

# Technische Kurzbeschreibung Windenergieanlage VENSYS 175

## VENSYS 175 - 7.8 MW

Rev.: 0  
Datum: 25.01.2024

Dokumentname:  
Technische Kurzbeschreibung\_VENSYS175\_7.8MW\_Rev.0

Erstellt von:



**Dipl.-Ing. Torsten Sigmund**  
(Technical Sales)

Freigabe:



**Luis Fernando Beckel**  
(Head of Sales)

## Inhaltsverzeichnis

1	Allgemein.....	3
2	Anlagentypen.....	3
3	Funktionsweise.....	3
4	Ansicht Maschinenkopf.....	4
5	Rotor und Blattverstellsystem .....	5
6	Antriebsstrang und Generator.....	6
6.1	Hauptwelle und Rotorlager.....	6
6.2	Getriebe.....	7
6.3	Generator.....	8
6.4	Gondel.....	9
7	Azimutssystem .....	9
8	Anlagensteuerung .....	10
9	Sicherheitstechnik .....	10
10	Vollumrichtersystem .....	11
11	Turm.....	12
12	Fundament .....	12
13	Technische Hauptdaten der VENSYS 175 - 7.8 MW .....	13

## 1 Allgemein

Alle VENSYS-Windenergieanlagen basieren auf kompakter Bauweise, effizienter Energieumwandlung und einem zuverlässigen Regelungs- und Sicherheitssystem. Dieses bewährte technologische Konzept führt zu maximalen Leistungserträgen und minimalen Ausfallzeiten.

Die VENSYS 175 - 7.8 MW ist eine drehzahlvariable Windenergieanlage mit einem Rotordurchmesser von 175 m und einer Nennleistung von 7,8 MW. Sie besteht aus den Hauptkomponenten Rotor mit Rotornabe, drei Rotorblättern mit jeweils einem Pitchsystem, Maschinenhaus mit Hauptwelle und -lagern, Azimutsystem, Getriebe, Permanentmagnet-Generator, Turm, Vollumrichter, Transformator und Mittelspannungsschaltanlage. Die Windenergieanlage zeichnet sich aus durch eine große Leistung, hohe Zuverlässigkeit und Netzfrendlichkeit.

## 2 Anlagentypen

Die vorliegende technische Kurzbeschreibung gilt für die folgenden 7,8 MW-Anlagentypen:

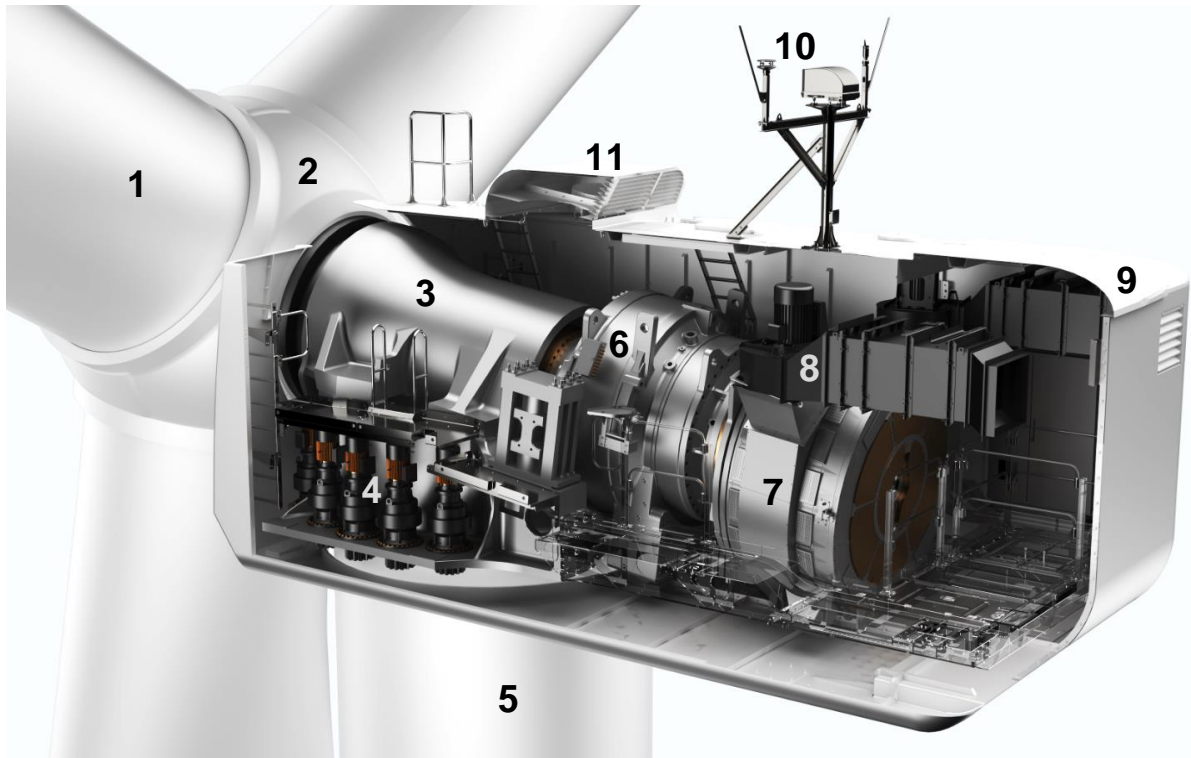
Anlagentyp	Nabenhöhe	Rotor-durchmesser	Rotorblatt	Windklasse / Windzone
VENSYS 175	145 m	175 m	GW 86 (oder gleichwertig)	IEC S / DIBt WZ S
	160 m			

