



Jeder Prozentpunkt zählt

Die wichtigsten Rohstoffe für die Herstellung von Windenergieanlagen sind Glasfasern und Kohlenstoff. Die Kosten für diese Rohstoffe sind in den letzten Jahren stark gestiegen.

Effizienz-Wettlauf | Offshore-Windenergie muss noch wesentlich günstiger werden, um mit konventionell erzeugter konkurrieren zu können. Längere Rotorblätter können die Stromausbeute erhöhen und die Kosten senken. Sie zu konzipieren, ist jedoch eine sehr schwierige Aufgabe.

Das sind die neuen Orientierungswerte in der Windindustrie: Sieben Megawatt Leistung, 83,5 m Rotorblattlänge. Diese Rekorddaten gehören zum Prototypen der neuen Offshore-Windturbine S 7.0-171, die der koreanische Konzern Samsung jüngst in der schottischen Küstenstadt Methil in Betrieb genommen hat. Ab 2015 will Samsung die Maschine in kommerziellen Windparks in der Nordsee einsetzen.

Der neue Gigant der Meere steht für die rasante technische Entwicklung in der Windenergie: 2013 präsentierte Vestas und Mitsubishi für ihre Offshore-Maschinen Blatt-Prototypen mit 80 und 81,6 m Länge. Ein Jahr zuvor hatte Siemens mit einem 75-Meter-Blatt für die Offshore-Anwendung der haus-eigenen SWT-6.0-174 den alten Längenrekord von Alstom 1,5 Meter übertroffen.

Entwickelt hat das neue 83,5-Meter-Rekordblatt 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.

Schlanke Blätter sind Pflicht

Stephan Barth, Geschäftsführer von Forwind – Zentrum für Windenergieforschung der Universitäten Oldenburg, Bremen und Hannover, sieht in längeren Rotorblättern einen wesentlichen Trend in der Windenergie: „Rotoren mit größeren Durchmesser 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.“ Noch ist die Windenergie nicht effizient genug. Eine Kilowattstunde aus Offshore-Windenergie kostet derzeit rund 14 Cent. Die Kosten müssen aber rasch unter zehn Cent sinken, wenn die Windstrom vom Meer im deutschen Strommix eine relevante Größe werden soll. Längere Rotorblätter stellen die Entwickler jedoch vor große Herausforderungen. Mit zuneh-

mendem 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 Flügel-fertigung noch viele Schritte, die Handarbeit erfordern. Automatisierte Arbeitsschritte könnten die Kosten senken. Das sei aber eine große Herausforde-

rung, 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.“ Ebenso wichtig ist es aus Weises Sicht, Materialien klug einzusetzen. Wo zum Beispiel werden Kunstharze besser mit der günstigen, aber schweren Glasfaser 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 zum Beispiel teures Karbon nur da eingesetzt, wo es wirklich Mehrwert bringe – in der Hauptspannungsebene des Tragbalkens, erklärt Weise. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) in Bremerhaven sehen weitere Optimierungswege. „Die Fertigungskosten der Blätter können um bis zu zehn Prozent sinken“, erklärt IWES-Experte Roman Braun. Im Projekt „Bladema-

Rasante Entwicklung

Initialzündung für die Windenergie-technik war die Ölkrise 1975. Plötzlich wurde den Menschen ihre verheerende Abhängigkeit von fossilen Energieträgern bewusst. Ab 1980 tauchten in der Landschaft die ersten Windräder auf. Sie erreichten eine Nennleistung von 30 Kilowatt und ihre Flügel waren jeweils 7,50 Meter

lang. Ihr Jahresenergieertrag von 35 Megawattstunden reichte aus, um zehn kleine Haushalte ein Jahr lang mit Strom zu versorgen. 35 Jahre später erreicht die Windkraft ganz andere Dimensionen: Eine moderne Windturbine versorgt nicht mehr nur zehn, sondern 10.000 Haushalte mit Strom. Denn sie bringt

