



# Erneuerbare Energien



Foto: RainierSturm/pixelio

Mit der Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2000 hat die Bundesregierung beschlossen, die nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung, zum Beispiel durch eine verbesserte Vergütung für die Stromeinspeisung, zu fördern. Ziel des Gesetzes ist es, den Anteil der erneuerbaren Energien bis 2010 auf mindestens 12,5%, bis 2020 auf mindestens 20% zu erhöhen.

Unter erneuerbaren Energien werden genannt:

- Wasserkraft
- Windenergie
- solare Strahlungsenergie (Solarstrom und Solarwärme)
- Geothermie
- Energie aus Biomasse

Das Gesetz bezweckt eine nachhaltige Energieversorgung zur Verbesserung des Klima-, Natur- und Umweltschutzes. Der Verbrauch fossiler Rohstoffe soll gemindert werden, damit sie auch noch für zukünftige Generationen verfügbar sind. Haben Kritiker und Energiekonzerne

jahrelang gegen den Einsatz erneuerbarer Energien votiert, zeigen aber die Förder- und Marktanreizprogramme der Bundesregierung den richtigen Weg. Bedingt durch diese Maßnahmen und durch Milliardeninvestitionen der Wind- und Solarbranche, ist Deutschland heute Vorbild und führende Nation, was die Nutzung alternativer Energien anbelangt. Zusätzlich zur Position des Marktführers sind einige Hunderttausend neue Arbeitsplätze durch die Einführung der erneuerbaren Energien in Deutschland entstanden.

### Windkraftanlagen (WKA)

Nach Dänemark, das Anfang der 1990er Jahre startete, entwickelte sich Deutsch-

land sehr stark und ist seit 2000 führende Nation beim Einsatz von Windkraftanlagen.

Wetterbedingt weht Wind immer irgendwo, schwach oder stärker, jedoch besonders in exponierten Höhenlagen der Mittelgebirge und sehr verlässlich im Küstenbereich und auf hoher See. Stellen Großkraftwerke (Atom-, Öl- oder Gaskraftwerke) zentral große Energiemengen zur Verfügung, hat die Windenergie den Vorteil der kurzfristigen Verfügbarkeit und der dezentralen Erzeugung. Damit entfallen Transport- und Durchleitungskosten, wenn die Energie dort verbraucht wird, wo sie auch erzeugt wurde.

Reichen die Flächen an Land nicht aus, geht man „offshore“ und errichtet Windparks auf dem Wasser.

In Ost- und Nordsee gibt es erste positive Erfahrungen – weitere Großanlagen sind in Planung, im Bau oder schon in Betrieb. Genau hier entsteht aber das

Problem der langen Transportwege zum Verbraucher an Land. Die Lösung dafür heißt „Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung“ (HGÜ), die einen Energietransport mit geringen Verlusten ( $< 3\%/1000\text{km}$ ) ermöglicht.

## Vollautomatischer Betrieb, Überwachung und Wartung

Wie alle technischen Systeme sind auch Windkraftanlagen so konstruiert und mit Mess- und Regeltechnik (MSR) bestückt, dass ein nahezu vollautomatischer Betrieb gewährleistet ist.

Treten Störungen auf, kann der Service an Land relativ einfach durchgeführt werden. Bei Offshore-Anlagen ist dies nicht so einfach möglich, daher muss die WKA umfassend aufgerüstet werden. Wochenlangem automatischen Betrieb ist zu gewährleisten, da Serviceeinsätze nur langfristig vorgesehen und dann nur per Schiff bei akzeptablen Wetterbedingungen durchführbar sind.

Dadurch übersteigen die Kosten pro Stunde Offshore-Service die für den Service an Land um ein Vielfaches.

## Condition-Monitoring-System (CMS)

Um die Überwachung von WKAs zu optimieren, gibt es als Methode die akustische Körperschallmessung an der Anlage. Ist deren Verbreitung an Land aufgrund der Kosten gering, setzen Betreiber von Offshore-Anlagen verstärkt auf diese Systeme. Selbst Versicherungen empfehlen das Condition-Monitoring und gewähren Preisnachlässe bei den Prämien. Auch wenn die Systeme noch nicht perfekt sind, liefern sie doch frühzeitig Hinweise auf Verschleiß oder baldige Störung. Somit tragen sie langfristig zur Betriebssicherheit bei und ersparen dem Betreiber unnütze Kosten für zu frühen oder auch zu späten Service sowie für Wartung und Reparatur.

