5	Vollumrichter	15
5.6	NS Verteiler- und Messschrank.....	16
5.7	Schalt- und Schutzvorrichtungen	16
5.8	Einlinien-Diagramm.....	17
5.9	Erdungs- und Blitzschutzsystem.....	18
5.9.1	Blitzschutzsystem	18
5.9.2	Erdung und Potentialausgleich	18
5.10	Netzanschluss.....	20
6	Elektrische Eigenschaften.....	21
6.1	Blindleistungsbereitstellung	21
6.2	Leistungssteuerung.....	23

6.2.1	Wirkleistungsabgabe.....	23
6.2.2	Begrenzung des Wirkleistungsgradienten.....	23
6.2.3	Wirkleistungsabgabe bei Netzfrequenzstörungen.....	24
6.2.4	Blindleistungsregelung.....	25
6.2.5	Blindleistungsregelung nach $Q=f(U)$	25
6.2.6	Blindleistungsregelung nach $\cos\varphi=f(P)$	26
6.3	Dynamische Netzstützung.....	27
6.3.1	Fault-Ride-Through Verhalten	27
6.3.2	Dynamische Netzunterstützung bei Unterspannung.....	28
7	Fernüberwachung und Steuerung der b.ventus 250 Windkraftanlage	29

1 Beschreibung der Windkraftanlage

1.1 Konzept

Die b.ventus 250kW ist eine 3-blättrige Aufwind-Windkraftanlage mit horizontaler Achse und automatisch gesteuerter, drehzahlvariablen Pitch-Regelung und Windnachführungsregelung.

Die Windkraftanlage ist mit einem direktangetriebenen Synchrongenerator mit Permanentmagneten ausgestattet, welcher direkt mit dem Rotor verbunden ist. Der Direktantrieb garantiert höchste Effizienz und die Anzahl der beweglichen Komponenten und Wartungsarbeiten werden reduziert.

Der Generator bildet einen integralen Bestandteil der Windkraftanlagenstruktur. Der Stator ist direkt am Maschinenträger fixiert, der wiederum mit dem Turm verbunden ist.

Im Vergleich zu Getriebegeneratoren verfügt der direktangetriebene Generator über weniger Komponenten was neben der erhöhten Effizienz mit vereinfachtem Transport und Montage einhergeht. Die Windkraftanlage ist gemäß den Richtlinien GL2010 designt, die Zertifizierung wird derzeit durchgeführt.

1.2 Rotor

Der Rotor beinhaltet die zentrale Nabe und drei GFK Rotorblätter, die auf Schwenklagern gelagert, frei um deren Achse rotieren.

Unabhängig regelbare Pitch-Motoren sichern die Leistungsregelung. Die variable Rotorgeschwindigkeit erlaubt einen effizienten Betrieb der Windkraftanlage bei jeglichen Betriebsbedingungen, ohne die Betriebslasten dabei zu erhöhen. Ein hoher Energieertrag ist auch bei schwachem Wind gesichert.

1.3 Direktangetriebener Synchrongenerator mit Permanentmagneten

Der Läufer des Generators, welcher die Polsegmente der aktiven Teile trägt, ist direkt mit der Nabe verbunden. Diese Komponenten bilden somit den rotierenden Teil des Turmkopfes. Der Stator, welcher die Spulensegmente der aktiven Teile trägt, ist direkt mit dem Maschinenträger verbunden. Rotor und Generator arbeiten bei der gleichen Rotationsgeschwindigkeit zwischen 8.5 und 29.7 Umdrehungen pro Minute und produzieren einen 3-phasigen Drehstrom mit variablen Spannungen, Strömen und Frequenzen. Der Generator weist eine Schutzklasse gemäß IP55 auf.

Dank des Kühlsystems des Generators werden die Temperaturgrenzwerte der Spulen und Magnetpole unter sämtlichen Betriebsbedingungen eingehalten.

1.4 Elektrisches System

Die Stromerzeugung wird hauptsächlich durch den Direktantrieb-Generator und dem 4 Quadranten-Vollumrichter, welcher im Container neben dem Turmfuß untergebracht ist, realisiert.

Dank dem Einsatz hochmoderner Technologie, ermöglicht die Kombination aus Leistungsumrichter und Direktantrieb höchste Effizienz und einen wirtschaftlichen Betrieb. Durch die 4 Quadranten-Vollumrichtertechnologie wird zudem eine optimale Netzintegration und eine hohe Netzqualität erreicht.

Um die Netzintegrationsanforderungen in verschiedenen Ländern zu erfüllen, bietet die Windkraftanlage dynamische Netzstützung (LVRT, HVRT) und ist mit einer aktiven Leistungs- und einer Blindleistungsregelung ausgerüstet.

1.5 Blitzschutzsystem

Das Blitzschutzsystem ist gemäß IEC 61400-24 Standards konzipiert und entsprechend GL2010 Richtlinien zertifiziert. Alle anderen elektrischen Subsysteme wie das Steuerungs-Regelungs-System und das Pitch-System sind im Inneren der Stahlkonstruktion des Turmkopfes untergebracht, dies stellt einen optimalen Schutz gegen direkten Blitzeinschlag dar.

1.6 Maschinenträger und Windnachführungssystem

Der Maschinenträger besteht aus einer gusseisernen Hauptkomponente sowie einer stählernen Gehäusekonstruktion mit Blechverkleidung, durch die der Zugang zum Inneren des Turmkopfes erfolgt. Alle Hauptkomponenten wie die Nabe- und Generatorgruppe, das Hauptlager, das Pitch-System, das Pitch-Lager, Hauptschraubenverbindungen sind vom Inneren aus zugänglich. Diese gute Zugänglichkeit ist aufgrund des einzigartigen Konzepts mit hohler Antriebswelle möglich.

Der Maschinenträger ist mit dem Turm durch ein einreihiges Kugellager mit Zahnkranz verbunden und wird vom Windnachführungssystem gesteuert. Dieses System agiert mit Bremsen und elektrischen Aktuatoren und sichert die richtige Ausrichtung des Rotors nach dem Wind um ihn in der effizientesten Position zu halten.

1.7 Turm

Die Nabenhöhe des Standardturms beträgt 28.3m. Der Turm besteht aus zwei konischen Stahlrohrsegmenten.

1.8 Bremssystem

1.8.1 Aerodynamische Rotorbremse

Das Abbremsen des Rotors erfolgt aerodynamisch, indem die Blätter auf Fahnenposition gefahren werden. Alle drei Pitch-Motoren sind mit eigenen Batterien ausgestattet, um ein sicheres Abbremsen auch bei einem Netzausfall sicherzustellen.

1.8.2 Mechanische Rotorbremse

Die mechanische Rotorbremse besteht aus zwei Hydraulikbremsen, die als Feststellbremsen während der Wartung und als Unterstützung bei der Aktivierung der Feststellbolzen des Läufers dienen.

1.8.3 Mechanische Bremse für den Pitch-Antrieb

Jedes der Blätter hat eine elektrisch-aktuierte Bremse, die in die Pitch-Motoren integriert ist. Die Bremsen sind bei normalem Betrieb offen und werden nur aktiviert, wenn die Blätter sich in Fahnenposition befinden. Im Falle eines Netzverlustes werden die Bremsen geschlossen. Drei unabhängige Batterieblöcke (einer pro Blatt) versorgen die Pitch-Motoren in diesem Fall mit der benötigten Energie um die Negativbremse zu lösen und die Blätter in eine sichere Position zu bringen.

1.8.4 Mechanische Bremse für den Windnachführungsmotor

Das Bremssystem der Windnachführung besteht aus zwei Hydraulikbremsen, die mit einem hydraulischen Aggregat betrieben werden.

Das Bremssystem erfüllt zwei Funktionen: Arretierung des Turmkopfes und Reduzierung der Vibrationen und der dynamischen Lasten am Getriebe des Nachführsystems während der Turmkopf nachgeführt wird.

1.9 Steuerungs-Regelungs-System und Sicherheitssystem

Das Steuerungs-Regelungs-System basiert auf einer SPS, welche alle Funktionen der Windkraftanlage automatisch steuert und regelt, wie z.B. den Ein- und Abschaltprozess, die Stromproduktion und die Verfügbarkeit der Subsysteme. Dieses Steuerungs-Regelungs-System ermöglicht auch die Fernüberwachung der Windkraftanlage. Die Hardware-Komponenten dieses Systems sind im Inneren der Turbine positioniert. Schleifringe bewerkstelligen die Kommunikation mit dem Pitch-System in der Nabe. Die Energieübertragung zwischen Gondel und Turm wird durch eine verdillungssichere Kabelverbindung realisiert.

Das Sicherheitssystem besteht aus einer völlig autonomen, festverdrahteten Sicherheitskette. Diese kann die Windkraftanlage aus jedem möglichen Störfall in die Fahnenposition fahren lassen und ist dem Steuerungs-Regelungs-System übergeordnet.

1.10 Verfügbarkeit

Der Grundgedanke bei der Konstruktion der Windkraftanlage war es die Anzahl an Schlüsselkomponenten gering zu halten, sodass Wartungsarbeiten reduziert und gleichzeitig hoher Leistungsstandart und Verfügbarkeit über lange Zeit sichergestellt sind. Die Direktantriebstechnologie und die reduzierte Anzahl an beweglichen Elementen gewährleisten, dass die Lasten, welche während des Betriebs auf die Komponenten wirken, gering sind und garantieren somit langfristig höchste Qualitätsstandards.