## 3 Funktionsweise

Windenergieanlagen wandeln die kinetische Energie des Windes in elektrische Energie um. Dies geschieht über die aerodynamischen Profile der Rotorblätter. Durch die anströmende Luft wird der Rotor in eine Drehbewegung versetzt. Der Auftrieb der Rotorblätter wird in ein Drehmoment und eine Drehzahl zum Antrieb des Generators umgesetzt. Bei niedrigen Windgeschwindigkeiten wird die Drehzahl angepasst, damit die Rotorblätter immer optimal angeströmt werden und der Generator mit der jeweils geeigneten Drehzahl betrieben wird.

Der Generator wandelt die mechanische Rotationsenergie in elektrische Energie um. Die Turmleitungen verbinden den Generator in der Gondel und den Vollumrichter in der Turmfußebene. Die Einspeisung der elektrischen Energie ins Netz erfolgt dann über den Mittelspannungs-Transformator und eine Mittelspannungs-Schaltanlage als Schutzeinrichtung.

#### 4 Ansicht Maschinenkopf



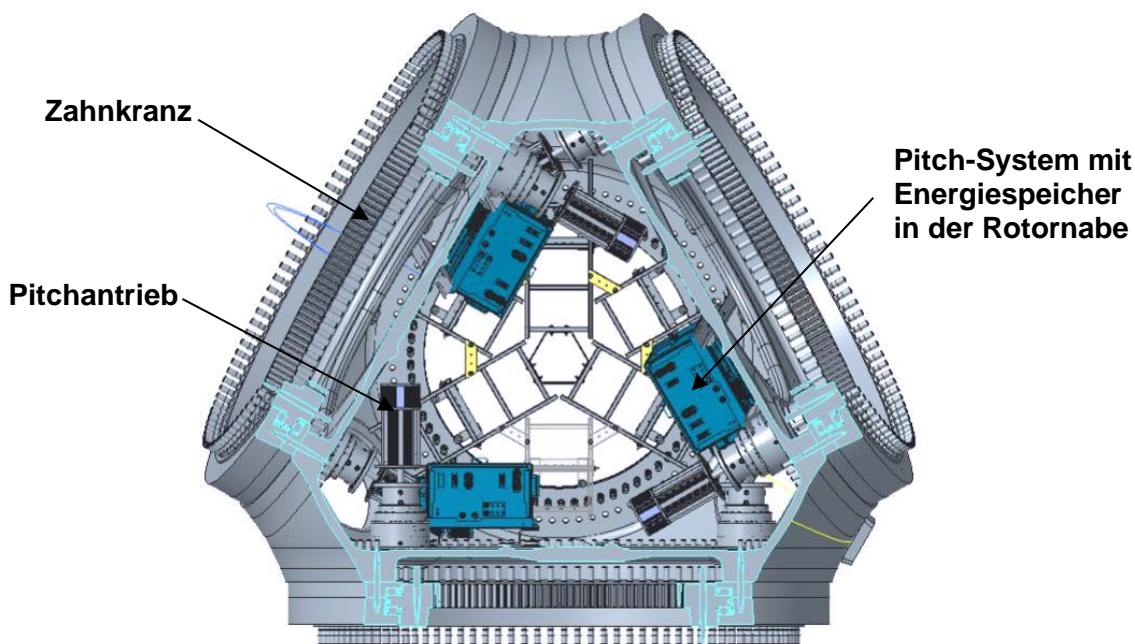
**Abb. 1:** Ansicht Maschinenkopf

1	Rotorblatt	7	Generator
2	Nabe	8	Generator-Kühlsystem
3	Rotorlagerung	9	Gondel
4	Azimuthsystem	10	Windmessgeräte und Flugbefeuerung
5	Turm	11	Luftauslass Getriebekühlsystem
6	Getriebe		