## Mess- und Regelinrichtungen an einer Windkraftanlage

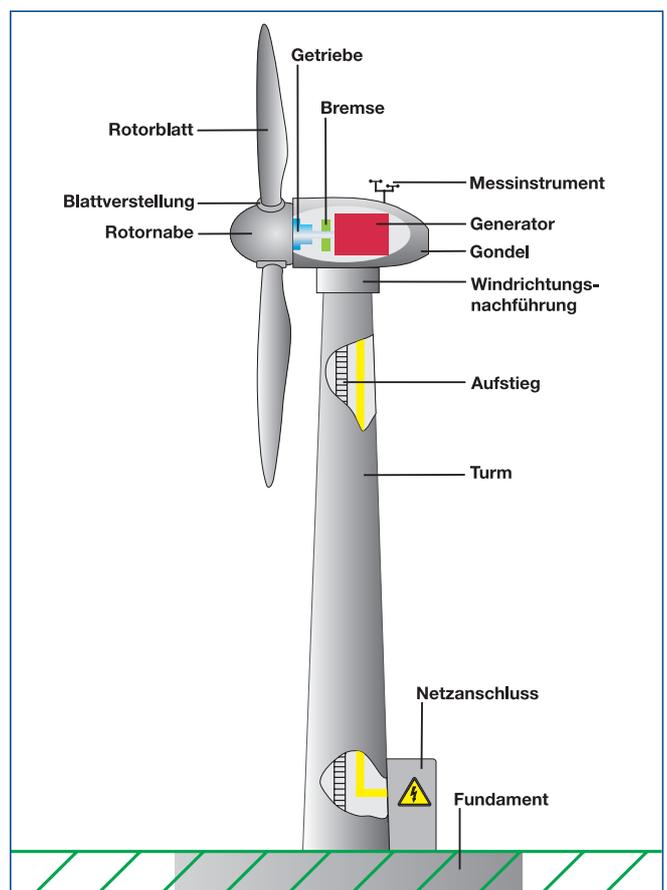
Für den Betrieb einer WKA sind zahlreiche Parameter relevant. Damit die

Anlage angefahren werden kann, muss ein Minimum an Wind wehen.

Windgeschwindigkeit, Windrichtung – und damit verknüpft – Luftdruck, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit sind außen wirksame Messgrößen. Für die letzten drei genannten Messgrößen stehen im JUMO-Programm Sensoren für die unterschiedlichsten Anwendungen zur Verfügung.

Ist das Windpotenzial hoch genug, wird die Gondel mit dem Rotor als Luv-Läufer in den Wind gedreht. Die Rotorblätter werden über eine Pitch- oder eine Stallregelung auf den optimalen Betriebswinkel angestellt. Hydraulische Systeme für Positionssensoren mit Druck- und Temperatursensoren von JUMO übernehmen diese Aufgabe. Bei klimatisch ungünstigen Bedingungen kann es zu einer Vereisung der Rotorblätter kommen, die zu Unwucht im Rundlauf sowie zu asymmetrischen Lagerbelastungen führt und somit zu vermindertem Ertrag durch schlechte Anströmung. Als Lösung bieten sich Rotorblatt-Heizsysteme an, welche ebenfalls temperaturüberwacht und geregelt werden. Anlege- oder Einsteck-Widerstands-

thermometer von JUMO erfüllen die Aufgaben der Temperaturmessung. Ist alles in Ordnung, werden die drucküberwachten Sicherheits- und Bremsysteme gelöst und der Rotor beginnt sich zu drehen.



Aufbau einer Windkraftanlage

## Betriebssysteme

Man unterscheidet hier zwischen drei Systemen:

### WKA mit getriebelosem System

Bei getriebelosen Systemen sitzen die Polschuhe auf dem Rotor und der Stator ist das vordere ringförmige Gondelgehäuse. Der drehzahlvariable Energieeintrag wird über vollelektronische Hochleistungs-Wechselrichtersysteme spannungs- und phasengleich am Netzanschluss eingespeist.

Überwacht werden die Polschuhe mit



Temperaturfühler mit federnder Verschraubung

einzelnen, bei der Herstellung integrierten einfachen Temperatursensoren mit Anschlusslitzen oder durch mehrere Pt100-Temperatursensoren, die zwischen die dreipoligen Wicklungsstränge des Stators eingelegt und mit vergossen wurden. Großanlagen ab 5 MW erreichen Statorring-Durchmesser von mehr als 12 m!

Da direkt zwischen den Wicklungslagen gemessen wird, können die Anlagen bis zur Leistungsgrenze und maximalen Temperaturbelastung der Isolierung der Kupferleitungen sicher betrieben werden. Die Hochleistungs-Wechselrichter erzeugen ebenfalls Verlustwärme, welche aus den Schaltschränken und der Gondel abgeführt werden muss. Temperatur- und Drucksensoren werden zur Regelung und Überwachung von Filtern und Lüftersystemen benötigt.