2 Technische Daten

Auslegungsdaten

Windklasse	S
Nennwindgeschwindigkeit ¹	9.0 m/s
Min Einschaltgeschwindigkeit ²	2.5 m/s (gemittelt über 10min)
Max Einschaltgeschwindigkeit ³	21 m/s (gemittelt über 10min)
Abschaltgeschwindigkeit ⁴	23 m/s (gemittelt über 10min)
	30 m/s (gemittelt über 30s)
	32m/s (gemittelt über 1s)
Lebensdauer	20 Jahre

Rotor

Anordnung	Aufwind
Durchmesser	42.539 m
Rotorfläche	1421 m ²
Anzahl Rotorblätter	3
Rotorblattmaterial	EP-GFK
Drehzahlbereich	8.5 – 32 U/min
Nennzahl	29.7 U/min
Neigungswinkel	5°
Konuswinkel	0°
Drehrichtung	Im Uhrzeigersinn

Pitch-System

Konzept	3 autonome Antriebe
Leistungsregelung	Variable Drehzahl- und Pitch-Regelung
Pitch-Motoren	3 Wechselstrommotoren
Notversorgung	3 autonome Batterieblöcke

Bremssysteme

Hauptbremse	Aerodynamisch, über Pitch-Regelung
Service-Bremse	Hydraulisch, direkt am Läufer (Generator)
Arretierung	Hydraulisch, direkt am Läufer (Generator)

¹ Nennwindgeschwindigkeit für Auslegungsberechnung; Informationen zur Leistungskurve im Kapitel Leistungskurve.

² Die Windgeschwindigkeiten für Einschalt- und Abschaltvorgänge werden von einem an der Anlage installierten Anemometer gemessen.

³ Der Einschaltvorgang wird automatisch vom Regelungssystem der Windkraftanlage gesteuert.

⁴ Das Abschalten bei hohen Windgeschwindigkeiten wird automatisch vom Regelungssystem der Windkraftanlage gesteuert. Es werden 3 unterschiedliche Mittelwerte verwendet.

Generator

Mech. Konstruktion	Direktantrieb Permanent-Magneten Integriert in Tragstruktur Einzelnes Hauptlager
Kühlung	Luftgekühlter Stator Luftgekühlter Läufer (geschlossener Kühlkreislauf auf Anfrage)
Schutzklasse	IP55

Windnachführungssystem

Konzept	2 elektrische Wechselstrom Zahnradantriebe und 2 Bremssättel Einreihiges Kugellager mit Zahnkranz
Windnachführungs-geschwindigkeit	10 min. für 360°

Turm

Konzept	Konisches Stahlrohr, 2 Segmente
Nabenhöhe ⁵	28.37m

Umrichter

Technologie	4Q-IGBT
Abgabeleistung netzseitig	250 kW
Ausgangsspannung	3 ~ 400 V +/- 15%
Blindleistungsbereitstellung	0.9 ind -1 - 0.9 cap, regulierbar
Netzfrequenz	50 Hz oder 60 Hz

⁵ Die Nabenhöhe bezeichnet den Mittelpunkt der Nabe in Bezug zu der Schnittstelle zwischen dem Turm-Unterflansch und dem Fundament.

Steuerungs-Regelungs-System

Konzept	SPS
Position	Maschinenträger (Master), Container Turmfuß (Slave)
Fernüberwachung	Integriertes SCADA
Condition Monitoring	Optional

Sicherheitssystem

Konzept	Festverdrahtete Sicherheitskette
---------	----------------------------------

Temperaturgrenzwerte

Grenzen zulässige Außentemperatur für Betrieb.	min. - 10° C max. + 40 °C
Grenzen zulässige Außentemperatur für Überleben.	min. - 20 °C max. + 50 °C

3 Layout der b.ventus 250 250KW HH28

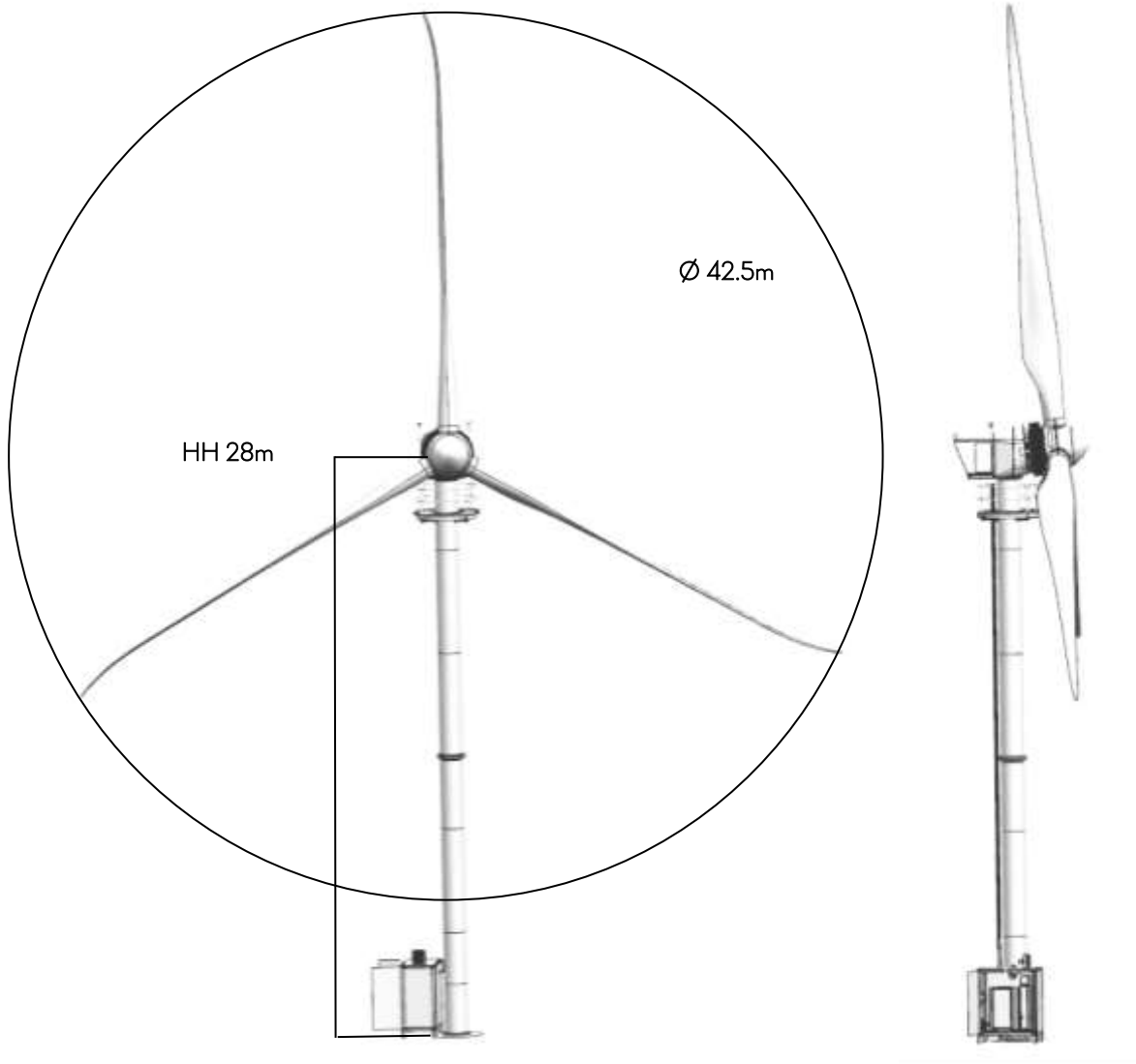


Abbildung 3-1: Beispiel Layout b.ventus 250 250kW_HH28
(dient lediglich zu Veranschaulichungszwecken)

4 Leistungskurve

Die Leistungskurve der b.ventus 250 250kW gilt unter folgenden Umweltbedingungen:

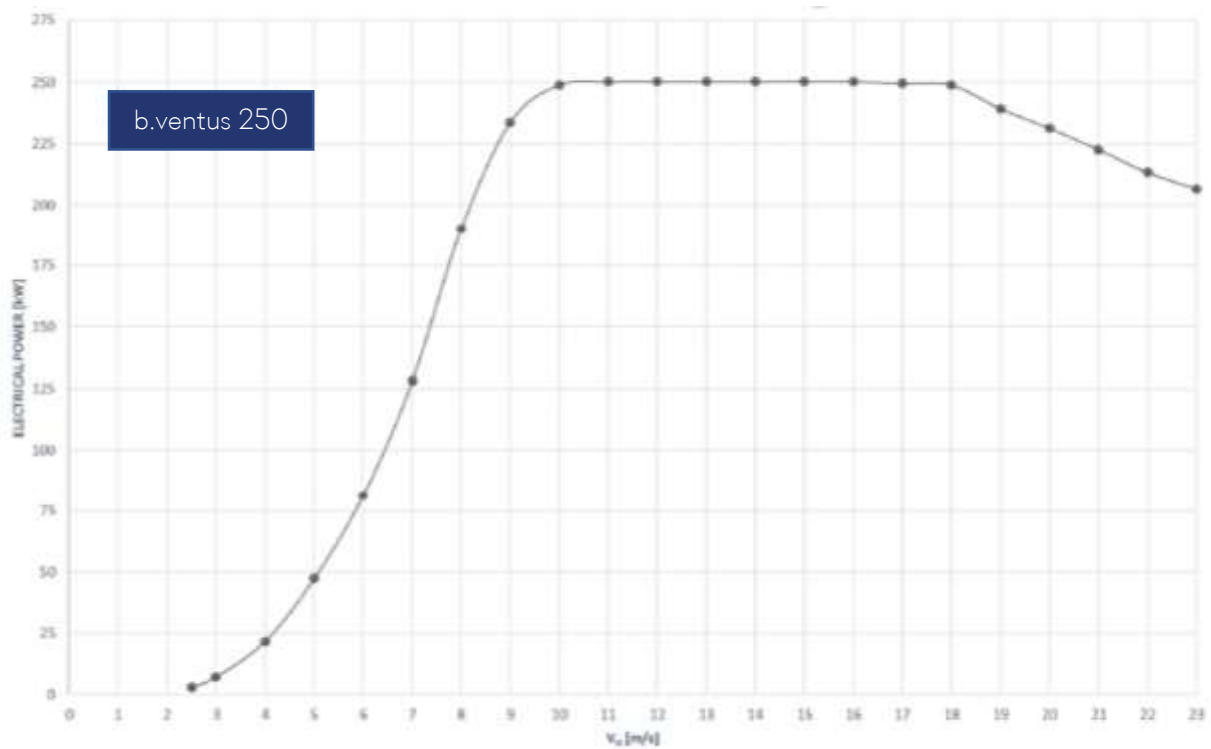
Luftdichte $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$;

Temperatur 15°C ;

Vertikaler wind shear Koeffizient = 0.2;

Turbulenz Intensität $TI = 10\%$;

Standort gemäß IEC 61400-12-1;



5 Elektrische Eigenschaften

Dieses Dokument beinhaltet eine allgemeine Beschreibung der elektrischen Eigenschaften und der Ausrüstung der b.ventus 250 Windkraftanlage, um die technischen Voraussetzungen für den Anschluss der Windkraftanlage an das Stromnetz zu erfüllen.