## 5 Rotor und Blattverstellungssystem

Die Windenergieanlage verfügt über einen Dreiblattroter mit aktivem Rotorblattverstellungssystem (Elektro-Pitch). Die aerodynamisch geformten Rotorblätter bestehen aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) und werden über die Blattlager mit der Rotornabe verschraubt. Mit Hilfe der Rotorblattverstellung werden die Rotorblätter entsprechend der Windgeschwindigkeit automatisch um die Längsachse verstellt, um den Rotor in seiner Leistung zu begrenzen und eine Überlastung der Anlage zu vermeiden. Das System ist dreifach redundant, d. h. jedes Blatt kann einzeln gedreht und somit auch als aerodynamische Rotorbremse genutzt werden.

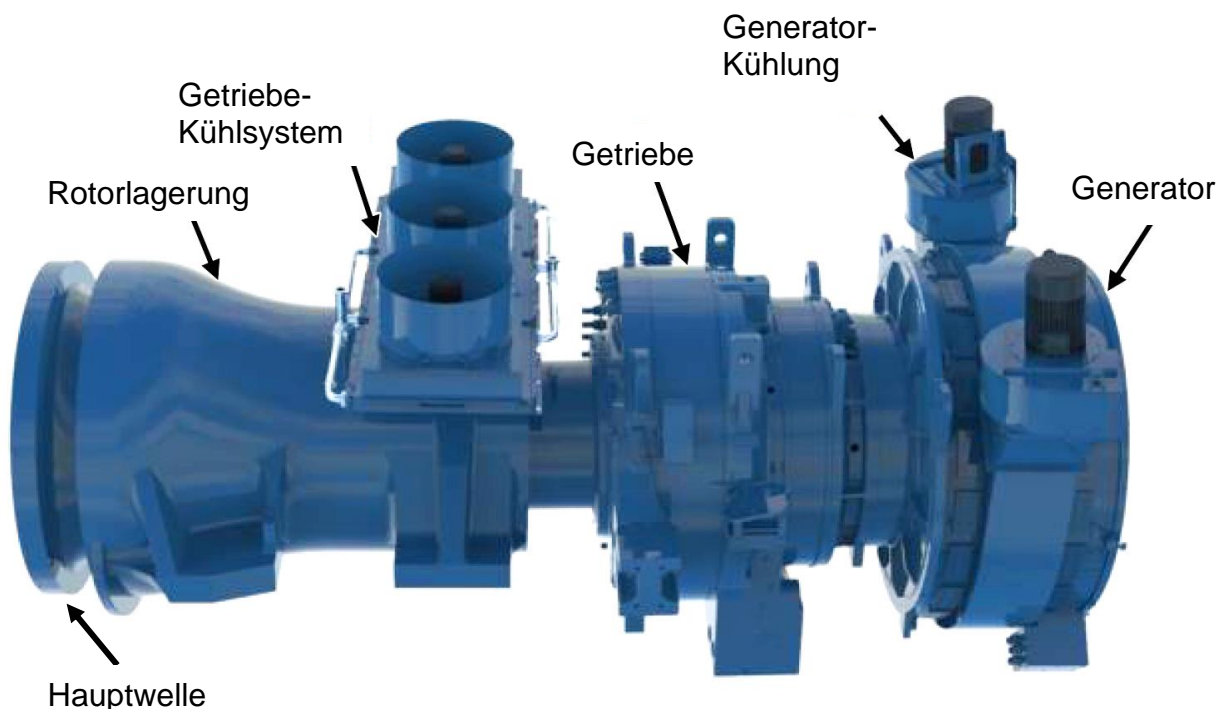
Das Blattwinkelverstellungssystem – mit an den Blattlagern integrierten Zahnkränzen zur Kraftübertragung – hat einerseits die Aufgabe die Blätter genau zu positionieren und andererseits die Blätter im Notfall in eine sichere Position zu bringen. Eine Notabschaltung der Windenergieanlage muss im Falle eines Netzausfalls oder einer anderweitigen Störung vollständig autark funktionieren. Zu diesem Zweck werden Doppelschichtkondensatoren (auch Super- oder Ultra-Kondensatoren genannt) als Energiespeicher in jedem der drei Rotorblattverstellungssysteme eingesetzt, die im Falle einer schwerwiegenden Störung sicherstellen, dass der Antrieb mit Energie versorgt wird. Die eingesetzten dreiphasigen Permanentmagnet-Synchronmotoren sind weitestgehend wartungsfrei.