## WKA mit regelbarem Getriebe

Bei Windkraftanlagen mit regelbarem Getriebe passen diese Getriebe windabhängige Rotordrehzahlen an die notwendige konstante Drehzahl des separat in der Gondel aufgestellten Generators an.

Die enormen Belastungen an den Zahnflanken der Getriebe werden durch eine ausgeklügelte Schmier-technologie handelbar. Verlustwärme, entstanden durch Reibungskräfte, bringt das Öl thermisch an die physikalischen Gren-

zen. Deshalb ist hier eine Ölstandsmessung mit Öldruck- und Öltemperaturmessung unumgänglich. Damit Maximalwerte nicht überschritten werden, wird bei Starkwind der Anstellwinkel der Rotorblätter verändert oder gar mechanisch mit der Bremse die Drehzahl begrenzt.

Die Temperaturmessung in den großen Getrieben erfolgt durch längenvariable Einsteck- oder Einschraub-Widerstandsthermometer mit gefederten Messspitzen oder gefederten Verschraubungssystemen. Neueste Versionen sind dabei mit Zweileiter-Messumformer-Ausgang 4...20 mA oder mit CAN-Ausgang versehen. Neben den hochwertigen gefederten Varianten, teilweise mit integrierter Elektronik, setzt man in den USA besonders auf einfache gefederte und längenvariable Widerstandsthermometer mit Bajonettverschluss. Eingebaut im direkten Kontakt mit den Kugel- und Rollenlagern, widersteht die Bauform allen widrigen Bedingungen. Die schwingungs- und

einfach durch Luftaustausch ins Freie befördert.

## WKA mit hydraulischen Kupplungen

Eine besondere und neue Variante bilden WKAs mit hydraulischen Kupplungen, welche die unregelmäßige Rotordrehzahl auf eine konstante Generator-drehzahl umsetzen. Für die kritische Öltemperatur- und Öldruckmessung stehen bewährte Einschraub-Widerstandsthermometer mit Steckersystem oder auch mit CAN- oder Zweileiter-Messumformer mit Ausgang 4...20 mA oder 0...10 V zur Verfügung.



Druck- und Temperaturmessumformer JUMO CANtrans

## Die Gondel

Die Klimatisierung der Gondel im Offshore-Bereich ist dagegen eine größere Herausforderung. Wegen der relativ salzhaltigen und feuchten Seeluft kann kein direkter Luftaustausch erfolgen. Deshalb ist die Gondel als vollständige geschlossene Einheit gebaut und stellt so innerhalb des Gehäuses eine kontrollierte Klimazone dar. Salzablagerung und Korrosion würden intern zu großen Schäden an wesentlichen Baugruppen im Maschinenraum führen. Ebenfalls wäre die notwendige Isolations- und Hochspannungsfestigkeit nicht mehr gewährleistet. Für die Nutzung der kühlen Außenluft werden Luft/Luft-Kreuzstrom-Wärmetauscher verwendet. Diese ermöglichen es, die Umgebungsluft nur durch den äußeren Teil



### Der Autor

Dipl.-Ing. Karl Sauer ist Produktverantwortlicher im Vertrieb International Sales and Applications

erschütterungsempfindlichere Elektronik bleibt dabei geschützt im Schaltschrank. Im klimatisch sauberen Umfeld kann die Abwärme zur Temperierung von Gondel und Turm genutzt werden. Überschüssige Energie wird



zu leiten und damit das interne Klima zu beeinflussen. Als Sensoren werden Außen- und Innentemperaturfühler sowie Sensoren für die relative Feuchte und den Taupunkt verwendet. Zusätzlich wird durch einen Einstecksensor die mögliche Vereisung des Wärmetauschers überwacht. Die Bodentemperatur der Gondel wird ebenfalls durch die Außentemperatur beeinflusst. Um Taupunktunterschreitungen am Boden der Gondel zu verhindern, wird die Bodentemperatur mit vier Anlege-Widerstandsthermometern in einer Heizplatte überwacht und geregelt.

