

Konstruktionsgrundsätze und Marktziele der WINWIND-Windkraftanlagen

Konkret sind unsere Windkraftanlagen nach dem MULTIBRID-Konzept gebaut. Dieses hat seinen Ursprung im Ingenieurbüro AERODYN GmbH und wurde dort 1997 bis -99 durchdacht und auch patentiert. Ausgangspunkt war eine interne Studie zum Thema "Direktantrieb oder Getriebe", die überraschend klar ergab, dass der Direktantriebsgenerator eine Windkraftanlage unwirtschaftlich teuer macht. Warum?

Weil sich eine elektrische Maschine weitgehend über das Drehmoment dimensioniert, nicht über die Leistung. Die Generatormasse ist Elektroblech und Kupfer. Der Preis von Kupfer reagiert als Rohstoff nicht so sehr auf Serienfertigung wie zB bearbeitete Maschinenteile. Auch ist Elektroblech als Paket pro Kilo teurer als normale Stahlkonstruktionen. Man hat dort also mit dem Generator ein Kostenproblem, was beim Hochskalieren noch wächst. Weil beim Vergrössern des Durchmessers bei steigender Leistung die Drehzahl sinkt und damit das Drehmoment mit nahezu "hoch drei" wächst. Das technische Problem lässt sich nur auf der rein wirtschaftlichen Seite lösen, indem man zusätzlich Umrichter und Rotorblätter im eigenen Hause fertigt, deren Gewinnmarge mit dem rechnerischen Verlust am Generator verrechnet und die Kostenbilanz für die ganze Windmühle aufstellt.

Wer sich die Komponenten von den bekannten Komponentenlieferanten einzeln zusammenkauft bekommt ein Produkt wo die Komponenten bereits den Marktpreis der Anlage erreichen und somit keine wirtschaftliche Fertigung möglich ist. Diese schmerzhaftes Erkenntnis machte ich 1999 zusammen mit zwei Kollegen, als wir beim Stromversorger PVO Modelle durchrechneten um auf irgendeine Weise in die Windkraft einzusteigen.

Es wäre nun verlockend gewesen, auf die "normale" Bauweise zu setzen, also dreistufiges Getriebe, Dreipunktlagerung, doppeltgespeister Schleifringläufer, Nenndrehzahl um 1800 rpm, wie das ja zahlreiche andere auch tun. Dagegen sprach die beängstigende Schadenshäufigkeit bei den Getrieben sowie eine gewisse Skepsis gegenüber dem schnelllaufenden Schleifringläufer aufgrund von Details.

Beim näheren Betrachten der Getriebeschädenproblematik kam jedoch klar raus, dass es sich hierbei nicht um ein Getriebeproblem sondern um ein Branchenproblem handelte. Es gab uns die Zuversicht, auf das Getriebekonzept zu setzen, jedoch mit dem konservativen Vorbehalt uns auf eine mässige Drehzahl zu beschränken. Die Übersetzung ist ca. 6, die Nenndrehzahl des Generators ca 150 rpm.

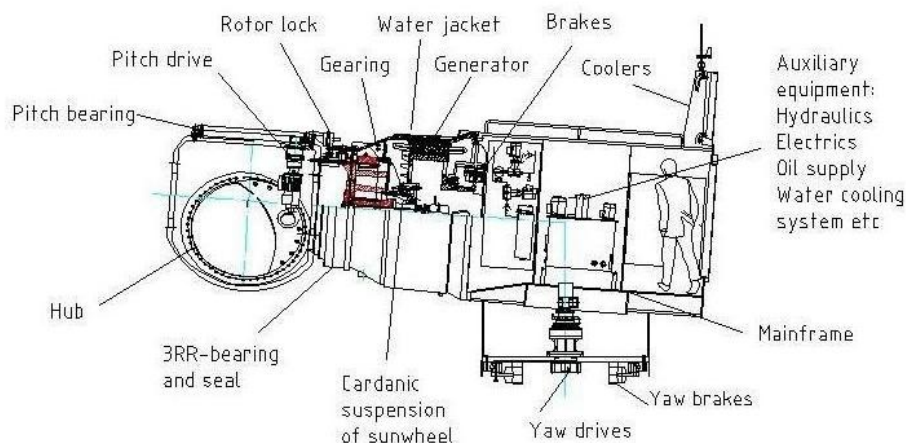


Abb. 1 Querschnitt WWD1

Hier konkret die allgemein bekannten Getriebeprobleme und was wir dagegen getan haben:

Stall-dynamik und Leistungsschwankungen unterschätzt

=> variable Drehzahl, Pitch, definiertes Drehmoment

Mangelhafte Filterung sowie Kühlung des Öls, zu geringe Ölmengen

=> Bypass-Feinfilterung und grosszügige Kühlung

Gleitanteile in den Wälzlagern durch Unterschreiten der Mindestlast

=> Abschalten der Anlage bei zu geringer Leistung

Reversierender Motor/Generator-Betrieb führt mit Schrägverzahnung zu Stössen auf spielbehaftete Axiallagerungen

=> die Axiallager sind nahezu spielfreie Vierpunktlager.

Pendelrollenlager-Tragfähigkeit überschätzt bzw Auswirkung der geometrisch bedingten Schlupfanteile unterbewertet

=> keine Pendelrollenlager, nur Zylinderrollenlager sowie ggfs Kugellager im Getriebe

Grundsätzlich zu knapp ausgelegte Wälzlager, Rückwirkung der Gehäusedeformationen auf die Lastverteilung in Wälzlagern sowie auf das Tragbild der Verzahnung unterschätzt bzw nicht FEM-gerechnet

=> symmetrisch runder Aufbau des Antriebstrangs, FEM-Analyse der Deformationen. Zusätzlich vollkardanische Aufhängung des Sonnenrads

Undefinierte Zusatzlasten aufs Getriebe in der Dreipunktlagerung durch eingeleitete Axialkräfte

=> dto, runde Flansche, Konstruktion in rotationssymmetrischen Einheiten

Betrieb bei zu tiefer Temperatur oder starken internen Temperaturunterschieden

=> Schonbetrieb mit Vorheizung, Leerlauf, begrenzter Leistung bis zum Erreichen einer gleichmässigen Temperatur

Schwingungen im Antriebstrang (wie zB TW600)

=> der Frequenzumrichter analysiert eventuelle Schwingneigungen und regelt sie aus

Dynamische Verdoppelung des Bremsmomentes durch die Getriebe-Elastizitäten

=> Bremsmoment ist nur gleich Nennmoment. Selbst inklusive Dynamik wird das Getriebe nicht überlastet

Gebremstes Parken ohne Schmierung mit Mikrobewegungen des Zahneingriffs

=> ständige Schmierung beim Parken

Stromdurchgang durch Lager

=> Lager-Isolierungen sowie Messungen zum Bestätigen der Wirksamkeit

Momentenstösse vom Generator her

=> Rutschkupplung begrenzt auf 2 faches Nennmoment

Langer Stillstand ohne Schmierung, Rostnarben

=> Schmierung schon in der Aufbauphase ggfs mit Hilfe eines Notstromaggregates

Schleifbrand und ähnliche Fertigungsmängel

=> Fertigungskontrollen.

Entsprechend wurde der Generator ausgelegt:

Temperaturniveau => durch die niedrige Drehzahl und Permanenterregung ergibt sich automatisch eine geringe Verlustleistung pro Oberfläche. Wassermantel plus interner Luftkreislauf halten die Wicklung bei Nennleistung auf ca. 90C. Die Isoklasse F (155 C) wird also bei weitem nicht ausgenutzt.

Wicklungsisolation => Formspulen-Profilkupferwicklung, dieselbe Bauart wie für Mittelspannungsmaschinen üblich, jedoch wurde die Isolationsstärke der realen Spannung von 660 V /25 Hz angepasst.

dU/dt-Beanspruchung => Filter, maximal 1kV/usec Spannungsteilheit

Luftspalt => durch das Längen/Luftspaltdurchmesser-Verhältnis von ca. 0,3 ist die Maschine kein "Pfannkuchen" und der mechanische Luftspalt ergibt sich von Natur aus zu ca. 3 mm. Das Spiel der Lagerung ist max 0,5 mm und die Polradstruktur extrem steif. Weder Wärmedehnungen noch mechanische Beanspruchungen bringen die Gefahr einer Kollision mit sich. Zusätzlich ist noch ein eher symbolischer Sensor vorhanden.

