

07. Feb 2014



Königsdisziplin: Der Rotorstern wird mit dem Hauptkran eines Errichterschiffes auf die Gondel montiert. Je grösser die Flügel werden, desto schwieriger wird das so genannte „Sternezeihen“. ©Bild: BARD-Gruppe



Riesenrotor: Siemens zeigt mit seinem 75 Meter langen Rotorblatt, in welche Richtung die Entwicklung geht. Flügel werden bei nahezu gleichbleibendem Gewicht länger, um mehr Windstrom produzieren zu können. ©Bild: Siemens

## Rotor: Längere Flügel für mehr Leistung

(©SR) Wenn die Windbranche mehr Strom ernten will, muss sie Turbinen mit längeren Rotorblättern einsetzen. Mit zunehmendem Gewicht verstärken sich auch die physikalischen Kräfte. Die neuen Lösungen rechnen sich aber nur, wenn die Flügel flexibler und leichter konzipiert werden. Entwickler stehen vor komplexen Aufgaben.

Samsungs neue Offshore-Turbine wirkt gigantisch. Ihr riesiger Rotor dreht gemächlich seine Runden, obwohl an diesem Februartag kräftige Böen über die Docks der schottischen Küstenstadt Methil fegen. Gerade hat der südkoreanische Konzern den Prototypen seiner neuen Offshore-Maschine S7.0-171 im Methil-Testfeld „Energy Park Five“ in Betrieb genommen. Ab 2015 will Samsung damit kommerzielle Windparks in der Nordsee bestücken.

### 7 MW und 83.5 Meter langen Blätter

Mit sieben Megawatt Leistung und 83.5 Meter langen Blättern ist die Turbine der neue Gigant der Meere. Und sie steht für die rasante technische Entwicklung in der Windenergie: 2013 präsentierten Vestas und Mitsubishi für ihre Offshore-Maschinen Blatt-Prototypen mit 80 und 81.6 Metern Länge. Ein Jahr zuvor hatte Siemens mit einem 75-Meter-Blatt für die Offshore-Anwendung der hauseigenen SWT-6.0-174 den alten Längenrekord von Alstom 1.5 Meter übertroffen.

Entwickelt hat das neue 83,5-Meter-Rekordblatt aber nicht Samsung selbst, sondern der dänische Blattspezialist SSP Technology. Stolz verweist Chefentwickler Karl Eichler auf die Kern-Innovationen: „Wir verwenden für den Gurt, die tragende Struktur, Kohlenstoff- statt Glasfasern. Dadurch senken wir das Gewicht und erhöhen gleichzeitig die Steifigkeit des Blatts.“ Der Effekt: Die Flügel verbiegen sich bei Belastung weniger und können selbst bei starken Böen nicht mit dem Turm kollidieren. Ausserdem nutzt SSP einen neuartigen

Blattanschluss mit sehr dicht angebrachten Metallhülsen. „Dadurch lassen sich die Blätter mit mehr Bolzen fester an der Turbinennabe montieren. So können sie bei gleichem Blattwurzeldurchmesser wesentlich länger werden“, erklärt Eichler.

Stephan Barth, Geschäftsführer von Forwind – Zentrum für Windenergieforschung der Universitäten Oldenburg, Bremen und Hannover, glaubt, dass die Entwicklung auch an Land weiter in diese Richtung geht: „Rotoren mit grösseren Durchmessern können mehr Wind abgreifen und damit gleichmässiger und verlässlicher Energie aus der Luft schöpfen.“ Technische Limits bei der Entwicklung der Blattlängen sieht Barth nicht. „Bisher haben die Ingenieure vermeintliche Skalierungsgesetze in der Windenergie immer wieder geschlagen.“

### **Viel Handarbeit**

Allerdings stellen längere Rotorblätter die Entwickler vor grosse Herausforderungen. Mit zunehmendem Gewicht verstärken sich auch die physikalischen Kräfte, die auf das Fundament wirken. Um ihnen entgegenzuwirken, müsste die Turbine insgesamt stabiler gebaut werden, was jedoch unverhältnismässig hohe Kosten verursachen würde. Die Konstrukteure haben also nur eine Wahl: Sie müssen flexiblere und schlankere Blätter konzipieren, die kritischen Windböen weniger Angriffsfläche bieten und die Gesamtkonstruktion der Turbine entlasten. Es gibt viele Ansatzpunkte: Die Geometrie oder der Materialaufbau der Flügel könnten verändert werden. Oder es liessen sich bewegliche Elemente in die Blätter einbauen. Sie lenken die Windströmung per Steuerbefehl um – wie die Klappen an Flugzeugen.