**Abb. 2:** Rotorblattverstellungssystem

## 6 Antriebsstrang und Generator

Der innovative Antriebsstrang wandelt die Drehzahl und das Drehmoment der vom Rotor übertragenen mechanischen Energie um und nutzt einen auf der Ausgangswelle des Getriebes integrierten Permanentmagnet-Synchrongenerator (PMSG). Der Antriebsstrang ist auf dem Grundrahmen montiert, wobei das Torsionsmoment des Getriebes durch beidseitige Entkopplungselemente (Gummilager) abgestützt wird, um Vibrationsanregungen der Struktur zu vermeiden. Zur Entkopplung der Biegemomente und Schubkräfte vom Getriebe wird eine steife, vorgespannte Rotorlagerung mit zwei angestellten Kegelrollenlagern eingesetzt.



**Abb. 3:** Antriebsstrang und Generator

### 6.1 Hauptwelle und Rotorlager

Das System aus Hauptwelle und Rotorlager stützt den gesamten Antriebsstrang, überträgt das Drehmoment und leitet die mechanische Energie an das Getriebe weiter. Das Hauptwellenlagersystem besteht hauptsächlich aus dem vorderen Lager, dem hinteren Lager, der Hauptwelle und dem Rotorlagergehäuse.

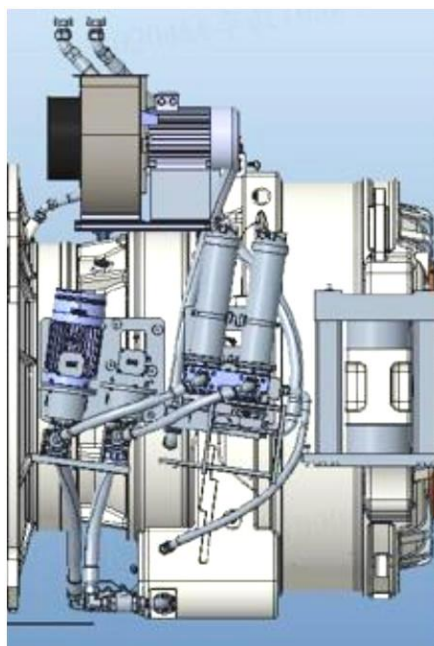
Das Rotorlagergehäuse umschließt das Rotorlager mit der Hauptwelle und ist mit dem Maschinenhausrahmen verschraubt. Sowohl die Schubkräfte als auch die Biegemomente des Rotors werden über das Hauptwellensystem und die Rotorlagerung abgeleitet und auf den Turm übertragen. Die Hauptwelle ist mit der Nabe bzw. dem Getriebe ebenfalls verschraubt.

## 6.2 Getriebe

Das dreistufige Planetengetriebe wandelt die mechanische Energie mit der niedrigeren Rotordrehzahl und hohem Drehmoment in mechanische Energie mit höherer Drehzahl und niedrigem Drehmoment um. Ein hochintegriertes Design aus einem mittelschnellen Permanentmagnet-Synchrongenerator und dem Getriebe reduziert die axiale Größe des Generators und des Getriebes erheblich.

Dadurch wird die gesamte Antriebsstruktur kompakter und der Platzbedarf in der Gondel ist deutlich geringer. Die freitragende Konstruktion des Antriebsstrangs ermöglicht die reine Drehmomentübertragung auf das Getriebe und erhöht damit auch dessen Zuverlässigkeit.