5.1 Allgemeine Beschreibung

Die b.ventus 250 Windkraftanlage ist ein dreiblättriger Luvläufer mit horizontaler Achse und automatisch gesteuertes, drehzahlvariablen Rotorblattverstellungs- und Windrichtungsnachführungsregelung.

Die b.ventus 250 Windkraftanlage ist mit einem direktangetriebenen Synchrongenerator mit Permanentmagneten ausgestattet (im Weiteren PM-Synchrongenerator genannt). Der PM-Synchrongenerator ist ohne Getriebe, direkt mit dem Rotor gekuppelt. Dies reduziert die Anzahl der rotierenden Teile, minimiert den Verschleiß und die damit verbundenen Wartungsarbeiten und erhöht die Effizienz der Energieumwandlung.

Der Stator des Generators ist Teil der tragenden Struktur und direkt mit dem Maschinenträger verbunden, der wiederum mit dem Turm verbunden ist. Der Rotor des Generators ist direkt mit der Nabe verbunden. Das gesamte Rotorsystem wird über das Hauptlager des Generators getragen.

Eine, am Maschinenträger befestigte Gondel aus Metall und Glasfasern, ermöglicht die Unterbringung von Steuerschränken im Turmkopf. Neben dem einfacheren Transport, ermöglicht dieses Design eine leichtere Montage dieser Hauptgruppen.

Der Generator liefert eine dreiphasige Stromversorgung mit variablen Spannungen, Strömen und Frequenzen.

Die Leistung aus der PM-Synchronmaschine wird mittels Vollumrichter in die ins Netz einzuspeisende Energie mit konstanter Frequenz und Spannung umgewandelt. Der Vollumrichter wird in einem entsprechend dafür vorgesehenen Container am Turmfuß positioniert. Somit kann eine optimale Netzintegration erreicht werden. Durch die optimale Auslegung des Vollumrichters wird ein optimaler Gewinn an Wirkleistung aus dem PM-Synchrongenerator garantiert.

Die Energieübertragung vom PM-Synchrongenerator durch das Yaw-System in den Turm wird mittels flexiblen Leistungskabel realisiert.

Das Hauptkontrollsystem (Master) befindet sich in einem entsprechend dafür vorgesehenen Container am Turmfuß. Im Turmkopf, in der Gondel befindet sich ein weiteres Kontrollsystem (Slave). Die Kommunikation zwischen den beiden Kontrollsystemen erfolgt über Lichtwellenleiter. Die Kommunikation zwischen Pitchsystem und Kontrollsystem erfolgt über den Schleifring im Generator.

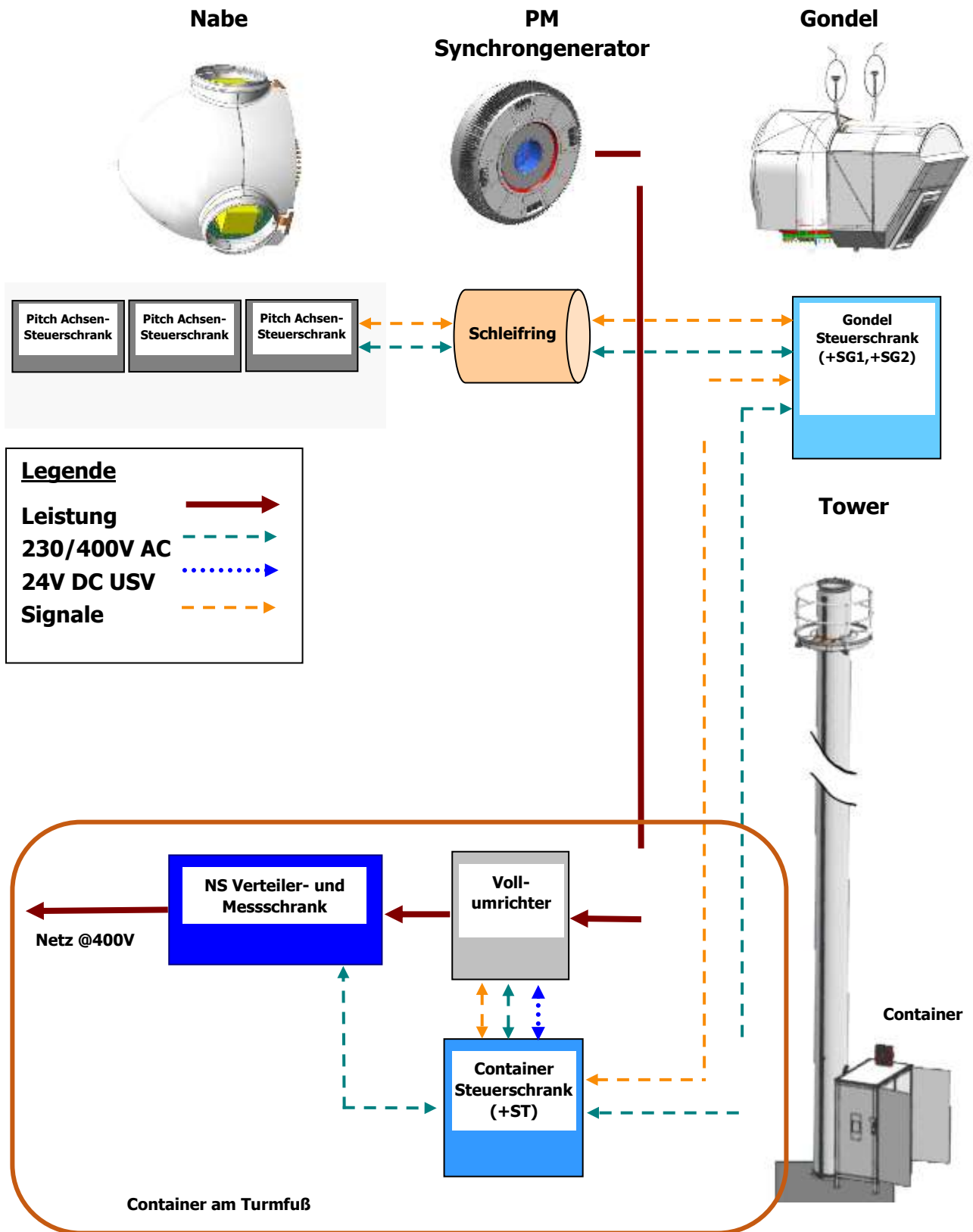


Abbildung 1: Elektrischer Aufbau der b.ventus 250 Windkraftanlage

Elektrisches Design

Elektrische Daten – b.ventus 250 250kW	
Primäre Energiequelle	Wind
Stromversorgungssystem	Drei-Phasen-System
Nennleistung P_n	250 kW
Nennspannung U_n	400V
Nennfrequenz f_n	50 Hz
Betriebsbereich	85% U_n ÷ 115% U_n ; 47,5 Hz ÷ 52 Hz
Leistungsfaktor	1 (Standard)
Blindleistungsbereitstellung	Rechteckig – einstellbar zwischen 0,90 ind. und 0,90 kap. (siehe Kapitel 6.1)
Nennstrom I_n (@ $U=U_n$, $\cos\phi=1$)	361 A
Max. Kurzschlussstrom I_{cc}	1,5 * I_n
Hilfsenergieversorgung USV	Ja

Tabelle 1: Elektrische Daten – b.ventus 250

5.2 PM-Synchrongenerator

Der PM-Synchrongenerator ist nicht für einen direkten Netzanschluss konzipiert. Die erzeugte Energie wird in das Netz eingespeist, sobald diese durch den Vollumrichter korrekt konditioniert ist. Der Vollumrichter ist mit einem Zwischenkreis ausgestattet, der den PM-Synchrongenerator vom Netz entkoppelt.

Der PM-Synchrongenerator wurde von speziell für Windanwendungen entwickelt. Die Nennwerte und Eigenschaften sind in Tabelle 2 aufgeführt:

Eigenschaften des PM-Synchrongenerators	
Generator Typ	Synchrongenerator mit Permanentmagneten
Generator ID	LW03
Wicklungsanschlüsse	Y
Isolationsklasse	F
Anzahl der Pole - $2p$	80
Ausgangswirkleistung @Nennpunkt	261,8 kW

RMS Phasenspannung @Nennpunkt - V_1	427 V
RMS Phasenstrom - I_{rms}	404,5 A
Generatoreffizienz @Nennpunkt	93,5%
Nennleistungsfaktor - $\cos\phi$	0,9
Nennzahl - n	29,7 rpm
Nennfrequenz - f_{el}	19,8 Hz
Betriebstemperatur	-10/+40 °C

Tabelle 2: Eigenschaften des PM-Synchrongenerators

5.3 Leistungskabel

Die Leistungskabel verlaufen vom Klemmkasten am PM-Synchrongenerator durch das Yaw-System in den Turm. Vom Inneren des Turmfußes gelangen sie durch eine dafür vorgesehene Öffnung zum Vollumrichter, der sich im dementsprechend vorgesehenen Container am Turmfuß befindet.