Für Frank Weise, Leiter der Vestas-Rotorblattfertigung in Lauchhammer, ist der weitere technische Fortschritt jedoch an Bedingungen geknüpft: „Bevor wir über intelligente Riesenblätter sprechen, müssen zuerst die Fertigungsprozesse wirklich beherrscht und optimiert werden.“ Bisher gibt es in der Flügelfertigung noch viele Schritte, die Handarbeit erfordern. Automatisierte Arbeitsschritte könnten die Kosten senken. Das sei aber eine grosse Herausforderung, da Maschinen und Roboter höhere Anforderungen an Form, Lage und Klimabedingungen als Menschen hätten, erklärt Weise. „Sie brauchen für die Automatisierung eine schlüssige Fertigungsstrategie, die das durchgängig berücksichtigt.“

### **Wahl des Materialien**

Ebenso wichtig ist es aus Weises Sicht, Materialien klug einzusetzen. Wo zum Beispiel werden Kunstharze besser mit der günstigen, aber schweren Glasfasern oder mit der leichten, aber teureren Kohlenstofffaser verstärkt? „Viele Firmen bekennen sich zum Leichtbau, aber der Erreichungsgrad ist oft fraglich“, sagt Weise. Bei Vestas habe man einen guten Weg gefunden, um bei gleichbleibend hoher Qualität der Flügel Material und Kosten zu sparen. „Wir haben die Fertigung im Griff und einen sehr hohen Automatisierungsgrad.“ So werde etwa teures Karbon nur da eingesetzt, wo es wirklich Mehrwert bringe – in der Hauptspannungsebene des Tragbalkens, erklärt Weise.

---

### **„Blademaker“**

Forscher des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) in Bremerhaven sehen weitere Möglichkeiten, die Produktion zu optimieren. „Die Fertigungskosten der Blätter können um bis zu zehn Prozent sinken“, erklärt IWES-Experte Roman Braun. Im Projekt „Blademaker“ erkunden IWES-Wissenschaftler deshalb gemeinsam mit der Industrie, wie sich Blätter günstiger, schneller und in höherer Qualität produzieren lassen. Ein Augenmerk liegt auf dem Schlüsselprozess der Faserablage: Schwere Glasfasern

werden heute meistens einzeln nacheinander per Hand in Formen gelegt. Ab 2015 wollen die Forscher in einem neuen Demonstrationszentrum in Bremerhaven testen, ob es wirtschaftlicher ist, maschinell mehrere Bahnen gleichzeitig von einer Rolle ablegen zu lassen.

---

### **Mini-Tornados für mehr Auftrieb**

Turbinenhersteller Enercon zeigt mit seiner neuen E-115-Binnenlandmaschine, in welche Richtung die Entwicklung bei der Logistik gehen könnte. Die 2.5-Megawatt-Anlage verfügt wie die E-126 über ein teilbares Rotorblatt. Ziel sei es, mit dieser Maschine auch schwer erreichbare Standorte zu wirtschaftlichen Kosten zu bedienen, heisst es bei Enercon. Durch das teilbare Blatt verringere sich die Länge der zu transportierenden Komponenten, was wiederum weniger Aufwand und Kosten beim Ausbau der Zuwegung bedeute.

Aus Sicht der Forscher und Entwickler sind Blätter mit Karbonholmen, wie sie Samsung jetzt einsetzt, oder Enercons teilbare Flügel jedoch nur die ersten Schritte auf dem Weg zum optimalen Rotorblatt-Design. „Es sind weitreichendere Innovationen möglich“, erklärt Georgios Pechlivanoglou, Technikchef des Blattentwicklers Smart Blade und wissenschaftlicher Leiter für Windenergie am Fachgebiet Experimentelle Strömungsmechanik der Technischen Universität Berlin. Zahlreiche Forschergruppen und Spezialfirmen befassen sich mit der Frage, wie sich der Wind besser einfangen lässt oder Blätter länger werden können.

