

Ingenieure fanden heraus, dass viele Windräder aufgrund ungleicher Flügel kritische Unwuchtschwingungen aufweisen.

Rotorblätter außer Form

Foto: iStockphoto/Mark Evers

Ertragseinbußen | Wenn sich Turbinenflügel nicht gleichmäßig drehen, drohen Ertragsausfälle und Schäden. Regelmäßige Messungen können ungleiche Blätter frühzeitig identifizieren, doch Betreiber zeigen wenig Interesse.

Der Windenergie-Dienstleister Berlinwind sorgt mit seiner jüngsten Rotorblatt-Statistik für Diskussionen. In den vergangenen zehn Jahren haben die Ingenieure fast 800 Rotorauswuchtungen und 750 Blattwinkelmessungen an rund 1.000 Anlagen vorgenommen. Dabei zeigte sich: Fast die Hälfte der Turbinen weist aufgrund ungleicher Flügel kritische Unwuchtschwingungen auf. Die Grenzwerte, ab wann die Drehungen eines Rotors als bedenklich gelten, sind für jeden Anlagentyp in der Zertifizierung festgelegt. Werden sie überschritten, rütteln zu starke Kräfte an der Turbine – die Blätter arbeiten ungleich und das Risiko von Schäden an den Komponenten steigt. „Ertragsverluste und Reparaturkosten können Betreiber bei nicht festgestellten Rotorunwuchten teuer zu stehen kommen“, warnt Berlinwind-Geschäftsführer Michael Melsheimer. Bei den untersuchten Turbinen senken die Unwuchten die jährliche Stromproduktion pro Anlage statistisch gesehen um durchschnittlich 1,5 Prozent. „Eine Zwei-Megawatt-Anlage mit einer Jahresstromproduktion von etwa 4,5 Millionen kWh würde bei einer solchen Ertragsminderung im Jahr mehr als 5.000 € Einspeisevergütung verlieren“, erklärt Melsheimer.

Christoph Lucks, Technikchef der Hamburger Servicefirma Windcomp, berichtet von ähnlichen Erfahrungen. „Zwei bis drei von zehn Anlagen weisen Blattwinkelabweichungen von mehr als einem Grad, also deutliche Fehlstellungen auf. Dadurch drohen Ertragsausfälle von bis zu fünf Prozent.“ Lucks kennt die Materie gut: Seit 2010 hat er weltweit bereits 300 Rotoren vermessen. Die Rotorblatt-Spezialisten thematisieren ein Problem, das die Branche bisher kaum beachtet hat. Die Industrie ist auf weitreichende Innovationen fokussiert: Immer längere und leichtere Blätter sollen mehr Wind einfangen und Windstrom rasch günstiger machen. Alltägliche Prob-

leme kommen im Ringen um technische Fortschritte jedoch oft zu kurz. „Es gibt bei den Rotorblättern noch viele Dinge, die man ansprechen könnte. Dazu zählt auch die Unwuchtproblematik“, sagt Wolfgang Holstein, Geschäftsführer der Firma HMS Sachverständige Berlin.

Schäden schon ab Werk

Zwei Typen von Unwucht sind den Experten bekannt. Die sogenannte massenbedingte Unwucht resultiert aus einer ungleichen Massenverteilung im Rotor. Sie führt zu schädlichen umlaufenden Fliehkräften und erhöht die Schwingungen. Die schweren Rotorblätter ziehen dabei auf ihrer Umlaufbahn durch ihre größere Fliehkraft die Gondel bei jeder Umdrehung einmal nach links und einmal nach rechts – die Gefahr von Rissen im Maschinenträger und im Fundament steigt mit zunehmender Betriebszeit. Oft entstehen massenbedingte

Unwuchten bereits bei der Flügelproduktion. „Jedes Rotorblatt ist aufgrund des noch immer hohen Handarbeitsanteils in der Fertigung ein Unikat“, erklärt Melsheimer. Auch der spätere Aufbau ist nicht unproblematisch: Werden Rotorblätter und Nabe zu einem neuen Bauteil verschraubt, können sich ebenfalls Geometriefehler einschleichen. Während des Betriebs drohen Erosion, Wasseereinlagerung oder Blattreparaturen die Flügel zu verändern. Aerodynamisch bedingte Unwuchten hingegen ergeben sich vor allem aus Blattwinkelabweichungen. Sie entstehen etwa dann, wenn der Monteur die Blätter nicht richtig einstellt oder deren Steuerung gestört ist. Die sogenannte Pitch-Regelung verändert den Druck des Winds auf den Rotor so, dass die Anlage stets bei optimaler Drehzahl läuft. Steht ein Flügel im falschen Winkel, müssen ihn die anderen mitziehen. Dabei entstehen Vibrationen, die an allen Turbinenkomponenten zerrn und deren Lebensdauer verringern können. „Multimegawattanlagen mit vielleicht einem 60 Tonnen schweren Rotor haben nicht selten gravierende aerodynamische Unwuchten durch Blattwinkelabweichungen von bis zu sieben Grad. Die

potenzielle Nutzungsdauer der gesamten Anlage verkürzt sich in solchen Extremfällen drastisch auf unter zehn Jahre“, erklärt Melsheimer. Der Rotorblatt-Statistik zufolge treten beide Unwuchtersachen gleich häufig auf. Ein Drittel der aus dem Takt geratenden Turbinen weist ein aerodynamisch bedingtes Problem auf, ein Drittel eine Massenunwucht und der Rest eine Kombination von beiden Phänomenen, bei der sich die schädlichen Effekte überlagern. Viele Probleme blieben unentdeckt, weil die Branche kein Auge auf den Rotor hatte. Zwar fordern die europäischen Auslegungsnormen und -richtlinien Grenzwerte und deren Berücksichtigung bereits in der Auslegungssimulation für die gesamte Lebensdauer einer Turbine. Doch einen Nachweis durch Messung an der „realen Anlage“ vor Inbetriebnahme und während des Betriebs verlangen die Richtlinien nicht. Anfangs unsichtbar sind Unwuchten auch, weil die übliche elektronische Zustandsüberwachung für die einzelnen Turbinenkomponenten Probleme nicht erkennt. „Die Sensoren von Condition-Monitoring-Systemen messen Turmschwingungen

