

Windenergie

Überblick über Funktionsweise und technische Systeme

Geschichte der Windkraftnutzung

Wind ist eine der ältesten Energieformen die wir kennen. Schon seit 4000 Jahren nutzten die Menschen den Wind um Maschinen anzutreiben, z.B. Windmühlen, Segelschiffe, usw..

Im Mittelalter war die Windnutzung, neben den Wassermühlen die wichtigste Energiequelle. Sie diente vor allem der Müllerei, dem Sägewerk und dem Transport des Wassers. Bis Mitte des letzten Jahrhunderts wuchs die Bedeutung der Windmühlen. Mit der Erfindung und dem Einsatz der Dampfmaschinen begann jedoch das „Aussterben“ der Windmühlen.

Erst in den 70er und 80er Jahren gewann die Windenergie, bedingt durch mehrere Krisen (Ölkrise & Kernenergiekrise) wieder an Attraktivität.

Als 1978 in den USA ein Gesetz zur Förderung von Windkraftanlagen in Kraft trat, kam es zu einem Windkraftboom, der auch als „Kalifornischer Windrausch“ bezeichnet wurde. In den folgenden Jahren wurden allein in Kalifornien rund 15.000 Anlagen aufgestellt.



1994 wurden bereits 4% des schleswig-holsteinischen Strombedarfes über die Windkraft abgedeckt. Damit begann auch in Deutschland der Boom der Windenergie.

1999 wurden in Deutschland 1.496 Windkraftanlagen mit einer Leistung von 1.668 MW neu ans Netz angeschlossen. Dies bedeutete eine Steigerung um rund 100MW gegenüber dem Vorjahr.

In einem normalen Windjahr können die insgesamt 9.375 Maschinen in Deutschland etwa 11.5 Milliarden Kilowattstunden Strom erzeugen. Damit lassen sich ca. 2,5 % des heimischen Strombedarfes decken. Deutschland ist damit der unumstrittene „Windweltmeister“. Danach folgen in großem Abstand die USA mit rund 2500 MW vor Spanien und Dänemark.

Dies bedeutet, daß bei gleichbleibender Dynamik des Windkraftausbaues bis zum Jahr 2005 ca. 20 Mio. Tonnen Kohlendioxid (CO₂) allein durch die Nutzung des Windes eingespart werden könnten.

Technik

Mit Hilfe von Windkraftanlagen kann die in den stömenden Luftmassen vorhandene kinetische Energie in elektrische Energie umgewandelt werden. Es gibt hierfür mehrere Anlagentypen, auf die wir im folgenden kurz eingehen.

Einer der einfachsten Windgeneratoren ist der **Savonius Rotor**. Er kommt vor allem zur Belüftung von Schiffen oder Lieferwagen zum Einsatz. Der Rotor steht auf einer vertikalen Achse und ist aus zwei halben Schalen gebaut. Diese WKA's haben den Vorteil, daß man sie nicht nach dem Wind ausrichten muß und sie trotzdem schon bei sehr geringen Windgeschwindigkeiten anlaufen. Mit einem Wirkungsgrad von nur 23% ist der Savonius Rotor allerdings für die Erzeugung von elektrischer Energie ungeeignet.

Ein anderer Rotortyp ist der **Darrieus Rotor**. Auch dieser Rotor steht auf einer vertikalen Achse und muß nicht nach dem Wind ausgerichtet werden. Er hat jedoch den Nachteil, daß er erst mittels eines Elektromotors in Gang gebracht werden muß, bevor er dann vom Wind weiter angetrieben werden kann.

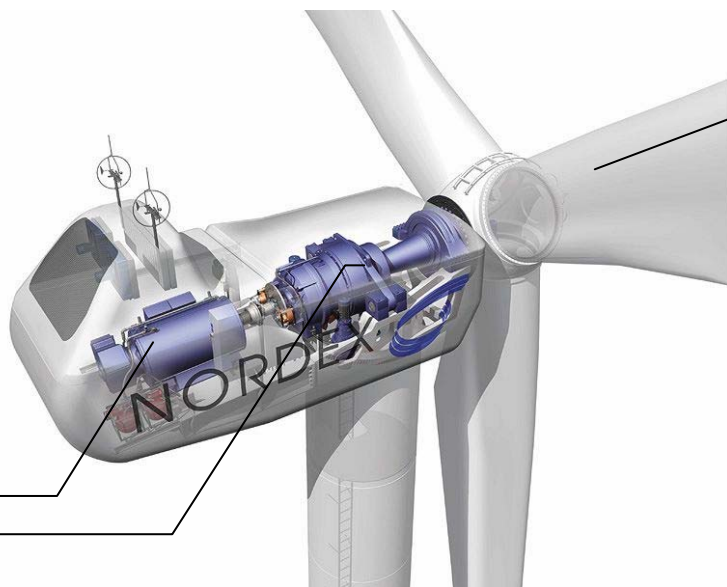
Der Darrieus Rotor ist optimal für Gegenden mit schnell wechselnden Windrichtungen, erreicht aber nur 75% des Wirkungsgrades eines Propellerrotors.

Der am häufigsten eingesetzte Rotor ist der **Propeller Rotor**. Dieser Rotortyp besteht aus zwei bis drei senkrecht umlaufenden Rotorblättern. Nach derzeitigem Stand der Technik und Betrachtung der Konzeptionsmöglichkeiten hat sich dieser Rotor als die beste Lösung herausgestellt.

Diese Anlage besteht aus folgenden Komponenten:

dem Rotor (bestehend aus Rotorblätter(n) und -nabe), ggf. dem Getriebe, dem Generator, dem Netzanschluß und der Steuerung.

