

Festhalten!

Ohne Schraubenverbindungen geht bei Windenergieanlagen gar nichts. Schließlich müssen Turm, Rotor, Getriebe und Generator auch im Sturm eine gute Figur abgeben. Schraube ist aber nicht gleich Schraube

Eine 50-Jahres-Böe kommt einmal in 50 Jahren – statistisch betrachtet. Mit etwas Glück muss eine Windenergieanlage (WEA) mit geplanten 20 Jahren Lebensdauer diesem Naturereignis niemals standhalten. Doch wenn so ein Windstoß mit voller Wucht gegen eine Turbine drückt, dann sollte es nirgends knirschen oder gar bersten. Deshalb werden Windenergieanlagen schon bei der Konstruktion auf die maximale Böe vorbereitet. Spezialisten berechnen dazu alle möglichen Lastfälle mit ihren Computerprogrammen oder testen die Komponenten im Labor – wenn es sein muss, bis sie aufgeben. Den Schraubenverbindungen, von denen es in Windrädern Tausende gibt, kommt dabei eine ganz besondere Rolle zu. Sie werden über die Jahre immens belastet.

Unterschiedliche Kräfte

Verschraubungen sind lösbare Verbindungen, die zwei oder mehrere Teile dadurch zusammenhalten, dass sie sie gegeneinanderpressen. Sie sind vielfältigen Einflüssen ausgesetzt: von eisiger Kälte bis zu schmorender Hitze. Regen, Schnee, Eis. Dazu verschiedene Kräfte: Zentrifugal-, gyroskopische und natürlich Gewichtskräfte. „Es ist nicht so, dass eine Windwand auf eine Anlage zurollt“, erklärt GL-Experte Fabio Pollicino. „Das macht es kompliziert.“

Tatsächlich variiert der Wind je nach Höhe und belastet somit die Anlage auch unterschiedlich stark. Das Blatt des Windrades, das gerade den höchsten Punkt durchläuft, kann ganz anderen Kräften und abweichenden Windrichtungen ausgesetzt sein als der Flügel, der sich gerade unten am Turm vorbeidreht. Natürlich soll der Großteil der Lasten im Generator in Strom umgewandelt werden. Die Lasten müssen aber zunächst durch die Struktur übertragen werden. Daher ist die relativ am stärksten belastete Komponente einer Windenergieanlage der Turmfuß. Bei großen Windrädern der Multimegawattklasse stecken daher allein im Turmfuß über 100 Schrauben der Größe M 36 und größer. Sie müssen die bis zu 120 Meter hohe Anlage fest mit dem Fundament verbinden.

Die Super-Mutter

Der meistverwendete Schraubentyp ist die metrische Sechskantschraube. Eine Mutter dient dazu, die geforderte Vorspannkraft aufzubringen. In der Regel wird sie mit hydraulischen Werkzeugen angezogen: Indem die Mutter gedreht wird, wird die Schraube gestreckt. Im Prinzip ist sie eine Feder, die die dazwischen liegenden Materialien aufeinanderdrückt. Deshalb ist das Anzugsmoment von zentraler Bedeutung. Nur wenn die berechnete Vorspannkraft da ist, erledigt die Schraubenverbindung ihre Arbeit so, wie sie soll. Doch Einflussfaktoren wie Schmierverhältnisse können das Moment verfälschen. Deshalb ist es wichtig, dass die Schrau-

ben sauber und definiert geschmiert sind. Aber selbst wenn die Schmierung perfekt ist: Das Anzugsmoment variiert immer – und mit ihm die Vorspannkraft. „Bei herkömmlichen Verschraubungen sind Abweichungen von ± 20 Prozent keine Seltenheit“, sagt Pollicino. „Je genauer die Vorspannkraft eingebracht wird, desto sicherer ist die Verbindung“, so der Fachmann. Eine Möglichkeit, Schrauben präziser vorzuspanssen, wurde unlängst beim Germanischen Lloyd unter die Lupe genommen: die SUPERBOLT®.

Genau genommen ist die beim Schweizer Unternehmen P&S Vorspannsysteme AG entwickelte Mutter eher ein Spannelement. Auf dem Kopf der Mutter sind kreisförmig viele kleine Schrauben angeordnet. Sie wirken gleichmäßig auf eine Druckscheibe – gemeinsam haben sie dieselbe Kraft wie eine große Schraube. Nur lassen sich viele kleine Schrauben viel einfacher anziehen.

In der Industrie werden diese Spannelemente längst eingesetzt. Sie halten etwa die Wellen großer Pressen oder Krane in Position. Nun ist die SUPERBOLT® auch für die Windenergie GL-zertifiziert. „Die Zertifizierung war ein erster Schritt. In naher Zukunft soll auch in Bezug auf den ‚Anziehungsfaktor‘ eine Typenprüfung durchgeführt werden“, sagt Reto Rieder, Leiter Technik bei P&S.

Eine andere Möglichkeit, Kräfte in Verschraubungen zu messen, bieten piezoelementbestückte Schrauben der Intel-lifast GmbH. Die Länge der Schraube kann auch per Ul- →

Photo: Siemens

WINDENERGIE.
Die relativ größten Kräfte wirken auf den Turmfuß einer Anlage.





SUPERBOLT®. Die kreisförmig angeordneten Druckschrauben auf dem Kopf der Mutter erzeugen die gewünschte Vorspannung in der großen Schraube. Sie lassen sich aber viel einfacher anziehen.

ihren Simulationsprogrammen, ob die gewählte Größe die richtige ist, um auch der stärksten Böe Paroli bieten zu können. „In diese Berechnungen werden sämtliche Wind- und Anlagen-daten einbezogen“, sagt Pollicino.

