

Windkraft im Gespräch

„Strikter Leichtbau und gezielter Materialmix“

Der Trend zu immer größeren Windkraftanlagen zur Umsetzung der politisch motivierten Energiewende stellt Konstrukteure und Hersteller vor gewisse Hürden. Dr. Holger Ruckdäschel, Leiter der Systemforschung Windenergie bei der BASF SE in Ludwigshafen, informiert über den Stand der Dinge.

Herr Dr. Ruckdäschel, unter welchen konstruktiven Aspekten werden moderne Rotorblätter für Windkraftanlagen momentan entwickelt?

Ruckdäschel: Moderne Rotorblätter zeichnen sich durch konsequenten Leichtbau und den gezielten Einsatz von Materialkombinationen aus. Generell können Rotorblätter in verschiedene Zonen unterteilt werden: Die Blattwurzel, die Blattschale und die Gurte an Ober- und Unterseite, die über einen oder mehrere Schubstege miteinander verbunden sind. Die Wurzel und die lasttragenden Gurte bestehen meist aus glasfaserverstärkten Epoxidharzen. Für hohe Belastungen und große Blattlängen werden die Glasfasern

teilweise durch Carbonfasern substituiert. Für die großflächigen Strukturen im Bereich der Schale und für die Schubstege nutzt man die Sandwichbauweise, bei der zwei faserverstärkte Deckschichten einen stabilen und leichten Kernwerkstoff umhüllen. Daraus resultieren hohe Biege- und Beulsteifigkeiten bei geringem Gesamtgewicht. Für den Kern werden Balsaholz, PVC- oder zusehends auch PET-Strukturschäume eingesetzt. Epoxid- oder polyurethanbasierte Klebstoffe ermöglichen das Fügen einzelner Segmente des Blatts, wie etwa die Anbindung der Schubstege an die Gurte. Polyurethan-Beschichtungen und -Formspachtel sichern zuletzt eine gute Aerodynamik und sorgen

für die Witterungs- und Erosionsbeständigkeit.

Welche Methoden werden heute genutzt, um die Fasern mit dem Harzsystem zu durchtränken?

Ruckdäschel: Die Vakuuminfusion ist momentan das am häufigsten eingesetzte Verfahren, gefolgt von der Verarbeitung vorimprägnierter Faserhalbzeuge im Prepregprozess. Bei der dominierenden Vakuuminfusion werden zunächst trockene Fasergelege, Kernmaterialien und gegebenenfalls vorgefertigte Komponenten in einer temperierbaren Form platziert. Anschließend wird der Aufbau mit einer luftdichten Folie bedeckt,



Offshorepower aus dem Norden

52-m-Rotorblätter aus einem Guss produziert Siemens in Dänemark für die bisher größte serienmäßige Windkraftturbine mit einer Leistung von 3,6 MW.



Windkraftexperte in Aktion

„Intensiv genutzte Simulationsmethoden helfen bei der strukturmechanischen und aerodynamischen Auslegung von Rotorblättern“, erläutert Ruckdäschel.

Bild: Isenburg

abgedichtet und evakuiert. Unter Vakuum wird das reaktive, niedrigviskose Harzsystem infundiert und über mehrere Stunden ausgehärtet. Häufig werden große Segmente wie die beiden Blatthalbschalen beziehungsweise die Schubstege getrennt gefertigt und anschließend miteinander verklebt. Danach folgt das Spachteln und Beschichten.

Welche Herausforderungen gibt es im Hinblick auf die Qualitätskontrolle dieser sehr großen FVK-Komponenten?

Ruckdäschel: Um einen sicheren Betrieb der Windenergieanlagen während ihrer gesamten Lebensdauer zu ermöglichen, ist für neue Rotorblattdesigns ein umfangreiches Testprogramm erforderlich. Die Stabilität des gesamten Rotorblatts wird dabei unter statischer und dynamischer Belastung ermittelt. Einige Rotorblattproduzenten haben zu diesem Zweck eigene Prüfeinrichtungen entwickelt oder man nutzt das Know-how von darauf spezialisierten Instituten. Für die systematische Qualifizierung und Qualitätsüberwachung werden außerdem einzelne Materialien und Komponenten des Rotorblatts detaillierter untersucht.