Der Übergang der Kabel vom Inneren des Turms durch die Öffnung zum Container erfolgt über abgedichtete Kabeldurchführungen.

Um einen fehlerfreien Betrieb durch das Yaw-System gewährleisten zu können, werden speziell dafür vorgesehene Leistungskabel verwendet, die eine hohe Flexibilität und eine spezielle Isolierung besitzen, sowie verdreh sicher sind.

5.4 Container

Der Container wird nah am Turmfuß positioniert und beinhaltet Komponenten und Steuerschränke des Hilfsenergiesystems, Kontrollsystems und für den Anschluss der b.ventus 250 Windkraftanlage an das Niederspannungsnetz.

Innerhalb des Containers befinden sich folgende Komponenten:

- Vollumrichter
- Kühlsystem des Vollumrichters
- Steuerschrank (+ST)
- NS Verteiler- und Messschrank

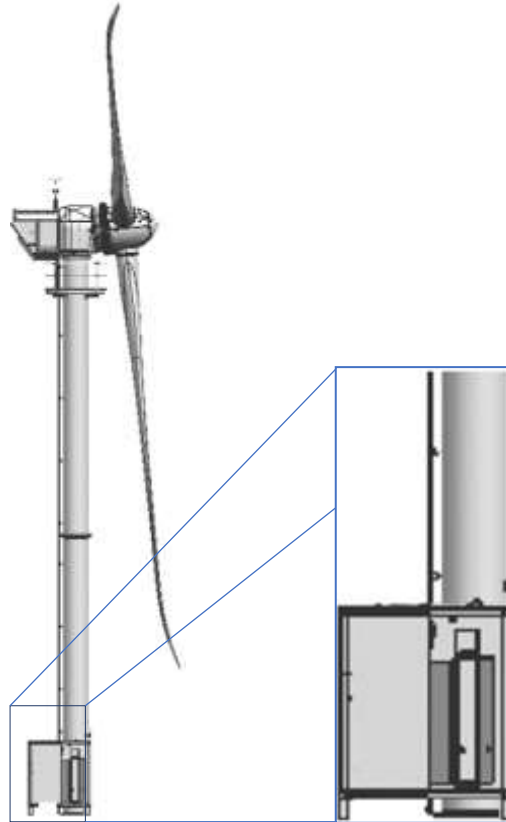


Abbildung 2: Container

5.5 Vollumrichter

Der Vollumrichter (4-Quadranten-Steller) kann aus dem PM-Synchrongenerator die maximale Ausgangsleistung extrahieren. Der Vollumrichter wandelt die aus dem PM-Synchrongenerator stammende Leistung mit variabler Frequenz in eine Wirk- und Blindleistung mit fester Frequenz um, diese dann in das Stromnetz eingespeist wird.

Der Vollumrichter ist für den direkten Anschluss an das Niederspannungsnetz mit einer Nennspannung von 400V ausgelegt. Die elektrischen Eigenschaften für den Netzanschluss sind in Kapitel 6 beschrieben.

Der Vollumrichter befindet sich in den dafür vorgesehenen Container und ist mit einem speziell entwickelten Flüssigkeitskühlsystem ausgerüstet.

Eigenschaften des Vollumrichters	
Typ	A.C./A.C. 4Q mit IGBT's
Nennwirkleistung	250kW
Nennscheinleistung	278 kVA (@ $U=U_n$, $\cos\phi=0.90$)
Nennspannung	400V
Betriebsbereich	85% U_n ÷ 115% U_n ; 47,5Hz ÷ 52Hz

Leistungsfaktor	0,90 kap ÷ 0,90 ind (einst.)
Art der IGBT-Steuerung	PWM
Betriebstemperatur	-20/+40°C
Kühlung	Flüssigkeit
Anwendbare Normen	IEC61800 Teil 2 und Teil 3

Tabelle 3: Eigenschaften des Vollumrichters

5.6 NS Verteiler- und Messschrank

Der NS Verteiler- und Messschrank befinden sich in dem dafür vorgesehenen Container am Turmfuß und beinhaltet folgende Hauptfunktionen:

- Anschlusspunkt der b.ventus 250 Windkraftanlage an das Stromnetz
- Messung der von der b.ventus 250 Windkraftanlage erzeugten Energie
- Anschlusspunkt für die Hilfsenergieversorgung der Windkraftanlage

5.7 Schalt- und Schutzvorrichtungen

Schaltvorrichtungen befinden sich im NS Verteiler- und Messschrank im Container. Der Schutz vor Überlast und Kurzschluss der b.ventus 250 Windkraftanlage wird durch den Hauptleistungsschalter im NS Verteilerschrank realisiert. Der Hauptleistungsschalter ist ebenso mit einem Schutzrelais ausgestattet, welches die Spannung und Frequenz überwacht. Die Einstellungen des Schutzrelais müssen mit b.ventus abgestimmt werden und den geltenden nationalen Normen entsprechen.

Im NS Verteilerschrank befinden sich auch Lasttrennschalter mit Sicherungen zum Schutz und Schalten der Hilfsenergieversorgung.

Eine Übersicht der Schaltvorrichtungen wird im Einlinien-Diagramm (**Abbildung 3**) gezeigt.

5.8 Einlinien-Diagramm

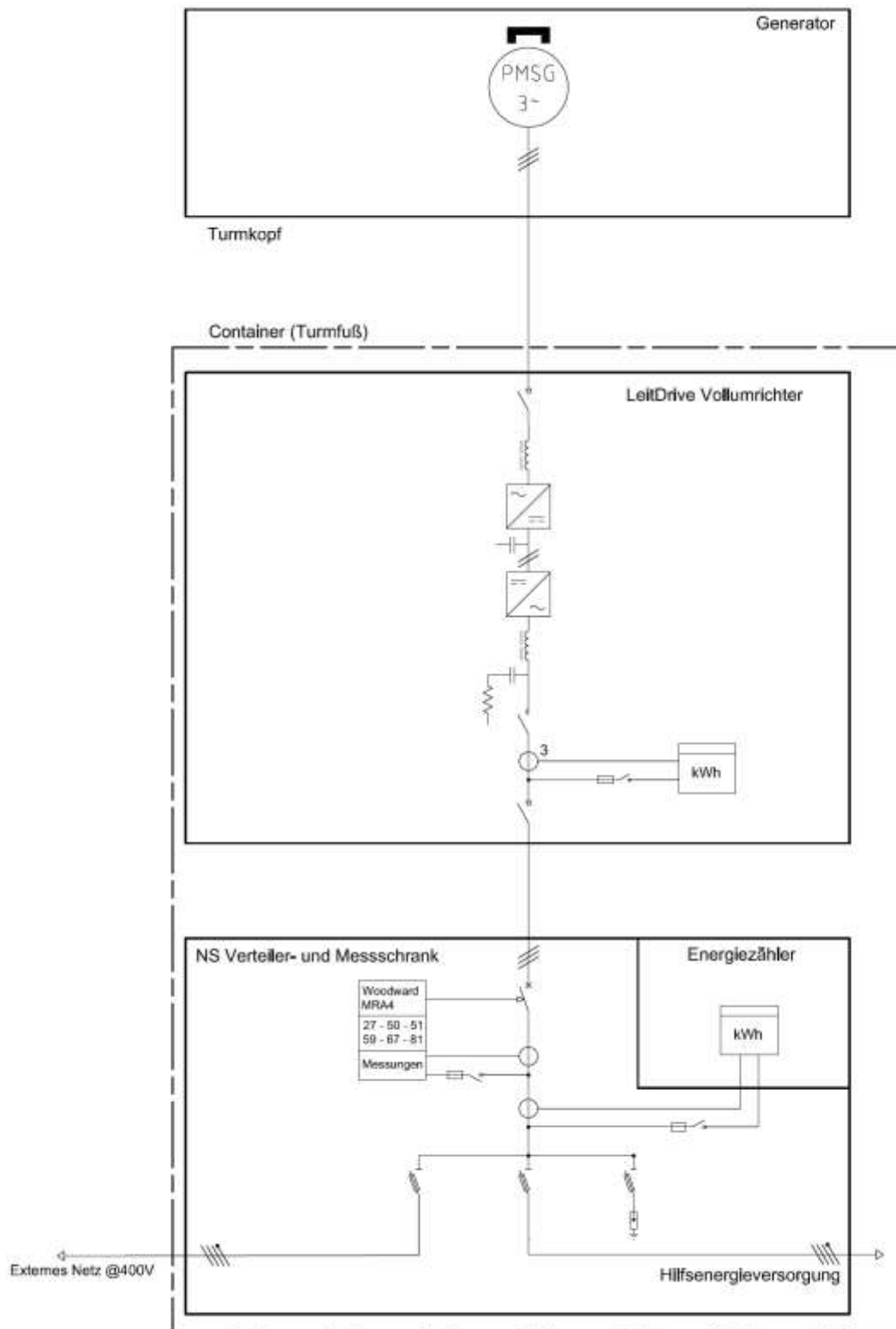


Abbildung 3: Einlinien-Diagramm der b.ventus 250

5.9 Erdungs- und Blitzschutzsystem

5.9.1 Blitzschutzsystem

Das Blitzschutzsystem der b.ventus 250 Windkraftanlage wurde gemäß Norm IEC61400-24 entwickelt und besteht aus vier Hauptteilen:

- Blitzrezeptoren
- Ableitsystem entlang des Turms
- Überspannungsschutz für elektrische und elektronische Geräte
- Erdungssystem der b.ventus 250 Windkraftanlage

Für eine ordnungsgemäße Ableitung des Blitzstroms muss vom Kunden ein angemessenes Erdungssystem außerhalb der b.ventus 250 Windkraftanlage gemäß der technischen Norm IEC61400-24 und den entsprechenden nationalen Vorschriften realisiert werden.