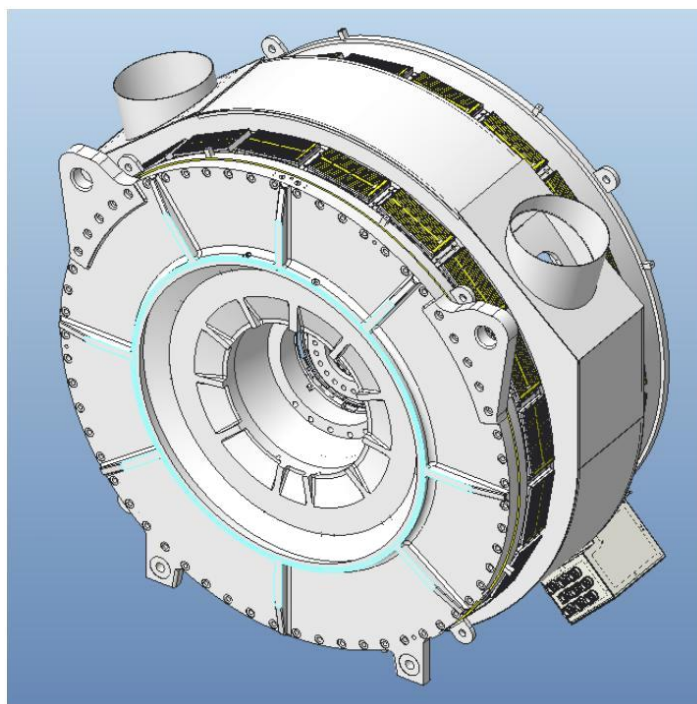
Das Getriebe ist vollständig automatisch ölgeschmiert. Das Schmiersystem schmiert die internen Zahnräder und Lager des Getriebes, kontrolliert den Temperaturanstieg und führt die Wärme mit Hilfe des Kühlsystems aus dem Getriebe ab. Das Hochtemperaturöl durchläuft die Getriebeölpumpe und das Filterelement. Beim Erreichen eines bestimmten Temperaturwertes wird das Temperaturregelventil vollständig geöffnet und das Getriebeschmieröl wird durch den Öl-Luft-Kühler abgekühlt, bevor es in den Getriebeeingang zurückfließt. Die abgeführte Wärme wird mit Hilfe von Gebläsen durch die Entlüftung auf der Oberseite der Gondel an die Außenluft abgeben.



**Abb. 4:** Schematische Darstellung des Schmiersystems

### 6.3 Generator

Der Generator in der Gondel wandelt Drehzahl und Drehmoment in elektrische Energie um, die über Turmleitungen an das Umrichtersystem im Turmfuß übertragen wird. Der Generator ist als Permanentmagnet-Synchrongenerator ausgeführt. Die Abdeckung der schnellen Seite des Getriebes ist in die Frontabdeckung des Generators integriert. Der Stator des Generators ist mit einer 6-Phasen-Wicklung ausgestattet, der Rotor trägt als Innenläufer die Permanentmagnete. Der Generator benötigt somit keine elektrische Erregung und zeichnet sich durch eine hohe Arbeitseffizienz sowie eine hervorragende Leistung bei kompakter Bauweise aus.



**Abb. 5:** Schematische Darstellung des Generators

Die Kühlung des Generators erfolgt über direkte Luftkühlsysteme. Mit den beiden Ventilatoren über dem Generator wird Luft über Lufteinlässe zur Kühlung in den Generator gesaugt. Die Luft kühlt den inneren Rotor (Magnete und Polkästen) und den Stator (Endwicklungen, Eisenkern), bevor sie aus dem Generatorauslass austritt und als warme Luft durch Lüftungskanäle an der Rückseite der Gondel abgeleitet wird. Damit kann auf Kühlflüssigkeiten im Generator verzichtet werden.

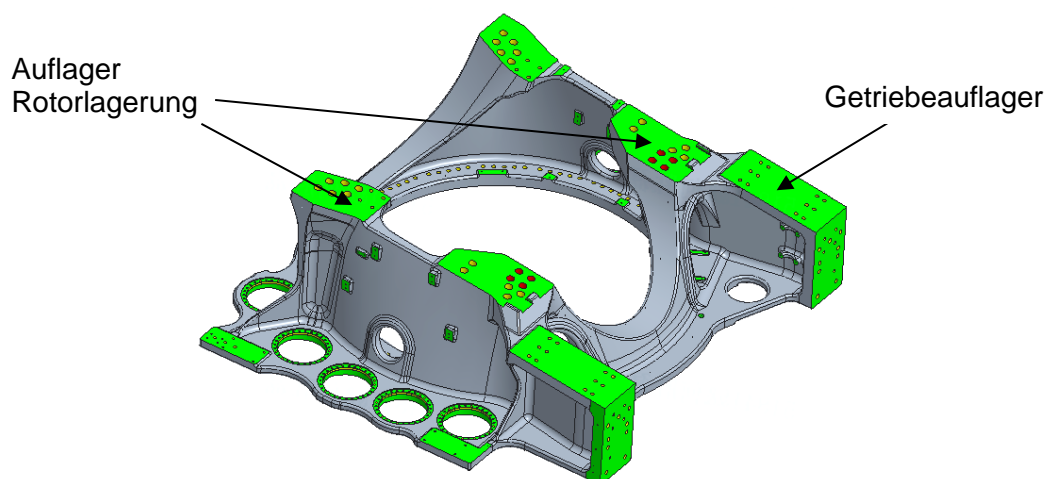
## 6.4 Gondel

Die Gondel aus GFK dient dem Witterungsschutz und der Unterbringung von Hauptwelle mit Rotorlagerung, Getriebe, Generator, den Kühlsystemen mit den Wärmetauschern und Gebläsen, dem Azimutgrundrahmen und ist Träger der Windmesstechnik (Anemometer/Windfahne) bzw. der Flugbefehrerung.