Riesenflügel: Hersteller verwenden immer längere Rotorblätter, um mehr Wind einzufangen und Kosten zu senken. Unwuchten können den Ertrag jedoch deutlich schmälern.

Foto: Siemens AG



in der Regel erst ab einer Drehfrequenz von einem Hertz. Dann zeigen sich aber bereits größere Unwuchtprobleme in Gestalt häufiger Notabschaltungen der Anlage“, erklärt Melsheimer.

Überbewertetes Problem?

Er plädiert deshalb für regelmäßige vorbeugende Unwuchtprüfungen. „Sachverständige haben erkannt, dass unzulässige Unwuchten per Schwingungsmessung schon bei Inbetriebnahme gefunden werden können, also wenn Schäden noch vermeidbar sind“, so Melsheimer. Bei der Schwingungsmessung werden sogenannte Beschleunigungssensoren am Maschinenträger in der Gondel angebracht. Sie sind empfindlich genug, um kleinste Unwuchten aufzuspüren. Rotorblatt-Reparatureure beseitigen die Probleme, indem sie ausgleichende Gewichte in speziell dafür vorgesehene Flügelkammern einbringen.

Bei der Blattwinkelprüfung hingegen wird für jedes Rotorblatt der aktuelle Blattwinkel gemessen, um relative Abweichungen der Flügel zueinander zu ermitteln. Neueste laserbasierte Verfahren tasten die Blattprofile ab, während die Anlage in Betrieb ist. So schmälert kein analysebedingter Stillstand den Ertrag. Sind die Blätter wegen Abweichungen neu einzustellen, muss die Turbine allerdings für die Nachjustierung angehalten werden. Dennoch lohnten sich die Maßnahmen, wie Melsheimer verspricht: „Betrachtet man als Fallstudie einen Park mit 100 Windturbinen der Zwei-Megawatt-Klasse und rechnet man mögliche Ertragsausfälle durch Blattwinkelstellungsfehler bei zunehmender Unwucht in unsere Rotorblatt-Statistik ein, so ergibt sich: Periodisches Auswuchten im Falle der dem Branchendurchschnitt entsprechenden zwanzigjährigen Laufzeit der Anlagen bringt mindestens 17 Mio. € geldwerten Vorteil.“ Unabhängige Sachver-

ständige und Betreiber halten regelmäßige präventive Checks und Auswuchtungen jedoch für übertrieben. „Unwuchtmessungen machen nur Sinn, wenn die Anlage neu ist oder es einen berechtigten Anlass dafür gibt. Das kann zum Beispiel nach einer Blattreparatur sein, um sicherzustellen, dass die Massenunwucht-Grenzwerte des Herstellers nicht überschritten wurden“, erklärt der Berliner Sachverständige Wolfgang Holstein. Zur Relevanz der Unwuchtproblematik sagt er, sie sei ein wichtiger, aber derzeit nicht der entscheidende Punkt bei den Rotorblättern. „Was in diesem Bereich vor allem fehlt, ist eine brancheneinheitliche Definition von Schadensklassen, mit deren Hilfe Betreiber Rotorbeschäden und deren Folgen besser abschätzen können. „Führen Klebefalten, Spalten oder Wellen im textilen Gewebe von Blättern zu Totalversagen oder sind sie eher kosmetisch? Diese Fragen müssen vorab geklärt werden“, fordert Holstein.

Die Turbinenbetreiber fassen es noch deutlicher zusammen: „Die Messspezialisten achten sehr auf ihre Arbeitsbeschaffung“, sagt Dieter Fries, Vorsitzender des Betreiberbeirats im Bundesverband WindEnergie. Bei älteren Anlagen sei das Unwuchtthema wenig relevant, denn es ließen sich keine Auffälligkeiten beobachten. „Die Rotorblätter der Anlagen bis zu 600 kW Leistung sehen nach 18 Jahren noch gut aus.“ Besser achten müsse man hingegen auf Blätter ab 80 m Durchmesser, wie sie in modernen Maschinen der Megawattklasse eingesetzt werden. „Je länger die Flügel werden, desto stärker können sich Unwuchten ausprägen“, so Fries. Regelmäßige präventive Messungen hält er jedoch auch bei diesen Anlagen für übertrieben. „Es reicht aus, wenn ein unabhängiger Sachverständiger im Rahmen der wiederkehrenden Prüfung die Windmühle im Betrieb überprüft. Für Dienstleister wie Berlinwind wird es schwer, die Branche zu überzeugen.“ (rz)

Sascha Rentzing



Kniffliger Akt: Bei der Montage der Rotorblätter ist absolute Genauigkeit gefragt. Schon kleine Geometriefehler versetzen die Turbine im späteren Betrieb in kritische Schwingungen.