5.9.2 Erdung und Potentialausgleich

Das Erdungssystem der b.ventus 250 Windkraftanlage besteht aus den folgenden Teilen:

- Erdung des Betonfundaments
- Externe Mehrfacherdungsringe
- Erdungssystem des Containers am Turmfuß
- Potentialausgleich zwischen allen Systemen

Das Erdungssystem des Fundaments der b.ventus 250 Windkraftanlage ist mit dem Erdungssystem des Containers verbunden und bilden ein gemeinsames Erdungssystem.

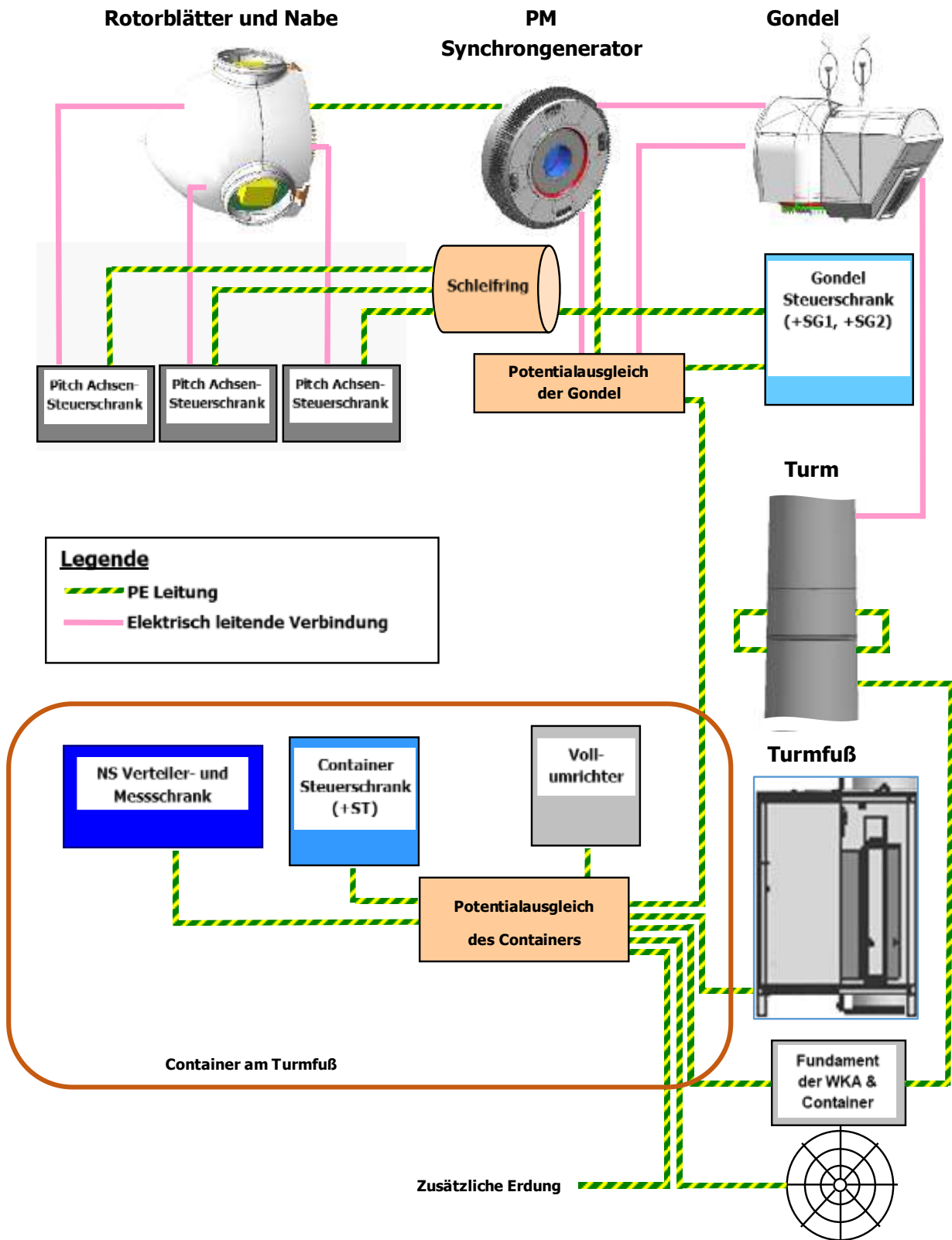


Abbildung 4: Erdung und Potentialausgleich der b.ventus 250

5.10 Netzanschluss

Die Anforderungen an die Anbindung an das Verteil- oder Übertragungsnetz richten sich nach den nationalen Netzrichtlinien sowie den Richtlinien und Anforderungen der Netzbetreiber.

Der Kunde ist verantwortlich für die Autorisierung des Netzanschlusses und für die gesamte Übergabestation und muss mit dem Betreiber des Verteiler- oder Übertragungsnetzes alle notwendigen Vorbereitungen treffen.

Folgende Daten am Netzanschlusspunkt müssen vom Kunden an b.ventus mitgeteilt werden:

- Netzspannung
- Netzfrequenz
- Netzkurzschlussstrom (Drei-Phasen und Erdschluss)
- Phasenwinkel bei Netzkurzschluss

6 Elektrische Eigenschaften

6.1 Blindleistungsbereitstellung

In diesem Abschnitt wird der möglich rechteckige Bereich dargestellt, in der die b.ventus 250 Windkraftanlage bei Normalbetrieb die Blindleistung bereitstellen kann (Abbildung 5).

Bei normalen Netzbedingungen, einem Leistungsfaktor bis 0,9 ind. oder 0,9 kap. und voller Leistung der b.ventus 250 Windkraftanlage kann an den netzseitigen Klemmen des Vollumrichters die Blindleistung zwischen Q_{\max} und $-Q_{\max}$ geregelt werden.

Der maximale Wert der bereitgestellten Blindleistung beträgt 122kVAr. Erhält das Steuersystem der b.ventus 250 Windkraftanlage keine Blindleistungsvorgabe oder ist die Funktion der Blindleistungsregelung deaktiviert, reguliert die b.ventus 250 Windkraftanlage den Leistungsfaktor auf den Wert 1.

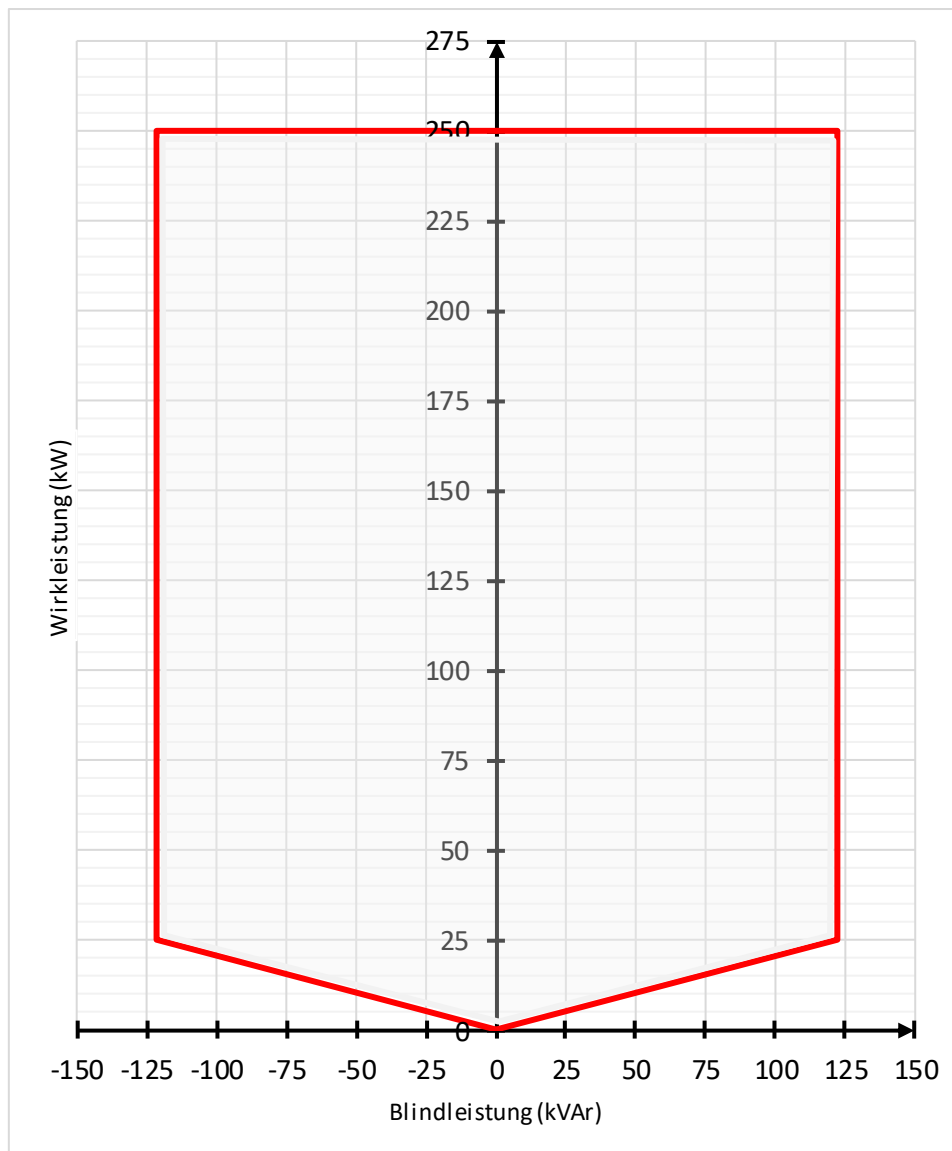


Abbildung 5: Blindleistungsbereitstellung im Nominalbetrieb

Dieser Abschnitt zeigt die Leistungsfähigkeit des Vollumrichters in Abhängigkeit der Netzspannung U_n (Abbildung 6). Liegen Netzspannung und Leistungsfaktor innerhalb des grünen Rechtecks, kann die b.ventus 250 Windkraftanlage die volle Nennwirkleistung liefern. Im roten Bereich muss die Wirkleistung um 10% reduziert werden, damit entsprechend mehr Blindleistung zur Verfügung gestellt werden kann.