Feuchtigkeit und Salz bei Kühlung mit Aussenluft => Kühlung weitgehend durch Wassermantel. Der geringe Kühlluftstrom durch das Polrad kreist intern durch einen Wasserkühler und hat nur sehr geringen indirekten Kontakt zur Aussenluft.

Lagerlebensdauer => die allgemeine Geometrie bringt Lagergrößen mit sich, die inhärent reichlich Sicherheiten in puncto Lebensdauer bieten.

Kann das Getriebeöl ggfs die Isolation schädigen? => Versuche und Gutachten zur chemischen Beständigkeit, alles ok.

Der Frequenzumrichter wurde speziell spezifiziert und geprüft wobei Windkraft-Punkte wie Korrosion, Erschütterungen, Blitzschutz etc berücksichtigt wurden.

Die WWD3 hat eine höhere Getriebeübersetzung um den langsameren Rotor auszugleichen, ist aber im Prinzip ähnlich aufgebaut: Der Prototyp wurde im Winter 2004/2005 in Betrieb genommen.

Das Konstruktionsprinzip muss nicht mit nennenswerten Mehr-Massen erkaufte werden. Durch den kompakten Aufbau spart man sich den sonst üblichen Maschinenträger, was sich mit der Mehrmasse des Generators in etwa ausgleicht.

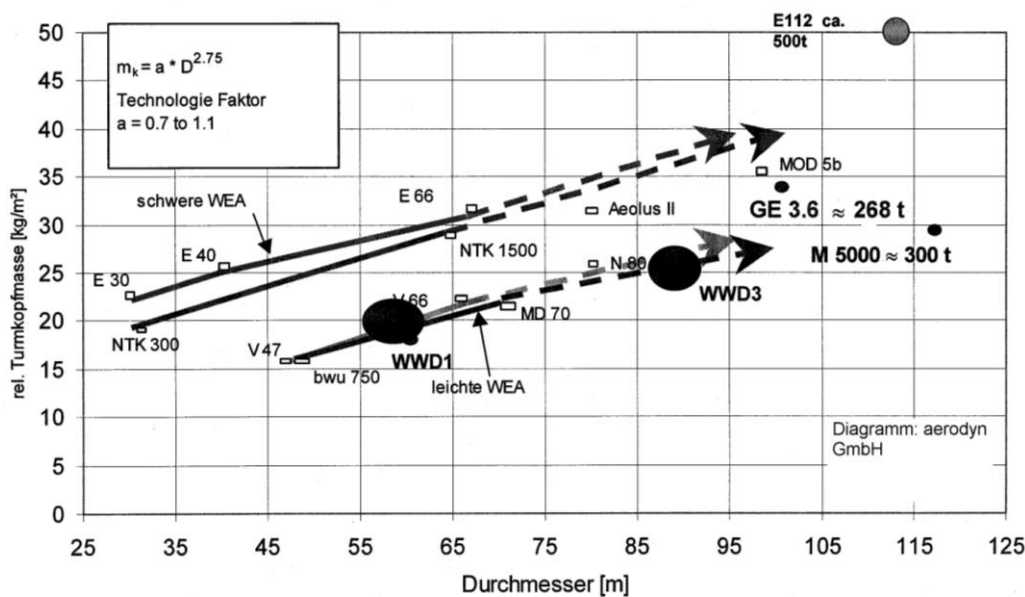


Abb 2. Spezifische Turmkopfmassen

Die Konstruktionsphilosophie zielt darauf ab, Sicherheit zu gewinnen, dass die Anlage wirklich 20 Jahre ohne Austausch von Hauptkomponenten hält. Damit bietet sich das Konzept ganz besonders für folgende Anwendungen an:

- * Anlagen in weitab gelegenen Gebieten
- * Tieftemperatur-Versionen für arktische Standorte in Skandinavien, Kanada, ggfs Sibirien
- * Standorte von geringer Wirtschaftlichkeit (geringe Strompreisvergütung) mit Amortisationszeiten um 15 Jahren (Finnland)
- * Offshore (dann aber grösser als unsere 1 und 3 MW Anlagen)

In Kooperation mit einer finnischen Firma, die eine Rotorblattheizung entwickelt hat, kann Winwind auch dies als Option für Vereisungs-Standorte anbieten.