Im folgenden wird auf die Komponenten kurz eingegangen:



Der **Rotor** wandelt mit Hilfe eines oder mehrerer Rotorblätter die im Wind enthaltene Energie in eine mechanische Drehbewegung um. Dabei wird ein sogenannter aerodynamischer Wirkungsgrad von ca. 50% erreicht.

Das **Getriebe** wandelt die vom Rotor erzeugte Drehzahl von 30-50 U/min in die für den meist vierpoligen Generator notwendige Drehzahl von ca. 7.500 U/min um.

Teilweise sind allerdings schon getriebelose Anlagen im Angebot (z.B. ENERCON), bei denen ein vielpoliger Ringgenerator zum Einsatz kommt.

Generatoren sind entweder asynchroner oder synchroner Bauweise. Beide bestehen außen aus einem Stator sowie innen aus einem Läufer (Anker), der sich auf einer drehbaren Welle befindet. Der Aufbau des Magnetfeldes (die Erregung) erfolgt beim Synchrongenerator durch eine Gleichstromzuführung auf die Schleifringe des Läufers und beim Asynchrongenerator über eine im Läufer befindliche Wicklung die kurzgeschlossen wird. Bei Anschluß an ein Drehstromnetz wird, wie bei einem Transformator, eine Spannung induziert.

Der Generator hat einen Wirkungsgrad von ca. 95% und eine Leistung von derzeit bis zu 2,5 MW.

Die **Netzanbindung** erfolgt durch direkte oder indirekte Netzkopplung. Im ersten Fall ist der Generator direkt mit dem Stromnetz verbunden, somit ist eine nahezu konstante Drehzahl entsprechend der Netzfrequenz erforderlich. Dadurch entstehen hohe dynamische Belastungen in der Antriebswelle der Anlage.

Bei indirekter Netzkopplung hingegen erfolgt die Anbindung über einen zwischengeschalteten Gleichstromkreis. Der durch die Anlage erzeugte Wechselstrom, mit wechselnder Frequenz, wird so zunächst in Gleichstrom und anschließend wieder in Wechselstrom, mit der notwendigen Frequenz und Spannung, umgewandelt. Dadurch ist ein drehzahlvariabler Betrieb der WKA möglich und die dynamischen Belastungen werden minimiert.

Damit die Anlage immer die optimale Leistung abgeben kann, ist es wichtig, die Anlage den aktuellen Windbedingungen „anzupassen“. Dazu gibt es mehrere Möglichkeiten.

Leistungsregulierung durch Pitchregelung

Hier werden die Rotorblätter um ihre eigene Achse gedreht. Damit wird erreicht, daß die anströmende Luft in einem optimalen Winkel auf die Rotorblätter trifft.

Somit läßt sich die Drehzahl der Anlage und die Leistungsabgabe regeln.

Leistungsregulierung durch Stallregelung

Bei der Stallregelung sind die Rotorblätter starr an der Rotornabe montiert. Das Rotorblattprofil ist jedoch so ausgelegt, das es ab einer gewissen Windgeschwindigkeit einen Strömungsabriss und somit eine Verwirbelung der Luft gibt. Dies führt dazu, daß die Rotordrehzahl sinkt. Der Nachteil der Stallregelung ist, daß sie nicht dynamisch ist und deshalb die Rotorblätter der Anlage nur bei einer bestimmten Windgeschwindigkeit optimal arbeiten.

Windnachführung

Die Windnachführung bewirkt, daß die Gondel immer im optimalen Winkel zum Wind steht. Hierbei wird mit Hilfe eines Windsensors die aktuelle Windrichtung gemessen und bei Bedarf die Anlage neu ausgerichtet.

Über Elektromotoren wird die Gondel exakt in die Windrichtung ausgerichtet.

Standorte einer Windenergieanlage

Die wichtigsten Kriterien für den Standort einer WKA sind, wie sollte es anders sein, die Windbedingungen. Deshalb werden Gebiete mit einer möglichst geringen Oberflächenrauigkeit bevorzugt. Hierbei bieten sich vor allem die Küstenregionen an, da es hier nur wenig „Hindernisse“ gibt, die den Wind abbremsen können.

Inzwischen werden WKAs sogar im offenen Meer gebaut, da hier fast immer optimale Bedingungen herrschen. Solche Anlagen nennt man „Offshore-WKAs“

Aber auch im Binnenland gibt es Standorte für WKAs. Hierbei bieten sich vor allem freiliegende Höhenlagen und Hügel an.

Außerdem ist es wichtig, daß die WKA in der Nähe einer 10-30 kV-Leitung bzw. eines Umspannwerkes ist, da sonst noch erhebliche Kosten für die Anbindung an das öffentliche Netz anfallen.

Kosten

Die Kosten von Windkraftanlagen setzen sich aus vielen Komponenten zusammen. Zu den reinen Anlagenkosten kommen noch die Installations- und Netzanbindungskosten. Die Kosten variieren jedoch von Standort zu Standort. Deswegen ist es günstig, die WKA direkt neben einem Umspannwerk bzw. einer Hochspannungsleitung zu bauen.

Zusätzlich zu den „Grundkosten“ kommen noch jährliche Wartungskosten, die sich je nach Anlagentyp unterscheiden.

Beispiele:

Nordex N-62 (1,3 MW)

Anlagen- und Installationskosten:	2.170.000 DM
Jährliche Wartungskosten:	13.000 DM

Nordex N-80 (2,5 MW)

Anlagen- und Installationskosten:	3.750.000 DM
Jährliche Wartungskosten:	20.000 DM