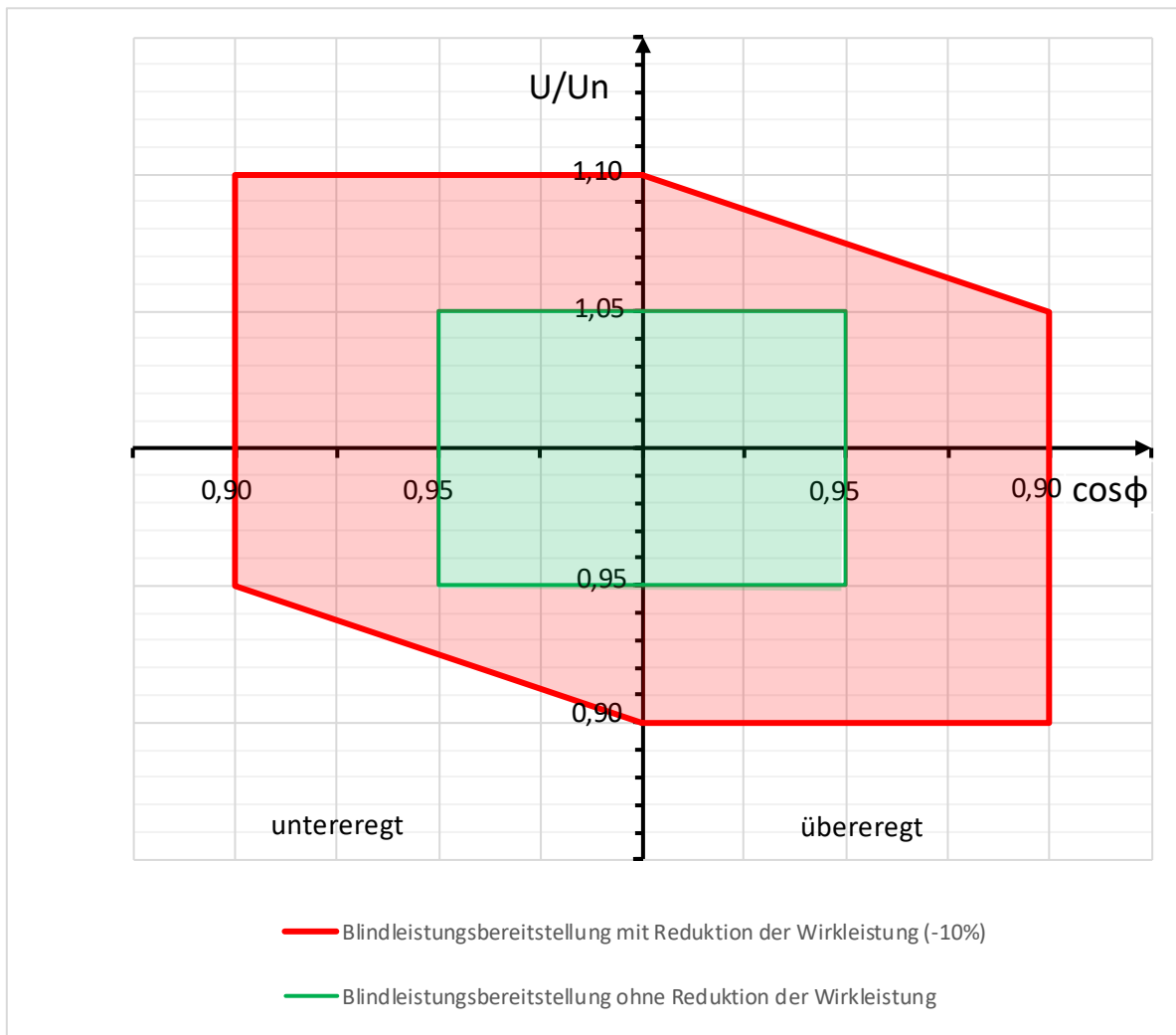


Abbildung 6: Blindleistungsbereitstellung bei Wirkleistungsreduktion

6.2 Leistungssteuerung

6.2.1 Wirkleistungsabgabe

Die b.ventus 250 Windkraftanlage wird über den LEITWIND Park Manager gesteuert. Während des Regelbetriebs muss die vom Wind erzeugte, zur Verfügung stehende Wirkleistung größer sein als die an die b.ventus 250 Windkraftanlage gesendete Wirkleistungsvorgabe.

Die Wirkleistung kann von 0% bis 100% der Nennleistung in Schritten von 10% eingestellt werden.

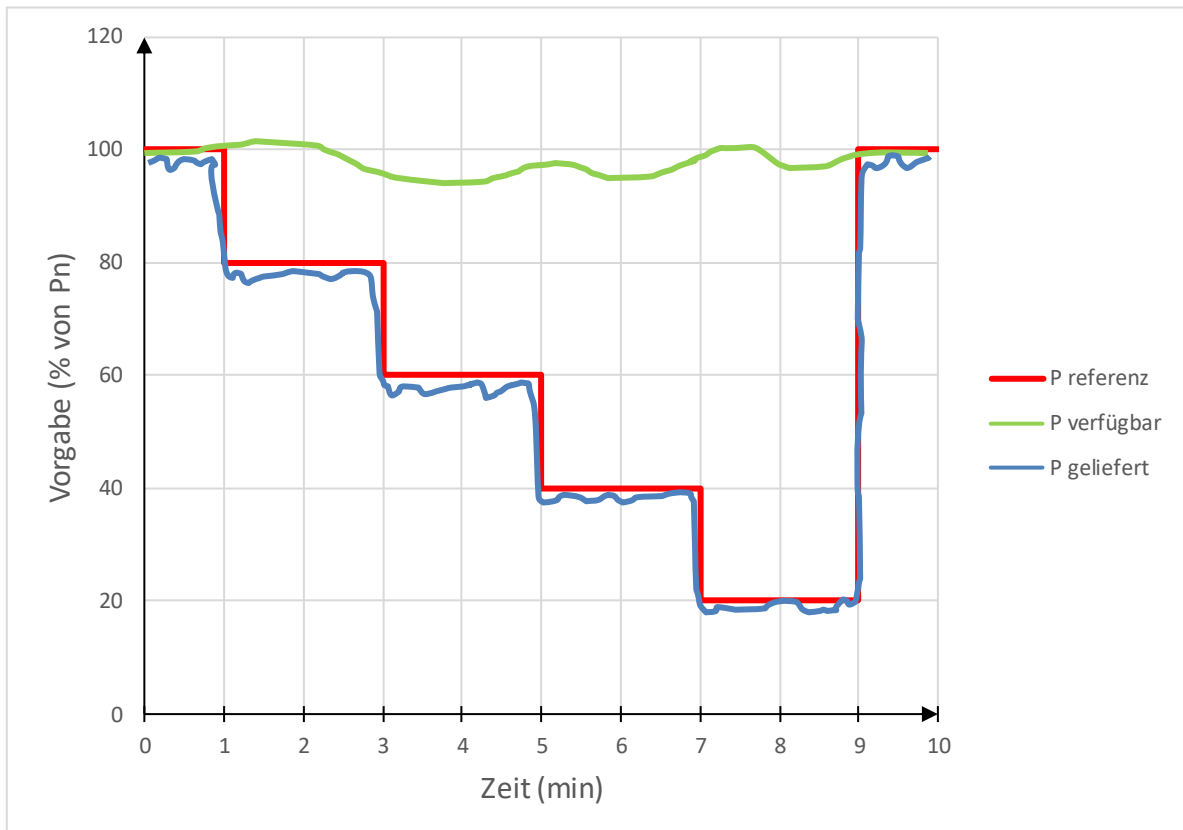


Abbildung 7: Beispiel für Wirkleistungsvorgaben

6.2.2 Begrenzung des Wirkleistungsgradienten

Das Zuschalten oder Wiedereinschalten der b.ventus 250 Windkraftanlage nach einem Netzausfall kann wahlweise mit einer allmählichen Erhöhung oder durch sofortigen Anstieg der gelieferten Wirkleistung durchgeführt werden.

Die Aktivierung der Begrenzung der Anstiegsrate und dessen Gradienten muss mit b.ventus abgestimmt werden.

6.2.3 Wirkleistungsabgabe bei Netzfrequenzstörungen

Die b.ventus 250 Windkraftanlage ist in der Lage automatisch die Wirkleistungsabgabe zu reduzieren, sollte die Netzfrequenz ansteigen (Abbildung 8). Dies ist eine Schutzvorrichtung, da der Anstieg der Netzfrequenz auf einen Netzfehler oder ungewöhnlichen Netzbetrieb zurückzuführen ist.