Z. Zt laufen 15 Stück WWD1, davon 10 in Finnland sowie 2 Stück WWD3 (beide Finnland). Exporte sind für Schweden und Estland vorgesehen, in China existiert ein Joint-venture. Weiterhin gibt es eine Tochterfirma Winwind Iberica in Lisboa, Portugal.

Die erzielten Verfügbarkeiten sind für einen Neueinsteiger erfreulich hoch (ca. 96...97%), leiden aber z Zt noch unter den importierten Problemen beim Zukauf von Baugruppen. Trotz DIN/ISO 9001 haben heutige industrielle Produkte ein Qualitätsniveau deutlich unter dem, was in den 80er Jahren ohne Qualitätssicherung selbstverständlich war.

Die bekannte 5 MW-MULTIBRID Anlage in Bremerhaven ist ebenso nach dem erwähnten MULTIBRID- Antriebstrangkonzept konzipiert. Winwind und die Multibrid Entwicklungs GmbH konkurrieren nicht, wir sind uns durch Erfahrungsaustausch und Kooperation freundschaftlich verbunden. Die Firmen sind jedoch finanziell voneinander unabhängig.

Weiteres über Winwind erfahren Sie auf unserer Heimseite.

Zeitschriftenartikel Getriebeproblematik/Lösungen

- [1] K. Josef, L. Bäcker mann: Getriebeschaden-was nun? Windkraft Journal 3/2000 S.12
- [2] P.Bollmann, H. Krueger, Allianz: Getriebeschäden gehen weiter Windkraft-Journal 2/2000 S. 8
- [3] NEG-MICON, Randers, DK: NEG-MICON's Retrofit Programm, WKJ 2/2000 S.12
- [4] H.L. Pedersen, VESTAS und J. Virtanen, VALMET: Kein Serienschaden bei 600 kW-Getrieben. WKJ 3/99 S.10
- [5] P.Luebker u.a. NEG-MICON, M. Eggelwisse u.a., Flender: NEG-MICON und Flender unterzeichnen Kooperationsvertrag, das grösste Serienproblem...WKJ 6/99 S. 36
- [6] E. de Vries: No simple solutions to gearbox problems, Windstats 4/1999 S.1
- [7] S.Skriver, T.Möller: Gears wearing too fast, Windstats 2/1999 S.5
- [8] D. Koennemann: Getriebeschäden unter der Lupe Sonne Wind und Wärme 2/2000
- [9] T.Möller: Another gear box failure warning Windpower Monthly 12/ 2000 P.29
- [10] SKF-Systemanalyse mit FEM, WKJ 3/2000 S. 68

Bücher

- [11] Brändlein, Eschmann u.a. Die Wälzlagerpraxis, Vereinigte Fachverlage GmbH
- [12] HRE-Handbuch Grosswälzlager (dort besonders die Ausführungen über Anschluss-Stei figkeiten)

zum MULTIBRID-Konzept

- [13] G.Böhmeke, R.Boldt, H. Beneke: Direct drive, geared drive, intermediate solutions. .EWEC 1997 conference proceedings (erste Veröffentlichung des Konzeptes)
- [14] S.Siegfriedsen u.a.: MULTIBRID technology..EWEC 1999 (Vorstellung Multibrid)
- [15] G. Böhmeke Development and operational experience...EWEC 2003 (Winwind Anlagen)
- [16] M. Lehnhoff Multibrid 5000 Lessons learned EWEC 2006 (Prototyp 5MW)

Internetseiten

<http://www.winwind.fi/>
<http://www.multibrid.de/>
<http://www.aerodyn.de/>