Die interessanteste Verschraubung steckt für Fabio Pollicino zwischen Rotorblatt und Nabe. Da der Flügel aus Faserverbundwerkstoff besteht, muss er z.B. ein stählernes Gewinde-Insert bekommen. In dieses werden die Schrauben eingedreht. Das Insert wird in den Flügel eingearbeitet. Noch schwieriger macht es das zwischen Rotorblatt und Nabe angeordnete Schwenklager, da hier Verformungen möglich sind. Ist das Anzugsmoment zu groß, kann das Rotorblatt schnell beschädigt werden.

Photo: P&S

→ trasschall gemessen werden – auch während des Betriebs ist dies möglich. So können sie beispielsweise melden, wenn Schrauben über ihre Streckgrenze hinaus belastet werden. „Die Technologie ermöglicht eine relativ genaue Messung der Vorspannkraft in der Schraube und ist somit auch für Condition-Monitoring-Systeme ideal“, sagt Pollicino.

Vorsicht, Streckgrenze

Beispiel Turm: Er wird aus Transportgründen in Schüssen gefertigt, die am Standort zusammengefügt und verschraubt werden. In der Regel wird auf die aus Stahlblechen geformten zylindrischen Bauteile ein L-Flansch geschweißt. In diesem Ringflansch sind Bohrungen. Turmschuss auf Turmschuss gesetzt werden nun die Schrauben eingesteckt. Schon bei der Fertigung entstehen Toleranzen bei der Ebenheit des Flansches. „Beim Transport der Segmente“, erklärt Pollicino, „können sich die Teile zusätzlich verformen.“ Oft haben die riesigen Stahlteile, wenn sie auf der Baustelle eintreffen, nicht mehr die ursprüngliche Exaktheit. Hier behelfen sich die Monteure dann mit dünnen Stahlblechen, die sie zwischen die Segmente schieben. Sonst müssten die Schrauben hier schon ihre Kraft verschwenden, die sie doch für die Windlasten brauchen.

Ist das Windrad installiert, können die Lasten kommen. Da der Turm zylindrisch ist, werden nie alle im Kreis angeordneten Verschraubungen gleichermaßen beansprucht. „Die Kraft von außen ist teilweise größer als die Vorspannkraft“, sagt Pollicino. Die Schrauben auf der dem Wind zugewandten Seite werden gestreckt, die auf der gegenüberliegenden Seite entlastet. Es ist, als würden die Flansche regelrecht aufklaffen, so, dass man hindurchschauen kann. Das passiert natürlich nicht. Die Schrauben werden dabei dennoch extrem gedehnt. Nun haben die Schrauben, je nach Ausführung, unterschiedliche Festigkeiten. Wird die Streckgrenze überschritten, bildet sich eine plastische Verformung, und die Verschraubung hält nicht mehr, was sie ursprünglich versprochen hatte.

Das Erreichen der Streckgrenze gilt es also zu vermeiden. Deshalb werden entsprechend dimensionierte Schrauben verwendet, die auch entsprechend stark vorgespannt werden. Damit die Monteure auf der Baustelle die richtigen Schrauben bekommen, prüfen die Spezialisten des GL in

ihren Simulationsprogrammen, ob die gewählte Größe die richtige ist, um auch der stärksten Böe Paroli bieten zu können. „In diese Berechnungen werden sämtliche Wind- und Anlagen-daten einbezogen“, sagt Pollicino.

Eine Milliarde Lastwechsel

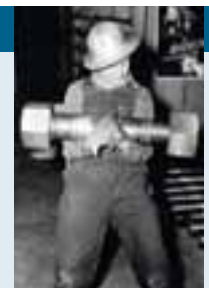
Wie oft sich Lasten im Leben eines Windrades ändern, ist beachtlich. Der Vergleich mit einem Automobil veranschaulicht die Unterschiede: Rund 170 000 Stunden arbeitet ein Windrad im Laufe seiner Betriebszeit. Ein Pkw bringt es auf gerade mal 5000 Stunden. Entsprechend viele Lastwechsel muss die Struktur einer Windenergieanlage verkraften: rund eine Milliarde. Beim Pkw sind es nur etwa 100 000. Doch Lastwechsel ist nicht gleich Lastwechsel: „Je stärker die schwankenden Lasten, desto stärker die Auswirkungen“, erklärt Pollicino. Er erläutert das am Beispiel eines Drahtes: Je öfter man ihn hin und her biegt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass er bricht. So ist das auch bei Windrädern – nur dass man hier viele Millionen Male biegen müsste.

■ DH

Weitere Informationen: Fabio Pollicino, Components and Safety, Telefon: +49 40 36149-7057, E-Mail: fabio.pollicino@gj-group.com

KLEINE SCHRAUBENKUNDE

Schrauben sind Normteile. Sie werden in verschiedene Festigkeitsklassen eingeteilt. Wichtig sind vor allem die Mindestzugfestigkeit und die Streckgrenze. Die Werte sind auf dem Schraubenkopf angegeben. Etwa 8.8 oder 10.9. Erstere Zahl mit 100 multipliziert gibt die Mindestzugfestigkeit in N/mm² an (z.B. 10.9 $\hat{=}$ 10x100). Ein Zehntel der zweiten Zahl multipliziert mit dem ersten Ergebnis ergibt die Mindeststreckgrenze in N/mm² (z.B. 10.9 $\hat{=}$ 0,9x1000). Außerdem unterscheidet man zwischen verschiedenen Herstellungsarten von Schrauben. Die größten in Windenergieanlagen verbauten Schrauben sind M 64.



SCHWERSTARBEIT. Bereits 1942 wurden beim Bau des Grand Coulee Damms (USA) 16 dieser 88 kg schweren Schrauben mit Mutter in einem 75 000- kW-Generator verbaut.