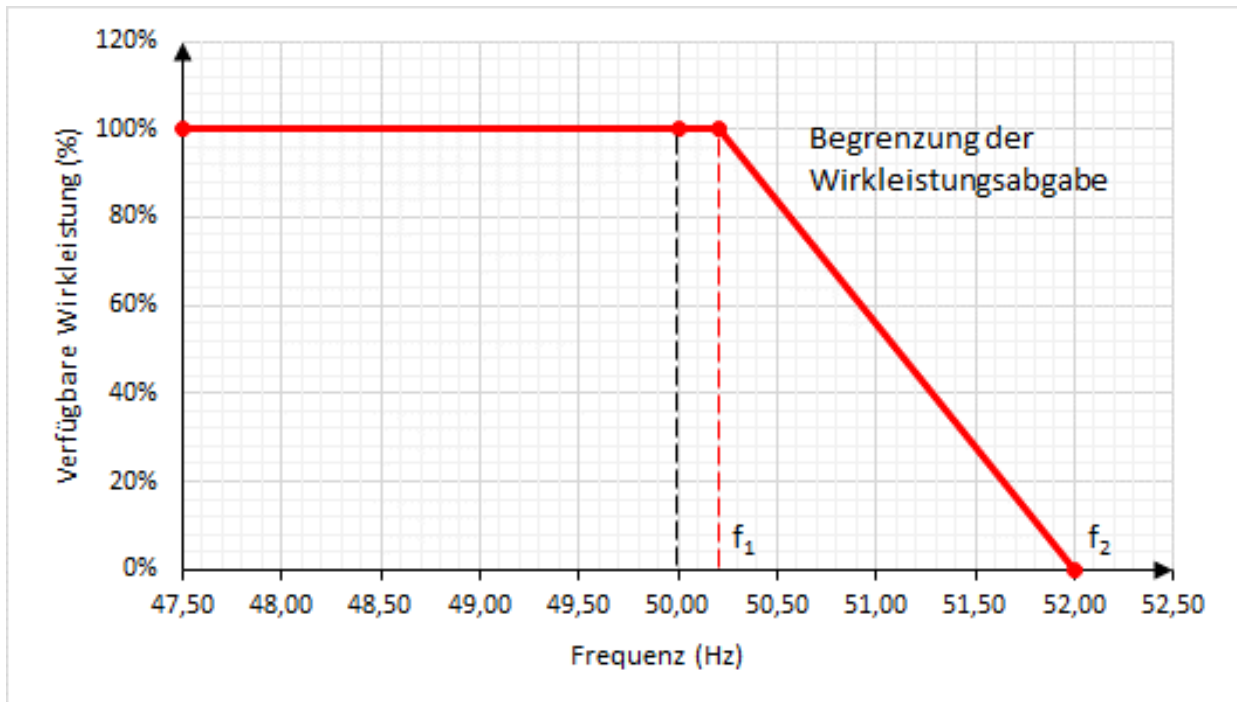


Abbildung 8: Reduzierung der Wirkleistung bei Netzfrequenzstörungen

Liegt der Wert der Netzfrequenz in der Kennlinie (Abbildung 8) innerhalb 47,5Hz und F_1 , wird die verfügbare Wirkleistung vollständig an das Netz abgegeben. Sollte die Netzfrequenz jedoch innerhalb der Werte F_1 und F_2 liegen, wird die Wirkleistung linear reduziert.

Überschreitet die Netzfrequenz den Wert F_1 , speichert das Steuersystem der b.ventus 250 Windkraftanlage den Steigungskoeffizienten, der zu Beginn des ungewöhnlichen Netzbetriebs verfügbaren Wirkleistung. Dieser Koeffizient wird als Referenz zur linearen Leistungsreduzierung in Abhängigkeit der Netzfrequenz verwendet. Der Koeffizient kann bei Bedarf zwischen 2% und 5% eingestellt werden.

Eine Wirkleistungssteigerung bei Frequenzabnahme ist nicht möglich, da die b.ventus 250 Windkraftanlage nicht mit einem Energiespeichersystem ausgestattet ist.

Der Frequenzbereich und der Gradient der Leistungsreduzierung können entsprechend den Vorgaben des Netzbetreibers nach vorheriger Abstimmung mit b.ventus eingestellt werden.

6.2.4 Blindleistungsregelung

Die Blindleistungsregelung wird über den LEITWIND Park Manager durchgeführt. Solange die Vorgabe der Blindleistungsregelung innerhalb der Kennlinien in Abbildung 5 und Abbildung 6 liegt, steht bei Nennleistung eine Blindleistung gemäß $\cos\varphi=\pm 0,90$ zur Verfügung.

Die folgenden Vorgaben werden vom Steuerungssystem gesteuert:

- Blindleistung
- Leistungsfaktor

Standardmäßig ist die Blindleistung so eingestellt, dass der Vollumrichter mit einem Leistungsfaktor mit dem Wert 1 arbeitet.

Der Vorgabe-Modus muss mit b.ventus abgestimmt werden.

6.2.5 Blindleistungsregelung nach $Q=f(U)$

Die b.ventus 250 Windkraftanlage ist in der Lage, Blindleistung aus dem Netz aufzunehmen bzw. ins Netz einzuspeisen (Abbildung 9). Dadurch kann der Vollumrichter die Netzspannung eigenhändig steuern.

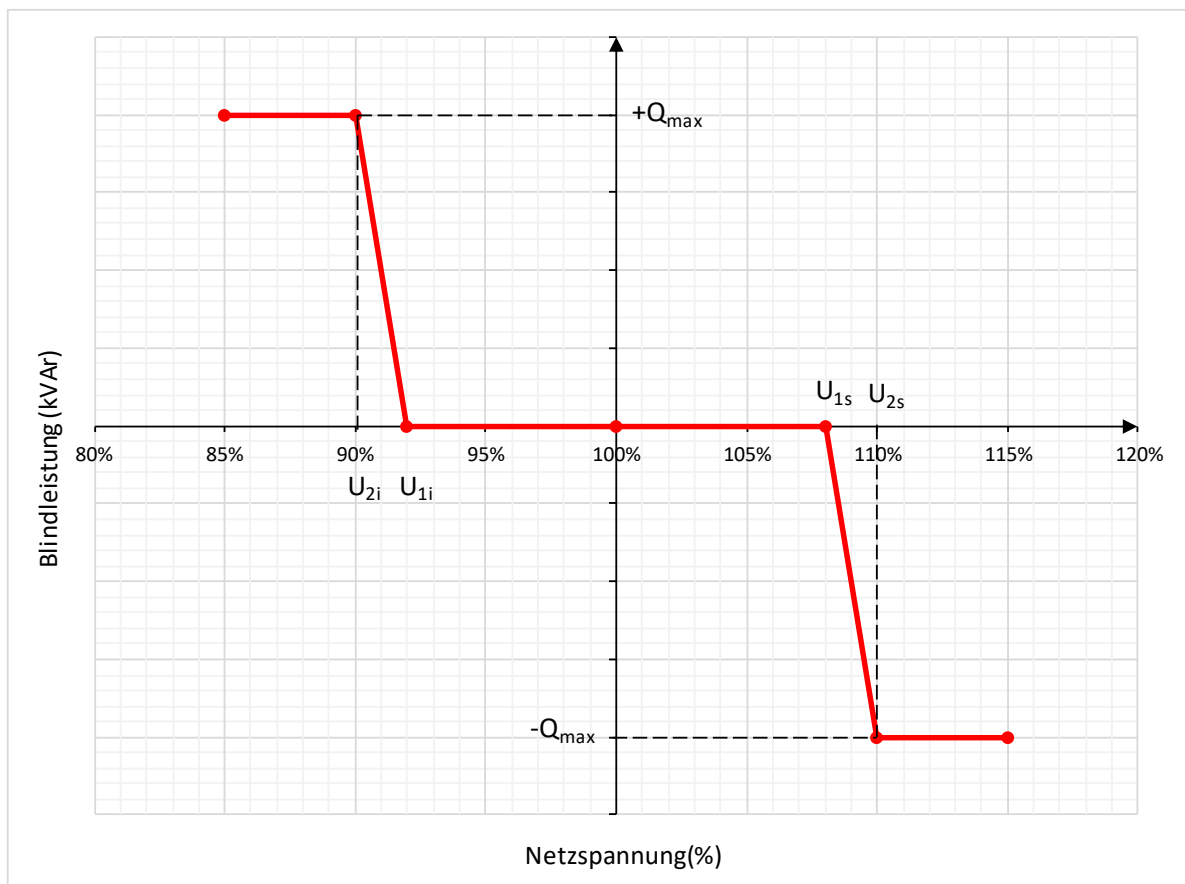


Abbildung 9: Standardkennlinie $Q = f(U)$

Die in der Standardkennlinie angegebenen Parameter U_{1i} , U_{2i} , U_{1s} und U_{2s} müssen vom Kunden zur Verfügung gestellt werden.

Die Spannungskennlinie ist durch die Blindleistungsregelung des Vollumrichters (Abbildung 6) und den Spannungsbereich der b.ventus 250 Windkraftanlage begrenzt.

Dies ist eine optionale Funktion. Die Aktivierung der Regelung nach $Q = f(U)$ und dessen Einstellung muss mit b.ventus vereinbart werden.

6.2.6 Blindleistungsregelung nach $\cos\varphi=f(P)$

Die b.ventus 250 Windkraftanlage ist in der Lage, Blindleistung aus dem Netz aufzunehmen bzw. ins Netz einzuspeisen, damit der Leistungsfaktor in Funktion zur Wirkleistung gesteuert werden kann.

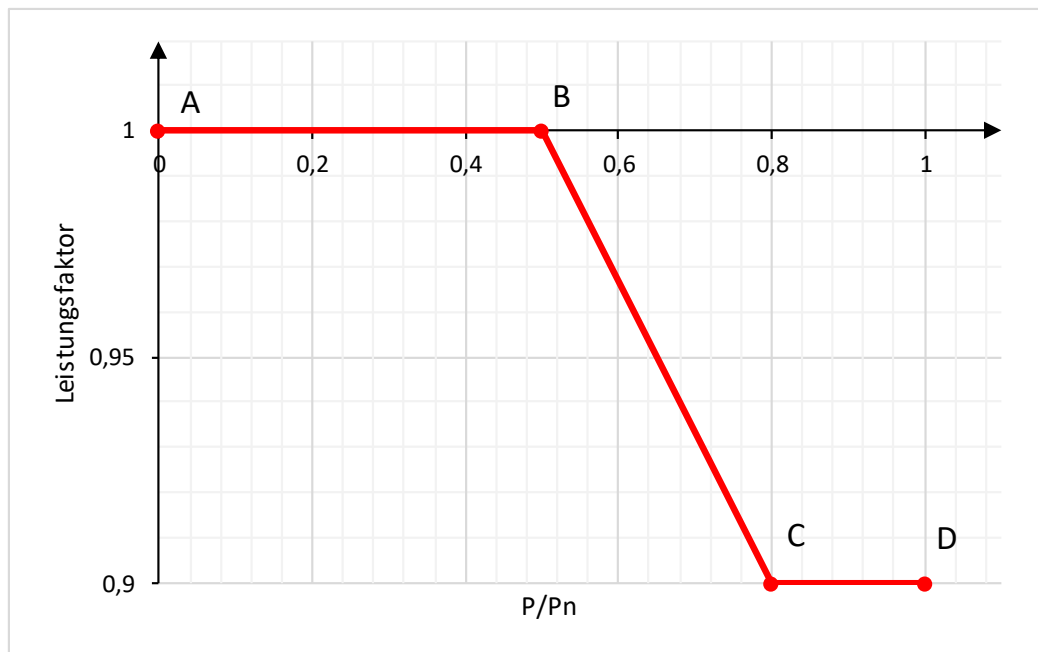


Abbildung 10: Standardkennlinie $\cos\varphi = f(P)$

Die in der Standardkennlinie angegebenen Parameter A, B, C und D müssen vom Kunden zur Verfügung gestellt werden.