Man liest immer öfter über den Einsatz von Simulationsmöglichkeiten in Bezug auf Faserverbundkonstruktionen. Ist das schon ein Thema bei der Konstruktion von Windkraftanlagen?

Ruckdäschel: Für die strukturmechanische und aerodynamische Auslegung von Rotorblättern werden Simulationsmethoden intensiv genutzt, um Extremlasten, Materialermüdung und die Energielieferung an einem Windstandort realistisch abzubilden. Hochkomplex ist dabei nach wie vor die

Kopplung des strukturellen Verhaltens mit dem Belastungsspektrum durch den Wind, zusammengefasst unter dem Begriff Aeroelastik. Wichtig ist dabei auch die Betrachtung der Windenergieanlage als Gesamtsystem, die außer den Rotorblättern auch die Regelung, den Antriebsstrang und den Turm im Fokus haben muss. Die rechnergestützte Auslegung gewinnt zusehends auch bei der Modellierung des Fertigungsprozesses an Bedeutung und bereits heute setzt eine Vielzahl von Herstellern entsprechende Software ein.

Gibt es Parameter oder Merkmale bei der Rotorblätterkonstruktion, die einen be-



Bild: BASF

Nachhaltigkeit inklusive

„Rotorblätter tragen bereits durch ihre lange Einsatzzeit zu einer positiven Energiebilanz bei“, betont Ruckdäschel.

sonderen Einfluss auf den Wirkungsgrad im späteren Betrieb ausüben?

Ruckdäschel: Die Rotorblätter selbst stellen eine wichtige Schnittstelle zwischen dem Wind und dem Generator dar. Sie wandeln dabei die kinetische Energie des Windes in die Antriebskraft für den Generator um. Speziell der aerodynamische Wirkungsgrad des Rotorblattes ist dabei zu beachten: Je höher der aerodynamische Wirkungsgrad ist, desto höher ist die Energieausbeute im Betrieb. Das heißt außerdem, dass, je höher dieser Wirkungsgrad ist, die Kosten für die Energiegewinnung entsprechend fallen und die Anlage immer rentabler arbeitet. Außer dem Design spielen auch das Gewicht und die Oberflächenbeschaffenheit der Rotorblätter eine wichtige Rolle. Beispielsweise kann durch unzureichende Erosionsbeständigkeit der Beschichtung der Gesamtwirkungsgrad deutlich verschlechtert werden.

Welchen Einfluss haben gewisse Konstruktionsmerkmale auf die Lebensdauer von Rotorblättern?

Ruckdäschel: Alle Rotorblätter, die derzeit gebaut werden, sind auf eine bestimmte Lebensdauer hin ausgelegt, in der Regel 20 Jahre beziehungsweise 25 Jahre. Die Frage nach der Einsatzdauer wird von den Entwicklern bereits beim Design berücksichtigt, um möglichst gewichts- und kostenoptimierte, effizient arbeitende Komponenten zu garantieren. Außerdem spielt eine gute Erosionsbeständigkeit dabei eine Hauptrolle, um das anvisierte Ziel in Bezug auf die Lebensdauer zu erreichen.

Im Zusammenhang mit Faserverbundwerkstoffen taucht häufig die Frage danach auf, was mit ausrangierten Bauteilen geschieht. Wie könnten Rotorblätter später entsorgt oder recycelt werden?

Ruckdäschel: Rotorblätter tragen bereits während ihres Betriebs und durch den vergleichsweise lang dauernden Einsatz zu einer positiven Energiebilanz bei. Nach dem Ende der Einsatzfähigkeit kommen dann beispielsweise das thermische Recycling und eine daraus resultierende Rückgewinnung des Heizwertes infrage. Als denkbare Alternative sehe ich auch die Möglichkeit zur Remontage. Diese kann nach einer Überholung und einer erfolgten gründlichen strukturellen Qualitätsprüfung ein Weg sein, um Rotorblätter für Windkraftanlagen in einer Art Kreislaufsystem ressourcenschonend zu nutzen.

Das Interview führte Dr. Thomas Isenburg, Wissenschaftsjournalist