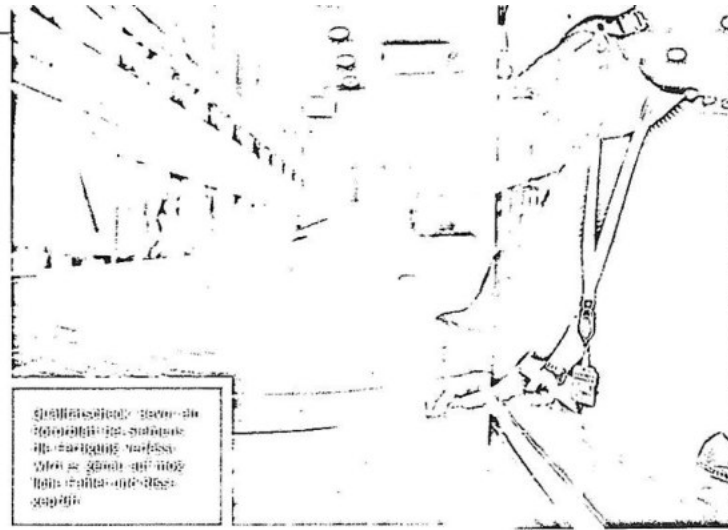
mit 7.500 Megawatt heute das 250-Fache an Leistung und ihre Flügel sind mindestens zehn Mal länger als die der Dreiflügler aus den Achtzigerjahren. So rasant wie die Technik entwickelten sich auch die Neuanlagen. Bis zum Jahr 1993 stieg die Zahl der weltweit insgesamt aufgestellten Windleistung auf etwa 3.000 Me-

gawatt. Mittlerweile dürfte die Schwelle von 300.000 Megawatt überschritten worden sein. Und der Weltmarkt wächst dank rascher Innovationen schnell weiter. Die Windforscher nehmen bereits die nächsten Meilensteine ins Visier: Turbinen mit zehn Megawatt Leistung und 100 m Flügel-länge. sr

ker“, das das Bundesumweltministerium (BMU) von 2013 bis 2017 mit acht Millionen Euro fördert, 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: Die Glasfasergelege werden heute in hohen Massen per Hand in Formen gelegt. Ab 2015 wollen die Forscher in einem neuen Demonstrationszentrum in Bremerhaven testen, ob es wirtschaftlicher ist, die Gelegebahnen maschinell von einer Rolle ablegen zu lassen. Aus Sicht der Entwickler wären das aber nur die ersten Schritte auf dem Weg zum optimalen Rotorblatt-Design. „Es sind weitreichendere Innovationen möglich“, erklärt Georgios Pechlivanoglou, Technikchef des Blattentwicklers Smart Bla-

Das Zentrum 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

de und wissenschaftlicher Leiter für Windenergie am Fachgebiet Experimentelle Strömungsmechanik der Technischen Universität Berlin. Smart Blade und die TU Berlin erforschen in einem gemeinsamen Projekt mit dem US-Technologiekonzern 3M, inwieweit sogenannte 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 der 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 BMU-geförderten Projekt „Smart Blades“ entwickeln Forscher von Forwind, des IWES und des Deutschen Zen-



trums 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 Mate-

rialkombinationen 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.

Intelligente Rotorblätter

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 sogenannte Pitchen, kann diese Unterschiede nicht berücksichtigen. Im Rahmen von Smart Blades erproben die Forscher daher auch bewegliche Vordügel 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.

Das größte Potenzial der Strömungsbeeinflussung verspricht sich Thorsten Spehr, Geschäftsführer des Berliner Turbinenentwicklers Tembra, von der flexiblen Hinterkante. „Sie hält am besten den Umweltbedingungen und hohen Lastwechseln stand“, so der Ingenieur. Noch ist das Konzept bei Tembra aber im Forschungsstadium. Form, Material, Befestigung und Energieverbrauch gehören zu den Herausforderungen. Zudem muss die flexible Hinterkante robust und zuverlässig sein, um extreme Umweltbedingungen wie Eis, Schnee und Salz in Kombination mit starkem Wind zu trotzen. „Bis zum fertigen Produkt ist es noch ein großes Stück Arbeit“, sagt Spehr. Eine Markteinführung sei frühestens in fünf Jahren möglich.

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. Lidargeräte senden einen infraroten Laserstrahl aus, um die Windgeschwindigkeit vor den Blättern zu messen (siehe Joule 2/2014). Die Daten werden einer Steuerung zugespielt. Sie koordiniert die Blätter so, dass die Rotordrehzahl auch bei schwankenden Windverhältnissen nahezu konstant bleibt. 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 kürzlich auf einer Areva-Anlage im Offshore-Windpark Alpha Ventus installiert. Das Rotorblatt der nächsten Generation wird die Entwicklungsabteilungen noch eine Weile beschäftigen. (12)

Sascha Rentzing