Ein Drehkranzlager am Turm stellt die Verbindung zwischen dem Turm und dem Maschinenkopf (Gondel, Nabe, Rotorblätter) her. Auf der am Turmkopf befestigten Plattform sind die erforderlichen Systemkomponenten angeordnet. Die Gondel, die über eine Leiter vom obersten Podest des Turmes aus zu erreichen ist, ist innen begehbar und bietet dem Wartungspersonal ausreichend Raum und gute Zugangsmöglichkeiten zu allen Systemkomponenten. Durch eine Bodenklappe auf der dem Rotor abgewandten Seite, können mit dem Servicekran Lasten hochgezogen bzw. abgelassen werden. Diese Bodenklappe ist gleichzeitig auch die Notausstiegsöffnung für den Notausstieg mit dem Abseil- und Rettungshubgerät.

## 7 Azimutsystem

Damit der Rotor immer in die Windrichtung gestellt ist, kommen mehrere Azimutantriebe zum Einsatz. Diese drehen bei einer Änderung der Windrichtung die gesamte Gondel in die aktuelle Windrichtung. Hierzu sind elektrisch betriebene Azimutmotoren zwischen Turm und Gondel angebracht, die die notwendige Richtungskorrektur vornehmen.



**Abb. 6:** Schematische Darstellung des Azimut-Grundrahmens

Das Azimutantriebssystem besteht hauptsächlich aus den Azimutgetriebeeinheiten mit Elektromotoren, dem Azimut Zahnkranz und dem Azimutlager. Das Azimutlager ist ein Gleitlager und zeichnet sich durch eine einfache Gesamtstruktur, einen stabilen Betrieb und eine hohe Stoßbelastbarkeit aus.

## 8 Anlagensteuerung

Die Aufgabe der Anlagensteuerung bzw. Anlagenregelung ist es, eine möglichst optimale Leistungsausbeute zu realisieren und die mechanischen Belastungen der Windenergieanlage so gering wie möglich zu halten.

Durch den variablen Drehzahlbetrieb der Windenergieanlage ist es möglich, den Rotor weitgehend im optimalen Wirkungsbereich zu betreiben. Diese Aufgabe übernimmt eine Steuereinheit, das Betriebsführungssystem. Die Logik des Betriebsführungssystems erhält über Sensoren alle Informationen über die externen Bedingungen (z. B. Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Temperatur) und die Anlagenparameter (z. B. Leistung, Drehzahl). Auf Basis dieser Daten steuert das Betriebsführungssystem die Windenergieanlage so, dass sie sich immer in einem sicheren Zustand befindet und der optimale Energieertrag gewährleistet ist.

Eine Fernabfrage der Anlagendaten ist über eine Datennetz-Anbindung (SCADA) gegeben. Auf diesem Weg können Betriebsdaten, Betriebsprotokolle und Angaben zum Betriebszustand der Windenergieanlage abgefragt werden.

## 9 Sicherheitstechnik

Die drei unabhängig voneinander steuerbaren Rotorblätter dienen als aerodynamisches Primärbremssystem der Windenergieanlage. Diese können mit Hilfe von jeweils einem Blattverstellmotor pro Rotorblatt im gesamten Arbeitsbereich gedreht werden. Jeder Blattverstellantrieb ist mit einer separaten Notenergieversorgungseinheit in Form einer Kondensatorbank ausgestattet. Sollte das öffentliche Stromnetz ausfallen, werden die Rotorblätter mit Hilfe der in den Kondensatorbänken gespeicherten Energie in wenigen Sekunden in Fahnenstellung gebracht und die Windenergieanlage damit sicher abgebremst.