### **Wirbelstromgeneratoren**

Smart Blade und die TU Berlin erforschen in einem gemeinsamen Projekt mit dem US-Technologiekonzern 3M, inwieweit so genannte Wirbelstromgeneratoren den Ertrag von Turbinen erhöhen können. Die kleinen, dreieckigen Bauteile werden wie ein Zaun in einer Linie von der Blattwurzel an in Richtung Blattmitte auf die Flügel geklebt. Dreht sich Rotor, erzeugen sie in der Grenzschicht direkt über der Flügeloberfläche kleine Tornados, die der vorbeiströmenden Luft mehr Energie geben – so wird ein Strömungsabriss vermieden und der Auftrieb nimmt zu. „Nach ersten Auswertungen kann der Ertrag einer Turbine auf diese Weise um zwei bis fünf Prozent steigen“, sagt Pechlivanoglou.

Im Projekt „Smart Blades“ entwickeln Forscher von Forwind, des IWES und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) wiederum Rotorblätter, die ihre Form verändern, wenn der Wind auftrifft. „Wir modifizieren die Blätter so, dass sie sich exakt an dem Punkt verwinden, wo die Last entsteht“, erklärt Iwes-Forscher Alper Sevinc. Um diese Biege-Torsions-Kopplung zu erreichen, seien zwei Ansätze denkbar: Zum einen liessen sich Blätter in Sichelform konstruieren. So können sie sich bei Belastung leichter lokal verdrillen. Zum anderen könnten neue Materialkombinationen oder neue Faserverlegetechniken diesen Effekt begünstigen. „Wir wollen im Laufe des Projekts beide Ansätze miteinander vergleichen und in ein Modell eines Demonstrationsblatts mit 20 Metern Länge einfließen lassen“, erklärt Sevinc.

### **Schlaue Rotoren**

Die Überlegungen der Wissenschaftler gehen noch weiter: Bei den Grossrotoren streicht der Wind nicht gleichmässig über die Fläche, Richtung und Stärke schwanken kontinuierlich. Bei Sturm kann die Differenz der Windgeschwindigkeit innerhalb der Rotorfläche 20 bis 40 Meter pro Sekunde ausmachen – das pauschale und relativ langsame Verstellen des gesamten

Rotorblatts, das so genannte Pitchen, kann diese Unterschiede nicht berücksichtigen. Im Rahmen von Smart Blades erproben die Forscher daher auch bewegliche Vorflügel und Hinterkanten, die die lokale Strömung genauer und schneller beeinflussen können. „Sehr grosse Rotorblätter, die mit solchen Mechanismen ausgestattet sind, können gezielt Böen ausregeln und Leistungsschwankungen verringern. Dadurch kann die Schadensanfälligkeit reduziert und eine längere Lebensdauer erreicht werden“, erklärt DLR-Forscher Jan Tessmer.

Intelligent, sprich steuerbar, sind die Rotorblätter damit aber noch nicht. Das wird erst durch eine computergestützte Steuerung der Komponenten aufgrund der gemessenen Windverhältnisse erreicht. Sensoren oder die laseroptische Windmesstechnik Lidar (Light Detecting and Ranging) können die Windverhältnisse messen. Die Entwicklung von Lidargeräten und passenden Kommunikationslösungen steht aber erst am Anfang. Forscher des Instituts für Flugzeugbau der Universität Stuttgart haben den ersten Prototypen zu Testzwecken soeben auf einer Areva-Anlage im Offshore-Windpark Alpha Ventus installiert. Das Rotorblatt der nächsten Generation wird die Entwicklungsabteilungen noch eine Weile beschäftigen.

©Text: Sascha Rentzing

Quelle: <http://www.ee-news.ch/de/article/28102/rotor-laengere-fluegel-fuer-mehr-leistung>