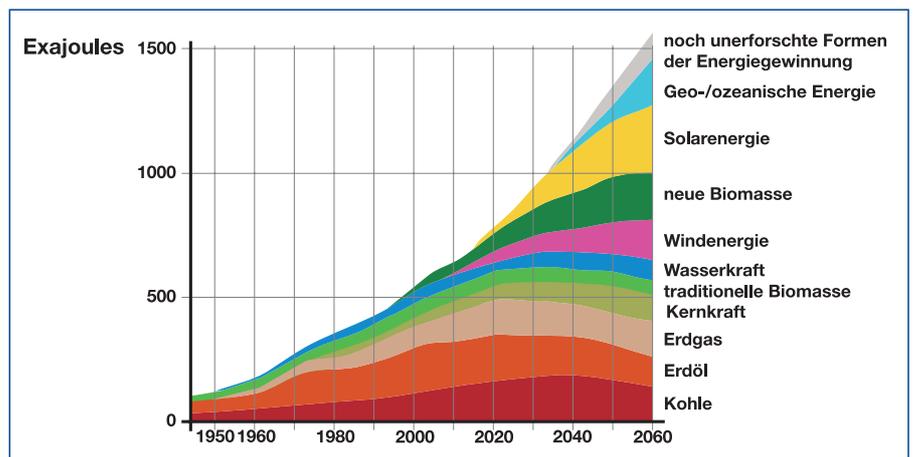
Reicht die natürliche Kühlung nicht aus, werden Kühlaggregate dazugeschaltet. Um Korrosion von Metallen zu verhindern, ist der einfachste Weg, die Luftfeuchtigkeit unter 60% rF zu halten. Niedrige Luftfeuchte verhindert ebenso Spannungsüberschläge und Isolationsprobleme in den Schaltschränken. Hierzu werden als Feuchteregler mechanische Miniatur-Hygrostate mit speziellen 10-A-Mikroschaltern eingesetzt.



Raum-Hygrostat

## Der Turm

Der Turm oder Mast ist der Träger der bis zu 400t schweren Gondel. Außen durch korrosionsfeste Anstriche gegen Schäden geschützt, muss der Stahlurm auch innen klimatische Bedingungen aufweisen, welche Schäden durch Feuchteablagerung und damit verbundene Korrosion verhindern. Manchmal ist ein zusätzlicher Entfeuchter im kritischen Bereich des Turmfußes untergebracht, falls die



Perspektiven der globalen Energieversorgung, Quelle: Deutsche Shell AG

natürliche Lüftung nicht ausreicht, den Turm unter 60% rF zu entfeuchten. Temperatur- und Feuchtefühler in Raumausführung oder ähnlich werden in verschiedenen Höhen der bis zu 100 m hohen Türme angebracht.

## Weitere sicherheitstechnische Einrichtungen

Zur Erhöhung der Sicherheit sind alle Windkraftanlagen mit einem speziellen Blitzschutzsystem versehen. Ebenso ist in größeren Systemen eine vollautomatische autarke Feuerlöscheinrichtung in der Gondel untergebracht. Nur so kann der hohe sicherheitstechnische Standard mit langen Wartungszyklen gewährleistet werden.

## Lieferprogramm

JUMO bietet nicht nur ein umfangreiches Lieferprogramm für die Temperatur-, Druck- und Feuchtemesstechnik, sondern auch ein großes Know-how und langjährige Erfahrung in der Sensorik für Windenergieanlagen und aller weiteren Komponenten der MSR-Technik für die komplette Messkette. Um das richtige Produkt für eine Anwendung in einer WKA auszuwählen, ist trotz Standardisierung eine einsatzspezifische Prüfung für die jeweilige Anwendung sinnvoll. Spezialisten von

JUMO aus allen Bereichen stehen hierbei mit Rat und Tat zur Seite.

## Fazit

Die Zukunft für Windenergieanlagen ist trotz hoher Auslastung und großen Wachstums auch weiterhin gegeben. Wo Kern- und Großkraftwerke noch im Planungsstadium sind, können zeitgleich Windenergieanlagen kurzfristig und nach und nach mit vergleichbaren Stromerzeugungskapazitäten kontinuierlich gebaut werden und in Betrieb gehen. So haben Windenergieanlagen allein in Deutschland im Jahr 2007 mehr als 40 Milliarden kWh erzeugt. Die Amortisationszeit, bezogen auf die Materialkosten liegt bei wenigen Jahren, und für die Gesamtkosten einer Windkraftanlage bei < 10 Jahren. Dazu gibt es kein Risiko radioaktiver Belastung bei Bau, Betrieb und Entsorgung, da fast alle Komponenten recycelbar sind. Die Shell-Grafik zeigt eine denkbare Entwicklung des Weltenergieverbrauches bis 2060, mit einem Rückgang des Anteils fossiler Energien und einem Wachstum bei den regenerativen Energien.

## Weitere Info:

Internet: <http://JI50-01.jumo.info>  
 Tel.: +49 661 6003-449  
 E-Mail: [karl.sauer@jumo.net](mailto:karl.sauer@jumo.net)