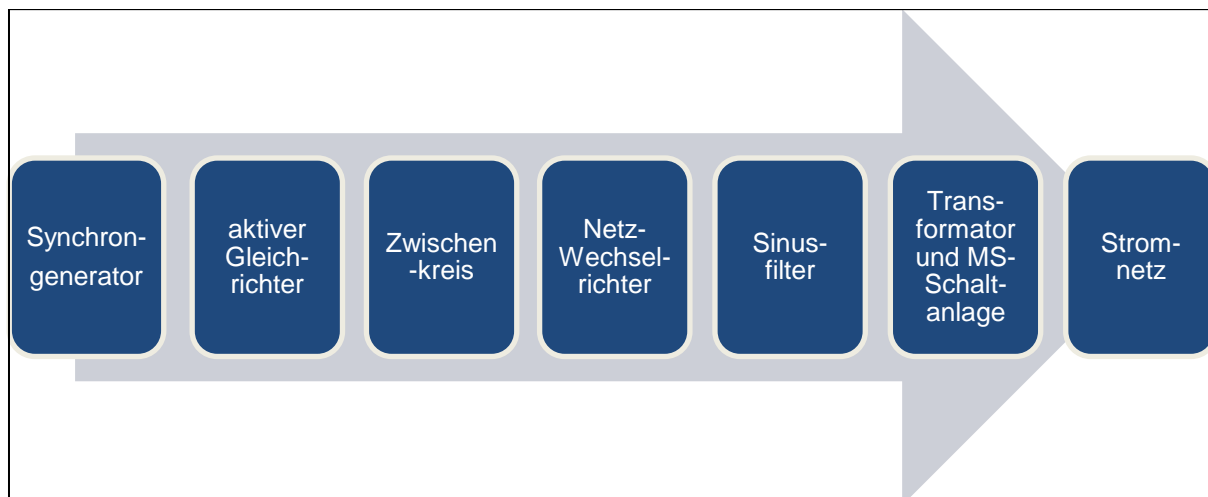
Die mechanische Wartungsbremse und die Rotorarretierung der Anlage befinden sich am hinteren Ende des Generators. Ein Hydraulikaggregat in der Gondel bremst die Generatorwelle mittels einer mechanischen Rotorbremse. Bei der Wartung des Antriebsstrangs wird die mechanische Bremse in Verbindung mit einem hydraulischen Arretierbolzensystem zum Feststellen des Rotors verwendet.

Die Anlage wird permanent von der Steuerung überwacht. Diese erfasst die wesentlichen Prozessgrößen durch zahlreiche Sensoren. Fehler werden sofort an die VENSYS-Monitoringzentrale gemeldet, um entsprechende Maßnahmen einleiten zu können.

## 10 Vollumrichtersystem

Die Anbindung an das öffentliche Stromnetz erfolgt über ein Vollumrichtersystem, einen nachgeschalteten Transformator sowie eine Mittelspannungs-Schaltanlage. Der speziell für die Verwendung von Synchrongeneratoren konzipierte Vollumrichter, über den die gesamte Leistung ins Stromnetz geführt wird, ermöglicht eine vollständige Entkopplung des Generators von der Netzseite. Dies erlaubt einen drehzahlvariablen Betrieb, was im Teillastbereich eine verbesserte Energieausbeute zur Folge hat. Zudem wird im Volllastbereich die Anlagenstruktur entlastet.

Die elektrischen Eigenschaften der Windenergieanlage werden somit durch die netzseitige Wechselrichtertechnik bestimmt. Diese bietet viele Vorteile hinsichtlich der Netzstützung und der Einhaltung immer anspruchsvollerer Netzanforderungen. Im digital gesteuerten Umrichter werden integrierte IGBT-Module eingesetzt. Das Umrichtersystem ist modular aufgebaut, so dass Servicearbeiten schnell und effizient durchgeführt werden können.



**Abb.7:** Schematische Darstellung des Energieflusses

## **11 Turm**

Bei der Nabenhöhe von 145 m wird ein segmentierter Stahlturm verwendet und mittels Ankerkorb mit dem Fundament verbunden. Der Turm besteht aus mehreren Sektionen. Die untersten drei Sektionen werden segmentiert angeliefert und auf der Baustelle zunächst zu Stahlturmsektionen verschraubt.

Bei den Anlagen mit 160 m Nabenhöhe kommen Hybridtürme aus Beton und Stahl zum Einsatz. Bei dieser Turm-Variante besteht der untere Teil aus Betonfertigteilen, der obere Teil aus mehreren Stahlrohrsektionen. Mittels Betonadapter werden die Stahlrohrsektionen auf dem Betonturm verankert.

Die Türme der VENSYS-Anlagen sind in der Regel mit einer Befahranlage ausgestattet. In Notfällen oder für Servicearbeiten sind der Zugang von der Steigleiter in die Kabine, sowie der gesicherte Ausstieg aus der Kabine auf die Steigleiter, an jeder Stelle im Turm möglich.