Die Spannungskennlinie ist durch die Blindleistungsregelung des Vollumrichters (Abbildung 6) und den Spannungsbereich der b.ventus 250 Windkraftanlage begrenzt.

Dies ist eine optionale Funktion. Die Aktivierung der Regelung nach $\cos\varphi = f(P)$ und dessen Einstellung muss mit b.ventus vereinbart werden.

6.3 Dynamische Netzstützung

6.3.1 Fault-Ride-Through Verhalten

Die b.ventus 250 Windkraftanlage verbleibt auch bei bestimmten definierten Netzfehlern am Netz (Abbildung 11). Die rote Linie in Abbildung 11 zeigt die maximale Hüllkurve der LVRT-Kurve laut Netzrichtlinie und die blaue Linie zeigt die maximale Hüllkurve der HVRT-Kurve.

Weitere Details zu spezifischen Netzrichtlinien sind auf Anfrage erhältlich.

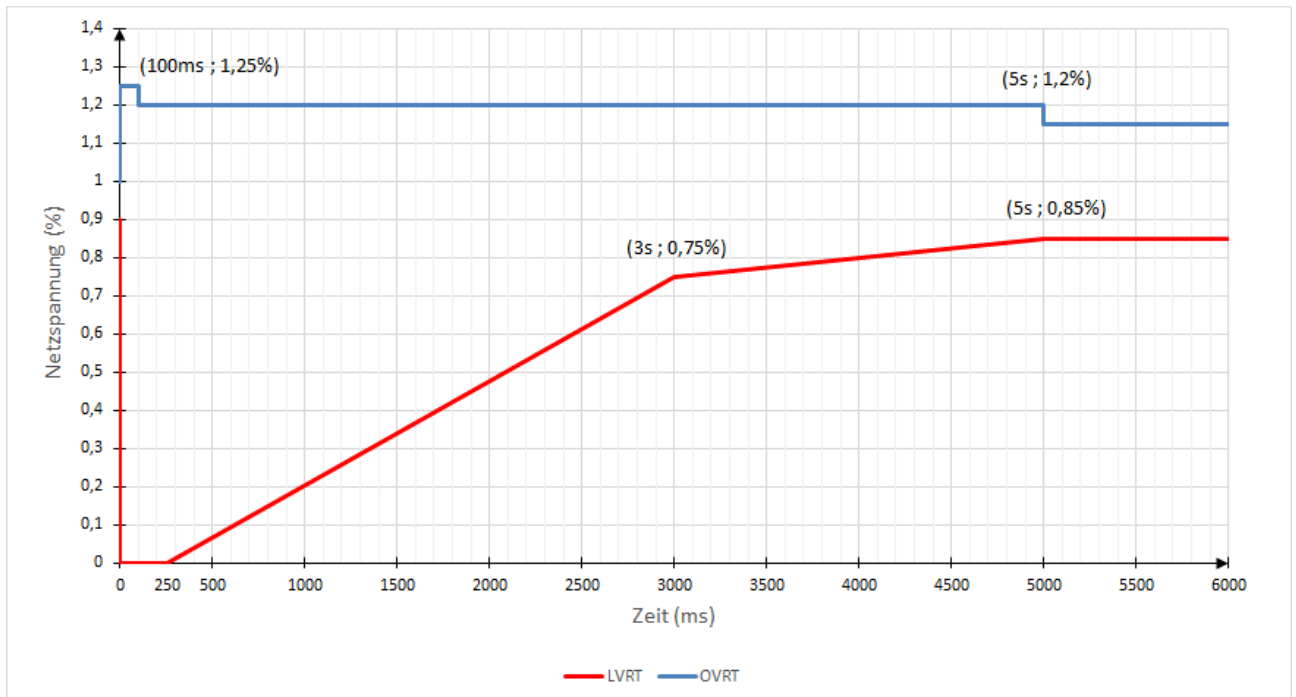


Abbildung 11: LVRT/HVRT Kurven

6.3.2 Dynamische Netzunterstützung bei Unterspannung

Bei Netzspannungseinbruch kann der Vollumrichter der Windkraftanlage durch zusätzliches Einspeisen von Blindstrom in das Netz, die Netzspannung stützen. Die Spannungsregelung in Abbildung 12 kann bei Spannungseinbrüchen durch symmetrische und unsymmetrische Netzfehler aktiviert werden. Diese Eigenschaft gewährleistet die Einspeisung eines Blindstroms netzseitig des Vollumrichters nachfolgender Gleichung:

$$I_B = 2 * I_n * \frac{\Delta U}{U_n} + I_{B0}$$

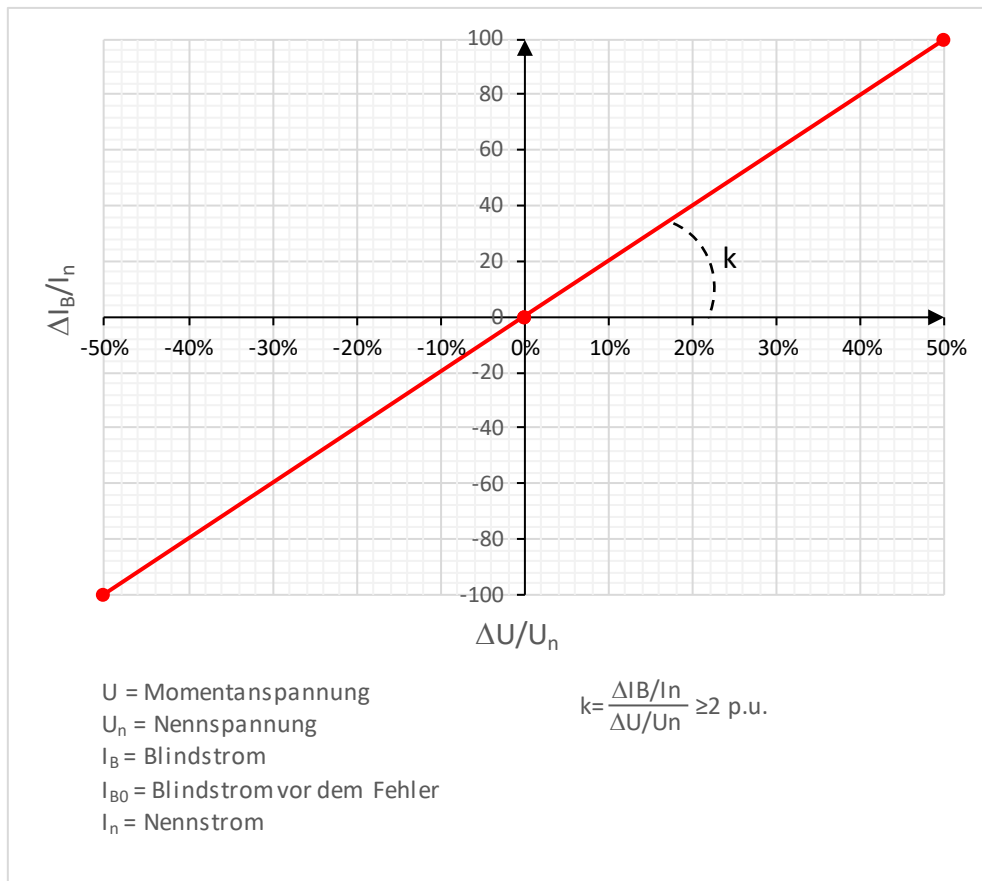


Abbildung 12: Blindstromeinspeisung während LVRT

Dies ist eine optionale Funktion, deren Aktivierung und Einstellung mit b.ventus vereinbart werden muss.

7 Fernüberwachung und Steuerung der b.ventus 250 Windkraftanlage

Die b.ventus 250 Windkraftanlage kann aus der Ferne überwacht und gesteuert werden. Im Bedarfsfall kann die maximal gelieferte Wirkleistung der b.ventus 250 Windkraftanlage aus der Ferne begrenzt werden. Es besteht die Möglichkeit, sich in das Leitsystem der b.ventus 250 Windkraftanlage einzuloggen und den erforderlichen Grenzwert einzustellen. Auf dieselbe Weise kann auch abgegebene oder aufgenommene Blindleistung vom Leitsystem gesteuert werden.

Die b.ventus 250 Windkraftanlage kann bei Bedarf auch mit einem Tool zur Fernsteuerung und Fernüberwachung durch den Energieversorger oder Kunden ausgestattet werden. Das Steuerungssystem der b.ventus 250 Windkraftanlage kann Befehle erhalten und automatisch die Steuerung der Leistungsrampe, die Begrenzung des maximalen Leistungsgradienten, die Blindleistungssteuerung, usw. steuern.

Zur Fernsteuerung und Anlagenüberwachung muss ein Internetzugang vom Kunden bereitgestellt werden.