## **12 Fundament**

Mit dem Fundament wird die Standsicherheit der Windenergieanlage hergestellt. Das Fundament wird im Standard als kreisrundes Stahlbetonflachfundament ausgeführt. Der Stahlturm wird über einen Ankerkorb mit der ersten Turmsektion der Anlage fest mit dem Fundament verschraubt. So können die entstehenden Lasten in den Fundamentkörper eingeleitet werden.

Bei der Hybridturm-Variante werden die einzelnen Betonringe über die volle Höhe des Betonturms miteinander und mit dem Fundament über eine entlang der Innenwandung verlaufende Spannbewehrung verspannt.

### 13 Technische Hauptdaten der VENSYS 175 - 7.8 MW

<b>Betriebsdaten</b>	Nennleistung	7.800 kW
	Nenndrehzahl	9 U/min
	Einschaltwindgeschwindigkeit	3 m/s
	Abschaltwindgeschwindigkeit	24 m/s
	Betriebstemperatur	-20 °C bis +40 °C (Ab 30 °C Leistungsanpassung möglich)
<b>Rotor</b>	Durchmesser	175 m
	Überstrichene Fläche	24.053 m <sup>2</sup>
	Anzahl Rotorblätter	3
	Drehrichtung	Uhrzeigersinn (windabwärts)
	Achsenanordnung	Horizontal
	Position	Luvläufer / windzugewandt
	Neigung Rotorachse	7,5 °
	Leistungsregelung	Blattverstellung (Pitch)
<b>Primärbremssystem</b>	Typ	Aerodynamische Bremse
	Lagerung	Innenverzahnung
	Bremssystem	Einzelblattverstellung
	Antrieb	Elektrische Getriebemotoren, dreifach redundant
<b>Wartungsbremse</b>	Typ	Generatorbremse
	Position	Generatorwelle, Nicht-Antriebs- seite
	Arretierung	Hydraulischer Arretierbolzen, mechanisch gesichert
<b>Windnachführungssystem</b>	Nachführung	Außenverzahnung
	Lagertyp	Gleitlager
	Antriebe	Elektrische Getriebemotoren
<b>Rotorblatt</b>	Bezeichnung / Blatttyp	GW 86 (oder gleichwertig)
	Blattlänge	86 m
	Material	GFK
	Farbe	RAL 7035 (Lichtgrau) / RAL 3020 (Verkehrsrot)
	Glanzgrad	30 (ISO 2813)
<b>Tragende Bauteile</b>	Rotornabe	Kugelgraphitguss
	Hauptwelle	Kugelgraphitguss
	Azimut-Grundrahmen	Kugelgraphitguss
<b>Gondelgehäuse</b>	Material	GFK
	Farbe	RAL 7035 (Lichtgrau) / RAL 5002 (Ultramarinblau) / RAL 3020 (Verkehrsrot)
	Glanzgrad	30 (ISO 2813)

<b>Hauptlager</b>	Lagertyp	Zwei Kegelrollenlager in O-Anordnung
	Schmierung	automatisches Schmiersystem
<b>Getriebe</b>	Typ	Planetengetriebe, 3-stufig
	Material Getriebegehäuse	Guss
	Übersetzung	1:72
	Wellendichtringe	Labyrinth
	Kühlung	Öl-Luft-Kühlung mit Wärmetauscher
<b>Generator</b>	Typ	Synchrongenerator mit Permanentmagneterregung
	Nennleistung	8150 kW
	Nennspannung	1380 V
	Nennzahl	650 U/min
	Polpaarzahl	10
	Schutzklasse	IP 54
	Isolierstoffklasse	F
	Kühlung	Luft-Kühlung
<b>Umrichter</b>	Typ	IGBT-Vollumrichter
	Nennfrequenz	Netzabhängig (50Hz / 60Hz)
	Kühlung	Flüssigkeitskühlung
<b>Transformator</b>	Eingangsspannung	1140 V
	Ausgangsspannung	Netzabhängig
	Kurzschlussspannung	10,5 %
<b>Turm</b>	Typ	Segmentierter Stahlturm
	Nabenhöhe	145 m
	Typ	Hybridturm
	Nabenhöhe	160 m
	Korrosionsschutz	Lackierung
	Farbe	RAL 7035 (Lichtgrau) / RAL 3020 (Verkehrsrot)
<b>Anlagensteuerung</b>	Steuerungstyp	Industrie-SPS
<b>Fundament</b>	Bauart	Flachfundament (Standard)
<b>Windzone / Windklasse</b>	Alle Nabenhöhen	DIBt WZ S / IEC S